



Recuperação de pastagens

Anais do 2º Simpósio de Pecuária Integrada

Editores técnicos

Dalton Henrique Pereira
Bruno Carneiro e Pedreira

Patrocínio



Rede de Fomento ILPF



Apoio



Realização





Recuperação de Pastagens:

Anais do 2º Simpósio de Pecuária Integrada

Editores técnicos

Dalton Henrique Pereira

Bruno Carneiro e Pedreira

Fundação UNISELVA

Cuiabá, MT

2016

© 2016 by Fundação Uniselva

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

O CONTEÚDO DOS CAPÍTULOS É DE RESPONSABILIDADE DOS SEUS RESPECTIVOS AUTORES.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Regional da UFMT-Sinop

S612

Simpósio de Pecuária Integrada (2. : 2016 : Sinop, MT).

Recuperação de pastagens: anais... editores técnicos, Dalton Henrique Pereira, Bruno Carneiro e Pedreira. – Cuiabá, MT: Uniselva, 2016.

Il. Color. ; ebook

<http://www.pecuariaintegrada.com.br>

ISBN 978-85-93093-01-2

1. Simpósio. 2. Pastagens - recuperação. 3. Produção animal. 4. Forragicultura. 5. Pecuária integrada. I. Pereira, Dalton Henrique. II. Pedreira, Bruno Carneiro e. III. Título.

CDU 636.2

Bibliotecária: Carolina Alves Rabelo
CRB1/2238

EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO POR BOVINOS: O QUE SABEMOS E QUE PODEMOS FAZER?



Mircéia Angele Mombach¹
Bruno Carneiro e Pedreira²
Dalton Henrique Pereira³
Luciano da Silva Cabral⁴
Renato de Aragão Ribeiro Rodrigues⁵

Introdução

O crescimento da população mundial e do seu poder aquisitivo tem promovido uma demanda maior por alimentos de origem animal. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2015), projeta-se um aumento de 17% na produção de carne até o ano de 2024, e os principais responsáveis por atender esta demanda são os países em desenvolvimento.

Nesse contexto, o Brasil se destaca por possuir o maior rebanho comercial bovino do mundo, cerca de 209 milhões de cabeças (ABIEC, 2016), e ocupar posição de destaque como um importante fornecedor de proteína de origem animal, que poderá atender o aumento de 1,3% no consumo de carne bovina demandado pelos países da Ásia e Oriente Médio até o ano de 2024 (FAO, 2015).

No entanto, a pecuária é duramente criticada por emitir grandes quantidades de gases de efeito estufa (GEE) oriunda da fermentação entérica e pelo uso subestimado de fertilizantes nitrogenados. De acordo com o Quinto Relatório de Avaliação do Painel

¹ Zootecnista, Doutoranda em Agricultura Tropical – Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Cuiabá. E-mail: mirceia@zootecnista.com.br.

² Eng^o Agrônomo, Doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril.

³ Zootecnista, Doutor em Zootecnia, professor da Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Sinop.

⁴ Zootecnista, Doutor em Zootecnia, professor da Universidade Federal de Mato Grosso – Campus Cuiabá.

⁵ Biólogo, Doutor em Geoquímica Ambiental, pesquisador da Embrapa Solos.

Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), as emissões globais de metano (CH_4) entérico em 2010 atingiram valores médios de 2,1 Gt CO_2eq e 75% do total das emissões desse gás foram provenientes de sistemas de produção na Ásia e nas Américas. Já as emissões de GEE oriundos da agricultura, principalmente óxido nitroso, foram estimadas em 5,8 Gt CO_2eq em 2010, correspondente a mais de 50% das emissões.

O Brasil é citado como um dos maiores contribuintes nas emissões de GEE. Tais críticas são fundamentadas no tamanho do rebanho, na idade ao abate que varia entre 3 e 3,5 anos e no sistema de criação em pastagens, principal forma de exploração destes animais. Além disso, a maioria das pastagens apresentam algum estágio de degradação ou se encontram abaixo do potencial de produção, gerando quantidades maiores de GEE por quilo de carne produzido (IPCC, 2007).

Segundo dados do terceiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2015), o total das emissões nacionais de metano pela pecuária em 2010 foi estimado em 11.873 Gg de CH_4 , sendo que as emissões de 11.265 Gg de CH_4 foram atribuídas à fermentação entérica e 608 Gg de CH_4 à sistemas de manejo de dejetos animais.

Desta forma, tem havido grande interesse de entidades governamentais e não governamentais, bem como da sociedade em discutir e delinear estratégias para reduzir a emissão dos GEE provenientes das ações antrópicas, especialmente da pecuária. O Brasil, na última reunião da Cúpula da ONU para o Desenvolvimento Sustentável em setembro/2015, assumiu o compromisso de reduzir as emissões de GEE em 43% até 2030 (MMA, 2015).

Nesse sentido, objetiva-se com essa revisão abordar as diferentes técnicas existentes para mensurar a produção de metano por bovinos, os fatores que afetam essa produção e quais estratégias podem ser adotadas para minimizar essas emissões.

Produção de metano entérico

A produção de CH_4 entérico pelos ruminantes é dependente principalmente do tipo de dieta disponível aos animais e do nível de ingestão (Archimède et al., 2011), mas também pode ser influenciado pelo tamanho, idade e espécie do animal (Abdalla et al., 2012).

Um aspecto marcante do rúmen é a característica de possuir uma alta densidade e diversidade populacional de microrganismos que são capazes de sintetizar diversas substâncias, como o gás CH₄ que é produzido pelos microrganismos metanogênicos. Como esse gás não é metabolizado no organismo animal a maior parte dele é removida durante o processo de eructação que é essencial para a manutenção do adequado balanço ruminal (Van Soest, 1994).

Dentre os microrganismos capazes de sintetizar o CH₄, os de maior importância são as bactérias metanogênicas pertencentes ao reino *Archaeobacteria*. Contudo, outro grupo importante de organismos eucariontes metanogênicos são os protozoários que representam cerca de 50% de toda biomassa microbiana e são responsáveis por 25% da atividade celulolítica do rúmen e podem constituir até 20% de todos os microrganismos metanogênicos (Mould et al., 2005).

