



Diretrizes para avaliação da emissão de metano entérico com a técnica do gás traçador SF₆

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pecuária Sudeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Documentos 117

Diretrizes para avaliação da emissão de metano entérico com a técnica do gás traçador SF₆

Alexandre Berndt
André de Faria Pedroso
Luiz Gustavo Ribeiro Pereira
Paulo Henrique Mazza Rodrigues
Roberto Giolo de Almeida
Roberto Guimarães Júnior
Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto
Patrícia Perondi Anção Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste
São Carlos, SP
2014

Embrapa Pecuária Sudeste

Rod. Washington Luiz, km 234

13560 970, São Carlos, SP

Caixa Postal 339

Fone: (16) 3411- 5600

Fax: (16): 3361-5754

Home page: www.embrapa.br/pecuaria-sudeste

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Alexandre Berndt

Secretária-Executiva: Simone Cristina Méo Niciura

Membros: Ane Lisye F.G. Silvestre, Maria Cristina Campanelli Brito,

Milena Ambrosio Telles, Sônia Borges de Alencar

Normalização bibliográfica: Sônia Borges de Alencar

Editoração eletrônica: Maria Cristina Campanelli Brito

Foto(s) da capa: Alexandre Berndt

1ª edição

1ª edição on-line (2014)

Todos os direitos reservados

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Pecuária Sudeste

Diretrizes para avaliação da emissão de metano entérico com a técnica do gás traçador SF₆. — [Recurso eletrônico] /Alexandre Berndt [et al.] — Dados eletrônicos. — São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2014.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: Word Wide Web: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103577/1/Documentos117.pdf>>

Título da página na Web (acesso em 20 de setembro de 2014).

19p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 117; ISSN: 1980-6841).

1. Gás metano - avaliação - emissão - metodologia. 2. Animal - produção - Gás.

I. Alexandre Berndt. II. André de Faria Pedroso. III. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira. IV. Paulo Henrique Mazza Rodrigues. V. Roberto Giolo de Almeida. VI. Roberto Guimarães Júnior. VII. Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto. VIII. Patricia Perondi Anção Oliveira. IX. Título. X. Série.

CDD: 636.2

© Embrapa 2014

Autores

Alexandre Berndt

Engenheiro Agrônomo, pesquisadora a Embrapa
Pecuária Sudeste, São Carlos, SP,
alexandre.berndt@embrapa.br

André de Faria Pedroso

Engenheiro Agrônomo, pesquisadora da Embrapa
Pecuária Sudeste, São Carlos, SP,
andre.pedroso@embrapa.br

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Médico Veterinário, pesquisador da Embrapa Gado de
Leite, Juiza de Fora, MG,
luiz.gustavo@embrapa.br

Paulo Henrique Mazza Rodrigues

Professor da Universidade de São Paulo, Campus de
Pirassununga, SP
pmazza@usp.br

Roberto Giolo de Almeida

Engenheiro Agrônomo, pesquisador da Embrapa Gado
de Corte, Campo Grande, MS,
roberto.giolo@embrapa.br

Roberto Guimarães Júnior

Médico Veterinário, pesquisador da Embrapa
Cerrados, Planaltina, DF,
roberto.guimaraes-junior@embrapa.br

Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto

Química, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente,
Jaguariuna, SP,
rosa.frighetto@embrapa.br

Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Engenheira Agrônoma, pesquisadora da Embrapa
Pecuária Sudeste, São Carlos, SP,
patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Sumário

1. Sumário	9
2. Introdução	10
3. Variáveis imprescindíveis para a avaliação de emissão de metano entérico	12
3.1 Identificação de locais de coleta	12
3.2 Caracterização dos sistemas	12
3.3 Emissão diária de metano por animal	13
3.4 Consumo de matéria seca	13
3.5 Desempenho animal	14
4. Variáveis desejáveis para complementação à avaliação de metano entérico	14
4.1 Caracterização bromatológica dos alimentos	14
4.2 Teor de energia bruta	14
4.3 Cálculo de emissão pelo Tier 2 do IPCC	15
5. Definição da metodologia, conservação e envio de amostras ..	15
6. Tamanho da amostra, número de repetições e frequência de amostragem	16
7. Métodos analíticos para avaliação das variáveis	17
8. Considerações finais	18
9. Referências	18

