

**IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO
CERRADO**

Uberlândia-MG, 12 e 13 de abril de 2018

ANAIS

Tema: Eficiência Produtiva e Impacto Ambiental na Produção de Ruminantes

COORDENAÇÃO: Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior
Prof^a. Dra. Simone Pedro da Silva

FAMEV UFU

**IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO
CERRADO**

Uberlândia-MG, 12 e 13 de abril de 2018

ANAIS

Tema: Eficiência Produtiva e Impacto Ambiental na Produção de Ruminantes

COORDENAÇÃO: Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior
Profa. Dra. Simone Pedro da Silva

Uberlândia
FAMEV UFU
2018

IV Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes no Cerrado

Promoção e Organização

Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Medicina Veterinária

Realização

Universidade Federal de Uberlândia/Faculdade de Medicina Veterinária

Comissão Organizadora

Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior
Profa. Dra. Janine França
Profa. Dra. Simone Pedro da Silva
Ana Caroline Rodrigues da Cunha
Andressa Rodrigues Gomes
Beatriz Mendes Cardoso
Ester Ferreira Felipe
Fernanda Colen Barboza
Gabriel Corsino Borges
Paulo Arthur Cardoso Ruela
Raphaella Arantes Pereira
Vitor Gabriel Resende Olive

Comissão Técnico Científica

Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior

Profa. Dra. Simone Pedro da Silva

Comissão Editorial

Profa. Dra. Simone Pedro da Silva

Paulo Arthur Cardoso Ruela

Revisão ortográfica

Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Junior

Profa. Dra. Simone Pedro da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S612 a Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes no Cerrado (4. : 2018:
Uberlândia, MG)
Anais / IV Simpósio Brasileiro de Produção de Ruminantes no
Cerrado, 12 e 13 de abril de 2018 em Uberlândia, Minas Gerais;
coordenadores Gilberto de Lima Macedo Júnior, Simone Pedro da Silva. -
Uberlândia : UFU, 2018.
272 p.

ISBN: 978-65-80045-00-6

Inclui bibliografia.

Tema: Eficiência produtiva e impacto ambiental na produção de ruminantes.

1. Veterinária - Congressos. 2. Ruminante - Congressos. 3. Bovino –
Nutrição. 4. Meio ambiente. 5. Sustentabilidade. I. Macedo Júnior, Gilberto
de Lima. II. Silva, Simone Pedro de III.. Universidade Federal de
Uberlândia. IV. Título.

CDU: 619

Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Medicina Veterinária Campus
Umuarama - Bloco 2T - Av. Pará, 1720 - Bairro Umuarama
Uberlândia - MG - CEP 38400-902 simprucerrado@gmail.com
<http://www.eventos.ufu.br/iv-simprucerrado/>

Técnicas para mensurar emissão de metano em bovinos

Alexandre Berndt¹, Paulo de Méo Filho², Leandro Sannomiya Sakamoto², Marcela Morelli³

¹Pesquisador Embrapa Pecuária Sudeste (São Carlos-SP)

²Doutorando em Qualidade e Produtividade Animal, FZEA/USP - Pirassununga

³Doutoranda em Nutrição e Produção Animal, FMVZ/USP - Pirassununga

Resumo: Na evolução da humanidade a produção pecuária sempre assumiu papel importante no desenvolvimento das civilizações até como hoje são conhecidas. Com o aumento progressivo da população mundial, este setor é exposto a novas barreiras e desafios, para que possa contribuir significativamente com a crescente demanda por alimentos. Outro enfoque que traz preocupação ao se tratar desta questão, são os impactos causados com o uso da terra e emissão de gases de efeito estufa. No caso de animais ruminantes a maior preocupação é em relação as emissões de gás metano, pois representam cerca de 22% das emissões de metano globais produzidas por fontes antrópicas. A compreensão acerca dos processos de emissão de gases de efeito estufa (GEE) na agropecuária se faz cada vez mais importante, sendo fundamental a mensuração e quantificação do metano entérico emitido em diferentes sistemas de produção, a pasto ou em confinamento. Estudos sobre as emissões de GEEs na agropecuária são fundamentais para a elaboração de inventários nacionais, definição de novas prioridades de pesquisa, aprimoramento de metodologias e estabelecimento de estratégias de mitigação, de forma a auxiliar o setor pecuário a aumentar sua produção em harmonia com a sociedade e o meio ambiente. Este capítulo dedica-se a explicar as diferentes metodologias disponíveis para quantificar a emissão de metano entérico de ruminantes em geral, apresentando vantagens, desvantagens e aplicação de cada uma.

