

PLANO PLURIANUAL DE GOVERNO - PPA PROGRAMA MUDANÇAS CLIMÁTICAS

RESULTADOS OBTIDOS

2004

Influência do Manejo da Produção Animal sobre a Emissão de Metano em Bovinos de Corte



Projeto:

Influência do Manejo da Produção Animal sobre a Emissão de Metano em Bovinos de Corte

Execução:

Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento Ambiental Embrapa Meio Ambiente

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

Coordenação do Projeto

Magda Aparecida de Lima

Equipe de Trabalho

Antônio J. Lourenço – Instituto de Zootecnia / APTA/ SAA/ Estado de São Paulo

Guilherme F Alleoni – Instituto de Zootecnia/ APTA/ SAA/ Estado de São Paulo

João José A. A. Demarchi – Instituto de Zootecnia/ APTA/ SAA de São Paulo

Magda Aparecida de Lima – Embrapa Meio Ambiente

Marcelo Queiroz Manella – Instituto de Zootecnia/ APTA/ SAA de São Paulo

Rosa T. S. Frighetto – Embrapa Meio Ambiente

Colaboradores:

Odo Primavesi – Embrapa Pecuária Sudeste

Márcio dos Santos Pedreira – UNESP-Jaboticabal

Telma Teresinha Berchielli - UNESP-Jaboticabal

Publicação e Divulgação

Ministério da Ciência e Tecnologia

Coordenação Geral de Mudança Global de Clima

Sítio: <http://www.mct.gov.br/clima>

Diagramação e Editoração Gráfica

Pedro Renato Barbosa - pedrorenbarbosa@gmail.com



SINOPSE (ABSTRACT)

O objetivo principal deste projeto foi a elaboração de estudo técnico sobre a influência do manejo de produção animal na emissão de metano em bovinos de corte. Os objetivos do estudo foram: a) quantificar emissões de metano em sistemas de produção de bovinos de corte (raças zebuínas - Nelore), para diferentes categorias do rebanho (machos e jovens – recria e engorda), visando a obtenção de taxas de emissão do gás sob as condições climáticas da região Sudeste; b) identificar as práticas de manejo animal que promovam a redução das emissões de metano, de forma associada à melhoria da eficiência produtiva, e contribuir para a avaliação da vulnerabilidade de sistemas de produção animal à mudança do clima; e c) capacitar recursos humanos e difundir metodologias de medição de gases no setor agropecuário.

Como resultado do projeto, foram estimadas taxas de emissão de metano para diferentes categorias de população bovina de raça típica no país (Nelore) e para cada estação do ano, na região Sudeste do país, contribuindo desta forma para o aprimoramento das estimativas de emissões de metano provenientes de atividade pecuária no Brasil. Além disso, foi gerado um conjunto de dados técnico-científicos sobre a influência de diferentes manejos sobre a produção de metano em bovinos, bem como a formulação de recomendações de práticas de produção animal voltadas à redução de metano.

As seguintes atividades foram desenvolvidas no ano de 2004: 1) coleta e mensuração de metano em bovinos Nelore em confinamento com uma dieta controlada de feno; 2) avaliação da variação sazonal e anual da emissão de metano por bovinos de corte sob sistema de manejo de pastagem com diferentes suplementações; 3) capacitação técnica de novos integrantes da equipe na técnica do traçador interno SF₆.

Índice

Página

1. Introdução	9
1.1. Objetivos	
1.1.1. Objetivo Geral	9
1.1.2. Objetivos Específicos	9
1.2. Justificativa	9
1.3. Objeto	10
1.3.1. Problema	10
1.3.2. Hipótese Básica	11
1.3.3. Variáveis a serem estudadas	11
1.3.4. Relação entre variáveis	12
2. Revisão Bibliográfica	13
2.1. Características do rebanho bovino de corte brasileiro	13
2.2. Metanogênese	13
2.3. Protozoários	15
2.4. Qualidade do alimento consumido	15
2.5. Forragens do gênero <i>Brachiaria</i>	17
2.6. Suplementação a pasto	18
2.7. Uso de ionóforos	19
2.8. Mensuração de metano (técnica SF ₆)	21
3. Área de Estudo	22
4. Metodologia	22
5. Atividades Desenvolvidas	22
5.1. Confinamento com ingestão controlada	22
5.2. Desempenho animal a pasto com suplementação	22
5.3. Análise da qualidade de forragem	23
5.4. Análise cromatográfica	23
5.5. Tratamento estatístico	24
6. Resultados	24
6.1. Emissão de metano em bovinos de corte da raça Nelore	24
6.1.1. Suplementação de Bovinos a pasto com diferentes níveis de concentrado	24
6.1.2. Produção de metano em bovinos confinados	27

7. Conclusões	33
8. Outras atividades realizadas no período (Jan-Dez/2004)	35
9. Desdobramentos e perspectivas de futuros estudos	37
9.1. Base de dados sobre a pecuária brasileira	37
9.2. Perspectivas de novos estudos	37
10. Referências Bibliográficas	39

Lista de Tabelas e Figuras

Página

Tabela 1 - Emissão de metano em ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de digestibilidade	16
Tabela 2 - Influência do tipo de qualidade de forragens tropicais na emissão de metano por bovinos	16
Tabela 3 - Efeito da monensina sobre a produção de metano e outros produtos finais da fermentação ruminal	20
Tabela 4 - Desempenho animal e característica de carcaça medidas por ultra-som	26
Tabela 5 - Efeito de nível de suplementação na taxa de lotação (Kg PV/ha) em diferentes épocas o ano	27
Tabela 6 - Produção média de metano por piquetes e semanas de coleta em agosto de 2002 e durante confinamento em julho de 2004	27
Tabela 7 - Produção média de metano por época do ano coletada e composição da forragem (resumo das quatro estações do ano) e os dados obtidos com a produção de metano em bovinos confinados	28
Tabela 8 - Consumo de matéria seca e emissão de metano dos animais agrupados por nível de consumo (100%, 85% e 70%) oferecido no período de confinamento	29
Tabela 9 - Consumo de matéria seca e emissão de metano dos animais agrupados por nível de consumo (100%, 85% e 70%) oferecido no período de confinamento	30
Tabela 10 - Característica da forragem disponível, digestibilidade in vitro da matéria seca e composição química de <i>B. brizantha</i> em agosto de 2003 (inverno) e do feno consumido durante o confinamento	31
Tabela 11 - Valor referencial para novilhos nelore	33
Tabela 12 - Estimativas preliminares da produção de metano para bovinos de corte (nelore/zebuíno), na região sudeste do Brasil (clima tropical)	34
Figura 1 - Dispersão dos dados obtidos em relação a ingestão de matéria seca por quilo de peso metabólico	32



1 Introdução

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do projeto é estudar a influência do manejo de produção animal sobre a emissão de metano em bovinos de corte e as possibilidades de mitigação da produção de gases de efeito estufa.

1.1.2 Objetivos específicos

a) Quantificar emissões de metano em sistemas de produção de bovinos de corte (tipo Nelore), para diferentes categorias do rebanho (machos e jovens – recria e engorda), visando obter de taxas de emissão do gás sob as condições climáticas da região Sudeste;

b) Identificar as práticas de manejo animal que promovam a redução das emissões de metano, de forma associada à melhoria da eficiência produtiva, e contribuir para a avaliação da vulnerabilidade de sistemas de produção animal à mudança do clima;

c) Capacitar recursos humanos e difundir metodologias de medição de gases no setor agropecuário.

1.2 Justificativa

A pecuária ruminante, devido ao processo digestivo de fermentação entérica, é reconhecida como uma importante fonte de emissão de gás metano, um potente gás de efeito estufa que contribui em aproximadamente 15% para o aquecimento global. As emissões globais de metano geradas a partir dos processos entéricos são estimadas em 80 milhões de toneladas (Tg) por ano, correspondendo a cerca de 22% das emissões totais de metano geradas por fontes antrópicas. Cerca de 68% da pecuária nacional é representada por bovinos (87% correspondendo aos bovinos de corte e 13% aos bovinos de leite), com 195,5 milhões de animais em 1995 (IBGE/SIDRA, 2004), sendo considerado o maior rebanho bovino do mundo com fins comerciais. Entre 1980 e 1997 a população de bovinos aumentou de 70 para 156 milhões de animais, graças em grande parte à expansão da fronteira agrícola em sentido Sul para o Centro-Oeste e Norte (PEETZ et al., 1997, citados em FERREIRA, 1999). Grande parte do rebanho bovino é do tipo zebuino, criado em sistemas predominantemente extensivos, sendo a raça Nelore a mais representada (68%). Para o Brasil, foram estimadas emissões de cerca de 9,2 milhões de toneladas de metano provenientes da pecuária, considerando-se os efetivos de categorias de animais ruminantes e falsos-ruminantes e a produção de dejetos animais em 1995 (EMBRAPA, 1999). Essas emissões correspondem à 96% de todo o metano gerado por fontes de origem agrícola no país (que incluem também o cultivo de arroz irrigado por inundação e a queima de resíduos agrícolas nos campos). Somente os bovinos de corte e de leite somam 95,4% das emissões de metano provenientes da



fermentação entérica da pecuária (ruminantes e falso ruminantes) do País. As outras categorias de animais (bubalinos, muares, caprinos, asininos, eqüinos, suínos) são responsáveis pelos 4% restantes das emissões de metano. Os suínos são animais monogástricos e as suas emissões são consideradas negligenciáveis ($1\text{kg CH}_4/\text{animal}/\text{ano}$), porém seus dejetos podem ser significativamente importantes.

Não existe na literatura brasileira referência sobre experimentos de medições de metano em bovinos com a preocupação ambiental de emissão de gás de efeito estufa e com a influência de alterações alimentares, como reflexo de mudança climática. Soma-se a esse fato a inexistência de estudos orientados à busca de práticas, processos e técnicas que promovam a redução da emissão de metano em sistemas de produção de bovinos no país.

Os resultados esperados do projeto são: a) a geração de taxas de emissão de metano obtida em bovino de raça típica no país, e em região altamente representativa em termos de rebanho bovino, de forma a contribuir para o aprimoramento das estimativas de emissões de metano provenientes de atividade pecuária no Brasil; b) a melhoria do conhecimento sobre a influência de alterações ambientais sobre a produção de metano em bovinos; c) recomendações de práticas de produção animal que promovam a redução de metano com menor custo e maior eficiência produtiva e d) capacitação e difusão de metodologias de medição de gases de efeito estufa no setor agropecuário.