Apresentação

O aumento dos Gases de Efeito Estufa – GEE - e o conseqüente aquecimento global têm causado preocupação à sociedade em geral, que cobra ações governamentais e dos setores produtivos nacionais, dentre eles, da pecuária. O Brasil ocupa posição de destaque internacional na produção pecuária e exportação de carne e assumiu compromissos voluntários de redução das emissões de GEE, refletindo os anseios da sociedade brasileira.

O Brasil tem aumentado a produção de produtos de origem animal de forma consistente. Nos últimos anos esse aumento foi obtido por meio do aumento na eficiência dos sistemas de produção, sem contudo provocar a abertura de novas áreas de pastagens, com o emprego de recuperação de pastagens, a melhoria dos índices zootécnicos e a adoção de sistemas integrados e de boas práticas agropecuárias. Para que essas técnicas possam fazer parte das políticas governamentais para o setor, é preciso determinar o nível das emissões dos sistemas tradicionais e o potencial de mitigação (redução de emissões e remoção de GEE da atmosfera) dos sistemas “melhorados”, em âmbito nacional.

Neste contexto, a rede de pesquisa PECUS foi concebida para produzir as informações necessárias, de forma imparcial e utilizando métodos padronizados internacionalmente, com vistas a dar suporte ao governo brasileiro na elaboração de políticas e negociações internacionais.

Com esse intuito, a rede de pesquisa PECUS criou um comitê técnico, composto por vários subcomitês de especialistas, encarregados de gerar protocolos de pesquisa, de forma a garantir a obtenção de resultados válidos, comparáveis e reportáveis da geração dos componentes produtivos e da vegetação natural, dos fluxos de emissão de GEE e do sequestro de carbono, por meio da padronização e sistematização dos métodos de avaliação nos diferentes sistemas de produção localizados nos principais Biomas brasileiros.

Diretrizes para avaliação da emissão de metano entérico com a técnica do gás traçador SF₆

Alexandre Berndt

André de Faria Pedroso

Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Paulo Henrique Mazza Rodrigues

Roberto Giolo de Almeida

Roberto Guimarães Júnior

Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto

Patrícia Perondi Anchão Oliveira

1. Sumário

A avaliação da emissão de metano entérico é muito importante em sistemas de produção de ruminantes, por se tratar da principal fonte de metano de origem antrópica na agropecuária. As informações apresentadas nas Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil (MCTI, 2013) indicam que em 2010 a agropecuária foi responsável por 35,1% (437.226 Gg CO₂-eq) e a mudança no uso da terra respondeu por 22,4% (279.163 Gg CO₂-eq) do total das emissões nacionais. A fermentação entérica responde por, aproximadamente, 56% das emissões da agropecuária brasileira.

Na rede de pesquisa PECUS, preocupados com o uso de metodologias reconhecidas internacionalmente pela comunidade científica, que garantam a obtenção de resultados válidos, comparáveis e reportáveis, selecionou-se a técnica do gás traçador SF₆ para a estimativa de emissão de metano entérico de animais experimentais em pastejo ou confinados. O objetivo deste protocolo é descrever de forma resumida essa metodologia.

2. Introdução

A rede de pesquisa Pecus – “Dinâmica de Gases de Efeito Estufa em Sistemas de Produção da Agropecuária Brasileira” tem como objetivo principal estimar a contribuição de diferentes sistemas de produção na dinâmica de gases de efeito estufa, buscando quantificar os efeitos negativos da degradação de pastagens em contraste com sistemas melhorados, como o de “integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)”. Considerando a diversidade de sistemas avaliados, presente nos seis biomas brasileiros, e a necessidade de reunir os resultados em um banco de dados único, é fundamental que as metodologias utilizadas pelos diversos grupos de pesquisa sejam padronizadas.