Palavras-chave: bovinocultura de corte, fermentação entérica, gases de efeito estufa, hexafluoreto de enxofre, metano entérico, ruminantes

1. Introdução

Com o crescente aumento da população mundial e expectativa desta alcançar 9,2 bilhões de pessoas em 2050, ou seja, um aumento de aproximadamente 30% existe uma tendência de crescimento no consumo global de alimentos, em particular aqueles de origem animal, em função do aumento da renda da população e do processo de urbanização (FAO, 2013). Segundo pesquisa de orçamento familiar realizada no Brasil em 2002-2003 (IBGE, 2004) verificou-se a tendência de que quanto maior a renda em salários mínimos, maior a participação das proteínas de origem animal na dieta da família. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) o leite é um dos produtos que apresenta grande possibilidade de crescimento de demanda, sua produção deverá crescer a uma taxa anual entre 2,4 e 3,3%. Isso corresponderá a uma produção de 47.474 milhões de litros de leite cru no final do período das projeções de 2025 (MAPA, 2015).

Para acompanhar essa crescente demanda por alimentos, o rebanho mundial de bovinos de corte tem demonstrado forte crescimento, chegando ao final do ano de 2016 com 998 milhões de cabeças. Deste total, cinco países abrigam mais de 80% dos animais: Índia (30,39%), Brasil (22,64%), China (10,03%), EUA (9,37%) e União Europeia (8,94%), de acordo com o USDA (2016). Segundo a publicação Agricultural

Outlook 2016-2025 (Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OECD-FAO, 2016), a produção de carnes deverá ser 16% maior em 2025. Nos países em desenvolvimento a produção de carne bovina se projeta ainda maior, alcançando 20% e o Brasil é visto como um dos países de grande capacidade em suprir essa demanda de proteína animal. O Brasil ocupa uma importante posição no mercado internacional de carne bovina, sendo o segundo colocado em produção, atrás dos Estados Unidos da América e frequentemente primeiro exportador, disputando com Índia e Austrália.

A pecuária está diretamente relacionada à emissão de gases de efeito estufa – GEE, em função da fermentação entérica decorrente dos processos digestivos dos ruminantes. Dentre os gases de efeito estufa (GEE) emitidos por diferentes setores, a agropecuária em geral contribui de forma significativa para as emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) (FAO, 2013). Por isso, os sistemas de produção de carne tem sido motivo de estudos e discussão no setor agrícola nos últimos anos devido à sua contribuição para o aquecimento global, principalmente devido à emissão de metano entérico (Moss, JOUANY e NEWBOLD, 2000).

O CH₄ é um hidrocarboneto proveniente de diversos setores, dentre eles a geração de energia (principalmente a queima de combustíveis fósseis), os processos industriais, a agropecuária e os sistemas de tratamento de resíduos (MCTI, 2014). Dentro do setor da agropecuária, o metano pode ter origem a partir dos processos de fermentação entérica, durante o manejo de dejetos, nos processos relacionados à cultura de arroz e em na queima de resíduos agrícolas. De todo o metano global produzido por fontes antrópicas, 22% corresponde à produção entérica (USEPA, 2000). A dinâmica fisiológica do metano produzido por fermentação no rúmen é de que 95% dele sejam expelidos por eructação, e a porção de metano que é produzida no trato digestivo posterior, tem 89% do gás sendo excretado através da respiração e apenas 11% pelo ânus (Murray, BRYANT e LENG, 1976).

Em 2010, a fermentação entérica contribuiu com 94,9% das emissões totais de metano da pecuária no Brasil e os bovinos contribuíram com 96,8% destas emissões (MCTI, 2015). A fermentação entérica do gado de corte é a principal fonte de emissão de metano, com cerca de 75% das emissões registradas, seguida da fermentação entérica do gado de leite, que representa 12% das emissões entéricas totais (MCTI, 2014). De acordo com o Terceiro Inventário Nacional de Emissões de Gases do Efeito Estufa – Relatórios de Referência, os bovinos emitem cerca de 57 kg de metano por ano, quando não é aplicada nenhuma estratégia mitigadora de emissão (MCTI, 2015). Porém ainda há escassez de dados e distorções nas informações relacionadas aos impactos ambientais que geram preocupações e barreiras ao desenvolvimento do setor. Em recente publicação na Folha de Paulo, Jank (2018) discutiu a visão internacional negativa sobre a pecuária brasileira, assim como os reais cálculos da emissão e remoção de carbono considerando o balanço de GEE e o ciclo de vida da atividade, cujos resultados mostram que as pastagens tropicais possuem alto potencial de sequestro de carbono e mitigação das emissões.

Para o Brasil é muito importante aumentar a compreensão acerca dos processos de emissão e remoção de GEE na agropecuária, sendo fundamental a mensuração e quantificação do metano entérico emitido em diferentes sistemas de produção, a pasto ou em confinamento, nos seis biomas brasileiros.

2. Metodologias para a determinação da emissão de CH₄ entérico

Para uma avaliação e mensuração correta de gases emitidos pelos animais ruminantes, é importante sempre considerar alguns aspectos relevantes:

1. Interferência da metodologia na rotina do animal;
2. Interferência ou mudança no gás emitido a ser avaliado;
3. Mudanças em seu ambiente natural ou produtivo;
4. Facilidade para análise das amostras e dos dados.

