



# Relatório Técnico

Monitoramento das emissões de metano  
pela pecuária leiteira do Estado de Minas Gerais

**Embrapa**  
**Gado de Leite**

Novembro de 2007

FL  
3228  
P. 189

**MONITORAMENTO DAS EMISSÕES DE METANO PELA PECUÁRIA  
LEITEIRA DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**Elizabeth Nogueira Fernandes, Marcelo Dias Muller  
e Marcos Cicarini Hott**

**Pesquisadores da Embrapa Gado de Leite**

**Novembro de 2007**

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivos:

1. apresentar as estimativas das emissões de metano provenientes da fermentação entérica e dos dejetos animais da produção pecuária no Estado de Minas Gerais para o período de 1996 a 2006, com base na metodologia do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC.
2. apresentar as estimativas de estoque de carbono pelo reflorestamento em Minas Gerais, com base nos dados de reflorestamento anual a partir de 1995.

As estimativas foram efetuadas utilizando-se dados estatísticos oficiais do IBGE, dados específicos sobre os sistemas de produção animal do Brasil, obtidos de especialistas e da literatura existente e da Associação Mineira de Silvicultura - AMS.

As informações referentes à emissão de metano pela pecuária leiteira quando comparadas à evolução dos plantios florestais no Estado pode dar uma idéia do balanço de carbono equivalente

## SUMÁRIO

Este relatório apresenta na Parte I as estimativas das emissões de metano provenientes da fermentação entérica e dos dejetos animais da produção pecuária leiteira no Estado de Minas Gerais para o período de 1996 a 2006, com base nas Diretrizes Revisadas de 1996 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC. Na parte II são apresentados os dados referentes à captura de carbono pelo reflorestamento por eucalipto.

As estimativas são apresentadas por mesorregião, estado e para todo o país. Utilizaram-se dados estatísticos oficiais do IBGE e também dados específicos sobre os sistemas de produção animal do Brasil, obtidos de especialistas e da literatura existente.

Em 1996, o Estado de Minas Gerais apresentava 23,15% das vacas ordenhadas do país. Até 2006 este percentual não variou muito ficando em 22,94%, mesmo apresentando crescimento absoluto.

As emissões de metano provenientes de fermentação entérica na pecuária de leite no país foram estimadas em 1.017,10 Gg, para o ano de 1996 e 1.308,96 Gg em 2006 e as provenientes dos sistemas de manejo de dejetos animais, estimadas em 50,61 Gg em 1996 e 65,13 Gg em 2006, totalizando 1.067,72 Gg e 1.374,06 Gg, respectivamente.

Para Minas Gerais as emissões de metano provenientes da pecuária leiteira foram estimadas em 247,21 Gg em 1996 e 315,28 Gg em 2006, sendo que 235,50 Gg e 300,34, respectivamente, foram atribuídos à fermentação entérica e 11,72 Gg e 14,94, respectivamente, aos sistemas de manejo de dejetos animais, como mostrado nas Tabelas 3, 4 e 5.

Em termos de carbono equivalente, uma vez que 1 ton de metano equivale a 23 ton de carbono equivalente, representa dizer que as emissões da pecuária leiteira no estado de Minas Gerais totalizaram 5685,83 Gg em 1996 e 7.245 Gg em 2006, sendo que 5.416,50 Gg e 6.907,82 Gg, respectivamente, foram atribuídos à fermentação entérica e 269,56 Gg e 343,62 Gg aos sistemas de manejo de dejetos animais. Em contrapartida neste ano, a atividade de reflorestamento em Minas Gerais foi responsável pela captura de 937 Gg de carbono equivalente no ano de 1996 e 15.554 Gg em 2006, mostrando assim um balanço energético positivo no Estado.

## 1. Introdução

A questão do aquecimento global, difícil de ser compreendida por sua complexidade científica e a existência de poucos especialistas neste tema no Brasil, geralmente envolvidos com projetos considerados mais prioritários, tornam a elaboração do inventário brasileiro de emissões de gases de efeito estufa um esforço complexo e pioneiro.

Há, além dessas dificuldades, a falta de material disponível em português sobre o assunto, a falta de conhecimento sobre as obrigações brasileiras no âmbito da Convenção, a falta de recursos para estudos mais abrangentes e dúvidas sobre os benefícios que adviriam para as instituições envolvidas nesse processo. Outra dificuldade encontrada é o fato de a mudança do clima não ser um tema prioritário nos países em desenvolvimento, cujas prioridades referem-se ao atendimento de necessidades urgentes, nas áreas social e econômica, tais como a erradicação da pobreza, a melhoria das condições de saúde, o combate à fome, a garantia de condições dignas de moradia, entre outras.

Neste sentido, os países em desenvolvimento, como o Brasil, confrontam-se com padrões do século 21, antes mesmo de terem superado os problemas do século 19. O Brasil, entretanto, é um país em desenvolvimento que possui uma economia muito complexa e dinâmica. É o quinto país mais populoso e de maior extensão do mundo, oitava economia mundial, grande produtor agrícola e um dos maiores produtores mundiais de vários produtos manufaturados, incluindo cimento, alumínio, produtos químicos, insumos petroquímicos e petróleo.

Em comparação com os países desenvolvidos, o Brasil não é um grande emissor no setor energético. Isso se deve ao fato de ser o Brasil um país tropical, com invernos moderados e por mais de 60% de sua matriz energética ser suprida por fontes renováveis. Mais de 95% da eletricidade brasileira é gerada por usinas hidrelétricas e há uma ampla utilização de biomassa (utilização de álcool nos veículos, uso do bagaço da cana-de-açúcar para a geração de vapor, uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica, etc.). Além disso, programas de conservação de energia têm buscado, desde meados da década de 80, melhorar ainda mais a produção de energia e os padrões de consumo no Brasil.

Para que o Brasil cumprisse as obrigações assumidas no âmbito da Convenção, foi estabelecido um quadro institucional na forma de um Programa, sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, com recursos financeiros aportados pelo PNUD/GEF e apoio adicional

do governo norte-americano. Buscou-se, durante a elaboração do inventário, por sua abrangência e especificidade, envolver diversos setores geradores de informação e a participação de especialistas de diversos ministérios, instituições federais, estaduais, associações de classe da indústria, empresas públicas e privadas, organizações não-governamentais, universidades e centros de pesquisas.

Por sua própria origem, a metodologia do IPCC adotada pela Convenção tem, como referência, pesquisas realizadas e metodologias elaboradas por especialistas de países desenvolvidos, onde as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis representam a maior parte das emissões. Em consequência, setores importantes para os países em desenvolvimento, como a agricultura e a mudança no uso da terra e florestas, não são tratados com a profundidade necessária.

Portanto, os fatores de emissão *default* ou até mesmo a própria metodologia devem ser analisados com a devida cautela, uma vez que não refletem, necessariamente, as realidades nacionais. Em muitos casos, não há pesquisa no Brasil que permita avaliar os valores apresentados ou a própria metodologia proposta. Onde existem pesquisas foram encontrados, em alguns casos, valores significativamente discrepantes. A avaliação de emissões decorrentes do uso intensivo de biomassa no Brasil também não encontra apoio na metodologia, muito embora tais emissões, dado o caráter renovável da biomassa, não sejam contabilizadas nos totais nacionais.

A aplicação da metodologia do IPCC pelos países em desenvolvimento impõe a esses países um ajuste a um sistema para cuja elaboração pouco contribuiu. De qualquer modo, durante sua aplicação, não abdicamos do dever de exercer alguma influência, ainda que modesta, por exemplo, em relação à mudança de uso da terra e florestas. Deve-se levar em conta que o Brasil é um dos países que têm melhores e mais abrangentes sistemas de monitoramento permanente deste setor.

Estudos pioneiros foram realizados em relação às emissões de gases de efeito estufa pela conversão de florestas em terras para uso agrícola, pelos reservatórios de hidrelétricas e por queimadas prescritas do cerrado. Cuidado deve ser tomado, também, ao se comparar os resultados totais de emissões por tipo de gás de efeito estufa. Diferenças metodológicas com outros inventários internacionais de emissões de gases de efeito estufa, em especial com alguns países desenvolvidos que não relatam adequadamente suas emissões, como,

por exemplo, no caso de mudanças no uso da terra e florestas, impedem a simples comparação dos resultados.

No Brasil, a busca e coleta de informação não são adequadas por causa do custo de obtenção e armazenamento de dados e há pouca preocupação institucional com a organização ou fornecimento de informação, principalmente em nível local. Há, ainda, carência de legislação que obrigue as empresas a fornecer informações, em especial no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, muitas vezes, medições não se justificam para o inventário de emissões de gases de efeito estufa por si só, devido ao custo relativamente alto da medição, quando comparado a qualquer melhoria da precisão da estimativa.

Deve-se ter em conta que a elaboração de um inventário nacional é um empreendimento intensivo em recursos. Há que se estabelecer prioridades para realizar estudos e pesquisas de emissões nos setores e gases de efeito estufa principais, uma vez que a metodologia das estimativas e a qualidade dos dados podem melhorar com o tempo. Em virtude deste fato, os relatórios setoriais baseiam-se, normalmente, em trabalhos previamente feitos por diversas instituições nacionais.

Finalmente, é preciso lembrar que ao mesmo tempo em que a avaliação das emissões anuais por cada um dos países é importante para o dimensionamento das emissões globais e para a compreensão da evolução futura do problema das mudanças climáticas, as emissões anuais de gases de efeito estufa não representam a responsabilidade de um país em causar o aquecimento global, visto que o aumento da temperatura é função da acumulação das emissões históricas dos países, que elevam as concentrações dos diversos gases de efeito estufa na atmosfera.