O objetivo principal do “comitê de metano”, junto ao projeto Pecus, foi propor a padronização da metodologia de coleta e análise de metano entérico, considerando a diversidade dos sistemas de produção avaliados. Os resultados primários de emissões devem ser interpretados em conjunto com outros resultados dos sistemas de produção, tais como, consumo de alimento e desempenho animal, permitindo a estimativa dos indicadores de intensidade de emissão em “gCH₄/kg de carne ou leite”, e a análise mais ampla que envolverá o balanço de carbono nos diferentes sistemas.

O componente animal dos sistemas de produção será avaliado quanto à emissão de metano entérico, principalmente em sistemas de pastejo, restringindo as opções disponíveis de metodologia à técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre – SF₆, única capaz de avaliar individualmente animais em pastejo. Outras metodologias também são capazes de estimar as emissões de metano com precisão e podem ser utilizadas como avaliações complementares à do SF₆, entre elas: produção in vitro, câmaras respirométricas e micrometeorologia.

A técnica do gás traçador SF₆ foi desenvolvida e patenteada em 1993 (ZIMMERMAN, 1993). Esta técnica baseia-se no uso de um tubo de permeação ou cápsula, que é introduzido no rúmen/retículo e libera uma

pequena e conhecida quantidade do gás traçador. O SF₆ liberado pela cápsula mistura-se aos gases da fermentação ruminal atuando como um traçador do gás metano produzido pelo animal.

Johnson et al. (1994) foram os primeiros a utilizar essa técnica em pesquisas com nutrição de ruminantes. Em 1995, Johnson & Johnson publicaram um trabalho de revisão descrevendo diferentes técnicas de mensuração de metano, citando brevemente a técnica do gás traçador SF₆. Lasey et al. (1997) detalharam as equações de cálculos e destacaram a importância de descontar nos cálculos as concentrações de CH₄ e SF₆ basais ou ambientais, naturalmente presentes na atmosfera. Westberg et al. (1998) publicaram nos Estados Unidos um manual detalhado sobre a técnica, que serviu como base para a preparação do manual brasileiro (PRIMAVESI et al., 2004).

Após quase 20 anos de seu surgimento, inúmeros pesquisadores já utilizaram a técnica e identificaram possibilidades de aperfeiçoamento e de aprimoramento da sua precisão e acurácia. Em 2011 houve uma reunião de trabalho na Nova Zelândia com 16 pesquisadores especialistas na técnica do SF₆ oriundos de vários países. O resultado das discussões foi compilado e será publicado como um manual de boas práticas para os usuários da técnica. O documento “Good practice guide on the SF₆ Tracer Technique” estará disponível no endereço <http://www.globalresearchalliance.org/research/livestock/activities/knowledge/>. A técnica atualizada vem sendo divulgada em treinamentos das equipes da rede de pesquisa Pecu e constitui a fundamentação teórica para as coletas de metano entérico do projeto.

3. Variáveis imprescindíveis para a avaliação de emissão de metano entérico

A seguir são indicadas as variáveis imprescindíveis para que a análise dos resultados de avaliações das emissões de metano entérico seja realizada de forma integrada. O banco de dados do Pecus permite que resultados analíticos brutos sejam incluídos, contribuindo para a avaliação da precisão e acurácia da técnica do SF₆.

Os indicadores mais importantes a serem determinados com os dados dos experimentos são: emissão de metano (g CH₄/animal.dia), emissão de metano por kg de produto gerado (kg CH₄/kg de carne ou leite) e por quantidade de alimento consumido (kg CH₄/kg de matéria seca ingerida - MSI).

3.1. Identificação dos locais de coleta

Os pontos de coleta de dados devem ser identificados quanto ao bioma em que se inserem, estado e município, coordenada geográfica, instituição de ensino ou pesquisa e pessoa responsável pela coleta.

