

SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE

CENTRO CLIMA – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO



Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais



Centro Clima
CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE
MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

feam

FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Fundação Estadual do Meio Ambiente
Centro Clima - Universidade Federal do Rio de Janeiro

Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais

Belo Horizonte
2008



Governo do Estado de Minas Gerais

Aécio Neves da Cunha – Governador

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – Semad

José Carlos Carvalho – Secretário

Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam

José Cláudio Junqueira Ribeiro – Presidente

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento

Paulo Eduardo Fernandes de Almeida – Diretor

Instituto Estadual de Florestas – IEF

Humberto Candeias Cavalcanti – Diretor Geral

Diretoria de Desenvolvimento e Conservação Florestal

Luiz Carlos Cardoso Vale – Diretor

Fundação Estadual do Meio Ambiente

F981i

Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais / Fundação Estadual do Meio Ambiente; Centro Clima. --- Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2008.

120 p.; tab.

1. Efeito estufa - gases 2. Mudanças Climáticas
3. Inventário – Minas Gerais. 1. UFRJ / Centro Clima.
II. Título.

CDU: 551.588.74 (815.1)

Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam

Rua Espírito Santo, 495, Centro – Cep 30160-030

Belo Horizonte, Minas Gerais

Tel (31) 3219-5000

www.meioambiente.mg.gov.br

ELABORAÇÃO

Centro Clima – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Coordenação Científica:	Emilio Lèbre La Rovere, D.Sc.
Coordenação Executiva:	Alexandre Louis de A. D'Avignon, D.Sc.
Supervisão Técnica	Carolina Burle Schmidt Dubeux, D.Sc.
Equipe técnica	
Setor Energia	Claudia do Valle Costa, D.Sc. Marcelo Buzzatti William Wills, M.Sc.
Setor Processos Industriais e Uso de Produtos	Alexandre Louis de A. D'Avignon, D.Sc. Paulina Porto, M.Sc.
Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo	Anamélia Medeiros Santos, M.Sc. Rodrigo Ribas, M.Sc.
Setor Resíduos	Flávia Beatriz, M.Sc. Saulo Loureiro, M.Sc.

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Sisema

Coordenação Geral	Paulo Eduardo Fernandes de Almeida
Coordenação Técnica	Luiz Gonzaga Resende Bernardo
Supervisão Técnica	Laura Maria Jacques Leroy, M.Sc.
Equipe técnica	
Setor Energia	Edwan Fernandes Fioravante, M.Sc. Elisete Gomides Dutra, D.Sc. Laura Maria Jacques Leroy, M.Sc.
Setor Processos Industriais e Uso de Produtos	Arnaldo Abranches Mota Batista Humberto Rodrigues Lóes Ivana Carla Coelho Liliana Adriana Nappi Mateus
Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo	Benhur de Araújo Rocha Filho Danilo Rocha, M.Sc. João Paulo Mello Rodrigues Sarmento José Alberto de O. Soares Teixeira, M.Sc. Morvan Garcia Reis Waldir José Melo
Setor Resíduos	Breno Machado Gomes de Oliveira Denise Marília Bruschi Guilherme Silvino
Apoio Técnico	Bernadete Albuquerque M. C. Branco Luciana Martins Arantes Mara Adelaide Pessoa Dutra Maria Teresa de Oliveira Costa Vânia Lúcia Souza Figueiredo, M.Sc.
Estagiária	Bruna Andrade Batista
Apoio Administrativo	Alessandra Mara Santos Alves Aquiles Junio dos Santos Soraia Fiúza Paulinelli
Normalização bibliográfica	Núcleo de Documentação Ambiental

APRESENTAÇÃO

Ao anunciar minha recandidatura ao Governo do Estado de Minas Gerais apresentei o Plano de Governo para o período 2007-2010, por meio do documento intitulado “Pacto por Minas – Estratégias para a Transformação Social”. Nele fiz especial menção às ações que a equipe de governo se comprometeria a adotar.

Particularmente na área ambiental, no que tange à questão das mudanças climáticas, o compromisso focou a participação ativa do Estado nos debates sobre o tema. Nesse sentido, destaco a criação e a instalação do Fórum Mineiro de Mudanças Climáticas Globais, cuja composição foi ampliada em junho de 2007, e a reformulação do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, em dezembro de 2007, com a criação de novas câmaras temáticas, destacando-se a Câmara de Energia e Mudanças Climáticas.

Para conhecermos o perfil das emissões de gases de efeito estufa do Estado de Minas Gerais, determinei a realização deste que é o primeiro inventário estadual de emissão desses gases. As informações nele contidas constituem valioso subsídio que nos permitirá avançar na proposição da Política Estadual de Mudanças Climáticas, em articulação com a correspondente Política Nacional. Também nos orientará com relação à incorporação das questões climáticas no processo decisório inerente às políticas setoriais, estimulando a adoção de práticas e tecnologias capazes de promover a redução das emissões de gases de efeito estufa.

À comunidade científica, aos diversos setores da economia e aos cidadãos mineiros em geral, cujas contribuições o Governo de Minas sempre foi receptivo, fica aberto o espaço para sugestões.

Ao Fórum Mineiro de Mudanças Climáticas Globais e ao COPAM, por intermédio da Câmara de Energia e Mudanças Climáticas, cabe intensificar a discussão sobre o tema e apresentar propostas para formulação de políticas públicas estaduais. Em especial às políticas quanto à ampliação da cobertura florestal, ao uso eficiente de energia, água e matérias-primas, à utilização de energia limpa e renovável, à redução das emissões de gases de efeito estufa pelas atividades industriais, agropecuárias e de transporte, à utilização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, dentre outras, que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Dessa conjugação de esforços resultará, por certo, uma inestimável contribuição de Minas Gerais ao Brasil, como signatário da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima.

Aécio Neves da Cunha

Governador do Estado de Minas Gerais

SUMÁRIO EXECUTIVO

O Governo do Estado, por meio da Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM, entidade da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, apresenta o Primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais. A elaboração desse inventário reforça o compromisso assumido pelo País na Convenção Quadro das Nações Unidas e a importância que o Estado atribui à busca de um meio ambiente sustentável, tanto no âmbito local como global.

O Inventário é fundamental para que se conheça o nível de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e suas principais fontes. É um documento indispensável para a análise das questões relacionadas à intensificação do efeito estufa causado pelas atividades humanas, disponibilizando informações para a proposição de uma Política Estadual de Mudanças Climáticas e de um Plano de Ação que contemple medidas objetivas a serem adotadas para a mitigação das emissões dos GEE em Minas Gerais.

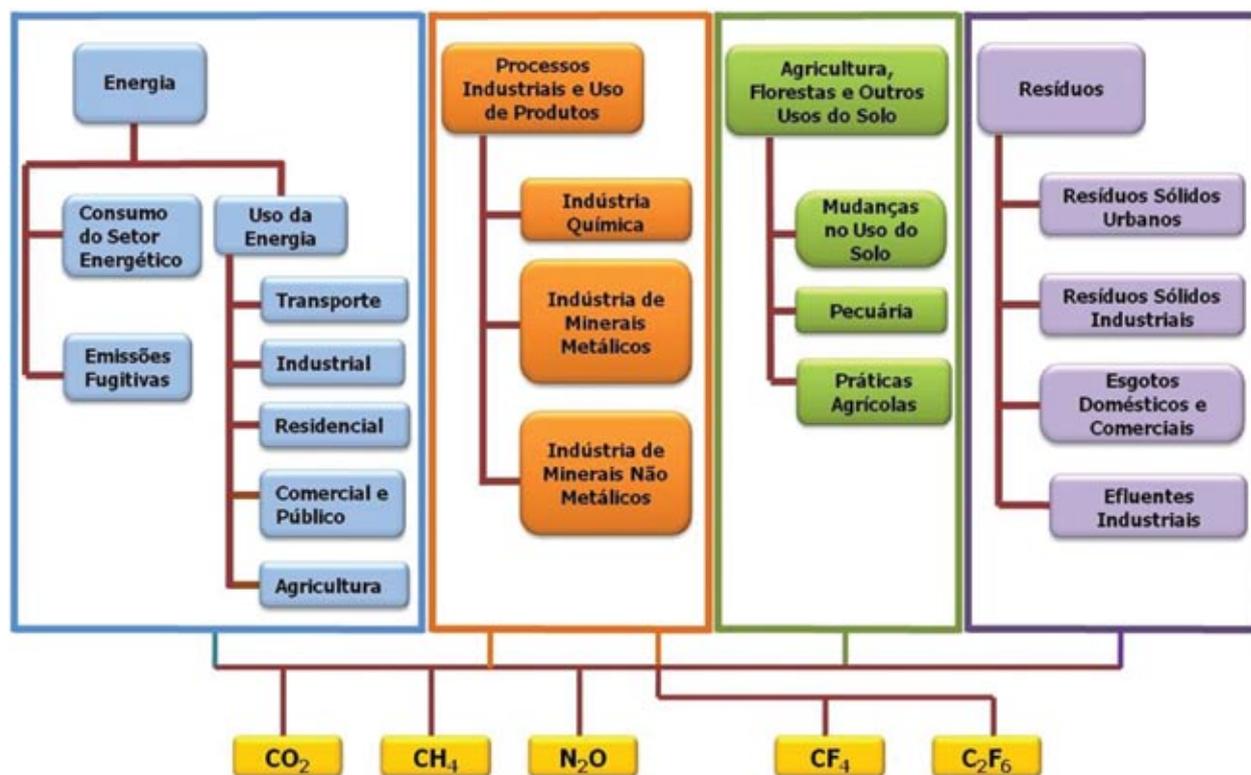
O Inventário identifica o perfil do Estado quanto às emissões de gases de efeito estufa gerado pelas atividades socioeconômicas em 2005. Utilizando a metodologia para elaboração de inventários do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Guia IPCC-2006), adaptada para a escala estadual, foram quantificadas as emissões dos gases de efeito estufa mais significativos, como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), além do perfluormetano (CF_4) e o perfluoretano (C_2F_6), emitidos em menores quantidades.

Este sumário contém as emissões, por fonte de energia, setor socioeconômico e tipo de gás, expressas em gigagramas de dióxido de carbono equivalente, Gg CO_2eq , representando o somatório de todos os gases transformados em seu equivalente em CO_2 , considerando-se seus respectivos potenciais de aquecimento global.

Setores Inventariados

O Inventário foi organizado segundo a estrutura sugerida pelo IPCC, cobrindo as emissões dos seguintes setores: “Energia”, “Processos Industriais e Uso de Produtos”, “Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo” e “Resíduos”.

Estrutura do Inventário de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais



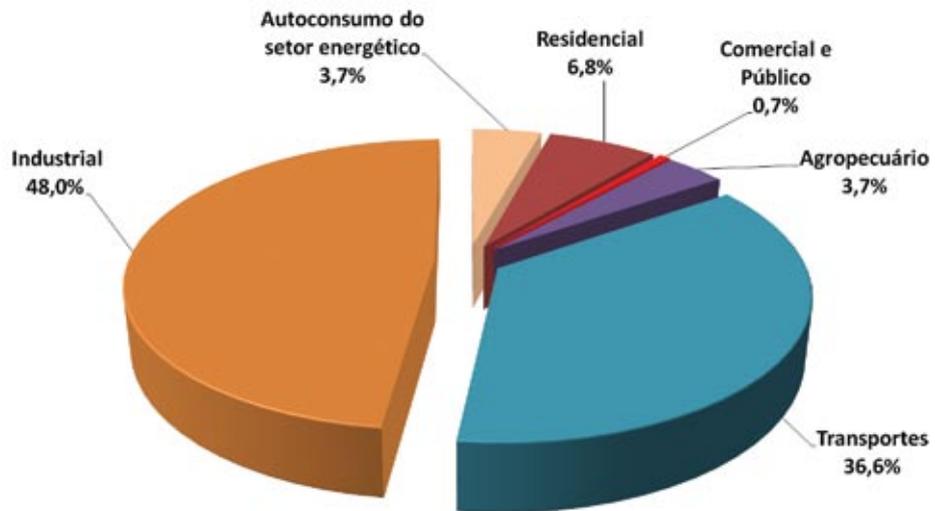
Setor Energia

Nesse setor foram consideradas as emissões devidas à produção, à transformação, ao consumo de energia e ao autoconsumo do setor energético. Além das emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis, foram incluídas as emissões resultantes de fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo, denominadas emissões fugitivas.

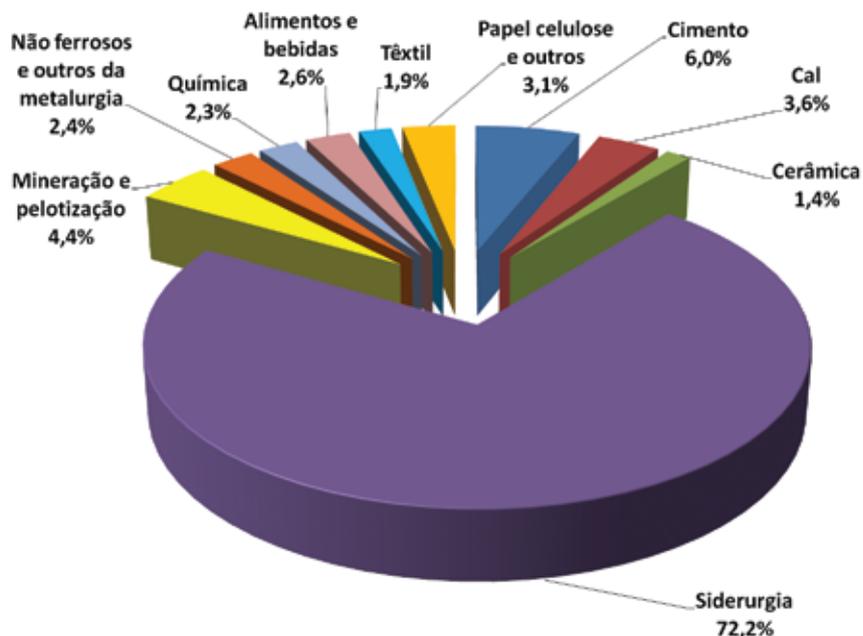
Foram incluídas as emissões de CO₂ por oxidação do carbono contido nos combustíveis durante a sua queima, seja para geração de outras formas de energia, como eletricidade, seja no consumo final. Foram contabilizadas também as emissões de CH₄ e N₂O durante o processo de combustão e as emissões fugitivas de CH₄ associadas ao petróleo e ao gás natural durante seu transporte e distribuição em dutos.

As emissões de GEE devidas ao Setor Energia somaram 45.348 Gg CO₂eq em 2005, com as emissões de CO₂ representando 94,1% desse total. O uso de energéticos na indústria foi o maior responsável pelas emissões, com 48,0% de participação, destacando-se a indústria siderúrgica, com 72,2% das emissões. A atividade de transportes foi a segunda com maior participação, 36,6%, devido, principalmente, ao modal rodoviário que emitiu 96,2% do total. As emissões fugitivas representaram apenas 0,04% do total do Setor Energia.

Participação dos setores socioeconômicos nas emissões totais do Setor Energia

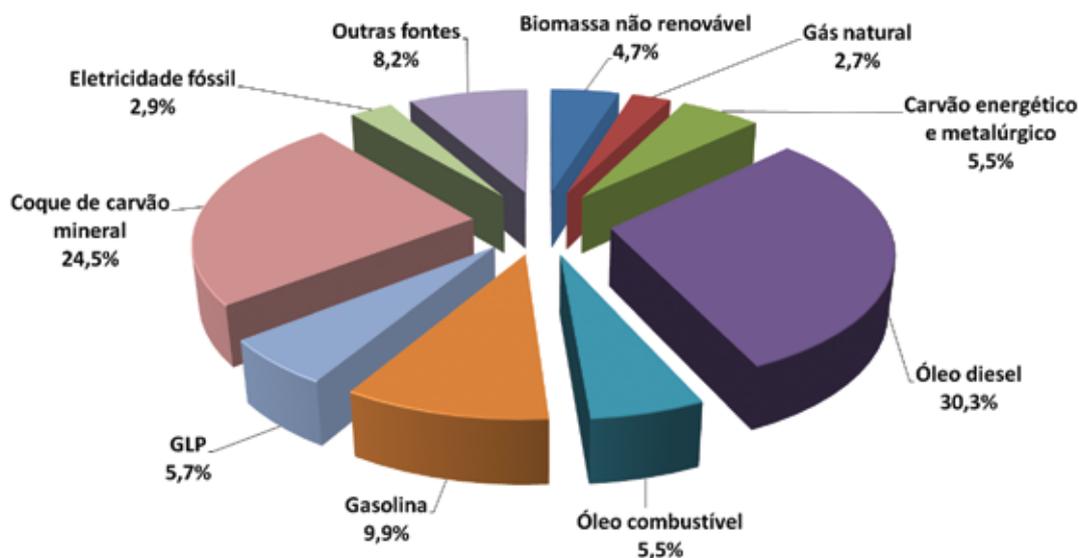


Participação dos subsectores industriais nas emissões totais do Setor Energia



Em termos de emissões por energético o uso de óleo diesel gerou os maiores níveis de emissão, com 30,3% de participação, devido ao seu uso no transportes, seguido pelo coque de carvão mineral, com 24,5%, e da gasolina, com 9,9%.

Participação dos energéticos nas emissões totais do Setor Energia

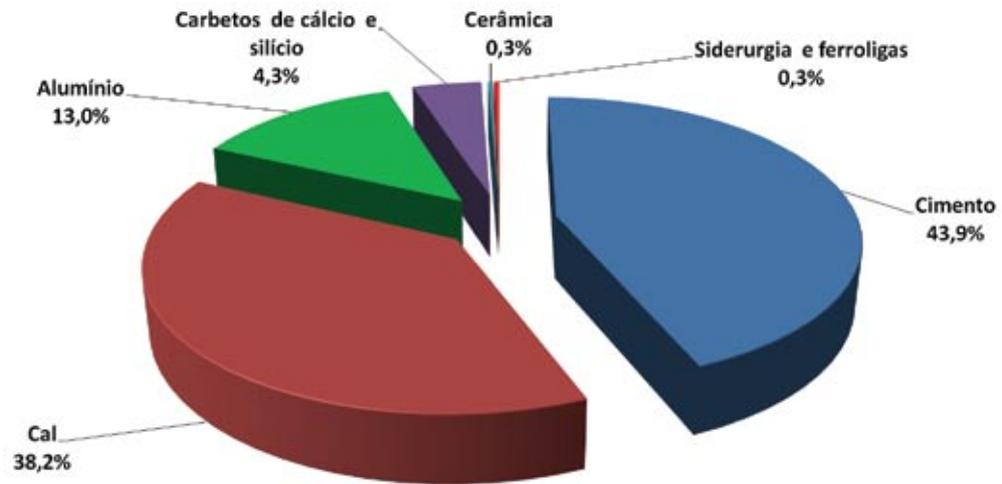


Setor Processos Industriais e Uso de Produtos

Foram estimadas nesse setor as emissões resultantes dos processos produtivos nas indústrias de produtos químicos, minerais metálicos e não metálicos. No setor produtos minerais não metálicos foram consideradas as emissões da produção de cimento, cal e cerâmica. Na indústria de minerais metálicos, as emissões dos setores de produção de ferro e aço, ferroligas, alumínio e zinco. Na indústria química, a produção de carbetos de cálcio e de carbetos de silício. Na indústria siderúrgica e de ferroligas, as emissões associadas ao processo de redução foram contabilizadas nas emissões resultantes da combustão do Setor Energia.

As emissões totais do Setor Processos Industriais e Uso de Produtos atingiram o valor de 7.086 Gg CO₂eq sendo o CO₂ responsável por 89,8% desse total. A produção de cimento foi a principal responsável pelas emissões do setor, com 43,9%, seguida pela de cal, com 38,2%, e pela de alumínio, com 13,0% de participação.

Participação dos setores socioeconômicos nas emissões totais do Setor Processos Industriais e Uso de Produtos



Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo

Na agricultura e na pecuária são vários os processos que resultam em emissões de gases de efeito estufa. A fermentação entérica dos animais ruminantes herbívoros é uma das maiores fontes de emissão de CH_4 . Os sistemas de manejo de dejetos de animais podem causar emissões de CH_4 e N_2O .

A queima de resíduos agrícolas, principalmente na cultura da cana-de-açúcar, produz emissões de CH_4 e N_2O . O CO_2 emitido, embora contabilizado, não é somado ao total de emissões porque por meio da fotossíntese a mesma quantidade foi absorvida durante o crescimento da planta.

A emissão de N_2O em solos agrícolas decorre da aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto de origem sintética quanto orgânica, e da deposição de dejetos de animais em pastagens. Os resíduos vegetais deixados no campo, fonte de nitrogênio, e o processo de fixação biológica desse elemento são fontes de emissão de N_2O . Ainda nesse setor, enquadra-se o cultivo de solos orgânicos que aumenta a nitrificação da matéria orgânica e libera N_2O .

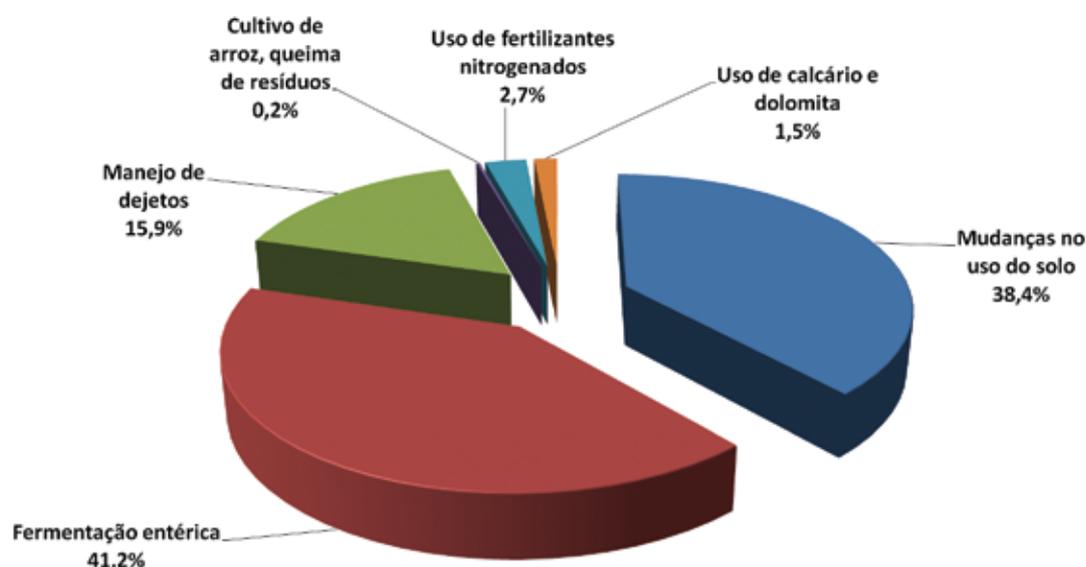
Em Florestas e Outros Usos do Solo, foram consideradas as emissões e remoções de CO_2 por mudança na quantidade de biomassa estocada em florestas plantadas. Foram consideradas as florestas plantadas com fins econômicos destinadas a suprir a indústria de celulose e papel e a indústria siderúrgica.

As mudanças nos estoques de carbono em florestas nativas, não resultantes de atividades de mudança no uso da terra, não foram contabilizadas. No entanto, foram contabilizadas as emissões resultantes da atividade de desflorestamento, com conversão ou não da área para outros usos. Foi estimada também a remoção de CO₂ devida à regeneração de áreas de vegetação nativa por abandono de terras manejadas e as remoções de áreas desflorestadas abandonadas após o corte, mesmo não tendo ocorrido a conversão para outros usos.

As mudanças no uso do solo, sobretudo quando florestas nativas são transformadas em áreas agrícolas ou em pastagens, ou ao contrário, causam mudança no conteúdo de carbono nos solos. Essa alteração depende do tipo de uso e das práticas de manejo. A essa mudança no estoque de carbono são associadas emissões e remoções de CO₂. A aplicação de calcário em solos agrícolas para combater a acidez e melhorar a fertilidade ocasiona, também, emissão de CO₂. A conversão de solos orgânicos para agricultura é normalmente acompanhada por drenagem artificial, cultivo e calagem, resultando em rápida oxidação de matéria orgânica e estabilização do solo e consequente emissão de CO₂.

O Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo foi responsável pela emissão de 63.221 Gg CO₂eq. O principal gás emitido foi o CH₄ (42,4%), seguido do CO₂ (39,9%) e do N₂O (17,7%). A fermentação entérica foi a principal emissora, com participação de 41,2%, que somada ao manejo de dejetos eleva a participação da pecuária para 57,1% das emissões totais do setor. Em seguida, tem-se a mudança no uso do solo, com 38,4% de participação.