O envolvimento da equipe com essa linha de pesquisa iniciou-se com a elaboração do inventário nacional das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil, sob a coordenação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, vinculada ao Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Deste trabalho, constatou-se a necessidade de maior aprofundamento do conhecimento sobre a emissão de metano pela pecuária em condições ambientais nacionais.

1.3 Objeto

1.3.1 Problema

A produção de metano é parte do processo digestivo dos herbívoros ruminantes e ocorre no rúmen. A fermentação que ocorre durante o metabolismo dos carboidratos do material vegetal ingerido é um processo anaeróbio efetuado pela população microbiana ruminal, convertendo os carboidratos celulósicos em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente os ácidos: acético, propiônico e butírico. Nesse processo fermentativo é dissipado calor pela superfície corporal e produzido gás, entre eles o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4). A emissão de metano varia entre 4 e 9% da energia bruta do alimento ingerido, com valores médios de 6%, porém pode atingir intervalos maiores de acordo com a qualidade do alimento ingerido. Desde que a produção de metano varia de acordo com a quantidade e qualidade do alimento digerido (U.S.EPA, 1990a,b), as várias modalidades e condições de sistemas de



criação de animais domésticos implicam em fatores diferentes de emissão de metano. As indicações para a redução das emissões de metano pela pecuária estão ligadas ao manejo alimentar e estratégias nutricionais (TAMMINGA, 1992; HOLTER & YOUNG, 1992).

As emissões globais de metano a partir dos processos entéricos, conforme citado anteriormente, são estimadas em cerca de 80 Tg / ano (80 milhões de toneladas), correspondendo a 22% das emissões totais de metano geradas por fontes antrópicas, e as provenientes de dejetos animais são estimadas em cerca de 25 Tg /ano (U.S. EPA, 2000), correspondendo a 7% das emissões totais. Estimativas apontam que pelo menos metade da população mundial de bovinos está localizada em regiões tropicais do mundo, muitas delas em países em desenvolvimento (U.S. EPA, 1994) onde os sistemas de produção são basicamente a pasto e muitas vezes caracterizados por baixa eficiência produtiva. No Brasil, a maior parte do efetivo da pecuária é representada por bovinos (87% correspondendo ao gado de corte e 13% ao gado de leite), com cerca de 195 milhões de cabeças em 1995 (SIDRA/IBGE, 1998), sendo considerado o maior rebanho bovino do mundo com fins comerciais, o que o torna um importante contribuinte em emissões de metano por fermentação entérica. A maior parte do rebanho bovino é do tipo zebuino, criado em sistemas predominantemente extensivos.

Para o ano de 1994 foram estimadas emissões de cerca de 9,2 milhões de toneladas de metano provenientes da pecuária (EMBRAPA, 1999), considerando-se os efetivos de categorias de animais ruminantes e falsos-ruminantes e a produção de dejetos animais em 1995. Tais estimativas basearam-se em dados secundários requeridos para a estimativa das emissões de metano de origem bovina (fermentação entérica) e de dejetos suínos, bem como de valores “default” para os demais animais, conforme os guias de inventários nacionais do IPCC (1996). Reforça-se, desta forma, a importância de se avaliar a real contribuição do setor pecuário ao aumento de gases de efeito estufa na atmosfera.

1.3.2 Hipótese básica

Partiu-se do princípio de que diferentes taxas de emissão de metano estão relacionadas a diferentes sistemas de produção animal, onde as variáveis são parâmetros como tipo de animal (padrão racial), consumo de matéria digestiva, qualidade da forragem ingerida (lotação, espécie forrageira, manejo da forragem ou forma de pastejo), peso do animal, taxa de crescimento ou estágio fisiológico, uso de suplementos alimentares (minerais, uréia, ionóforo, probióticos, leveduras, antibióticos, etc.).

1.3.3 Variáveis estudadas:

a) Pastagem:

- disponibilidade, matéria seca, proteína bruta, fibra detergente neutro
- matéria mineral, digestibilidade in vitro, matéria mineral, extrato etéreo
- fisiologia do crescimento, espécies forrageiras (próximas fases)



b) Sistemas de produção animal:

- a pasto: produção de metano, ganho de peso, avaliação de carcaça e consumo (próximas fases).
- gaiolas de metabolismo: parâmetros de fermentação ruminal (ácidos graxos voláteis, nitrogênio amoniacal, e pH), degradação dos alimentos, digestibilidade, população de protozoários (próximas fases).

1.3.4 Relação entre variáveis

Em função de possíveis interações, serão estudadas as relações entre as emissões de metano em função da qualidade de forragem, peso vivo e consumo de matéria seca digestível, entre outras.



2 Revisão Bibliográfica

2.1 Características do rebanho bovino de corte brasileiro

1. Os sistemas de produção de bovinos de corte brasileiros são extremamente diversificados, com uma variabilidade entre sistemas de produção manejados de forma extensiva, com baixa produtividade, até sistemas altamente intensificados;

2. Animais produzidos de forma extensiva, principalmente em pastagens de Brachiaria, atingem idade de abate entre 4 e 5 anos. A atual tendência, entretanto, é que esta idade se reduza para valores próximos de 3 anos;

3. Há baixa produtividade das pastagens, com taxas de lotação próximas de 0,5 até 0,7 UA/ha na estação chuvosa. O comprimento desta estação chuvosa é de aproximadamente 7 meses, com alta produção de matéria seca e forragem de melhor qualidade, dependendo do manejo adotado, com altos níveis de *ganho de peso animal. Há também pelo menos 5 meses (“inverno”, estação seca) com baixa produção de forragem, e conseqüentemente, reduzido ou até mesmo perda de peso vivo animal. A tendência atual é de que haja aumento das taxas de lotação para valores iguais ou superiores a 01 UA/ha, embora para regiões com terras mais valorizadas seja possível a intensificação através das inúmeras técnicas disponíveis, obtendo-se taxas de lotação de 5 a 6 UA / há durante o ano todo, ou até maiores, alimentando-se os animais nos períodos críticos com forragens conservadas e ou cana-de-açúcar com uréia;

4. A população bovina brasileira é estimada em 195,5 milhões de cabeças, segundo o IBGE. A raça bovina predominante é a *Bos taurus indicus* (Zebu) e seus cruzamentos (aproximadamente 80% do rebanho bovino de corte e 64% do rebanho bovino leiteiro), os quais são mais adaptados às condições tropicais, requerem menores gastos nutricionais com manutenção e com maior eficiência para digerir forragens com menor qualidade, diferente de raças bovinas taurinas Européias (*Bos taurus taurus*), mais eficientes para converter alimento de melhor qualidade em ganho de peso, com terminação mais precoce;

5. 70% das terras brasileiras, exceto a região Amazônica, estão ocupadas com atividades agropecuárias, sendo que 60% destas correspondem a áreas de pastagens (190 milhões hectares). Deste total, 70% tem algum grau de degradação, com baixa taxa de lotação e produtividade animal. A integração entre agricultura e pecuária em áreas de pastagem poderá aumentar a produção de forragens, aumentar as taxas de lotação e reduzir a idade de abate dos bovinos;

6. Aproximadamente 5% dos animais abatidos no Brasil são terminados em confinamento, e 95% sob sistemas de pastejo, principalmente com gramíneas do gênero *Brachiaria* sp.;



7. O período médio de lactação para bovinos de corte (vacas Zebu) é de 210 dias, com média de 4 L/dia;
8. O número médio de partos por matriz é de 3,9 para Nelore e 2,5 para cruzados Zebuínos.

2.2 Metanogênese

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

A metanogênese é parte do processo digestivo normal dos herbívoros ruminantes e ocorre principalmente no pré-estômago (rúmen). A fermentação ruminal dos alimentos é um processo anaeróbico que converte os carboidratos (estruturais ou não estruturais) em ácidos graxos de cadeia curta (ácido acético, propiônico e butírico, principalmente). Devido a esse processo metabólico, produz-se calor, que é dissipado como calor metabólico pela superfície corporal, e dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), que então são eliminados com os gases respiratórios (DUKES & SWENSON, 1977).

Durante o processo de fermentação, a produção de ácido acético e butírico envolve a liberação de grande quantidade de H_2 . Organismos metanogênicos na microbiota ruminal, os quais pertencem aos gêneros: *Methanobrevibacter*, *Methanobacterium*, *Methanomicrobium* e *Methanosarcina* (BAKER, 1999), utilizam H_2 e CO_2 para produzir metano (WOLIN et al., 1997). Por outro lado, no processo fermentativo onde o produto resultante é o ácido propiônico, há “captura” de H_2 do meio, resultando-se em uma relação inversa altamente significativa entre propionato: metano (WHITELAW et al., 1984).

A produção e emissão de gás metano em ruminantes acarretam em significativas perdas que variam entre 4 e 12% do total de energia bruta ingerida (GIBBS et al., 1989; IPCC, 1996). Os fatores de emissão de metano, segundo estimativas do IPCC (1996), variam em função do sistema de produção animal e características animais. No caso de bovinos de leite, por exemplo, os valores médios de fatores 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, estima-se que em países africanos e asiáticos, as emissões variem de 36 a 56 kg de metano/ animal /ano. Sua síntese também é influenciada, principalmente, pela ingestão e digestibilidade da dieta, sendo que a maior produção é obtida com dietas de maior digestibilidade. Entretanto, as perdas energéticas na forma de metano (g metano/ quilo de matéria orgânica digestível) são maiores em dietas de menor qualidade. Portanto, além do fator ambiental, esse gás contribui negativamente na produção animal, prejudicando a eficiência de produção de energia em ruminantes.



Estimativas mais atuais, estimam a emissão total de metano pela pecuária no mundo é estimada ser 85 milhões de toneladas por ano (U.S. Environmental Protection Agency, 2000). Pelo menos metade da população bovina mundial encontra-se nas regiões tropicais, que são caracterizadas principalmente por sistemas de pastagem extensiva. O Brasil possui o maior rebanho de gado bovino (180 milhões), principalmente das raças zebuínas e azebuadas, com 98% dos animais sendo basicamente vivendo em pastagens, principalmente cultivadas por *Brachiaria* spp.