Para cada diferente nível de concentração de cada gás de efeito estufa, há uma acumulação de energia na superfície da Terra ao longo dos anos. Como é mencionado na proposta brasileira apresentada durante as negociações do Protocolo de Quioto (documento FCCC/AGBM/1997/MISC.1/Add.3), a responsabilidade de um país só pode ser corretamente avaliada se forem consideradas todas as suas emissões históricas, o conseqüente acúmulo de gases na atmosfera e o aumento da temperatura média da superfície terrestre daí resultante. Portanto, os países desenvolvidos, que iniciaram suas emissões de gases de efeito estufa a partir da Revolução Industrial, têm maior responsabilidade por causar o efeito estufa atualmente e continuarão a ser os principais responsáveis pelo aquecimento global por mais um século.

## 2. PARTE I - Embasamento teórico

Nesta seção, apresentam-se as estimativas das emissões de metano provenientes da fermentação entérica e do manejo de dejetos da pecuária no Estado de Minas Gerais, que é o maior estado produtor de leite do País, respondendo por quase 30% da produção nacional..

A pecuária, e em particular a criação dos herbívoros ruminantes, constitui uma fonte importante de emissões de metano no mundo. Emissões de metano a partir dos processos digestivos de todos os animais têm sido estimadas entre 65 e 100 Tg/ano (média de 85 Tg/ano), representando cerca de 15% das emissões totais de metano. As emissões de metano a partir de dejetos animais, estimadas em 25 Tg (20 - 30 Tg) (IPCC, 1995), estão associadas com o manejo de animais confinados, onde os dejetos são manipulados como líquidos.

As categorias de animais considerados pela metodologia do IPCC incluem: animais ruminantes (gado de leite, gado de corte, búfalos, ovelhas, cabras), animais pseudoruminantes (cavalos, mulas, asnos), animais monogástricos (suínos) e aves, estas incluídas apenas no tema de manejo de dejetos animais.

Neste trabalho, entretanto consideraremos apenas a atividade leiteira ou seja emissões de metano por gado de leite, pormesorregião do estado de Minas Gerais (Figura 1).

### 2.1 Processo de fermentação entérica

A produção de metano é parte do processo digestivo normal dos herbívoros ruminantes e ocorre em seu pré-estômago (rúmen). A fermentação do material vegetal ingerido no rúmen é um processo anaeróbico que converte os carboidratos celulósicos em ácidos graxos de cadeia curta, tais como os ácidos acético, propiônico e butírico. Ao produzir-se essa transformação, libera-se calor, que é dissipado como calor metabólico pela superfície corporal, e são produzidos dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), que são eliminados, pelo menos em parte, com os gases respiratórios (DUKES *et al.*, 1977).

A intensidade da emissão de metano depende do tipo de animal, da quantidade e do grau de digestibilidade da massa digerida e do esforço a que se submete o animal. A emissão de gases em forma de metano varia entre 4%

## Estado de Minas Gerais e suas Mesorregiões

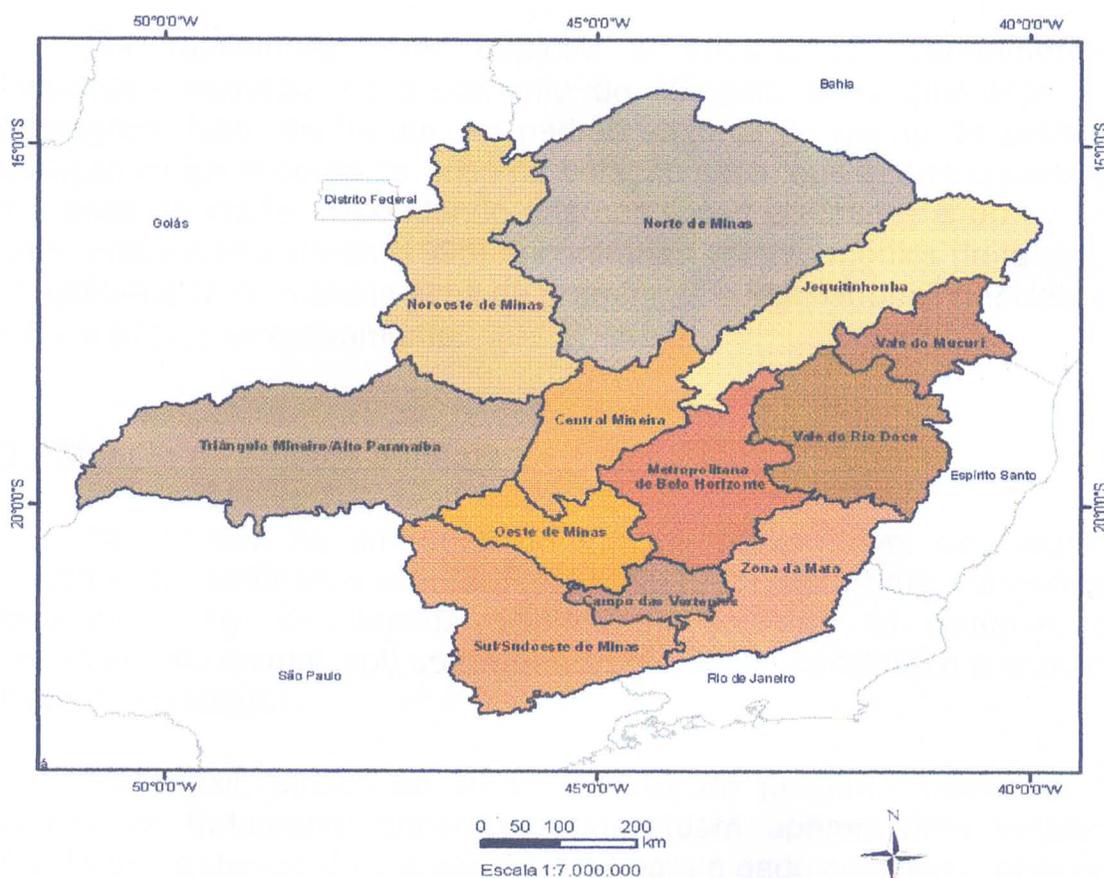


Figura 1 – Mesorregiões do Estado de Minas Gerais.

a 9% da energia bruta do alimento ingerido, em média 6%. No caso de herbívoros pseudo-ruminantes (cavalos, mulas, asnos), o metano também é produzido durante a decomposição digestiva dos compostos ingeridos, mas a ausência de rúmen nessas espécies previne a geração de altas quantidades desse gás, como ocorre nos ruminantes. Considera-se pequena a contribuição de animais monogástricos às emissões globais de metano, representando apenas cerca de 5% das emissões totais de metano por animais domésticos e silvestres, estimada em 80 Tg por ano (JENSEN, 1996).

Acredita-se que a produção de metano no rúmen seja menor em animais cujas dietas sejam constituídas de alimentos adequados e balanceados, situação normalmente proporcionada em sistemas de confinamento bem desenvolvidos. Uma vez que a produção de metano varia com a quantidade e qualidade da energia do alimento digerido

(US-EPA, 1990), a existência de várias modalidades e condições de sistemas de produção de animais domésticos implicaria em diferentes percentuais de emissão de metano.

Os ruminantes, nos trópicos e subtropicais, experimentam flutuações sazonais no suprimento de alimento e na qualidade das pastagens. Isso resulta em um padrão sazonal de ganho de peso na estação úmida e perda de peso na estação seca, que ocorre a partir de 3,5 anos de idade, dependendo das condições climáticas e do tipo de solo. Poppi & McLennan (1995) encontraram valores médios de taxas de digestibilidade de matéria seca de gramíneas e leguminosas tropicais de 54% e 57%, respectivamente.

## **2.2 Manejo de dejetos animais**

No mundo, as emissões de metano provenientes de resíduos animais são estimadas em 25 Tg (IPCC, 1995), com uma margem de erro de 5 Tg. Os dejetos animais provenientes de sistemas de confinamento animal, sob condições anaeróbicas, constituem a principal fonte de emissão.

No Brasil, devido às características de pecuária extensiva, as lagoas de tratamento anaeróbico constituem apenas uma pequena fração dos sistemas de manejo. Mesmo para o gado confinado, observa-se o uso restrito de instalações de tratamento de dejetos animais, fato este comentado por Peixoto (1991). Os dejetos produzidos por grandes rebanhos de gado acabam sendo dispostos no campo como material sólido, secam e se decompõem no próprio campo, tornando mínimas as emissões de metano provenientes dessa fonte. O uso de esterco como fertilizante não é expressivo no país (cerca de 20% no caso de gado leiteiro e suínos e cerca de 80% no caso de aves).

Quando o material orgânico dos dejetos animais é decomposto sob condições anaeróbicas, bactérias metanogênicas podem produzir quantidades consideráveis de metano. Essas condições são favorecidas quando os dejetos são estocados na forma líquida (em lagoas, charcos e tanques).

O potencial dos dejetos animais para produzir metano pode ser expresso em termos do metano gerado por kg de sólidos voláteis (SV) de material residual. Esses valores variam de 0,17 a 0,49 metro cúbico de metano por kg de SV (média de 0,25 m<sup>3</sup> de metano por kg de SV) (US-EPA, 1990). As emissões de metano a partir de dejetos animais (em condições anaeróbicas)

## 2.3 Bovinos

### 2.3.1 Gado de leite

O Brasil contava, em 1996, com aproximadamente 16,2 milhões de vacas ordenhadas (IBGE, 1990b). A maior parte desse gado estava localizada na região Sudeste (40,4%), sendo que o Estado de Minas Gerais apresentava um plantel de vacas ordenhadas de 3,7 milhões de vacas. A distribuição entre as mesorregiões, em milhões de animais era: Noroeste de Minas (213,4), Norte de Minas (223), Jequitinhonha (134), Vale do Mucuri (147,1), Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (858,2), Central Mineira (210), Metropolitana de Belo Horizonte (254), Vale do Rio Doce (351,3), Oeste de Minas (257,5), Sul/Sudoeste de Minas (600,8), Campo das Vertentes (131,5), Zona da Mata (386,9).