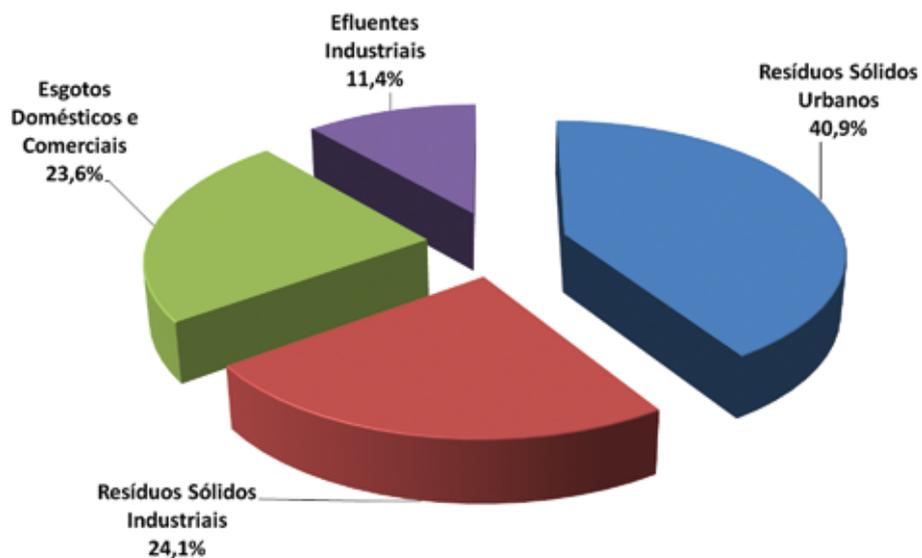
Participação das fontes nas emissões totais do Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo



Setor Resíduos

O Setor Resíduos compreende os resíduos sólidos urbanos e industriais e os efluentes comerciais, domésticos e industriais. A disposição dos resíduos sólidos urbanos em aterros propicia condições anaeróbias que geram CH_4 . Efluentes com um alto teor de material orgânico têm um alto potencial de emissão de CH_4 , em especial os esgotos domésticos e comerciais, os efluentes da indústria de alimentos e bebidas e os da indústria de papel e celulose. No caso dos esgotos domésticos, em função do conteúdo de nitrogênio na alimentação humana, ocorrem ainda as emissões de N_2O .

Participação das fontes nas emissões totais do Setor Resíduos

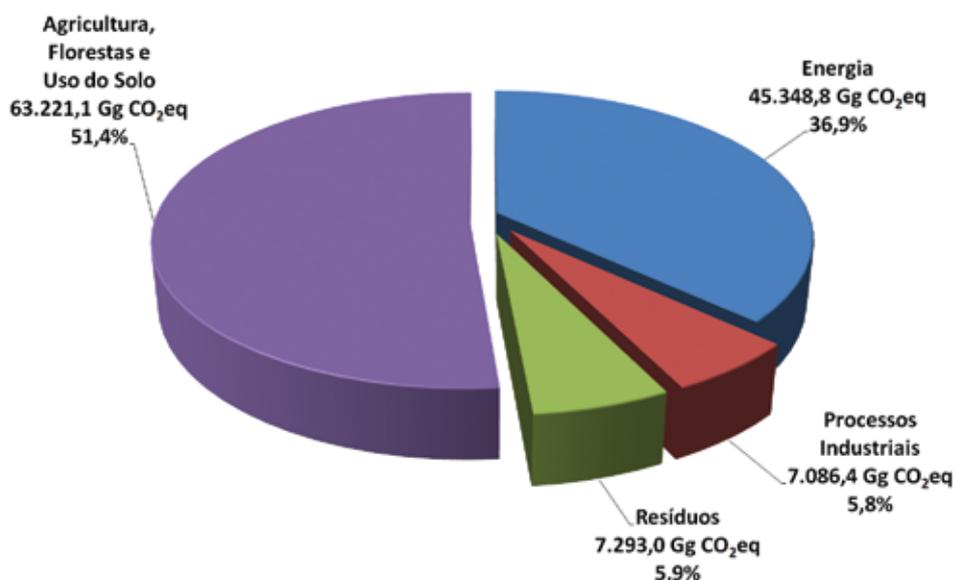


O Setor Resíduos emitiu 7.294 Gg CO_2eq , sendo 65,0% provenientes dos resíduos sólidos e 35,0% dos efluentes industriais, domésticos e comerciais. Os resíduos sólidos urbanos foram os que mais contribuíram para a emissão de gases de efeito estufa, com participação de 40,9% do total e o CH_4 foi o principal gás emitido, com participação de 82,9%.

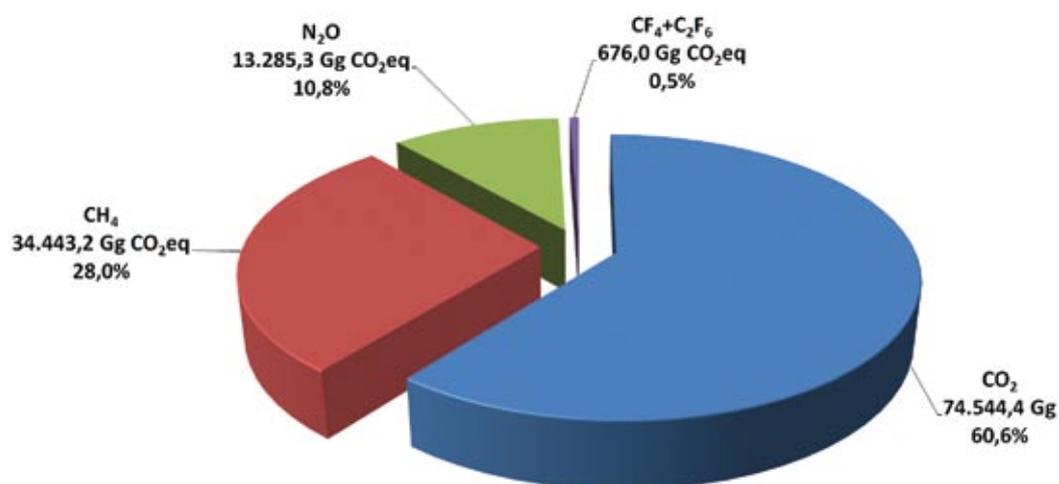
Considerando-se todos os setores, conclui-se que em Minas Gerais o Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo foi o maior emissor de gases de efeito estufa, com 51,4%, valor este devido principalmente à agropecuária. Em segundo lugar está o Setor Energia, com 36,9%, devido à queima de combustíveis fósseis na indústria e em transportes.

Em termos de gases de efeito estufa emitidos, o CO_2 contribuiu com 60,6%, o CH_4 com 28,0% e o N_2O com 10,8% do total.

Participação dos setores nas emissões totais de gases de efeito estufa (valores em Gg CO₂eq)



Participação dos gases de efeito estufa nas emissões totais (valores em Gg CO₂eq)



Principais Resultados em 2005

- As emissões totais de gases de efeito estufa em Minas Gerais, em 2005, foram de 122.950 Gg de CO₂eq.
- O CO₂ foi o gás de efeito estufa emitido em maior quantidade, tendo sido responsável por 60,6% das emissões totais.
- As maiores parcelas das emissões líquidas de CO₂ foram provenientes dos setores Energia, 57,2%, e Agricultura, Florestas e Outros Uso do Solo, 33,9%.

- No Setor Energia, a indústria foi responsável por 48,0% e a atividade de transportes por 36,6% das emissões. A siderurgia foi responsável por 72,7% das emissões do uso de energéticos na indústria.
- No Setor Processos Industriais e Uso de Produtos, as indústrias de cimento e cal foram as principais emissoras de CO₂, com participações de 43,9% e 38,2%, respectivamente.
- No setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo, a conversão de florestas para outros usos foi responsável pela maior parcela da emissão total de CO₂, 96,3%, estando aí incluídas as remoções de CO₂ pela regeneração de áreas abandonadas e a mudança do estoque de carbono nos solos.
- O Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo foi o maior emissor de CH₄, com 77,8% de participação. As principais emissões foram decorrentes da fermentação entérica do rebanho de ruminantes, principalmente bovino, que contribuiu com 97,2%.
- As emissões do Setor Resíduos representaram 17,6% do total das emissões de CH₄, sendo a disposição de resíduos sólidos urbanos responsável por 49,3% do total do setor.
- As emissões de N₂O ocorreram, predominantemente, no setor Agropecuário, Florestas e Outros Usos do Solo (84,3%), pela deposição de dejetos de animais em pastagens e, em menor escala, pela aplicação de fertilizantes em solos agrícolas.
- A participação de energia renovável na matriz energética de Minas Gerais foi elevada em função da geração de eletricidade a partir de hidrelétricas e de bagaço de cana-de-açúcar, pelo uso de álcool no transporte automotivo e pelo uso do carvão vegetal na indústria.
- As emissões de CO₂ da biomassa renovável queimada com fins energéticos foram de 53.570 Gg CO₂. Este valor não foi computado nas emissões totais do Estado uma vez que o CO₂ emitido foi absorvido durante o ciclo de crescimento das plantas. Seu uso evitou emissões que ocorreriam caso fossem utilizados, para a mesma finalidade, combustíveis de origem fóssil.
- As emissões per capita do Estado, considerando-se a população mineira de 19,3 milhões de habitantes foram, em 2005, de 6,4 t CO₂eq por habitante.
- O resultado econômico das emissões de GEE, avaliado dividindo-se seu respectivo valor pelo PIB de 2005, mostra que a atividade de serviços emitiu 250 kg CO₂eq por R\$1.000,00 produzidos. Essa mesma correlação para a indústria mostra que foram emitidos 610 kg CO₂eq por R\$1.000,00 produzidos e, para a Agropecuária, incluindo Florestas e Outros Usos do Solo, 3.550 kg CO₂eq por R\$1.000,00 produzidos. Considerando-se toda a economia de Minas Gerais no ano de 2005, para cada R\$1.000,00 produzidos foram emitidos 640 kg CO₂eq.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – O efeito estufa	24
Figura 2.1 – Setores inventariados e os respectivos GEE	34
Figura 2.2 – Estrutura do inventário: setores, subsetores e respectivos GEE	34
Figura 3.1 – Participação dos setores inventariados nas emissões de GEE	38
Figura 3.2 – Participação dos gases inventariados no total das emissões	38
Figura 4.1 – Emissões do setor de energia em percentual de contribuição de cada tipologia	51
Figura 4.2 – Energia consumida por subsetor e por fonte	52
Figura 4.3 – Consumo setorial de energia	52
Figura 4.4 – Participação do consumo de energia por fontes	53
Figura 4.5 – Energia consumida por modais de transportes	54
Figura 4.6 – Participação dos modais no consumo do setor transportes	54
Figura 4.7 – Participação das fontes no consumo do setor transportes	55
Figura 4.8 – Energia consumida por subsetores industriais e por fonte	56
Figura 4.9 – Participação dos subsetores no consumo total do setor industrial	56
Figura 4.10 – Participação das fontes no consumo do setor industrial	57
Figura 4.11 – Emissões totais de energia, por subsetores e por fonte	59
Figura 4.12 – Participação dos subsetores nas emissões totais do Setor Energia	60
Figura 4.13 – Participação das fontes nas emissões totais do Setor Energia	60
Figura 4.14 – Participação dos modais nas emissões do subsetor transportes	61
Figura 4.15 – Participação dos combustíveis no subsetor transportes	61
Figura 4.16 – Participação das tipologias no total das emissões do subsetor industrial	62
Figura 4.17 – Participação dos combustíveis nas emissões do subsetor industrial	62
Figura 4.18 – Participação dos GEE nas emissões totais do Setor Energia	68
Figura 5.1 – Emissões de CO ₂ do subsetor indústria de minerais não metálicos	76
Figura 5.2 – Participação dos subsetores de IPPU nas emissões de GEE	80
Figura 6.1 – Emissões de GEE do Setor AFOLU	85
Figura 6.2 – Emissões e sequestro de CO ₂ por tipologia florestal (Gg CO ₂)	97
Figura 7.1 – Participação dos subsetores do Setor Resíduos nas emissões de GEE	103
Figura 7.2 – Emissões de GEE do Setor de Resíduos	104
Figura 7.3 – Destinação final do lixo	106
Figura 7.4 – Participação das emissões por tipo de tratamento final de RSU	108
Figura 7.5 – Emissões de GEE dos efluentes líquidos por tipo de gás	110
Figura 7.6 – Emissões de GEE dos esgotos domésticos e comerciais, por destinação	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Avaliação da influência humana na ocorrência de eventos extremos associados ao aumento da concentração de GEE na atmosfera	25
Tabela 3.1 – Consolidação das emissões de gases de efeito estufa	37
Tabela 3.2 – Emissões totais de gases de efeito estufa	39
Tabela 3.3 – Emissões totais de CO ₂	41
Tabela 3.4 – Emissões totais de CH ₄	42
Tabela 3.5 – Emissões totais de N ₂ O	42
Tabela 3.6 – Emissões por valor adicionado	43
Tabela 3.7 – Emissões <i>per capita</i> – Estado de Minas Gerais e outras regiões	44
Tabela 3.8 – Estimativa das incertezas	45

Tabela 4.1 – Consolidação das emissões do uso de energia nos setores socioeconômicos	49
Tabela 4.2 – Consumo de combustíveis e eletricidade nos setores socioeconômicos (1.000 tEP)	50
Tabela 4.3 – Emissões em CO ₂ nos setores socioeconômicos – Emissões totais do Estado considerando combustíveis fósseis e biomassa (Gg CO ₂ eq)	58
Tabela 4.4 – Emissões de CO ₂ da queima de biomassa renovável nos diversos setores socioeconômicos	64
Tabela 4.5 – Emissões fugitivas de gás natural	65
Tabela 4.6 – Emissões totais do Setor Energia por combustível	66
Tabela 4.7 – Emissões totais do Setor Energia	66
Tabela 4.8 – Emissões totais do Setor Energia, por fonte e por gás de efeito estufa	67
Tabela 4.9 – Emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis fósseis e de biomassa não renovável	69
Tabela 5.1 – Consolidação das emissões do Setor Processos Industriais e Uso de Produtos	73
Tabela 5.2 – Tipologias de processos industriais	74
Tabela 5.3 – Produção dos subsetores cujas atividades foram consideradas no inventário	75
Tabela 5.4 – Emissões de GEE do subsetor indústria de minerais não metálicos	76
Tabela 5.5 – Emissões de GEE do subsetor indústria química	77
Tabela 5.6 – Emissões GEE do subsetor indústria de minerais metálicos	80
Tabela 5.7 – Emissões de GEE do Setor IPPU	81
Tabela 6.1 – Principais culturas, áreas ocupadas e respectiva produção total	86
Tabela 6.2 – Emissões de GEE do cultivo de arroz em casca	86
Tabela 6.3 – Emissões de GEE da queima da palha da cana-de-açúcar	87
Tabela 6.4 – Emissões diretas de N ₂ O por solos agrícolas	88
Tabela 6.5 – Emissões indiretas de N ₂ O por solos agrícolas	88
Tabela 6.6 – Emissões de CO ₂ no uso de calcário	89
Tabela 6.7 – População dos rebanhos mineiros e nacionais em 2005	90
Tabela 6.8 – Emissões de metano de animais de criadouro	91
Tabela 6.9 – Emissões de N ₂ O do manejo de dejetos	91
Tabela 6.10 – Emissões de CH ₄ e N ₂ O da pecuária	92
Tabela 6.11 – Participação das principais categorias de cobertura vegetal	94
Tabela 6.12 – Variação da cobertura vegetal	94
Tabela 6.13 – Emissões líquidas de GEE do uso do solo	96
Tabela 6.14 – Emissões e sequestro de CO ₂	98
Tabela 6.15 – Emissões líquidas de GEE das áreas agrícolas e pastagens	98
Tabela 6.16 – Síntese das emissões de AFOLU	99
Tabela 7.1 – Produção e destino dos resíduos sólidos urbanos por região de planejamento	105
Tabela 7.2 – Distribuição total dos resíduos sólidos urbanos por disposição final	106
Tabela 7.3 – Emissões de GEE de RSU por região de planejamento	107
Tabela 7.4 – Emissões de GEE de RSU por tipo de tratamento final	107
Tabela 7.5 – Destinação dos resíduos sólidos industriais	109
Tabela 7.6 – Emissões de GEE dos resíduos sólidos industriais por destinação final	109
Tabela 7.7 – Emissões de GEE de resíduos sólidos industriais e urbanos	109
Tabela 7.8 – Emissões totais de gases de efeito estufa dos efluentes líquidos	110
Tabela 7.9 – População atendida segundo a forma de disposição de esgoto sanitário	111
Tabela 7.10 – Emissões de metano de esgotos domésticos e comerciais	111
Tabela 7.11 – Emissões de N ₂ O devidas a esgotos domésticos e comerciais	112
Tabela 7.12 – Total de emissões de GEE de esgotos domésticos e comerciais	113
Tabela 7.13 – Emissões de GEE em função das diferentes destinações dos esgotos domésticos e comerciais	113
Tabela 7.14 – Emissões de metano de efluentes industriais	114
Tabela 7.15 – Emissões de óxido nitroso de efluentes industriais	114
Tabela 7.16 – Emissões totais de GEE de efluentes industriais	115
Tabela 7.17 – Emissões de GEE do Setor Resíduos	115

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. QUESTÕES METODOLÓGICAS	29
2.1. Contextualização	30
2.2. Metodologia Adotada	32
3. RESULTADOS DO INVENTÁRIO	35
3.1. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Setor	36
3.2. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Gás	38
3.3. Emissões por Valor Adicionado	43
3.4. Comparação dos Resultados com Outros Inventários	43
3.5. Estimativa das Incertezas	44
4. SETOR ENERGIA	47
4.1. Uso de Energia	49
4.2. Emissões do Setor Energia	57
4.3. Emissões da Biomassa Renovável	63
4.4. Emissões Fugitivas	64
4.5. Emissões de <i>Bunker</i>	65
4.6. Totalização dos Resultados do Setor Energia	65
5. SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS	71
5.1. Subsetor Indústria de Minerais Não Metálicos	75
5.2. Subsetor Indústria Química	77
5.3. Subsetor Indústria de Minerais Metálicos	78
5.4. Totalização das Emissões de IPPU	80
6. SETOR AGRICULTURA, FLORESTAS E OUTROS USOS DO SOLO	83
6.1. Subsetor Agricultura	86
6.2. Subsetor Pecuária	89
6.3. Subsetor Florestas e Outros Usos do Solo	93
6.4. Totalização das Emissões de AFOLU	99
7. SETOR RESÍDUOS	101
7.1. Resíduos Sólidos Urbanos	104
7.2. Resíduos Sólidos Industriais	108
7.3. Efluentes Líquidos	110
7.4. Esgotos Domésticos e Comerciais	111
7.5. Efluentes Industriais	114
7.6. Totalização das Emissões do Setor de Resíduos	115
8. REFERÊNCIAS	117
9. ANEXO – EMPRESAS E ENTIDADES CONSULTADAS	119

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Este documento apresenta as informações referentes ao Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais, ano base 2005. Trata-se de iniciativa pioneira do governo estadual, sendo Minas Gerais o segundo Estado da União a executar um trabalho dessa natureza.

Os resultados deste inventário permitem conhecer o perfil do Estado com relação às emissões de gases causadores do efeito estufa. As informações proporcionadas por um trabalho de tamanha relevância não devem ficar restritas aos órgãos e entidades do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. É de fundamental importância que sejam compartilhadas com a sociedade mineira e brasileira, pois poderão contribuir para promover uma maior participação dos cidadãos nas ações de mitigação das emissões desses gases, bem como para alertá-los sobre a necessidade de adaptação às mudanças climáticas globais.

O aquecimento global e as alterações climáticas tornaram-se questões essenciais ao desenvolvimento sustentável. Iniciativas governamentais, em diversos países, têm sido voltadas ultimamente para a redução ou compensação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio de ações que incluem, desde a elaboração de inventários de emissões, até a proposição de programas para adaptação às mudanças climáticas.

Regulamentação adequada e estímulo a uma atuação responsável em relação a essa questão só são possíveis quando se conhece o perfil das emissões de responsabilidade do país, do estado da Federação ou do município, dependendo da esfera de governo em que se pretende atuar.

Um inventário de GEE serve a vários objetivos, desde a gestão de riscos de emissões, até a identificação de oportunidades de redução, remoção ou compensação, passando por estímulo a programas voluntários de implementação dessas práticas, aprimoramento regulatório, participação em mercados de GEE e reconhecimento de pioneirismo e antecipação de medidas.

A realização deste inventário estadual de emissões de GEE é um marco institucional importante, porque contribui para que o Brasil cumpra seus compromissos como Parte da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (CQNUMC), reforçando a posição de destaque que o país tem nas negociações internacionais sobre as mudanças climáticas globais.

O efeito estufa é um fenômeno natural, ou seja, existe independentemente da ação antrópica. É causado pela presença de vapor d'água e de determinados gases na atmosfera terrestre, razão pela qual são denominados gases de efeito estufa (GEE).

A temperatura média do nosso planeta seria de aproximadamente -17°C , em razão do balanço energético da sua superfície com o sol, a atmosfera e o espaço, caso não houvesse a presença do vapor d'água e dos GEE, destacando-se, dentre estes, o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). É graças à presença do vapor d'água e dos gases com características "estufa", isto é, gases "transparentes" às radiações solares, mas capazes de absorver a radiação térmica refletida pela Terra, que a temperatura média do planeta se mantém, atualmente, em torno de 15°C . Sem o efeito estufa causado por mecanismos naturais, a vida, como se conhece, não poderia existir na Terra.

Sabe-se que a concentração dos GEE na atmosfera vem aumentando, de maneira especialmente intensa ultimamente, devido a determinadas atividades antrópicas, tais como queima de combustíveis de origem fóssil, decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos, introdução de alguns processos industriais, produção e manuseio de gases sintéticos. Tais atividades produzem gases capazes de provocar o efeito estufa, em especial o hexafluoreto de enxofre (SF_6), os gases da família dos hidrofluorcarbonos, genericamente ditos HFC, os gases da família dos perfluorcarbonos, genericamente ditos PFC, dentre outros (ver Diretrizes IPCC de 2006 para Inventários de GEE).

Estima-se que em 1850, época da consolidação e da expansão da Revolução Industrial, a concentração de CO_2 na atmosfera era de aproximadamente 270 ppm (partes por milhão). Atualmente, segundo o 4º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC - 2007), a concentração desse gás ultrapassa os 375 ppm, caracterizando um aumento de quase 39%. Esse incremento na concentração tem, segundo os especialistas, chances significativas de estar associado a causas antrópicas.

Assim, o grande problema a ser enfrentado atualmente é o aumento de intensidade do efeito estufa, causado por mecanismos não naturais, considerada a principal causa do aquecimento global ou do aumento da temperatura média do nosso planeta, que nos últimos 100 anos foi de $0,6^{\circ}\text{C}$, aproximadamente.

Os cientistas do IPCC prevêem que a temperatura média continue aumentando ao longo dos próximos 100 anos, no mínimo. No cenário mais otimista, estima-se que esse aumento será de $1,5^{\circ}\text{C}$, e no mais

pessimista, de 5,8°C. Para que se tenha uma noção do que esse aumento representa, a variação da temperatura média da Terra ficou em torno de 6°C desde a última era glacial até os dias de hoje, ou seja, ao longo de 12.000 anos, aproximadamente.

A Figura 1.1 mostra a dinâmica do efeito estufa causada pela presença dos GEE na atmosfera.