2.3 Protozoários

A remoção de protozoários da microbiota ruminal também reduz a metanogênese em dietas contendo amido ou fibra (KREUZER et al., 1986), pois os principais produtos da fermentação dos protozoários são o acetato e o butirato. Portanto, a remoção desses microrganismos pode mudar o perfil de fermentação ruminal, favorecendo a produção de propionato e diminuindo a formação de metano (WHITELAW et al., 1984).

WHITELAW et al. (1984) comparando bovinos defaunados com faunados observaram que os primeiros apresentaram maiores proporções de ácido propiônico e menores de acético e butírico, e aproximadamente 2 vezes menos metano (6,68 x 11,46g/ 100 MJ). Desta forma, os protozoários ruminais aparentam ter forte relação com a produção de metano, principalmente pela alteração nas proporções de ácidos graxos voláteis, aumentando as proporções de acetato e butirato. As menores produções de ácido propiônico poderiam estar associadas à capacidade dos protozoários retirarem grandes quantidades de amido do meio, diminuindo-se a quantidade de substrato para as bactérias amilolíticas, as quais são as principais produtoras de propionato (CHURCH, 1990, WHITELAW et al., 1984).

Dietas contendo carboidratos solúveis levam a um menor pH ruminal do que dietas contendo forragens, o que, aliado a maiores taxas de fermentação, podem inibir bactérias metanogênicas e protozoários ciliados, aumentando-se a produção de propionato (VAN KESSEL & RUSSEL, 1995).

2.4 Qualidade do alimento consumido

Em trabalho 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 MS para as dietas de feno de alta qualidade e dieta rica em grãos (7,07 e 7,31, 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/ kg MOD), observou-se os seguintes valores: 75,4, 64,6 e 32,1 g/kg MOD, 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 foi de apenas 6,7%.

Observações semelhantes foram descritas por HEGARTY (2001) ao trabalhar com ovinos recebendo dietas com diferentes digestibilidades. As dietas de melhor qualidade propiciaram maior consumo e maior produção de metano diária (Tabela 1). Entretanto, a emissão de metano em relação ao consumo de energia digestível (%ED) e por quilo de ganho de peso vivo (g metano/ kg de ganho de PV) diminuíram com o aumento da digestibilidade, indicando maior retenção de energia.

Tabela 1 - Emissão de metano em ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de digestibilidade

Parâmetro	Digestibilidade		
	55%	65%	75%
Consumo de MS (kg/dia)	1,09	1,42	1,74
Consumo de EB (MJ EB/dia)	20,1	26,1	32,0
Consumo de ED (MJ ED/ dia)	11,0	17,0	24,0
Emissão de metano (g/dia)	24,5	32,4	35,4
Emissão de metano (%ED)	12,0	10,3	8,0
g metano/ Kg ganho PV	4,9	0,6	0,2

Fonte: Hegarty (2001).

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 (VARGA et al. 1985). 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), conforme dados apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Influência do tipo e qualidade de forragens tropicais na emissão de metano por bovinos

Forragem	Conservação	NDT (%)	IMS (kg/dia)	CH ₄ (L/cab/dia)	CH ₄ /IMS (L/kg)
Capim Sudão	Silagem	59,2	6,45	206,0	31,9
Capim Sudão	Silagem	61,0	5,15	155,0	30,1
Capim Sudão	Silagem	57,4	5,85	186,1	31,8
Capim Bahia	Feno	54,8	6,85	258,1	37,7
Palha de arroz	Feno	53,6	8,08	295,5	36,6

Fonte: SHIOYA et al (2001)



Portanto, 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).

SHIOYA et al. (2001) observaram que com o aumento da ingestão de matéria seca, houve um aumento linear na produção de metano/ cabeça /dia ($y = -46,508 + 41,179x$; $R^2 = 0,93$) 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/ kg IMS e NDT de diferentes para um mesmo consumo de MS.

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 da vida deste animal será inferior ao dos animais abatidos tardiamente.

Acredita-se que a produção de metano no rúmen seja menor em dietas constituídos por alimentos adequados e balanceados, situação normalmente proporcionada em sistemas de confinamento bem desenvolvidos. Sabendo-se que a produção de metano varia com a quantidade e a qualidade da energia do alimento digerido (U.S. EPA, 1990b), a existência de várias modalidades e condições de sistemas de produção de animais domésticos implicaria em diferentes percentuais de emissão de metano.

2.5 Forragens do gênero *Brachiaria*

ESPÍRITO SANTO (2001), em compilação de dados, mostra que dos 851,0 milhões de hectares do Brasil, apenas 237 milhões são utilizados economicamente. Segundo estimativas do Censo Agropecuário do IBGE (1996), haveriam, naquele período, 177 milhões de hectares ocupados com a pecuária, representando 21% do território nacional, dos quais 99,7 milhões de hectares corresponderiam a pastagens cultivadas, enquanto o restante seriam pastagens nativas. ESPÍRITO SANTO (2001) compara esses valores com os estimados para os EUA (segundo maior produtor mundial de carne bovina), onde existem 27 milhões de hectares de pastagens cultivadas e 239 milhões de hectares de pastagens naturais, evidenciando assim, a crescente importância das pastagens cultivadas para o Brasil, na busca de elevação da produção.

Apesar da grande extensão territorial ocupada pela pecuária, apenas algumas espécies forrageiras ocupam quase a totalidade da área de pastagens cultivadas, sendo a *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *P. maximum* perfazem 67% desse total, com supremacia elevada do gênero *Brachiaria* (FERREIRA & PAULINO, 1999).



Segundo VALLE (1991), as variedades comerciais de braquiárias existentes são poucas, contribuindo o fato de serem exóticas e se reproduzirem essencialmente por apomixia (embriões são formados sem fusão de gametas, portanto assexuadamente). A pequena diversidade genética dos cultivares utilizados no país e a incapacidade de gerar variabilidade devido à apomixia trouxeram, como consequência, o aparecimento de problemas como a cigarrinha das pastagens (Homóptera: *Cercopideae*) que dizimou a *Brachiaria decumbens* na Amazônia (VALLE, 1991).

Outro fato importante, mencionado por RAMIRO (1987), é que as gramíneas consideradas suscetíveis aos danos da cigarrinhas, em sua maioria, são do gênero *Brachiaria*. Com a ocorrência de pouca diversidade genética dos cultivares comerciais de *Brachiaria* e as limitações inerentes a cada uma, justifica-se plenamente a busca por genótipos superiores, tanto na diversidade natural de uma coleção de germoplasma, como pelo melhoramento genético (PEREIRA et al., 2001; VALLE et al., 2004).

2.6 Suplementação a pasto

A suplementação de bovinos de corte a pasto vem se tornando mas das técnicas mais frequentes aplicadas nas propriedades, sendo um dos segmentos que mais crescem em alimentação animal. Esta ferramenta tem sido de extrema importância do ponto de vista técnico, para a redução da fase de recria e aumento na eficiência de produção de animais, redução na idade e aumento de peso ao abate (EUCLIDE et al. 1998), e, conseqüentemente, uma potencial redução na produção total de metano por quilo de carne produzida.

Segundo MANELLA et al. (2002), com a suplementação de animais em crescimento na seca, pode-se atingir diferencial de ganhos de até 300 gramas/ dia, e o diferencial de peso tende a manter-se no período das águas subseqüentes. Por outro lado, quando os animais são suplementados também no período das águas, os diferenciais nas taxas de ganho são menores, mas o diferencial de peso aumenta significativamente. OLIVEIRA et al. (2003) relatam que a suplementação com misturas múltiplas em tempo integral atingiu um peso médio superior aos suplementados apenas no período seco.

GÓES et al. (2004) avaliaram que o aumento nos níveis de suplementação de 0 a 1,0 % do peso vivo (PV) permitiu aumento nos ganhos de peso e na taxa de lotação.

Desta forma, no presente trabalho avaliou-se a suplementação em diferentes níveis de fornecimento no desempenho de animais em crescimento/ terminação durante o período da seca e das águas.



2.7 Uso de ionóforos

Dentre as principais variáveis que influenciam a produção de metano em ruminantes, podemos citar os fatores nutricionais que estão acoplados à 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 a temperatura, manejo dos animais, além de estado fisiológico, tamanho corporal e principalmente a população de microrganismos ruminais, como protozoários e bactérias.

A diminuição da liberação de H_2 no rúmen 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 de prótons (KLIEVE & HEGARTY, 1999). Dietas contendo uma maior quantidade de carboidratos solúveis levam a um menor pH ruminal do que dietas contendo forragens, o que, aliado a maiores taxas de fermentação, pode inibir bactérias metanogênicas e protozoários ciliados, aumentando-se a produção de propionato. A produção de H_2 ruminal pode ser reduzida também pela introdução de ionóforos na dieta, principalmente a monensina. Esta diminui a produção de H_2 por três mecanismos básicos: reduz o consumo voluntário dos animais, altera a proporção de acetato: propionato, pela modulação que exerce sobre a flora ruminal e inibe a liberação do H_2 formado pela enzima formato-liase (MEDEIROS, 2002).

Os ionóforos possuem a capacidade de aumentar a eficiência de utilização da energia, diminuindo os distúrbios digestivos (RODRIGUES, 1996). O aumento no desempenho dos animais é atribuído, principalmente, à essa melhora da eficiência energética, graças ao aumento da produção do ácido propiônico, à redução da relação acetato/propionato e diminuição da produção de metano, além da diminuição da produção de ácido lático e redução nas perdas de aminoácidos que seriam potencialmente fermentados no rúmen (RUSSELL e STROBEL, 1989).

Estes aditivos têm a capacidade de alterar a proporção de ácidos graxos voláteis (AGVs) produzidos no rúmen devido ao aumento do ácido propiônico (C_3) em detrimento dos ácidos acéticos (C_2) e butírico (C_4), geralmente sem causar grandes alterações sobre a produção total de AGVs. A utilização de ionóforos é capaz de reduzir a produção de gás metano, propiciando ao animal maior eficiência na conversão de energia (BEACOM, 1988). A monensina sódica seleciona as bactérias Gram-negativas, que, por sua vez, são produtoras de propionato, em detrimento das Gram-positivas, que são as principais produtoras de acetato e butirato e, portanto, precursoras de metano (H_2 e CO_2), além de diminuir as bactérias metanogênicas.



