

IMPACTO DA PECUÁRIA DE CORTE BRASILEIRA SOBRE OS GASES DO EFEITO ESTUFA

Alexandre Berndt

Instituto de Zootecnia / APTA – Nova Odessa, SP

INTRODUÇÃO: AQUECIMENTO GLOBAL

Os testemunhos de bolhas de ar aprisionadas em gelo por milhares de anos, coletadas em camadas profundas, indicam que as concentrações atmosféricas globais de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso aumentaram significativamente em consequência das atividades humanas desde 1750 e agora ultrapassam muito os valores pré-industriais. O aumento global da concentração de dióxido de carbono deve-se principalmente ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. Já o incremento das concentrações de metano e óxido nitroso é decorrente principalmente da agropecuária.

Segundo o relatório do IPCC de 2007, o aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está agora evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar. Nesse contexto é natural que as pressões sobre os diferentes setores produtivos sejam acentuadas, buscando concretizar ações globais para redução das emissões de gases de efeito estufa.

A pecuária brasileira vem sofrendo grande pressão das comunidades nacional e internacional em relação à sua contribuição para o aquecimento global. Dois pontos principais afetam negativamente a imagem do setor: a pecuária na Amazônia; e a emissão de metano, que é um gás naturalmente produzido pelo processo de fermentação do ruminante. A mídia tem contribuído para a divulgação de informações sobre o assunto, algumas vezes de forma distorcida e tendenciosa, outras de forma correta e educativa. É freqüente nos veículos de comunicação visual e escrita notícias sobre o assunto. Constantemente são divulgadas informações em internet, televisão e jornal sobre os problemas enfrentados pela cadeia de produção de carne em diferentes países, sendo que nem



sempre estas informações são relevantes e tecnicamente corretas. Algumas publicações falam sobre a quantidade de metano emitida pelos bovinos, comparando a com a emissão de veículos ou de hortaliças, sugerindo que a cadeia da carne é um perigo para o ambiente, protestando contra o consumo do alimento e utilizando os meios de comunicação como propaganda para grupos com interesses distintos. A cadeia produtiva da carne tem buscado aproximar-se dos órgãos de pesquisa, organizando-se para contrapor estas distorções com informações técnicas e científicas.

Existe também muita informação importante sendo veiculada, como por exemplo, os destaques da 15ª reunião das partes realizada em Copenhague em dezembro de 2009. Havia muita expectativa em torno desta reunião, desde a reunião de Bali no início do ano, cujo resultado foi chamado de Caminho de Bali e previa que os países assumissem compromissos adicionais de redução de emissões após 2012. O resultado final da reunião de Copenhague, entretanto, deixou claro que a crise financeira mundial foi determinante das posições internacionais, prezando pela recuperação da economia em detrimento da preservação do meio ambiente. Apesar do aparente fracasso político da reunião de Copenhague, as discussões técnicas foram intensas e a equipe de pesquisadores que participou das reuniões considerou que houve avanços significativos. Um dos pontos mais debatidos pelos líderes dos países desenvolvidos foi o desejo dos EUA de que os países do grupo BASIC (Brasil, África do Sul, Índia e China) fossem transferidos de países em desenvolvimento para o grupo do Anexo I do protocolo de Kyoto, o que tornaria as intenções voluntárias destes países em compromissos formais e obrigatórios. As alegações e solicitações dos EUA não foram aceitas, gerando desconforto na delegação americana. O fato de o Brasil não pertencer ao grupo do Anexo I, entretanto, não reduz a responsabilidade nacional sobre o assunto. Considerando esta responsabilidade o governo brasileiro apresentou os compromissos voluntários para redução das emissões a partir de 2012, chamados NAMAs (Nationally Appropriated Mitigation Actions) ou ações de mitigação apropriadas à nação (Tabela 1).



Tabela 1 - Ações de mitigação apropriadas à nação, apresentadas pelo Governo Brasileiro na COP 15

Ações de mitigação	Redução estimada de CO ₂ eq em 2020 (milhões de ton.)
Redução do desmatamento da Amazônia	564
Redução do desmatamento do Cerrado	104
Recuperação de pastagens degradadas	83 a 104
Sistemas de integração lavoura-pecuária	18 a 22
Plantio direto	16 a 20
Fixação biológica de N	16 a 20
Eficiência energética	12 a 15
Aumento do uso de biocombustíveis	48 a 60
Aumento de usinas hidrelétricas	79 a 99
Fontes alternativas de energia	26 a 33
Siderúrgicas (carvão de florestas cultivadas)	8 a 10

Estima-se que em 2020, com a implementação dos itens descritos acima, o Brasil reduza entre 36 e 39% suas emissões de gases de efeito estufa. Nota-se que a redução do desmatamento da Amazônia em 80% é a ação que terá maior impacto na redução das emissões de GEE, aproximadamente cinco vezes mais do que a recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas. Em relação à atividade pecuária na Amazônia, vale ressaltar que ela é legalmente permitida, desde que seja respeitado o limite atual de 80% de reserva legal. Existem iniciativas positivas de pecuaristas conscientes da Amazônia preocupados com a imagem e a manutenção do seu negócio, no sentido de certificar a carne lá produzida, seguindo os modelos de certificação florestal para exploração de madeira, borracha, óleos essenciais, frutos e sementes. É importante destacar que existe muita informação de pesquisa gerada pela comunidade científica internacional e nacional que pode e deve esclarecer tecnicamente diversas questões identificadas.



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PECUÁRIA

O tema relacionado às Mudanças Climáticas Globais, muito debatido pelos especialistas do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 1995, 1996, 2006 e 2007), depende da quantificação das emissões de gases de efeito estufa por ecossistemas agrícolas. As estimativas preliminares de emissões de gases de efeito estufa (GEE) feitas para o Brasil mostram que a pecuária ruminante constitui a principal fonte de metano (CH_4) entre as atividades agropecuárias (EMBRAPA, 1999; LIMA et al.; 2001 e 2006).

O metano (CH_4) é o gás orgânico mais abundante na atmosfera da Terra e evidências mostram que as concentrações globais de CH_4 aumentaram aproximadamente de 7% a 12% ppb ao ano, durante a década que precedeu 1994 (IPCC, 1995). Em termos dos potenciais de aquecimento global, o CH_4 é um gás importante para o efeito estufa, pois capta 23 vezes mais calor, ou seja, apresenta maior absorção de radiação ultravioleta por molécula, quando comparado ao CO_2 , enquanto o N_2O absorve 295 vezes mais calor do que esta última (IPCC, 2006 e 2007; MOSIER et al.; 1991 e 2004).

Fontes antropogênicas respondem por aproximadamente 70% da produção ou da liberação anual total de CH_4 (IPCC, 1995; COTTON & PIELKE, 1995). A produção de metano na indústria agropecuária contribui com aproximadamente 30% do total de gás emitido (MOSS, 1993; KLIEVE et al.; 1999). Os ruminantes globalmente produzem de 80 a 103 milhões de toneladas de metano por ano, o que representa 25% do metano produzido pela humanidade (HOWDEN & REYENGA, 1999). Estimativas apontam que pelo menos metade da população mundial de ruminantes, principalmente bovinos, está localizada em regiões tropicais do mundo, muitas delas em países em desenvolvimento onde os sistemas de produção são basicamente em pastagens e muitas vezes caracterizados por baixa eficiência produtiva (USEPA, 2000). O Brasil apresenta hoje um rebanho bovino estimado em 190 milhões de cabeças, sendo o segundo maior país abatedor de gado bovino, atrás apenas da China, de acordo com a Pesquisa Produção



da Pecuária Municipal, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em dezembro de 2009. De todo o rebanho nacional, 95% estão alojados em pastagens (FNP ANUALPEC, 2005 e 2006; IBGE, 1998a e b, 1999, 2009).

Conforme o relatório do IPCC de 2007 a contribuição relativa dos diferentes gases de efeito estufa de origem antrópica no mundo é de 76% de CO₂ enquanto o CH₄ contribui com 14% (Figuras 1, 2 e 3).

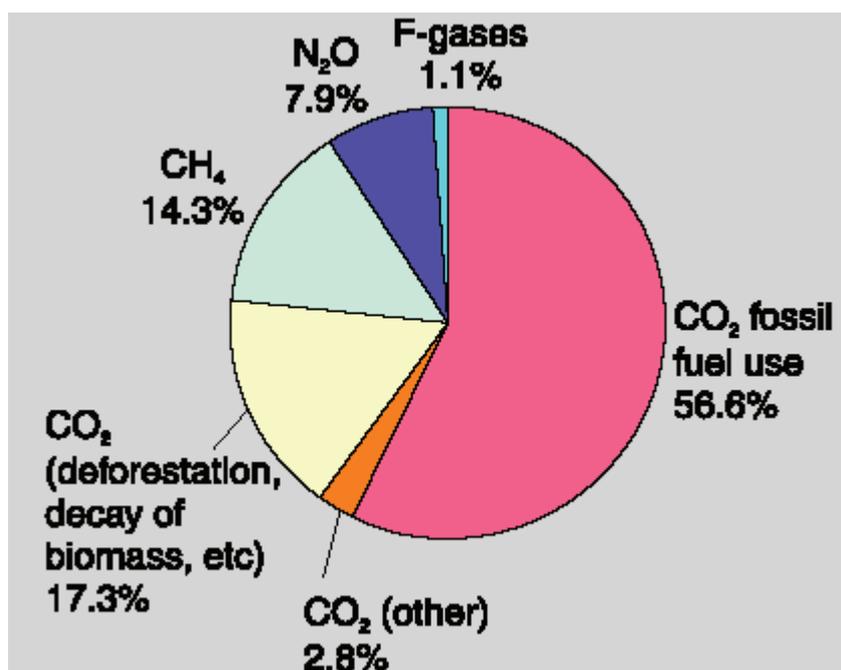


Figura 1 - Contribuição relativa de GEE de origem antrópica no mundo em 2004, em termos de CO₂eq (IPCC, 2007).

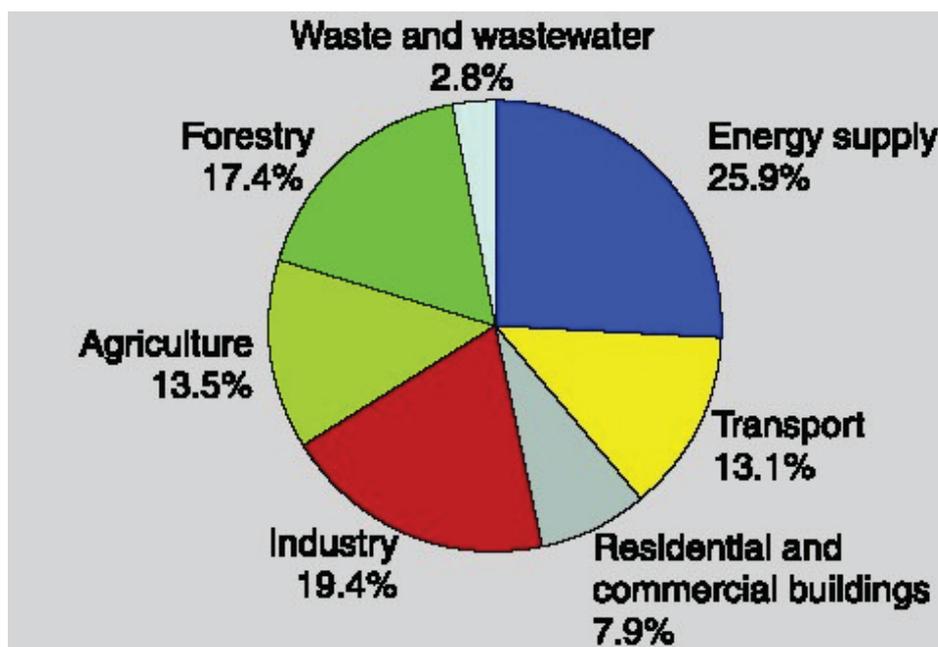


Figura 2 - Contribuição relativa de diferentes setores nas emissões antropogênicas de GEE em 2004, em termos de CO₂eq (IPCC, 2007).

Em termos globais, o gás carbônico CO₂ é o grande responsável pelo aquecimento global. Fica clara essa importância quando observamos a transferência de carbono depositado em reservas de petróleo profundas, transformado em combustível utilizado na geração de energia e no transporte.

No mundo os ruminantes são responsáveis por 25% do metano produzido enquanto no Brasil esta contribuição chega a 70%, principalmente em função do tamanho do rebanho nacional. A mitigação das emissões de metano produzido por bovinos, ou seja, o uso de estratégias para reduzir o impacto da atividade pecuária brasileira nas Mudanças Climáticas Globais constitui parte do compromisso firmado pelo país ao assinar o Protocolo de Kyoto. A redução da produção de metano por bovinos, além de ser um compromisso nacional, também propicia um aumento de eficiência



no aproveitamento de energia pelos animais, refletindo em melhor desempenho econômico. É fundamental que o Brasil demonstre a sustentabilidade da atividade, considerando que produzir respeitando o meio ambiente é uma das exigências do mercado consumidor, principalmente europeu; e possibilite o questionamento técnico para barreiras não tarifárias de origem ambiental.

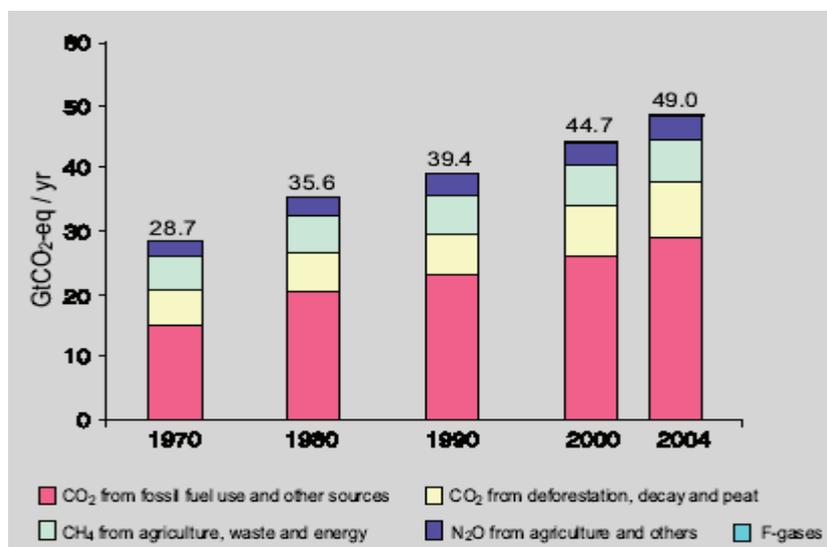


Figura 3 - Emissões globais anuais de GEE de origem antropogênica entre 1970 e 2004 (IPCC, 2007).

EMISSÃO DE METANO PELA PECUÁRIA

Em relação à emissão de Gases do Efeito Estufa – GEE, especialmente o metano (CH₄), resultados de O'HARA et al. (2003) indicam que a emissão desse gás é menor quanto mais produtivo for o animal. À medida que usamos tecnologias para melhorar o desempenho animal, estamos indiretamente agregando valor ao produto se explorarmos o conceito ambientalista, o que certamente necessita de valoração e quantificação. Aditivos nutricionais, adubação de pastagens, melhoramento genético e outras inúmeras



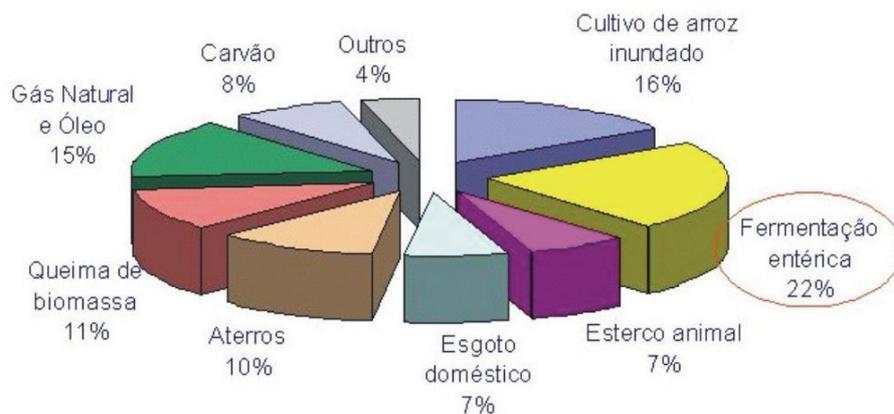
variáveis podem ser introduzidas e avaliadas do ponto de vista do balanço de gases de efeito estufa (GEE) na produção de carne. A produção de metano entérico e ou de resíduos dos confinamentos, o óxido nítrico em sistemas agrícolas e o seqüestro de carbono pelas plantas (pastagens, culturas e reflorestamentos, e suas respectivas integrações) precisam ser quantificados em sistemas de produção devidamente controlados (STEUDLER et al.; 1989). Segundo CORSI e GOULART (2006), o mercado da redução da emissão de CO₂ no mundo em 2012 é estimado em 19,5% do PIB da pecuária brasileira, calculado em 65 bilhões de reais.

No mundo, as emissões de metano pela fermentação entérica de ruminantes contribuem com 22% (70 a 100 milhões t/ano) de todo o gás produzido pela humanidade através de outras atividades como o cultivo de arroz inundado, esgoto doméstico, aterros, queima de biomassa entre outros (MCT, 2004). Já no Brasil, com o rebanho de aproximadamente 200 milhões de cabeças, há uma emissão de 9,4 milhões de ton. CH₄/ano, ou seja, 2,5% de todo gás produzido mundialmente, porém o equivalente a 69% das emissões brasileiras de CH₄ (Figura 4).

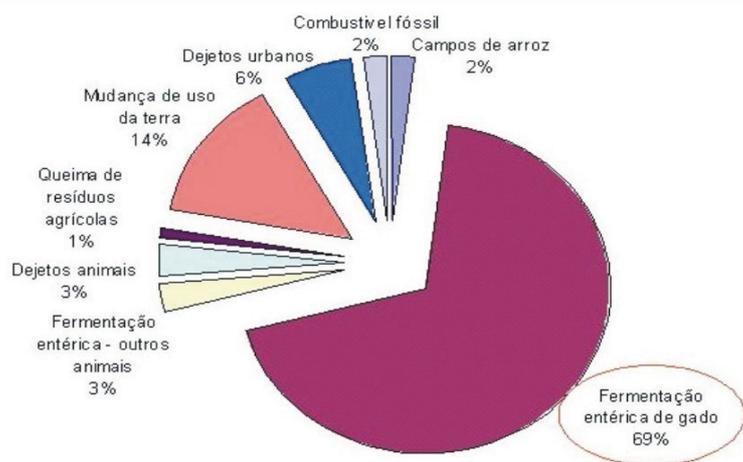
Resultados mais recentes que propõem um inventário nacional de emissões alternativo ao do Ministério de Ciência e Tecnologia indicam que a atividade pecuária é responsável por aproximadamente 11% das emissões de gases de efeito estufa no Brasil (Cerri, et al, 2009). A pesquisa mostra que de 2003 a 2008, a pecuária emitiu cerca de 260 milhões de toneladas (Mton) de gases estufa por ano, ante uma produção total no país de 2000 a 2.200 milhões de toneladas anuais.



Fontes globais de emissão de metano proveniente de atividades antrópicas



Emissões setoriais de metano no Brasil em 1994



(MCT, 2004)

Figura 4 - Fontes globais e brasileiras de metano (MCT, 2004).



NUTRIÇÃO ANIMAL E PRODUÇÃO DE METANO

No sistema produtivo de ruminantes, nutricionistas enfrentam o desafio de desenvolver estratégias para atenuar a produção de metano, possibilitando menores perdas energéticas e conseqüente melhoria na produtividade animal como leite, carne ou lã e com maior eficiência alimentar, ou seja, kg de produto / kg de alimento ingerido (McALLISTER et al.; 1996). Portanto, é de suma importância o conhecimento dos mecanismos de síntese de metano, assim como, os fatores que afetam sua produção.

Durante o processo de fermentação ruminal tem-se a produção dos ácidos graxos voláteis, mais especificamente o acético, propiônico e butírico, sendo estes as principais fontes de energia para os ruminantes (BERCHIELLI et al.; 2003). Porém, neste processo também ocorre a produção de gás metano (CH₄), que pode representar até 14% do total da energia digestível consumida por bovinos Nelore (DEMARCHI et al.; 2003a e b). Além do fator ambiental, a produção de CH₄ constitui um desperdício de energia, contribuindo negativamente para a produção animal. A metanogênese é parte do processo digestivo normal dos herbívoros ruminantes e ocorre em seu pré-estômago, o rúmen. Durante o processo de fermentação a produção de ácido acético e butírico envolve a liberação de grandes quantidade de H₂ que é removido do rúmen através do CH₄ (NASCIMENTO et al.; 2007). Organismos metanogênicos na microbiota ruminal, os quais pertencem aos gêneros *Methanobrevibacter*, *Methanobacterium*, *Methanomicrobium* e *Methanosarcina* utilizam H₂ e CO₂ para produzir metano (WOLIN et al.; 1997). Por outro lado, no processo fermentativo onde o produto resultante é o ácido propiônico, há “captura” de H₂ do meio, resultando-se em uma relação inversa altamente significativa entre propionato : metano (WHITELAW et al.; 1983).

Dentre as principais variáveis que influenciam a produção de metano em ruminantes, podemos citar os fatores nutricionais que estão acoplados a quantidade e tipo de carboidratos na dieta, nível de ingestão de alimento, presença de ionóforos ou lipídios (McALLISTER et al.; 1996). Os fatores metabólicos, também influenciam a produção de metano, compreendidos como a taxa de



passagem da digesta, fatores ambientais ligados também à temperatura, manejo dos animais, além de estado fisiológico, tamanho corporal e principalmente a população de microrganismos ruminais como protozoários e bactérias (PRIMAVESI et al.; 2004a e b).

A diminuição da liberação de H_2 pode ser obtida reduzindo o fluxo total de matéria orgânica através da fermentação ruminal, ou pela manipulação do balanço da reação acetato: propionato: butirato, conduzindo-se a fermentações que sejam consumidoras líquidas de prótons (HEGARTY, 1999 e 2001).

Dietas contendo maiores quantidades de carboidratos solúveis levam a um menor pH ruminal do que dietas contendo preferencialmente forragens maduras, o que, aliado às maiores taxas de fermentação, podem inibir bactérias metanogênicas e protozoários ciliados, aumentando assim a produção de propionato (VAN KESSEL & RUSSEL, 1995). A produção de H_2 ruminal pode ser reduzida também pela introdução de ionóforos, mesmo que por tempo determinado.

Em trabalho desenvolvido com bovinos da raça Brahman, Kurihara et al. (1999) forneceram três tipos de dietas: feno de baixa qualidade, feno de alta qualidade, ou dieta rica em grãos. Os autores notaram maior ingestão de matéria seca (MS) para as dietas de feno de alta qualidade e dieta rica em grãos (7,07 e 7,31kg/d, respectivamente), sendo que o menor consumo foi observado nos animais que receberam a dieta com feno de baixa qualidade (3,58 kg/d). O maior consumo acarretou em maiores produções diárias de metano (g/dia), porém ao avaliar a produção em gramas de metano por kg de MO digestível (g/kgMOD), observou-se os seguintes valores: 75,4, 64,6 e 32,1 g CH_4 /KgMOD, para feno de baixa qualidade, alta qualidade e dieta à base de grãos, respectivamente. Os autores notaram que dietas à base de volumoso apresentaram perdas energéticas na forma de metano em torno de 10,9%, enquanto que em dietas de grãos apenas 6,7%.

A produção de metano também é influenciada pelo tipo de forragem pastejada, sendo consideravelmente menor quando a fermentação ruminal tem como substrato pastagens de leguminosas, em comparação às gramíneas (JOHNSON & JOHNSON, 1995;



POSSENTI, 2006). O estágio de maturidade, método de conservação e processamento físico da forragem também influenciam a produção de metano. Em geral, sua produção tende a aumentar quanto maior for o estágio de maturação da planta ingerida, sendo que, menor produção é encontrada na ingestão de forragens ensiladas, quando comparadas à ingestão de forragens frescas (SUNDSTOL, 1981; SHIOYA et al.; 2001). Forragens que possuam as propriedades de diminuir a taxa de digestão ou prolongar a permanência de partículas no rúmen geralmente aumentam a quantidade de metano produzida por unidade de forragem digerida (McALLISTER et al.; 1996).

Demarchi et al. (2003a), ao avaliarem a emissão de metano de bovinos Nelore pela técnica do SF₆, pastejando *B. brizantha*, verificaram efeito significativo na emissão de metano média entre as diferentes estações do ano, sendo que a principal causa relacionada a este fato eram as diferenças qualitativas da forragem ingerida, possivelmente relacionada a digestibilidade da MS e da FDN ingerido. Os autores mencionam ainda que a conversão média de metano, ou a perda de energia digestível no verão foi de (14%), na primavera de (10,6%) e no inverno de (11,9%).

SHIOYA et al. (2001) observaram que com o aumento da ingestão de matéria seca, houve um aumento linear na produção de metano.cab⁻¹.dia⁻¹ ($y = -46,508 + 41,179 x$; $R^2 = 0,93$) para animais consumindo forragens tropicais ensiladas, feno, ou palha de arroz. Entretanto, no mesmo trabalho observaram uma relação inversa ($y=91,5888-1,01x$; $R^2=0,93$) entre a produção de metano e ingestão de MS e dos nutrientes digestíveis totais (NDT) das diferentes dietas.

O incremento da qualidade da alimentação e a alteração da micro-flora ruminal permitem maior retenção de energia, diminuindo-se as perdas por metano, o que proporciona melhor desempenho animal e, conseqüentemente, menor produção de metano por unidade de produto (metano/ kg carne, leite, etc.). No caso de animais destinados para corte, com a melhoria do desempenho e diminuição no ciclo produtivo, a emissão total de metano da vida deste animal será inferior ao dos animais abatidos tardiamente.

Acredita-se que a produção de metano no rúmen seja menor em dietas constituídas por alimentos adequados e balanceados



(MOSS & GIVENS, 2002), situação normalmente proporcionada em sistemas intensivos de confinamento, bem como em sistemas de produção a pasto onde o manejo da forragem e a utilização de suplementos é otimizada (MBANZAMIHIGO et al.; 2002; MURRAY et al.; 2001; PINARES-PANIÑO et al.; 2003a; Monteiro, 2009). Sabendo-se que a produção de metano varia com a quantidade e qualidade da energia do alimento digerido (USEPA, 1994), a existência de várias modalidades e condições de sistemas de produção de animais domésticos implicaria em diferentes percentuais de emissão de metano.

O bovino é um animal ruminante que evoluiu para utilizar alimentos fibrosos de baixa qualidade constituídos por celulose e hemicelulose sendo que o metano é produzido naturalmente em seu organismo, através de microorganismos metanogênicos, que atuam na remoção do H^+ produzido do rúmen do animal evitando intoxicação. Considerando isto diversas pesquisas são desenvolvidas para estudar estratégias de manejo nutricional e uso de aditivos visando à mitigação dessa emissão de metano. Diversas ferramentas foram testadas com o objetivo de manipular o rúmen e criar técnicas de manejo redutoras de emissão do gás. Exemplos delas são o uso de Ionóforos, Glicerol, Tanino, Saponinas, Óleos, Gorduras, Vacinas, Anticorpos Policlonais, técnicas de manejo de pastagens, melhoramento genético animal e vegetal e sistemas eficientes de produção. Essas ferramentas devem estar associadas à sustentabilidade econômica do produtor, caso contrário a adoção de estratégias sustentáveis não será implementada. No futuro é possível que produtores comprometidos com a sustentabilidade ambiental, que utilizem estratégias de mitigação, possam ser recompensados com créditos de carbono, isenção de impostos através de políticas públicas.

As pesquisas mostram que, intensificando-se os sistemas de produção pode-se reduzir a emissão entérica de CH_4 por unidade de produto, no caso por kg de carne, mesmo que a emissão de N_2O possa ser aumentada pelo uso de fertilizantes nitrogenados, seja para cultivo de grãos seja para adubação de pastagens (Monteiro, 2009). Esta redução da emissão por unidade de produto está principalmente relacionada ao melhor aproveitamento do alimento e



à redução da idade de abate. A estimativa geral de balanço de gases é bastante complexa e demanda muita pesquisa, inclusive sobre sistemas mais eficientes de produção como silvipastoris e agrosilvipastoris em que se buscam um melhor aproveitamento dos gases emitidos pelas diferentes atividades.

Segundo Alves (2006) pesquisas mostram que pastagens produtivas dos Cerrados podem armazenar uma quantidade de carbono no solo em níveis que chegam a ser superiores ao naturalmente existente no solo sob áreas de vegetação nativa. Por outro lado, quando o manejo não é feito corretamente, a pastagem vai perdendo o vigor, entra em degradação e o solo passa a perder carbono, ocorrendo emissão de CO₂ para a atmosfera. Estima-se que no Brasil as áreas de pastagens degradadas ocupem entre 20 a 60 milhões de hectares, o que representa um grande potencial de seqüestro de carbono. O governo federal tem estimulado os produtores, através de crédito facilitado, para a adoção de práticas que permitam recuperar as áreas degradadas. É uma iniciativa chave para o Brasil, pois em um primeiro plano, a recuperação dessas pastagens significa uma ampliação da área para agricultura e pecuária, sem que haja mais desmatamento. O Brasil tem muito a ganhar com a recuperação das pastagens, pois quanto mais produtivas, mais rapidamente permitem que os animais atinjam o peso de abate, reduzindo as emissões de metano por carne e leite produzidos, e, além disso, sendo mais produtivas, as pastagens seqüestram mais carbono no solo. As pesquisas de Alves mostram que a reposição de nitrogênio do solo, um importante nutriente para as plantas, é essencial. Paradoxalmente, o sistema mais rico em nitrogênio implica em maiores emissões de óxido nitroso, grande parte originada do solo pelo efeito da deposição das excretas dos animais (fezes e urina), que em pastos produtivo são mais ricas em nitrogênio. No entanto, conforme têm sido encontradas em medições de campo, essas emissões de N₂O em pastagens de solos das regiões de Cerrados e de Mata Atlântica são bem menores do que o IPCC sugere. Os resultados integrados de diversos grupos de pesquisa sugerem que o efeito da pecuária nacional sobre as emissões de gases de efeito estufa esteja superestimado. A recuperação da capacidade produtiva das pastagens degradadas e a



adoção mais freqüente das tecnologias que permitem maior eficiência dos sistemas de produção pecuária terão um impacto muito grande na redução de emissões de gases de efeito estufa.

METODOLOGIA DO GÁS TRAÇADOR SF₆

A maioria das estimativas de produção CH₄ por ruminantes é baseada em modelos desenvolvidos a partir de informações e medidas cuidadosas obtidas em experimentos com animais confinados, realizados em câmaras respiratórias, conduzidos para avaliar o valor da energia das dietas e suas respectivas (JOHNSON & JOHNSON, 1995; WESTBERG et al.; 1998). Os dados de Blaxter & Clapperton (1965) foram obtidos desta maneira e são utilizados como referência, em metodologias atuais, para estimar a produção nacional e global de gases em ruminantes.

Devido à grande variação de dietas e de sistemas de produção em diferentes regiões do mundo, há uma necessidade de se avaliar a aplicabilidade de parâmetros obtidos em condições controladas de laboratório. As câmaras de respiração são caras de se construir e operar e, naturalmente, não podem simular o animal que pasteja sob circunstâncias naturais. Johnson et al. (1994) consideraram que, pelo fato da câmara ser um ambiente artificial e confinado, a extrapolação dos resultados da câmara para animais nas condições de produção intensiva e extensiva, de pastejo ou confinamento, deveria ser questionada.

Johnson et al. (1994, 2001), Boadi et al. (2001) e Johnson & Johnson (1995) desenvolveram um método alternativo para medir as emissões CH₄ utilizando um dispositivo de liberação lenta e constante de um gás marcador: o hexafluoreto de enxofre (SF₆). Esta cápsula, ou tubo de permeação com o gás é colocada no rúmen sendo que a relação de CH₄ em relação à concentração SF₆ na respiração do animal é usada, conjuntamente com a taxa sabida de liberação do SF₆ da cápsula, para calcular a taxa da produção CH₄ (PEDREIRA, 2004). Esta metodologia foi adaptada no Brasil por PRIMAVESI et al. (2002a). O gás expelido pela boca e narinas é aspirado por um equipamento fixado em cabresto e ligado a um depósito de PVC submetido a vácuo de 0,1 atm para ser preenchido



a $\frac{1}{2}$ atm em 24 h o qual, é calibrado por meio de tubo capilar localizado no cabresto, logo atrás do filtro de admissão, durante 5 dias consecutivos. Para cada período de coleta de 24h é utilizado um depósito de PVC (canga), que são posteriormente encaminhados para a análise cromatográfica e determinação dos gases: hexafluoreto de enxofre (SF_6) e metano (CH_4).

Antes do início do período de coleta as cápsulas de SF_6 devem ser monitoradas quanto à taxa de liberação desse gás. As cápsulas devem permanecer em béquer imerso em banho-maria a uma temperatura de 39°C durante 4 a 6 semanas. Semanalmente as cápsulas devem ser pesadas para se determinar a taxa de emissão de SF_6 (PRIMAVESI et al.; 2002a e b). Após esse processo já podem ser introduzidas no rúmen dos animais para dar o início ao experimento.

O metano coletado é armazenado no aparato de amostragem (canga), que fica alojado ao pescoço do animal. A leitura das concentrações dos gases é realizada em cromatógrafo a gás equipado com detector de ionização de chama para leitura de metano, e detector de captura de elétrons, para a leitura do SF_6 . Assume-se que o padrão de emissão de SF_6 simule o padrão de emissão de CH_4 . A quantificação de metano na atmosfera também deve ser realizada, amostrando se o ar atmosférico no entorno do local experimental. A análise cromatográfica das amostras coletadas nas cangas deve ser realizada imediatamente ao final dos períodos de coleta de campo de cinco dias, possibilitando o reuso das cangas no período de coleta subsequente.

RESULTADOS DE EMISSÃO DE CH_4 OBTIDOS NO BRASIL

Diversos projetos de pesquisa no Brasil foram conduzidos para avaliar a emissão de metano por bovinos de corte, utilizando a metodologia do gás traçador SF_6 (Tabela 2).



Tabela 2 - Resultados de emissão de metano obtidos por trabalhos realizados no Brasil

Peso vivo	Ganho de peso	Fator de emissão	Perda de E	Tratamentos	
kg	kg.d ⁻¹	kg CH ₄ .ano ⁻¹	%EBI		
318	0,340	33,0	5,0	<i>B. brizantha</i> inverno	
333	0,410	34,0	6,3	<i>B. brizantha</i> primavera	
411	0,540	59,0	9,1	<i>B. brizantha</i> verão	
438	0,410	63,0	6,6	<i>B. brizantha</i> outono	
Médias	375	0,425	47,3	6,8	Fontes: Demarchi et al. (2003a e b)
467	0,270	46,0	7,3	100% silagem sorgo	
459	0,330	55,0	6,2	70% sil. sorgo + 30% concentrado	
456	0,310	51,0	5,4	40% sil. sorgo + 60% concentrado	
Médias	461	0,303	50,7	6,3	Fontes: Berchielli et al. (2003) e Pedreira (2004)
216	0,220	18,0	4,0	silagem sorgo + 1,2% ureia	
214	0,320	25,0	3,5	silagem sorgo + 60% conc	
Médias	215	0,270	21,5	3,8	Fontes: Oliveira (2005 e 2007)
402	0,330	49,0	6,2	feno braquiária 15d	
402	0,330	49,0	7,4	feno braquiária 45d	
402	0,340	50,0	9,0	feno braquiária 90d	
Médias	402	0,333	49,3	7,5	Fontes: Nascimento (2007a e b)
800	0,170	51,0	5,8	fenos (80% coast-cross + 20% leucena)	
800	0,160	48,0	5,5	fenos (50% coast-cross + 50% leucena)	
800	0,200	57,0	6,4	fenos (80% coast-cross + 20% leucena) + levedura	
800	0,160	46,0	5,1	fenos (50% coast-cross + 50% leucena) + levedura	
Médias	800	0,180	51,5	5,7	Fontes: Possenti (2006) e Possenti et al. (2008)
338	0,820	82,5	10,0	<i>B. brizantha</i> + suplemento diário	
338	0,610	92,5	9,5	<i>B. brizantha</i> + suplemento dias úteis	
338	0,580	92,2	11,8	<i>B. brizantha</i> + suplemento dias alternados	
Médias	338	0,670	89,0	10,4	Fontes: Canesin et al. (2007 e 2009)
Média Geral		51,5		kg CH₄.animal⁻¹.ano⁻¹	

Demarchi et al. (2003a e b) avaliaram a emissão de metano ruminal em novilhos de corte da raça Nelore, com peso vivo médio de 375 kg, em pasto de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, encontrando um valor médio de emissão de 47,3 kg.animal⁻¹.ano⁻¹. Neste trabalho foi detectado um efeito sazonal nas emissões de



metano, refletindo as condições qualitativas da pastagem sob condições seca e úmida. Nesses estudos, a taxa de conversão de metano ou perdas de energia bruta ingerida foi estimada em média em 6,8% (5,0 a 9,1%), próxima da média global (valor *default*), que é de 6,5% (IPCC, 2006).

A perda de energia na forma de metano depende da qualidade e quantidade da forragem disponível ao longo do ano. As diferenças na qualidade da forragem entre as estações do ano (chuva e seca) são marcantes, refletindo na produção de metano ruminal. Nascimento et al. (2007) conduziram um estudo avaliando diferentes idades de forrageira tropical, de metabolismo C₄, procurando simular essas diferenças na qualidade da matéria seca ingerida. Os autores encontraram maior perda da energia bruta, 6,2 a 9,0% de perdas na forma de metano, no estágio mais avançado de desenvolvimento.

Berchielli et al. (2003) e Pedreira (2004), testando níveis crescentes de concentrado na matéria seca de dietas a base de silagem de sorgo, verificaram que a silagem sem concentrado propiciou uma menor emissão de CH₄ em relação ao peso vivo dos animais, e que a adição de 30% de concentrado à dieta levou a um aumento máximo das emissões, sugerindo que outras variáveis devem influir no processo de emissão de CH₄ especialmente o consumo e o desempenho animal.

Com o aumento da maturação da forragem ocorre piora da qualidade, redução de ingestão e maior emissão de metano por unidade de massa de matéria seca ingerida. Em outro estudo Oliveira et al. (2005 e 2007), utilizando silagem de sorgo corrigida com 1,2% de uréia ou 60% da MS em concentrado, verificaram que a inclusão de concentrado à dieta, independente do híbrido de sorgo utilizado, propiciou aumento na eficiência de utilização da energia, refletida pela menor perda de metano em relação à ingestão de energia bruta.

A melhoria da qualidade da dieta pode ocorrer sem o uso de grãos, utilizando estádios iniciais de maturação das forrageiras gramíneas (C₄) ou de forrageiras com metabolismo C₃, com menos fibra e maior fração digestível, como leguminosas, promovendo melhor padrão de fermentação e redução da emissão de metano



(Possenti, 2006). Nesse trabalho, o nível mais alto de leucena na presença de levedura (*Sacharomyces cerevisiae*) promoveu melhor padrão de fermentação, com aumento na produção de ácido propiônico e redução na emissão de metano.

Canesin et al. (2007 e 2009) alteraram a frequência de suplementação de concentrado a novilhos Nelore e observaram que o fornecimento diário proporcionou uma melhor fermentação ruminal, melhor desempenho e menor emissão de metano. A suplementação alternada ou apenas nos dias úteis da semana, apesar de simplificarem o manejo e economizarem mão-de-obra, não proporcionam os mesmos benefícios que a suplementação diária.

Os trabalhos citados acima buscaram, de alguma forma, avaliar diferentes estratégias de mitigação da emissão de metano entérico. Existem diversas maneiras com diferentes graus de mitigação e novas alternativas devem ser estudadas, considerando a diversidade de sistemas de produção existentes no país.

CONSIDERAÇÕES FINAIS: OPORTUNIDADES

O recente relatório da FAO (2009), que divulga uma ampla revisão de evidências sobre os sistemas de produção em pastagens e as mudanças climáticas, conclui com as seguintes implicações e oportunidades de mitigação e adaptação destes sistemas de produção.

- 1) As crises ambientais globais são inter-relacionadas e decorrem fundamentalmente de uso e manejo não sustentável da terra.
- 2) A pecuária de corte é uma fonte insubstituível de alimento para os pobres. 70% da população do mundo que vive abaixo da linha da pobreza dependem diretamente de produtos da pecuária.
- 3) Áreas secas ocupam 41% da superfície terrestre e seu manejo correto pode sustentar milhões de pessoas, contribuindo e mitigando simultaneamente as mudanças climáticas.
- 4) Áreas de pastagens, por sua natureza extensiva, detêm um enorme potencial para servir como um dos maiores drenos terrestres de carbono.