Considerando todos esses pontos, ao longo de mais de 60 anos, desde o surgimento dos primeiros trabalhos com avaliação de emissão de metano entérico, as técnicas e metodologias foram se aprimorando e se adequando as condições produtivas. Métodos de pesquisa utilizados para estudar as emissões de CH₄ entérico e as práticas de mitigação possuem elementos em comum, porém diferem em termos de aparatos e abordagens utilizadas. A medida precisa das emissões provenientes dos ruminantes é necessária para publicação de inventários nacionais, criação e avaliação das estratégias de mitigação e desenvolvimento de protocolos para seleção genética (HAMMOND et al., 2016). Existem diversas tecnologias utilizadas em todo o mundo para quantificar a emissão de metano entérico, podendo ser realizadas por métodos *in vitro* ou *in vivo*. Estas diferem em seu modo de aplicação, custo, acurácia e precisão, entre as mesmas podemos citar:

- Câmara respirométrica;
- Técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆);
- Face mask system (método do capuz);
- Câmara de cabeça para amostragens pontuais (GreenFeed®);
- Laser portátil;
- Produção de gases *in vitro*.

3. Câmara respirométrica:

Câmaras respirométricas têm sido utilizadas como calorímetros indiretos para a mensuração das trocas respiratórias e as perdas de energia na forma de CH₄ de ruminantes por mais de 120 anos (ARMSBY, 1903; KELLNER, 1913), sendo que, atualmente seu principal foco de uso dentro da pesquisa é medir as emissões de CH₄ entérico. O princípio deste sistema é que o ar recolhido do ambiente para o interior da câmara circula em seu interior e em torno do animal, homogeneizando-se ao CH₄ emitido, durante este processo ocorre a amostragem do ar de entrada e o de saída. A produção de metano é determinada multiplicando-se o fluxo de ar através do sistema pela diferença entre a concentração do ar de entrada e o de saída (HAMMOND et al., 2016).

Os diferentes modelos de câmaras são construídos seguindo este princípio, sendo que os mais sofisticados incluem isolamento, sistema de exaustão anti-sufocamento, laterais transparentes, controle de umidade e temperatura, enquanto os mais simples não possuem isolamento térmico (WAINMAN e BLAXTER, 1958), ou apenas a cabeça do animal é introduzida no equipamento (PLACE et al., 2011). É considerado um método confiável para a estimativa da emissão de CH₄ de ruminantes, já que o ambiente pode ser controlado e a estabilidade dos instrumentos podem ser medidas (JOHNSON e JOHNSON, 1995). Em contrapartida, um ambiente artificial indesejável pode ser criado no interior do equipamento, o que pode afetar por exemplo o comportamento e a

ingestão de matéria seca do animal (IMS). Considerando que o consumo é um fator diretamente relacionado à produção de CH₄, uma diminuição na IMS não apenas afetará a emissão total, mas também as estimativas derivadas da mesma (ELLIS et al., 2007). As medidas de emissão de CH₄ são normalmente realizadas por um período de 5-7 dias, dependendo da finalidade e dos recursos (HERD et al., 2014), medidas durante um período prolongado demandam controle da temperatura e umidade, para que não haja interferência destes fatores nos resultados. Fontes críticas de variação para a medição da emissão de CH₄ através de câmaras respirométricas são a taxa de fluxo de ar através da câmara e a dinâmica de mistura de ar, que determina o tempo de resposta do sensor que analisa os gases, como também a conduta ao operar o equipamento dentro do experimento (HAMMOND et al., 2016).

Este sistema pode ser utilizado para investigar quase todos os aspectos da nutrição, e quando empregado em dias sequenciais apresenta resultados com CV abaixo de 10%, o design e a disposição espacial da câmara podem reduzir o risco de redução da IMS. O delineamento experimental mais adequado para a comparação é o quadrado latino (STORM et al., 2012). Porém apesar de sua confiabilidade, o custo de instalação e a capacidade do equipamento restringem o número de animais que podem ser avaliados em um mesmo experimento.

4. Técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆)

De acordo com Hammond et al., 2016, a técnica do gás traçador SF₆ foi desenvolvida e patenteada por Zimmerman em 1993, com o objetivo de medir a emissão metabólica de gases de animais criados livres (ZIMMERMAN, 1993; STORM et al., 2012), já que os resultados obtidos em câmaras respirométricas eram questionáveis pela impossibilidade de aplicar a tecnologia em animais criados em pastejo (OKELLY e SPIERS, 1992; JOHNSON et al., 1995; STORM et al., 2012). O primeiro uso para mensurar CH₄ entérico de bovinos foi relatado por Johnson et al. (1994). No Brasil, a técnica foi adaptada por Primavesi et al. (2002) e aprimorada por Berndt et al. (2014).