O modo básico de ação dos ionóforos resulta da interferência no fluxo iônico normal através da membrana dos microrganismos e dissipação do gradiente de prótons e cátions (ROMATOWSKI, 1979; ISICHEI, 1980). Estes sistemas são responsáveis pelo aporte de aminoácidos, açúcares e outros íons contra um gradiente de concentração (EDDY, 1978; BOOTH & HAMILTON, 1980). Como esta interferência pode ser compensada às custas de ATP (adenosinatrifosfato), as células que possuem um sistema de transporte de elétrons acoplado à extrusão de prótons e/ou síntese de ATP terão melhores condições de sobreviver, apesar de maiores exigências em energia, em detrimento das células que dependem da fosforilação através do substrato via ATPase (BERGEN & BATES, 1984).

A monensina por si só causa uma inibição parcial na produção de metano, pois as bactérias se adaptam e voltam a produzir metano novamente aos níveis normais. Especula-se que algumas espécies de bactérias Gram-negativas que têm sua população aumentada, também podem produzir precursores para metanogênese. A presença destes precursores e a alta capacidade de síntese de metano pelas bactérias metanogênicas (até 500 vezes o volume celular/min), possibilitam a produção de metano, apesar de sua população sofrer uma redução substancial pelo efeito da monensina (MEDEL et al., 1991).

Mediante a adição de 25ppm de monensina na alimentação de ovinos, analisou-se a produção de metano com 10, 30 e 60 dias após o início do fornecimento do ionóforo sendo que a produção de metano diminuiu em 28% com 10 dias e 15% com 30 dias de tratamento (**Tabela 3**). O efeito da monensina sobre o metano desapareceu completamente após 60 dias de tratamento (JOUANY e LASSALAS, 2000).

Não existem referências na literatura brasileira sobre experimentos de mensurações de metano em bovinos Nelore com a influência de alterações alimentares. Soma-se a esse fato a inexistência de estudos orientados à busca de práticas, processos e técnicas que promovam mitigação da emissão de metano em sistemas de produção de bovinos no país. Com base nisto, estudos devem ser realizados com o objetivo de avaliar a influência do uso prolongado de ionóforos em animais recebendo feno de *B. brizantha* de diferentes aspectos qualitativos.

Tabela 3 - Efeito da monensina sobre a produção de metano e outros produtos finais da fermentação ruminal

Período	Controle	Adição de monensina				Pós-monensina	Efeito no período
		10	30	60	70		
Dias		10	30	60	70	60	
Total AGVs (μmol)	838 ^a	837 ^{ab}	88 ^b	778 ^c	796 ^c	833 ^b	
CH ₄	233 ^a	169 ^b	197 ^b	217 ^a	254 ^d	257 ^d	0,001
H ₂	2,9	1,7	2,2	4,1	3,1	3,6	0,1
CH ₄ /propionato	1,38 ^a	0,63 ^b	0,82 ^c	0,94 ^d	1,41 ^a	1,56 ^c	0,01
CH ₄ /AGVs	0,28 ^a	0,20 ^b	0,25 ^b	0,25 ^{ad}	0,33 ^c	0,32 ^c	0,05

Fonte: (JOUANY & LASSALAS, 2000)



2.8. Mensuração de metano (Técnica do traçador SF₆)

Para a medição de metano proveniente da fermentação entérica de ruminantes, várias metodologias têm sido desenvolvidas. Algumas delas consistem no uso de câmaras fechadas, como descrito em LOCKYER (1997) e U.S.EPA (2000), mais voltadas para animais em confinamento. Para animais criados em regime de pastagem, JOHNSON & JOHNSON (1995) desenvolveram uma técnica empregando o traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆), que vem sendo utilizada e testada por vários grupos de pesquisadores de países da Europa, Oceania, África, Ásia e Américas do Norte e do Sul.



3. Área de Estudo

A coleta de amostras de metano em bovinos foi realizada na Unidade de Pesquisa Central do Instituto de Zootecnia (maiores detalhes encontram-se disponíveis no Relatório Técnico n. 1), em Nova Odessa, Estado de São Paulo, latitude 22°07 S, longitude. 48° 00 W. A região situa-se em relevo plano a ondulado, com altitude of 528 metros e solo caracterizado como latossolo vermelho amarelo horto.

Nesse experimento, em continuidade com as amostragens realizadas anteriormente, foram utilizados 16 animais da raça Nelore, machos castrados, que foram transferidos da Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Andradina, unidade sede do Pólo Regional Extremo Oeste da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios para o Instituto de Zootecnia. Na Embrapa Meio Ambiente, em Jaguariúna, SP, foram conduzidas as análises de concentração e taxas de emissão de metano e de hexafluoreto de enxofre (SF_6) por meio de cromatografia gasosa.

4. Metodologia

A técnica empregada para a mensuração de metano, denominada técnica do traçador interno utilizando hexafluoreto de enxofre (SF_6), desenvolvida por JOHNSON & JOHNSON (1995) para medir emissões individuais e de animais em condições de pastejo, consiste em colocar no rúmen do animal um tubo de permeação, que libera o SF_6 a uma taxa previamente determinada por gravimetria, de modo que amostras de metano são coletadas nas proximidades da boca e nariz do animal. Assume-se nesse método que o padrão de emissão de SF_6 simule o padrão de emissão de CH_4 e as concentrações do metano e do traçador são então determinadas usando cromatografia gasosa ou outros métodos de quantificação. Um protocolo de amostragens e métodos é utilizado para garantir o controle de qualidade de resultados obtidos (WESTBERG et al., 1998). Os dados foram tratados estatisticamente e correlacionados com parâmetros de produtividade animal.

5. Atividades Desenvolvidas

5.1. Confinamento com ingestão controlada

Foram utilizados 15 animais, subdivididos em três blocos de acordo com seus pesos vivos. As amostragens foram realizadas no mês de julho de 2004 utilizando-se um mesmo alimento para todos os animais, similar ao encontrado no mês de agosto para as coletas de campo, variando-se apenas os níveis de ingestão de forragens.



5.2 Desempenho animal a pasto com suplementação

Da mesma forma que o primeiro ensaio de campo, o experimento foi conduzido em uma área de 48 ha, divididos em piquetes de 1 ha cada. A gramínea cultivada foi a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Foram utilizados 16 animais, subdivididos em 4 grupos de acordo com seus pesos vivos, variando de 300 a 600 kg. Esses animais foram distribuídos ao longo das unidades com dez outros animais do rebanho normal. Foram submetidos a quatro tratamentos com diferentes tipos de suplementação alimentar visando avaliar os seus efeitos sobre a produção de metano.

O método consistiu em coletas diárias de amostras de metano, por cinco dias consecutivos, em animais equipados com um aparato de coleta de amostras de ar, constituído por tubo de permeação com placa porosa, cabresto (com tubo capilar de aço inoxidável) e canga oca (recipiente fabricado com cano de PVC de alta resistência, submetido a vácuo interno) acoplado a uma válvula de metal e engate rápido. As coletas consecutivas foram feitas procurando-se estimar, paralelamente, a quantidade de forragem disponível em cada piquete. As cangas (*canisters*) foram trocadas a cada 24 horas e transportadas à Embrapa Meio Ambiente para análise cromatográfica.

Os resultados não puderam incluir a quantificação de metano devido a inúmeros problemas com os equipamentos disponíveis e a falta de liberação de recursos para a aquisição de peças de reposição e de manutenção, o que impediu que as coletas fossem realizadas em todos os períodos propostos e as poucas realizadas não apresentaram confiabilidade.

5.3 Análise da qualidade de forragem

Amostras de forragem e de feno foram secas para a determinação do conteúdo de água, e então moídas e analisadas quanto aos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), lignina, gordura, e teor de cinzas. O consumo de matéria seca de forragem (DMI) e de nutrientes totais digestivos (NDT) foram estimados pelo CNPCS (5.0) para cada animal para os experimentos a campo e quantificados para o ensaio em confinamento.

5.4 Análise cromatográfica

As leituras das concentrações de CH_4 e de SF_6 foram realizadas em cromatógrafo a gás equipado com injetores acoplados a duas válvulas automatizadas, detectores de ionização de chama (para a leitura de metano) e de captura de elétrons (para a leitura do SF_6), e com as colunas capilares Plot HP-Al/M e HP-MolSiv. A partir da taxa conhecida de liberação do traçador no rúmen, das concentrações de metano e do traçador nas amostras de gás medidas, o fluxo de metano liberado pelo animal é calculado em relação ao fluxo de SF_6 medido (U.S.EPA, 2000).



5.5 Tratamento estatístico

Correlações entre emissões de metano (g/ dia ou g/ kg peso vivo) e peso vivo, ingestão de matéria seca (IMS), ingestão de matéria seca digestível (IMS.dig), foram determinadas e IMS/ kg peso vivo, com o programa Proc Corr of Statistical Analysis Systems (SAS, 1998).

6. Resultados

6.1 Emissão de metano em bovinos de corte da raça Nelore

6.1.1 Suplementação de Bovinos a pasto com diferentes níveis de concentrado

O experimento foi realizado no Instituto de Zootecnia, localizado no município de Nova Odessa, SP, O período experimental foi de julho de 2003 a março de 2004. A área experimental é de 48 hectares, dividida em 48 piquetes de 1 hectare. A parcela experimental foi representada por uma área de 3,0 hectares, dividida em 3 piquetes de 1,0 hectare, sendo o pastejo rotacionado dentro da parcela, com período de descanso (nas “secas” 56 dias e nas “águas” de 42 dias) e ocupação (28 dias nas “secas” e 21 dias nas “águas”).