3.2. Caracterização dos sistemas

Os sistemas de produção devem ser caracterizados quanto ao tipo de sistema (intensivo, extensivo, integração lavoura-pecuária, integração lavoura-pecuária-floresta, entre outros), quanto ao uso exclusivo ou não de pastagens e sistema de pastejo (contínuo ou rotacionado). É importante também descrever os tratamentos avaliados e caracterizar os animais quanto à raça, ao sexo, à idade e ao peso.

A técnica do SF₆ possui variações e deve ser especificado se será utilizada uma canga por animal por dia, por cinco dias consecutivos ou uma única canga por animal, para cinco dias. Deve-se indicar também se houve o fracionamento das amostras em “vials” ou “exetainers” (ver item 4). É necessário ainda informar o intervalo (dias) entre a coleta e a

análise das amostras. Caso seja utilizada alguma técnica complementar (*in vitro*, câmara respirométrica ou micrometeorologia), é desejável que essa técnica seja citada.

3.3. Emissão diária de metano por animal

O resultado principal da coleta de metano entérico é o valor do fluxo diário, ou emissão diária, em gramas de metano por animal por dia. Para chegar a esse resultado são necessários alguns valores brutos que também devem ser reportados e inseridos no banco de dados: data da coleta, se a amostra é de animal ou de “branco” (a amostra retirada das condições naturais atmosféricas), a concentração de CH₄ na amostra e no branco (ppm), a concentração de SF₆ na amostra e no branco (ppt) e a taxa de emissão da cápsula (mg/dia). É importante também inserir observações relevantes associadas ao resultado como, por exemplo, algum comportamento atípico do animal, uso de produtos veterinários, ocorrência de chuva, etc.

3.4. Consumo de matéria seca

Recomenda-se que a avaliação de consumo de matéria seca por animal, em quilogramas por dia, seja realizada com os mesmos animais experimentais utilizados para a avaliação da emissão de metano e para o desempenho. Recomenda-se também que a aplicação de indicadores externos, como óxido de cromo (III), dióxido de titânio, lignina purificada e enriquecida (LIPE), itérbio, n-alcanos etc., deva ser iniciada imediatamente após as coletas de metano, de forma a não estressar os animais previamente ao período de trocas de cangas no curral.

A metodologia para determinação do consumo será descrita em outro protocolo, especialmente elaborado pelo “comitê de consumo” do Pecu.

3.5. Desempenho animal

O desempenho animal, expresso em gramas de ganho de peso diário ou quilogramas de leite produzido por dia, é uma variável possível de se determinar durante os cinco dias de coleta de metano, mas, nesse curto período, os dados podem ser imprecisos. É possível considerar então o ganho de peso ou a produção de leite médios do período experimental ou do mês da avaliação. A estimativa do desempenho é importante para se calcular a emissão de metano em equivalente CO₂ por quilograma de produto.

4. Variáveis desejáveis para complementação da avaliação de metano entérico

4.1. Caracterização bromatológica dos alimentos

A caracterização bromatológica dos alimentos concentrados e volumosos ingeridos pelos animais deve ser descrita de forma que seja possível estimar os nutrientes digestíveis totais (NDT) da dieta, de acordo com a equação de Weiss (WEISS et al., 1992). As variáveis necessárias são: digestibilidade in vitro da matéria seca (DIV-MS), fibra em detergente neutro livre de cinzas (FDNc), cinzas, proteína bruta, lignina, extrato etéreo e nitrogênio ligado ao FDN e fibra em detergente ácido (FDA).

4.2. Teor de energia bruta

O teor de energia bruta (EB) da dieta é desejável para o cálculo da porcentagem de energia perdida na forma de CH₄ (MJ de CH₄/MJ de matéria seca ingerida). Nas instituições onde não exista bomba calorimétrica para determinação da EB, sugere-se que as amostras de componentes da dieta sejam enviadas a outros laboratórios da rede para a realização dessa análise.