Em 2006, o total de vacas ordenhadas no país foi estimado em 20,9 milhões de animais, sendo que o estado de Minas Gerais apresentava um plantel de 4,8 milhões. Em termos de mesorregiões, os maiores incrementos foram verificados no Vale do Mucuri (40,9%), Jequitinhonha (38,7%), Central Mineira (35,6%) e Norte de Minas (32,3%). Entretanto o incremento em vacas ordenhadas não se refletiu em aumento de produção de leite já que os maiores aumentos de produção foram verificados em mesorregiões diferentes, a saber: Central Mineira (29,3%), Jequitinhonha (29,5%), Vale do Mucuri (29%), Triângulo Mineiro/Paranaíba (25,03%) e Zona da Mata (25,3%). Em 2006 foi registrada uma produção de 25,4 bilhões de litros de leite e o Brasil era o sexto colocado.

Tabela 1 – Total de vacas ordenhadas no Brasil e no Estado de Minas Gerais e suas mesorregiões, no período de 1996 a 2006.

|  | 1996       | 1997       | 1998       | 1999       | 2000       | 2001       | 2002       | 2003       | 2004       | 2005       | 2006       |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Brasil</b>                                | 16.273.667 | 17.048.232 | 17.280.606 | 17.395.658 | 17.885.019 | 18.193.951 | 18.792.694 | 19.255.642 | 20.022.725 | 20.625.925 | 20.942.812 |
| <b>Minas Gerais</b>                          | 3.767.929  | 4.043.253  | 4.404.340  | 4.365.068  | 4.414.779  | 4.474.638  | 4.364.474  | 4.402.955  | 4.546.649  | 4.659.245  | 4.805.390  |
| <b>Noroeste de Minas - MG</b>                | 213.360    | 217.546    | 210.312    | 223.756    | 220.700    | 212.099    | 231.844    | 223.093    | 227.593    | 231.955    | 230.607    |
| <b>Norte de Minas - MG</b>                   | 223.041    | 264.370    | 276.770    | 298.109    | 300.291    | 308.233    | 294.349    | 290.093    | 314.048    | 317.714    | 329.321    |
| <b>Jequitinhonha MG</b>                      | 134.074    | 147.775    | 190.453    | 179.554    | 190.554    | 182.145    | 203.502    | 213.344    | 207.697    | 210.479    | 218.687    |
| <b>Vale do Mucuri - MG</b>                   | 147.108    | 169.522    | 159.439    | 153.996    | 156.377    | 170.797    | 179.306    | 186.451    | 196.732    | 214.142    | 249.144    |
| <b>Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba - MG</b> | 858.272    | 939.082    | 1.117.998  | 1.114.835  | 1.131.159  | 1.153.087  | 1.008.325  | 1.034.546  | 1.038.092  | 1.075.463  | 1.075.376  |
| <b>Central Mineira - MG</b>                  | 209.927    | 211.283    | 240.149    | 284.138    | 301.166    | 318.352    | 286.327    | 286.989    | 311.446    | 328.285    | 326.218    |
| <b>Metropolitana de Belo Horizonte - MG</b>  | 254.017    | 242.604    | 262.444    | 262.520    | 267.319    | 273.897    | 276.481    | 284.428    | 292.758    | 301.235    | 305.901    |
| <b>Vale do Rio Doce - MG</b>                 | 351.313    | 403.787    | 476.061    | 371.224    | 363.977    | 363.420    | 379.387    | 396.634    | 413.358    | 429.199    | 437.641    |
| <b>Oeste de Minas - MG</b>                   | 257.554    | 273.015    | 275.401    | 292.127    | 296.449    | 303.815    | 293.728    | 288.959    | 296.092    | 300.828    | 309.082    |
| <b>Sul/Sudoeste de Minas - MG</b>            | 600.813    | 660.485    | 656.905    | 646.281    | 644.096    | 641.242    | 669.722    | 641.239    | 683.627    | 681.555    | 728.774    |
| <b>Campo das Vertentes - MG</b>              | 131.574    | 128.628    | 133.931    | 136.229    | 139.689    | 142.019    | 137.474    | 140.520    | 142.238    | 138.464    | 141.442    |
| <b>Zona da Mata - MG</b>                     | 386.876    | 385.156    | 404.477    | 402.299    | 403.002    | 405.532    | 404.029    | 416.659    | 422.968    | 429.926    | 453.197    |

No estado de Minas Gerais e no Brasil, em geral, predominam o "gado mestiço", obtido do cruzamento da raça Zebu com a Holandesa. No Norte, de maneira geral, os rebanhos não são especializados, apresentando aptidão mista (carne e leite); a alimentação restringe-se, quase que exclusivamente, a pastagens cultivadas, não sendo comum o uso de concentrados.

A estrutura da pecuária leiteira no país é caracterizada por um grande número de produtores de pequena escala e um pequeno número de produtores de grande escala. Cerca de 60% dos pecuaristas que produzem até 50 litros por dia respondem por apenas 20% da produção. De outro lado, entre os que produzem mais de 250 litros/dia, 6% são responsáveis por 30% da produção (CAVALCANTE, 1997).

Não se encontram disponíveis informações detalhadas sobre as características desses animais, em termos de peso, consumo de alimento, taxas de digestibilidade, consumo de energia e outros parâmetros necessários ao conhecimento dos rebanhos existentes no país. As informações, quando obtidas, mesmo de instituições especializadas no ramo, não são completas e, muitas vezes, são conflitantes entre as diversas fontes de dados. Informações sobre produção animal, melhoramento e custos de produção são disponíveis no caso de gado de raças de melhor qualidade, para produção de leite. Não se dispõe, porém, de dados quantitativos sobre os aspectos de interesse a este relatório, como sugerido na metodologia do IPCC (IPCC, 1996).

### **3. Método para Estimativa de Emissões de Metano**

#### **3.1 Coleta de dados**

##### **3.1.1 Dados censitários da população animal**

Os dados de população de gado de leite do País e de Minas Gerais foram obtidos de Anuários Estatísticos do IBGE (1996) e da Produção da Pecuária Municipal - PPM (1996b - 2006b), em âmbito d (última pu mesorregiãooblicação disponível em 2006).

### 3.1.2 Características animais e sistemas de manejo de dejetos

#### A) Gado bovino de leite

Para o cálculo das emissões de metano provenientes de gado leiteiro, foram usados, em parte, dados *default* indicados pelo IPCC, bem como informações de consultas a especialistas e literatura. Seguem alguns dados da pecuária leiteira no Brasil.

**Peso vivo:** Considerou-se, para fins do cálculo do fator de emissão, o valor de peso médio de gado leiteiro sugerido pelo Manual do IPCC, de 400 kg. O método do IPCC, contudo, não informa se o peso de 400 kg é referente à média de peso das vacas adultas, ou a média do rebanho leiteiro.

**Taxa de prenhez:** Não existem dados que apontem uma taxa de prenhez média dos rebanhos de gado de leite no país. Segundo os especialistas consultados, a taxa de 80%, indicada como *default* no *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (revisado em 1996) é muito elevada, ficando em média na faixa de 50% a 60%. Os intervalos médios entre os partos são mais longos do que os indicados pela US-EPA (1994), considerando-se no caso do Brasil o período de 19 meses como o mais adequado. Utilizou-se, neste relatório, o valor médio de 55% como uma taxa de prenhez média para gado leiteiro.

**Período de prenhez:** 281 dias (IPCC, 1996).

**Taxa de digestibilidade:** Considerou-se uma taxa média de digestibilidade de 55% para o rebanho de vacas ordenhadas.

**Consumo de alimento:** Utilizou-se para a estimativa nacional o valor *default* indicado pelo IPCC para consumo de alimento de gado de leite na América Latina (de 7,9 kg/dia).

**Consumo de energia:** Este parâmetro consiste na multiplicação dos valores de consumo de alimento (7,9 kg/dia) pelo fator de conversão de matéria seca para energia em MJ (18,45).

**Produção de leite(kg/vaca/dia):** Esta informação, contida na Tabela 2 foi obtida da Produção da Pecuária Municipal (IBGE, 1996 - 2006b), indicando uma média para o Estado de Minas Gerais: 4,0 kg/vaca/dia.

**Teor de gordura no leite:** O teor de 4% foi utilizado nas estimativas para todas as mesorregiões de MG (considerando-se que a maior proporção de gado existente no país é do tipo mestiço).

**Produção de esterco:** Para este relatório, utilizaram-se as fórmulas indicadas no método do IPCC para a obtenção deste valor, a partir de uma digestibilidade de 55%, um teor de cinza de 8% e Bo de 0,13 m<sup>3</sup>/kg SV.

**Sólidos voláteis:** Empregou-se a fórmula indicada pelo método do IPCC, resultando no valor de 82% dos dejetos produzidos.

**Sistema de dejetos:** Segundo a Embrapa Gado de Leite - CNPGL, os sistemas de manejo de esterco no país estão distribuídos aproximadamente em: 1% - lagoa anaeróbica, 3% - lodo, 45% - pastagem; 20% - esterco seco no local de origem (*daily spread*); 20% - estocagem sólida, 11% - outros. Dados indicados pelo IPCC para gado de leite na América Latina incluem: lodo - 1%; estocagem sólida - 1%; pastagem - 36% e esterco seco armazenado no local de origem (*daily spread*) - 62%. Para este relatório, foram usados os dados fornecidos pela Embrapa Gado de Leite, para o restante do país.