Outra forma de eliminar o CH₄ é através do processo de respiração, de forma que este gás pode ser absorvido pela parede ruminal e entrar na corrente sanguínea e ser emitido à atmosfera. Segundo Hoernicke et al. (1965) apud Van Soest (1994), apenas cerca de 30% do CH₄ é eliminado por esta via.

Metanogênese

O rúmen é considerado um ecossistema microbiano diverso e único. Seu meio é anaeróbico, com temperatura entre 39 – 42°C, pH que varia normalmente entre 6,0 e 7,0, e com a presença de três tipos de microrganismos ativos: bactérias, protozoários e fungos (Kozloski, 2009).

Dependendo do tipo de dieta fornecida e o tipo de substrato utilizado as bactérias, que representam a maior parte da biomassa microbiana ruminal (60 a 90%), e podem ser classificadas em fermentadoras de carboidratos fibrosos e não fibrosos, proteolíticas, lácticas, pectinolíticas, lipolíticas, ureolíticas e metanógenas.

Contudo, existe outro importante grupo de microrganismos, os protozoários. Estes desenvolvem em pH ruminal superior a 6,0 e são considerados microrganismos benéficos ao moderar a fermentação amilolítica, permitindo o controle do pH. Além disso, o grupo dos protozoários ciliados é responsável pela digestão de 34% da fibra (Solorzano, 2012).

Os microrganismos metanogênicos, bactérias e protozoários, obtêm energia para seu crescimento através da redução de substratos principalmente o H_2 e formato, mas outros compostos como CO_2 , metanol, mono, di e tri-metilamina e acetato também podem ser requeridos (Miller, 1995).

A degradação dos componentes dietéticos pela microbiota ruminal, principalmente carboidratos, resulta na produção de ácidos graxos voláteis de cadeia curta (AGV) como acetato (C2), propionato (C3) e butirato (C4) usados pelos ruminantes como fonte de energia. Nesse processo fermentativo são produzidos gases como o CO_2 e CH_4 que são eliminados para o ambiente por meio da eructação.

O processo de fermentação é oxidativo (via da glicólise), gerando co-fatores reduzidos como NADH, NADPH e FADH que precisam ser reoxidados para que o processo de fermentação não seja inibido. A etapa de reoxidação ocorre por meio de reações de desidrogenação, liberando hidrogênio no rúmen (Figura 01).

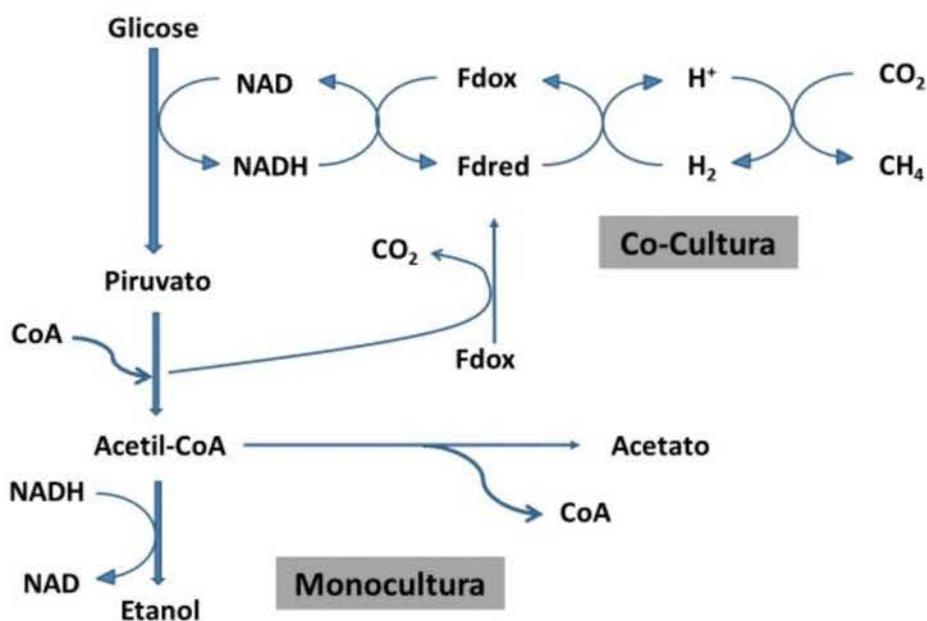


Figura 01. Fermentação de carboidratos por *Ruminococos albus* na presença e na ausência de metanogênicas.

Fonte: Adaptado de Hobson (1988).

Por ser uma rota aceptora de elétrons, a metanogênese permite remover continuamente o H_2 (gasoso) produzido no rúmen, assim a formação de metano é essencial para o ótimo desempenho do ecossistema ruminal, porque impede o acúmulo de H_2 no rúmen, o que poderia levar à inibição da atividade desidrogenase, envolvida na re-

oxidação dos cofatores reduzidos e afetar o processo de degradação da fração fibrosa do alimento (Machado et al., 2011; McAllister & Newbold, 2008).

No entanto, a produção de metano não é equivalente para todos os ácidos graxos voláteis (AGV) produzidos. Em função do comprimento de cada cadeia ocorrem liberações diferentes de H_2 ocasionando produções diferentes de CH_4 (Figura 02).

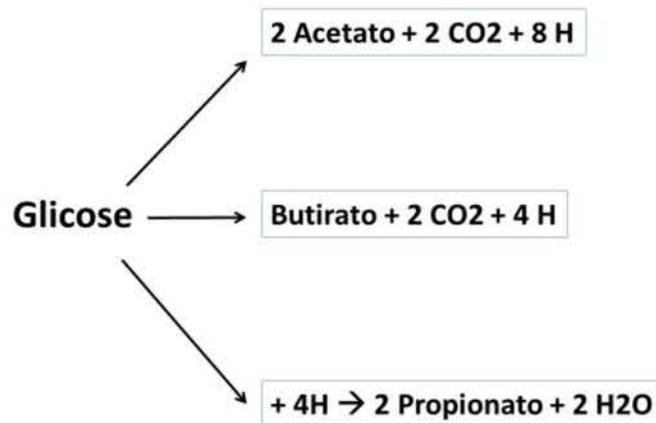


Figura 02. Produção de metano em função do tipo de AGV.