Os tratamentos foram: T – testemunha, pastagem exclusiva de *Brachiaria brizantha* cv. marandu; R2 – pastagem de *Brachiaria* + 0,22% de suplemento (F. girassol 56,7%, Protenose 8,96%, Milho 8,96%, Farelo de Soja 8,96%, Uréia 7,46%, Mistura Mineral 8,96%; 48,5 %PB); R3 – pastagem de *Brachiaria* + 0,49% de suplemento (F. girassol 72,12 %, Protenose 5,77 %, Milho 5,77 %, F.Soja 5,77 %, Uréia 4,81 %, Mistura Mineral 5,77 %; 42,0 %PB) ; R3 - pastagem de *Brachiaria* 0,85% de suplemento (F. girassol 80,54 %, Protenose 4,03 %, Milho 4,03 %, Farelo de Soja 4,03 %, Uréia 3,36 %, Mistura Mineral 4,03 %; 38,0%PB)

As avaliações da disponibilidade de forragem nos pastos foram feitas pelo método do quadrado (1,0 m²), cortando a forragem com tesoura a uma altura aproximada de 5 centímetros da superfície do solo. As amostragens foram realizadas em 5 pontos aleatórios, antes de cada período de pastejo. O material coletado era homogeneizado, e em parte deste material era feita determinação da proporção de material verde (MV) na pastagem. Do material coletado, tomava-se uma sub-amostra de 200 a 300 gramas para pré-secagem a 65 0C por 72 horas em ventilação forçada. Após secagem o material era moído, utilizando-se uma peneira de 1,0 mm de malha, visando a determinação da matéria seca a 105 0C., proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl (A.O.A.C.,1990), digestibilidade “in vitro”, fibra detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA), lignina (Van Soest et al, 1991) e cinzas.

Foram utilizados 152 bovinos machos, castrados e com alto grau de sangue da raça Nelore, divididos em 16. As pesagens individuais dos animais foram realizadas a cada 28 dias em balança



eletrônica no curral de manejo. Os ganhos diários de peso vivo foram representados pela média dos animais em cada parcela experimental. O número de bovinos (lotação) por parcela foi ajustado em função da disponibilidade de forragem mantendo 1.500 a 2 000 kg de matéria seca total residual por hectare. Para os tratamentos com consumo de 0,5 e 0,8 % do PV, e assumiu-se um efeito de substituição de 1 para 1 para o ajuste na lotação.

A análise de variância foi realizada pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 1997). Foram testados os efeitos dos diferentes tipos de suplementos, bem como efeitos da época do ano, e suas respectivas interações. A comparação das médias foi feita pelo teste Tukey com nível de significância de 5%.

A disponibilidade média da forragem, percentual de folhas verdes, teor de matéria seca, PB FDN FDA e digestibilidade in vitro, foram de 3.464 kgMS/ha, 16,25, 58,4, 2,8, 83,2, 51,9 e 30% no período seco e 3231,2 kgMS/ha, 79,7, 24,8, 6,5, 76,1, 45,5 e 53,8 no período das águas.

Foram realizadas avaliações da disponibilidade de matéria seca da forragem por unidade de área e para cada 100 kg de PV/ dia, e a matéria seca total (forragem + concentrado) disponível para cada 100 kg de PV/ dia durante o período da seca e das águas. Não houve diferença significativa entre os períodos de seca e águas para disponibilidade de forragem, nem interação entre tratamento e estação do ano ($P > 0,05$).

A quantidade média 5,3 kg de matéria seca total de forragem por 100 kg de peso vivo não foi fator limitante, com variações de 6,1 a 4,3 entre os tratamentos. Com base nestes dados, podemos inferir que a oferta diária de alimentos não foi limitante, se considerarmos o consumo médio de forragem de 2,0% do PV/ UA e uma eficiência de pastejo de 50 %, a necessidade de alimento disponível por dia seria de 18 kg MS/ UA/ dia, neste experimento foi observado cerca de 27,5, 26,1, 22,5 e 19,4 kg MST/ UA/ dia para T, R1, R2 e R3, respectivamente.

Na análise estatística foi detectado efeito significativo para suplemento ($P < 0,05$). Na **Tabela 4** são apresentados os resultados referentes ao desempenho dos animais recebendo os diferentes níveis de suplementação. Durante o período da seca os animais do tratamento testemunha (T) apresentaram redução significativa em relação ao peso inicial ($P < 0,05$), enquanto os animais recebendo os demais tratamentos apresentaram ganhos crescentes (-0,112 x 0,062 x 0,164 e 0,204 kg/cab/dia; $P < 0,05$), respectivamente para R1, R2 e R3. No período das águas os animais do T e R1 apresentaram maiores taxas de ganho que R2 e R3 (0,852 e 0,860 x 0,750 e 0,796 kg / cabeça / dia, $P < 0,05$), caracterizando-se como ganho de peso compensatório parcial. Com relação aos animais do tratamento R1, quando comparados com os tratamentos R2 e R3, houve compensação total devido ao peso final (PF) não ter apresentado diferenças significativas ($P > 0,05$). O ganho médio diário total (seca e águas) foi diferente



apenas entre os animais suplementados (R1, R2 e R3) e não suplementados (T), respectivamente, 0,503 e 0,490 g/ animal/ dia ($P < 0,05$).

Animais suplementados apresentaram maior espessura de gordura, medida por ultra-som, com relação aos animais testemunha (4,8, 4,5 e 4,5 x 3,2 mm, $P < 0,05$, para R3, R2, R1 e T, respectivamente). SOUZA (2001) observou incremento de ganho com cerca de 524 e 499 gramas/ dia para os animais recebendo 0,7 e 0,8% do PV. O autor menciona que animais suplementados apresentaram maior espessura de gordura e maior peso de carcaça ao abate.

A análise de variância mostrou efeito significativo para tratamento e época do ano ($P < 0,05$), sem interação entre ambas para taxa de lotação (kg PV /ha) (**Tabela 5**). Em função do aumento da carga animal, a taxa de lotação para o tratamento R3 foi maior, em relação ao R2 e este por sua vez maior que o R1 e o T (1306,6 x 1053,1 x 812,4 e 773,8, $P < 0,05$). Ao comparar as médias gerais entre as duas estações, observou-se que a época das águas apresentou maior taxa de lotação que a seca (1070,8 x 902,2, $P < 0,05$), devido as diferenças nas taxas individuais de ganho dos animais.

GÓES et al.(2004), de maneira semelhante a este trabalho, mostraram aumento no ganho de peso com níveis crescentes de suplementação até 1,0 % do PV. Foi observado também efeito de substituição da forragem pelo suplemento nos níveis de 0,5 e 1,0% do PV. Os autores mencionam incremento nas taxas de lotação de 16, 25, 27 e 32% para os tratamentos com 0,125, 0,25, 0,5 e 1% PV, respectivamente.

No presente trabalho, foi possível obter incrementos na taxa de lotação na ordem de 5, 36, e 68% para os tratamentos com R1, R2 e R3, respectivamente.

A suplementação propiciou melhores ganhos de peso e acabamento de gordura do que animais inteiramente a pasto. No período da águas os animais suplementados com cerca de 0,2 % PV e os animais do grupo testemunha apresentaram certa compensação no ganho de peso. A suplementação pode ser utilizada para explorar maior potencial de conversão dos animais em ganho compensatório e permitir melhor acabamento.

Tabela 4 - Desempenho animal e características de carcaça medidas por ultra-som

Tratamento	PI	PFS	PF	GPS	GPA	GPM	EG	AOL
T	303	290 ^b	410 ^b	-0,112 ^c	0,852 ^a	0,420 ^b	3,2 ^b	56,0
R1	304	311 ^a	432 ^a	0,062 ^b	0,860 ^a	0,503 ^a	4,5 ^a	60,0
R2	300	318 ^a	423 ^{ab}	0,164 ^a	0,750 ^b	0,490 ^a	4,5 ^a	60,5
R3	301	324 ^a	435 ^a	0,204 ^a	0,796 ^{ab}	0,531 ^a	4,8 ^a	61,4
Média	302	311	425	0,078	0,814	0,485	4,2	59,4

^{a,b,c}. Médias nas colunas seguidas por letras distintas são diferentes significativamente ($P < 0,05$); PI= peso inicial (kg), PFS= peso ao final da seca (kg), PF peso final (kg); GPS= ganho de peso diário na seca(g); GPA= ganho de peso diário nas águas(g); GPM= ganho de peso médio diário (g); EG= espessura de gordura(mm); AOL= área de olho de lombo(cm²).



Tabela 5 - Efeito de nível de suplementação na taxa de lotação (kg PV / ha) em diferentes épocas do ano

Tratamento	Época		Média	CV%
	Seca	Águas		
T0	697,0	850,5	773,8 ^c	11,0
R1	724,3	900,0	812,4 ^c	11,9
R2	971,0	1135,3	1053,1 ^b	9,3
R3	1216,5	1396,8	1306,6 ^a	7,7
Média	902,2 ^B	1070,8 ^A	986,4	-
C.V.	21,1	24,3	23,8	-

^{a,b,c} médias na mesma coluna seguidas por letras distintas são diferentes estatisticamente (P < 0,05);
^{A,B} médias na mesma linha seguidas por letras distintas são diferentes estatisticamente (P < 0,05);

6.1.2 Produção de metano em bovinos confinados

O objetivo primário do ensaio com bovinos Nelores confinados alimentados com feno de *Brachiaria* é o de poder avaliar a produção de metano com um consumo determinado e poder correlacioná-lo com os dados obtidos a pasto com forragem de valor nutritivo similar (**Tabela 6**).

Tabela 6 - Produção Média de Metano por piquetes e semanas de coleta em agosto de 2002 e durante confinamento em julho de 2004

Bloco	Semana de coleta	Pasto	Peso (kg)	PM (kg)	CH4 (g/dia)	CH4 (g/kg PV)	CH4 (g/kg PM)	MS (kg/há)	% MS	% PB	% FDN
1	1	1-4	314	73,7	102,8	0,369	1,491	5.576	61,2	3,5	82,9
2	2	5-8	314	73,6	101,5	0,335	1,381	6.143	58,8	3,3	81,8
3	2	9-12	330	76,7	110,1	0,352	1,469	6.020	60,5	3,2	82,3
4	1	13-16	313	73,5	95,0	0,319	1,309	7.090	67,0	3,3	81,5
Média de produção de metano em bovinos a pasto nesse período											
Média	Geral		318	74,4	102,3	0,344	1,413	6.412	61,9	3,3	82,1
Produção de metano em bovinos confinados com forragem de qualidade similar											
Média	Geral		480	102,2	156,1	0,321	1,500	-	91,1	4,4	78,1

%FDN= fibra em detergente ácido (fibra), %PB= proteína bruta, %MS= porcentagem de matéria seca da forragem; MS (kg/há) = quilos de matéria seca disponível no início de cada coleta. Os valores de PB e FDN estão expressos em porcentagem da matéria seca; PM = peso metabólico (peso vivo elevado ao fator 0,75); PV = peso vivo animal; CH₄ = metano.