Tabela 2 – produção de leite no País, em Minas Gerais e mesorregiões, no período de 1996 a 2006

| Mesorregião Geográfica               | Ano        |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                      | 1996       | 1997       | 1998       | 1999       | 2000       | 2001       | 2002       | 2003       | 2004       | 2005       | 2006       |
| Brasil                               | 18.515.391 | 18.666.011 | 18.693.915 | 19.070.048 | 19.767.206 | 20.509.953 | 21.642.780 | 22.253.863 | 23.474.694 | 24.620.859 | 25.398.219 |
| Minas Gerais                         | 5.601.112  | 5.602.015  | 5.688.011  | 5.801.063  | 5.865.486  | 5.981.223  | 6.177.356  | 6.319.895  | 6.628.917  | 6.908.683  | 7.094.111  |
| Noroeste de Minas - MG               | 300.307    | 285.975    | 271.080    | 306.122    | 306.620    | 320.076    | 343.556    | 320.247    | 338.844    | 344.776    | 345.447    |
| Norte de Minas - MG                  | 184.350    | 188.518    | 212.411    | 220.192    | 225.365    | 233.712    | 235.484    | 233.783    | 255.212    | 259.417    | 261.576    |
| Jequitinhonha - MG                   | 104.879    | 104.300    | 133.135    | 117.270    | 132.841    | 129.535    | 148.534    | 137.939    | 131.572    | 117.181    | 122.117    |
| Vale do Mucuri - MG                  | 142.976    | 138.764    | 130.549    | 125.385    | 127.349    | 139.404    | 152.536    | 155.351    | 166.029    | 174.234    | 201.427    |
| Triângulo Mineiro/Altoparanaíba - MG | 1.272.993  | 1.289.230  | 1.345.883  | 1.368.750  | 1.313.873  | 1.366.253  | 1.460.913  | 1.568.983  | 1.603.020  | 1.690.369  | 1.698.101  |
| Central Mineira - MG                 | 442.578    | 410.507    | 442.105    | 450.037    | 500.350    | 536.826    | 521.771    | 539.201    | 610.467    | 624.132    | 625.734    |
| Metropolitana de Belo Horizonte - MG | 451.018    | 418.053    | 399.467    | 425.525    | 488.802    | 468.947    | 478.865    | 499.593    | 524.832    | 566.329    | 572.115    |
| Vale do Rio Doce - MG                | 415.154    | 441.400    | 395.771    | 407.690    | 400.911    | 398.744    | 415.279    | 434.607    | 453.496    | 473.089    | 484.630    |
| Oeste de Minas - MG                  | 464.102    | 467.171    | 477.783    | 506.400    | 514.237    | 530.399    | 528.317    | 540.947    | 565.609    | 574.440    | 593.389    |
| Sul/Sudoeste de Minas - MG           | 1.043.028  | 1.086.123  | 1.082.545  | 1.035.676  | 1.008.248  | 1.006.408  | 1.047.249  | 1.001.395  | 1.057.135  | 1.120.149  | 1.187.509  |
| Campo das Vertentes - MG             | 244.278    | 241.046    | 235.234    | 253.031    | 259.058    | 264.792    | 265.057    | 282.075    | 295.081    | 292.227    | 295.017    |
| Zona da Mata - MG                    | 535.449    | 530.928    | 562.046    | 584.986    | 587.832    | 586.128    | 579.796    | 605.773    | 627.620    | 672.341    | 707.049    |

Segundo o IBGE, em 1996 (este é o último data de censo), cerca de 78.048.464 hectares eram ocupados com pastagens nativas e 99.652.008 hectares com pastagens plantadas, correspondendo, respectivamente, a 44% e 56% do total da área ocupada por pastagens no país.

Considerando uma média de coeficiente de digestibilidade de 52,5% para pastagens nativas e uma média de 57,5% para pastagens cultivadas, estimou-se para fins deste relatório, um valor médio de 55% de taxa de digestibilidade para o gado (Figura 2)

| Forrageira                | Nome científico                          | Classe   | Coeficiente de digestibili-  |
|---------------------------|--|----------|--|
| Capim Colômbio, Tanzânia  | <i>Panicum maximum</i>                   | Gramínea | (47,08% a 48,55%) <sup>3</sup>   |
| Mombaça                   | <i>P. maximum Jacq var. gongtoides</i>   |          |  |
| Capim Brachiária          | <i>Brachiaria decumbens, B. bizantha</i> | Gramínea | (52,5%) <sup>2</sup>   |
| Capim Brachiária          | <i>Brachiaria humidicula</i>             | Gramínea | -  |
| Capim Jaraguá             | <i>Hyparrhenia rufa</i>                  | Gramínea | (53,40%) <sup>2</sup>  |
| Capim Gordura             | <i>Melinis minutiflora</i>               | Gramínea | (58,8% a 59,7%) <sup>2</sup><br>(51,3%) <sup>2</sup>                   |
| Capim Estrela Africana    | <i>Cynodon nlenfuensis</i>               | Gramínea | (51,70% a 56,30%) <sup>1</sup>   |
| Capim Coast Cross, Tifton | <i>Cynodon dactylon</i>                  | Gramínea | -  |
| Capim Elefante (naptier)  | <i>Pennisetum purpureum</i>              | Gramínea | (62,84%) <sup>2</sup> / (52%-57%) <sup>1</sup><br>(67,3%) <sup>2</sup> |
| Capim Pangola             | <i>Digitaria decumbens</i>               | Gramínea | (58,76% a 61,77%) <sup>1</sup>   |
| Capim Angola              | <i>Brachiaria mutica</i>                 | Gramínea | (65,5% a 56,67%) <sup>2</sup>  |
| Capim Bufalo (ou Búfel)   | <i>Cenchrus ciliaris</i>                 | Gramínea | -  |
| Aveia                     | <i>Avena sativa</i>                      | Gramínea | (54,36%) <sup>2</sup>  |
| Azevem                    | <i>Lolium multiflorum</i>                | Gramínea |  |

Figura 2 – Coeficiente de digestibilidade das principais forrageiras do País.

### 3.2 Método de cálculo das emissões

#### 3.2.1 Fermentação entérica

O procedimento para a estimativa das emissões originadas nos processos de fermentação entérica de gado leiteiro, segundo o *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual* (IPCC, 1996).

De acordo com a metodologia do IPCC, deveriam ser levantados dados sobre características de consumo alimentar de cada espécie, práticas de manejo e quantidade de dejetos, para se adequar às fórmulas de cálculo. Contudo, a carência de informações sobre essas características animais no país levou a limitações na estimativa de emissões de metano gerado por gado, não sendo considerados dados dos rebanhos confinado e semiconfinado.

### 3.2.2 Geração e manejo de dejetos de animais

A estimativa das emissões originadas do manejo de dejetos de animais foi obtida pelo procedimento descrito a seguir:

- 1 - Quantificação do censo do efetivo de vacas ordenhadas;
- 2 - O enfoque metodológico mais detalhado (*Tier 2*) foi usado, utilizando-se as fórmulas para cálculo de emissões de metano provenientes de dejetos de bovinos, chegou-se a fatores específicos para as condições nacionais.

### 3.2.3 Estimativa das emissões totais de metano provenientes da pecuária

Para a obtenção das emissões totais de metano provenientes da pecuária, efetua-se a somatória dos totais de emissões de metano por fermentação entérica e de manejo de dejetos obtidas por categoria de animais.

## 4. Resultados

### 4.1 Emissões de metano a partir de fermentação entérica do gado leiteiro

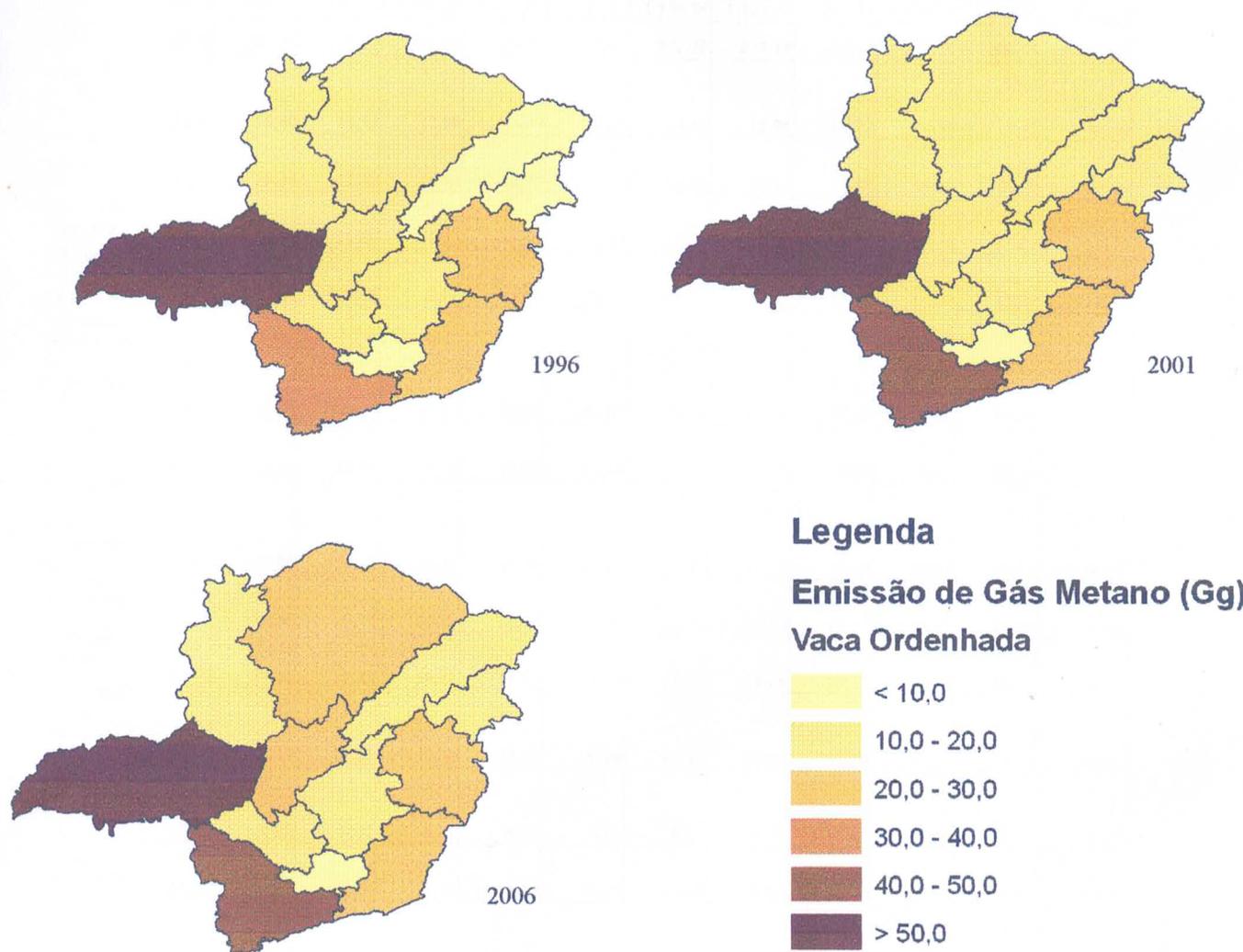
Em 1996, as estimativas de emissões de metano provenientes da fermentação entérica de gado leiteiro no País foram de 1.017,1 Mg e em 2006 este montante foi de 1.308,9 Mg. O valor acumulado neste período foi de 12.732,3 Mg. (Tabela 3).