O método tem por base que a emissão de CH₄ entérico pode ser estimada se a taxa de emissão de um gás traçador dentro do rúmen for conhecida. Para isso se faz necessário um gás não-tóxico (LESTER e GREENBERG, 1950; STORM et al., 2012), estável e que se comporte dentro da dinâmica de gases no rúmen, do mesmo modo que o metano. O SF₆ atende todos esses fundamentos, além de possuir um limite de detecção extremamente baixo e poder ser aplicado em baixíssimas concentrações (JOHNSON et al., 1992; STORM et al., 2012).

Esta técnica é adequada tanto para animais confinados bem como livres em pastejo e baseia-se no uso de um tubo de permeação (cápsula), que é administrado pela boca do animal e permanece no rúmen/retículo liberando uma pequena e conhecida taxa do gás traçador. O SF₆ liberado pela cápsula mistura-se aos gases da fermentação ruminal atuando como um traçador do gás metano produzido e eructado pelo animal. O ar expirado pela narina e boca do animal é continuamente coletado por meio de um tubo de teflon com cerca de 1 mm de diâmetro interno, equipado com limitador de fluxo (capilar) para regular a taxa de amostragem. Este tubo é fixado a um cabresto e conectado a um recipiente de armazenamento previamente evacuado (canga), utilizando engates rápidos. O intervalo de amostragem recomendando é de 24 h, ao longo de um período mínimo de cinco dias consecutivos, além de amostras de ar do ambiente

(brancos), os animais presentes nos diferentes tratamentos devem ser amostrados ao mesmo tempo (HAMMOND et al., 2016).

As emissões de CH₄ são calculadas através da proporção de CH₄:SF₆ na canga, com cada um dos gases corrigidos para a concentração do branco, em conjunto com a taxa de permeação pré-determinada das cápsulas de SF₆. Na seguinte equação, onde está subscrito M indica amostra medida do animal, e o subscrito BG indica a concentração do branco:

$$RCH_4 = RSF_6 \times \frac{(CH_4)_M - (CH_4)_{BG}}{(SF_6)_M - (SF_6)_{BG}} \times \left(\frac{MW_{CH_4}}{MW_{SF_6}} \right) \times 1000$$

e, ainda, RCH₄ (g/d) é a taxa de emissão de CH₄ ruminal calculada em g/d; RSF₆ representa a taxa de liberação da cápsula de SF₆ (mg/d); MW_{CH₄} é a massa molecular do CH₄ (16), e MW_{SF₆} é a massa molecular do SF₆ (146). As concentrações de CH₄ são expressas em ppm e as de SF₆ em ppt. O fator 1000 realiza a conversão da unidade para que RCH₄ seja expressa na unidade de g/d.

A técnica do gás traçador SF₆ vem sendo utilizada e aprimorada a mais de duas décadas, período em que foram descritas dificuldades e formas de acurar os resultados (STORM et al., 2012). Se realizada corretamente a técnica do SF₆ estima uma emissão média de CH₄ que pode diferir cerca de ± 5-10% da obtida dos mesmos animais em câmaras respirométricas (HAMMOND et al., 2016). A taxa de emissão das cápsulas de SF₆ é importante e pode afetar a estimativa de emissão de CH₄ se não estiver corretamente determinada, para isso é necessário que a taxa de emissão seja determinada em condições de laboratório utilizando o método gravimétrico, ou seja pesando as cápsulas semanalmente por pelo menos seis semanas e que sejam utilizadas aquelas com emissões altamente lineares (R² > 0,997) (PINARES-PATIÑO e CLARK, 2008). Para reduzir possíveis erros experimentais inerentes à técnica, devem ser utilizadas cápsulas com taxas de emissão semelhantes dentro de um experimento (PINARES-PATIÑO et al., 2008). A distância entre o tubo de amostragem e a boca e narinas do animal afeta a concentração dos gases mas não a proporção de CH₄:SF₆ que será amostrada em relação a que foi expirada e eructada pelo animal, por isso o posicionamento do dispositivo de coleta se torna fundamental (BERENDS et al., 2014).

Um dos principais requisitos de um gás traçador, é que suas concentrações no ambiente sejam extremamente baixas, em relação a concentração do traçador nas amostras coletadas, conhecer as concentrações de fundo no ambiente, são importantes para isso e para a precisão das estimativas de emissão de CH₄ (BERNDT et al., 2014; STORM et al., 2012). Altas concentrações de fundo do SF₆ criam incertezas, gerando perda de precisão e menor acurácia, contribuindo substancialmente para uma alta variação nas determinações de SF₆ (LASSEY, 2013). As estimativas de emissão através da técnica do SF₆, tanto intra animal como entre animais costumam apresentar um maior CV quando comparados com as câmaras respirométricas. Em decorrência deste maior CV podem ser necessários mais dias de coleta e mais animais para detectar diferenças entre tratamentos (STORM et al., 2012).