Fonte: Van Soest (1994)

O gás CH_4 , além do potencial de aquecimento global, 25 vezes maior do que o CO_2 , gera perdas econômicas para os sistemas de produção animal, pois entre 6 – 18% da energia bruta é perdida nesta rota durante o processo de fermentação (Pedreira & Primavesi, 2006).

Mensuração da produção de gás metano

Apesar de todos os esforços em reduzir a emissão de CH_4 entérico pelos ruminantes, a mensuração correta da quantidade produzida é fundamental para a comprovação da eficácia dos métodos empregados com o intuito de reduzir as emissões deste gás.

Dentre as metodologias as estimativas existentes para a mensuração de CH_4 entérico, existem atualmente as mensurações em câmaras barométricas (respiratórias), máscaras ou capuzes ventilados (Kelly et al., 1993), o uso de gás traçador interno externo (Johnson et al. 1994), a utilização de equações de predição, programas de modelagem e a produção de gás (PGT) *in vitro* (Beleossoff, 2013) e, mais recentemente, o sistema Greenfeed (C-lock Inc) cada qual, com suas vantagens e limitações.

Os resultados da produção de CH₄ entérico obtidos com o uso de câmaras barimétricas são bem acurados, mas esta técnica é dispendiosa e requer treinamento do animal para adequação às condições de restrição de movimento o que pode limitar o número de animais a ser utilizado (Johnson & Johnson, 2005).

Outro método que pode ser utilizado para quantificar a produção de CH₄ é através do uso de traçadores que podem ser radioisótopos do gás carbônico (CO₂) (Murray et al., 1976) ou gases inertes, como o hexafluoreto de enxofre (SF₆) que é facilmente detectado na cromatografia gasosa. Esse método foi descrito pela primeira vez por Johnson et al. (1994) e adaptado as condições tropicais brasileiras por Primavesi et al. (2004).

A grande vantagem desse método é que dispensa a contenção do animal, uma vez que utiliza dispositivos denominados de cangas ao redor do pescoço do animal, o que permite a movimentação normalmente e, inclusive, a mensuração da produção de CH₄ em condições de pastejo. Já as principais desvantagens referem-se a características inerentes do próprio campo de amostragem, ao treinamento dos animais com o equipamento para que não ocorram interferências na habilidade de comer e beber, o que poderia influenciar o consumo de alimento, e, portanto, a produção de gás CH₄ (Pinares-Patiño et al., 2008). Além disso, essa técnica pode ser considerada uma importante fonte de emissão de GEE, pois o SF₆ é o gás com o maior poder de aquecimento, 23.900 vezes mais ativo no efeito estufa do que o CO₂ (Maiss e Brenninkmeijer, 1998).

Os resultados na literatura divergem quanto aos resultados destes métodos já apresentados. Leuning et al. (1999) ao compararem o método do gás traçador SF₆ e o método do balanço das massas micrometeorológicas na medição de CH₄ entérico de 14 ovinos com peso inicial de 27,1 ± 0,4 kg em sistema de pastejo, não observaram diferenças nas produções de CH₄ entre as ovelhas e nem entre os dias de coleta pelo método do gás SF₆, sendo o maior valor obtido de 14,8 g CH₄/carneiro/d. Esses valores, entretanto, são diferentes do obtidos por Lassey et al. (1997) que observaram substancial variabilidade das emissões entre ovelhas em um conjunto de 50 animais. Não foram verificadas também diferenças entre os métodos avaliados, sendo obtido o valor de 11,7 ± 0,4 g CH₄/d pela técnica do gás SF₆ e 11,9 ± 1,5 g CH₄/d para o método das massas.

Grainger et al. (2007) também não verificaram diferenças ao comparar a técnica do gás traçador SF₆ e da câmara respiratória em vacas leiteiras. Os valores de CH₄ entérico obtidos foram de 322 ± 57,5 g/d (n=36) e 331 ± 74,6 g/d (n = 36) para a câmara e a técnica do traçador SF₆, respectivamente. Entretanto, Muñoz et al. (2012) verificaram diferenças entre as duas técnicas em 20 vacas leiteiras alimentadas com dois níveis de concentrado: 30 e 60%. Os valores de CH₄ ruminal obtido pela técnica do gás traçador SF₆ foram semelhantes, nos primeiros períodos de coleta, aos valores obtidos na câmara respiratória, mas com o avançar do período houve uma superestimativa da produção de CH₄ ruminal na técnica do gás traçador SF₆.

Entretanto, Canesin (2009) ao mensurar a emissão de metano em bovinos em sistema de pastejo, em *Brachiaria brizantha* cv Marandu, em diferentes meses do ano, observou, através da técnica *in vitro*, que a emissão de metano obtida no mês de novembro (36,8 mL/g MS) apresentou volumes superiores em relação aos valores obtidos no mês de setembro (25,9 mL/g MS). Resposta semelhante foi encontrada ao utilizar a técnica do gás traçador SF₆, quando também se registrou maior emissão de metano entérico pelos animais no mês de novembro em relação ao mês de setembro: 311 e 176,8 CH₄ g/dia, respectivamente.

Mais recentemente foi desenvolvido o sistema GreenFeed® (C-Lock, Dakota do Sul, EUA; Patente 7966971). Esse equipamento é o primeiro sistema no mundo que mede quantitativamente o metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) nas massas de fluxos de um rebanho. Além disso, permite, assim como o método do gás traçador, medir as emissões em um grande número de animais, em ambientes de produção, durante períodos de tempo indefinidos, com controle sobre a quantidade e tipo de alimento, permitindo também alterações no tempo e no intervalo entre as refeições. (Figura 3 A, B e C).