Deste total, Minas Gerais contribuiu em 1996 com 247,2 Mg em 2006 com 300,3 Mg.

As mesorregiões que mais contribuíram com as emissões de metano foram: Triângulo Mineiro/Paranaíba com 67,21 Mg (22%), Sul/Sudoeste de Minas com 45,55 Mg (15,16%) e Zona da Mata com 28,32 Mg (9,43%).

1 MILHÃO = 1T  
100.000

De acordo com a Figura 3 estas mesorregiões foram as principais emissoras de metano no período de 1996 a 2006.



**Figura 3** - Emissões de metano provenientes da fermentação entérica da pecuária leiteira no período 1996 a 2006, por mesorregião do Estado de Minas Gerais

**Tabela 3 - Emissões de metano provenientes da fermentação entérica da pecuária leiteira no período 1996 a 2006, por mesorregião do Estado de Minas Gerais**

| da<br>Federação<br>e<br>Mesorregi<br>ão<br>Geográfic<br>a | Emissão de metano em Gg (vaca ordenhada) |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | Total 96-06 |
|---|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
|   | 1996                                     | 1997     | 1998     | 1999     | 2000     | 2001     | 2002     | 2003     | 2004     | 2005     | 2006     |             |
| Brasil  | 1.017,10                                 | 1.065,51 | 1.080,04 | 1.087,23 | 1.117,81 | 1.137,12 | 1.174,54 | 1.203,48 | 1.251,42 | 1.289,12 | 1.308,93 | 12.732,31   |
| Minas Gerais  | 235,50                                   | 252,70   | 275,27   | 272,82   | 275,92   | 279,66   | 272,78   | 275,18   | 284,17   | 291,20   | 300,34   | 3.015,55    |
| Noroeste de Minas - MG                                    | 13,34                                    | 13,60    | 13,14    | 13,98    | 13,79    | 13,26    | 14,49    | 13,94    | 14,22    | 14,50    | 14,41    | 152,68      |
| Norte de Minas - MG                                       | 13,94                                    | 16,52    | 17,30    | 18,63    | 18,77    | 19,26    | 18,40    | 18,13    | 19,63    | 19,86    | 20,58    | 201,02      |
| Jequitinhonha - MG  | 8,38                                     | 9,24     | 11,90    | 11,22    | 11,91    | 11,38    | 12,72    | 13,33    | 12,98    | 13,15    | 13,67    | 129,89      |
| Vale do Mucuri - MG                                       | 9,19                                     | 10,60    | 9,96     | 9,62     | 9,77     | 10,67    | 11,21    | 11,65    | 12,30    | 13,38    | 15,57    | 123,94      |
| Triângulo Mineiro/A lto Paranaíba MG                      | 53,64                                    | 58,69    | 69,87    | 69,68    | 70,70    | 72,07    | 63,02    | 64,66    | 64,88    | 67,22    | 67,21    | 721,64      |
| Central Mineira - MG                                      | 13,12                                    | 13,21    | 15,01    | 17,76    | 18,82    | 19,90    | 17,90    | 17,94    | 19,47    | 20,52    | 20,39    | 194,02      |
| Metropolit ana de Belo Horizonte - MG                     | 15,88                                    | 15,16    | 16,40    | 16,41    | 16,71    | 17,12    | 17,28    | 17,78    | 18,30    | 18,83    | 19,12    | 188,98      |
| Vale do Rio Doce - MG                                     | 21,96                                    | 25,24    | 29,75    | 23,20    | 22,75    | 22,71    | 23,71    | 24,79    | 25,83    | 26,82    | 27,35    | 274,13      |
| Oeste de Minas - MG                                       | 16,10                                    | 17,06    | 17,21    | 18,26    | 18,53    | 18,99    | 18,36    | 18,06    | 18,51    | 18,80    | 19,32    | 199,19      |
| Sui/Sudoe ste de Minas - MG                               | 37,55                                    | 41,28    | 41,06    | 40,39    | 40,26    | 40,08    | 41,86    | 40,08    | 42,73    | 42,60    | 45,55    | 453,42      |
| Campo das Vertentes - MG                                  | 8,22                                     | 8,04     | 8,37     | 8,51     | 8,73     | 8,88     | 8,59     | 8,78     | 8,89     | 8,65     | 8,84     | 94,51       |
| Zona da Mata - MG   | 24,18                                    | 24,07    | 25,28    | 25,14    | 25,19    | 25,35    | 25,25    | 26,04    | 26,44    | 26,87    | 28,32    | 282,13      |

1000,00  
1.000.000,00

1000,00  
1.000.000,00

50,61 00000000  
11,72

1.171 Gg  
11.434 Gg

**4.2 Emissões de metano a partir da geração e do manejo de dejetos animais**

Em 1996, as emissões de metano no País provenientes da geração e manejo de dejetos de vacas de leite foram de 50,61 Gg enquanto que em Minas Gerais este valor era de 11,72, correspondendo a cerca de 11,3% das emissões. No ano de 2006 estas emissões subiram para 65,13 Gg no País e 14,94 Gg em Minas Gerais, 22,9% (Tabela 4)

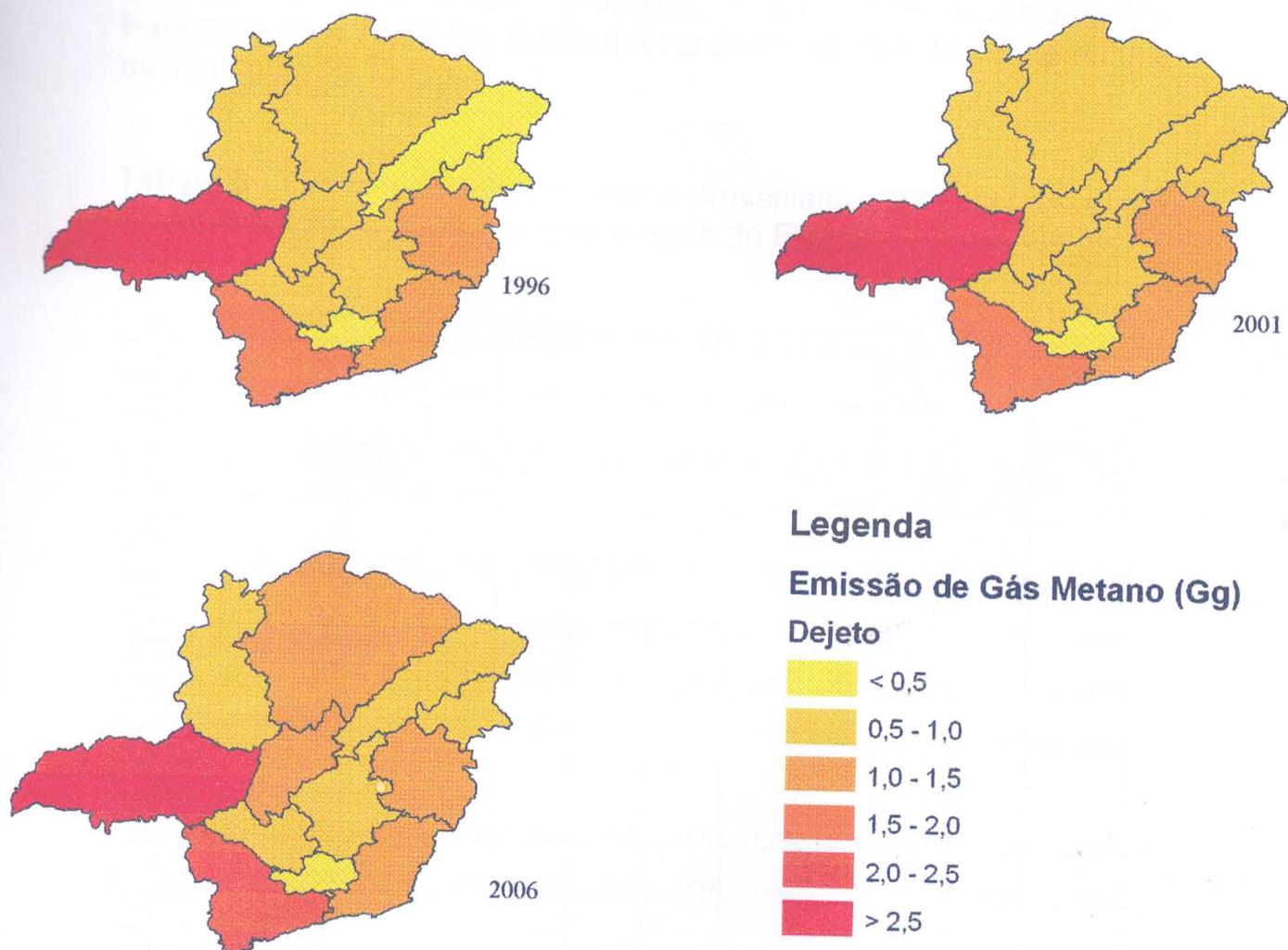
109

MG  
1.676 Gg  
335 milhões Gg

A Figura 4 mostra as emissões de metano provenientes do da geração e manejo de dejetos para o efetivo da pecuária leiteira nos anos 1996, 2001 e 2006, por mesorregião do Estado de Minas Gerais, destacando-se Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (3,34 Gg), Sul/Sudoeste de Minas (2,27 Gg) e Zona da Mata (1,41 Gg).

Tabela 4 - Emissões de metano provenientes dos dejetos da pecuária leiteira no período 1996 a 2006, por mesorregião do Estado de Minas Gerais.

| da<br>Federação<br>e<br>Mesorregi<br>ão<br>Geográfic<br>a | Produção de metano (Gg) (deje to) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Total 96-06 |
|---|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
|   | 1996                              | 1997  | 1998  | 1999  | 2000  | 2001  | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  |             |
| Brasil  | 50,61                             | 53,02 | 53,74 | 54,10 | 55,62 | 56,58 | 58,45 | 59,89 | 62,27 | 64,15 | 65,13 | 633,56      |
| Minas Gerais  | 11,72                             | 12,57 | 13,70 | 13,58 | 13,73 | 13,92 | 13,57 | 13,69 | 14,14 | 14,49 | 14,94 | 150,05      |
| Noroeste de Minas - MG                                    | 0,66                              | 0,68  | 0,65  | 0,70  | 0,69  | 0,66  | 0,72  | 0,69  | 0,71  | 0,72  | 0,72  | 7,60        |
| Norte de Minas - MG                                       | 0,69                              | 0,82  | 0,86  | 0,93  | 0,93  | 0,96  | 0,92  | 0,90  | 0,98  | 0,99  | 1,02  | 10,00       |
| Jequitinhonha - MG  | 0,42                              | 0,46  | 0,59  | 0,56  | 0,59  | 0,57  | 0,63  | 0,66  | 0,65  | 0,65  | 0,68  | 6,46        |
| Vale do Mucuri - MG                                       | 0,46                              | 0,53  | 0,50  | 0,48  | 0,49  | 0,53  | 0,56  | 0,58  | 0,61  | 0,67  | 0,77  | 6,17        |
| Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba MG                       | 2,67                              | 2,92  | 3,48  | 3,47  | 3,52  | 3,59  | 3,14  | 3,22  | 3,23  | 3,34  | 3,34  | 35,91       |
| Central Mineira - MG                                      | 0,65                              | 0,66  | 0,75  | 0,88  | 0,94  | 0,99  | 0,89  | 0,89  | 0,97  | 1,02  | 1,01  | 9,65        |
| Metropolitana de Belo Horizonte - MG                      | 0,79                              | 0,75  | 0,82  | 0,82  | 0,83  | 0,85  | 0,86  | 0,88  | 0,91  | 0,94  | 0,95  | 9,40        |
| Vale do Rio Doce - MG                                     | 1,09                              | 1,26  | 1,48  | 1,15  | 1,13  | 1,13  | 1,18  | 1,23  | 1,29  | 1,33  | 1,36  | 13,64       |
| Oeste de Minas - MG                                       | 0,80                              | 0,85  | 0,86  | 0,91  | 0,92  | 0,94  | 0,91  | 0,90  | 0,92  | 0,94  | 0,96  | 9,91        |
| Sul/Sudoeste de Minas - MG                                | 1,87                              | 2,05  | 2,04  | 2,01  | 2,00  | 1,99  | 2,08  | 1,99  | 2,13  | 2,12  | 2,27  | 22,56       |
| Campo das Vertentes - MG                                  | 0,41                              | 0,40  | 0,42  | 0,42  | 0,43  | 0,44  | 0,43  | 0,44  | 0,44  | 0,43  | 0,44  | 4,70        |
| Zona da Mata - MG   | 1,20                              | 1,20  | 1,26  | 1,25  | 1,25  | 1,26  | 1,26  | 1,30  | 1,32  | 1,34  | 1,41  | 14,04       |



**Figura 4** - Emissões de metano provenientes dos dejetos da pecuária leiteira no período 1996 a 2006, por mesorregião do Estado de Minas Gerais

#### 4.3 Emissões totais de metano da pecuária leiteira de MG

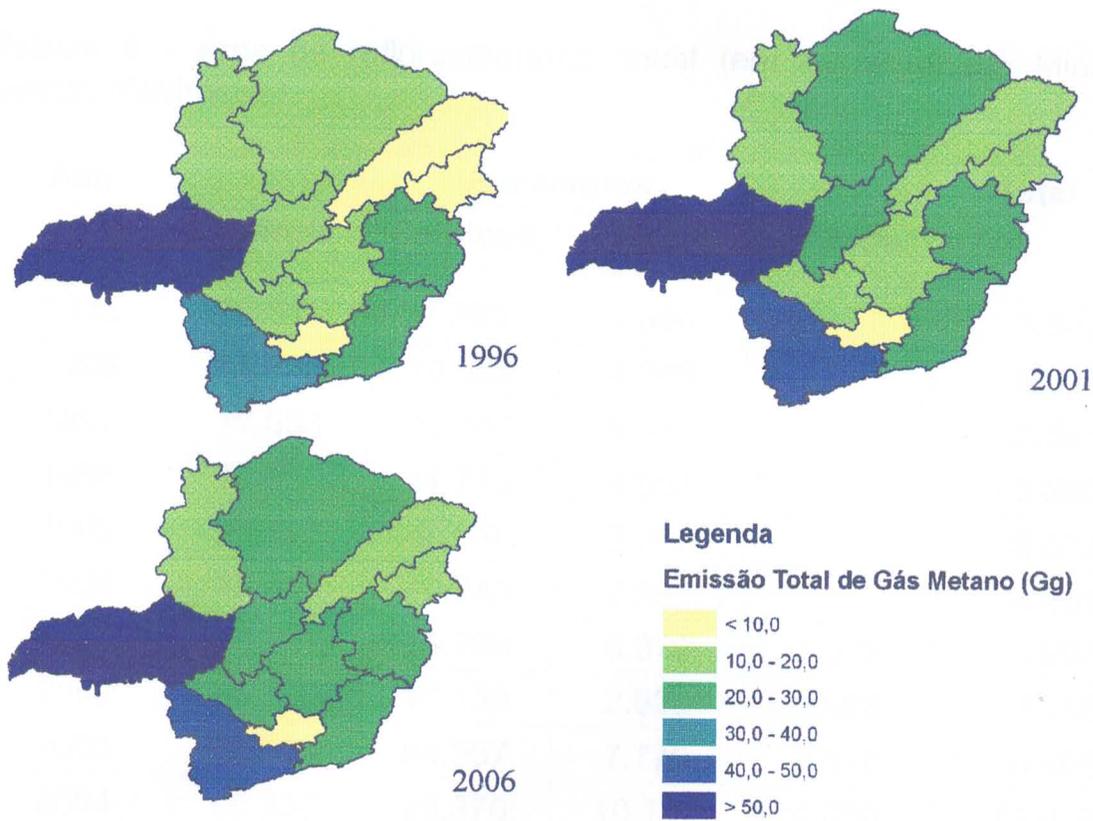
As emissões totais de metano no País provenientes da fermentação entérica da pecuária de leite acrescido das emissões da geração e manejo de dejetos foram estimadas em 1067,7 Gg em 1996 e 1374,1 Gg no ano de 2006.

Estas emissões no estado de Minas Gerais foram de 274,2 Gg (23,15%) em 1996 e 315,3 Gg (22,94%) em 2006 (Tabela 5).

Pode-se verificar na Figura 5 que as mesorregiões que mais contribuíram com estas emissões foram: Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba com 70,56 Gg, Sul/Sudoeste de Minas com 47,81 Gg e Zona da Mata com 29,73 Gg.

**Tabela 5 - Emissões totais de metano provenientes da pecuária leiteira no período 1996 a 2006, por mesorregião do Estado de Minas Gerais**

| da<br>Federação<br>e<br>Mesorregião<br>Geográfica | Emissão total de metano em Gg |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          | TOTAL 96-06 |
|---|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
|   | 1996                          | 1997     | 1998     | 1999     | 2000     | 2001     | 2002     | 2003     | 2004     | 2005     | 2006     |             |
| Brasil  | 1.067,72                      | 1.118,53 | 1.133,78 | 1.141,33 | 1.173,44 | 1.193,71 | 1.232,99 | 1.263,36 | 1.313,69 | 1.353,27 | 1.374,06 | 13.365,87   |
| Minas Gerais                                      | 247,21                        | 265,28   | 288,97   | 286,39   | 289,65   | 293,58   | 286,35   | 288,88   | 298,31   | 305,69   | 315,28   | 3.165,60    |
| Noroeste de Minas - MG                            | 14,00                         | 14,27    | 13,80    | 14,68    | 14,48    | 13,92    | 15,21    | 14,64    | 14,93    | 15,22    | 15,13    | 160,28      |
| Norte de Minas - MG                               | 14,63                         | 17,35    | 18,16    | 19,56    | 19,70    | 20,22    | 19,31    | 19,03    | 20,60    | 20,85    | 21,61    | 211,02      |
| Jequitinhonha - MG                                | 8,80                          | 9,70     | 12,50    | 11,78    | 12,50    | 11,95    | 13,35    | 14,00    | 13,63    | 13,81    | 14,35    | 136,35      |
| Vale do Mucuri - MG                               | 9,65                          | 11,12    | 10,46    | 10,10    | 10,26    | 11,21    | 11,76    | 12,23    | 12,91    | 14,05    | 16,35    | 130,11      |
| Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba - MG             | 56,31                         | 61,61    | 73,35    | 73,14    | 74,22    | 75,65    | 66,16    | 67,88    | 68,11    | 70,56    | 70,56    | 757,55      |
| Central Mineira - MG                              | 13,77                         | 13,86    | 15,76    | 18,64    | 19,76    | 20,89    | 18,79    | 18,83    | 20,43    | 21,54    | 21,40    | 203,67      |
| Metropolitana de Belo Horizonte - MG              | 16,67                         | 15,92    | 17,22    | 17,22    | 17,54    | 17,97    | 18,14    | 18,66    | 19,21    | 19,76    | 20,07    | 198,38      |
| Vale do Rio Doce - MG                             | 23,05                         | 26,49    | 31,23    | 24,36    | 23,88    | 23,84    | 24,89    | 26,02    | 27,12    | 28,16    | 28,71    | 287,77      |
| Oeste de Minas - MG                               | 16,90                         | 17,91    | 18,07    | 19,17    | 19,45    | 19,93    | 19,27    | 18,96    | 19,43    | 19,74    | 20,28    | 209,10      |
| Sul/Sudoeste de Minas - MG                        | 39,42                         | 43,33    | 43,10    | 42,40    | 42,26    | 42,07    | 43,94    | 42,07    | 44,85    | 44,72    | 47,81    | 475,98      |
| Campo das Vertentes - MG                          | 8,63                          | 8,44     | 8,79     | 8,94     | 9,16     | 9,32     | 9,02     | 9,22     | 9,33     | 9,08     | 9,28     | 99,22       |
| Zona da Mata - MG                                 | 25,38                         | 25,27    | 26,54    | 26,39    | 26,44    | 26,61    | 26,51    | 27,34    | 27,75    | 28,21    | 29,73    | 296,17      |



**Figura 5** – Evolução das emissões totais de metano da pecuária leiteira, por mesorregião do estado de Minas Gerais, no período de 1996 a 2006.

## PARTE II - Estoque de Carbono pelo Reflorestamento em Minas Gerais

O cálculo do estoque de carbono pelo reflorestamento em Minas Gerais foi feito com base nos dados de reflorestamento anual a partir de 1995.

**Tabela 6** - Área de reflorestamento anual (em hectares) em Minas Gerais (Silviminas).

| Ano  | <i>Eucalyptus</i> |          |               |        | Total   |
|------|-------------------|----------|---------------|--------|---------|
|      | Energia           | Celulose | IEF +<br>---- | Outros |         |
| 1995 | 21.611            | 9.760    | 4.026         |        | 3.5397  |
| 1996 | 15.368            | 10.832   | 4.048         |        | 3.0248  |
| 1997 | 17.633            | 11.144   | 6.687         |        | 3.5464  |
| 1998 | 17.226            | 11.778   | 4.903         |        | 3.3907  |
| 1999 | 21.412            | 9.310    | 5.067         |        | 3.5789  |
| 2000 | 26.617            | 10.249   | 7.952         |        | 4.4818  |
| 2001 | 40.721            | 14.233   | 6.079         | 1.042  | 6.2075  |
| 2002 | 50.500            | 15.139   | 2.823         | 2.693  | 7.1155  |
| 2003 | 69.400            | 24.257   | 7.770         | 2.615  | 10.4042 |
| 2004 | 96.580            | 29.370   | 10.126        | 4.050  | 14.0126 |
| 2005 | 121.414           | 24.963   | 7.300         | 7.581  | 16.1258 |
| 2006 | 107.175           | 25.563   | 9.760         | 6.335  | 14.8833 |

Foram consideradas 3 classes de produtividade de solos para o Estado de Minas Gerais. Considerou-se também que os plantios estão distribuídos em diferentes proporções nessas classes, de forma que 50% dos plantios estão na classe produtiva mais baixa, 30% na classe média e 20% na classe de boa produtividade. Para cada classe produtiva foram utilizados os dados de incremento médio anual determinados por Silva (2007), conforme Tabela 7.

**Tabela 7** – Tabela de produção (em  $C_{\text{fuste}}/\text{ha}$ ) para *Eucalyptus grandis*, em que CF = estoque total de carbono no fuste por hectare e IMA = incremento médio anual.

| Idade<br>(meses) | Classe ruim  |             | Classe média |             | Classe boa   |              |
|------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
|                  | CF           | IMA         | CF           | IMA         | CF           | IMA          |
| 24               | 2,76         | 1,38        | 8,98         | 4,49        | 15,72        | 7,86         |
| 36               | 9,63         | 3,21        | 23,17        | 7,72        | 36,88        | 12,29        |
| 48               | 18,00        | 4,50        | 37,22        | 9,30        | 56,48        | 14,12        |
| 60               | 26,19        | 5,24        | 49,46        | 9,49        | <b>72,94</b> | <b>14,59</b> |
| 72               | 33,63        | 5,60        | <b>59,79</b> | <b>9,96</b> | 86,50        | 14,42        |
| 84               | 40,20        | 5,74        | 68,46        | 9,78        | 97,70        | 13,96        |
| 96               | <b>45,96</b> | <b>5,75</b> | 75,78        | 9,47        | 107,05       | 13,38        |
| 108              | 51,01        | 5,67        | 82,00        | 9,11        | 114,93       | 12,77        |

\* em negrito: idade técnica de corte

Dessa forma, o cálculo do carbono estocado na floresta foi estimado multiplicando-se a área de plantio (considerando as três qualidades de sítio), de um determinado ano, pelo incremento médio anual correspondente à idade em que se encontrava o plantio, até o sétimo ano. Ou seja, a cada ano a área de plantio foi multiplicada pelo IMA correspondente à idade que a floresta foi plantada (em carbono, conforme Tabela 7). Para a área de plantio de cada ano subsequente foi aplicado o mesmo cálculo, sendo que o estoque final de carbono é representado pelo somatório do carbono estocado nos plantios realizados nos diferentes anos e nos diferentes sítios.

Vale ressaltar que o cálculo considerou o ciclo de corte de cada floresta, sendo que a partir do corte o estoque daquela floresta não mais foi considerado no somatório. O ciclo de cada floresta é determinado em função do máximo IMA, de forma que nos diferentes sítios o ponto de corte da floresta ocorre em períodos diferentes. Assim, para cada sítio foi considerada uma idade de corte diferente (ex.: classe ruim - ciclo com 96 meses, classe média - ciclo com 72 meses e classe boa - ciclo com 60 meses).

**Tabela 8** – Evolução do estoque de carbono nos plantios anuais (em toneladas de carbono e toneladas de carbono equivalente – CO<sub>2</sub> eq) em florestas plantadas.

| Ano  | estoque de C | Co2 eq        |
|------|--------------|---------------|
| 1997 | 255.495,55   | 937.668,65    |
| 1998 | 640.403,89   | 2.350.282,28  |
| 1999 | 1.052.747,34 | 3.863.582,75  |
| 2000 | 1.431.724,25 | 5.254.427,98  |
| 2001 | 1.675.433,33 | 6.148.840,30  |
| 2002 | 1.882.715,23 | 6.909.564,91  |
| 2003 | 2.139.558,87 | 7.852.181,06  |
| 2004 | 2.549.438,47 | 9.356.439,20  |
| 2005 | 3.215.263,32 | 11.800.016,40 |
| 2006 | 4.238.324,11 | 15.554.649,48 |
| 2007 | 5.474.039,81 | 20.089.726,10 |
| 2008 | 6.563.192,10 | 24.086.915,02 |

Além da área anual reflorestada foi feito o cálculo do carbono estocado sobre a área de plantio total no estado. Segundo dados da Associação Mineira de Silvicultura - AMS, Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS e Instituto Estadual de Florestas - IEF, a área total reflorestada com eucaliptos em Minas Gerais em 2006 é de 1.083.744,00.

Da mesma forma como foi feito anteriormente, esta área foi dividida proporcionalmente entre os diferentes sítios, bem como foi considerado que estes plantios estão em diferentes idades, de modo que, para cada sítio, a área de plantio foi dividida pelo número de anos do ciclo de corte. Feito isto, os valores de área foram multiplicados pelos respectivos IMA's correspondentes tanto ao sítio quanto a idade.

**Tabela 9** - Estoque de carbono na área atual de plantio florestal (em toneladas de carbono e toneladas de carbono equivalente – CO<sub>2</sub> eq) em Minas Gerais.

| classe       | área             | Estoque de C        | CO2 eq            |
|--------------|------------------|---------------------|-------------------|
| ruim         | 541.872          | 1.891.137,78        | 6.940.476         |
| média        | 325.123          | 2.219.507,71        | 8.145.593         |
| boa          | 216.749          | 2.118.069,27        | 7.773.314         |
| <b>Total</b> | <b>1.083.744</b> | <b>6.228.714,77</b> | <b>22.859.383</b> |

## 5. Conclusões

A pecuária bovina (corte e leite) sempre foi apontada como atividade altamente poluidora, não só pelas emissões de metano, como também pela forma de exploração, que inclui, por vezes o desmatamento de áreas.

Este trabalho considerou apenas a pecuária bovina leiteira cujo efetivo de vacas ordenhadas, no País, é sete vezes inferior ao efetivo de bovino de corte.

Com os dados levantados observou-se que, para o Estado de Minas Gerais, as emissões de metano provenientes da pecuária leiteira foram estimadas em 274,2 Gg em 1996 e 315,3 Gg em 2006, sendo que 235,50 Gg e 300,34, respectivamente, foram atribuídos à fermentação entérica e 11,72 Gg e 14,94, respectivamente, aos sistemas de manejo de dejetos animais.

Em termos de carbono equivalente, uma vez que 1 ton de metano equivale a 23 ton de carbono equivalente, representa dizer que as emissões da pecuária leiteira no estado de Minas Gerais totalizaram 5.685,83 Gg em 1996 e 7.245 Gg em 2006, sendo que 5.416,50 Gg e 6.907,82 Gg, respectivamente, foram atribuídos à fermentação entérica e 269,56 Gg e 343,62 Gg aos sistemas de manejo de dejetos animais.

Em contrapartida neste período, a atividade de reflorestamento em Minas Gerais foi responsável pela captura de 937 Gg de carbono equivalente no ano de 1996 e 15.554 Gg em 2006, mostrando assim um balanço energético positivo no Estado.

Para um balanço energético mais preciso, que não foi objetivo deste trabalho, deveriam ter sido levados em consideração também o carbono absorvido pelas pastagens, bem como o carbono estocado no solo sob pastagens e plantios florestais.

## 6. Comentários Finais

A falta de dados necessários a uma caracterização das populações de gado (distribuição por categorias, pesos vivos, consumo de alimento, digestibilidade de alimentos e outros parâmetros) constituiu um dos problemas enfrentados na estimativa das emissões de metano por esses animais. Em geral, dados sobre o peso vivo de animais, consumo de alimento, produção de dejetos e consumo de energia, entre outros parâmetros, não estavam disponíveis. Continua existindo uma

incerteza significativa na estimativa de emissões deste relatório. A variabilidade das emissões, por categoria de animal, sob diferentes condições climáticas, deveria ser investigada em um país com as proporções do Brasil.