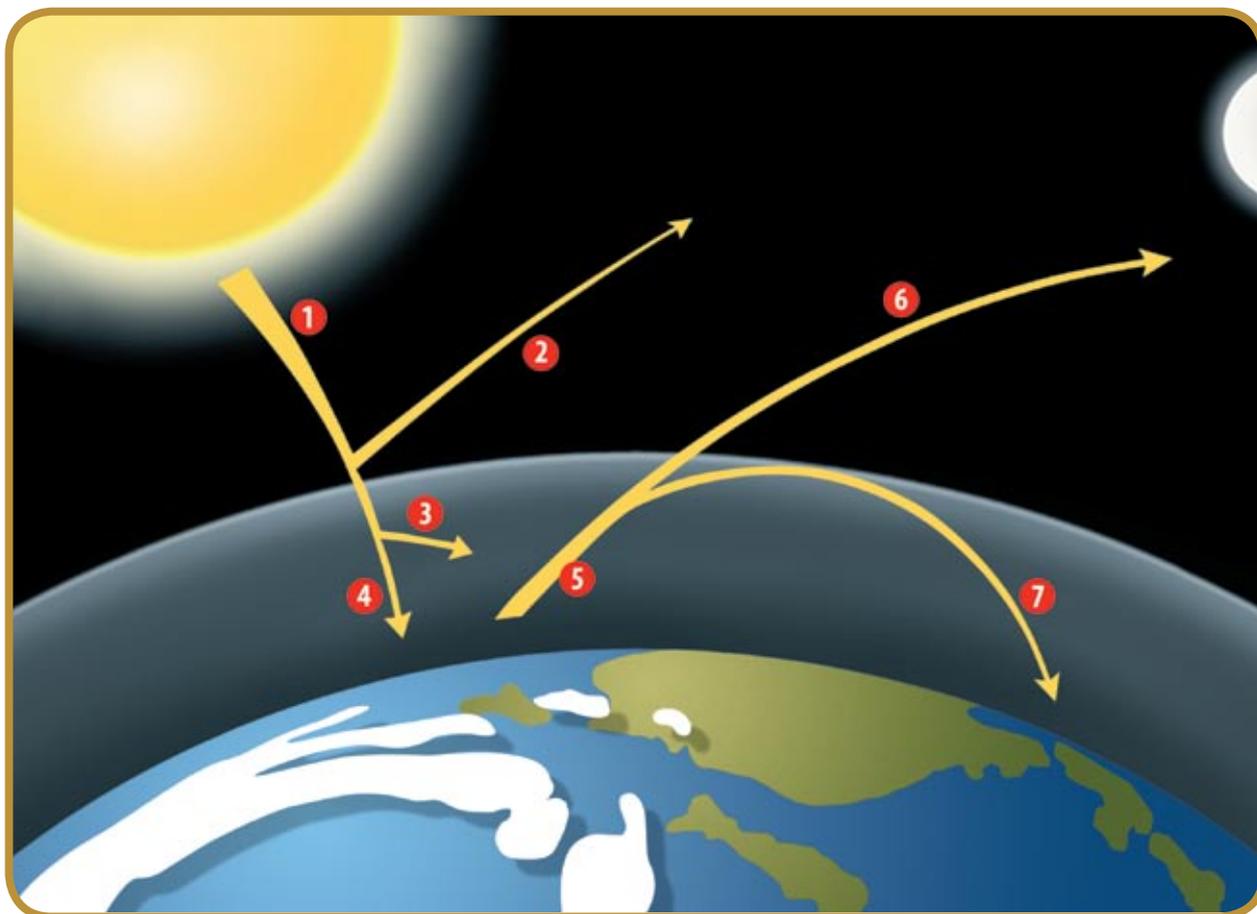


Figura 1.1 – O efeito estufa.

Fonte: elaborado a partir de <<http://www.nccnsw.org.au/member/cipse/context/>>

Grande parte da energia da Terra vem do Sol (1). Parte da energia do Sol que alcança a atmosfera terrestre é refletida de volta ao espaço antes mesmo de chegar à superfície (2), enquanto uma parte da energia na faixa dos menores comprimentos de onda é absorvida pela camada de ozônio estratosférico (3). A energia do Sol que alcança a superfície da Terra aquece-a (4). A Terra, por sua vez, reflete parte da energia recebida, mas em comprimentos de onda maiores (5). Se toda a energia refletida escapasse de volta para o espaço (6), a temperatura média da superfície da Terra seria aproximadamente -17°C e não 15°C, como atualmente. Graças à presença do vapor d'água e dos GEE na atmosfera, parte da energia refletida pela superfície da Terra fica retida, contribuindo para manter o planeta aquecido (7).

O aumento da concentração dos GEE na atmosfera poderá causar, portanto, mudanças no clima do planeta com consequências drásticas para a humanidade. Segundo o Relatório AR4 do IPCC, uma síntese dos possíveis impactos associados ao aumento da concentração dos GEE na atmosfera pela ação antrópica é resumida na Tabela 1.1.

TABELA 1.1 – AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA HUMANA NA OCORRÊNCIA DE EVENTOS EXTREMOS ASSOCIADOS AO AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE GEE NA ATMOSFERA

Fenômeno e tendência	Possibilidade de que a tendência tenha se verificado no final do século XX (a partir de 1960)	Possibilidade de contribuição humana à tendência observada	Probabilidade de tendências futuras baseadas em projeções para o século XXI
Dias e noites mais quentes em grande parte das regiões terrestres	Muito provável	Provável	Quase certo
Ondas de calor com maior frequência na maior parte das regiões terrestres	Provável	Mais provável que não provável	Quase certo
Maior frequência de ocorrência de chuvas fortes	Provável	Mais provável que não provável	Muito provável
Aumento de áreas afetadas pelo fenômeno das secas	Provável em muitas regiões desde 1970	Mais provável que não provável	Provável
Aumento de atividades de ciclones tropicais	Provável em algumas regiões desde 1970	Mais provável que não provável	Provável
Intensificação da elevação do nível do mar	Provável	Mais provável que não provável	Provável

Fonte: Relatório AR4 do IPCC - 2007.

Diante da perspectiva de surgimento de problemas ambientais, sociais e econômicos, devidos ao aumento da concentração dos GEE na atmosfera, foi estabelecida a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), em 1992, na sede das Nações Unidas, em Nova York. A CQNUMC foi aberta para adesões ainda em 1992, no Rio de Janeiro, durante o evento Cúpula da Terra e entrou em vigor em março de 1994, após ter sido atingido o número mínimo de ratificações previsto em seu artigo 23. A ratificação pelo Brasil aconteceu em fevereiro de 1994.

A CQNUMC reconheceu a grande responsabilidade dos países industrializados (países listados no seu Anexo I) pelas emissões históricas de GEE e, em razão disso, estabeleceu um compromisso desses países em

reduzir suas emissões, diferentemente dos países em desenvolvimento, como o Brasil, que ainda não têm essa obrigação (MCT/CNIB - 2004). A Convenção do Clima, como é genericamente conhecida a CQNUMC, tem como órgão supremo a Conferência das Partes (COP), composta pelos países signatários. A COP reúne-se anualmente para operacionalizar a Convenção. A primeira reunião da COP aconteceu em 1995, em Berlim, na Alemanha. A terceira reunião da COP, ocorrida em 1997, em Quioto, no Japão, foi marcante devido à adoção do Protocolo de Quioto. Até hoje foram realizadas 13 reuniões da COP sendo a penúltima em 2007, em Bali, na Indonésia, e a última, a 14ª reunião, em dezembro de 2008, em Poznan, na Polônia.

O Protocolo de Quioto, instrumento apensado à CQNUMC, foi aberto a assinaturas em março de 1998 e só entrou em vigor em fevereiro de 2005, após ter sido atingido o número mínimo de ratificações previsto em seu artigo 25. A ratificação pelo Brasil aconteceu em junho de 2002. O Protocolo estabeleceu o período 2008-2012 com sendo um primeiro período de compromisso que estabeleceu que os países industrializados (países do Anexo B do Protocolo) devem atingir a meta de redução de 5,2% de suas emissões de GEE, relativamente às emissões de 1990.

Além das metas de redução de emissões, o Protocolo de Quioto estabeleceu, entre outros, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)¹, por meio do qual países do Anexo B do Protocolo podem adquirir reduções de emissões obtidas por projetos implantados em países não incluídos no Anexo B, ou seja, todos os demais países signatários do Protocolo que não têm compromisso de redução de emissões. Ao utilizar as Reduções Certificadas de Emissões (RCE)², obtidas de projetos do MDL, os países do Anexo B podem alcançar suas próprias metas de redução, minimizando custos de mitigação e contribuindo, ao mesmo tempo, para o desenvolvimento sustentável nos países não incluídos no Anexo B. O MDL constitui, dessa forma, uma oportunidade para ambas as partes: países desenvolvidos e países em desenvolvimento.

Novos compromissos e metas poderão ser estabelecidos para o período pós 2012. É possível que países atualmente sem metas, como o Brasil, possam vir a ter que reduzir suas emissões quando do início de um

¹ O artigo 12, item 2 do Protocolo de Quioto estabelece que a finalidade do MDL será a ajuda a países não incluídos no Anexo I da CQNUMC para atingir o desenvolvimento sustentável e contribuir para o objetivo final da Convenção e ajudar os países nele incluídos a adequar-se aos seus compromissos quantitativos de limitação e redução de emissões. O item 3 desse mesmo artigo afirma: "(a) países não incluídos no Anexo I se beneficiarão de projetos resultando em reduções certificadas de emissões; e (b) países incluídos no Anexo I podem usar as reduções certificadas de emissões derivadas de tais projetos como contribuição à adequação de parte de seus compromissos quantificados de redução e limitação de emissões...".

² Ou Unidades de Remoção (URM) para projetos de sequestro de carbono.

segundo período de compromisso. Muitas propostas já estão sendo delineadas para o próximo período e, em geral, elas se focam, também, na participação dos países em desenvolvimento, havendo uma tendência em aceitar que diferentes países devam ter distintos tipos ou níveis de compromissos. Vários critérios para fixação de metas são aventados, como por exemplo, renda per capita, emissões per capita, emissões por unidade de Produto Interno Bruto - PIB, população, emissões históricas, emissões atuais, entre outras.

As principais propostas a esse respeito foram sintetizadas por Pereira e La Rovere, (Cadernos NAE – 2005), a partir de uma revisão da literatura especializada sobre o tema. Os autores destacam a atuação do governo brasileiro nos fóruns internacionais de negociação que vem influenciando sobremaneira o debate. As propostas demonstram que as emissões anuais não representam uma boa aproximação da responsabilidade pela mudança do clima. Sugere-se assim uma forma prática de aplicação dos princípios das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, e do poluidor-pagador, ao propor o estabelecimento de limites para as emissões de GEE pelos países do Anexo I da CQNUMC a partir de sua responsabilidade na contribuição ao aumento da temperatura do planeta.

Os autores encontraram na literatura diversas alternativas para modificação/adaptação da Proposta Brasileira, destacando-se o uso de emissões acumuladas, no lugar de contribuição para aumento de temperatura, como uma aproximação da responsabilidade pela mudança do clima.

Outra sugestão é adotar o ano de 1990 para o início do período de cálculo das emissões acumuladas, pois os dados de emissões anuais estão oficialmente disponíveis a partir daquele ano, permitindo adicionar os valores anuais e calcular o total acumulado desde então. O resultado de emissões acumuladas representaria uma melhor aproximação da responsabilidade de cada país no aumento do efeito estufa do que a simples consideração das emissões anuais, que serviram de base para os limites fixados pelo Protocolo de Quioto.

Outras propostas envolvem como fator motivador do processo de negociação uma nova subdivisão do grupo de países Não Anexo I da CQNUMC, como forma de permitir uma maior diferenciação de responsabilidades e capacidades entre eles.

Há também uma nova forma sugerida de participação ativa dos países Não Anexo I, relacionada à atribuição de metas qualitativas (e não quantitativas), com destaque para as políticas e medidas direcionadas

ao desenvolvimento, porém com consequências benéficas em termos de redução das emissões de GEE. Deve-se registrar, também, a proposta de ampliação do escopo atual do MDL que abriria possibilidade de inclusão de políticas e medidas setoriais.

Assim, seja por uma provável necessidade de contribuir, no futuro próximo, para as reduções de emissão globais, ou pela simples possibilidade de obter recursos no mercado de carbono, via MDL, torna-se imperioso o dimensionamento do potencial de mitigação de GEE no Brasil. É importante a identificação de oportunidades que tragam benefícios e não somente custos, o que permitirá reduzir o esforço de contribuição que o país venha a fazer para a mitigação das mudanças do clima no planeta.

Nesse contexto, é extremamente oportuno analisar as opções que têm os estados brasileiros para contribuir com o esforço coletivo buscando identificar ações que possam ser implantadas pelos respectivos governos estaduais. A identificação das opções de mitigação de emissões e remoções de GGE tem como pressuposto a elaboração de inventários e de cenários como instrumentos de planejamento.

Este inventário estadual consiste em uma etapa do processo de planejamento que revela o perfil das emissões de GEE e respectivas fontes no ano de 2005, em Minas Gerais. A construção de cenários deverá ser uma etapa subsequente à sua realização, o que permitirá, por um lado, uma projeção da linha de base, ou seja, a identificação da tendência futura das emissões de GEE, na hipótese de que nada seja feito com vistas à sua redução. Por outro lado, permitirá uma avaliação das possíveis tendências das emissões futuras, em função de diferentes políticas e estratégias que possam ser adotadas pelo governo com o objetivo de reduzir as emissões de GEE. Os cenários são, portanto, imagens alternativas de como as emissões poderão estar no futuro, considerando-se a dinâmica das forças motrizes que podem influenciá-las e as incertezas associadas.

QUESTÕES METODOLÓGICAS

2. QUESTÕES METODOLÓGICAS

Um inventário de gases de efeito estufa consiste, em síntese, na quantificação de suas emissões e remoções, respectivamente, por fontes e por sumidouros antrópicos, elaborada segundo uma metodologia apropriada e relatada por um país, estado, município ou organização, abrangendo um determinado período de tempo.

A principal questão metodológica a ser considerada é a delimitação da abrangência do inventário, para que este se restrinja àquelas emissões e remoções resultantes de atividades sociais e econômicas do que está sendo inventariado, tendo em vista que são atividades que podem sofrer interferência dos governos do país, do estado, do município ou do gestor da organização.

A metodologia utilizada para execução deste inventário está consubstanciada nas Diretrizes do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*) – IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (IPCC - 2006).

2.1. Contextualização

O IPCC é uma entidade que provê aconselhamento científico à comunidade mundial, na área de mudanças climáticas globais. Foi criado em 1988, pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), com a missão de divulgar opiniões de consenso de cientistas de diversas áreas do conhecimento, ligadas às questões que envolvem o aquecimento global, seus prováveis impactos e as potenciais políticas de resposta.

Já em seu primeiro relatório, publicado em 1990, o IPCC concluiu que estavam ocorrendo alterações climáticas de âmbito global em decorrência do aumento da concentração dos gases de efeito de estufa na atmosfera. O impacto desse relatório foi suficiente para que a comunidade internacional iniciasse negociações com vistas a um acordo sobre o tema, que resultou na CQNUMC (vide Introdução). Desde a adoção da CQNUMC, os relatórios do IPCC passaram a ser o suporte científico para suas decisões.

Para viabilizar o fiel cumprimento do artigo 4º, item 1, alínea “a” da CQNUMC³, o IPCC disponibilizou, em 1995, uma metodologia a ser adotada para elaboração de inventários nacionais de emissões de gases de efeito estufa. Essa metodologia foi alvo de uma primeira revisão em 1996 (*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*) e de uma segunda revisão em 2006 (*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*).

O Brasil, seguindo as determinações do mesmo artigo, apresentou oficialmente, em 2004, o documento intitulado “Comunicação Inicial do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima”, o qual é integrado pelo “Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal”.

A “Comunicação Inicial do Brasil” ou simplesmente “Inventário Nacional”, como é comumente referenciado o documento, adotou 1994 como ano base, mas foram apresentados, adicionalmente, valores referentes ao período de 1990 a 1993. A metodologia utilizada foi a do IPCC - 1996, com as adaptações necessárias e devidamente justificadas no texto de introdução da referida Comunicação.

O Brasil não está obrigado a elaborar anualmente o inventário nacional, diferentemente dos países listados no Anexo I da CQNUMC, que devem fazê-lo segundo essa frequência, conforme previsto no artigo 7 do Protocolo de Quioto. Além disso, tanto a Convenção do Clima quanto o Protocolo de Quioto abrangem apenas países. Dessa forma, os estados membros da União não têm a obrigação de elaborar seus respectivos inventários de GEE.

Isso aumenta o mérito da iniciativa do Estado de Minas Gerais de realizar e publicar o presente inventário. Além de se constituir numa iniciativa voluntária, evidencia o passo inicial do governo rumo à inovação e ao aprimoramento das políticas públicas estaduais de desenvolvimento sustentável, de tal forma que incorporem também a dimensão climática, fundamentadas no perfil das emissões de GEE do Estado.

³ Artigo 4º, item 1 alínea “a” da CQNUMC: “Obrigações – 1. Todas as Partes, levando em conta suas responsabilidades comuns, mas diferenciadas, e suas prioridades de desenvolvimento, objetivos e circunstâncias específicas, nacionais e regionais, devem: (a) elaborar, atualizar periodicamente, publicar e por à disposição da Conferência das Partes, em conformidade com o Artigo 12, inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e das remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, empregando metodologias comparáveis a serem acordadas pela Conferência das Partes.”

2.2. Metodologia Adotada

Como já citado, a base metodológica utilizada neste inventário foi o Guia IPCC - 2006 para Inventários Nacionais de GEE (*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*), desenvolvida para a elaboração de inventários para países.

Quando se utiliza, no contexto estadual, uma metodologia originalmente concebida para países, há que se verificar se a transposição é adequada e em que medida algumas adaptações são necessárias. Além disso, como a realização de inventários nacionais é uma obrigação assumida pelos países "Parte" da CQNUMC, com vistas a subsidiar decisões relativas à adoção de limitações de emissões nacionais, a metodologia busca padronizar a informação, de modo a possibilitar a comparação dos diferentes inventários. Os inventários nacionais são, portanto, exaustivos e padronizados. No caso dos estados, os inventários devem espelhar as necessidades definidas pelas possibilidades de implantação de políticas estaduais de mitigação e remoção de emissões e, portanto, devem ser configurados com esse propósito.

De acordo com o Guia IPCC - 2006, os inventários nacionais incluem emissões e remoções de GEE que ocorrem dentro de um território nacional e *offshore*, em áreas onde o país tenha jurisdição. Se essa orientação fosse observada no caso de inventários estaduais, no caso do Brasil, onde a oferta de energia elétrica se faz por meio de um sistema interligado, estados com grande consumo, porém com baixa participação na geração, não seriam grandes emissores de GEE, posto que o consumo de eletricidade, por si só, não emite GEE, mas sim a sua geração.

De forma análoga, os estados com grande produção de derivados de petróleo e gás natural e que exportam grande parcela desses energéticos seriam penalizados e assumiriam a responsabilidade por emissões geradas pelas atividades econômicas dos estados consumidores, uma vez que, no caso de combustíveis de origem fóssil, as emissões de GEE ocorrem predominantemente no consumo.

Assim, a metodologia utilizada neste inventário pressupõe a adaptação do Guia IPCC - 2006 para que os resultados obtidos expressem a parcela de responsabilidade do Estado de Minas Gerais nas emissões de GEE do Brasil.

A principal questão metodológica considerada foi a delimitação da abrangência do inventário, para que se restringisse àquelas emissões cujas fontes estivessem associadas às atividades socioeconômicas de

responsabilidade do Estado de Minas Gerais, tendo em vista que são essas as atividades que podem sofrer interferência do Governo Estadual. O inventário, portanto, denomina-se Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais e não, “no Estado de Minas Gerais”.

No que se referem às *Tiers*⁴ utilizadas, estas dependeram da disponibilidade de dados para cada fonte de emissão considerada. O mesmo se aplica aos fatores de emissão que, sempre que possível, foram obtidos localmente e, na indisponibilidade destes, foram utilizados os da Comunicação Inicial do Brasil - 2004. Somente na ausência destes, ou de outros identificados na literatura referente ao Brasil, foram utilizados os fatores *default* do Guia IPCC - 2006.

Neste relatório são apresentados os resultados dos inventários das principais fontes de emissão de responsabilidade do Estado, ou seja, os valores de emissão para dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluormetano, também dito tetrafluormetano (CF₄) e perfluoretano, também dito hexafluoretano (C₂F₆).

Os quatro setores objeto de inventários nacionais, de acordo com o Guia IPCC - 2006, e que foram também utilizados neste inventário são:

- Energia;
- Processos industriais e Uso de Produtos, sigla IPPU, derivada do inglês *Industrial Processes and Products Use*;
- Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo, sigla AFOLU, também derivada do inglês *Agriculture, Forestry and Other Land Use*;
- Resíduos.

Ainda de acordo com o Guia IPCC - 2006, cada um desses setores é composto por subsetores. A Figura 2.1 mostra a relação dos setores inventariados e os GEE considerados. A Figura 2.2 relaciona os setores e os respectivos subsetores inventariados, bem como os GEE considerados em cada um deles.

⁴ Uma *Tier* representa um nível de complexidade metodológica. A *Tier 1* é o método básico, a *Tier 2* o método intermediário e a *Tier 3* aquele que demanda mais em termos de complexidade e necessidade de dados.

Energia		N₂O	CH₄	CO₂
Processos Industriais e Uso de Produtos – IPPU	CF₄	C₂F₆	CH₄	CO₂
Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo – AFOLU		N₂O	CH₄	CO₂
Resíduos		N₂O	CH₄	CO₂

Figura 2.1 – Setores inventariados e os respectivos GEE.

Energia				
Uso de Energia		N₂O	CH₄	CO₂
Consumo do setor energético		N₂O	CH₄	CO₂
Emissões fugitivas			CH₄	
Processos Industriais e Uso de Produtos – IPPU				
Minerais metálicos	CF₄	N₂O	CH₄	CO₂
Indústria química			CH₄	CO₂
Minerais não metálicos				CO₂
Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo – AFOLU				
Uso do solo				CO₂
Pecuária		N₂O	CH₄	
Agricultura		N₂O	CH₄	CO₂
Resíduos				
Resíduos sólidos urbanos		N₂O	CH₄	
Resíduos sólidos industriais		N₂O	CH₄	CO₂
Esgotos domésticos e comerciais		N₂O	CH₄	
Efluentes industriais		N₂O	CH₄	

Figura 2.2 – Estrutura do inventário: setores, subsetores e respectivos GEE.

RESULTADOS DO INVENTÁRIO

3. RESULTADOS DO INVENTÁRIO

O Estado de Minas Gerais foi responsável, em 2005, pela emissão de 122.949,3 Gg⁵ de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq). Deste total, 13.286,3 Gg de CO₂eq correspondem ao óxido nitroso (N₂O), 34.443,2 Gg de CO₂eq correspondem ao metano (CH₄), 627,3 Gg de CO₂eq correspondem ao tetrafluoreto de carbono (CF₄), 48,7 Gg de CO₂eq correspondem ao hexafluoretano (C₂F₆) e 74.544,5 Gg são de dióxido de carbono propriamente (CO₂).

O gás de efeito estufa com maior contribuição foi o CO₂, com 60,6%, confirmando uma tendência global. Em seguida o metano, com 28,0%, o óxido nitroso, 10,8%, e os perfluorcarbonos, que somados contribuíram com 0,5%.

Para o cálculo da equivalência em CO₂, utilizou-se o poder de aquecimento global, cuja sigla, GWP, deriva do inglês, *Global Warming Potential*. O GWP é o coeficiente de equivalência ao CO₂ para cada um dos demais gases de efeito estufa. O GWP utilizado no inventário considera um horizonte de 100 anos para os gases inventariados, conforme recomendado pelo Segundo Relatório de Avaliação (SAR) do Painel Intergovernamental de Mudança Climática (IPCC - 1995). Dessa forma, neste inventário foi utilizado o mesmo GWP dos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), onde o coeficiente de equivalência ao CO₂ é de 21 para o CH₄, 310 para o N₂O, 6.500 para o CF₄ e 9.200 para o C₂F₆.

3.1. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Setor

Os resultados obtidos revelam que Agricultura, Florestas e Outros Usos de Solo (AFOLU) foi o setor com maior emissão, com destaque para o subsetor pecuária, com 57,1% do total de emissões deste setor, seguido pelo subsetor uso do solo, que contribuiu com 38,4%, ficando o restante, 4,5%, por conta do subsetor agricultura. O Setor AFOLU teve o metano como gás com maior contribuição, seguido pelo dióxido de carbono, sendo este último relacionado essencialmente à conversão de áreas florestais.

O Setor Energia, seja pelo consumo direto ou indireto de combustíveis fósseis, foi a segunda maior fonte de emissões, responsável por 36,9% do total do Estado, com destaque para o uso de energia no subsetor industrial, com 48,0%, seguido por transportes, com 36,6%.

⁵ 1 Gigagrama = mil toneladas.

A terceira principal fonte de emissões foi o Setor Resíduos, que contribuiu com 5,9% do total, sendo 65,0% devidos à disposição e tratamento de resíduos sólidos e 35,0% aos efluentes líquidos.

O Setor Processos Industriais e Usos de Produtos foi o que menos emitiu, tendo sido responsável por 5,8% das emissões, das quais 82,3% foram provenientes do subsetor de minerais não metálicos, especialmente da produção de cimento e cal.

Apesar de épocas diferentes, o perfil das emissões de Minas Gerais se assemelha àquele mostrado na Comunicação Nacional Inicial do Brasil, cujo ano base foi 1994. No ano de 2005, em Minas Gerais, o setor com maior contribuição foi o de Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo, com 51,4%, seguido pelo Energia, com 36,9%, Resíduos, com 5,9%, e Processos Industriais e Uso de Produtos, com 5,8%.

A Tabela 3.1 apresenta uma consolidação dos resultados do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Minas Gerais, ano base 2005. A Figura 3.1 apresenta os resultados por setor inventariado.

**TABELA 3.1 – CONSOLIDAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA
MINAS GERAIS - 2005**

Setor	Emissões de CO ₂ Gg	Emissões de CH ₄ t	Emissões de N ₂ O t	Emissões de CF ₄ t	Emissões de C ₂ F ₆ t	Emissões totais	
						Gg CO ₂ eq	%
AFOLU	25.240,9	1.275.480,9	36.113,4			63.221,1	51,4
Energia	42.656,5	74.537,2	3.635,0			45.348,8	36,9
Resíduos	282,0	287.980,0	3.110,8			7.293,0	5,9
IPPU	6.365,0	2.153,7		96,5	5,3	7.086,4	5,8
Total	74.544,5	1.640.151,8	42.859,1	96,5	5,3	122.949,3	100,0

Os valores totais obtidos no Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais encontram-se na Tabela 3.2. Os valores estão contabilizados por quantidades dos gases, em toneladas, exceto as quantidades de dióxido de carbono, que são mostradas em Gg. A última coluna mostra as quantidades de gases de efeito estufa em Gg CO₂eq.