5. Método do capuz (Face mask system)

O método do capuz ou face mask system também é citado por diferentes autores (JOHNSON e JOHNSON, 1995; BHATTA, ENISHI e KURIHARA, 2007; OSS et al.,

2016) como um sistema alternativo simples e de baixo custo para mensurar a emissão de CH₄ em ruminantes. Esta técnica se assemelha ao princípio das câmaras respirométricas em termos das medidas de trocas gasosas e mudanças na concentração de CH₄ exalado. A técnica consiste em o animal colocar apenas a cabeça dentro de uma máscara completamente vedada, dessa forma, todo o ar expirado e eructado é coletado e quantificado, incluindo a emissão de metano entérico (YOUNG, KERRIGAN e CHRISTOPHERSON, 1975).

Para a realização das coletas através das máscaras, a forma e o número de medidas que serão feitas ao animal, podem impactar em seu comportamento diário, pois há o acesso restrito a água e alimentos (OSS et al., 2016). O hábito alimentar de ruminantes é, preferencialmente, durante o dia, sendo registrados maior consumo de alimentos e água (HÜNERBERG et al., 2015). Este hábito padrão resulta em um aumento contínuo durante o dia até que ocorra um pico seguido por um período de declínio razoavelmente linear na emissão de CH₄ entérico (OSS et al., 2016). A máscara facial é mais utilizada quando se desejava uma resposta rápida para a medida de trocas gasosas de animais em curtos períodos de tempo (FERNÁNDEZ, LÓPEZ e LACHICA, 2012). Recentes trabalhos (PICKERING et al., 2015; ROBINSON et al., 2015; OSS et al., 2016) mostraram que medidas de curto prazo podem estar fortemente correlacionadas com a emissão diária de metano dependendo do tempo em que, após a alimentação, a coleta de amostras é realizada.

Esse método apesar de apresentar um menor custo comparado com a técnica do SF₆ e a câmara respirométrica, possui algumas restrições em relação aos resultados coletados (JOHNSON e JOHNSON, 1995), principalmente em relação a maior variação nos valores diários de emissão, tendo um impacto negativo na mensuração do metano nos animais (OSS et al., 2016).

6. Câmara de cabeça para amostragens pontuais (GreenFeed®)

Câmaras respirométricas e a técnica do SF₆ são normalmente utilizados para se obter medidas da emissão de CH₄ de um número limitado de animais pelo período de 24 h. Porém existe uma demanda cada vez maior em determinar a emissão de forma precisa, de um grande número de animais em determinados momentos, durante a alimentação e a ordenha por exemplo. Medidas repetidas a curto prazo utilizando máscaras vêm sendo utilizadas (WASHBURN e BRODY, 1937) para se obter estimativas das taxas diárias das trocas respiratórias e emissão de CH₄.

O sistema GreenFeed® (C-Lock Inc., Rapid City, South Dakota, USA) é um dispositivo estático de medição a curto prazo, que mede individualmente a emissão de CH₄ e CO₂ de bovinos, através da integração das medidas de fluxo de ar, concentração de gás e detecção da posição da cabeça durante a visita de cada animal ao equipamento (ZIMMERMAN e ZIMMERMAN, 2012). A medida das emissões ocorre após o animal introduzir a cabeça no cocho, através da combinação de um exaustor e sensor de posição que induz o fluxo de ar passando pela cabeça do animal, permitindo que o ar expirado seja recolhido e amostrado. O ar recolhido é homogeneizado, filtrado e a taxa de fluxo de ar é medida por meio de um anemômetro ultrassônico. A concentração de CH₄, CO₂ e O₂ presente nas amostras é determinada através de um analisador de espectro infravermelho não dispersivo (HAMMOND et al., 2016). Similar a outras técnicas é necessário que os animais sejam treinados a utilizar o equipamento, nem

sempre todos os indivíduos de cada grupo experimental se tornam usuários frequentes do GreenFeed (WAGHORN et al., 2013).

Os animais têm liberdade de visitar o equipamento a qualquer momento, porém a amostragem dos gases só acontece após certo intervalo entre visitas o que é determinado pela programação pré-estabelecida no sistema. As medidas da emissão de CH₄ através de uma unidade GreenFeed® são normalmente realizadas ao longo de períodos curtos (5 min), distribuídos durante dias/semanas/meses e dependendo da visita voluntária do animal. Para distribuir as medidas ao longo do dia, o software de controle permite ao pesquisador o controle do tempo e da oferta de alimento ao longo do ciclo circadiano de 24 horas. Este equipamento pode ser utilizado em uma variedade de sistemas de produção, inclusive a pasto. O software do equipamento agrega os dados e calcula a emissão de CH₄ durante o período de amostragem e apresenta resultados somente quando o animal visitou a unidade, recebeu uma recompensa alimentar, manteve adequada posição da cabeça dentro do cocho de amostragem por tempo suficiente para a tomada de número satisfatório de eructações é também importante garantir que o equipamento seja instalado de forma que nenhum outro animal permaneça próximo ao equipamento quando outro animal o estiver visitando (HAMMOND et al., 2016).