Dados estatísticos sobre a disposição e sistemas de tratamento de dejetos animais não estão disponíveis no país, baseando-se este relatório nas informações levantadas em consultas com especialistas na área. Essas informações muitas vezes não se enquadraram nas opções apresentadas no método do IPCC, como ocorreu no caso de dejetos suínos. Em 1990, não havia tratamento de resíduos desses animais no país, sendo que somente a partir de 1994 deu-se início ao Programa de Expansão e Tratamento de Dejetos do Estado de Santa Catarina, como forma de atender às normas de controle ambiental e às exigências do mercado.

Ressalta-se a necessidade de se efetuar estimativas das emissões de metano em um nível de maior detalhe, estratificando-se as categorias e sub-populações de animais em função dos sistemas de produção praticados nas diferentes regiões do país, a fim de relacionar as informações zootécnicas com componentes socioeconômicos. Para isso, há a necessidade de se criar um programa de levantamento de dados básicos junto aos órgãos municipais, que permita o delineamento de um perfil mais preciso das características animais no país.

## 7. Bibliografia consultada

AROEIRA, L.J.M. *Estimativas de consumo de Gramíneas Tropicais*. In: *Simpósio Internacional de digestibilidade em Ruminantes*. TEIXEIRA, Júlio César, ed. Lavras: UFLA-FAEPE, 1997. (pág. 127-163)

BORTOLETO, E. E.; Chabaribery, D., 1998. *Leite e derivados: entraves e potencialidades na virada do século*. *Informações Econômicas*, v. 28, n. 9, set.

CAVALCANTE, A. L., 1997. *Pecuária de Leite: a hora do profissionalismo*. *Manchete Rural*, Rio de Janeiro, n. 118: p. 52-57, abr.

COSTA, N.L.; Magalhães, J.A.; Tavares, A.C.; Townsend, C.R.; Pereira, R.G. de A.; Silva Netto, F.G. da. 1996. *Diagnóstico da pecuária em Rondônia*. Porto Velho: Embrapa - CPAF - Rondônia, 34p. (EMBRAPA - CPAF - Rondônia. Documentos, 33).

CRUZ, G. M.; Alencar, M. M.; Tullio, R. R., 1997. *Produção e composição do leite de vacas das raças Canchim e Nelore*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Vicososa, MG, v. 26, n. 5, p. 887-893.

DE JODE, A., 1995. *Assessing national livestock populations for the production of methane emission inventories*. Environmental Monitoring and Assessment, v. 38, n. 2-3, p. 217-229.

DUKES, H.H.; Swenson, M.J., 1977. *Fisiologia de los animales domesticos. Funciones vegetativas*. Madrid: Aguilar (p. 1054).

EPAGRI, 1995. *Aspectos práticos do manejo de dejetos suínos*. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPISA. 106p.

FNP. Anualpec 1997. *Anuário da pecuária brasileira*. São Paulo: FNP.

GOTTSCHALL, C.S., 1999. *Impacto nutricional na produção de carne – curva de crescimento*. In: *Produção de Bovinos de Corte*. Coord. by Lobato, J. F. O., Barcellos, J. O. J., Kessler, A. M. p. 169-192.

FAO. Banco de dados: <http://www.fao.org>.

IBGE(a), 1988. *Anuário estatístico do Brasil: 1987/88*. Rio de Janeiro: IBGE, v. 48.

IBGE(a), 1989. *Anuário estatístico do Brasil: 1989*. Rio de Janeiro: IBGE, v. 49.

IBGE(a), 1990. *Anuário estatístico do Brasil: 1990*. Rio de Janeiro: IBGE, v. 50.

IBGE(a), 1991. *Anuário estatístico do Brasil: 1991*. Rio de Janeiro: IBGE, v. 51.

IBGE(a), 1992. *Anuário estatístico do Brasil: 1992*. Rio de Janeiro: IBGE, v. 52.

IBGE(a), 1993. *Anuário estatístico do Brasil: 1993*. Rio de Janeiro: IBGE, v. 53

IBGE(a), 1994. *Anuário estatístico do Brasil: 1994*. Rio de Janeiro: IBGE, v. 54.

IBGE(a), 1995. *Anuário estatístico do Brasil: 1995*. Rio de Janeiro: IBGE, v. 55.

IBGE(b), 1986. *Produção da pecuária municipal (PPM) - 1986*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE(b), 1987. *Produção da pecuária municipal (PPM) - 1987*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE(b), 1988. *Produção da pecuária municipal (PPM) - 1988*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE(b), 1989. *Produção da pecuária municipal (PPM) - 1989*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE(b), 1990. *Produção da pecuária municipal (PPM) - 1990*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE(b), 1991. *Produção da pecuária municipal (PPM) - 1991*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE(b), 1992. *Produção da pecuária municipal (PPM) - 1992*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE(b), 1993. *Produção da pecuária municipal (PPM) - 1993*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE(b), 1994. *Produção da pecuária municipal (PPM) - 1994*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE(b), 1995. *Produção da pecuária municipal (PPM) - 1995*. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE(c), 1991. *Censo agropecuário: Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE. (Censos Econômicos de 1985).

IBGE(d), 1996. *Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA* (<http://www.ibge.gov.br/sidra>).

IMMIG, I., 1996. *The rumen and hindgut as source of ruminant methanogenesis*. Environmental Monitoring and Assessment., v. 42, n. 1-2, p. 57-72.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. *Normais climatológicas: 1931-1990*. (<http://web.inmet.gov.br/.../.../port/climat/tmed.htm> (consultado em 1997)).

IPCC, 1995. *Climate Change 1994. Radiative Forcing of Climate Change*. Cambridge: University Press. 339p.

IPCC, OECD, IEA., 1996. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* Bracknell: IPCC.

JENSEN, B.B., 1996. *Methanogenesis in monogastric animals*. Environmental Monitoring and Assessment, v. 42, n. 1-2, p.99-112.

JOHNSON, D.E.; Ward, G. M., 1996. *Estimates of animal methane emissions*. Environmental Monitoring and Assessment, v. 42, n. 1-2, p.133-141.

LIMA, M. A., 1976. *Tese de Mestrado apresentada à Escola de Veterinária da U.F.M.G.*, Belo Horizonte.

LOBATO, J.F.P., 1999. *Considerações efetivas sobre seleção, produção e manejo para maior produtividade dos rebanhos de cria*. In: *Produção de Bovinos de Corte*. Coord. by Lobato, J. F. O., Barcellos, J. O. J., Kessler, A. M. p.235-285.

MAARA - Secretaria de Desenvolvimento Rural, Departamento de Tecnologia e Produção Animal, Coordenadoria de Melhoramento Animal., 1995. *Sumário de touros: gado de leite*. Arquivo Zootécnico Nacional. Brasília: v. 1, 35p.

MATTOS, W. R. S., 1995. *Sistemas de alimentação de vacas em produção*. In: *Nutrição de Bovinos*. Ed. PEIXOTO, A. M. et al. Piracicaba: FEALQ. p. 119-142.

MINAS GERAIS, 1995. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Cenário futuro do negócio agrícola de Minas Gerais - Cenário futuro para a cadeia produtiva de bovinos de corte em Minas Gerais*. Belo Horizonte, v. 5.

MINAS GERAIS, 1995. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Cenário futuro do negócio agrícola de Minas Gerais - Cenário futuro para a cadeia produtiva de bovinos de leite em Minas Gerais*. Belo Horizonte, v. 6.

MINAS GERAIS, 1995. Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Cenário futuro do negócio agrícola de Minas Gerais - Cenário futuro para a cadeia produtiva de suínos em Minas Gerais*. Belo Horizonte, v. 13.

- PEIXOTO, A. M., 1991. *Instalações e equipamentos para o confinamento de gado de corte*. In: *Confinamento de bovinos de corte*. Ed. Aristeu M. Peixoto, José C. de Moura, Vidal P. de Maia, Piracicaba: FEALQ. p.59-87.
- PEREZ, J.R.O., 1997. *Sistemas para a estimativa de digestibilidade "in vitro"*. In: *Simpósio Internacional de digestibilidade em Ruminantes*. TEIXEIRA, Júlio César Teixeira, ed. Lavras: UFLA-FAEPE (p. 55-68).
- POPPI, D.P.; McLennan, S.R., 1995. *Protein and energy utilization by ruminants at pasture*. *Journal of Animal Science*. Published by the American Society of Animal Science. v. 73, n.1, jan., p. 278-290.
- PRIMAVESI, A., 1986. *Manejo ecológico de pastagens: em regiões tropicais e subtropicais*. São Paulo: Nobel. 184p.
- REIS, J.C.L., 1998. *Pastagens em terras baixas*. Pelotas: Embrapa-CPACT. 34p. (Embrapa-CPACT – Circular Técnica, 7).
- ROSTON, A. J.; Andrade, P. de., 1992. *Digestibilidade de forrageiras com ruminantes: coletânea de informações*. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v. 21, n. 4, p. 647-666.
- SALVIANO, L.M.C.; Nunes, M.C.F.S., 1991. *Feno de Maniçoba na Suplementação de novilhos alimentados com feno de capim búfel*. Petrolina, PE: Embrapa-CPTSA, 14p. (Embrapa-CPTSA. Boletim de Pesquisa, 38).
- SILVA, R. F. *Projeção do estoque de carbono e análise da geração de créditos em povoamentos de eucalipto*. 2007. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.
- SCHERER, E.E.; Aita, C.; Baldissera, I.T., 1996. *Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante*. Florianópolis: EPAGRI. 46p. (EPAGRI. BOLETIM TÉCNICO, 79).
- U.S. Environmental Protection Agency (Washington, D.C.), 1992. *Global emissions from livestock and poultry manure*. Washington: USEPA.