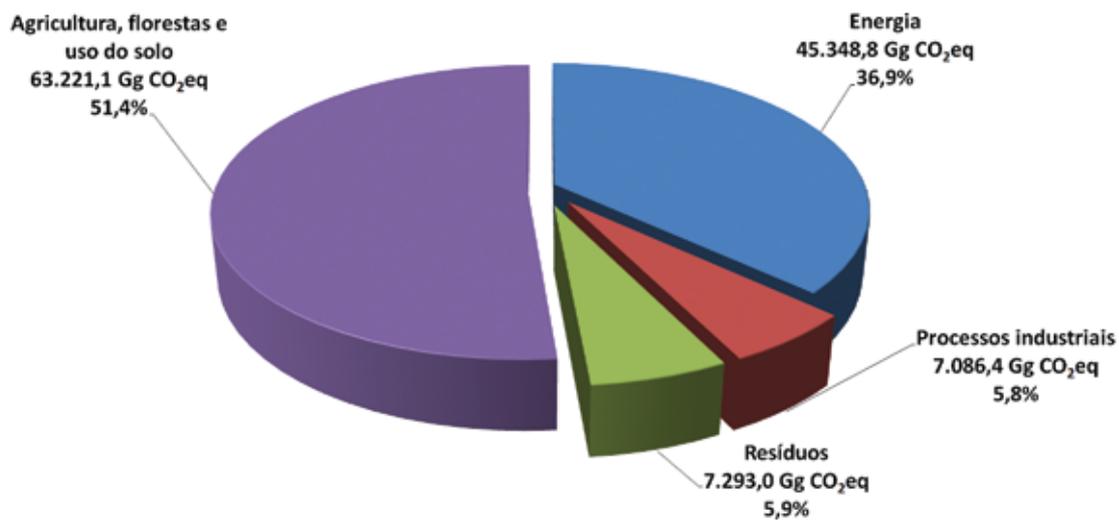


Fig 3.1 – Participação dos setores inventariados nas emissões de GEE. Minas Gerais - 2005

3.2. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Gás

A Figura 3.2 mostra a participação de cada GEE inventariado no total das emissões, expressas em CO₂eq e em porcentagem.

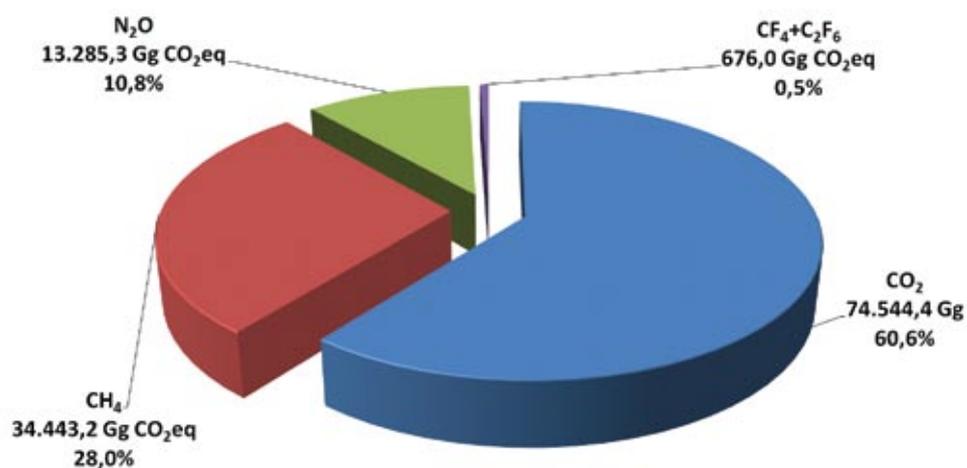


Figura 3.2 – Participação dos gases inventariados no total das emissões. Minas Gerais - 2005

**TABELA 3.2 – EMISSÕES TOTAIS DE GASES DE EFEITO ESTUFA
MINAS GERAIS - 2005**

Setor	Emissões de CO₂ Gg	Emissões de CH₄ t	Emissões de N₂O t	Emissões de CF₄ t	Emissões de C₂F₆ t	Emissões totais Gg CO₂eq
ENERGIA	42.656,6	74.537,2	3.635,0	0,0	0,0	45.348,8
Autoconsumo do setor energético	1.616,3	37,6	15,2			1.621,8
Consumo final energético	41.040,3	2.951,1	1.477,2	0,0	0,0	41.560,3
Residencial	2.385,3	35,0	3,5			2.387,1
Comercial	198,1	2,0	0,3			198,3
Público	88,2	0,3	0,1			88,2
Agropecuário	1.658,9	65,0	13,0			1.664,2
Transportes - Total	16.145,9	2.484,6	1.224,4	0,0	0,0	16.577,7
Rodoviário	15.555,7	2.477,1	1.092,3			15.946,3
Ferroviário	320,3	0,0	124,5			358,9
Aéreo	269,9	7,5	7,5			272,4
Hidroviário	0,0	0,0	0,0			0,0
Industrial - Total (Energia)	20.563,9	364,3	235,9	0,0	0,0	20.644,8
Cimento	1.238,3	48,1	10,2			1.242,5
Cal	745,6	24,4	5,2			747,7
Ferro gusa e aço integrado	14.113,9	166,7	191,3			14.176,7
Ferro gusa não integrado	289,8	6,9	3,1			291,0
Ferroligas	362,8	4,4	2,4			363,7
Outros da siderurgia	81,4	1,8	0,5			81,6
Mineração e pelotização	901,8	28,0	7,2			904,6
Não ferrosos e outros da metalurgia	498,6	14,6	2,8			499,8
Química	473,9	14,7	3,0			475,2
Alimentos e bebidas	535,6	17,5	3,4			537,1
Têxtil	389,9	12,6	2,4			390,9
Papel e celulose	329,5	10,2	1,9			330,3
Cerâmica	297,0	8,5	1,5			297,6
Outros	305,8	5,8	0,9			306,3
Total sem bunker	42.656,7	2.988,6	1.492,3			43.182,1
Emissões da queima de biomassa (parcela não renovável)		70.673,7	2.142,7			2.148,4
Emissões fugitivas – petróleo e gás natural	0,0	874,9	0,0			
Total (uso da energia + emissões fugitivas)	42.656,6	74.537,2	3.635,0	0,0	0,0	45.348,8

(continua)

Setor	Emissões de CO₂ Gg	Emissões de CH₄ t	Emissões de N₂O t	Emissões de CF₄ t	Emissões de C₂F₆ t	Emissões totais Gg CO₂eq
IPPU	6.365,0	2.153,7	0,0	96,5	5,3	7.086,4
Minerais não metálicos	5.831,9	0,0	0,0	0,0	0,0	5.831,9
Produção de cimento	3.107,7					3.107,7
Produção de cal	2.703,8					2.703,8
Produção de cerâmica	20,5					20,5
Indústria química	285,1	975,6	0,0	0,0	0,0	305,6
Produção de carvão de cálcio	64,7					64,7
Produção de carvão de silício	220,4	975,6				240,8
Minerais metálicos	248,0	1.178,1	0,0	96,5	5,3	948,9
Emissões da siderurgia (coque + sinter)		809,8				17,0
Produção de ferroligas		368,3				7,7
Produção de alumínio	248,0			96,5	5,3	924,2
AFOLU	25.240,9	1.275.480,9	36.113,3	0,0	0,0	63.221,1
Outros usos do solo	24.297,1					24.297,0
Fermentação entérica (pecuária)		1.240.381,0				26.048,0
Manejo de dejetos (pecuária)		28.666,7	30.545,2			10.071,0
Cultivo de arroz (agricultura)		6.428,6				135,0
Queima da cana-de-açúcar (agricultura)		4,7	0,1			0,1
Uso de fertilizante nitrogenado (agricultura)			5.568,1			1.726,1
Uso de calcário e dolomita (agricultura)	943,8					943,8
RESÍDUOS	282,0	287.980,0	3.110,8	0,0	0,0	7.293,0
Resíduos sólidos urbanos		142.100,0	4,8			2.984,8
Resíduos sólidos industriais	282,0	70.000,0	17,1			1.757,3
Esgotos domésticos e comerciais		45.410,0	2.471,1			1.719,6
Efluentes industriais		30.470,0	617,8			831,3
Total das emissões de Minas Gerais	74.544,5	1.640.151,8	42.859,1	96,5	5,3	122.949,3

• Emissões de Dióxido de Carbono

As emissões de CO₂ resultaram de diversas atividades, incluindo o uso energético de combustíveis fósseis, a conversão de florestas para uso agropecuário e os processos industriais, para fabricação de alguns produtos metálicos, não metálicos e químicos.

De acordo com a Tabela 3.3, o subsetor outros usos do solo foi o maior emissor, com 32,6% do total. Nesse subsetor, a conversão de florestas para outros usos, em particular para a pecuária, foi a maior responsável pelas emissões. Os subsetores industrial e transportes foram responsáveis por 27,6% e 21,7%, respectivamente, em função da utilização de combustíveis fósseis. O Setor Processos Industriais respondeu por 8,5% e os demais subsetores (residencial, comercial, público e agropecuário) emitiram 8,0% do total de CO₂ devido à utilização de combustíveis fósseis.

• Emissões de Metano

As emissões de CH₄ resultaram de diversas atividades, incluindo atividades agropecuárias, disposição de lixo, tratamento de esgoto e queima de combustíveis fósseis. O subsetor pecuária foi responsável pelas maiores emissões de CH₄ (75,6%), produzidas pela fermentação entérica do rebanho de ruminantes, principalmente o bovino, como mostrado na Tabela 3.4 e Tabela 3.5.

As emissões de metano do Setor Resíduos representaram 17,6% do total, e foram produzidas, principalmente, pela decomposição anaeróbia dos resíduos sólidos urbanos e comerciais e pelos esgotos domésticos e comerciais e efluentes industriais.

**TABELA 3.3 – EMISSÕES TOTAIS DE CO₂
MINAS GERAIS - 2005**

Setores e subsetores socioeconômicos	Emissões de CO ₂	
	Gg	%
Outros usos do solo	24.297,1	32,6
Industrial (Setor Energia)	20.563,9	27,6
Transportes (Setor Energia)	16.145,9	21,7
Processos Industriais	6.365,0	8,5
Outros setores socioeconômicos (Setor Energia)	5.946,7	8,0
Agricultura (Setor AFOLU)	943,8	1,3
Resíduos	282,0	0,4
Total	74.544,4	100,0

• Emissões de Óxido Nitroso

As emissões de N₂O resultaram de diversas atividades, incluindo práticas agrícolas, pecuária e queima de combustíveis fósseis. Como mostrado na Tabela 3.5, ocorreram predominantemente nos subsetores pecuária e práticas agrícolas, tanto pela deposição de dejetos de animais em pastagem (71,3%), quanto pela aplicação de fertilizantes em solos agrícolas (13,0%). As emissões de N₂O no Setor Resíduos, produzidas em função da disposição e tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos, contribuíram com 7,3% do total.

**TABELA 3.4 – EMISSÕES TOTAIS DE CH₄
MINAS GERAIS - 2005**

Setores e subsetores socioeconômicos	Emissões de CH ₄	
	t	%
Fermentação entérica	1.240.381,0	75,6
Resíduos	287.980,0	17,6
Industrial (Setor Energia)	364,3	0,0
Outros setores (Setor Energia)	70.813,5	4,3
Manejo de dejetos	28.666,7	1,7
Agricultura	6.433,3	0,4
Transportes (Setor Energia)	2.484,6	0,2
IPPU	2.153,7	0,1
Emissões fugitivas – petróleo e gás natural	874,9	0,1
Total	1.640.151,8	100,0

**TABELA 3.5 – EMISSÕES TOTAIS DE N₂O
MINAS GERAIS - 2005**

Setores e subsetores socioeconômicos	Emissões de N ₂ O	
	t	%
Manejo de Dejetos	30.545,2	71,3
Agricultura	5.568,2	13,0
Resíduos	3.110,8	7,3
Industrial (Setor Energia)	235,9	0,6
Transportes (Setor Energia)	1.224,4	2,9
Outros setores (Setor Energia)	2.174,7	5,1
Total	42.859,2	100,0

3.3. Emissões por Valor Adicionado

As atividades econômicas geram riqueza e ao mesmo tempo contribuem para a emissão de GEE. O cálculo das emissões por valor adicionado dos setores socioeconômicos permite que se verifique a quantidade de emissões geradas por quantidade de riqueza produzida. Os resultados são mostrados na Tabela 3.6, incluindo as emissões associadas ao consumo energético (eletricidade e combustíveis fósseis) de cada setor listado.

Observa-se que, em 2005, o Produto Interno Bruto (PIB) das atividades de agropecuária e exploração florestal apresentou a maior intensidade de GEE. Em segundo lugar, as atividades do setor industrial e, em terceiro lugar, o setor de serviços. A conversão de áreas florestais contribuiu significativamente para a intensidade de emissões de GEE por PIB agropecuário. O total geral de riquezas produzidas em Minas Gerais no ano de 2005 resultou em 0,64 t de CO₂eq por cada R\$1.000,00 de valor adicionado.

**TABELA 3.6 – EMISSÕES POR VALOR ADICIONADO
MINAS GERAIS - 2005**

Setor econômico	PIB/MG	Emissões totais	Emissões por valor adicionado
	R\$1.000,00	t CO₂eq	t CO₂eq / R\$ 1.000,00
Agropecuária e exploração florestal	17.912.823	64.885.380	3,62
Indústria	52.775.414	27.731.220	0,53
Serviços	111.906.991	30.333.690	0,27
Todos os setores da economia mineira, inclusive energia, água, esgoto e limpeza urbana	192.611.000	122.950.290	0,64

Fonte: IBGE - 2005.

3.4. Comparação dos Resultados com Outros Inventários

Para se ter um parâmetro da magnitude das emissões do Estado de Minas Gerais, os valores da Tabela 3.7 permitem a comparação das emissões entre algumas localidades ou regiões em termos de emissões *per capita*. Os cálculos consideraram a população mineira, em 2005, de 19,3 milhões de habitantes.

TABELA 3.7 – EMISSÕES PER CAPITA – ESTADO DE MINAS GERAIS E OUTRAS REGIÕES

Regiões	Emissões per capita t CO ₂ eq/habitante	Ano	Gases considerados
Estado de Minas Gerais	6,4	2005	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs e SF ₆
Estado do Rio de Janeiro	4,5	2005	CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O
Brasil*	9,4	1994	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
Estados Unidos**	23,4	2003	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs e SF ₆
União Européia***	11,0	2003	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs e SF ₆

* Fonte: Comunicação Nacional (MCT, 2004).

** Fonte: Globalis.

*** Fonte: Agência Ambiental Européia.

3.5. Estimativa das Incertezas

Todo inventário traz um grau de incerteza a ele associado tendo em vista tratar-se de estimativas e não de medições. Portanto, os valores das emissões do Estado de Minas Gerais estão sujeitos a incertezas, seja pela imprecisão dos dados básicos, seja pelo uso de fatores *default* no que se refere a alguns valores.

A própria análise da imprecisão das estimativas é pouco objetiva uma vez que para torná-la precisa, para cada item analisado, seria necessário fazer uma avaliação pormenorizada, reduzindo as incertezas. Isto é inviável no curto prazo e irrelevante na extensão dos itens analisados, porque o inventário é um instrumento de planejamento e identifica atividades econômicas que merecerão, posteriormente, estudo mais detalhado sobre as possibilidades de mitigação das emissões.

As incertezas associadas a cada valor encontrado são, se analisadas em conjunto com a magnitude dos valores encontrados, uma indicação de onde pode haver uma oportunidade de se investir em base de dados e aumento do conhecimento dos processos que originaram as emissões de GEE e remoções de dióxido de carbono.

A estimativa apresentada na Tabela 3.8 atribui os graus alto, médio e baixo às incertezas sobre cada item analisado, no que se refere à base de dados e aos demais fatores utilizados, e sua adequação à estimativa realizada para cada gás, de acordo com as possibilidades correntes de aprimoramento do conhecimento.

TABELA 3.8 – ESTIMATIVA DAS INCERTEZA

Setor	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CF ₄	C ₂ F ₆
ENERGIA					
Residencial	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Comercial	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Público	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Agropecuário	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Transportes					
Rodoviário	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Ferroviário	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Aéreo	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Hidroviário	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Industrial					
Cimento	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Cal	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Ferro gusa e aço integrado	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Ferro gusa não integrado	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Ferroligas	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Outros da siderurgia	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Mineração e pelletização	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Não ferrosos e outros da metalurgia	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Química	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Alimentos e bebidas	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Têxtil	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Papel e celulose	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Cerâmica	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
Outros	Baixa	Média	Média	n.a.	n.a.
IPPU					
Minerais não metálicos					
Produção de cimento	Baixa	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Produção de cal	Alta	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cerâmica	Alta	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Indústria química					
Produção de carvão de cálcio	Baixa	Baixa	n.a.	n.a.	n.a.
Produção de carvão de silício	Baixa	Baixa	n.a.	n.a.	n.a.
Minerais metálicos					
Emissões de siderurgia (coque +sinter)	Baixa	Baixa	n.a.	n.a.	n.a.
Produção de ferroligas	Baixa	Baixa	n.a.	n.a.	n.a.
Produção de alumínio	Baixa	n.a.	Baixa	Baixa	Baixa
AFOLU					
Uso do solo	Média	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Fermentação entérica (pecuária)	n.a.	Baixa	n.a.	n.a.	n.a.
Manejo de dejetos (pecuária)	n.a.	Baixa	Baixa	n.a.	n.a.
Cultivo de arroz (agricultura)	n.a.	Média	n.a.	n.a.	n.a.
Queima da cana-de-açúcar (agricultura)	n.a.	Baixa	Baixa	n.a.	n.a.
Uso de fertilizante nitrogenado (agricultura)	n.a.	n.a.	Alta	n.a.	n.a.
Uso de calcário e dolomita (agricultura)	Alta	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
RESÍDUOS					
Resíduos sólidos urbanos	n.a.	Baixa	Baixa	n.a.	n.a.
Resíduos sólidos industriais	n.a.	Grande	n.a.	n.a.	n.a.
Esgotos domésticos e comerciais	n.a.	Média	Baixa	n.a.	n.a.
Efluentes industriais	n.a.	Média	Baixa	n.a.	n.a.

Fonte: Guia IPCC - 2006.
n.a. = não se aplica.





SETOR ENERGIA

4. SETOR ENERGIA

As emissões totais do Setor de Energia somaram 45.348,9 Gg CO₂eq, com uma contribuição de apenas 2.148,4 Gg CO₂eq ou 4,7% do total referentes à biomassa não renovável. As emissões setoriais corresponderam proporcionalmente ao consumo energético de combustíveis fósseis, em tEP. Como pode ser constatado pela Tabela 4.1 e Figura 4.1, o que mais emitiu foi o subsetor industrial, com 21.752,9 Gg CO₂eq, seguido do subsetor transportes, com 16.586,3 Gg CO₂eq, responsáveis, respectivamente, por 48,0% e 36,6% das emissões, em 2005, totalizando 84,6%. As emissões fugitivas representaram uma contribuição de apenas 0,04%.

O CO₂ foi o gás mais emitido pelo setor, com participação de 94,1%, seguido do CH₄, com 3,5% e do N₂O, com 2,5%.

TABELA 4.1 – CONSOLIDAÇÃO DAS EMISSÕES DO USO DE ENERGIA NOS SETORES SOCIOECONÔMICOS MINAS GERAIS - 2005

Fontes de emissão	Emissões	
	Gg CO ₂ eq	%
Industrial	21.752,9	48,0
Transportes	16.586,3	36,6
Residencial	3.075,4	6,8
Agropecuário	1.677,7	3,7
Autoconsumo dos centros de transformação	1.942,8	4,3
Comercial	205,2	0,5
Público	90,2	0,2
Subtotal	45.330,5	99,96
Emissões fugitivas - petróleo e gás natural	18,4	0,04
Total (uso da energia + emissões fugitivas)	45.348,9	100,00

4.1. Uso de Energia

As emissões de gases de efeito estufa do Setor Energia compreendem todas as emissões provenientes da queima de combustíveis e da liberação não intencional (emissões fugitivas) decorrente do seu uso. O Inventário contabiliza as emissões devidas à queima de combustíveis fósseis e da biomassa na produção, transformação e consumo de energia, bem como as emissões fugitivas decorrentes do refino, transporte e distribuição do

petróleo e gás natural. Os gases de efeito estufa considerados foram o CO₂, CH₄ e N₂O e os resultados obtidos refletem apenas as emissões de gases de efeito estufa de responsabilidade do Estado de Minas Gerais e não todas aquelas que ocorrem em seu território.

Os dados utilizados para o cálculo das emissões foram obtidos do Balanço Energético do Estado de Minas Gerais (BEEMG - 2006), ano base 2005, complementados, quando pertinente, pelos dados obtidos na Agência Nacional de Petróleo – ANP. Além disso, para definir valores para as emissões fugitivas, foram obtidos dados da Petrobras e da Gasmig. A Tabela 4.2 e a Figura 4.2 apresentam, respectivamente, os valores do consumo de combustíveis e de eletricidade por setores socioeconômicos e a energia consumida por setores e por fontes, em 2005. Como pode ser observado, das 32.691,1 mil tEP consumidas, 16.235,0 mil tEP foram provenientes de combustíveis fósseis e 16.456,1 mil tEP provenientes da biomassa.

**TABELA 4.2 – CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS E ELETRICIDADE NOS SETORES SOCIOECONÔMICOS (1.000 tEP)
MINAS GERAIS - 2005**

Setor	Gás natural	Carvão energético	Carvão metálico	Óleo diesel	Óleo combustível	Gasolina	GLP	Querosene
Autoconsumo Residencial	49,0							
Comercial Público					9,0		832,0	1,0
Agropecuário				516,0			20,0	
Transportes - Total	87,0			3.670,0		1.492,0		89,1
Rodoviário	87,0			3.566,0		1.490,0		
Ferrovário				104,0				
Aéreo						2,0		89,1
Hidroviário								
Industrial - Total	379,0	161,0	556,0	204,0	768,0		136,0	5,0
Cimento	8,0	11,0			12,0			
Cal	58,0				117,0			
Ferro gusa e aço integrado	80,0	118,0	556,0	6,0	74,0		94,0	5,0
Ferro gusa não integrado								
Ferroligas				7,0	14,0		9,0	
Outros da siderurgia	7,0			1,0	8,0		5,0	
Mineração e pelotização	27,0	32,0		175,0	27,0		3,0	
Não ferrosos e outros da metalurgia	17,0			3,0	80,0		4,0	
Química				5,0	75,0		3,0	
Alimentos e bebidas	22,0			3,0	128,0		4,0	
Têxtil	27,0			1,0	90,0		1,0	
Papel e celulose	33,0			1,0	69,0			
Cerâmica	47,0			1,0	48,0		8,0	
Outros	53,0			1,0	26,0		5,0	
Total	515,0	161,0	556,0	4.390,0	779,0	1.492,0	993,0	95,1

Fonte: BEEMG - 2006.

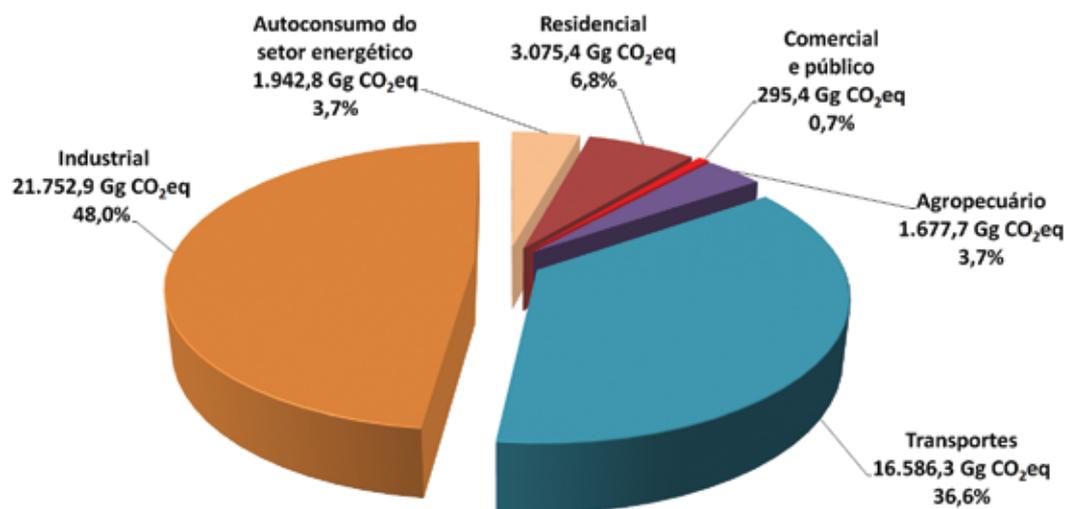


Figura 4.1 – Emissões do setor de energia em percentual de contribuição de cada tipologia. Minas Gerais - 2005

Fonte: BEEMG - 2006.

Gás de coqueria	Coque de carvão mineral	Eletricidade	Álcool etílico	Outras fontes secundárias	Lenha	Bagaço de cana	Outras fontes primárias	Carvão vegetal	Total
98,0	148,0	12,0		217,0	7.116,1*	502,0		1,0	8.143,1
		606,0			2.144,0		43,0	18,0	3.644,0
		342,0			10,0			4,0	385,0
		239,0							241,0
		180,0			38,0				739,0
		3,0	543						5.884,1
		0,0	543						5.686,0
		3,0							107,0
		0,0							91,1
		0,0							0,0
287,9	1.960,0	2.525,0			908,0	577,0	379,0	4.173,0	13.654,9
		100,0		636,0			64,0	185,0	744,7
17,5	10,0	8,0		364,7	71,0		23,0	10,0	362,8
270,4	1.894,7	491,0		48,2				785,0	4.489,1
	26,8	39,0		115,0				2.707,0	2.817,0
	23,4	417,0		44,2	172,0			422,0	1.066,4
	3,3	16,0		2,0				5,0	45,3
		279,0			7,0				550,0
		298,0							428,5
	1,7	274,0		26,5	64,0			17,0	475,1
		158,0		35,4	188,0	577,0	7,0	1,0	1.088,0
		95,0			40,0				254,0
		82,0			46,0		262,0		493,0
		27,0			305,0		21,0	41,0	498,0
		241,0			15,0		2,0		343,0
385,9	2.108,0	3.907,0	543	853,0	10.216,1	1.079,0	422,0	4.196,0	32.691,1

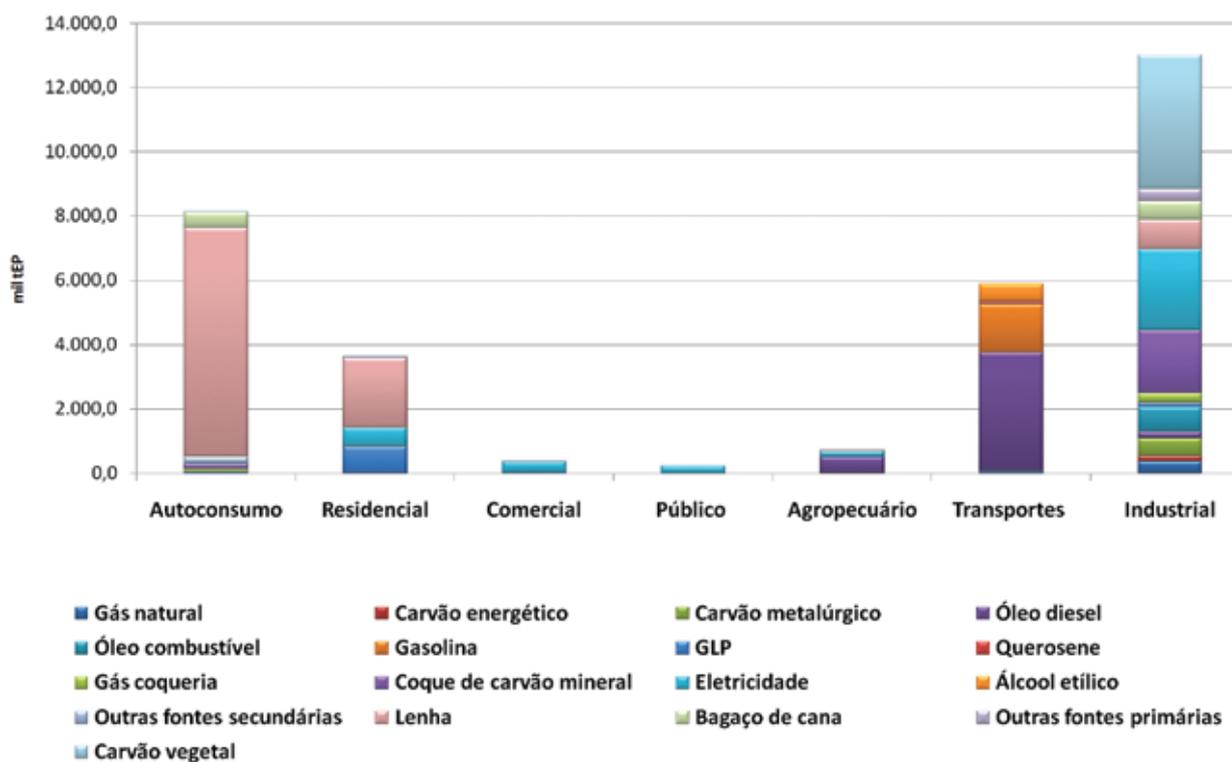


Figura 4.2 – Energia consumida por subsetor e por fonte. Minas Gerais - 2005
 Fonte: BEEMG - 2006.

Quanto ao consumo setorial de energia, como mostrado na Figura 4.3, o subsetor industrial foi o que mais consumiu energia (42,0%), seguido do subsetor transportes (18,0%). O autoconsumo do setor energético foi o maior responsável pelo uso de energia de biomassa, na forma lenha e bagaço de cana, utilizados, respectivamente, na produção do carvão vegetal e na co-geração para a produção de vapor e de energia elétrica nas destilarias de álcool.

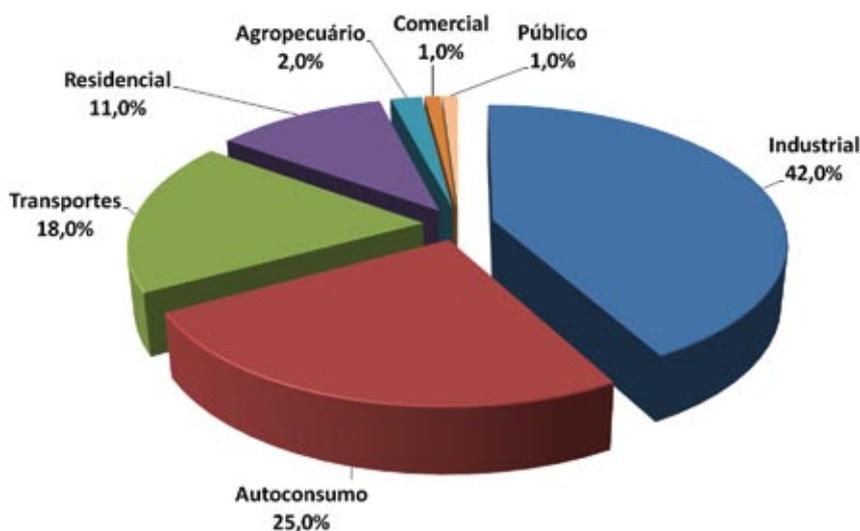


Figura 4.3 – Consumo setorial de energia. Minas Gerais - 2005
 Fonte: BEEMG - 2006.

Pela Figura 4.4, conclui-se que a lenha foi o principal combustível consumido no Estado, com uma participação de 31,3%, seguida do óleo diesel, com 13,4%. O carvão vegetal participou com 12,8% do total tendo sido consumido, quase que integralmente, no subsetor industrial, principalmente nas indústrias de ferro gusa e aço integrado e ferro gusa não integrado. O subsetor residencial consumiu cerca de 21% do total de lenha no Estado, correspondendo a 58,8% da energia consumida nas residências.

Nos subsetores comercial e público, a energia consumida foi proveniente principalmente da eletricidade. O GLP foi o segundo combustível mais consumido no subsetor residencial. No subsetor agropecuário, verifica-se uma participação significativa do óleo diesel, mas os dados não estavam suficientemente desagregados para distinguir se esse consumo se deu nos equipamentos e máquinas agrícolas ou se em tratores e caminhões *off-road*.

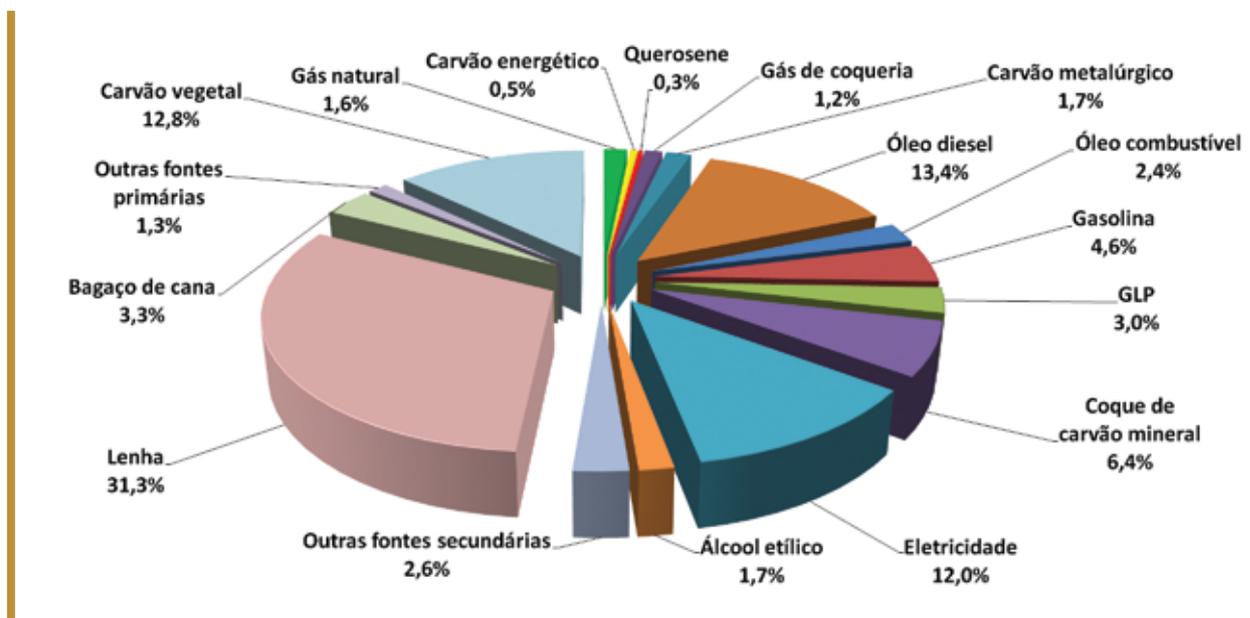


Figura 4.4 – Participação do consumo de energia por fontes. Minas Gerais - 2005

Fonte: BEEMG - 2006.

No subsetor transportes, como mostrado na Figura 4.5 e na Figura 4.6, em tEP e em porcentagem, respectivamente, o modal rodoviário foi responsável por 96,6% do consumo de energia e o principal combustível foi o óleo diesel, o que evidencia a importância da atividade de transporte para a movimentação de passageiros e de cargas para o escoamento dos bens e produtos no Estado. A gasolina teve uma participação significativa no transporte rodoviário, sendo utilizada principalmente em veículos leves (carros de passeio).

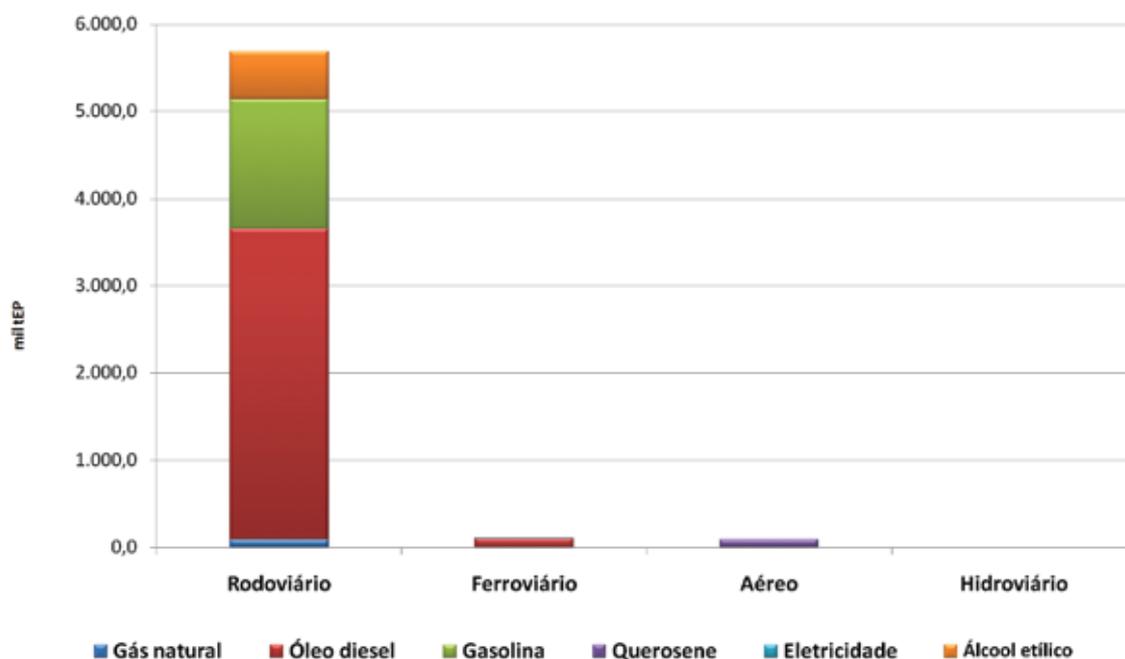


Figura 4.5 – Energia consumida por modais de transportes. Minas Gerais - 2005
 Fonte: BEEMG - 2006.

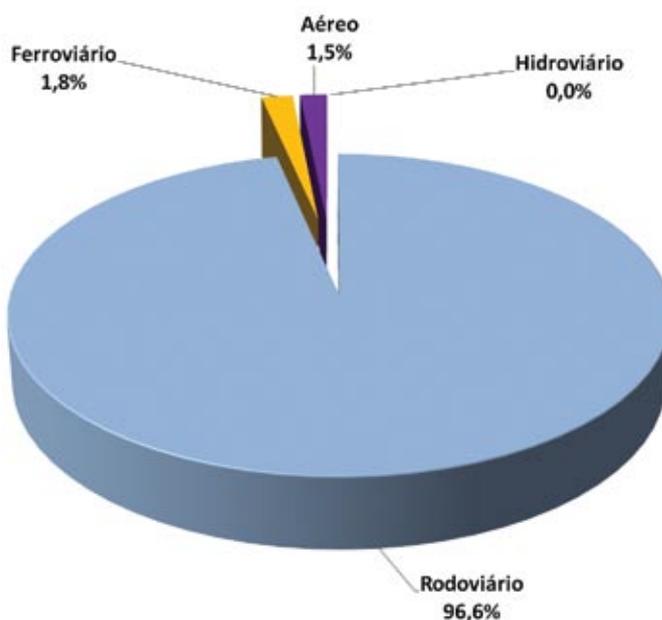


Figura 4.6 – Participação dos modais no consumo do setor transportes. Minas Gerais - 2005
 Fonte: BEEMG - 2006.

O consumo energético do transporte ferroviário foi relativamente pequeno considerando-se que Minas Gerais possui a segunda maior extensão de ferrovias do País, indicando que o abastecimento das locomotivas ocorre, predominantemente, fora das fronteiras do Estado. O transporte hidroviário, de acordo com o BEEMG - 2006, não apresentou consumo em 2005. O querosene teve uma participação muito pequena, e foi praticamente todo (93,7%) consumido no modal aéreo. Desse total, 99,1%

foram consumidos em vôos nacionais e o restante (0,9%) consumido na aviação internacional e considerado *bunker* (0,86 mil tEP), não estando computado nas emissões do Estado conforme orientação do GUIA IPCC - 2006. A participação das fontes de energia no subsetor transportes é dada na Figura 4.7 concluindo-se que os principais consumos foram de óleo diesel, com participação de 69,3% e gasolina, com 27,0%.

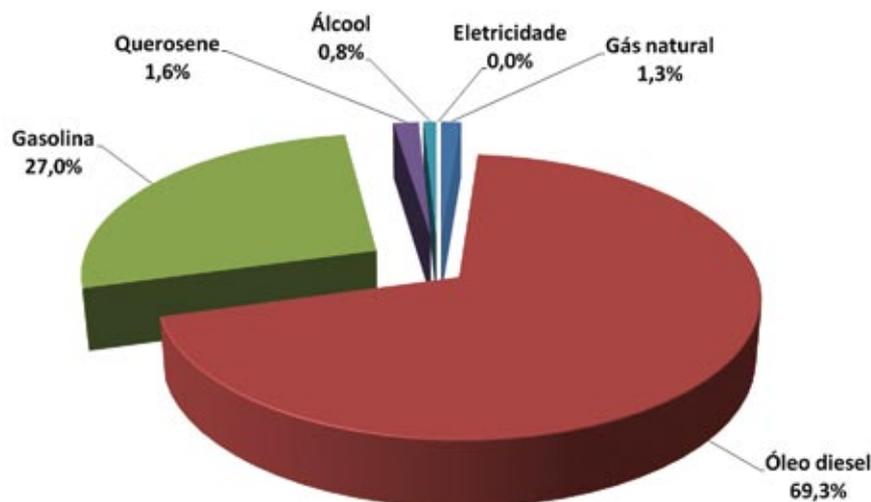


Figura 4.7 – Participação das fontes no consumo do setor transportes. Minas Gerais - 2005
Fonte: BEEMG - 2006.

O consumo de combustíveis na indústria, em 2005, pode ser observado na Figura 4.8, por subsetores do setor industrial. Na Figura 4.9, tem-se a participação dos subsetores no total de energia no setor industrial e, na Figura 4.10, tem-se a participação por fontes.

O subsetor mais intensivo em energia foi o de ferro gusa e aço integrado, com 32,9% de participação, seguido de ferro gusa e aço não integrado, com participação de 20,6%. Esses subsetores foram responsáveis pelo consumo da maior parte do coque de carvão mineral, do gás de coqueria, do carvão metalúrgico e do carvão vegetal.

Os principais energéticos consumidos foram o carvão vegetal, com 32,1%, eletricidade, 19,4%, e o coque de carvão mineral, 15,1%. O uso de energia elétrica foi significativo na maioria das tipologias, sendo os maiores consumos nas indústrias de ferroligas e ferro gusa e aço integrado. O óleo diesel foi quase todo consumido na indústria de mineração e pelotização, outras secundárias de petróleo e na indústria do cimento, enquanto o carvão vegetal foi consumido na produção de ferro gusa integrada e não integrada e na produção de ferroligas.

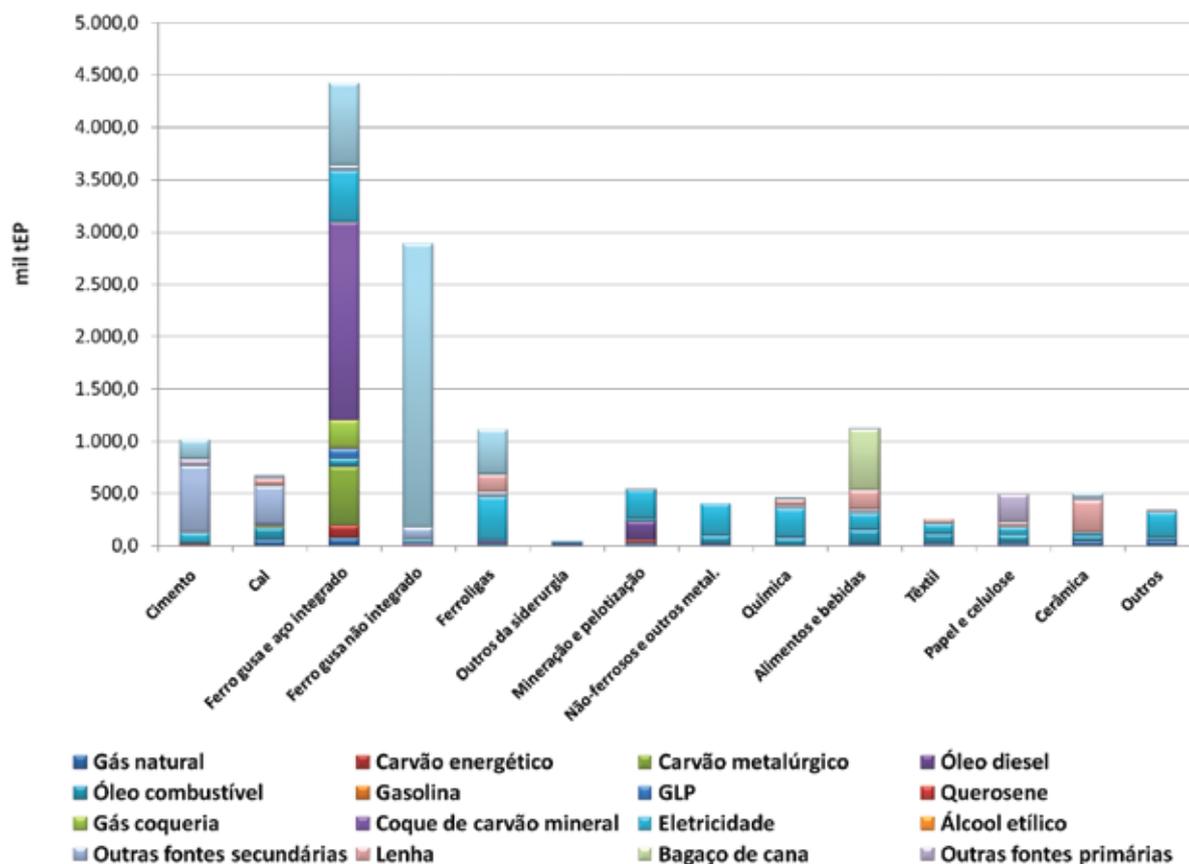


Figura 4.8 – Energia consumida por subsetores industriais e por fonte. Minas Gerais - 2005

Fonte: BEEMG - 2006.

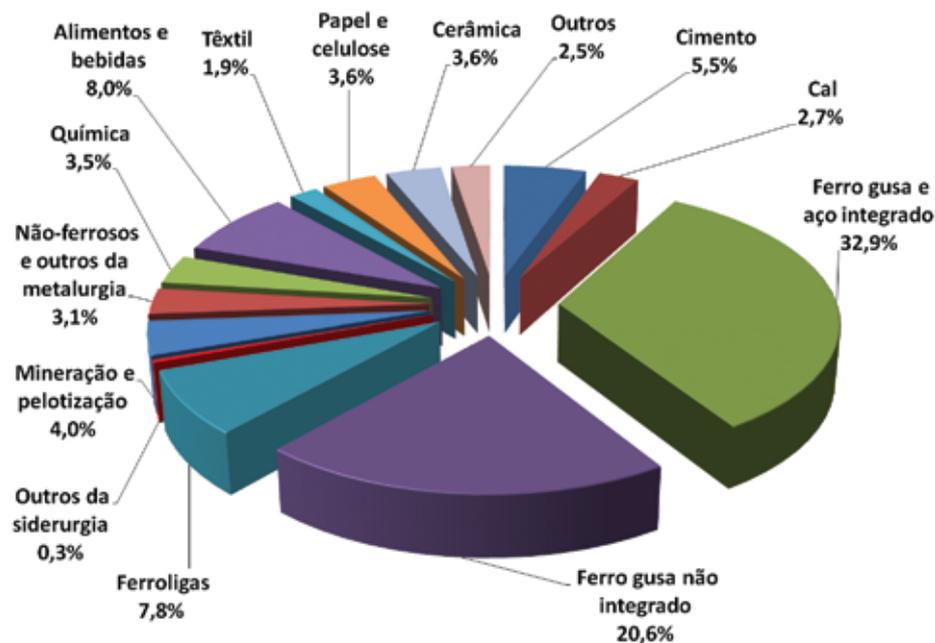


Figura 4.9 – Participação dos subsetores no consumo total do setor industrial.. Minas Gerais - 2005

Fonte: BEEMG - 2006.

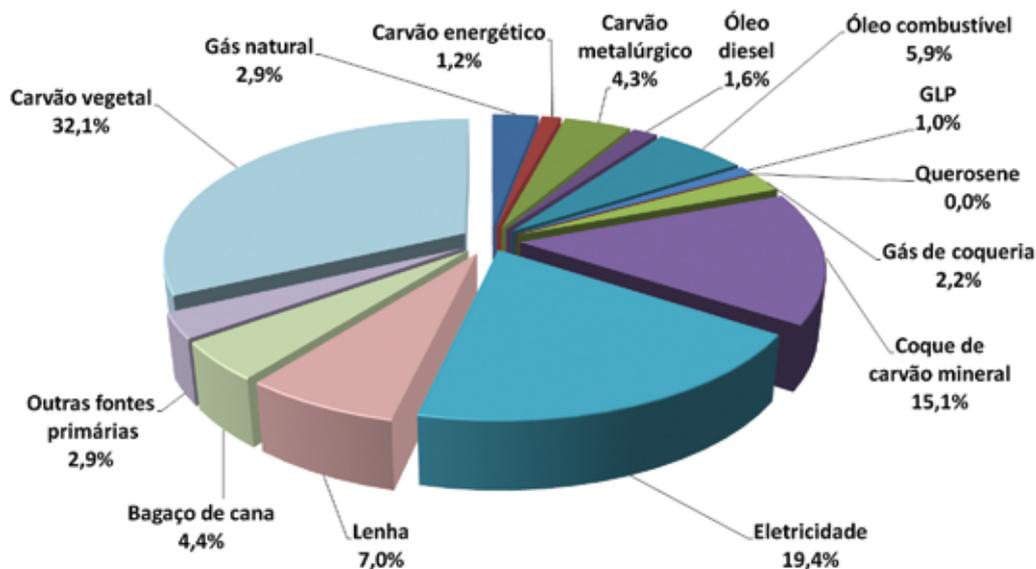


Figura 4.10 – Participação das fontes no consumo do setor industrial. Minas Gerais - 2005
 Fonte: BEEMG - 2006.

4.2. Emissões do Setor Energia

A Tabela 4.3 e a Figura 4.11 apresentam a totalização das emissões de gases de efeito estufa do Setor Energia. A Figura 4.12 apresenta a participação dos subsetores nas emissões totais, sem as emissões fugitivas e de *bunker*. Nas emissões do Setor Energia, o subsetor industrial foi o mais importante com 48,0% do total, seguido pelos subsetores transportes, com 36,6%, residencial, com 6,8%, agropecuário, com 3,7%, autoconsumo, com 4,3%, comercial, com 0,5%, e por fim o público, com 0,2%.

Na Figura 4.13, tem-se a participação das fontes nas emissões totais do Setor Energia. O uso de óleo diesel gerou os maiores níveis de emissão, com 30,3% de participação, devido ao seu uso no transportes e no setor agropecuário, seguido pelo coque de carvão mineral, com 24,5%, e da gasolina, com 9,9%.

Os subsetores residencial e agropecuário tiveram como principais emissores a queima da lenha e do GLP, no residencial, e do óleo diesel no agropecuário. Nos subsetores comercial e público, as emissões foram decorrentes do consumo da eletricidade e GLP e pouco representativas (menos de 1% em ambos). O autoconsumo do setor energético apresentou uma participação de 4,3% e teve como principais energéticos utilizados a lenha e o bagaço de cana, mas as principais contribuições nas emissões desse setor foram do coque de carvão mineral e outras fontes secundárias.

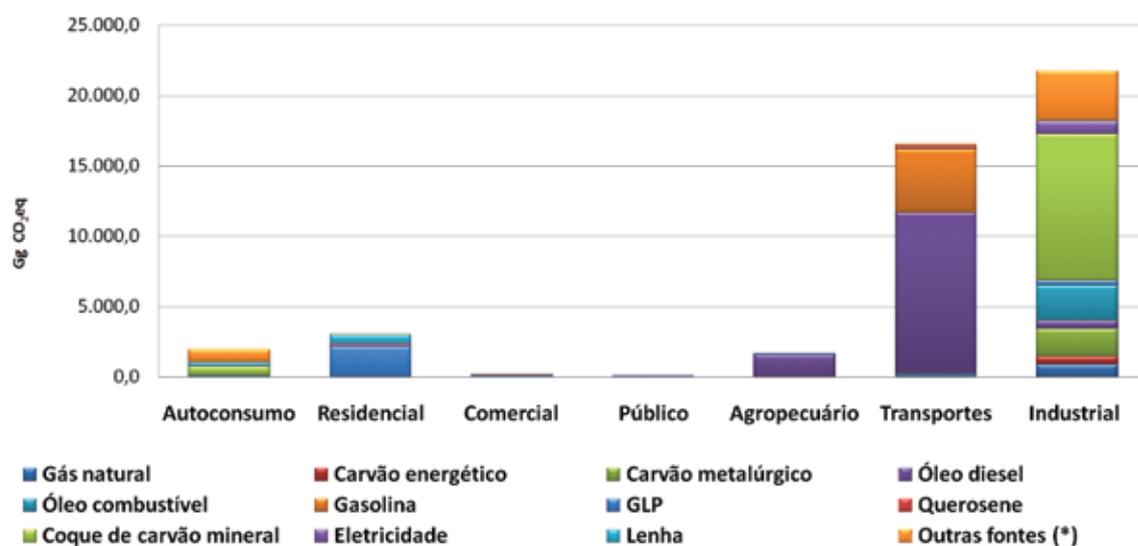
TABELA 4.3 – EMISSÕES EM CO₂ NOS SETORES SOCIOECONÔMICOS – EMISSÕES TOTAIS DO ESTADO CONSIDERANDO COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E BIOMASSA (Gg CO₂eq). MINAS GERAIS - 2005

Setor	Gás natural	Carvão energético	Carvão metalúrgico	Óleo diesel	Óleo combustível	Gasolina	GLP	Querosene
Autoconsumo	114,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Residencial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.176,8	3,0
Comercial	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	0,0	52,3	0,0
Público	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0
Agropecuário	0,0	0,0	0,0	1.589,6	0,0	0,0	13,1	0,0
Transportes – Total	213,8	0,0	0,0	11.498,7	0,0	4.473,4	0,0	266,7
Rodoviário	213,8	0,0	0,0	11.140,9	0,0	4.467,6	0,0	0,0
Ferroviário	0,0	0,0	0,0	357,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Aéreo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	266,7
Hidroviário	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industrial – Total	886,6	564,5	1.949,3	628,4	2.470,9	0,0	355,8	14,9
Cimento	18,7	38,6	0,0	0,0	38,6	0,0	0,0	0,0
Cal	135,7	0,0	0,0	0,0	376,4	0,0	0,0	0,0
Ferro gusa e aço integrado	187,1	413,7	1.949,3	18,5	238,1	0,0	245,9	14,9
Ferro gusa não integrado	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ferroligas	0,0	0,0	0,0	21,6	45,0	0,0	23,5	0,0
Outros da siderurgia	16,4	0,0	0,0	3,1	25,7	0,0	13,1	0,0
Mineração e pelotização	63,2	112,2	0,0	539,1	86,9	0,0	7,8	0,0
Não ferrosos e outros da metalurgia	39,8	0,0	0,0	9,2	257,4	0,0	10,5	0,0
Química	0,0	0,0	0,0	15,4	241,3	0,0	7,8	0,0
Alimentos e bebidas	51,5	0,0	0,0	9,2	411,8	0,0	10,5	0,0
Têxtil	63,2	0,0	0,0	3,1	289,6	0,0	2,6	0,0
Papel e celulose	77,2	0,0	0,0	3,1	222,0	0,0	0,0	0,0
Cerâmica	109,9	0,0	0,0	3,1	154,4	0,0	20,9	0,0
Outros	124,0	0,0	0,0	3,1	83,7	0,0	13,1	0,0
Total (sem emissões fugitivas e bunker)	1.214,9	564,5	1.949,3	13.716,9	2.506,3	4.473,4	2.598,1	284,5



SUBSETOR TRANSPORTES: USO DE ÓLEO DIESEL GEROU OS MAIORES NÍVEIS DE EMISSÃO

Gás de coqueria	Coque de carvão mineral	Alcool	Eletricidade	Outras fontes secundárias	Lenha	Bagaço de cana	Outras fontes primárias	Carvão vegetal	Total
181,4	659,9	0,0	4,2	661,9	281,4	39,3	0,0	0,2	1.942,8
0,0	0,0	0,0	212,3	0,0	676,9	0,0	2,3	4,1	3.075,4
0,0	0,0	0,0	119,8	0,0	3,2	0,0	0,0	0,9	205,2
0,0	0,0	0,0	83,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,2
0,0	0,0	0,0	63,1	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	1.677,7
0,0	0,0	132,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16.586,3
0,0	0,0	132,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15.954,9
0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	359,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	272,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
532,8	10.437,7	0,0	884,6	1.939,9	71,1	45,2	20,7	950,5	21.752,9
0,0	0,0	0,0	35,0	1.112,4	0,0	0,0	3,5	42,1	1.288,9
32,5	53,5	0,0	2,8	146,9	5,6	0,0	1,3	2,3	756,9
500,3	10.090,1	0,0	172,0	350,8	0,0	0,0	0,0	178,8	14.359,5
0,0	142,7	0,0	13,7	134,9	0,0	0,0	0,0	616,6	907,8
0,0	124,8	0,0	146,1	6,0	13,5	0,0	0,0	96,1	476,7
0,0	17,8	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	82,9
0,0	0,0	0,0	97,7	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	907,5
0,0	0,0	0,0	104,4	81,0	0,0	0,0	0,0	0,0	502,2
0,0	8,9	0,0	96,0	107,9	5,0	0,0	0,0	3,9	486,3
0,0	0,0	0,0	55,4	0,0	14,7	45,2	0,4	0,2	598,9
0,0	0,0	0,0	33,3	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	394,8
0,0	0,0	0,0	28,7	0,0	3,6	0,0	14,3	0,0	348,9
0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	23,9	0,0	1,1	9,3	332,2
0,0	0,0	0,0	84,4	0,0	1,2	0,0	0,1	0,0	309,5
714,1	11.097,6	132,6	1.368,7	2.601,8	1.044,5	84,5	23,0	955,7	45.330,5



(*) Gás de coqueria, álcool, bagaço de cana, carvão vegetal, outras fontes secundárias

Figura 4.11 – Emissões totais de energia, por subsetores e por fonte. Minas Gerais - 2005

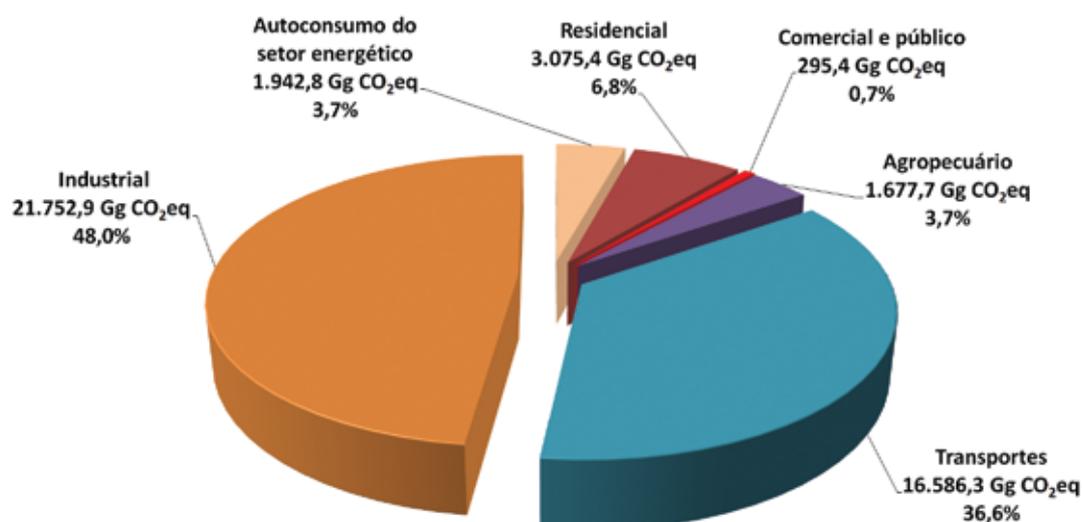


Figura 4.12 – Participação dos subsetores nas emissões totais do Setor Energia. Minas Gerais - 2005

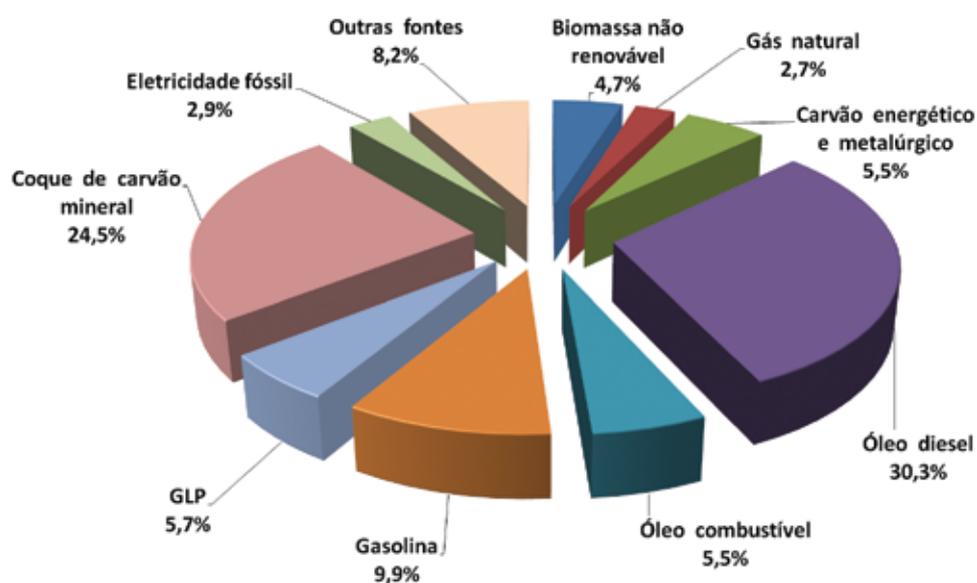


Figura 4.13 – Participação das fontes nas emissões totais do Setor Energia. Minas Gerais - 2005

No subsetor transportes, como mostrado na Figura 4.14, o modal rodoviário foi responsável pela quase totalidade das emissões do Setor Energia, com 15.946,3 Gg CO₂eq, correspondendo a 96,2%. Os principais energéticos foram o óleo diesel, com 11.478,8 Gg CO₂eq e a gasolina, com 4.467,5 Gg CO₂eq, que contribuíram, respectivamente, com 69,3% e 27,0% das emissões do subsetor, como mostrado na Figura 4.15.

O álcool teve uma participação de apenas 0,8% (132,6 Gg CO₂eq), a qual se refere às emissões de CO₂, CH₄ e N₂O no ciclo de produção

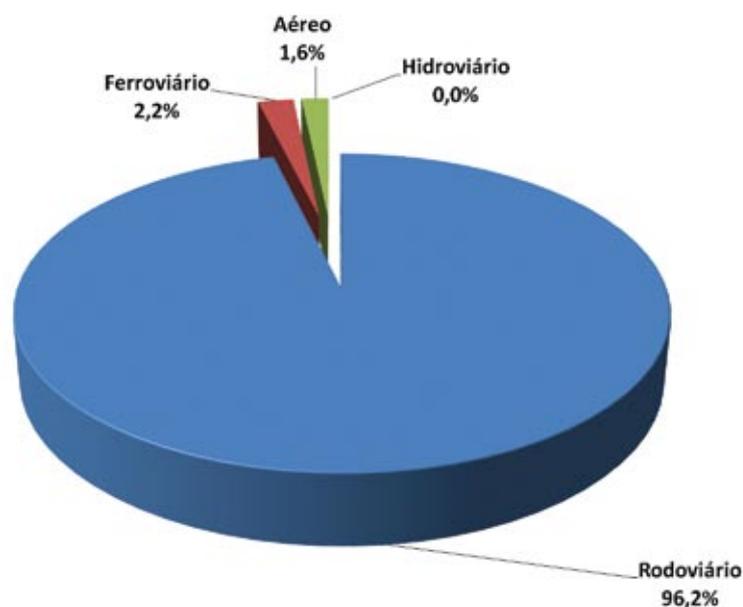


Figura 4.14 – Participação dos modais nas emissões do subsetor transportes. Minas Gerais - 2005

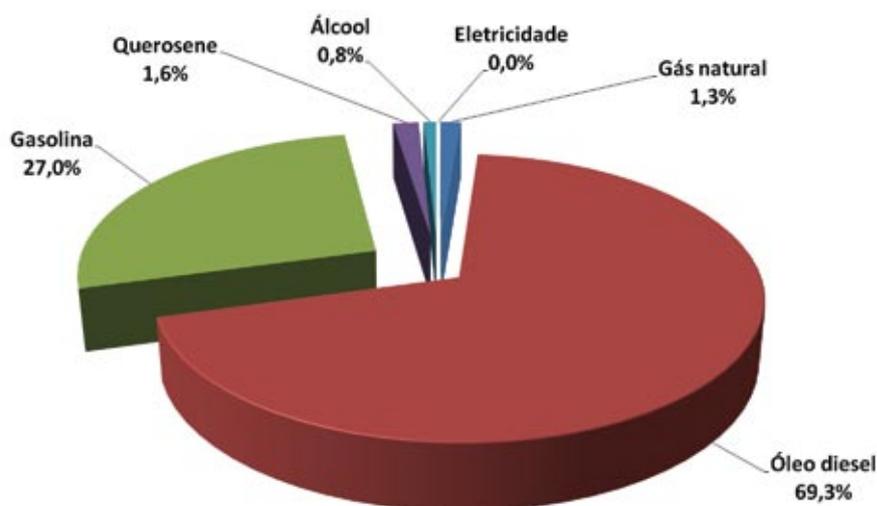


Figura 4.15 – Participação dos combustíveis no subsetor transportes. Minas Gerais - 2005

do combustível⁶ do álcool importado, e às emissões de CH₄ e N₂O da queima do combustível consumido nos veículos leves (álcool importado + produzido no Estado).

No subsetor industrial, como mostrado na Figura 4.16, a indústria de ferro gusa e aço integrado foi responsável por 66,0% das emissões, com 14.359,5 Gg CO₂. Considerando-se a indústria de ferro gusa e aço

⁶ Emissões provenientes do uso de combustíveis fósseis no plantio e na colheita da cana-de-açúcar, queima da palha da cana-de-açúcar, uso de fertilizantes agrícolas e do transporte de etanol.

integrado, ferroligas e outros da siderurgia, tem-se 72,7% de participação da siderurgia nas emissões totais do subsetor industrial.

O coque de carvão mineral contribuiu com 24,5% das emissões do subsetor industrial, seguido pelo óleo combustível (5,5%), carvão metalúrgico (5,5%) e outras fontes (8,2%) como mostrado na Figura 4.17. Apesar do consumo de carvão vegetal no subsetor industrial ter sido significativo, por se tratar de biomassa, sua parcela nas emissões do subsetor foi de apenas 4,4% e de 2,1% no total das emissões do Estado.

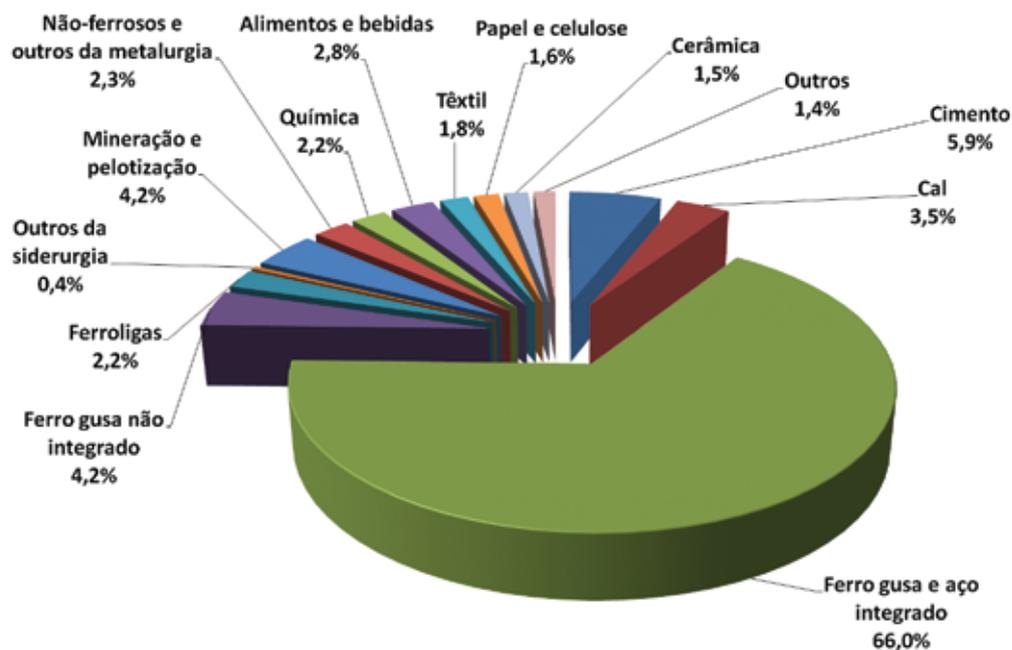


Figura 4.16 – Participação das tipologias no total das emissões do subsetor industrial. Minas Gerais - 2005

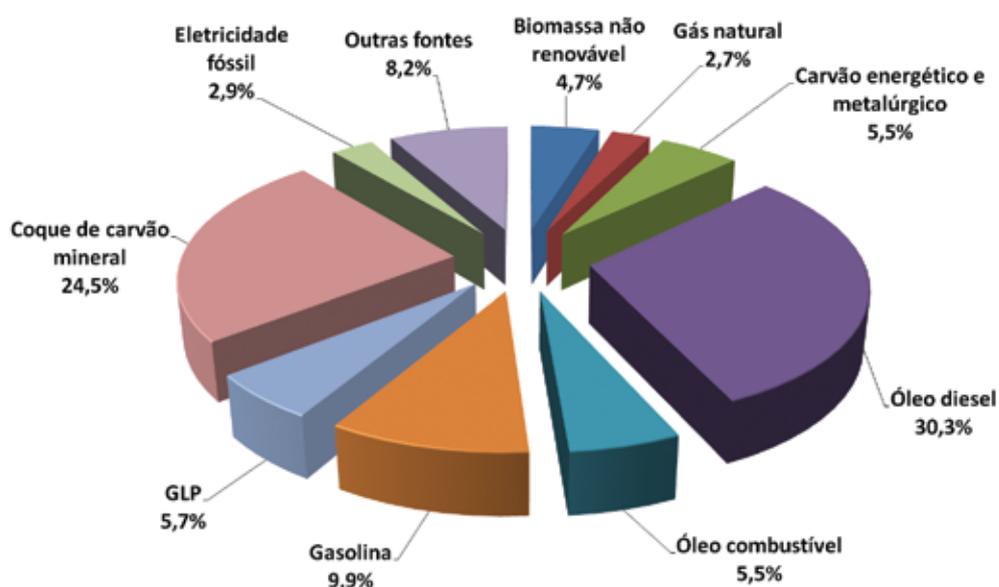


Figura 4.17 – Participação dos combustíveis nas emissões do subsetor industrial. Minas Gerais - 2005

4.3. Emissões da Biomassa Renovável

De acordo com o GUIA IPCC - 2006, a biomassa renovável queimada como fonte de energia deve ser contabilizada e suas emissões de CO₂ incluídas no inventário apenas como um item informativo no Setor de Energia, já que essas emissões são renováveis e, portanto, considera-se que são reabsorvidas no crescimento da planta. Já as emissões de CH₄ e N₂O, devem ser contabilizadas e incluídas no total de emissões do Estado, porque seu efeito é adicional às mudanças de estoque estimadas no Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo.

Dessa forma, foram consideradas neste inventário as emissões:

- da lenha queimada diretamente para a geração de energia e para a produção de carvão vegetal; para evitar “dupla contagem” contabilizou-se a diferença entre a quantidade, em tEP, da lenha que entrou nas carvoarias e do carvão vegetal produzido; essa diferença é que se configura como o consumo de lenha para produzir o carvão vegetal;
- do licor negro, que é um resíduo de fabricação da celulose, e no BEEMG - 2006 está contabilizado como “outras fontes primárias”;
- do bagaço de cana utilizado na co-geração de energia e vapor nas destilarias de álcool e usinas de açúcar;
- do carvão vegetal queimado como fonte de energia;
- do álcool etílico queimado como combustível em veículos leves.

A Tabela 4.4 apresenta as emissões oriundas da biomassa. Considerando as adaptações propostas no Inventário para a eletricidade, o álcool etílico e a lenha/carvão vegetal, tem-se:

- para o álcool importado, como foram consideradas as emissões do seu ciclo de produção, e isso inclui a queima de combustíveis fósseis utilizados em tratores e maquinários, essa parcela foi considerada em emissões de combustíveis fósseis; as emissões de CH₄ e N₂O da queima do álcool como combustível nos veículos são apresentadas na tabela de emissões da biomassa;
- para a eletricidade, o cálculo do fator de emissão médio ponderado considera somente CO₂ de origem fóssil; as emissões de CH₄ e N₂O da parcela fóssil são insignificantes e não alteram o resultado final uma vez que o consumo de combustíveis fósseis na geração de eletricidade no Estado é pequeno; as emissões de CH₄ e N₂O do uso da biomassa na geração de eletricidade são computadas nas emissões da biomassa, assim como a parcela de CO₂ não renovável dessa biomassa;
- para a lenha queimada na produção do carvão vegetal importado, as emissões de CH₄ e N₂O foram também computadas nas emissões da biomassa no autoconsumo do setor energético.

4.4. Emissões Fugitivas

Emissões fugitivas são todas as emissões de GEE, intencionais ou não, da extração, processamento, estocagem e transporte de combustíveis até o ponto de uso final para os subsetores combustíveis sólidos (extração de carvão) e petróleo e gás natural. Como em Minas Gerais não existe extração de carvão mineral, foram consideradas no cálculo somente as emissões fugitivas decorrentes do processamento de petróleo e gás natural e do seu transporte. As emissões incluem fugas de CH₄ durante o transporte e a distribuição e durante o seu processamento nas refinarias, e estão mostradas na Tabela 4.5.

TABELA 4.4 – EMISSÕES DE CO₂ DA QUEIMA DE BIOMASSA RENOVÁVEL NOS DIVERSOS SETORES SOCIOECONÔMICOS. MINAS GERAIS - 2005

Setor	Lenha	Bagaço de cana	Outras fontes primárias	Carvão vegetal	Álcool etílico	Eletricidade	Total das fontes renováveis
Gg CO ₂							
Autoconsumo dos centros transformação	14.700,0	2.027,8	4,0	0,0	7,1	16.738,9	
Residencial	8.562,3	0,0	168,1	72,7	0,0	358,2	9.161,3
Comercial	39,9	0,0	0,0	16,2	0,0	202,1	258,2
Público	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	141,3	141,3
Agropecuário	151,8	0,0	0,0	0,0	0,0	106,4	258,1
Transportes – Total	0,0	0,0	0,0	0,0	1.222,3	1,8	1.224,1
Rodoviário	0,0	0,0	0,0	0,0	1.222,3	0,0	1.222,3
Ferrovário	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,8
Aéreo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hidroviário	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industrial – Total	3.626,1	2.330,8	1.482,0	16.856,8	0,0	1.492,6	25.788,3
Cimento	0,0	0,0	250,3	747,3	0,0	59,1	1.056,7
Cal	283,5	0,0	89,9	40,4	0,0	4,7	418,6
Ferro gusa e aço integrado	0,0	0,0	0,0	3.171,0	0,0	290,2	3.461,2
Ferro gusa não integrado	0,0	0,0	0,0	10.934,9	0,0	23,1	10.958,0
Ferroligas	686,9	0,0	0,0	1.704,7	0,0	246,5	2.638,0
Outros da siderurgia	0,0	0,0	0,0	20,2	0,0	9,5	29,7
Mineração e pelotização	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	164,9	192,9
Não ferrosos e outros da metalurgia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	176,1	176,1
Química	255,6	0,0	0,0	68,7	0,0	162,0	486,2
Alimentos e bebidas	750,8	2.330,8	27,4	4,0	0,0	93,4	3.206,4
Têxtil	159,7	0,0	0,0	0,0	0,0	56,2	215,9
Papel e celulose	183,7	0,0	1.024,5	0,0	0,0	48,5	1.256,7
Cerâmica	1.218,0	0,0	82,1	165,6	0,0	16,0	1.481,7
Outros	59,9	0,0	7,8	0,0	0,0	142,4	210,2
Total	27.080,1	4.358,6	1.650,1	16.949,7	1.222,3	2.309,5	53.570,2

**TABELA 4.5 – EMISSÕES FUGITIVAS DE GÁS NATURAL⁷
MINAS GERAIS - 2005**

Emissões fugitivas de gás natural	Emissões de CH ₄	
	Gg	Gg CO ₂ eq
Refino	0,873	18,33
Transporte de gás por dutos (Gasbel)	0,0016	0,034
Pontos de entrega do gás natural	0,0002	0,005
Total	0,874	18,37

Fonte: Petrobras - 2008.

4.5. Emissões de *Bunker*

É importante observar que o GUIA IPCC - 2006 recomenda que se contabilize o consumo de combustíveis de *bunker*⁸ internacional em separado, apenas para fins informativos, pois, segundo a metodologia, esse valor não faz parte das emissões estaduais. Sendo assim, extraiu-se da contabilidade o consumo de querosene de aviação para vôos internacionais (obtidos com a Infraero) uma vez que o Estado não era, em 2005, rota regular desses vôos. O consumo de querosene considerado como *bunker* pela Infraero foi de 0,9 mil tEP, correspondendo a uma emissão de 2,6 Gg CO₂eq.

4.6. Totalização dos Resultados do Setor Energia

A consolidação das emissões do Setor Energia é apresentada na Tabela 4.6 e Tabela 4.7. A parcela referente a *bunker* é contabilizada, mas não faz parte das emissões do Estado. O mesmo ocorre para as emissões de CO₂ provenientes da queima da biomassa renovável.

⁷ A empresa GASMIG informou que não houve emissões fugitivas de sua rede de dutos em 2005. No entanto, aplicando a metodologia do IPCC, a qual estabelece um fator de emissão por m³ de gás transportado e considerando que a GASMIG transportou cerca de 712,7 milhões de m³, as emissões fugitivas seriam de 16,5 Gg CO₂eq, mas não foram computadas.

⁸ Transportes aéreos e marítimos internacionais. No caso de Minas somente transportes aéreos internacionais não regulares.

**TABELA 4.6 – EMISSÕES TOTAIS DO SETOR ENERGIA POR COMBUSTÍVEL
MINAS GERAIS - 2005**

Fonte de emissão	Emissões de CO ₂	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões totais
	Gg	Gg	Gg	Gg CO ₂ eq
Uso da energia				
Emissões da queima de combustíveis fósseis	42.656,7	3,0	1,5	43.182,1
Emissões da queima de biomassa não renovável		70,7	2,1	2.148,4
Total uso da energia	42.656,7	73,7	3,6	45.330,5
Emissões fugitivas do petróleo e gás natural		0,9		18,4
Total de emissões (uso da energia + emissões fugitivas)	42.656,7	74,6	3,6	45.348,9
Emissões que não são contabilizadas no total geral do Estado				
Emissões CO ₂ biomassa parcela renovável*	53.570,2			53.570,2
<i>Bunker</i>	2,6	0,0007	0,0001	2,6

* Inclui a emissão de 3.297 Gg CO₂ referente à queima da lenha nas carvoarias para a produção do carvão vegetal que foi importado pelo Estado em 2005, de 1.564 tEP (BEEMG - 2006).

**TABELA 4.7 – EMISSÕES TOTAIS DO SETOR ENERGIA
MINAS GERAIS - 2005**

Subsetores do Setor Energia	Emissões totais
	Gg CO ₂ eq
Industrial	20.644,8
Transportes	16.577,7
Residencial	2.387,1
Emissões da queima de biomassa (parcela não renovável)	2.148,4
Agropecuário	1.664,2
Autoconsumo dos centros transformação	1.621,8
Comercial	198,3
Público	88,2
Subtotal	45.330,5
Emissões fugitivas – petróleo e gás natural	18,4
Total de emissões (uso da energia + emissões fugitivas)	45.348,9

As emissões totais do Setor Energia, por fonte e por gases de efeito estufa, são apresentadas na Tabela 4.8. O óleo diesel gerou os maiores níveis de emissão pelo seu uso no subsetor transportes, seguido do coque de carvão mineral na siderurgia, com 24,5% e da gasolina também no transportes, com 9,9% de participação.

**TABELA 4.8 – EMISSÕES TOTAIS DO SETOR ENERGIA, POR FONTE E POR GÁS DE EFEITO ESTUFA
MINAS GERAIS - 2005**

Combustível	Emissões de CO ₂ Gg	Emissões de CH ₄ Gg	Emissões de N ₂ O Gg	Emissões totais Gg CO ₂ eq
Biomassa				
Lenha	27.080,1	33,2	1,1	1.044,5
Bagaço de cana	4.358,6	1,4	0,2	84,5
Outras fontes primárias	1.650,2	0,1	0,1	23,0
Carvão vegetal	16.949,8	35,1	0,7	955,7
Álcool ⁽¹⁾	1.222,3	0,4	0,0	8,6
Eletricidade – fontes renováveis ⁽²⁾	2.309,3	0,5	0,1	32,1
Subtotal	53.570,3	70,7	2,2	2.148,4
Combustíveis Fósseis				
Gás natural	1.203,6	0,4	0,0	1.214,9
Carvão energético	561,2	0,0	0,0	564,5
Carvão metalúrgico	1.938,0	0,0	0,0	1.949,3
Óleo diesel	13.478,0	0,7	0,7	13.716,9
Óleo combustível	2.498,2	0,1	0,0	2.506,3
Gasolina	4.285,9	1,6	0,5	4.473,4
GLP	2.595,9	0,0	0,0	2.598,1
Querosene	282,0	0,0	0,0	284,5
Gás de coqueria	713,3	0,0	0,0	714,1
Coque de carvão mineral	11.047,1	0,1	0,1	11.097,7
Álcool ⁽³⁾	124,0	0,0	0,0	124,0
Eletricidade – combustíveis fósseis ⁽⁴⁾	1.336,6	0,0	0,0	1.336,6
Outras fontes secundárias	2.592,8	0,1	0,0	2.601,8
Subtotal	42.656,6	3,0	1,5	43.182,1
Total	42.656,6	73,7	3,5	45.330,5

⁽¹⁾ Refere-se à queima do álcool combustível em veículos. As emissões de CH₄ e N₂O são contabilizadas nas emissões finais do Estado.

⁽²⁾ Refere-se à queima de biomassa para gerar energia elétrica nas centrais elétricas autoprodutoras.

⁽³⁾ Refere-se às emissões do ciclo de produção do álcool compreendidas como as emissões devidas ao consumo de combustíveis fósseis (máquinas, tratores e eletricidade) e no plantio da cana (fertilizantes, queima da palha e outros).

⁽⁴⁾ Refere-se à queima de combustíveis fósseis para gerar eletricidade nas centrais elétricas.

Em termos de tipos de gases, como mostrado na Figura 4.18, o CO₂ foi o mais representativo, com participação de 94,1%.

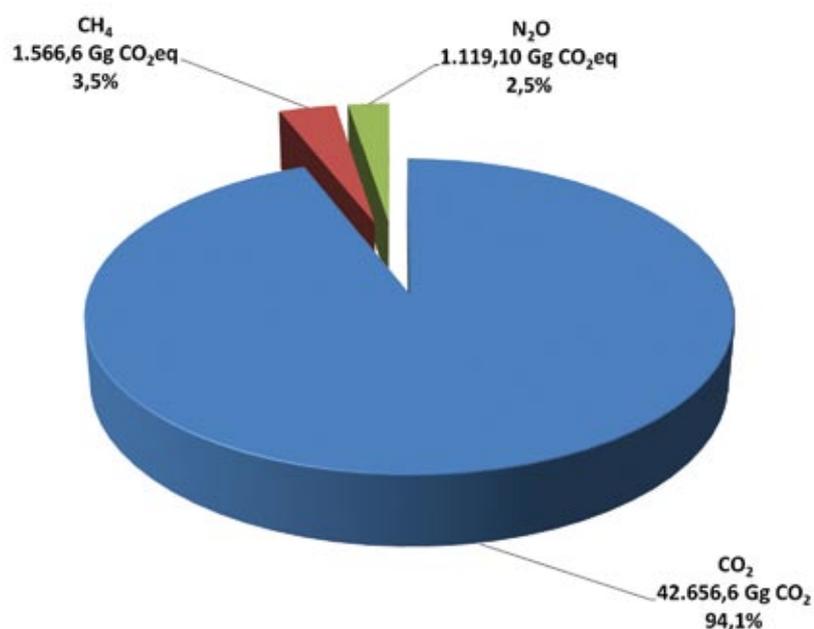


Figura 4.18 – Participação dos GEE nas emissões totais do Setor Energia. Minas Gerais - 2005

A Tabela 4.9 apresenta as emissões de gases de efeito estufa provenientes da queima de combustíveis fósseis e de biomassa não renovável, por setores socioeconômicos. No que se refere à responsabilidade desses setores, pode-se observar que o subsetor industrial foi o maior responsável por esse tipo de emissões no Estado, com destaque para a indústria siderúrgica. Em seguida, a atividade de transportes foi a segunda com maior emissão, principalmente devido ao modal rodoviário.

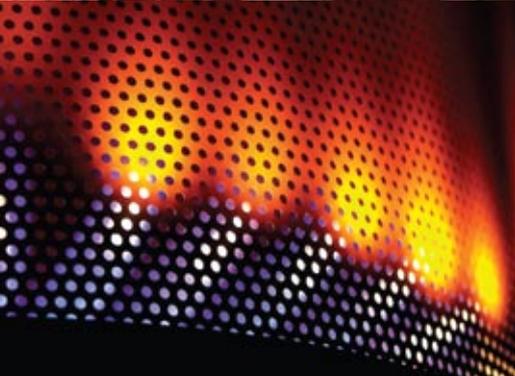


SUBSETOR INDUSTRIAL: DESTAQUE PARA A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA NA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA

TABELA 4.9 – EMISSÕES DE GEE PROVENIENTES DA QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E DE BIOMASSA NÃO RENOVÁVEL. MINAS GERAIS - 2005

Setor	Emissões de CO ₂	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões totais
	Gg	Gg	Gg	Gg CO ₂ eq
Autoconsumo dos centros transformação	1.616,3	5,2	0,70	1.942,8
Consumo final energético	41.040,3	68,5	2,92	43.387,8
Residencial	2.385,3	27,2	0,38	3.075,4
Comercial	198,1	0,2	0,01	205,2
Público	88,2	0,0	0,00	90,2
Agropecuário	1.658,9	0,6	0,02	1.677,7
Transportes – Total	16.145,9	2,9	1,22	16.586,3
Rodoviário	15.555,7	2,9	1,09	15.954,9
Ferroviário	320,3	0,0	0,12	359,0
Aéreo	269,9	0,0	0,01	272,4
Hidroviário	0,0	0,0	0,00	0,0
Industrial – Total	20.563,9	37,6	1,29	21.752,9
Cimento	1.238,3	1,6	0,05	1.288,8
Cal	745,6	0,2	0,02	756,9
Ferro gusa e aço integrado	14.113,9	6,8	0,33	14.359,5
Ferro gusa não integrado	289,8	22,7	0,46	907,8
Ferroligas	362,8	3,8	0,11	476,7
Outros da siderurgia	81,4	0,0	0,00	82,9
Mineração e pelotização	901,8	0,1	0,01	907,5
Não ferrosos e outros da metalurgia	498,6	0,1	0,01	502,2
Química	473,9	0,3	0,02	486,3
Alimentos e bebidas	535,6	1,0	0,14	598,9
Têxtil	389,9	0,1	0,01	394,8
Papel e celulose	329,5	0,1	0,05	348,9
Cerâmica	297,0	0,7	0,06	332,2
Outros	305,8	0,1	0,01	309,5
Total sem <i>bunker</i> e emissões fugitivas	42.656,6	73,7	3,51	45.330,5
Emissões fugitivas		0,9		18,4
Total do Setor Energia	42.656,6	74,6	3,51	45.348,9





SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS

5. SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS

Nos inventários de GEE, o setor Processos Industriais e Uso de Produtos é comumente identificado pela sigla IPPU, que deriva do inglês *Industrial Processes and Products Use*.

Os subsetores de IPPU considerados no inventário foram: indústria de minerais não metálicos, indústria química e indústria de minerais metálicos, cada um deles agrupando suas diferentes tipologias. Não foram consideradas as emissões devidas ao uso de produtos como os substitutos de substâncias que afetam a camada de ozônio, o uso de hexafluoreto de enxofre (SF₆) em equipamentos elétricos e o uso de óxido nitroso (N₂O) em aplicações médicas e veterinárias ou como agente propelente em aerossóis. Os gases de efeito estufa inventariados foram o dióxido de carbono (CO₂), o óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), o perfluormetano (CF₄) e o perfluoretano (C₂F₆).

A Tabela 5.1 apresenta as emissões consolidadas para o Setor IPPU que totalizaram 7.086,4 Gg CO₂eq. O subsetor minerais não metálicos foi o principal responsável pelas emissões, com participação de 82,3% nas emissões totais do setor, correspondentes a 5.831,9 Gg CO₂eq. Os subsetores minerais metálicos e indústria química contribuíram, respectivamente, com 13,4% e 4,3% do total.

TABELA 5.1 - CONSOLIDAÇÃO DAS EMISSÕES DO SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS MINAS GERAIS - 2005

Processo produtivo	Emissões totais	
	Gg CO ₂ eq	%
Minerais não metálicos	5.831,9	82,3
Minerais metálicos	948,9	13,4
Indústria química	305,6	4,3
Total	7.086,4	100,0

De acordo com o Guia IPCC - 2006, as emissões oriundas dos equipamentos para produção de calor ou trabalho mecânico para um determinado processo industrial são contabilizadas no Setor Energia. Somente as emissões geradas durante o processo industrial (transformação física ou química de materiais) ou na utilização de gases de efeito estufa em produtos e no uso não energético de carbono devem ser enquadradas em IPPU.

A Tabela 5.2 mostra, para cada subsetor, as tipologias industriais inventariadas em IPPU. Na Tabela 5.3, são apresentados os subsetores considerados e sua produção, no ano de 2005.

TABELA 5.2 – TIPOLOGIAS DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

	Processos industriais	Gases emitidos
Indústria de minerais não metálicos	Produção de cimento	CO ₂
	Produção de cal	CO ₂
	Produção de cerâmica	CO ₂
	Produção de carvão de cálcio e carvão de silício	CO ₂ e CH ₄
Indústria de minerais metálicos	Produção de ferro e aço	CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O
	Produção de ferroligas	CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O
	Produção de alumínio	CO ₂ e PFC ¹
	Produção de magnésio	CO ₂ , HFC ² , PFC, e SF ₆ ³
	Produção de zinco	CO ₂

¹ Perfluorcarbono. ² Hidrofluorcarbono. ³ Hexafluoreto de enxofre.

A tarefa de atribuir as emissões de GEE devidas ao uso de combustíveis fósseis no Setor Energia ou no IPPU, muitas vezes, torna-se bastante complexa. O uso de gases como matéria-prima ou agente redutor frequentemente produz outros gases que podem ser queimados para fornecer energia para o processo industrial. Igualmente, parte da matéria-prima muitas vezes é queimada diretamente para fornecer calor. Isto pode levar a incertezas e ambiguidade. De acordo com as premissas do IPCC, durante a elaboração do inventário é de fundamental importância que se evitem não só as omissões, como também a dupla contagem das emissões de GEE.

5.1. Subsetor Indústria de Minerais Não Metálicos

A emissão de CO₂ na indústria de minerais não metálicos é resultante do uso de carbonatos como matéria-prima na fabricação de um grande número de produtos, principalmente, nas indústrias de cimento, cal e cerâmica.

• Cimento

Na indústria de cimento o CO₂ é formado durante a produção de clínquer, o componente básico do cimento, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio. Na produção de cimento, o calcário (CaCO₃) é calcinado produzindo óxido de cálcio (CaO) e o CO₂ é um subproduto da reação. O CaO é então misturado com a sílica, alumina e óxido de ferro para formar o clínquer.

TABELA 5.3 – PRODUÇÃO DOS SUBSETORES CUJAS ATIVIDADES FORAM CONSIDERADAS NO INVENTÁRIO MINAS GERAIS - 2005

Subsetores de IPPU	Produção (t)
Subsetor de Minerais Metálicos	
Ferro gusa e aço	
Coque	2.746.533
Gusa (não convertido em aço)	3.255.325
Sinter	11.564.746
Ferroligas	
Ferro silício	139.169
Silício metálico	190.946
Subsetor de Minerais Não Metálicos	
Alumínio	145.900
Cerâmica (consumo de carbonatos)	
Calcita	3.750
Dolomita	39.380
Barrilha	1
Whiterita	72
Cimento	
Clínquer	5.974.000
Cal	3.604.638
Subsetor Indústria Química	
Carbeto de Silício	84.104
Carbeto de Cálcio	59.383

• **Cal**

Na fabricação de cal utiliza-se calcário de alto teor de pureza, o qual é calcinado, formando a cal ou óxido de cálcio (CaO). A reação ocorre em altas temperaturas, em forno rotatório, e o processo emite CO₂.

• **Cerâmica**

A produção de cerâmica inclui a fabricação de tijolos, telhas, tubos de argila vitrificada, produtos refratários, pisos, azulejos, artefatos para decoração, louça sanitária e outros. As emissões de CO₂ provenientes desse processo são resultantes da calcinação dos carbonatos presentes na argila e dos aditivos utilizados. O processo é similar ao da produção de cimento e cal: os carbonatos são aquecidos a altas temperaturas em fornos, produzindo, dentre outros óxidos, o CO₂. A Tabela 5.4 e a Figura 5.1 mostram as emissões para o subsetor de produção de minerais não metálicos, onde a produção de cimento e cal são responsáveis pela quase totalidade das emissões.

TABELA 5.4 – EMISSÕES DE GEE DO SUBSETOR INDÚSTRIA DE MINERAIS NÃO METÁLICOS MINAS GERAIS - 2005

Processo produtivo	Emissões de CO ₂	
	Gg	%
Cimento	3.107,7	53,3
Cal	2.703,8	46,4
Cerâmica	20,4	0,3
Total	5.831,9	100,0

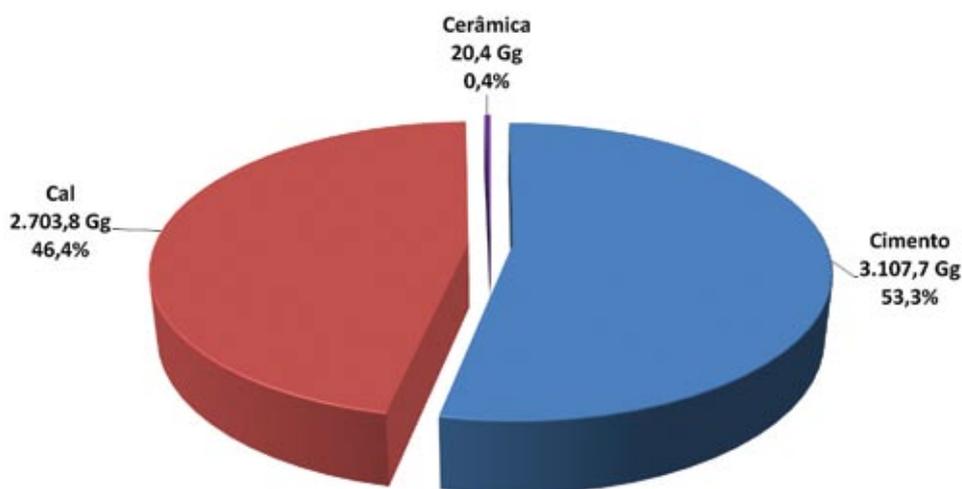


Figura 5.1 – Emissões de CO₂ do subsetor indústria de minerais não metálicos. Minas Gerais - 2005



SUBSETOR MINERAIS NÃO METÁLICOS: O CALCÁRIO, NO PROCESSO DE CALCINAÇÃO, EMITE CO₂

5.2. Subsetor Indústria Química

A produção de vários compostos químicos, orgânicos e inorgânicos, resulta na emissão de quantidades significativas de gases de efeito estufa. Nesse subsetor foram inventariadas as emissões resultantes da produção dos carbeto de silício e de cálcio. O carbetto de silício (SiC), um potente abrasivo artificial, é produzido a partir de areia ou quartzo e coque de petróleo. O carbetto de cálcio (CaC₂) é usado na produção de acetileno, na fabricação de cianamida e como redutor em fornos elétricos para a produção de aço. É produzido a partir de duas matérias-primas que contêm carbono: carbonato de cálcio e coque de petróleo.

Um processo de produção que utiliza matérias-primas que contêm carbono resulta, geralmente, em emissões de CO₂. Além disso, a presença de hidrocarbonetos voláteis no coque de petróleo pode ocasionar a emissão de CH₄. A Tabela 5.5 resume as emissões para o subsetor indústria química. Nesse subsetor, a produção de carbetto de silício é a principal fonte das emissões, ou 78,8% do total.

**TABELA 5.5 – EMISSÕES DE GEE DO SUBSETOR INDÚSTRIA QUÍMICA
MINAS GERAIS - 2005**

Processo produtivo	Emissões de CO ₂	Emissões de CH ₄	Emissões totais	
	Gg	t	Gg CO ₂ eq	%
Carbetto de cálcio (CaC ₂)	64,7	-	64,7	21,2
Carbetto de silício (SiC)	220,3	975,6	240,8	78,8
Total	285,0	975,6	305,5	100,0

5.3. Subsetor Indústria de Minerais Metálicos

O subsetor inclui a produção de ferro gusa e aço, a produção de ferroligas e a produção de alumínio. Os GEE inventariados foram o CO₂, o CH₄, o CF₄ e o C₂F₆.

• Ferro Gusa e Aço

A produção de ferro gusa e aço pode ocorrer a partir da redução do minério de ferro, em usinas integradas e não integradas, ou por meio da utilização de sucata, em usinas com fornos elétricos a arco. As principais etapas operacionais para produção de ferro e aço nas usinas integradas a carvão mineral consistem na produção de coque metalúrgico, produção de sinter, produção de peletts, processamento do minério de ferro, fabricação de ferro gusa e fabricação do aço, por meio da combustão em alto forno. Durante o processo são emitidos CO₂, CH₄ e N₂O.