4.3. Cálculo da emissão pelo Tier 2 do IPCC

O cálculo da emissão de metano pelo Tier 2 do IPCC (IPCC, 2006) é relativamente simples e pode ser utilizado para comparação com os valores efetivamente determinados nos experimentos (Tier 3). Para calcular os fatores de emissão de metano utilizando as equações do Tier 2 do IPCC são necessárias as seguintes variáveis: categoria animal (1- animais em crescimento e terminação, vacas secas; 2- vacas em lactação; 3- touros); peso vivo (kg); sistema de alimentação (1- confinamento; 2- pastejo; 3- pastejo extensivo); sexo (1- fêmeas; 2- novilhos; 3- touros); peso das fêmeas adultas com condição corporal média (kg); ganho médio de peso (kg/dia); produção de leite (kg/dia); teor de gordura do leite (%); número de horas trabalhadas (pouco se aplica aos sistemas de produção de carne ou leite); taxa de prenhez média (%); teor de energia digestível (%) e tipo da dieta (1- alto grão; 2- forragem de alta qualidade; 3- forragem de média qualidade; 4- forragem de baixa qualidade).

5. Definição da metodologia; conservação e envio de amostras

A metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆) foi definida como metodologia padrão para avaliação de emissão de CH₄ entérico visando ao estudo da dinâmica de carbono.

O período mínimo de coleta recomendado é de cinco dias consecutivos, podendo ser necessário um ou dois dias extras para reposição das amostras eventualmente perdidas. As cangas devem ser substituídas a cada 24 horas. Há uma variação nesse sistema, desenvolvida pelo Dr. José Ignacio Gere da Universidade Nacional de Buenos Aires, utilizada principalmente pelo grupo de pesquisa do Bioma Pampa, na qual apenas uma canga de metal é utilizada por animal para coletar o metano por cinco dias (PINARES-PATIÑO et al., 2010).

Na metodologia padrão, são utilizadas cinco cangas, no mínimo, e um cabresto por animal, caso sejam enviadas as próprias cangas para o laboratório de cromatografia. No caso de fracionamento de sub-amostras da canga em vials ou exetainers, poderão ser utilizadas duas cangas por animal e um cabresto, reutilizando a canga do dia anterior após a retirada das sub-amostras e limpeza da canga. Para o fracionamento de amostras é importante que o vácuo aplicado nas triplicatas seja igual e que o volume injetado em cada frasco também seja igual, adicionado de 10% do volume para que a pressão interna seja ligeiramente positiva.

Devem ser utilizados também dois cabrestos e dez cangas para as leituras simultâneas do metano ambiental ou branco, que devem ser distribuídos no local de coleta de forma representativa (WILLIAMS et al., 2012). Analogamente, no caso de fracionamento de sub-amostras da canga em vials ou exetainers, poderão ser utilizados apenas dois cabrestos e quatro cangas para os brancos.

As cangas, vials ou exetainers com amostras de gases devem ser encaminhados ao laboratório de cromatografia ao final do período de coleta.

6.Tamanho da amostra, número de repetições e frequência de amostragem

O número mínimo de animais traçadores (ou “testers”) para cada sistema de produção deverá ser definido de acordo com o delineamento experimental e, preferencialmente, deve garantir que resulte em graus de liberdade suficientes para a adoção dos procedimentos estatísticos. Deve-se considerar, durante o planejamento experimental, que se o mínimo previsto for de dois testers para avaliação de ganho de peso e emissão de metano, por repetição em cada tratamento, será necessário que os piquetes suportem pelo menos dois animais na estação seca (período de menor produção de forragem), durante o período de adaptação e amostral.

A frequência de amostragem também dependerá do delineamento experimental proposto. De acordo com o protocolo padrão do Pecus, é desejável mensurar a emissão de metano no mínimo uma vez nos meses centrais das quatro estações do ano. Como exemplo, para o Brasil Central, os meses de janeiro, abril, julho e outubro são os mais representativos, sendo necessária uma amostragem de cinco dias em cada estação. Para cada bioma poderão ser definidos os períodos mais representativos de acordo com as peculiaridades de cada região.