Apesar de ser uma tecnologia recente, estudos mostram não haver grandes variações na mensuração das emissões de CH₄ entérico pelo sistema GreenFeed®, em comparação à sistemas mais tradicionais como as câmaras barimétricas e o método do gás traçador SF₆.



Figura 3. Medição de metano via GreenFeed®. A. Equipamento; B. Detalhe do animal no equipamento sem a interferência humana; C. Detalhe do cocho e do alimento utilizado como atrativo para encorajar o animal a visitar o equipamento.

Fonte: Próprio Autor

Hammond et al. (2015) compararam as emissões de CH_4 de novilhas leiteiras em recria alimentadas com feno de azevém, utilizando a unidade GreenFeed® com valores obtidos por câmaras de respiração e pela técnica do gás SF_6 . Não houve diferença significativa para as mensurações de CH_4 pela técnica das câmaras, SF_6 ou Greenfeed® (230; 204 e 196 g/d, respectivamente).

Estratégias de mitigação da produção de metano na pecuária

A produção de metano nos ruminantes é influenciada por diversos fatores, alguns intrínsecos ao animal, como tamanho, categoria (carne ou leite) e eficiência alimentar, por exemplo, e outros extrínsecos relacionados a dieta, como composição da dieta,

digestibilidade dos nutrientes, presença de compostos antinutricionais e, ou outros compostos que possam influenciar a microbiota ruminal.

O H_2 é o principal precursor para a síntese de CH_4 . Por ser naturalmente produzido no rúmen durante a fermentação dos compostos dietéticos é de suma importância que a pressão deste gás se mantenha reduzida, permitindo a re-oxidação do NADH levando a produção de AGV. Desta forma, segundo Machado et al. (2011), qualquer estratégia adotada deve ter como foco um ou mais dos objetivos abaixo:

- Redução da produção de H_2 sem prejudicar a digestão dos alimentos;
- Estimulação da utilização do H_2 por meio de vias de produção de produtos alternativos benéficos para o ruminante;
- Inibição das *Archeae* metanogênicas (número e/ou atividade), com concomitante estímulo de vias que consomem H_2 para evitar os efeitos negativos do aumento da pressão parcial de H_2 no rúmen.

Composição e qualidade da dieta

A principal estratégia para a redução das emissões de CH_4 em sistemas de produção animal é simplesmente melhorar a qualidade da dieta. O modelo Tier 2 do IPCC para estimar a perda de energia na forma de CH_4 assume que animais em confinamento (alimentação a base de grãos) perdem 3,5% da energia bruta ingerida com a produção de CH_4 , enquanto que animais em sistemas de pastejo (alimentação a base de forragem) pedem 6,5% da ingestão de energia bruta (Pesta, 2015). Johnson e Johnson (1995) observaram uma forte relação entre a ingestão e produção de CH_4 .

A produção de bovinos em pastagens, principalmente em ambientes de clima tropical, apresenta elevada emissão de CH_4 entérico comparado com sistema de confinamento. Isso, pois o principal constituinte da dieta, a forragem, nesses ambientes, possui maiores proporções de fibras estruturais (celulose, hemicelulose e lignina) que favorecem a fermentação acética (Nelson & Moser, 1994). Entretanto, as características das gramíneas C_4 podem conduzir a diferentes interpretações quanto ao potencial de fornecimento de substrato para fermentações que geram CH_4 no rúmen. Por apresentarem fibra de baixa digestibilidade e, conseqüentemente, menor taxa de passagem no trato gastrointestinal, quando comparado

com forrageiras de clima temperado, por exemplo, fornecem menor quantidade de substrato para os microrganismos metanogênicos (Pedreira et al., 2005).

Uma das alternativas para reduzir o efeito da produção de CH₄ pelo consumo de forrageiras de clima tropical é por meio da implementação de práticas de manejo do pastejo que possibilitem melhorar o valor nutricional da forrageira, favorecendo a digestão da fibra e aumentando a taxa de passagem do alimento, com incremento sobre o desempenho animal. Inicialmente, associado ao aumento no desempenho, projeta-se um aumento nas taxas de emissões de CH₄. Contudo, quantidade de metano produzido por unidade de produto (leite ou carne) é reduzida se a produção ou crescimento do animal é aumentado (Machado et al., 2011).

O fornecimento de concentrado na dieta também favorece a redução nas emissões de metano. Isso, porque a fermentação do amido, principal constituinte em dietas ricas em concentrado, propicia a produção de propionato, que inibe o crescimento de bactérias metanogênicas. Dietas contendo entre 30 e 40% de concentrado apresentam perdas de CH₄ relativamente constantes (6 a 7% da ingestão de energia bruta), mas reduzem acentuadamente para valores de 2 a 3% da ingestão de energia bruta em dietas com 80 a 90% de concentrado (Beauchemin & McGinn, 2005).

Contudo, nem sempre ocorrem reduções na produção de CH₄ em animais alimentados com dietas ricas em concentrado. Nessas situações, a redução da emissão de metano pode ser explicada pela queda do pH ruminal e declínio do número de protozoários ciliados. O baixo pH ruminal também pode inibir o crescimento e/ou atividade das metanogênicas e bactérias celulolíticas (Martin et al., 2010)

No entanto, deve-se pensar no impacto ambiental como um todo, pois o fornecimento de dietas a base de grão favorece as emissões de outros gases, como óxido nitroso e dióxido de carbono, devido ao incremento do uso de fertilizantes e combustíveis fósseis para a produção e transporte destes grãos (Beauchemin, 2012). Além de que os grãos utilizados em confinamento (milho e soja, principalmente) são alimentos nobres e amplamente utilizados na alimentação humana.

Suplementação com lipídio na dieta

Existe uma grande evidência de que a suplementação com lipídeos (excluindo aqueles protegidos da digestão ruminal) é uma das

maneiras mais efetivas de redução a emissões de CH₄ entérico pelos ruminantes.