Com base nos dados da **Tabela 6**, verifica-se que apesar dos animais estarem mais pesados e mais velhos e a qualidade do feno ser um pouco superior ao encontrado nas pastagens, os resultados são muito similares, o que corrobora com a qualidade do método de determinação de metano e das estimativas de consumo utilizadas no ensaio a pasto.

Essa mesma observação pode ser aplicada na **Tabela 7**, apenas com o intuito de verificar que os valores obtidos nos dois ensaios são similares para uma mesma qualidade de forragem. Nas **Tabelas 8 e 9** apresenta-se o conjunto de dados obtidos durante o período de confinamento, notando-se uma similaridade muito grande entre a média obtida para todos os períodos do ano coletados em bovinos Nelore em pastagens com a média dos resultados determinados nesse ensaio. Na **Tabela 10** apresenta-se as características da forragem disponível, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e composição química de *B. brizantha* em agosto de 2003 (inverno) e do feno consumido durante o confinamento.

Tabela 7 - Produção Média de Metano por época do ano coletada e composição da forragem (resumo das quatro estações do ano) e os dados obtidos com a produção de metano em bovinos confinados

Período de Coleta		Peso Vivo (kg)	PM (kg)	CH ₄ (g/dia)	CH ₄ (g/kg PV)	CH ₄ (g/kg PM)	MS (kg/ha)	% MS	% PB	% FDN
Agosto	2002	318	74,4	102,3	0,34	1,41	6.412	61,9	3,30	82,1
Dezembro	2002	333	77,0	132,4	0,41	1,71	3.670	26,0	7,80	71,5
Fevereiro	2003	411	90,6	220,2	0,54	2,42	4.778	24,2	5,35	77,2
Mai	2003	438	95,3	169,0	0,40	1,79	5.539	29,9	5,56	82,5
Média	Ano	375	84,3	156,0	0,42	1,83	5.100	35,5	5,50	78,3
Produção de Metano em bovinos Nelore confinados										
Média		480	102,2	156,1	0,321	1,500	-	91,1	4,4	78,1

%FDN = fibra em detergente ácido (fibra), %PB = proteína bruta, %MS = porcentagem de matéria seca da forragem; MS (kg/ha) = quilos de matéria seca disponível no início de cada coleta. Os valores de PB e FDN estão expressos em porcentagem da matéria seca; PM = peso metabólico (peso vivo elevado ao fator 0,75); PV = peso vivo animal; CH₄ = metano



Tabela 8 - Consumo de matéria seca e emissão de metano dos animais agrupados por nível de consumo (100%, 85% e 70%) oferecido no período de confinamento

Animal	Nível de consumo %	Peso (kg)	PM (kg)	Consumo			Perdas na forma de metano				
				%PV	Kg MS/dia	g MS/kg PM	g/dia	g/kg PV	g/kg PM	g/kg MS	g/kg MSDIV
Ucharo	100	390	87,8	1,17	4,555	51,9	124,9	0,320	1,42	27,4	55,7
Urzelo	100	422	93,1	1,25	5,284	56,7	120,7	0,286	1,30	22,8	46,4
Latino	100	616	123,6	1,31	8,062	65,2	152,9	0,248	1,24	19,0	38,5
Zodíaco	100	529	110,3	1,41	7,470	67,7	142,5	0,269	1,29	19,1	38,8
Umbroso	100	469	100,8	1,59	7,447	73,9	220,5	0,470	2,19	29,6	60,2
Média	100	485	103,1	1,35	6,564	63,1	152,3	0,319	1,49	23,6	47,9
Ubo	70	390	87,8	0,90	3,507	40,0	82,1	0,211	0,94	23,4	47,6
Leitor F	70	617	123,8	1,02	6,286	50,8	199,5	0,323	1,61	31,7	64,5
Lajeado	70	582	118,5	1,21	7,042	59,4	109,8	0,189	0,93	15,6	31,7
Ubaio	70	358	82,3	1,25	4,464	54,2	71,4	0,199	0,87	16,0	32,5
Urbanismo	70	443	96,6	1,42	6,286	65,1	135,8	0,307	1,41	21,6	43,9
Média	70	478	101,8	1,16	5,517	53,9	119,7	0,246	1,15	21,7	44,0
Lateral	85	585	119,0	1,15	6,741	56,7	289,9	0,495	2,44	43,0	87,4
Ujaro	85	362	83,0	1,16	4,200	50,6	112,3	0,310	1,35	26,7	54,3
Ladário	85	614	123,3	1,31	8,017	65,0	264,4	0,431	2,14	33,0	67,0
Lacaio	85	425	93,6	1,35	5,739	61,3	195,2	0,459	2,08	34,0	69,1
Leitor	85	405	90,3	1,59	6,450	71,4	119,9	0,296	1,33	18,6	37,8
Média	85	478	101,8	1,31	6,229	61,0	196,3	0,398	1,87	31,1	63,1
Média Geral		480	102,2	1,27	6,103	59,3	156,1	0,321	1,50	25,4	51,7
Desvio		99	15,8	0,19	1,437	9,1	64,4	0,099	0,49	7,8	15,8

Nível de ingestão 100= *ad libitum*; 85= 85% do nível 100; 70= 70% da ingestão do nível 100. MS = matéria seca; MSDIV = matéria seca digestível in vitro; PM = peso metabólico (peso vivo elevado ao fator 0,75); Peso ou PV = peso vivo animal; CH₄ = metano



Tabela 9 - Consumo de matéria seca e de emissão de metano dos animais agrupados por nível de consumo (100%, 85% e 70%) oferecido no período de confinamento

Animal	Nível %	Peso (kg)	Perda CH ₄ Mcal/dia	Consumo diário de energia			Perdas na forma de metano	
				Mcal EB	Mcal ED	Kg MSDIV	% EB ingerida	% ED ingerida
Ucharo	100	390	1,67	19,95	9,82	2,242	8,35	16,97
Urzelo	100	422	1,61	23,14	11,39	2,600	6,96	14,14
Latino	100	616	2,04	35,31	17,38	3,967	5,78	11,74
Zodíaco	100	529	1,90	32,72	16,10	3,676	5,81	11,81
Umbroso	100	469	2,94	32,62	16,05	3,665	9,02	18,32
Média	100	485	2,03	28,75	14,15	3,230	7,18	14,60
Ubo	70	390	1,10	15,36	7,56	1,726	7,13	14,49
Leitor F	70	617	2,66	27,53	13,55	3,093	9,67	19,64
Lajeado	70	582	1,46	30,84	15,18	3,465	4,75	9,65
Ubaio	70	358	0,95	19,55	9,62	2,197	4,87	9,90
Urbanismo	70	443	1,81	27,53	13,55	3,093	6,58	13,37
Média	70	478	1,60	24,16	11,89	2,715	6,60	13,41
Lateral	85	585	3,87	29,53	14,53	3,317	13,09	26,61
Ujaro	85	362	1,50	18,4	9,05	2,067	8,14	16,54
Ladário	85	614	3,53	35,11	17,28	3,945	10,04	20,41
Lacaio	85	425	2,60	25,14	12,37	2,824	10,36	21,05
Leitor	85	405	1,60	28,25	13,90	3,174	5,66	11,50
Média	85	478	2,62	27,29	13,43	3,066	9,46	19,22
Média Geral		480	2,08	26,73	13,16	3,003	7,75	15,74
Desvio		99	0,86	6,29	3,10	0,707	2,36	4,80

Nível de ingestão 100 = ad libitum; 85 = 85% do nível 100 e 70 = 70% da ingestão do nível 100; MS = matéria seca; MSDIV = matéria seca digestível in vitro; PM = peso metabólico (peso vivo elevado ao fator 0,75); Peso ou PV = peso vivo animal; CH₄ = metano; EB = energia bruta; Ed = energia digestível; Mcal = megacalorias.

Com relação às perdas de energia através da produção de metano, verifica-se que os resultados em confinamento são maiores que os obtidos para o período de inverno nas pastagens (características qualitativas da forragem mais similares), mas aproximados. Esses valores superiores podem ser explicados pela maior maturidade e peso dos animais, e, talvez, por uma superestimativa da ingestão de matéria seca para os ensaios realizados em bovinos a pasto. Com relação aos valores médios obtidos (10 a 15% em relação a EB ingerida) em bovinos a pasto, o valor médio de 15,7% obtido com os animais confinados é bastante coerente. A **Figura 1** apresenta a dispersão dos dados obtidos em relação à ingestão de matéria seca por quilo de peso metabólico.



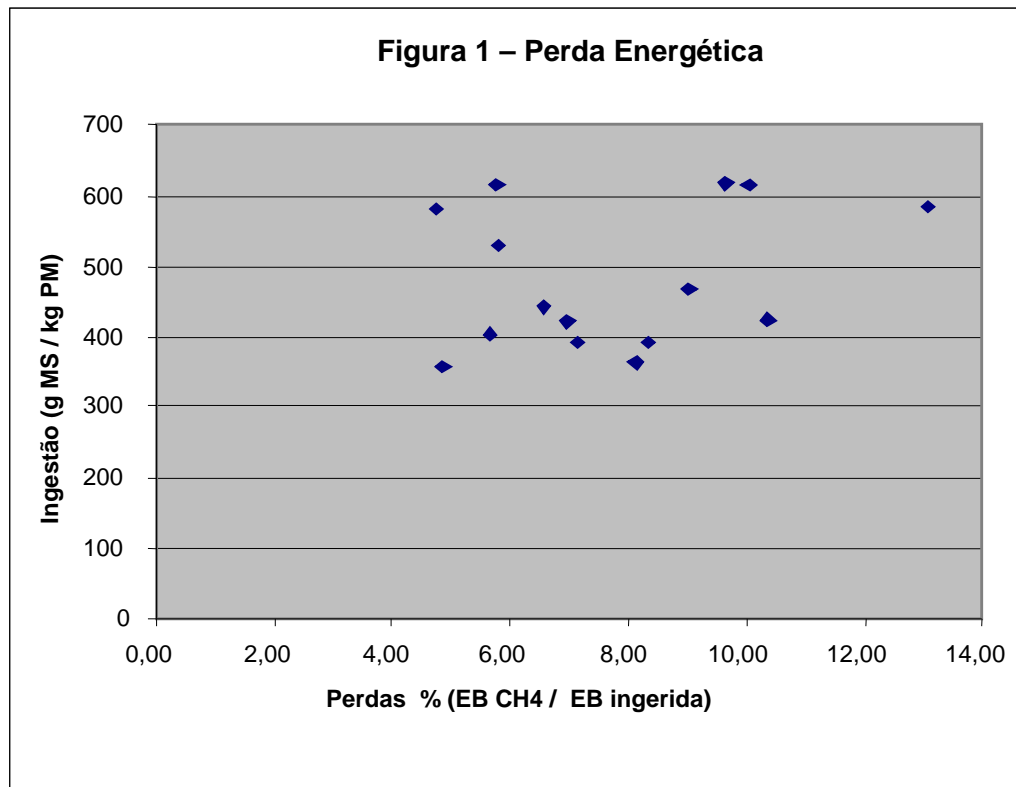
Tabela 10 - Características da forragem disponível, digestibilidade *in vitro* da matéria seca e composição química de *B. brizantha* em agosto de 2003 (inverno) e do feno consumido durante o confinamento