Recomenda-se que os animais utilizados para avaliação da emissão de metano sejam também utilizados para determinação do desempenho e consumo. O período de adaptação às dietas também deverá ser observado com atenção, considerando os diferentes tratamentos a serem avaliados. O ganho de peso deve expressar a média da estação, pois o período amostral de metano (5 dias) expressará isso também. Os resultados da avaliação da concentração de gases das amostras, dos cinco dias consecutivos de coleta em cada estação, devem ser utilizados para cálculo da emissão média do período.

7. Métodos analíticos para a avaliação das variáveis

O detalhamento da técnica atualizada do gás traçador SF₆ (publicação referência) encontra-se em fase de elaboração, cujo conteúdo foi apresentado no primeiro curso realizado em São Carlos em fevereiro de 2012.

A descrição original da metodologia pode ser encontrada na patente de Zimmerman (1993) e nas publicações de Johnson & Johnson (1995) e Primavesi et al. (2004).

Protocolos simplificados para os diferentes procedimentos da metodologia estarão disponíveis no site do projeto PECUS.

Os indicadores importantes determinados com os resultados dos experimentos são: emissão de metano (g CH₄/animal.dia), emissão de metano por kg de produto gerado (kg CH₄/ kg de carne ou leite) e por quantidade de alimento consumido (kg CH₄/ kg de MSI).

8. Considerações finais

O projeto Pecuária é um projeto ambicioso e complexo, cujos resultados são ansiosamente aguardados pela comunidade científica, pela sociedade civil, por formadores de opinião e por responsáveis por políticas públicas. A coleta de resultados experimentais será um grande desafio para as equipes multidisciplinares que trabalham em diversos sistemas de produção nos seis biomas brasileiros. A padronização dos protocolos de pesquisa pretende melhorar a acurácia e precisão dos resultados, contribuindo para o rigor científico.

9. Referências

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Hayama, Kanagawa: Institute for Global Environmental Chapter 10: Emissions from livestock and Manure Management. p.10.1-10.84.

JOHNSON, K.; HUYLEY, 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.; JOHNSON, D.E. Methane emission from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 8, p. 2483-2492, 1995.

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

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. S.; LIMA, M. A.; BERCHIELLI, T. T.; DEMARCHI, 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.** São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 76 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 39) (ISSN 1518-4757). Disponível em: <http://www.cppse.embrapa.br/080servicos/070publicacaogratis/documentos/Documentos39.pdf/view>. Acesso em ????

PINARES-PATIÑO, C. S.; GERE, J. I.; WILLIAMS, K. E.; GRATON, R.; JULIARENA, M. P.; MOLANO, G.; FERNANDEZ, M.; MACLEAN, S.; SANDOVAL, E.; TAYLOR, G.; KOOLAARD, J. P. Extending the collection length of breath samples for methane emission estimation using the SF₆ tracer technique. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2010, Banff. **Proceedings...** Banff: GGAA, 2010 p. 78.

WEISS, W. P.; CONRAD, H. R.; ST PIERRE, N. R. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Philadelphia, v. 39, p. 95-110, 1992.

TBERG, H. H.; JOHNSON, K. A.; COSSALMAN, M. W.; MICHAL, J. J. A. **SF₆ tracer technique:** methane measurement from ruminants. 2. rev. Report. Pullman-Washington: Washington State University, 1998. 40 p.

WILLIAMS, S. R. O.; MOATE, P. J.; HANNAH, M. C.; RIBAU, B. E.; WALES, W. J.; ECKARD, R. J. Background matters with the SF₆ tracer method for estimating enteric methane emissions from dairy cows: A critical evaluation of the SF₆ procedure. **Animal Feed Science and Technology**, v. 170, p. 265-276, 2012.

U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE (Ed.). United States. Patrick R. Zimmerman System for measuring metabolic gas emissions from animals. US 5265618 A, 13 de Nov. 1992, 30 Nov 1993. 11p.

Embrapa

Pecuária Sudeste

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

G O V E R N O F E D E R A L
BRASIL
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA