

Impacto da produção animal sobre o ambiente

Márcio dos Santos Pedreira
Odo Primavesi

Introdução

interação entre os fatores de produção animal e o impacto ambiental causado pelas diversas atividades tem sido, cada vez mais, o objetivo de pesquisas relacionadas com as mudanças climáticas mundiais. O conhecimento dos fatores que afetam e determinam a emissão de produtos poluidores é fundamental ao processo de redução do impacto ambiental, causado pelos sistemas de produção animal e, ao mesmo tempo possibilita aumentar a eficiência produtiva dos sistemas de produção.

Atualmente as pressões ambientais indicam a necessidade de redução da excreção de nitrogênio, fósforo e potássio que, em geral, ocorre em sistemas de produção com grande uso de concentrados energéticos e protéicos e constituem os poluentes mais preocupantes

em corpos de água, bem como a redução da emissão de metano de origem pecuária, como fatores importantes para nortear as pesquisas relacionadas com a alimentação, nutrição e manejo dos dejetos dos animais.

Impactos da pecuária sobre o ambiente

A pecuária extensiva tem sido um dos maiores contribuintes para a degradação da qualidade ambiental nas regiões tropicais por gerar vastas áreas produtoras e refletoras de calor, quando o solo fica por muito tempo sem proteção por vegetais ou seus resíduos que, normalmente, são queimados. Essas ações eliminam as estruturas permanentes de vaporização e hidrotermorregulação ambiental, representadas pelas matas, árvores na for-

ma de bosques, quebra-ventos e outros, reduzindo ou impedindo a recarga do lençol freático pela impermeabilização ou mesmo pela erosão do solo em pastagens superpastejadas e submetidas ao fogo. O emprego desse manejo inadequado acaba por gerar a degradação das pastagens levando à erosão do solo e, conseqüentemente, assoreamento de corpos de água. A eliminação dessas estruturas, principalmente matas naturais, favorece a redução da biodiversidade vegetal permanente, refúgio de predadores de pragas e parasitas e também hábitat natural de polinizadores. Outro impacto ambiental importante causado pelas queimadas das coberturas vegetais é a geração de gases de efeito estufa (gás carbônico, em torno de 2 kg/kg de matéria seca vegetal queimada) que poderia ser evitada com o emprego de manejo adequado das estruturas existentes. Quando os animais são mantidos em regime de ingestão de matéria seca insuficiente ou quando o alimento disponível não é adequado ao atendimento de suas exigências também ocorre elevada produção de metano por quilograma de carne ou leite produzido.

No tocante à introdução de substâncias tóxicas no ambiente, podem ser citados os banhos carrapaticidas de imersão, cujas águas residuais geralmente são lançadas no ambiente sem tratamento adequado prévio e também o uso de herbicidas.

A fase de terminação dos animais em confinamentos também gera impacto ambiental significativo oriundo da concentração animal. O principal refere-se ao grande volume de fezes que necessitam ser tratadas e descartadas. Essas concentrações de fezes com urina geram emissões apreciáveis de gás metano (com potencial de retenção de calor 25 vezes mais potente que o gás carbônico, gerado durante degradação de material celulósico em ambiente deficiente em oxigênio) ou produzem efluentes que acabam em lagoas de decantação, que também são fontes de gás metano e nitrato para o solo.

A condução intensiva de animais em forma confinada ou semiconfinada, com uso apreciável de concentrados energéticos ou protéicos, por um lado, reduz a emissão de metano ruminal por quilograma de leite ou de carne produzido, em especial de animais com elevado potencial de produção, mas pode estar gerando óxido nitroso (gás de efeito estufa com potencial 250 vezes maior que o gás

carbônico para reter calor), a partir do nitrato no solo, oriundo, por exemplo, das adubações nitrogenadas, orgânicas ou minerais, dos campos de produção de grãos de milho, quando os solos sofrem de condições anaeróbicas (período de chuvas ou sob irrigação e ausência de boa drenagem). O CO₂ gerado pelas máquinas, durante o processo de plantio, tratos culturais, processamento e transporte dos grãos, também deve ser considerado impacto ambiental causado por esses modelos de produção. Cabe salientar que a produção de bovinos em sistemas confinados, no Brasil, representam apenas cerca de 1,2% do total. O uso desses modelos de produção, certamente, são mais eficientes em termos de geração de resíduos por unidade de produto (leite ou carne), mas, invariavelmente, geram mais gases para a atmosfera, pois maior quantidade de matéria orgânica está sendo decomposta no rúmen, o que gera quantitativamente mais metano, e também pela maior quantidade de sólidos voláteis presente nas fezes dos animais alimentados com altos níveis de alimentos concentrados.

Quando o sistema de produção utiliza como base forragens sob pastejo, o fornecimento de suplementos energéticos e protéicos para os animais tem garantido produção mais estável durante o ano, possibilitando maior eficiência de uso da energia dos alimentos, representado pela menor perda de metano como parte da energia ingerida e por unidade de produto (carne ou leite). De forma geral, o uso de concentrados fornecidos na quantidade de 1 a 2 kg por animal/dia tem garantido bons resultados. Trabalhos recentes têm explorado o efeito da composição desses suplementos e do uso de aditivos, como leveduras e ácidos graxos insaturados sobre a fermentação ruminal, com o intuito de identificar efeitos associativos entre os ingredientes da dieta que afetam a produção de metano.

No caso da intensificação dos sistemas de produção de leite e de carne utilizando forrageiras tropicais com seu potencial de produção estimulado ao ótimo, com uso de adubos e/ou irrigação, nos quais ocorre aumento temporário na concentração animal por unidade de área, verificam-se diversos aspectos positivos e também potencialmente negativos. O uso de adubo fosfatado em grandes quantidades aplicadas na superfície do solo pode gerar contaminação de corpos de água por fosfato, predominantemente daquele não

ligado a partículas do solo, solúveis, também originada de águas de lavagem de salas de ordenha e de chuvas contaminadas por cinzas de queimadas. Mais estudos necessitam ser realizados nessa área. O uso de adubos nitrogenados constitui fonte potencial de emissão de óxido nitroso, formado a partir do nitrato, mas pode ser reduzido ao máximo quando se aplicam doses calibradas de nitrogênio para a capacidade de ciclagem da forrageira, e o solo for mantido permeável e com boa drenagem. O excesso do uso de nitrogênio e, conseqüentemente, de formação de nitrato no solo, constitui fonte de poluição de lençol freático, em especial quando este estiver próximo à superfície, como quando perto de nascentes. Estão sendo programados estudos mais acurados para quantificar o potencial de produção de nitrato e emissões de óxido nitroso nessas condições, considerando o ciclo completo do nitrogênio. O uso da uréia, em determinadas condições, torna-se potencial fonte de emissão de gás carbônico (735 kg/t). O calcário (carbonato de cálcio e/ou magnésio, potencial fonte de gás carbônico, em torno de 440 kg/t), utilizado para reduzir o efeito acidificante dos adubos nitrogenados e da acidez gerada pelo desenvolvimento intenso das forrageiras, necessita ser mais estudado para verificar o grau de acidez aceitável pelas forrageiras utilizadas em que também ocorra a menor perda de cátions por lixiviação, particularmente problemático em solos tropicais onde predominam cargas pH-dependentes. Uma das possíveis opções de substituição parcial dessa fonte de corretivo seria o uso de óxido e/ou silicato de cálcio e/ou magnésio. Para a possibilidade de manter o pH em níveis mais baixos, como no caso do capim-braquiária (porém essa apresenta potencial de produção limitado em solos com elevada fertilidade química), novos materiais, ainda em estudo para aumentar a capacidade de troca permanente do solo, poderiam ser utilizados para reduzir perdas de cátions em ambientes com menos cargas pH-dependentes ativas.

O uso mais intensivo de corretivos e fertilizantes introduz nas pastagens elementos não desejáveis que são acumulados até níveis nocivos ao sistema de produção, como metais pesados, exigindo, portanto, controle rigoroso de seu uso. Por sua vez, a emissão de metano ruminal por bovinos manejados nesses sistemas intensivos é maior por animal (em torno de 137 kg/cabeça/ano em vacas da raça

holandesa em lactação; ou em torno de 60 kg/cabeça/ano em novilhas de corte), mas torna-se menor por quilograma de leite e/ou carne, por conta, por exemplo, da redução da idade de abate ou por aumento na produção de leite por vaca. Resultados preliminares mostram que a utilização da cana-de-açúcar com baixa fibra (em geral despalhada natural ou manualmente) e elevada sacarose, seria insumo indicado para aumentar produção e assim reduzir metano ruminal por quilograma de produto gerado, em especial no período seco do ano. Por outro lado, a maior produção de biomassa forrageira em curto espaço de tempo, com retorno elevado de restos vegetais ao solo, permite sua proteção contra a ação compactadoras de chuvas tropicais e a insolação e, com isso, favorece atividade radicular intensa na camada superficial e também em profundidade (introdução de cálcio em profundidade, carregado por íons nitrato ou moléculas orgânicas), o que mantém sua permeabilidade e garante a melhor conservação de solo e de água.

Emissão de metano em sistemas de produção de bovinos

Os animais ruminantes, por causa do processo digestivo de fermentação entérica, são reconhecidos como importantes fontes de emissão de metano para a atmosfera. Além disso, dependendo do sistema de criação e manejo dos dejetos gerados por esses animais, o metano proveniente da fermentação anaeróbia desse resíduo pode ser considerado uma fonte adicional de emissão desse gás.

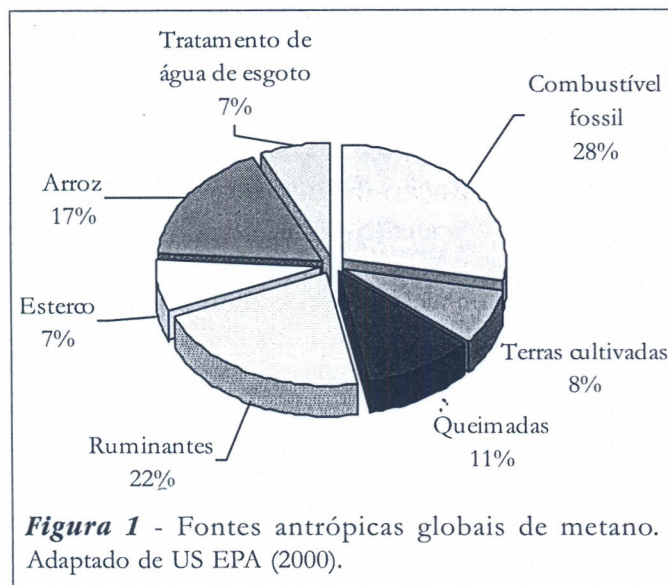
Segundo Cotton e Pielke (1995), o metano (CH₄), além de ser caracterizado como um importante gás de efeito estufa, contribuindo com cerca de 15% para o aquecimento global (**Tabela 1**), tem relação direta com a eficiência da fermentação ruminal em virtude da perda de carbono e, conseqüentemente, perda de energia, determinando menor desempenho animal.

Conforme pode ser observado, o gás metano aumenta anualmente a uma taxa de 0,9% na atmosfera. As emissões globais desse gás, geradas a partir dos processos entéricos, são estimadas em 80 milhões de toneladas por ano (US EPA, 2000), correspondendo a cerca de 22% das emissões totais de metano geradas por fontes antrópicas (**Figura 1**).

Tabela 1 - Gases-traço atmosféricos, fontes e contribuição para o aumento do efeito estufa.

	Gás carbônico (CO ₂)	Metano (CH ₄)	Óxido Nitroso (N ₂ O)	Clorofluor-carbonetos (CFCs)	Ozônio (O ₃)	Monóxido de Carbono (CO)
Principal fonte antrópica	Combustíveis fósseis, desmatamento	Arroz cultivado inundado, pecuária, combustíveis fósseis, queimadas	Fertilizantes, conversão do uso da terra	Refrigeradores, aerossóis, processos industriais	Hidrocarbonetos (com NO _x), queima de biomassa	Combustíveis fósseis, queima de biomassa
Tempo de vida na atmosfera	50 a 200 anos	10 anos	150 anos	60 a 100 anos	semanas a meses	meses
Taxa anual atual de aumento	0,5%	0,9%	0,3%	4%	0,5% a 2,0%	0,7-1,05
Contribuição relativa ao efeito estufa	60%	15%	5%	12%	8%	-

Adaptado de Cotton e Pielke (1995). Nota: outras fontes de: 1) CO₂ = carbonatos (calcários), aração do solo e oxidação da matéria orgânica; 2) CH₄ = liberação de carbono em condições anaeróbicas; 3) N₂O = redução de nitrato, em condições de encharcamento ou outra situação de anaerobismo, oriundo de adubos verdes, pilhas de fezes e urina. Queimadas geram O₃ que neutraliza radicais básicos na atmosfera que, em princípio, deveriam neutralizar CH₄.



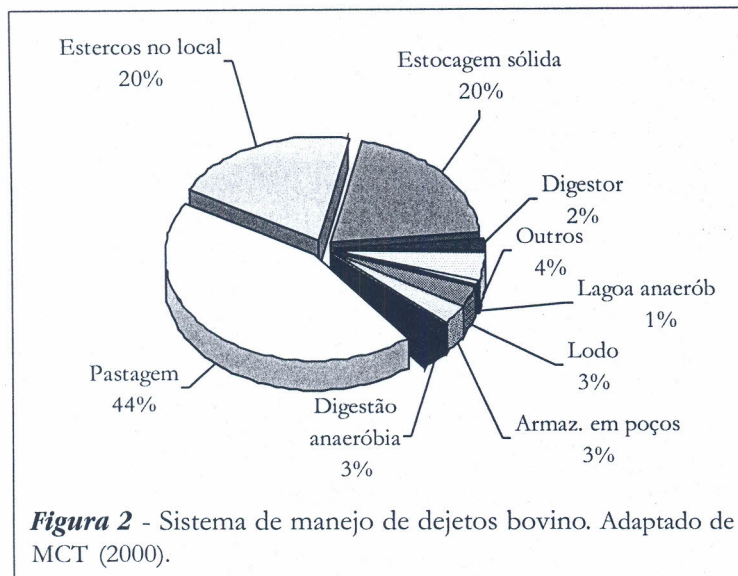
Para o Brasil, em 1995, foram estimadas emissões de 9,2Tg de metano geradas pela pecuária, considerando os efetivos de ruminantes (bovinos, bubalinos, ovinos, caprinos), os animais monogástricos (equinos, asininos, muars e suínos) e seus dejetos. 96% desse total foram atribuídos à fermentação entérica, e o gado de corte foi responsável por 81,6%, contribuindo com a emissão de 7,1Tg de metano (MCT, 2000).

Emissões de metano a partir do manejo dos dejetos de bovinos

O principal fator condicionante da geração de metano a partir dos dejetos dos animais está relacionado com o tipo de manejo adotado para sua movimentação, estocagem e destino. Os dejetos manipulados sob condições anaeróbicas constituem uma importante fonte de emissão (US EPA, 1990), e os animais mantidos em confinamento são considerados os principais fornecedores de metano proveniente dos dejetos, uma vez que são manipulados como líquidos e estocados em lagoas, charcos ou tanques.

Nessas condições, parte do material orgânico dos dejetos é decomposta por *Archaea* metanogênicas, que produzem quantidades consideráveis de metano (MCT, 2000).

Em consequência das características da pecuária bovina extensiva no Brasil, as lagoas de tratamento anaeróbio constituem uma fração limitada, enquanto fonte de emissão de metano. A grande quantidade de dejetos produzida pelos rebanhos de gado acabam sendo dispostas no campo como material sólido (**Figura 2**). Esses resíduos excretados nas pastagens secam e decompõem-se no próprio campo, de modo que são esperadas quantida-



des mínimas de emissão de metano a partir dessa fonte (MCT, 2000).

A proporção de gado de corte mantido atualmente em confinamento no Brasil é cerca de 1,2%, segundo estimativas do ANUALPEC (2002), sugerindo que a existência de sistemas de tratamento de dejetos líquidos e, por conseguinte, a respectiva emissão de metano associada a essa fonte deve ser relativamente pequena.

Em sistemas de produção de leite, essa situação torna-se mais relevante, uma vez que, diariamente, as matrizes em lactação são ordenhadas e deverão ser mantidas em curral de espera e sala de ordenha por um período do dia, favorecendo maior manipulação e movimentação de dejetos. Para essa categoria, o ANUALPEC (2002) estimou um percentual de 9% (**Figura 3**) do rebanho nacional. A grande quantidade de bovinos encontra-se na categoria de gado de corte (79%). A distribuição relativa dos bovinos por categoria pode ser observada nas **Figuras 3 e 4**.

Estimativas da produção de metano proveniente dos dejetos de bovinos

As emissões globais de metano provenientes dos dejetos de bovinos são estimadas em cerca de 25 milhões de toneladas por ano (IPCC, 1995), correspondendo a

7% das emissões totais de metano por todas as fontes (**Figura 1**). O Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT, 2000) apresentou estimativas das emissões de metano provenientes do manejo dos dejetos da bovinocultura no Brasil, a partir do quantitativo do rebanho, estimando a produção média de dejetos e estabelecendo o potencial médio de produção de metano por unidade do resíduo.

Considerando-se os quantitativos da bovinocultura no Brasil, apresentados pelo ANUALPEC

(2002) (**Tabela 2**), e estabelecendo-se uma produção média de dejetos, partindo-se do consumo de alimentos por animal por dia, de acordo a **Tabela 3**, estimou-se um quantitati-

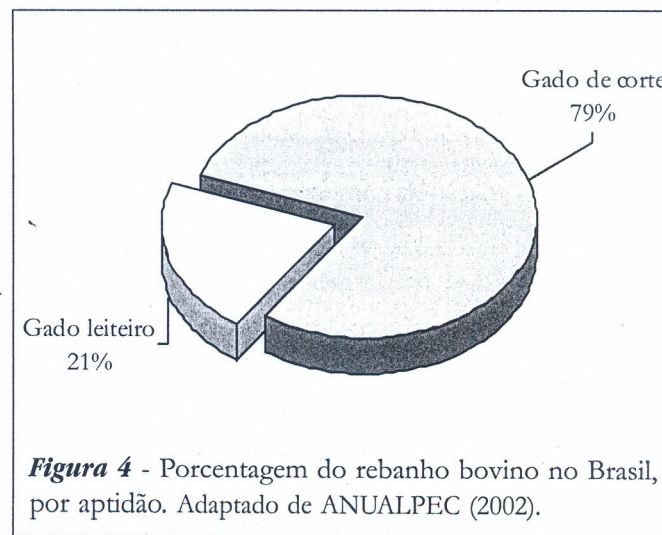
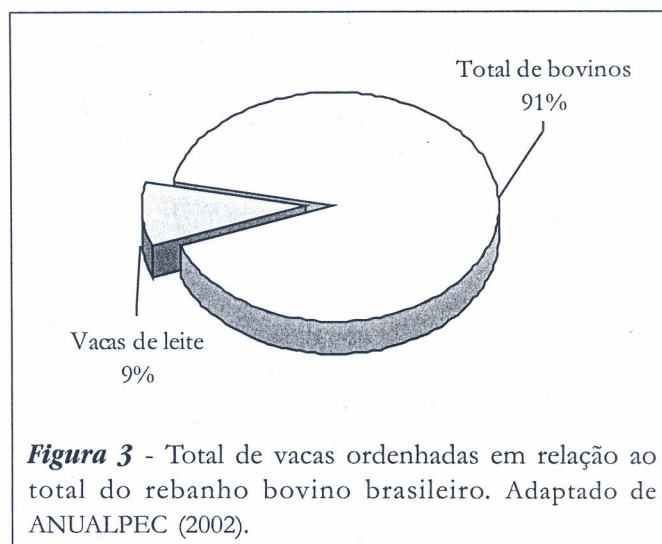


Tabela 2 - Erelivos de bovinos por categoria e total no Brasil (cabeças).

Categoria animal	Total do rebanho	Vacas ordenhadas	Bovinos confinados
Gado leiteiro	34.886.152	15.856.282	
Gado de corte	129.510.515		1.868.000
Total	164.396.667	15.856.282	1.868.000

Adaptado de ANUALPEC (2002).

Tabela 3 - Estimativas de produção de dejetos bovinos por categoria.

Categoria animal	Consumo de alimentos (kg MS/dia)	Estimativa para produção de dejetos (%)	Produção de dejetos (kg MS/dia)
Gado leiteiro	7,9	46,5	3,67
Gado de corte	7,2	45	3,24

Adaptado de MCT (2000).

vo médio de dejetos, produzidos em 2002, de 199.890.880 t de matéria seca.

O potencial dos dejetos de bovinos para produzir metano pode ser expresso em termos do metano gerado por kg de sólidos voláteis (SV) de material residual (US EPA, 1990), variando de 0,17 a 0,49 metros cúbicos de metano por kg de SV, e o total de SV quantificado em torno de 82% da MS do dejeito. Trabalhos citados por Generoso (2001) apontam produção de 0,0409 m³ de biogás/kg de dejetos e 60% a 80% desse biogás composto de metano, em condições anaeróbias, podendo haver variação da produção por causa da qualidade nutricional dos alimentos fornecidos aos animais, uma vez que alimentos mais fibrosos deverão produzir dejetos com menor velocidade de decomposição.

Para os dejetos que secam no pasto, a quantidade de metano produzida deve ser bem menor, uma vez que, nessa situação, as condições anaeróbias são desfavorecidas. Lopes *et al.* (1979) encontraram resultados distintos para a composição dos dejetos de bovinos

alimentados com rações contendo 70%, 100% e 130% das exigências em nutrientes digestíveis totais (NDT) (**Tabela 4**), observando-se variações marcantes nas quantidades de carboidratos solúveis e também na porcentagem de fibra bruta.

Para o desenvolvimento do inventário da produção de gases de efeito estufa no Brasil, o MCT (2000) considerou fatores de emissão de metano provenientes dos dejetos de bovinos estimados em termos de kg/cabeça/ano, variando de 1 a 2 kg para bovinos de corte e de 2 a 5 kg para bovinos de leite, resultando nos valores apresentados na **Tabela 5**.

Analisando-se a **Tabela 5**, pode-se observar que, entre os anos de 1986 e 1995, houve um incremento da emissão de metano proveniente dos dejetos a uma taxa de crescimento de aproximadamente 2% ao ano, sendo a bovinocultura de corte o maior colaborador para o total de emissões (151,00 Gg em 1995). O quantitativo da emissão de metano gerado por essa fonte (220,28 Gg) pode ser considerado baixo, cerca de 1% do total global esti-

Tabela 4 - Variação da composição química dos dejetos de bovinos em virtude dos teores de NDT na ração.

NDT Ração (%)	MS PB FB EE MM CHO Sol. EB (Kcal/kg)						
	(%)						
130	93	11,1	10,2	3,3	17,2	15,8	3.757
100	90	11,3	13,7	2,1	17,9	9,2	3.747
70	90	8,9	16,1	1,2	17,6	2,2	3.771

Fonte: Lopes *et al.* (1979). Nota: NDT = nutrientes digestivos totais; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta; EE = extrato etéreo; MM = material mineral ou cinzas; CHO Sol. = carboidratos solúveis; EB = energia bruta.

Tabela 5 - Estimativas da emissão de metano em Gigagrama (10⁹) originado do manejo de dejetos bovinos.

Categoria animal	1986	1990	1995
Emissão de metano em Gg			
Gado leiteiro	57,43	64,53	69,28
Gado de corte	121,14	137,00	151,00
Total	178,57	201,53	220,28
Fonte: MCT (2000).			

mado pelo IPCC (1995). Lima *et al.* (2001) estimaram em 390 Gg/ano a produção de metano proveniente da fermentação dos dejetos ou 3,8% do metano antrópico produzido no Brasil, em 1994.

Fatores que influenciam a fermentação ruminal e a produção de metano

Estudos revelam que a intensidade da emissão de metano proveniente da fermentação ruminal depende principalmente do tipo de animal, do consumo de alimentos e do grau de digestibilidade da massa ingerida. As indicações para a redução das emissões de metano pela pecuária estão ligadas à melhoria da dieta, à melhoria de pastagens, à suplementação alimentar, ao aumento da capacidade produtiva dos animais e a outras medidas que refletem na melhor eficiência produtiva, resultando em ciclos de produção mais curtos.

A fermentação que ocorre durante o metabolismo dos carboidratos ingeridos pelos animais ruminantes é um processo anaeróbico, efetuado pela população microbiana ruminal, que converte os carboidratos em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente ácidos acético (C2), propiônico (C3) e butírico (C4). Nesse processo fermentativo, são produzidos dióxido de carbono (CO₂) e metano (CH₄), em maior ou menor quantidade, dependendo da concentração e proporções relativas dos ácidos produzidos (Lucci, 1997).

As equações apresentadas na **Figura 5** caracterizam o processo de produção dos gases ruminais, evidenciando a perda de hidrogênio e carbono para cada tipo de ácido formado.

Supondo-se uma proporção de ácidos graxos voláteis (AGV) de uma amostra de líquido

ruminal de 62%, 22% e 16% para os ácidos acético (A), propiônico (P) e butírico (B), respectivamente, pode-se observar que a maior produção de H₂ ocorre durante a produção do ácido acético, acarretando maior produção de CH₄. Uma vez que ocorre maior produção de H₂ na formação do ácido acético, e esse elemento precisa ser eliminado, é necessária sua reação com as moléculas de CO₂, o que gera CH₄, processo realizado pelas *Archaea* metano-gênicas.

Esse fato leva a um sistema de equilíbrio, pois, à medida que ocorre a fermentação dos carboidratos no rúmen, aumentam os teores de hidrogênio que, se não forem removidos, inibem os sistemas enzimáticos, principalmente os processos que envolvem a nicotinamida adenosina difosfato (NADH + H⁺ ↔ NAD⁺) (Miller, 1995).

Por sua vez, as proporções dos ácidos graxos voláteis no rúmen dependem da dieta, sendo a maior formação do ácido propiônico favorecida pelas rações ricas em amido, e rações com altas proporções de alimentos volumosos favorecem a produção de ácido acético, o que conduz a uma maior produção de metano. Esse fato conduz, em uma dieta composta por alimentos volumosos, a perdas de ordem de 10% da energia bruta ingerida, variando de 6% a 18% (Owens e Goetsch, 1988). A produção de metano dos alimentos volumosos será maior quando o teor de PB estiver acima do crítico, aproximadamente 7%, favorável ao crescimento de microrganismos

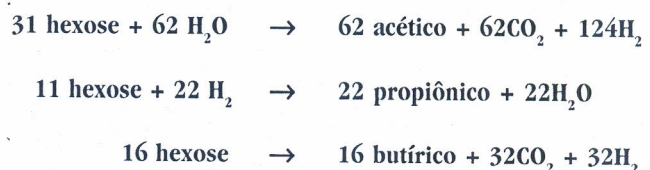


Figura 5 - Esquema de produção de AGV no rúmen. Adaptado de Hungate (1966).

celulolíticos, mas esse fato não deve ser analisado de forma isolada, pois o tempo de retenção dos alimentos no rúmen também exerce efeito sobre a taxa de fermentação e, conseqüentemente, sobre a produção de metano.

Outros autores têm demonstrado, por meio de equações (Blaxter e Clapperton, 1965; Johnson *et al.*, 1994; Johnson e Johnson, 1995; Mills *et al.*, 2001), a quantidade de metano possivelmente produzida no rúmen. Johnson *et al.* (1994) descreveram a equação "PM = 4,012 x CD + 17,68", em que PM é a quantidade de metano produzida em gramas e CD a digestão de carboidratos em gramas. Os autores também consideraram que, em média, a produção de metano para animais em manutenção varia de 6,2 a 10,8 kcal/100 kcal de energia do alimento (calculada pela fórmula PM = 3,67 + 0,062 x DE), em que PM é a produção de metano expressa em kcal/100 kcal de energia do alimento, e DE a digestibilidade aparente da energia do alimento.

Para animais alimentados acima do nível de manutenção, a produção de metano pode ser estimada pela equação: PM = 1,30 + 0,112 x D - L x (2,37 - 0,050 x D), considerando-se D a digestibilidade em nível de manutenção e L o nível de alimentação como múltiplo da manutenção (Blaxter e Clapperton, 1965).

Mills *et al.* (2001) evidenciaram a importância do balanço de hidrogênio para as estimativas de produção de metano ruminal, conforme pode ser observado nas equações:

$$\text{a) } \text{PCH}_4 \text{ (mol/d)} = \text{Hy} / 4,0$$

Em que:

PCH₄ é a produção ruminal de metano em moles/dia.

Hy é o hidrogênio livre para metanogênese.

4,0 é a quantidade de moles de hidrogênio requeridas para a produção de 1 mol de metano derivado da redução do CO₂.

$$\text{b) } \text{PCH}_4 \text{ (MJ/d)} = \text{PCH}_4 \text{ (mol/d)} \times 0,883.$$

Em que:

0,883 é a energia perdida como metano em megajoules por mole.

Metodologias para a medição de metano em animais, usando câmaras fechadas (tubos de PVC), foram descritas por Lockyer (1997)

e US EPA (2000). Para animais criados em regime de pastagens, Johnson e Johnson (1995) e US EPA (2000) descreveram uma técnica empregando o gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆). Esse método consiste em:

- 1) coletas diárias de amostras de metano em animais equipados com um aparato de amostragem, que inclui cápsula de permeação de SF₆, cabresto para captação de gases eructados e recipiente de coleta e armazenagem dos gases coletados (tubos fechados de PVC),
- 2) leitura de concentrações dos gases em cromatógrafos a gás equipados com detectores de ionização de chama, para leitura de metano, e de captura de elétrons, para a leitura do SF₆ (assumindo que o padrão de emissão de SF₆ simule o padrão de emissão de CH₄),
- 3) quantificação do gás da amostra em função das concentrações de metano e de SF₆.

Variação da produção de metano no rúmen

As quantidades de metano perdidas pelo animal podem estar relacionadas com sua capacidade de produção e valor alimentício das dietas. Nos sistemas de produção de bovinos em pastagens, o nível de consumo, qualidade da forragem disponível e a digestibilidade da massa ingerida são fatores determinantes para a produção de metano pelos animais e variam conforme a espécie forrageira, o sistema de manejo adotado e a estação do ano. Resultados de pesquisas apontam para conclusões diferentes quanto à interferência desses fatores para maior ou menor produção de metano.

Olson *et al.* (2000), trabalhando com a quantificação da emissão de metano por bovinos de corte em diferentes sistemas de pastagens nativas, não observaram diferenças nas taxas de emissão desse gás, quando melhoraram a qualidade dos pastos por meio da introdução de espécies forrageiras de melhor valor nutritivo. Entretanto, McCaughey *et al.* (1999) apresentaram resultados que indicaram influência do melhoramento da qualidade do pasto, por meio da introdução de leguminosas, na produção de metano. Nesse trabalho, os autores concluíram que o melhoramento dos pastos reduziu em 10% as perdas de metano originado de bovinos que pastejaram essa área.

Em regiões tropicais, esses aspectos po-

dem se comportar de maneira diferente, uma vez que a composição química e a digestibilidade das forrageiras utilizadas na alimentação dos bovinos são distintas daquelas utilizadas em regiões de clima temperado. A relação parede celular:conteúdo celular e a constituição da parede celular das plantas forrageiras tropicais, mais especificamente das gramíneas, são os principais fatores envolvidos, com maiores conteúdos de parede celular e menores taxas de digestibilidade (Van Soest, 1994).

As características das gramíneas C_4 , que no Brasil são representadas principalmente por plantas do gênero *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon*, podem conduzir a diferentes interpretações, quanto ao potencial de fornecimento de substrato para fermentações que geram metano no rúmen. Essas plantas forrageiras (C_4), por conter maiores proporções de fibra que as plantas de metabolismo C_3 (Nelson e Moser, 1994), favorecem a fermentação acética, com maior produção de metano. Por outro lado, essas fibras apresentam baixa digestibilidade e menor velocidade de fermentação, quando comparadas às plantas de clima temperado (C_3), fornecendo menor quantidade de substrato para os microrganismos metanogênicos. Dessa forma, a produção de metano em termos quantitativos por animal/dia, deve ser maior quando os animais estão consumindo espécies de metabolismo C_3 .

Estimativas da produção de metano de origem ruminal

No Brasil, em 1995, a emissão de metano proveniente da fermentação entérica de animais foi estimada em 8.673,91 Gg (MCT, 2000), correspondendo a 10,8% do total de metano global gerado por essa fonte, sendo o gado de corte responsável por 81,1%, contribuindo com 6.439,88 Gg (**Tabela 6**).

A estimativa das emissões originadas dos processos de fermentação entérica, segundo IPCC, citado pelo MCT (2000), foi realizada subdividindo a pecuária em categorias de espécies consideradas emissoras, subdividindo a população de bovinos em gado de corte (constituído de fêmeas adultas, machos adultos e jovens) e vacas ordenhadas com posterior quantificação censitária. Os padrões de emissão utilizados para essa quantificação estão descritos na **Tabela 7**.

Resultados iniciais de pesquisas desenvolvidas por Pedreira (2004), utilizando a técnica do gás traçador SF_6 , indicaram uma variação da emissão de metano por vacas em lactação de 14 a 16 g por hora ou 131 kg/cab/ano, superior aos valores apresentados na **Tabela 7**, (57 kg/cab/ano). Essas diferenças podem estar relacionadas com o tipo de animal utilizado para estimar a emissão desse gás ou com a utilização dos dados originados de animais criados em ambiente de clima temperado, com diferentes sistemas de arração, principalmente com teores de alimentos concentrados na dieta acima de 60%.

Johnson *et al.* (1994) relataram que diversos trabalhos desenvolvidos com o inventário dos gases de efeito estufa assumiram um fator de emissão de metano de 55 kg/ano, em bovinos mantidos em países desenvolvidos, e 35 kg/ano nos animais criados em países em desenvolvimento, mas destacaram que esse é um fator médio de emissão extrapolado para um grupo variado de animais.

Quanto ao percentual de CH_4 , perdido a partir da energia bruta ingerida, é estimado entre 5,5% e 6,5% (US EPA, 2000), com um valor médio de 6% utilizado para as estimativas na América do Norte e leste europeu, próximo aos valores encontrados por Pedreira (2004) para vacas da raça holandesa em lactação, que foi de 6,4%, em média. A melhor oferta de alimentos para animais com maior capacidade de produção pode aumentar quantitativamente as perdas de metano por animal, porém deverá reduzir a perda de metano por quilograma de produto gerado na forma de leite ou de carne.

Inibidores da produção de metano

A redução de CO_2 a metano no rúmen desempenha importante função, agindo na remoção contínua de H_2 , resultante da fermentação da matéria orgânica. Dessa forma, a redução ou eliminação da metanogênese pode exigir o estabelecimento de outra rota para evitar o acúmulo de H_2 e o adequado funcionamento do rúmen (Weimer, 1998). Normalmente, compostos que causam redução na produção de metano resultam em redução da produção de acetato e amônia e aumento na produção de propionato e, algumas vezes, butirato (Garcia-Lopez *et al.*, 1996).

O fornecimento de lipídeos insaturados

Tabela 6 - Estimativas da emissão de metano originado da fermentação entérica da pecuária no Brasil.

Categoria animal	1986	1990	1995
	Emissão de metano em Gg		
Fermentação entérica			
Gado leiteiro	987,80	1.087,16	1.173,02
Gado de corte	5.784,09	6.439,88	7.074,64
Bubalinos	54,16	76,84	90,31
Ovinos	98,30	100,07	95,08
Caprinos	52,98	59,47	56,36
Suínos	32,54	33,62	36,06
Subtotal	7.145,17	7.940,99	8.673,91
Manejo de dejetos			
Gado leiteiro	57,43	64,53	69,28
Gado de corte	121,14	137,00	151,00
Bubalinos	1,64	2,38	2,81
Ovinos	3,36	3,60	3,28
Caprinos	2,08	2,33	2,22
Suínos	32,54	33,62	36,06
Aves	40,63	48,33	66,19
Subtotal	272,07	306,02	345,57
Total	7.417,24	8.247,01	9.019,48

Adaptado de MCT, 2000.

Tabela 7 - Fatores de emissão de metano originado da fermentação entérica.

Categoria de animal	Subpopulação	Fator de emissão kg/cab/ano
Gado de corte	Fêmeas adultas	58,0
	Machos adultos	57,0
	Jovens	42,0
Gado leiteiro	Média	57,0
Ovinos	Média	5,0
Caprinos	Média	5,0
Suínos	Média	1,0

Adaptado de MCT, 2000.

está associado à redução na produção de metano no rúmen, por exercer ação deletéria sobre as metanogênicas e protozoários e consumir H₂ pelo processo de biohidrogenação (MachMüller *et al.*, 1998), sendo a intensidade com que ocorre a inibição da produção de metano determinada pelo grau de saturação da gordura utilizada e a quantidade suplementada (Fievez *et al.*, 2003).

No entanto, Weimer (1998) citou que a utilização de alimentos comumente utilizados na alimentação animal pode apresentar baixa eficiência como aceptor de elétrons, reduzindo de forma insignificante a metanogênese.

Por exemplo, a quantidade de gordura insaturada para reverter a perda causada pela produção de metano em uma vaca que produz 90 kg de metano por ano seria muito alta (4 kg/d), inviabilizando assim o emprego da técnica (Weimer, 1998).

Os ionóforos, principalmente a monensina, vêm sendo bastante empregados como alternativa para redução da produção de metano de origem ruminal (Mbanzamihigo *et al.*,

1996; Domescik e Martin, 1999). A molécula de monensina é um poliéster carboxílico, devendo ser não-protonado, que se liga a íons metálicos catalizando a saída de potássio através da membrana das bactérias sensíveis, as Gram-positivas (maiores produtoras de H₂) (Lana e Russell, 2001). No entanto, Sauer *et al.* (1998) citaram que, mesmo as bactérias Gram-positivas podem desenvolver mecanismos de resistência após um período e exposição à monensina, entre eles, modificação nos polissacarídeos extracelulares e aumento na atividade da bomba de íons.

Uma outra substância empregada que está

relacionada a um efeito inibitório à produção de metano é a 9,10-antraquinona, composto de ocorrência natural em algumas plantas, insetos e microrganismos (Garcia-Lopez *et al.*, 1996). Esses autores demonstraram que a redução na produção de metano, ocorrida em decorrência do uso da 9,10-antraquinona, foi acompanhada de aumento na concentração ruminal de H_2 , sugerindo, que provavelmente, essa substância possui efeito direto sobre as metanogênicas, enquanto ionóforos, como a monensina, inibem a produção de metano por afetar negativamente os microrganismos que suprem com H_2 o ambiente ruminal. Kung Jr. *et al.* (2003) citaram que a 9,10-antraquinona é um potencial redutor da produção de metano em ruminantes, apresentando resultado mesmo quando presente em pequenas quantidades, não apresenta efeito negativo sobre a digestão ou saúde animal e, aparentemente, não ocorre adaptação dos microrganismos à substância com redução do efeito sobre a produção do gás.

A utilização de drenos alternativos para remoção de H_2 constitui-se em outra alternativa para redução da metanogênese. Segundo Weimer (1998), a melhor alternativa é o processo de acetogênese, em que o CO_2 é reduzido ao produzir acetato. Esse processo apresenta como vantagens a utilização de H_2 presente no meio e a produção de acetato, que representa fonte de energia prontamente disponível para o ruminante ($H_2 + CO_2 +$ Bactérias acetogênicas \rightarrow Acetato).

Entretanto esse processo encontra determinadas barreiras. Entre elas, a principal é que a metanogênese possui maior afinidade por elétrons do que a acetogênese. A capacidade dos microrganismos acetogênicos em competir com os metanogênicos *in vivo* depende dos fatores ambientais e das interações entre os microrganismos, que são essenciais para garantir o equilíbrio do ecossistema ruminal. Lopez *et al.* (1999) citaram que, em determinadas situações, as acetogênicas não são capazes de competir com as metanogênicas pela sua menor afinidade por H_2 e conclui que, sob condições normais de rúmen, apesar de sua habilidade de formar acetato a partir de CO_2 e H_2 mesmo em grande concentração, as bactérias acetogênicas não podem competir com as metanogênicas. Esses aspectos têm sido abordados em trabalhos que avaliam o efeito do uso das leveduras sobre a fermentação ruminal. Resultados iniciais de pesquisas

têm demonstrado que as leveduras atuam no ambiente ruminal de forma indireta sobre a metanogênese. Esses microrganismos são potencializadores do hidrogenotropismo pelas bactérias acetogênicas, tornando-as concorrentes em potencial pelo hidrogênio livre no rúmen. A maior vantagem da utilização dessa estratégia é que consiste em um processo natural, em que intervenções que envolvem antibióticos e aditivos químicos deixam resíduos no leite e carne, podendo causar uma resistência aos produtos pelos consumidores (Joblin, 1999).

Perdas de nutrientes provenientes dos dejetos de bovinos

A intensificação da produção animal, invariavelmente, causa danos ambientais quer seja por causa da excreção de nutrientes, quer pela produção de gases de efeito estufa. A quantidade de elementos encontrados nos dejetos dos animais, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), principalmente, é um aspecto socialmente importante, em decorrência do efeito que exerce sobre o ambiente (atmosfera, água e solo). O nitrogênio contribui para a poluição do solo pela possibilidade de conversão em nitrato (NO_3^-) e do ar como amônia (NH_3) e óxidos de nitrogênio (NO_x) (Tamminga, 1992; Tamminga, 1996). O fósforo também contribui para a poluição da água por meio da eutroficação, que se refere ao enriquecimento da água de superfície com nutrientes minerais e, conseqüentemente, altas taxas de respiração de algas e cianobactérias, resultando em baixos níveis de oxigênio dissolvido na água e morte de várias espécies de animais aquáticos, causando sérios danos ao ecossistema local (Knowlton e Herbein, 2002). Em adição a esses fatores, o potássio acumulado no solo pela aplicação de esterco pode causar danos à saúde dos animais por meio da alteração do conteúdo desse elemento na forragem consumida. A ingestão de potássio acima dos requerimentos do animal causa febre do leite em vacas leiteiras (Goff e Horst, 1997) e outras desordens metabólicas e fisiológicas em bovinos de corte (NRC, 2001).

Para reduzir o impacto ambiental causado pela bovinocultura, seria necessário entender os fatores que afetam e determinam a quantidade de nutrientes emitidos para o ambiente, possibilitando a predição e, conseqüentemen-

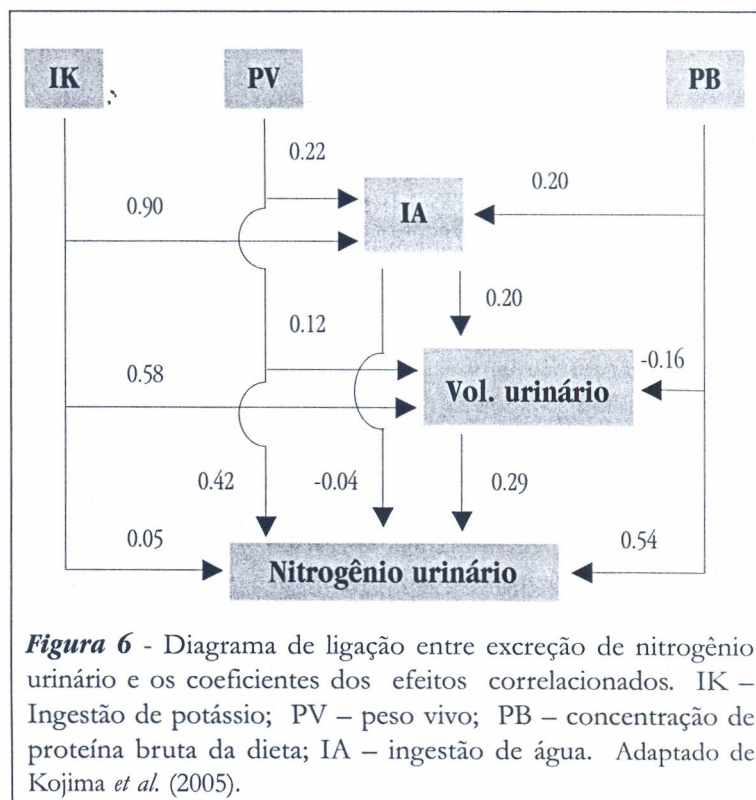
te, propor medidas efetivas de controle da excreção desses nutrientes.

Estudos realizados para a criação de modelos de predição da excreção de nitrogênio e fósforo têm sido desenvolvidos mais intensivamente para vacas em lactação e de forma mais limitada para as outras categorias de bovinos, o que se deve ao fato de esses animais apresentarem exigências nutricionais mais elevadas, levando à maior perda de nutrientes pelas fezes e urina. Porém essas variáveis podem não apresentar correlações diretas entre consumo e excreção de determinado nutriente ou exercer efeito indireto, é o que demonstrou o trabalho desenvolvido por Kojima *et al.* (2005). Esses autores verificaram que, em vacas leiteiras, a predição da excreção de potássio urinário pode ser calculada a partir da ingestão desse elemento, porém o potássio fecal não foi predito pelas variáveis independentes utilizadas para geração de equações de regressão (peso vivo; ingestão de matéria seca; ingestão de água; produção de leite; proteína, fósforo e potássio dietético; ingestão de nitrogênio, fósforo e potássio). O fósforo fecal foi estimado pela ingestão de fósforo e a excreção desse elemento pela urina foi estimada a partir do peso vivo do animal, produção de leite e ingestão de fósforo. As relações de perdas de nitrogênio foram correlacionadas de forma diferente. O N fecal foi estimado apenas pela ingestão de matéria seca, enquanto o N urinário, pela concentração de proteína bruta da dieta. Esses aspectos são importantes para nortear os trabalhos de avaliação do impacto ambiental causado pela produção animal. Nesse mesmo trabalho, Kojima *et al.* (2005) desenvolveram um modelo para avaliar a excreção de nitrogênio urinário por vacas secas (**Figura 6**).

Esse diagrama apresenta as interações que afetam a excreção de nitrogênio de forma direta e indireta. O efeito direto da ingestão de potássio foi de 5%, e a soma dos fatores indiretos foi de 18% (cal-

culado como: $0,90 \times 0,20 \times 0,29 + 0,90 \times (-0,04) + 0,58 \times 0,29$). Em contraste, o efeito direto da proteína bruta na excreção urinária foi de 0,54, e a soma dos fatores indiretos de 4%. O peso vivo também exerce maior efeito de forma direta (0,42). Esses aspectos sugerem que a PB e o PV explicam diretamente a excreção de N urinário, enquanto a ingestão de potássio afeta indiretamente, explicando aproximadamente 25% dessa característica. Esses resultados permitem interpretar que a ingestão de K aumenta o volume urinário e, indiretamente, a excreção de N urinário. Assim, em termos de ações de controle, a redução do potássio da dieta pode resultar em menor excreção de N urinário em vacas secas.

Os resultados gerados pelas pesquisas, de uma forma geral, indicam que a redução da ingestão de nutrientes é uma medida eficiente para reduzir perda de nutrientes para o ambiente, entretanto essa medida pode resultar em redução da produção do animal. Atualmente, os estudos têm sido voltados para avaliar os teores mínimos de nutrientes necessários para manter os níveis de produção, com a finalidade de reduzir a perda de nutrientes.



Considerações finais

A quantidade de resíduos gerada pela bovinocultura no Brasil é originada, em sua maior parte, pela fermentação entérica do gado de corte e, em conseqüências das características extensivas dos sistemas de produção de bovinos no país, o total de poluentes gerado pelo manejo dos dejetos pode ser considerado pequeno.

O levantamento dos dados sobre a emissão de metano, proveniente da bovinocultura no país foi feito por estimativas, uma vez que os valores sobre a disposição e sistemas de tratamento de dejetos animais e geração de metano proveniente da fermentação entérica nas diversas categorias de bovinos não são precisos, podendo resultar em conclusões inconsistentes.

Os fatores de emissão de metano de origem ruminal variam por causa do sistema de produção e das características dos animais. No caso de bovinos leiteiros em lactação, por exemplo, os valores médios de emissão de metano podem variar de 81 a 118 kg de metano/animal/ano, na América do Norte e países do leste europeu, respectivamente, enquanto se estima que, em países africanos e asiáticos, as emissões podem variar de 36 a 56 kg de metano/animal/ano (IPCC, 1995). No Brasil, os trabalhos desenvolvidos indicaram produção média de metano ruminal em vacas em lactação de 129 kg/ano como potencial, pois esse valor pode variar em conformidade com a qualidade do alimento disponível durante as estações do ano.

O aumento do valor alimentício das dietas tem sido considerado uma das principais indicações feitas para a redução do metano por bovinos. Entretanto esse fato deve ser analisado considerando-se todos os aspectos que envolvem a atividade e não de forma isolada, principalmente quando se incluem alimentos concentrados na dieta dos animais. Nessa situação, os gastos energéticos envolvidos na produção de grãos devem ser considerados, pois, muitas vezes, a redução da emissão de metano de origem ruminal causada pela inclusão desses alimentos na dieta é compensada por um incremento muito maior da emissão de CO₂ proveniente da queima de energia fóssil pelas máquinas envolvidas nos processos de produção e transporte de grãos. Também, pode haver grande geração de óxido nitroso (N₂O; gás de efeito estufa 25 vezes mais potente em reter calor que o metano),

oriundo do nitrato gerado pelos fertilizantes nitrogenados aplicados nas lavouras de grãos, quando submetidos a condições de anaerobismo, durante períodos de chuva ou de irrigação.

Literatura consultada

- ANUALPEC: **Anuário da pecuária brasileira**. SP: FNP consultoria & comércio, 2002. 359p.
- BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, 19:511, 1965.
- COTTON, W.R.; PIELKE, R.A. **Human impacts on weather and climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 288p.
- DOMESCIK, E.J.; MARTIN, S.A. Effects of lisdloxypropionate and monensin on the *in vitro* mixed ruminal microorganism fermentation. **Journal of Animal Science**, 77:2305, 1999.
- FIEVEZ, V. *et al.* Fish oils as potent rumen methane inhibitors and associated effects on rumen fermentation *in vitro* and *in vivo*. **Animal Feed Science and Technology**, 104:41, 2003.
- GARCIA-LOPEZ, P.M.; KUNG Jr., L.; ODOM, J.M. *In vitro* inhibition of microbial methane production by 9,10-anthraquinone. **Journal of Animal Science**, 74:2276, 1996.
- GENEROSO, F.B. **Quantificação e caracterização de dejetos produzidos em propriedade com exploração leiteira para uso em biodigestores e reciclagem de nutrientes**. Jaboticabal. 2001. 66p. Trabalho (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP.
- GOOF, J.P.; HORST, R.L. Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. **Journal of Dairy Science**, 80:1260, 1997.
- HUNGATE, R.E. **The rumen and its microbes**. New York: Academic Press, 1966. 312p.
- INTERGOVERNMENTAL PLACE ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios**. Cambridge: University Press, 1995. 339p.
- JOBLIN, K.N. Ruminal acetogens and their potential to lower ruminant methane emissions. **Australian Journal of Agricultural Research**, 50:1307, 1999.
- JOHNSON, K.A. *et al.* Measurement of methane

emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. **Environment Science Technology**, 28:359, 1994.

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

KNOWLTON, K.F.; HERBEIN, J.H. Phosphorus partitioning during early lactation in dairy cows fed diets varying in phosphorus content. **Journal of Dairy Science**, 85:1227, 2002.

KOJIMA, H. *et al.* Effects of feeding and animal performance on nitrogen, phosphorus and potassium excretion by Holstein cows. **Animal Science**, 76:139, 2005.

KUNG Jr., L. *et al.* Effects of 9,10 anthraquinone on ruminal fermentation, total-tract digestion, and blood metabolite concentrations in sheep. **Journal of Animal Science**, 81:323, 2003.

LANA, R.P.; RUSSELL, J.B. Efeitos da monensina sobre a fermentação e sensibilidade de bactérias ruminais de bovinos sob dietas ricas em volumoso ou concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30:254, 2001.

LIMA, M.A. *et al.* Estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil. In: LIMA, M.A. *et al.* (Eds.). **Mudanças climáticas globais e agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 169-189.

LOCKYER, D.R. Methane emissions from grazing sheep and calves. **Agricultural Ecosystems and Environment**, 66:11, 1997.

LOPES, D.C. *et al.* Composição química de dejetos bovinos e balanço de sua energia e proteína com suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 8:265, 1979.

LOPEZ, S. *et al.* Effect of adding acetogenic bacteria on methane production by mixed rumen microorganisms. **Animal Feed Science and Technology**, 78:1, 1999.

LUCCI, C.S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. 1. ed. São Paulo: Manole, 1997. 169p.

MACHMÜLLER, A. *et al.* Potencial of various fatty feeds to reduce methane release from rumen fermentation in vitro (Rusitec). **Animal Feed Science and Technology**, 71:117, 1998.

McCAUGHEY, W.P.; WITTENBERG, K.; CORRIGAN, D. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. **Canadian**

Journal of Animal Science, 79:221, 1999.

MBANZAMIHIGO, L.; VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Lasting effects of monensin on rumen and ceecal fermentation in sheep fed a high grain diet. **Animal Feed Science and Technology**, 62:215, 1996.

MILLER, T.L. Ecology of methane production and hydrogen sink in the rumen. In: ENGELHARDT, W. V. *et al.* (Eds). **Ruminant Physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction**. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1995. p. 317-332.

MILLS, J.A. *et al.* A mechanistic model of whole-tract digestion and methanogenesis in the lactating dairy cow: model development, evaluation, and application. **Journal of Animal Science**, 6:1584, 2001.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Convenção sobre Mudança do Clima**. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pecuar01.htm>. Acesso em: 11 dez. 2000.

NELSON, C.J.; MOSER, L.E. Plant factors affecting forage quality. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.115-154.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7ª ed.: Washington, National Academy Press, 2001. 381p.

OLSON, K.C. *et al.* Reducing methane emission from beef cow herds in range-based management systems In: **Final report to the ruminant livestock efficiency program atmospheric pollution prevention division United States Environmental Protection Agency**. Utah State University: Logan, 2000. 31p.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Ruminant fermentation. In: CHURCH, D.C. (Ed) **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Waveland Press, 1988. p.145-171.

PEDREIRA, M.S. **Estimativa da produção de metano de origem animal por bovinos tendo como base a utilização de alimentos volumosos: utilização da metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆)**. Jaboticabal, 2004. 136p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP.

SAUER, F.D. *et al.* Methane output and lactation response in holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. **Journal of Animal Science**, 76:906, 1998.

TAMMINGA, S. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. **Journal of Animal Science**, 74:3112, 1996.

TAMMINGA, S. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. **Journal of Dairy Science**, 75:345, 1992.

UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY – US EPA. Methane emissions and opportunities for control. In: Workshop results of Intergovernmental Panel on Climate Change. **Proceedings...**, 1990, 82p.

UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY – US EPA. Evaluating Ruminant Livestock Efficiency Projects and Programs In: **Peer Review Draft**. Washington, D.C, 2000, 48p.

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

WEIMER, P.J. Manipulating ruminal fermentation: a microbial ecological perspective. **Journal of Animal Science**, 76:3114, 1998.

Márcio dos Santos Pedreira

*Professor da DTRA
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
pedreira@uesb.br*

Odo Primavesi

*Pesquisador Embrapa Pecuária Sudeste
odo@cnpse.embrapa.br*