Parâmetros	Pastagem Agosto)		Confinamento (Julho)	
	Média	sd	Média	sd
Forragem (kg MS /ha)	6412	(1825)	-	-
Consumo (kg MS / dia)	6,483	(2,04)	6,103	(1,437)
Consumo (% Peso Vivo)	2,04	-	1,27	(0,19)
Consumo (g MS / kg PM)	86,2	-	59,3	(9,1)
PV (kg)	318	(120)	480	(99)
IMSDIV (kg/ dia)	2,69	(0,91)	3,00	(0,71)
CH ₄ (g/ dia)	102,3	(22,5)	156,1	(64,4)
CH ₄ / PV (g/ kg)	0,364	(0,153)	0,321	(0,099)
CH ₄ / PM (g/ kg)	1,48	(0,53)	1,50	(0,49)
CH ₄ / MSDI (g/ kg)	39,7	(7,95)	51,7	(15,8)
Perda energia (% ED ingerida) ⁵	11,90	(2,38)	15,74	(4,80)
Perda energia (%EB ingerida) ⁵	4,97	(0,94)	7,75	(2,36)
MS (%) ¹	61,9	(4,41)	91,1	-
DIVMS (% MS) ²	41,4	(2,86)	49,4	-
DIVMO (% MS)	-	-	53,6	-
PB (% MS) ³	3,33	(0,43)	4,4	-
FDN (% MS) ⁴	82,1	(1,65)	78,1	-
FDA (% MS) ⁵	51,4	(1,73)	41,7	-
Lignina (% MS)	7,79	(0,78)	5,72	-
EE (% MS) ⁶	0,64	(0,12)	0,99	-
Cinzas (% MS)	6,21	(0,59)	5,66	-

DIVMS= digestibilidade *in vitro* da matéria seca; DIVMO= Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica; %FDN= fibra em detergente neutro (fibra), %FDA= fibra em detergente ácido (fibra); %PB= proteína bruta, EE= extrato etéreo; %MS= porcentagem de matéria seca da forragem; kg MS/ha= quilos de matéria seca disponível no início de cada coleta; PV= peso vivo; PM = peso metabólico (PV^{0,75}). MSI= material seca ingerida; EB Ingerida= energia bruta ingerida; ED ingerida = energia digestível ingerida; IMSDIV= matéria seca digestível *in vitro* ingerida; CH₄= metano, IMS (pastagem)= calculado pelas equações do NRC (2001); EB ingerida= calculada pela estimativa da matéria seca ingerida (pastagem) ou avaliada (confinamento), considerando 4,38 Mcal EB para cada kg MS e 0,01334 Mcal/ g CH₄.



Figura 1 - Dispersão dos dados obtidos em relação a ingestão de matéria seca por quilo de peso metabólico



O que se pode concluir com os dados da **Figura 1** é que, independentemente do peso do animal e do seu consumo, as perdas de energia na forma de metano mantiveram um intervalo de 4 a 15% da energia bruta ingerida, o que confirma os dados obtidos no primeiro ensaio de campo.



7. Conclusões

Neste terceiro período (janeiro a dezembro de 2004), visando atingir um dos pontos críticos no estudo da emissão de metano por ruminantes, representada pela dificuldade em quantificar a quantidade de matéria orgânica ingerida pelos animais criados a pasto, foi realizado um ensaio em confinamento com uma dieta controlada tentando simular um dos períodos avaliados nos ensaios de campo. Durante o ensaio verificou-se uma confirmação dos dados obtidos a pasto para qualidade da forragem e peso vivo dos animais. Isso vem corroborar a qualidade da técnica de determinação do gás metano através do traçador interno SF₆.

Devido a problemas técnicos e administrativos relacionados à utilização da área de pastagem do Instituto de Zootecnia, não foi possível a aplicação de *platemeters* para a quantificação de cobertura do solo com forragens (disponibilidade de matéria seca).

Como resultado principal do projeto, são apresentados valores de emissão de metano por bovinos de corte por estação do ano (**Tabela 11**) e por categoria animal (**Tabela 12**), dados esses que poderão servir de base para as futuras estimativas de emissão de metano pela pecuária no Brasil.

Tabela 11 - Valor referencial para novilhos nelore

Período	CH ₄ (g / animal / dia)	CH ₄ (kg / animal / ano)
Inverno	102,3	37,3
Primavera	132,4	48,3
Verão	220,2	80,4
Outono	169,0	61,7
Média	156,0	56,9

Nota: Valores obtidos para bovinos Nelore macho em crescimento, mas não em desmame.



Tabela 12 - Estimativas preliminares da produção de metano para bovinos de corte (Nelore / Zebuínos), na região Sudeste do Brasil (clima Tropical)

Categoria	Peso Vivo	% do total do rebanho	Inverno	Primavera	Verão	Outono	CH ₄ kg/animal ano
Touros	500 >	1,4	131	192	274	168	69,7
Vacas	350-450	36,6	116	150	198	161	57,0
Novilhas 7 meses a 2 anos	180-250	11,4	95	99	159	159	46,7
Novilhas 2 a 3 anos	250-351	7,5	103	114	194	130	49,3
Machos 7 meses a 2 anos	180-250	9,6	95	99	159	159	46,7
Machos 2 a 3 anos	250-351	5,0	103	114	194	130	49,3
Machos 3 a 4 anos	350-450	1,6	116	150	198	161	57,0
Machos 4 anos	450 >	0,4	131	192	274	161	69,1
Média	-	-	111	139	206	154	53,0

* Valores para cada categoria foram calculados de acordo com as emissões observadas para novilhos com diferentes idades e pesos vivos.
 Nota: Bezerros não foram avaliados e nem computados, mas representam 26,6% do rebanho total.

O aumento da idade fisiológica dos animais provoca um aumento nas perdas de energia através do metano (6,83 e 13,88% para 381 kg PV; 7,74 e 15,74% para 458 kg PV e 8,67 e 17,61% para 603 kg PV), respectivamente para perdas de metano em relação à energia bruta e a energia digestível ingerida, indicando claramente que animais mais velhos, já maduros, apresentam um gasto de manutenção maior do que animais jovens, em crescimento, além de uma menor eficiência de aproveitamento dos alimentos, como ocorre também com fêmeas em lactação, que são mais eficientes do que vacas secas (sem produção de leite). Isso vem confirmar que a mitigação da produção de metano deve considerar o abate de animais jovens com peso vivo mínimo aceito pelos frigoríficos, diminuindo o tempo de permanência destes nas pastagens.

Finalmente, conclui-se que os resultados de metano não devem ser considerados isoladamente, devendo ser associados ao balanço de N₂O e CO₂ em sistemas de pastagem.



8 - Outras Atividades Realizadas no Período (Jan./Dez. 2004)

Publicações :

LOURENÇO, A.J.; MANELLA, M.Q.; DEMARCHI, J.J.A.A. Suplementação de bovinos Nelore no período das águas em pastagens de *Brachiaria brizantha* In: ENIPEC – ENCONTRO INTERNACIONAL DOS NEGÓCIOS DA PECUÁRIA, 2004, Cuiabá – MT. *Anais do ENIPEC - Encontro Internacional dos Negócios da Pecuária*, Cuiabá – MT:ENIPEC, 2004. CD-Rom.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S., PEDREIRA, M.S., LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; DEMARCHI, J.J.A.A. Técnica do traçador SF₆ para medir emissões de metano entérico por bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras (no prelo).

LIMA, M. A. de; CABRAL, O.M.R. **Gases de Efeito Estufa em Sistemas de Produção Agropecuária** capítulo 8, Avaliação e Contabilização de Impactos Ambientais, Ademar Ribeiro Romeiro-Organizador, ISBN 85-268-0669-6 (Editora da Unicamp), ISBN 85-7060-294-4 (Imprensa Oficial do Estado de São Paulo), 2004 págs. 143-152.

Divulgação na mídia:

LIMA, M. A. de A pressão dos gases - Revista Safra, dezembro de 2004 32 a 38 (entrevista).

LIMA, M. A. de Efeito estufa e emissão de gases de bovinos Estação Rural, programa sobre gado, agosto de 2004, 21min de duração, do Canal Futura (TV)

Palestras:

- LIMA, M. A. de **Impacto Ambiental dos Sistemas de Produção Agropecuários** Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Seminários da Comissão de Pesquisa da FMVZ-USP, Pirassununga/SP

Carga horária: 1h **Data do evento:** 17/11/2004

Treinamentos:

- Dagmar N. Oliveira – Técnica de laboratório – Embrapa Meio Ambiente (Supervisão de Rosa Frighetto)
- Melissa Baccan - Técnica de laboratório – Embrapa Meio Ambiente (Supervisão de Rosa Frighetto)
- Marcelo de Queiroz Manella - doutorando pela USP-ESALQ, Piracicaba-SP (Supervisão de João José Demarchi)
- Edegar Vitor de Andrade – técnico agrícola, Instituto de Zootecnia (Supervisão de João José Demarchi)
- José Oliveira de Andrade – técnico de apoio a pesquisa, Instituto de Zootecnia, (Supervisão de João José Demarchi);
- Ana Paula Gonçalves, Médica Veterinária, orientada em nível de mestrado do curso de Nutrição



Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP – Campus de Pirassununga (Supervisão de João José Demarchi);

- g. Carolina Fernanda Moysés do Nascimento, Médica Veterinária, orientada em nível de mestrado do curso de Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP – Campus de Pirassununga (Supervisão de João José Demarchi);
- h. Rosana Possenti, bióloga, pesquisadora do Instituto de Zootecnia, doutoranda do Curso de Produção Animal da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP – Campus de Pirassununga (Supervisão de João José Demarchi);



9. Desdobramentos e Perspectivas de Futuros Estudos

9.1. Base de dados sobre a pecuária brasileira

Um levantamento por meio de questionários em propriedades rurais foi iniciado em parceria com o projeto “Study of Impact of Global Warming on South America – Brazil Study Case”, coordenado por Robert Mendelsohn, da Universidade de Yale, com a participação do PROCISUR e da Embrapa, com financiamento do Banco Mundial. Este levantamento também contou com recursos da U.S.EPA, por meio do projeto “Improvement of inventories on methane emission from livestock in Brazil”, com o objetivo específico de melhorar a caracterização de atividades pecuárias em distintos sistemas de produção animal no país. Em linhas gerais, o levantamento consiste em:

- a) Realização de um levantamento de dados primários em estabelecimentos rurais (fazendas) com a participação de 32 Unidades de pesquisa da Embrapa sob a coordenação do SGE/Embrapa.
- b) Amostragem: formulários específicos estão sendo aplicados a 840 estabelecimentos rurais (84 clusters) com base em atividades agrícolas em pequena escala (familiar) e em nível essencialmente comercial, distribuídas no país de acordo com zonas agroecológicas.
- c) Em adição ao conjunto de questões aplicadas para o projeto, foram incluídas questões específicas objetivando a caracterização dos sistemas de produção animal (principalmente pecuária). As variáveis são: população animal, áreas de pastagem, tipo de sistema de produção (ex. extensivo, confinamento), produtos animais, raças, peso animal, taxas de prenhez e de nascimento, sistemas de confinamento, alimento, tratamentos de dejetos animais, tecnologias de produção animal, prática de queima de pastagens e culturas agrícolas.
- d) As entrevistas nas fazendas estão em fase final. Cerca de 411 formulários foram concluídos, dos quais uma boa parte já estão sistematizados em planilhas Excell. Do total desses questionários, 70% apresentam informação sobre pecuária. Este levantamento auxiliará na melhoria do segundo inventário das emissões de gases de efeito estufa.

9.2. Perspectivas de novos estudos

A Embrapa Meio Ambiente e instituições parceiras (Embrapa Pecuária Sudeste e Instituto de Zootecnia) têm interesse em continuar os estudos em mensuração de metano em bovinos de corte e de leite no país, e para isso vem difundindo a técnica do SF₆ a várias instituições de pesquisa interessadas, por meio de treinamentos a estudantes de pós-graduação nessa área.

Paralelamente, a Embrapa Meio Ambiente, ciente da necessidade de conjugar esforços para o conhecimento do potencial de sistemas de produção animal na emissão de gases e fixação de carbono,



destaca a importância de se realizar estudos sobre emissões de óxido nitroso e de CO₂ em áreas de pastagem, em função da adição de urina e dejetos sólidos animais no solo.

Também, outros temas de pesquisa vêm sendo propostos pela equipe da APTA/Instituto de Zootecnia em parceria com a USP-Pirassununga, mediante a participação de alunos de pós-graduação, como por exemplo:

- Efeitos da adição de leucena e leveduras sobre a produção de metano em ruminantes
- Influência da qualidade da forragem na emissão de metano por bovinos nelore
- Efeito do uso prolongado de ionóforos na emissão de metano por bovinos nelore
- Influência da monensina, levedura e de pro-biótico bacteriano sobre o metabolismo ruminal, produção de metano e fluxo de nutrientes para o duodeno utilizando dietas contendo óleo de girassol
- Uso de Optigen em substituição à proteína verdadeira em suplementos protéico-energético fornecidos a bovinos recebendo forragens de baixa qualidade e os seus efeitos sobre a produção de metano ruminal



10. Referências Bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFICIAL ANALIYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. **Official Methods of Analyses**. 15.ed. Washington D.C., v.1. p.72-74, 1990
- BAKER, S.K. Rumen methanogens, and inhibition of methanogenesis. Australian, 1999.
- BERGEN, W.G., BATES, D.B. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. **J. Anim. Sci.**, v.58, n. 6, p.1465-1483, 1984.
- BOOTH, I.R., HAMILTON, W.A. Energetics of bacterial amino acid transport. **Microorganims and Nitrogens Soucers**, p. 171, John Wiley and Sns Ltd., New York, 1980.
- CRUTZEN, P.J., ASELMANN, I., SEILER, W. Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna and humans. **Tellus** 388: 271-284, 1986.
- DUKES, H.H.; SWENSON, M.J. Fisiologia de los animales domesticos. **Funciones vegetativas**. Madrid: Aguilar. 1977. p. 1054.
- EDDY, A.A., Energy coupling in microbial solute transport. **Current Topics in Membranes and Transport**, v. 10, p.35, Academic Press, New York, 1978.
- EMBRAPA. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa provenientes de atividades agrícolas no Brasil**: emissões de metano provenientes da pecuária (relatório revisado), Jaguariúna, 1999.
- FERREIRA, C.R.R.P.T. Caracterização da pecuária bovina no Estado de São Paulo, **Informações Econômicas**, SP, v. 29, n. 2, p. 1-24, 1999.
- GIBBS, M. J., LEWIS, L., and HOFFMAN, J. (1989). Reducing methane emissions from livestock: opportunities and issues. In “**Proceedings of a Workshop Held at Palm Springs, California**”. EPA 400/1-89/002. (United states Environmental Protection Agency: Washington, DC).
- HEGARTY, R. S. Strategies for mitigating methane emissions from livestock-Australian options and opportunities. In: **Greenhouse Gases and Animal Agriculture 2001, Anais**. Obihiro, Hokkaido, Japão. p. 31-34, 2001.
- HOLTER; YOUNG, Nutrition, feeding and calves: methane prediction in dry and lactating Holstein cows, **J. Dairy Sci.** v. 75, p. 2165-2175, 1992.
- IBGE. **Censo agropecuário: Brasil 1995/1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1998
- IBGE/SIDRA (<http://www.ibge.gov.br>) consultado em 2004.



- IPCC, **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual**, 1996.
- ISICHEI, C.O. The role of monensin in protein metabolism in steers. **Ph. D. Dissertation**. Michigan State Univ., East Lansing, 1980.
- JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E.. Methane emissions from cattle. **J. Anim. Sci. Champaign**, v.73, p.2483-2492. 1995.
- KLIEVE, A.V., HEGARTY, R.S. Opportunities for biological control of ruminal methanogenesis. **Australian J. of Agriculture Research** 50, 1315-19, 1999.
- KREUZER, M., KIRCHGESSNER, J. and MULLER, H. L. Effect of defaunation on the loss of energy in wethers fed different quantities of cellulose and normal or steam-flaked maize starch. **Animal Feed Science and Technology**. 16: 233-241, 1986.
- KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R.A.; MCCRABB, G.J. Methane production and energy partition of cattle in tropics. **British Journal of Nutrition**, n. 81, p.227-234, 1999.
- LOCKYER, D.R. Methane emissions from grazing sheep and calves. **Agricultura Ecology & Environment**, Amsterdam, v, 66, n,1, p,11-18, 1997.
- MANELLA, M. Q. ; LOURENÇO, A. J.; LEME, P. R . Recria de Bovinos Nelore em Pastos de *Brachiaria brizantha* com Suplementação Protéica ou com Acesso a Banco de Proteína de *Leucaena leucocephala*. I. Desempenho Animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2274-2282, 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.
- MEDEL, M.; MERINO, P.; GARCIA, T. F. Modo de acción del monensin en metabolismo ruminal y comportamiento animal. **Ciências de Investigacion Agrarias**, v. 18, n. 3, p. 153-173. 1991.
- MOSS, A. R. Methane: global warming and production by animals. **Chalcombe Publications**, Kingston, UK. 105pp, 1993.
- OLIVEIRA, L. F. et al. Desempenho de Novilhos Nelore suplementado com misturas múltiplas dos 8 aos 26 meses de idade. 40ª Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Santa Maria, **Anais...**2003.
- 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 34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais...** 2002.

ROMATOWSKI, J. Mechanism of action of monensin in rumen. **M. S. Thesis**. Univ. of Delaware, Newark, 1979.

SHIOYA, S.; TANAKA, M.; IWAMA, KAMIYA, M. Development of nutritional management for controlling methane emissions from ruminants in Southeast Asia. In: **GreenHouse Gases na Animal Agriculture** 2001, *Anais*. Obihiro, Hokkaido, Japão. p. 346-349, 2001.

SOUZA, AA. **Uso de subprodutos agroindustriais para suplementação de novilhos em terminação durante o período da secas**. Dissertação Mestrado, Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2002. 71p.

SUNDSTOL, F. 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, 1981.

TAMMINGA, S. Nutritional management of dairy cows as a contribution to pollution control. **J. of Dairy Science**, v.75, n.1, p. 345-357, 1992.

U.S.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Washington, D.C.). Greenhouse gas emissions from agricultural systems, v. 1, Summary Report, **Proceedings of the Workshop on Greenhouse Gas Emissions from Agriculture**, Washington: U.S. EPA, 1990a.

U.S.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Washington, D.C.). Methane emissions and opportunities for control. **Proceedings of the Workshop results of Intergovernmental Panel on Climate Change**. 1990b.

U.S.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Washington, D.C.). Second International Conference on Methane Mitigation, Novosibirsk, RU, **Proceedings...**, June, 2000.

U.S.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Washington, D.C.). “**International Anthropogenic Methane Emission: Estimates for 1990**”. EPA 230-R-93-010. (Office of Policy, Planning and Evaluation: Washington DC.), 1994.

VAN KESSEL, J.S. and RUSSEL, J.B. The effect of pH on in vitro methane production from ruminal bacteria. **Proc. Conf. Rum. Funct.** 23: 7, 1995.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber,



and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p.3583-3597, 1991.

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. **Br. J. Nutr.** 52: 261-275. 1984.

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.

Pedro Renato Barbosa

Diagramação e Designer Gráficos

Ministério da
Ciência e Tecnologia



GOVERNO DO ESTADO DE
SÃO PAULO