7. Detector portátil de metano a laser

Outra tecnologia que pode monitorar a concentração de CH₄ do ar expirado pelos animais é o “laser detector methane” (LDM) (RICCI et al., 2014). As medidas da concentração de CH₄ são tomadas manualmente por meio de um aparelho portátil na distância de 1 a 3 metros a partir do animal e são baseadas em espectroscopia de absorção do infravermelho para o CH₄. A coleta dos dados por meio do aparelho ocorre continuamente por curtos períodos de tempo (2 a 4 min), os dados resultantes consistem de uma série de picos que representam o ciclo respiratório do animal, apenas os picos que refletem a expiração ou eructação do animal são considerados durante a análise e são ajustados de acordo com a distância e medidas do ambiente também obtidas através do LDM (RICCI et al., 2014). O sistema atual “de mão” acaba crescendo variação e demanda por mão-de-obra treinada, outra preocupação é o efeito que as condições ambientais têm sobre as medidas (CHAGUNDA, 2013).

8. Produção de gases In Vitro

Os métodos in vitro são utilizados usualmente como uma alternativa inicial na mensuração de produção de metano, devido a facilidade e rapidez na mensuração, menores custos operacionais e permitem a avaliação dos efeitos dos ingredientes da dieta e do uso de aditivos nas rações sobre a metanogênese (STORM et al., 2012). A técnica de produção de gases é muito utilizada para simular a fermentação ruminal de alimentos e dietas (RYMER et al., 2005), e atualmente tem sido modificada para estimar a produção de metano (NAVARRO-VILLA et al., 2011). A técnica se baseia na simulação dos processos metabólicos que acontecem normalmente no rúmen onde a degradação do alimento depende dos microrganismos e do ambiente ruminal adequado, formando AGCC, CO₂, CH₄ e produção de massa microbiana (BLUMMEL, GIVENNS e MOSS, 2005).

As amostras de alimentos são fermentadas em condições laboratoriais simulando as condições ruminais em cultura contínua ou em frascos de fermentação. O método requer acesso ao fluido do rúmen fresco, obtido a partir de ruminantes fistulados (MOULD et al., 2005). São coletadas alíquotas de gases dos frascos de fermentação, e a análise da concentração de CH₄ é realizada por cromatografia gasosa.

A principal desvantagem desse método é a mensuração apenas da emissão de metano ligada a fermentação ruminal, não contabilizando o as emissões de metano e a digestão do alimento no trato gastrointestinal. Técnicas de traçador isotópico também foram desenvolvidas e são úteis em condições controladas, mas são limitadas em condições de produção (STORM et al., 2012).

9. Considerações finais

Atualmente existem muitos métodos para mensurar e estimar as emissões de metano de ruminantes aplicáveis a animais confinados ou em pastejo, avaliando desde animais individuais até grupos. Nenhum método, entretanto, é perfeito e se faz necessário um conhecimento profundo das vantagens e desvantagens das técnicas experimentais além de um cuidadoso planejamento com objetivo de selecionar qual metodologia melhor se adapta a cada necessidade.

Neste contexto, é extremamente importante o planejamento de experimentos desde a concepção até a interpretação de resultados, pois com rigor e imparcialidade na avaliação haverá confiabilidade nos resultados obtidos.

10. Literatura citada:

ARMSBY, H. P. The Principles of Animal Nutrition. **John Wiley & Sons**, New York. 1903.

BERENDS, H.; GERRITS, W. J.; FRANCE, J.; ELLIS, J. L.; VAN ZIJDERVELD, S. M.; DIJKSTRA, J. Evaluation of the SF₆ tracer technique for estimating methane emission rates with reference to dairy cows using a mechanistic model. **Journal of Theoretical Biology**, v. 353, p. 1–8, 2014.

BERNDT, A.; BOLAND, T. M.; DEIGHTON, M. H.; GERE, J. I.; GRAINGER, C.; HEGARTY, R. S.; IWAASA, A. D.; KOOLAARD, J. P.; LASSEY, K. R.; LUO, D.; MARTIN, R. J.; MARTIN, C.; MOATE, P. J.; MOLANO, G.; PINARES-PATIÑO, C.; RIBAUX, B. E.; SWAINSON, N. M.; WAGHORN, G. C.; WILLIAMS, S. R. O. Guidelines for use of sulphur hexafluoride (SF₆) tracer technique to measure enteric methane emissions from ruminants. Lambert, M. G. (Ed.). **New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre**, New Zealand, 2014.