De acordo com Beauchemin (2012), existem diferentes mecanismos pelo qual os lipídeos reduzem a produção de CH₄. O incremento de lipídeo na dieta, reduz a quantidade de matéria orgânica fermentável no rúmen, já que os lipídeos não são fonte de energia para as bactérias ruminais, reduzem o número de protozoários associados à metanogênese, efeito tóxico sobre microrganismos metanogênicos exercido por ácidos graxos poli-insaturados e a biohidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados, que funciona como um dissipador de hidrogênio.

Grainger e Beauchemin (2011) analisaram 27 estudos e concluíram que o aumento de 10 g de gordura para cada kg de ingestão de MS (IMS) na dieta diminuiria a produção de 1 g de CH₄ para cada kg de IMS em bovinos e 2,6 g/kg IMS em ovelhas. Moate et al. (2011) também verificaram reduções nas emissões de CH₄ com a suplementação com lipídeo e reportaram a seguinte relação entre gordura dietética e produção de CH₄ por IMS:

$$\text{CH}_4 \text{ (g/kg MS)} = \exp [3.15(\pm 0.052) - 0.0035 (\pm 0.00061) \times \text{gordura, g/kg DM}]$$

Em revisão feita por Martin et al. (2010), com base em emissões de CH₄ mensuradas *in vivo* e em que diferentes fontes e formas de apresentação lipídios foram fornecidos à dieta, observaram uma diminuição média no CH₄ de 3,8% com cada adição de 1% de gordura suplementar (Figura 3). Os autores sugerem que o efeito do ácido graxo é, em grande parte, dependente da sua natureza.

Contudo, o uso de lipídeo na dieta é limitado a inclusões entre 3 e 4% da MS da dieta, não excedendo 6% para evitar depressão no consumo de MS (Beauchemin et al., 2008). Ainda, segundo o mesmo autor, para garantir a redução nas emissões de CH₄ com a inclusão de lipídeo na dieta é necessária inclusão continuada deste ingrediente na dieta; e pode variar em função do nível de suplementação, fonte de lipídeo, forma de fornecimento (óleo ou semente) e o tipo de dieta.

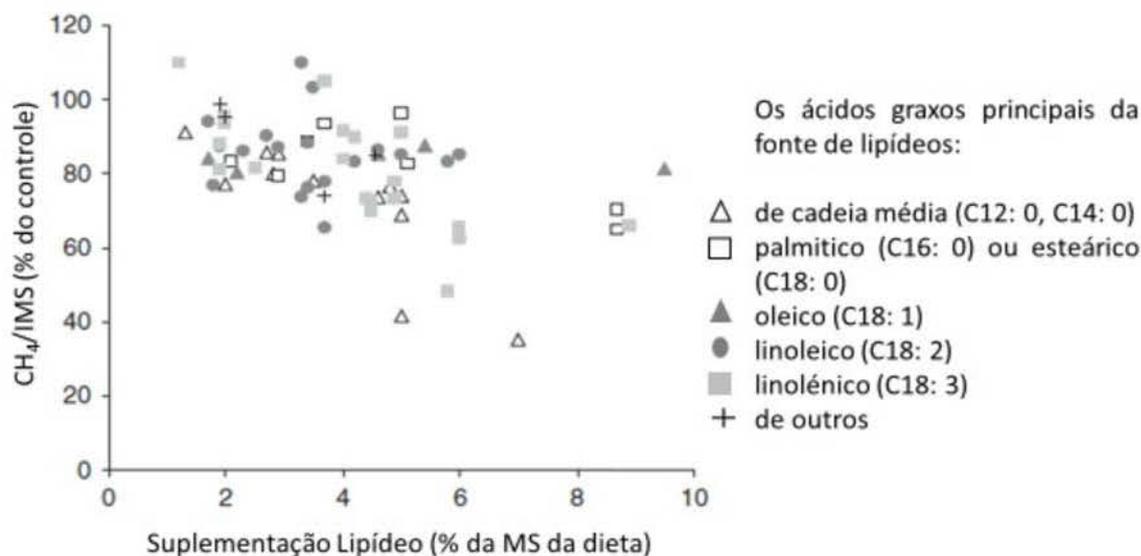


Figura 3. Efeito da suplementação de lipídeo na produção de metano em ruminantes: revisão de literatura disponível.

Fonte: Martin et al. (2009)

Ionóforos

Os ionóforos são antimicrobianos tipicamente utilizados como aditivos em rebanhos comerciais de bovinos leiteiros e de corte, visando modular a ingestão de matéria seca (IMS) e aumentar a eficiência de produção de carne e leite (McGuffey et al. 2001). Esses antimicrobianos promovem alterações na população microbiana do rúmen, selecionando bactérias Gram-negativas, produtoras de ácido succínico ou fermentadoras de ácido láctico, e inibindo Gram-positivas, produtoras de ácido acético, butírico, láctico e também de H₂ (Morais et al., 2006).

Ionóforos reduzem a produção de metano pelo incremento na proporção de propionato em relação ao acetato, redução no número de protozoários metanogênicos e pela redução na IMS (Beauchemin et al., 2012).

A efetividade da monensina para reduzir a produção de metano é altamente variado e dependente de altas doses. Adição de 24 a 35 mg/kg de MS reduz a produção de metano em bovinos de corte e leite entre 4 e 13% (Beauchemin et al., 2008). Johnson e Johnson (1995) encontraram grande variação na redução de metano, entre 4 e 31%, em dietas baseadas em grãos e forragem com a adição de Ionóforos, e concluíram que o efeito deste aditivo é de curta duração e que as emissões de CH₄ retornam a níveis normais após duas semanas.

Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos (malato, fumarato e acrilato) têm sido utilizados como aditivos e representam uma alternativa ao uso de antimicrobianos na alimentação de ruminantes. Essas substâncias podem estimular a captação de lactato pelas bactérias *Selenomonas ruminantium*, atuar como tampões, prevenindo quadros de acidose ruminal em dietas ricas em concentrados energéticos e reduzir a disponibilidade de H₂ no rúmen por atuarem como seus receptores para formação de succinato (Martin & Park, 1996; Machado et al., 2011).

Contudo, os dados na literatura são inconclusivos sobre os efeitos destes ácidos na redução do metano entérico. Por exemplo, Wallace et al. (2006) verificaram reduções de 75% nas emissões de CH₄ com o uso de 10% de fumarato encapsulado em dietas para cordeiros, sem efeito negativo no desempenho. No entanto, McCourt et al., (2008) não encontram efeitos significativos do uso de fumarato na redução de metano entérico na dieta de vacas leiteiras.

Extratos de plantas (taninos condensados, saponinas e óleos essenciais)

Há um grande interesse no uso de compostos secundários de plantas como estratégias de mitigação de CH₄. São vistos como alternativas naturais aos aditivos químicos que foram proibidos ou cujos efeitos sejam percebidos negativamente pelos consumidores (Martin et al., 2009). Várias plantas contêm compostos secundários que as protegem do ataque de fungos, bactérias, insetos e herbívoros. O efeito dessas moléculas sobre a metanogênese ruminal é altamente variável (Machado et al., 2011).

Taninos condensados são compostos fenólicos secundários e variam muito na estrutura química, além disso, podem formar complexos com proteínas, reduzindo a degradação das proteínas das plantas no rúmen, e em menor grau podem estar ligados a íons metálicos e polissacarídeos (Beauchemin et al., 2012; Morais et al., 2006). A atividade metanogênica dos taninos têm sido atribuída ao grupo de taninos condensados, pois os hidrolisáveis, embora tenham efeito sobre a metanogênese, são tóxicos para os animais (Field et al., 1989; McSweeney et al., 2001).

A redução nas emissões de metano com o uso de tanino condensado é dependente da fonte do tanino e da espécie de

ruminante. Os dados na literatura mostram reduções das emissões de metano variando de 8% a 12% para ovelhas e entre 2 e 3% para bovinos leiteiros e sem alterações significativas para bovinos de corte (Pinares-Patino et al., 2003; Hess et al., 2006; Beauchemin et al., 2007).

Saponinas são glicosídeos encontrados em muitas plantas, como *Brachiaria decumbens* e *Medicago sativa* e tem efeito direto sobre os microrganismos do rúmen, com inibição sobre protozoários ciliados, além de reduzirem a degradação da proteína, mas favorecerem ao mesmo tempo a síntese de proteína e biomassa microbiana (Martin et al., 2010; Beauchemin et al., 2012).

Muitos estudos relatam a redução na produção de metano em experimentos *in vitro*, mas quando os estudos são conduzidos *in vivo* não são observadas diferenças significativas, tanto nas emissões de metano quanto na população de protozoários (Beauchemin et al., 2012). Segundo Martin et al. (2010), o uso de saponina reduz a metanogênese em 8% e a população de protozoários em 50%.

Óleos essenciais são compostos aromáticos voláteis em plantas que são usadas devido as propriedades medicinais. As principais plantas promissoras na redução da metanogênese são a raiz de ruibarbo (*Rheum nobile*), *Carduus pycnocephalus* e *Populus tremula* L. (Beauchemin et al., 2012). Assim como as saponinas, a maioria dos trabalhos para testar o potencial do uso destas plantas sobre a metanogênese são estudos *in vitro*.

Leveduras

As leveduras são fungos unicelulares, especialmente do gênero *Saccharomyces*, e têm sido utilizadas como probióticos em dietas para melhorar o desempenho de ruminantes.

Os estudos do efeito de leveduras sobre a redução de metano são recentes e secundários. Pesquisas apontam para a seleção de cepas com a habilidade de reduzir a taxa de digestão da fibra que teria efeito secundário sobre a redução de metano entérico (Beauchemin et al., 2012). Chung et al. (2011) verificaram reduções de 10% na emissão de metano usando essas novas cepas.

O mecanismo de ação das leveduras sobre a redução de metano, ainda não está muito claro. A adição de leveduras ao ambiente ruminal pode aumentar o número de bactérias no rúmen e a partição de carboidrato degradado entre células microbianas e produtos da

fermentação podem alterar a produção de hidrogênio (Beauchemin et al., 2012).

Sistemas de produção pecuários no Brasil

A pecuária no Brasil, tradicionalmente, advém de sistemas de produção em pastagens, que na grande maioria apresentam algum grau de degradação, levando a ineficiência do sistema de produção com maiores emissões de metano entérico por unidade de produto animal produzido.

De maneira geral, as estimativas de emissão GEE pela pecuária no Brasil, incluindo metano entérico, são mais incertas do que dos demais setores de produção, em decorrência da complexidade dos sistemas e ainda são poucos os estudos no país realizados. Almeida & Medeiros (2013) apresentam um compilado de dados publicados sobre a emissão de metano entérico no Brasil (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados de emissão de metano (CH₄) obtidos com gado de corte em estudos realizados no Brasil.

Peso vivo (kg)	Ganho de peso (kg/d)	Fator de emissão (kg CH ₄ /ano)	Perda de energia (%EBI ¹)	Sistemas
375	0,425	47,3	6,8	<i>Brachiaria brizantha</i>
461	0,303	50,7	6,3	Silagem sorgo + concentrado
402	0,333	49,3	7,5	Feno braquiária
200	0,380	41,6	-	<i>Panicum maximum</i>
-	-	40,3	-	iLP

Fonte: Adaptado de Almeida & Medeiros (2013)

Nesse sentido, surgem alternativas que podem fornecer dietas a base de plantas forrageiras com melhor valor nutricional e dietas a base de grãos com reduzido impacto sobre as emissões de GEE.

Nesse contexto, regiões em que a agricultura e recursos naturais estão sob crescente pressão a implementação de práticas que promovam o bom uso da terra, como a integração "lavoura-pecuária-floresta" (iLPF), tendem a oferecer alternativas às questões ecológicas, econômicas e sociais (Porfírio-da-Silva, 2006).

Sistemas integrados são sistemas ecológicos modificados pelos humanos para produzir alimento, fibra e outros produtos agrícolas. Esses sistemas são estruturalmente e dinamicamente complexos, embora sua complexidade venha primariamente da interação dos processos sócio-econômicos e ecológicos. A combinação lavoura-pecuária-floresta tem como objetivo a mudança do sistema de uso da terra, e apresenta quatro características: produtividade, definida pela quantidade de produtos obtidos por unidade de insumos/recursos inseridos nos sistemas; estabilidade, que é a constância da produtividade frente às pequenas mudanças provenientes de flutuações normais e cíclicas de meio ambiente; sustentabilidade, que é a habilidade de um sistema em manter a produtividade frente a forças da natureza; e por fim, uniformidade, que representa a regularidade da distribuição da produtividade ao longo do tempo (Conway, 1987).

Sistemas integrados de produção, que visam produzir na mesma área um ou mais componentes agrícolas, florestais ou pecuário em consórcio, sucessão ou rotação são consideradas alternativas para mitigação das emissões de GEE, como o CH₄.

Devido ao uso intensivo de insumos, os sistemas integrados, como integração lavoura-pecuária, silvipastoril e lavoura-pecuária-floresta, desde que bem manejados, possibilitam reestabelecer o vigor e produtividade das pastagens, aumentar o sequestro de carbono devido a inclusão do componente florestal e pela maior produção de biomassa e de raízes das plantas forrageiras. Além de reduzir a idade ao abate dos animais, devido a melhoria na qualidade da forragem e por permitir a utilização de estratégias nutricionais, com o uso de grãos oriundos do próprio local.

Sistemas pastoris com 250 a 350 árvores de eucalipto/ha, para corte aos oito a doze anos de idade, são capazes de produzir 25 m³/ha/ano de madeira (o que corresponde a um sequestro anual de cerca de 5 t/ha de C ou 18 t/ha de CO_{2eq.}, o que equivale a neutralização da emissão de GEE de 12 bovinos adultos/ha/ano (Ofugi et al., 2008; Almeida & Medeiros, 2013).

Além disso, o uso de práticas de manejo adequado com as pastagens, principalmente pela oferta de nutrientes no solo, possibilita o acúmulo de C no solo a uma taxa de 0,3 t de C/ha/ano, o que seria capaz de anular em 80% a emissão anual de metano de um bovino de corte adulto (Machado et al., 2011).

Considerações Finais

A produção de metano entérico por ruminantes é inevitável, independente do sistema de produção animal. Assim, é necessário: 1. Construir sistemas de produção que produzam mais forragem e de melhor; 2. Garantir a manutenção da produtividade das pastagens e fazer o melhor manejo do pastejo para cada cultivar; 3. Investir em melhoramento genético do rebanho para se ter animais mais precoces e que ganhem mais peso. Com isso, será possível produzir mais carne na mesma área e reduzir a produção de metano por unidade de produto num determinado tempo. Contudo, estratégias de mitigação devem ser utilizadas para reduzir as emissões de metano entérico, priorizando o aumento da produtividade e garantindo a sustentabilidade do sistema.

Referências bibliográficas

- ABDALLA, A.L.; LOUVANDINI, H.; SALLAM, S.M.A.H. et al. In vitro evaluation, in vivo quantification, and microbial diversity studies of nutritional strategies for reducing enteric methane production. **Tropical Animal Health and Production**, v.44, p.953-964, 2012.
- ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Perfil da pecuária no Brasil. Relatório Anual 2016**. Disponível em: <<http://www.girodobo.com.br/wpcontent/uploads/2016/09/Perfil-daPecu%C3%A1ria-no-Brasil-ABIEC.pdf>> Acesso em: 07 de Setembro de 2016.
- ALMEIDA, R.G. e MEDEIROS, S.R. **Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta**. In: Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável: 10 anos de Pesquisa. Anais... Campo Grande, MS. 23 p. 2013.
- ARCHIMÈDE, H.; EUGÈNE, M.; MARIE MAGDELEINE, C. et al. Comparison of methane production between C3 and C4 grasses and legumes. **Animal Feed Science and Technology**, v.166-167, p.59-64, 2011.
- BELEOSOFF, B.R. 2013. **Potencial de produção de gases totais e metano in vitro de pastagens de *Panicum maximum* jacq. Cv. Tanzânia submetida a diferentes manejos de pastejo**. Tese (D.Sc.) - Universidade de Brasília, Brasília-DF.
- BEAUCHEMIN, K.A. and MCGINN, S.M. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. **Journal of Animal Science**. v.83, p.653-661, 2005.
- BEAUCHEMIN, K.A., MCGINN, S.M.; MARTINEZ, T.F and MCALISSTER, T.A. Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**. v.85, p.1990-1996, 2007.
- BEAUCHEMIN, K.A.; KREUZER, M.; O'MARA, F. et al. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v.48, p.21-27, 2008.
- BEAUCHEMIN, K.A. Dietary mitigation of enteric methane from cattle. In: PEREIRA, O.G., FONSECA, D.M., RIBEIRO, K.G., CHIZZOTTI, F.H.M (Eds.) **6th Symposium on Strategic Management of Pasture**. Viçosa, Minas Gerais. p.209-224. 2012.

- CANESIN, R.C. 2009. **Frequência da suplementação de bovinos da raça Nelore mantidos em pastagens**. Tese (D.Sc.) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- CONWAY G.R. 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems*, 24:95-117.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations, **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**, OECD Publishing, Paris. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en> Acesso em: 15 de Agosto de 2015.
- FIELD, J.A.; KORTEKAAS, S. and LETTINGA, G. The tannin theory of methanogenic toxicity. **Biological Wastes**. v.29, p.241–262, 1989.
- GRAINGER, C.; CLARKE, T.; MCGINN, S.M. et al. Methane emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride tracer and chamber techniques. **Jornal of Dairy Science**. v.90, p.2755-2766, 2007.
- GRAINGER, C. and BEAUCHEMIN, K.A. Can enteric methane emissions from ruminants be lowered without lowering their production? **Animal Feed Science and Technology**. n.166, p.308-320, 2011.
- HAMMOND, K.J.; HUMPHRIES, D.J.; CROMPTON, L.A. et al. Methane emissions from cattle: Estimates from short-term measurements using of GreenFeed system compared with measurements obtained using respiration chamber or sulphur hexafluoroid tracer. **Animal Feed Science and Technology**. n.203, p.41-62, 2015.
- HESS, H.D.; TIEMANN, T.T.; NOTO, F. et al. Strategic use of tannins as means to limit methane emission from ruminant livestock. In: SOLIVA, C.R. TAKAHASHI, J. KREUZER, M (Eds.) 2nd International Conference of Greenhouse Gases and Animal Agriculture. Zurich, Switzerland, p.94-97.
- HOBSON, P.N.; Stewart C.S. **The rumen microbial ecosystem**. New York: Elsevier, 719p., 1988.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Fourth Assessment Report (AR4): Mitigation of Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