- 5) Práticas de manejo de pastagens adequadas contribuem para a adaptação e mitigação, assim como aumentam a produtividade, a segurança alimentar e reduzem os riscos de secas e inundações.
- 6) A pecuária tem um papel importante no seqüestro de carbono através de estratégias de pastejo adequadas.
- 7) Adequar a produção da pastagem com a pecuária de forma a manejar o sistema de forma mais sustentável, tanto para incremento da produtividade animal quanto para o seqüestro de carbono, requer um esforço global de coordenação para contrapor barreiras sócio-político e econômicas.
- 8) O acesso dos pecuaristas aos mercados de carbono internacionais requer um esforço concentrado das instituições interessadas.
- 9) Pastagens produtivas, rebanhos e bons pecuaristas constituem relações de ganha-ganha em termos das mudanças climáticas em sistemas de produção onde o pastoreio é a estratégia mais racional para a manutenção do bem estar das comunidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Editores) **Manejo de sistemas agrícolas: impacto e seqüestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa** / Bruno J. R. Alves et al... (eds) - Porto Alegre: Genesis, 216 p.; 2006.
- BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S.; OLIVEIRA, S. G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R. Determinação da produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 21-24/7/2003, Santa Maria - RS. **Anais**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; SBZ, 2003. CD-Rom. Anais de Resumos, Área Nutrição de Ruminantes: 4p, (código 6_224442_6_Telma.pdf).
- BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, v.19, p. 511-522. 1965.



- BOADI D. A.; WITTENBERG K. M.; KENNEDY, A. D. Validation of the sulphur hexafluoride (SF₆) tracer gas technique for measurement of methane and carbon dioxide production by cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v.82, p. 125-131. 2001.
- CANESIN, R. C.; BERCHIELLI, T.T.; REIS, R.A.; MESSANA, J. D.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S. Efeito da frequência da suplementação na produção de metano entérico de bovinos mantidos em pastagens tropicais. In: XXI Reunión da Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 2009, San Juan. **Memorias de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal**. Porto Rico : ALPA, 2009. v. XVII. p. 257-261.
- CANESIN, R.C.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.de; REIS, R.A. Desempenho de bovinos de corte mantidos em pastagem de capim-marandu submetidos a diferentes estratégias de suplementação no período das águas e da seca. **R. Bras. Zootec.** [online]. 2007, vol.36, n.2, pp. 411-420. ISSN 1516-3598.
- CERRI, C.E.P.; MAIA, S.M.F.; GALDOS, M.V.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; BERNOUX, M. Emissões de gases do efeito estufa do Brasil: importância da agricultura e pastagem. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.) [online]. 2009, vol.66, n.6, pp. 831-843.
- CORSI, M.; GOULART, R. O sistema de produção de carne e as exigências da sociedade moderna. 23º. Simpósio sobre Manejo de Pastagens – As Pastagens e o Meio Ambiente, Piracicaba, 2006, **Anais**, p. 7-35, 2006.
- COTTON, W.R.; PIELKE, R.A. *Human impacts on weather and climate*. Cambridge: **Cambridge University Press**, 1995. 288p.
- DEMARCHI, J.J.A.A.; LOURENÇO, A.J.; MANELLA, M.Q.; ALLEONI, G.F.; FRIGUETTO, R.S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A. Daily methane emission at different seasons of the year by Nelore cattle in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu – Preliminary results. In: IX WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION AND XVIII REUNIÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 2003, Porto Alegre – RS. **Contributed papers-abstracts of the IX World Conference on Animal Production**. Porto Alegre – RS: WAAP / ALPA / SBZ / UFRS, p. 19, 2003a.
- DEMARCHI, J.J.A.A.; LOURENÇO, A.J.; MANELLA, M.Q.; ALLEONI, G.F.; FRIGUETTO, R.S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A. Preliminary results on methane emission by Nelore cattle in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu –. In: II INTERNATIONAL METHANE AND NITROUS OXIDE MITIGATION CONFERENCE, 2003, Beijing. **Proceedings of the 3º International methane and nitrous oxide mitigation Conference**, p. 80-84, 2003b.



EMBRAPA **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil: emissões de metano provenientes da pecuária** (revisado), Jaguariúna, 1999.

FAO. **Review of evidence on dry lands pastoral systems and climate change - Implications and opportunities for mitigation and adaptation.** Rome 2009

FNP. Anualpec – **Anuário da Pecuária Brasileira.** São Paulo: Instituto FNP, 2005. 340p.

FNP. Anualpec – **Anuário da Pecuária Brasileira.** São Paulo: Instituto FNP, 2006. 369p.

HEGARTY, R. S. Mechanisms for competitively reducing ruminal methanogenesis. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 50, n. 8, p. 1299-1305, 1999.

HEGARTY, R. S. Strategies for mitigating methane emissions from livestock- Australian options and opportunities. . In: **Greenhouse Gases in Animal Agriculture 2001, Proceedings...**Obihiro, Hokkaido, Japan. p. 31-34. 2001.

HOWDEN, S.M.; REYENGA, P.J. Methane emissions from Australia livestock: implications of Kyoto Protocol. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.1285-1291, 1999.

IBGE **Anuário estatístico do Brasil:** 1998. Rio de Janeiro: IBGE, 1998a.

IBGE. **Censo Agropecuário** 1995-1996, Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1998b.

IBGE. **SIDRA** <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default>. Acesso em 22/02/2010: IBGE, 2009.

IPCC. **Climate Change 1994: Radioactive forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios.** Cambridge: **University Press**, 1995. 339p.

IPCC. **Revised IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories: Reference manual.** Cambridge: University Press, 297 p.; 1996.

IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Chapter 10: Emissions from livestock and Manure Management. p.10.1-10.84, 2006.

IPCC. 2007. *Climate Change 2007. Agriculture. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Agriculture. Mitigation, 2007. [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.; 2007.



- IPCC. 2007. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Solomon, S.; D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp, 2007.
- JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D.E. Methane emission from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, n.8, p.2483-2492, 1995.
- JOHNSON, K. A.; HUYLEY, M.T.; WESTBERG, H. H.; LAMB, B. K.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. **Environmental Science and Technology**, v. 28, p. 359. 1994.
- JOHNSON, K. A.; WESTBERG, H. H.; LAMB, B. K.; KINCAID, R. L. The use of Sulfur Hexafluoride for measuring methane from farm animals. In: Greenhouse Gases in Animal Agriculture. 2001, **Proceedings**. Obihiro, Hokkaido, Japan. p. 72-79. 2001.
- KLIEVE, A.V.; HEGARTY, R.S. Opportunities for biological control of ruminal methanogenesis. **Australian Journal of Agriculture Research** 50, 1315-19. 1999.
- KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R. A.; McCRABB, G. J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v.81, n.3, p.227-234, 1999.
- LIMA, M.A.; BOEIRA, R.C.; CASTRO, V.L.S.S.; LIGO, M.A.V.; CABRAL, O.M.R.; VIEIRA, R.F. Estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil. In: **Mudanças Climáticas Globais e a Agropecuária Brasileira**, eds. Lima, M. A.; Miguez, J. D. G.; Cabral, O.M.R. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 169-189, 2001
- LIMA, M.A.; PESSOA, M.C.P.Y.; LIGO, M.A.V. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. **Relatórios de referência: Emissões de metano da pecuária**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. 77p.
- MBANZAMIHIGO, L.; FIEVEZ, V.; GOMEZ, C.C, et al Methane emissions from the rumen of sheep fed a mixed grass-clover pasture at two fertilization rates in early and late season. **Canadian Journal of Animal Science**, v.82, p.69-77. 2002.



- McALLISTER, T.A.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W. and CHENG, K.J. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. **Canadian Journal of Animal Science**. 76: 231-243. 1996.
- MCT - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Brazil's Initial Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Brasília, MCT. 271p.; 2004.
- MONTEIRO, R.B.N.C. **Desenvolvimento de um modelo para estimativas da produção de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte**. Piracicaba, 2009. 75p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MOSIER, A.R.; SCHIMEL, D.S.; VALENTINE, D.; BRONSON, K.; PARTON, W. Methane and nitrous oxide fluxes in native, fertilized and cultivated grasslands. **Nature**, v. 350, pp. 330-332, 1991.
- MOSIER, A.; WASSMANN, R.; VERCHOT, J.K.; PALM, C. Methane and Nitrogen Oxide Fluxes in Tropical Agricultural Soils: Sources, Sinks and Mechanisms, in “**Methane Tropical Agriculture in Transition – Opportunities for Mitigating Greenhouse Gas Emissions?**”, edited by Wassmann, R. & Vlek, P.L.G.; pp. 11-49, 2004.
- MOSS, A.R. **Methane: global warming and production by animals**. Chalcombe Publications, Kingston, United Kingdom. 105pp. 1993.
- MOSS, A.R.; GIVENS, D.I. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.97, n.3, p.127-143. 2002.
- MURRAY, P.J.; GILL, E.; BALSDON, S.L. et al. A comparison of methane emissions from sheep grazing pastures with differing management intensities. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.60, n.3, p.93-97. 2001.
- NASCIMENTO, C. F. M. **Emissão de metano por bovinos Nelore ingerindo *Brachiaria brizantha* em diferentes estádios de maturação**. Pirassununga: Universidade de São Paulo - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2007, 65 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária - Nutrição Animal), 2007.
- NASCIMENTO, C. F. M.; DEMARCHI, J. J. A. A.; BERNDT, A.; RODRIGUES, P. H. M. Methane emissions by Nelore beef cattle consuming *Brachiaria brizantha* with different station of maturation. In: **Proceedings of the Greenhouse gases and Animal Agriculture Conference**, Christchurch, NZ, november, p. 64-65, 2007.



- O'HARA, P.; FRENEY, J.; ULIATT, M. **Abatement of agricultural non-carbon dioxide greenhouse gas emissions: a study of research requirements.** Report prepared for the Ministry of Agriculture and Forestry on Behalf of the Convenor, Ministerial Group on Climate Change, the Minister of Agriculture and the Primary Industries Council. Crown Copyright – Ministry of Agriculture and Forestry, New Zealand, p. 170. Available online at www.maf.govt.nz/publications, 2003.
- OLIVEIRA, S.G. **Caracterização nutricional de silagens de sorgo com variação no teor de tanino em bovinos de corte.** Jaboticabal: UNESP-FCAV, 2005. 129p. (Tese de doutorado em Zootecnia),
- OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T.; PEDREIRA, M.S.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.; LIMA, M.A. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle, **Animal Feed Science and Technology**, v.135, n.3, 2007.
- PEDREIRA, M. S. **Estimativa da produção de metano de origem ruminal por bovinos tendo como base a utilização de alimentos volumosos: utilização da metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF6).** Jaboticabal: UNESP-FCAV, 2004, 162p. (Tese de doutorado, em Zootecnia).
- PINARES-PATIÑO, C.S.; BAUMONT, R.; MARTIN, C. Methane emissions by Charolais cows grazing a monospecific pasture of timothy at four stages of maturity. **Can. J. Anim. Sci.**; v. 83, pp. 769-777, 2003a.
- POSSENTI, R.A. **Efeitos de dietas com *Leucaena leucocephala* com ou sem adição de *Sacharomyces cerevisiae* na digestão, fermentação, protozoários e produção de metano no rúmen em bovinos.** Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, 2006, 100p. (Tese de doutorado, em Zootecnia).
- POSSENTI, R. A.; FRANZOLIN, R.; SCHAMMASS, E. A.; DEMARCHI, J. J. A. A.; FRIGUETTO, R. T. S.; LIMA, M. A. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae* sobre a fermentação ruminal e a emissão do gás metano em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1509-1516, 2008.
- PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; LIMA, M. A.; PEDREIRA, M. S.; JOHNSON, K. A; WESTBERG, H. H. Medição a campo de metano ruminal emitido por bovinos leiteiros em ambiente tropical 1 - Adaptação de Método. **Anais...** da 34^o Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Cd-room, 2002a.



- PRIMAVESI, O.; FRIGUETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, M.Q.; BARBOSA, P.F.; RODRIGUES, A.A.; JOHNSON, K.; WESTBERG, H. Enteric methane emission by grazing cattle in the Brazilian tropics using the SF6 tracer method. In: MEETING OF THE INTERNATIONAL AGRICULTURAL GREENHOUSE GAS MITIGATION PROJECT, 2002b, Washington – DC. **Meeting Summary of the first International Agricultural Greenhouse Gas Mitigation Project.** Washington – DC: US EPA, 2002b, p. 1-2.
- 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.** CD. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004a (outubro). 76p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Documentos, 39) (ISSN 1518-4757).
- PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S; PEDREIRA, M.S. et al. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.3, p.277-283. 2004b.
- SHIOYA, S.; TANAKA, M.; IWAMA, KAMIYA, M. Development of nutritional management for controlling methane emissions from ruminants in Southeast Asia. In: Greenhouse Gases in Animal Agriculture 2001, **Proceedings...** Obihiro, Hokkaido, Japan. p. 346-349. 2001.
- STEUDLER, P.A.; BOWDEN, R.D.; MELILLO, J.M.; ABER, J.D. Influence of nitrogen fertilization on methane uptake in temperate forest soils, **Nature**, v. 341, pp. 314-316, 1989.
- SUNDSTOL, F. (1981). Methods for treatment of low quality roughages. pp 61-80. In J. A. Kategile, A.N. Sand and F. Sundstol, eds. **Utilization of low-quality roughages in Africa.** Agricultural University of Norway, As-NLH, Norway.
- VAN KESSEL, J.S. and RUSSEL, J.B. The effect of pH on in vitro methane production from ruminal bacteria. **Proceedings...** Conference on Rumen Function 23: 7. 1995.
- USEPA - United States Environmental Protection Agency. **“International Anthropogenic Methane Emission: Estimates for 1990”.** EPA 230-R-93-010. (Office of Policy, Planning and Evaluation: Washington DC.). 1994.
- USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs.** Washington: EPA, 2000.



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

WHITELAW, F.G.; EADIE, J. M.; BRUCE L. A. and SHAND, W.J.. Methane formation in faunated and ciliate-free cattle and its relationship with rumen volatile fatty acid proportions. **British Journal of Nutrition** v.52, p.261-275. 1983.

WOLIN, M.J.; MILLER, T.L.; and STEWART, C.S. **Microbe-microbe interactions.** In **"The Rumen Microbial Ecosystem"**. (Eds P.N. Hobson and C.S. Stewart) pp. 467-91 (Chapman and Hall: London.). 1997.