BLÜMMEL, M.; GIVENNS, D. I.; MOSS, A. R. Comparison of methane produced by straw fed sheep in open-circuit respiration with methane predicted by fermentation characteristics measured by an in vitro gas procedure. **Animal Feed Science and Technology**, v. 123-124, n.1, p. 379-390, 2005.

BHATTA, R.; ENISHI, O.; KURIHARA, M. Measurement of methane production from ruminants. Asian-Australas. **Journal of Animal Science**, v.20, p. 1305–1318, 2007.

CHAGUNDA, M. G. G. Opportunities and challenges in the use of the laser methane detector to monitor enteric methane emissions from ruminants. **Animal**, v.7, p. 394–400, 2013.

ELLIS, J. L.; KEBREAB, E.; ODONDO, N. E.; MCBRIDE, B. W.; OKINE, E. K.; FRANCE, J. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 3456–3467, 2007.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. Technical conversion factor for agriculture commodities. Roma, 782p. <http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/methodology/tcf.pdf>

FERNÁNDEZ, C.; LÓPEZ, M. C.; LACHICA, M. Description and function of a mobile open-circuit respirometry system to measure gas exchange in small ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v.172, p. 242-246, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de orçamento familiares 2002-2003: Análise da disponibilidade de alimentos e do estado nutricional no Brasil. Rio de Janeiro, 2004.

JANK, M. S. Clima e água na pecuária bovina. In: **FOLHA DE SÃO PAULO**, 17 de fevereiro de 2018. p. A28, 2018.

HAMMOND, K. J.; CROMPTON, L. A.; BANNINK, A.; DIJKSTRA, J.; YÁÑEZ-RUIZ, D. R.; O'KIELY, P.; SCHWARM, A. Review of current in vivo measurement techniques for quantifying enteric methane emission from ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 219, p. 13-30, 2016.

HERD, R. M.; ARTHUR, P. F.; DONOGHUE, K. A.; BIRD, S. A.; GARDINER, T.; HEGARTY, R. S. Measures of methane production and their phenotypic relationships with dry matter intake, growth, and body composition traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 5267–5274, 2014.

HÜNERBERG, M.; MCGINN, S. M.; BEAUCHEMIN, K. A.; ENTZ, T.; OKINE, E. K.; HARSTAD, O. M.; McALLISTER, T. A. Impact of ruminal pH on enteric methane emissions. **Journal of Animal Science**, v.93, p. 1760–1766, 2015.

JOHNSON, K.; HUHLER, M.; WESTBERG, H.; LAMB, B.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. **Environmental Science Technology**, v. 28, p. 359–362, 1994.

JOHNSON, K. A.; HUHLER, M.; PIERCE, C. S.; WESTBERG, H.; LAMB, B.; ZIMMERMAN, P. The use of SF₆ as an inert gas tracer for use in methane measurements. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 302, 1992.

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

KELLNER, O. J. The Scientific Feeding of Animals. **Duckworth**, London. 1913.

LASSEY, K. R. On the importance of background sampling in applications of the SF₆ tracer technique to determine ruminant methane emissions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 180, p. 115–120, 2013.

LESTER, D.; GREENBERG, L. A. The toxicity of sulfur hexafluoride. **Archives of Industrial Hygiene and Occupational Medicine**, v. 2, p. 348–349. 1950.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio Brasil 2014/15 a 2024/25**: projeções de longo prazo. Brasília, 2015. 130p.

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Brasília, DF: MCTI. 164 p., 2014.

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas da Gases do Efeito Estufa – Relatórios de Referência. 2015.

MOULD, F. L.; KLIEM, K. E.; MORGAN, R.; MAURICIO, R. M. In vitro microbial inoculum: A review of its function and properties. **Animal Feed Science and Technology**, v.123, p.31–50, 2005.

MOSS, A. R.; JOUANY, J. P.; NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales de Zootechnie**, v.49, n.1, p. 231–253, 2000.

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, p. 1-14, 1976.

NAVARRO-VILLA, A.; O'BRIEN, M.; LOPEZ, S.; BOLAND, T. M.; O'KIELY, P. Modifications of a gas production technique for assessing in vitro rumen methane production from feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.166, p.163–174, 2011.

OECD/FAO - Organisation for Economic Co-operation and Development / Food and Agriculture Organization of the United Nations. OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025, **OECD Publishing**, Paris, 2016.

OKELLY, J. C.; SPIERS, W. G. Effect of monensin on methane and heat productions of steers fed lucerne hay either ad-libitum or at the rate of 250 g/hour. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 43, p. 1789–1793, 1992.

OSS, D. B.; MARCONDES, M. I.; MACHADO, F. S.; PEREIRA, L. G. R.; TOMICH, T. R.; RIBEIRO JR, G. O.; CHIZZOTTI, M. L.; FERREIRA, A. L.; CAMPOS, M. M.; MAURÍCIO, R. M.; CHAVES, A. V.; McALLISTER, T. A. An evaluation of the face mask system based on short-term measurements compared with the sulfur hexafluoride

(SF6) tracer, and respiration chamber techniques for measuring CH₄ emissions. **Animal Feed Science and Technology**, v.216, p. 49–57, 2016.

PICKERING, N. K.; ODDY, V. H.; BASARAB, J.; CAMMACK, K.; HAYES, B.; HEGARTY, R. S.; LASSEN, J.; McEWAN, J. C.; MILLER, S.; PINARES-PATIÑO, C. S.; HASS, Y. Animal board invited review: genetic possibilities to reduce enteric methane emissions from ruminants. **Animal**, V. 9, p. 1431–1440, 2015.

PINARES-PATIÑO, C. S.; CLARK, H. Reliability of the sulfur hexafluoride tracer technique for methane emission measurement from individual animals: An overview. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, p. 223–229, 2008.

PINARES-PATIÑO, C. S.; MACHMULLER, A.; MOLANO, G.; SMITH, A.; VLAMING, J. B.; CLARK, H. The SF₆ tracer technique for measurements of methane emission from cattle—Effect of tracer permeation rate. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 88, p. 309–320, 2008.

PLACE, S. E.; PAN, Y.; ZHAO, Y.; MITLOEHNER, F. M. Construction and operation of a ventilated hood system for measuring greenhouse gas and volatile organic compound emissions from cattle. **Animals**, v.1, p. 433–446, 2011.

PRIMAVESI, O.; BERNDT, A.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R. T. S.; DEMARCHI, J. J. A. A.; PEDREIRA, M. S.; BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G. Greenhouse gas production in agricultural systems: Groundwork for an inventory of methane emissions by ruminants, in: Boddey, R. M., Lima, M.A., Alves, B. J. R., Machado, P. L. O. A., Urquiaga. S.(Eds.) **Carbon stocks and greenhouse gas emissions in Brazilian agriculture**, E-Book Brasília. p. 191-2162014.

RICCI, P.; CHAGUNDA, M. G. G.; ROOKE, J.; HOUDIJK, J. G.; DUTHIE, C. A.; HYSLOP, J.; ROEHE, R.; WATERHOUSE, A. Evaluation of the laser methane detector to estimate methane emissions from ewes and steers. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 5239–5250, 2014.

ROBINSON, D. L.; GOOPY, J. P.; HEGARTY, R. S.; ODDY, V. H. Comparison of repeated measurements of methane production in sheep over 5 years and a range of measurement protocols. **Journal of Animal Science**, v.93, p. 4637–4650, 2015.

RYMER, C.; HUNTINGTON, J. A.; WILLIAMS, B. A.; GIVENS, D. I. In vitro cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v.123, p.9–30, 2005.

STORM, I. M. L. D.; HELLWING, A. L. F.; NIELSEN, N. I.; MADSEN, J. Methods for measuring and estimating methane emission from ruminants. **Animals**, v. 2, p. 160–183, 2012.

USDA - United States Department of Agriculture. Agricultural Projections to 2025. Office of the Chief Economist, World Agricultural Outlook Board, U.S. Department of

Agriculture. Prepared by the Interagency Agricultural Projections Committee. **Long-term Projections Report OCE-2016-1**, 99 pp.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. 2000. Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs. In: **Peer Review Draft**. Washington, DC: USEPA. p.48.

WAINMAN, F. W.; BLAXTER, K. L. Closed-Circuit Respiration Apparatus for the Cow and Steer. In **Proceedings** of the 1st Symposium in Energy Metabolism, Principles, Methods and General Aspects, Copenhagen, Denmark. p. 80–84, 1958.

WAGHORN, G. C.; GARNETT, E. J.; PINARES-PATINO, C. S.; ZIMMERMAN, S. Implementation of GreenFeed in a dairy herd grazing pasture. **Greenhouse Gases and Animal Agriculture Conference, Advances in Animal Biosciences** v. 4, p. 436, 2013.

WASHBURN, L. E.; BRODY, S. Growth and development XLII. Methane, hydrogen, and carbon dioxide production in the digestive tract of ruminants in relation to the respiratory exchange. In: Mumford, F.B. (Ed.), **Growth and Development**, University of Missouri, Columbia, Missouri. 1937.

YOUNG, B. A.; KERRIGAN, B.; CHRISTOPHERSON, R. J. A versatile respiratory pattern analyzer for studies of energy metabolism of livestock. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 55, p. 17-22, 1975.

ZIMMERMAN, P. R. System for Measuring Metabolic Gas Emissions from Animals. **US Patent number 5,265,618**.1993.

ZIMMERMAN, P. R.; ZIMMERMAN, R. S., Method and system for monitoring and reducing ruminant methane production. **US Patent number US20090288606 A1**. 2012.