I Anais do 2º Simpósio de Pecuária Integrada

- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). 2014. Disponível em: <http://report.mitigation2014.org/drafts/final-draftpostplenary/ipcc_wg3_ar5_final-draft_postplenary_chapter11.pdf> Acesso em 08 de Agosto de 2015.
- JOHNSON, K.A.; HUYLEER, M.T.; WESTBERG, H.H et al. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. **Environmental Science & Technology**. v.28, p.359-362, 1994.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**. v.73, n.8, p.2483-2492, 1995.
- KELLY, J.M.; KERRINGEN, B.; MILLIGAN, L.P. et al. Development of a mobile, open-circuit calorimetric system. **Canadian Journal of Animal Science**. v.74, p.65-71, 1993.
- KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos Ruminantes**. 2º edição. UFSM (ed.). Santa Maria, Rio Grande do Sul, p. 13-109, 2009.
- LASSEY, K.R.; ULYATT, M.J.; MARTIN, R.J. et al. Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. **Atmospheric Environment**. v.31, p.2905-2914, 1997.
- LEUNING, R.; BAKER, S.K.; JAMIE, I.M. et al. Methane emission from free-ranging sheep: a comparison of two measurement methods. **Atmospheric Environment**. v.33, p.1357- 1365, 1999.
- MACHADO, F.S.; PEREIRA, L.G.R.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. et al. **Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação**. Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite, 2011. 92 p. (Documentos, 147).
- MAISS, M.; BRENNINKMEIJER, C.A.M. Atmospheric SF₆: Trends, sources, and prospects. **Environmental Science & Technology**, v.32, p.3077-3086, 1998.
- MARTIN, C.; MORGAVI, D.P. and DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. **Animal**. v.4, n.3, p.351-365, 2010.
- McALLISTER, T.A.; NEWBOLD, C.J. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, n.2, p.7-13, 2008
- MCTI – Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Terceira comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das**

- Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** Brasília: Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, v. 3, 2015.
- MCGUFFEY, R. K.; RICHARDSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 84, (Sup.), p.E194–E203, 2001.
- MCSWEENEY, C.S.; PALMER, B.; MCNEILL, D.M. and KRAUSE D.O. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**. v.91, p.83–93, 2001.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php/comunicacao/agencia-informma?view=blog&id=1162>> Acesso em 15 Setembro de 2016.
- MILLER, T.L. Ecology of methane production and hydrogen sinks in the rumen. In: ENGELHARDT, W.V.; LEONHARD-MAREK, S.; BRAVES, G.; GIESECKE, D. (Ed.) **Ruminant physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction**. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, p. 317-332. 1995.
- MORAIS, J. A. S.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. Aditivos. In: Berchielli, T. T.; Pires, A. V.; Oliveira, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p. 111-140, 2006.
- MOULD, F.L.; KLIEM, K.E.; MORGAN, R. et al. In vitro microbial inoculum: A review of its function and properties. **Animal Feeds Science and Technology**, v.123-124, p. 31-50, 2005.
- MUÑOZ, C.; YAN, T.; WILSS, D.A. et al. Comparison of the sulfur hexafluoride tracer and respiration chamber techniques for estimating methane emissions and correction for rectum methane output from dairy cows. **Jornal of Dairy Science**. v.95, p.3139-3148, 2012.
- 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**. v.36, n.1, 1976.
- NELSON, C. J.; MOSER, L. E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY Jr., G. C. (Ed). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 115-154.

I Anais do 2º Simpósio de Pecuária Integrada

- PORFÍRIO-DA-SILVA V. 2006. Arborização de pastagens: I - procedimentos para introdução de árvores em pastagens convencionais, Comunicado Técnico, Colombo. pp. 8.
- 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**, v. 10, n. 3, p. 24-32, 2005.
- PEDREIRA, S.M; PRIMAVESI, O. Impacto da produção animal sobre o ambiente. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. 1.ed. Jaboticabal: Funep, 2006. p.497-511.
- PESTA, A.C. **Dietary strategies for mitigation of methane production by growing and finishing cattle**. University of Nebraska. Lincoln, Nebraska. Dissertation.154p. 2015.
- PINARES-PATIÑO, C.S.; BAUMONT, R. and MARTIN, C. Methane emissions by Charolais cows grazing a monospecific pasture of Timothy at four stages of maturity, **Canadian Journal Animal Science**. v.89, p.409-413, 2003.
- PINARES-PATIÑO, C.S.; HOLMES, C.; LASSEY, K.R. et al. Measurement of methane emission from sheep by the sulphur hexafluoride tracer technique and by the calorimetric chamber: failure and success. **Animal**. v.2, p.141-148, 2008.
- PRIMAVESSI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S. et al. **Técnica do gás traçador SF₆ para medição do campo do metano ruminal em bovinos: adaptações para o Brasil**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004, 77p. (Documento, 39).
- SOLÓRZANO, L.A.R. 2012. **Efeitos de fontes energéticas sobre a fermentação ruminal, produção de metano determinada pela técnica do gás traçador SF₆, digestibilidade aparente total e excreção de nutrientes em bovinos**. Dissertação (M.Sc.) Universidade de São Paulo, Pirassununga.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.