A siderurgia utiliza o carbono para geração de energia e também como agente redutor do minério de ferro. Uma fração do carbono é incorporada aos produtos e a maior parte, após fornecer energia ao processo, é emitida na forma de CO₂.

Para a contabilização correta das emissões de CO₂ é importante diferenciar o carbono consumido na reação química de redução do minério de ferro (uso direto) e o carbono necessário para gerar energia (uso indireto). No entanto, pela ausência de informações de consumo desses agentes por uso específico, todas as emissões de CO₂ da siderurgia foram contabilizadas no Setor Energia. Além disso, a metodologia do IPCC não contempla a avaliação de emissões da siderurgia decorrentes da utilização do carvão vegetal, que tem significativo uso em Minas Gerais, reforçando a opção por contabilizar as emissões de CO₂ no Setor Energia. Essa mesma estratégia foi adotada no Inventário Nacional, publicado em 2004.



FOTO: ARQUIVO ECOA

CARVÃO VEGETAL: SIGNIFICATIVO USO EM MINAS GERAIS

• Ferroligas

O termo ferroligas é utilizado para descrever ligas de ferro com outros metais que tomam parte como matéria-prima no processo de fabricação do aço. Na produção de ferroligas, o minério, o coque metalúrgico e a escória são misturados e aquecidos a altas temperaturas para que ocorra a redução e a fusão. Os redutores empregados podem ser tanto carvão vegetal quanto coque.

O Manual do IPCC - 2006 apresenta uma série de aproximações para contabilizar as emissões de CO₂ provenientes do processo produtivo de ferroligas. A metodologia considera o cálculo das emissões a partir do volume de produção utilizando fatores de emissão *default* supondo-se o emprego unicamente de carbono fóssil. Entretanto, a produção de ferroligas em Minas Gerais utiliza, predominantemente, carvão vegetal, impedindo que se aplique a metodologia estabelecida. Dessa forma, as emissões de CO₂ foram, também, contabilizadas no Setor Energia, tal como no caso da siderurgia.

As emissões de CH₄ foram calculadas com base na produção do setor. Com relação às emissões de N₂O, o IPCC ressalta que as incertezas associadas às estimativas e às medições nessa categoria de processo produtivo são muito grandes. Consequentemente, ainda não foi proposta metodologia de cálculo.

• Alumínio

O alumínio primário é obtido a partir do processo de redução eletrolítica utilizando-se a alumina como matéria-prima. A reação ocorre numa célula de carbono (anodo) que contém uma solução eletrolítica (catodo) sendo o alumínio produzido no catodo e o carbono consumido no anodo. As emissões mais significativas do processo produtivo são de CO₂, resultantes do consumo de carbono no anodo durante a reação de conversão da alumina em alumínio metálico.

Na produção de alumínio, ocorre também a emissão de gases do grupo dos perfluorcarbonos (PFC): o perfluormetano, também dito tetrafluormetano (CF₄) e o perfluoretano, também dito hexafluoretano (C₂F₆). As quantidades produzidas dependem do tipo de tecnologia adotada. Para o cálculo dessas emissões foram utilizados os fatores de emissão *default* apropriados, disponibilizados pelo IPCC. A Tabela 5.6 resume as emissões do subsetor indústria de minerais metálicos onde a produção do alumínio, devido à emissão de CF₄ e C₂F₆, gases com altos poderes de aquecimento global, participa com 97,4% das emissões.

**TABELA 5.6 – EMISSÕES GEE DO SUBSETOR INDÚSTRIA DE MINERAIS METÁLICOS
MINAS GERAIS – 2005**

Processo produtivo	Emissões CO ₂	Emissões CH ₄	Emissões CF ₄	Emissões C ₂ F ₆	Emissões totais	
	Gg	t	t	t	Gg CO ₂ eq	%
Siderurgia		809,8			17,0	1,8
Ferroligas		368,3			7,7	7,7
Alumínio	248,0		96,5	5,3	924,2	97,4
Total	248,0	1.178,1	96,5	5,3	948,9	100,0

5.4. Totalização das Emissões de IPPU

As emissões de IPPU totalizaram 7.086,4 Gg em CO₂eq. O subsetor industrial mais emissor foi o de produção de minerais não metálicos, responsável por 82,3% das emissões. O segundo maior emissor foi o setor de produção de minerais metálicos que respondeu por 13,4%. O subsetor indústria química ficou em terceiro lugar, com 4,3%. A Figura 5.2 ilustra os resultados obtidos. Na Tabela 5.7, tem-se as emissões por tipo de gás.

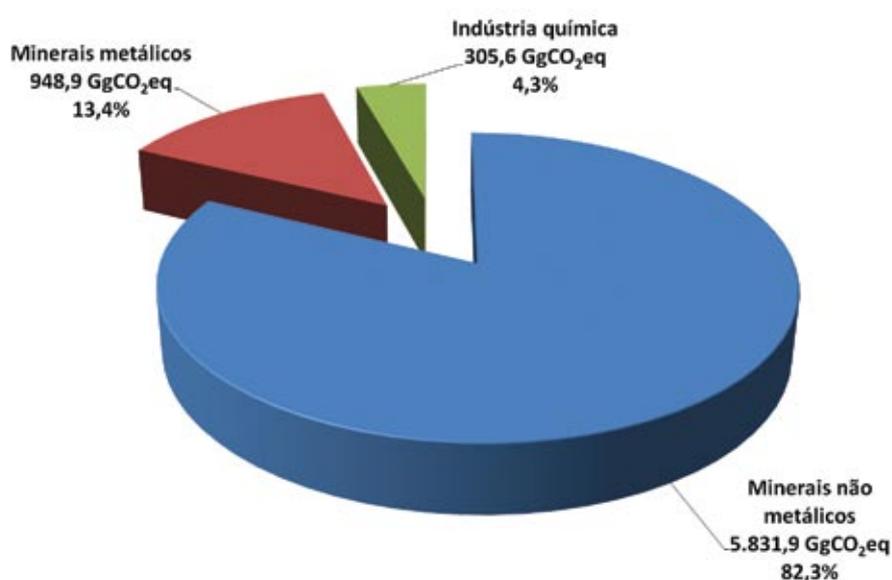


Figura 5.2 – Participação dos subsectores de IPPU nas emissões de GEE. Minas Gerais - 2005



INDÚSTRIA DE CIMENTO: O CO₂ É UM SUBPRODUTO DURANTE A PRODUÇÃO DO CLÍNQUER

**TABELA 5.7 – EMISSÕES DE GEE DO SETOR IPPU
MINAS GERAIS - 2005**

Processo produtivo	Emissões CO ₂	Emissões CH ₄	Emissões CF ₄	Emissões C ₂ F ₆	Emissões totais	
	Gg	t	t	t	Gg CO ₂ eq	%
Minerais não metálicos	5.831,9				5.831,9	82,3
Minerais metálicos	248,0	1.178,1	96,5	5,3	948,9	13,4
Indústria química	285,1	975,6			305,6	4,3
Total	6.365,0	2.153,7	96,5	5,3	7.086,4	100,0





SETOR AGRICULTURA, FLORESTAS E OUTROS USOS DO SOLO

6. SETOR AGRICULTURA, FLORESTAS E OUTROS USOS DO SOLO

Para fins de inventários de GEE, o Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo é comumente identificado pela sigla AFOLU, que deriva do idioma inglês *Agriculture, Forestry and Other Land Use*.

Os principais gases de efeito estufa relacionados ao Setor AFOLU são o dióxido de carbono (CO_2), o óxido nitroso (N_2O) e o metano (CH_4). Os fluxos de CO_2 entre a atmosfera e os ecossistemas terrestres são controlados, primordialmente, pela fotossíntese, pela respiração das plantas e pela decomposição e combustão da matéria orgânica. O N_2O é emitido, principalmente, pelos ecossistemas como um subproduto da nitrificação e da denitrificação, enquanto o CH_4 é emitido pela metanogênese sob condições anaeróbias em solos, acondicionamento de esterco, fermentação entérica e durante a combustão incompleta de matéria orgânica.

As atividades do Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo foram responsáveis pela emissão de 63.221,1 Gg CO_2eq , em 2005. Uma síntese das emissões e respectivas origens podem ser observadas na Figura 6.1. As emissões da pecuária foram as mais representativas, com 57,1%, estando aí incluídas a fermentação entérica, com 41,2%, e o manejo de dejetos, com 15,9%. As mudanças no uso do solo (cobertura vegetal)

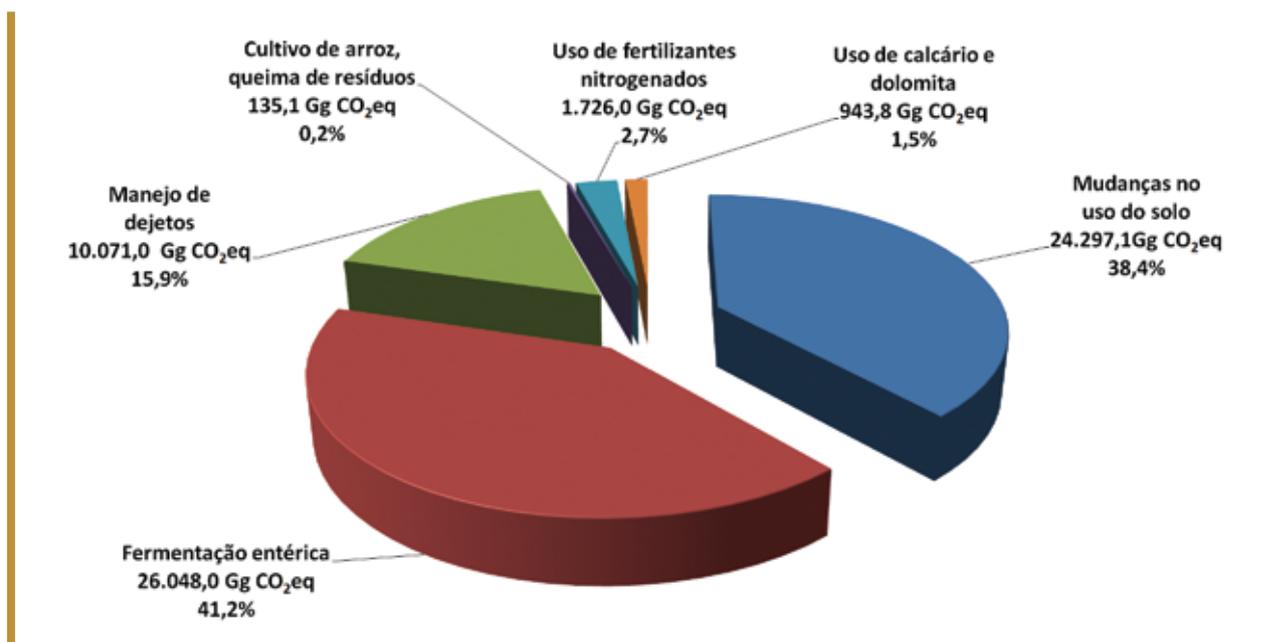


Figura 6.1 – Emissões de GEE do Setor AFOLU. Minas Gerais - 2005

apresentaram também valor expressivo, participando com 38,4%. Na agricultura, com 4,3%, as maiores emissões foram devidas ao uso de fertilizantes nitrogenados.

6.1. Subsetor Agricultura

A agricultura é uma atividade de grande importância para o Estado, tendo a produção agrícola alcançado 10,4 milhões de toneladas, em 2005. No mesmo ano, Minas Gerais também se destacou em relação à produção de leite e café, além de possuir o terceiro maior rebanho bovino do País. Foi, também, um dos maiores produtores nacionais de cana-de-açúcar, milho, soja, feijão e hortaliças. A Tabela 6.1 mostra os dados de algumas das principais culturas, em 2005.

**TABELA 6.1 - PRINCIPAIS CULTURAS, ÁREAS OCUPADAS E RESPECTIVA PRODUÇÃO TOTAL
MINAS GERAIS - 2005**

Cultura	Área ha	Produção t
Milho	1.331.399	5.325.596
Cana-de-açúcar	336.254	4.371.302
Soja	1.109.384	3.550.029
Café	1.040.215	1.040.215
Mandioca	35.240	599.080
Arroz	107.411	322.233
Feijão	360.765	288.612

Fonte: Emater-MG.

As emissões de GEE provenientes da agricultura foram devidas ao cultivo de arroz irrigado e de várzea úmida, às queimadas, principalmente de palha da cana-de-açúcar, e à aplicação de fertilizantes e corretivos ao solo. As emissões de metano do cultivo de arroz totalizaram 6,4 Gg de CH₄, em 2005. A Tabela 6.2 apresenta os resultados para cada regime de manejo adotado.

**TABELA 6.2 – EMISSÕES DE GEE DO CULTIVO DE ARROZ EM CASCA
MINAS GERAIS - 2005**

Tipo de manejo	Emissões de CH ₄ Gg	Emissões totais	
		Gg CO ₂ eq	%
Arroz irrigado	3,6	76,2	56,4
Arroz de várzea úmida	2,8	58,8	43,6
Total	6,4	135,0	100,0%

Fontes: Emater-MG/DETEC e fatores de emissão do GUIA IPCC - 2006.

A queima de biomassa é uma das fontes de emissão de gases de efeito estufa, sendo emitidos o CO₂, o CH₄ e o N₂O. No Inventário, foram computados apenas o CH₄ e o N₂O, uma vez que o CO₂, emitido através da queima em áreas agrícolas (áreas permanentes ou não alteradas), foi absorvido pela vegetação durante o crescimento da safra. No caso da queima de áreas que sofreram transformação, por exemplo, de agricultura para pastagens, as emissões de CO₂ foram calculadas através da variação do estoque de carbono da cobertura vegetal.

Os resultados das emissões de CH₄ e N₂O decorrentes da queima da palha da cana-de-açúcar são mostrados de forma agregada na Tabela 6.3. Os valores estimados foram de 4,7 t CH₄ e 0,12 t N₂O, correspondendo a 0,14 Gg de CO₂eq.

**TABELA 6.3 – EMISSÕES DE GEE DA QUEIMA DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR
MINAS GERAIS - 2005**

Área queimada no Estado	Palha disponível para combustão	Fator de combustão	Fator de emissão de CH ₄	Emissões de CH ₄	Fator de emissão de N ₂ O	Emissões de N ₂ O	Emissões totais
ha	t/ha		g/kg de matéria seca	t	g/kg de matéria seca	t	Gg CO ₂ eq
336.254	6,5	0,8	2,7	4,7	0,07	0,12	0,14

Fontes: GUIA IPCC-2006 e dados disponibilizados pela Emater-MG/DETEC.

O óxido nitroso é naturalmente produzido nos solos por processos de nitrificação e denitrificação. A nitrificação é a oxidação aeróbica microbiana do nitrato de amônia e a denitrificação é a redução anaeróbica microbiana do nitrato em nitrogênio gasoso. O óxido nitroso é um intermediário gasoso na sequência de reação da denitrificação e um subproduto da nitrificação que escapa das células para os solos e finalmente para a atmosfera.

As emissões de N₂O, que resultam de adições de nitrogênio antropogênico ou da mineralização de nitrogênio, ocorrem de forma direta (isto é, diretamente de solos onde há adição de nitrogênio) e de forma indireta, que por sua vez também ocorre de duas formas:

- pela volatilização de NH₃ e NO_x de solos manejados e da queima de combustíveis fósseis e de biomassa com subsequente deposição desses gases e seus produtos (NH₄⁺ e NO₃⁻) em solos e água;
- após a lixiviação e o *runoff* de nitrogênio, principalmente como NO₃⁻ de solos manejados.

As emissões diretas de N₂O totalizaram 4.756,9 t em 2005, conforme mostra a Tabela 6.4, correspondendo a 1.474,7 Gg CO₂eq.

**TABELA 6.4 – EMISSÕES DIRETAS DE N₂O POR SOLOS AGRÍCOLAS
MINAS GERAIS - 2005**

Fertilizante aplicado em cultivo de arroz*	Fator de emissão para cultivo de arroz	Emissões diretas de solos com cultivo de arroz	Fertilizante aplicado nas culturas agrícolas, exceto arroz	Fator de emissão para culturas agrícolas, exceto arroz	Emissões diretas de solos de área agrícola, exceto arroz	Total de emissões diretas de solos agrícolas	Total de emissões diretas de solos agrícolas
kg N	kg N ₂ O/kg N	kg N ₂ O	kg N	kg N ₂ O/kg N	kg N ₂ O	t N ₂ O	Gg CO ₂ eq
450.600	0,003	1.351,8	475.558.900	0,01	4.755.589	4.756,9	1.474,7

Fontes: EMATER/FEAM e fatores do GUIA IPCC - 2006.

(*) Foi considerado apenas o fertilizante orgânico aplicado ao cultivo do arroz, visto que a quantidade de fertilizantes sintéticos foi disponibilizada de forma agregada para todo o Estado.

As emissões indiretas de N₂O volatilizado e percolado totalizaram 811,1 t ou 251,5 Gg CO₂eq, em 2005, e podem ser observadas na Tabela 6.5. As emissões totais (diretas e indiretas) de N₂O resultantes da adição de nitrogênio aos solos, foram de 5.568 t ou 1.726,1 Gg CO₂eq.

**TABELA 6.5 – EMISSÕES INDIRETAS DE N₂O POR SOLOS AGRÍCOLAS
MINAS GERAIS - 2005**

Fertilizante aplicado	Fração de N que volatiliza	Fator de emissão para N volatilizado	Fração de N que percola	Fator de emissão para N percolado e runoff	Total de emissões indiretas	Total de emissões indiretas
kg N		(kg N ₂ O-N)/ (kg NH ₃ -N + NO _x -N)		(kg N ₂ O-N)/ kg N	t N ₂ O	Gg CO ₂ eq
Sintético - 435.849.000	0,10	0,01	0,30	0,0075	811,1	251,5
Orgânico - 40.160.500	0,20					

A adição de carbonato, sob a forma de calcário (CaCO₃) ou dolomita (CaMg(CO₃)₂), reduz a acidez dos solos e melhora o crescimento da vegetação em terras agrícolas. As emissões de CO₂ resultantes dessa prática ocorrem porque o carbonato de cálcio se dissolve, liberando bicarbonato que se transforma em CO₂ e água. As emissões totais do uso de carbonatos na agricultura foram de 943,8 Gg CO₂, em 2005. A Tabela 6.6, sintetiza os resultados.

**TABELA 6.6 – EMISSÕES DE CO₂ NO USO DE CALCÁRIO
MINAS GERAIS - 2005**

Quantidade anual de calcário	Fator de emissão	Quantidade anual de dolomita	Fator de emissão	Emissões anuais de C pela aplicação de calcário e dolomita	Emissões anuais de CO ₂ pela aplicação de calcário e dolomita
t	t de C/t de calcário	t	t de C/t de dolomita	t de C	Gg de CO ₂
2.145.006	0,12	0	0,13	257.401,0	943,8

A aplicação de uréia aos solos agrícolas provoca a perda de CO₂ que é fixado durante o processo industrial de produção de fertilizantes, sendo usualmente aplicada em combinação com outros fertilizantes nitrogenados. A metodologia do IPCC recomenda assumir, como boa prática, que a composição do fertilizante é de 100% de uréia (IPCC - 2006⁹). Por não ter sido possível obter dados sobre o consumo estadual de fertilizantes nitrogenados, não foram feitas estimativas de emissões de CO₂ do manejo de solos agrícolas pela aplicação desse tipo de insumo.

6.2. Subsetor Pecuária

A pecuária é uma atividade econômica de grande importância para Minas Gerais, que ocupa lugar de destaque no Brasil, sendo a bovinocultura de leite a principal atividade. De acordo com dados do IBGE - 2005, o Estado foi responsável por 29,0% da produção nacional de leite (7,09 bilhões de litros), respondendo por 22,0% do total de vacas ordenhadas no país. A produtividade média foi de 1.476 litros por vaca por ano, índice 21,0% superior à média nacional para o mesmo período.

A pecuária de corte também tem uma representatividade econômica bastante significativa no Estado. De acordo com a mesma fonte, o rebanho mineiro, em 2005, respondia por 8,9% de todo o rebanho nacional, ficando atrás apenas dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. A principal prática de manejo é a criação em pastagens, com pequena participação de efetivo de gado de corte em confinamento ou semiconfinamento.

A atividade de suinocultura possui menor importância relativa no agronegócio de Minas Gerais, se comparada à bovinocultura. O Estado possuía, em 2005, 11,2% do efetivo de suínos do país e essa participação

⁹ Capítulo 11, do volume 4: *Agriculture, Forestry and Other Land Use* – AFOLU.

correspondia, no mesmo ano, a 10,1% do peso total de carcaças de suínos abatidos sob inspeção.

As atividades de avicultura, criação de bubalinos, ovinos, caprinos, equinos, asininos e muares, além de apresentarem menor participação na geração interna de renda no Estado, segundo dados da Secretaria de Estado Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA, possuem menor representatividade nas emissões de gases de efeito estufa nas categorias observadas (fermentação entérica¹⁰ e gestão de dejetos). Conforme orientações do IPCC - 2006, um nível maior de detalhamento é recomendado apenas para as categorias de gado de corte, gado de leite e suínos.

Na Tabela 6.7, é mostrada a população do rebanho mineiro, no ano de 2005, e sua comparação com o rebanho nacional.

TABELA 6.7 – POPULAÇÃO DOS REBANHOS MINEIROS E NACIONAIS EM 2005

Tipo de animal	Número de animais (em milhões de cabeças)		
	Minas Gerais	Brasil	MG/Brasil (%)
Gado de leite	4,64	20,63	22,5
Equinos	0,86	5,79	14,9
Asininos e muares	0,21	2,58	8,1
Suínos	3,8	34,06	11,2
Gado de corte	16,62	186,52	8,9
Aves	89,83	1.005,88	8,9
Bubalinos	0,04	1,17	3,4
Caprinos	0,12	10,31	1,2
Ovinos	0,18	15,59	1,2
Outros	0,02	0,30	6,7

Fonte: Produção da Pecuária Municipal, IBGE - 2005.

As emissões de metano do subsetor pecuária, provenientes dos animais de criadouro, alcançaram 1.269,1 Gg de CH₄, conforme mostrado na Tabela 6.8, sendo 97,7% dessas emissões provenientes de fermentação entérica e, dessas, 98,0% oriundas do gado bovino.

¹⁰ A categoria das aves não entra no cálculo de emissão do setor de pecuária para o processo de fermentação entérica.

**TABELA 6.8 – EMISSÕES DE METANO DE ANIMAIS DE CRIADOURO
MINAS GERAIS - 2005**

Categoria de rebanho	Fator de emissão da fermentação entérica (default IPCC)	Fator de emissão da fermentação entérica (calculado)	Emissões de CH ₄ da fermentação entérica	Fator de emissão para manejo de dejetos	Emissões de CH ₄ de manejos de dejetos	Emissões totais CH ₄ pecuária
	kg CH ₄ /cabeça	kg CH ₄ /cabeça	Gg CH ₄	kg CH ₄ /cabeça	Gg CH ₄	Gg CH ₄
Gado de leite	63	65	301,4	1,00	4,7	306,1
Gado de corte	56	55	914,1	1,00	16,7	930,9
Bubalinos	55	n.a.	2,0	1,00	0,0	2,0
Ovinos	5	n.a.	0,9	0,15	0,0	1,0
Caprinos	5	n.a.	0,6	0,17	0,0	0,7
Equinos	18	n.a.	15,4	1,64	1,4	16,8
Asininos e muares	10	n.a.	2,1	0,90	0,2	2,3
Suíños	1	n.a.	3,8	1,00	3,8	7,6
Aves	n.a.	n.a.	n.d.	0,02	1,8	1,8
Outros	n.a.	n.a.	n.d.	1,00	0,0	0,0
Total			1.240,4		28,7	1.269,1

Fonte: IPCC - 2006.
n.a. = não se aplica.
n.d. = não disponível.

As emissões diretas e indiretas de N₂O de sistemas de manejo de dejetos resultaram em emissões totais de 30,5 Gg N₂O, praticamente provenientes do rebanho bovino (99,3%), com emissões diretas de 27,0 Gg N₂O e emissões indiretas por volatilização de 3,6 Gg N₂O. Os valores encontram-se na Tabela 6.9.

**TABELA 6.9 – EMISSÕES DE N₂O DO MANEJO DE DEJETOS
MINAS GERAIS - 2005**

Categoria de rebanho	Emissões diretas de N ₂ O	Emissões indiretas de N ₂ O	Emissões totais de N ₂ O
	Gg		
Gado de leite	11,40	2,00	13,4
Gado de corte	15,45	1,54	16,9
Bubalinos	0,00	0,00	0,0
Ovinos	0,01	0,0014	0,0
Caprinos	0,00	0,00	0,0
Equinos	0,00	0,0008	0,0
Asininos e muares	0,00	0,0001	0,0
Suíños	0,09	0,0369	0,1
Aves	0,02	n.a.	0,0
Outros	0,00	n.a.	0,0
Total	26,97	3,58	30,5

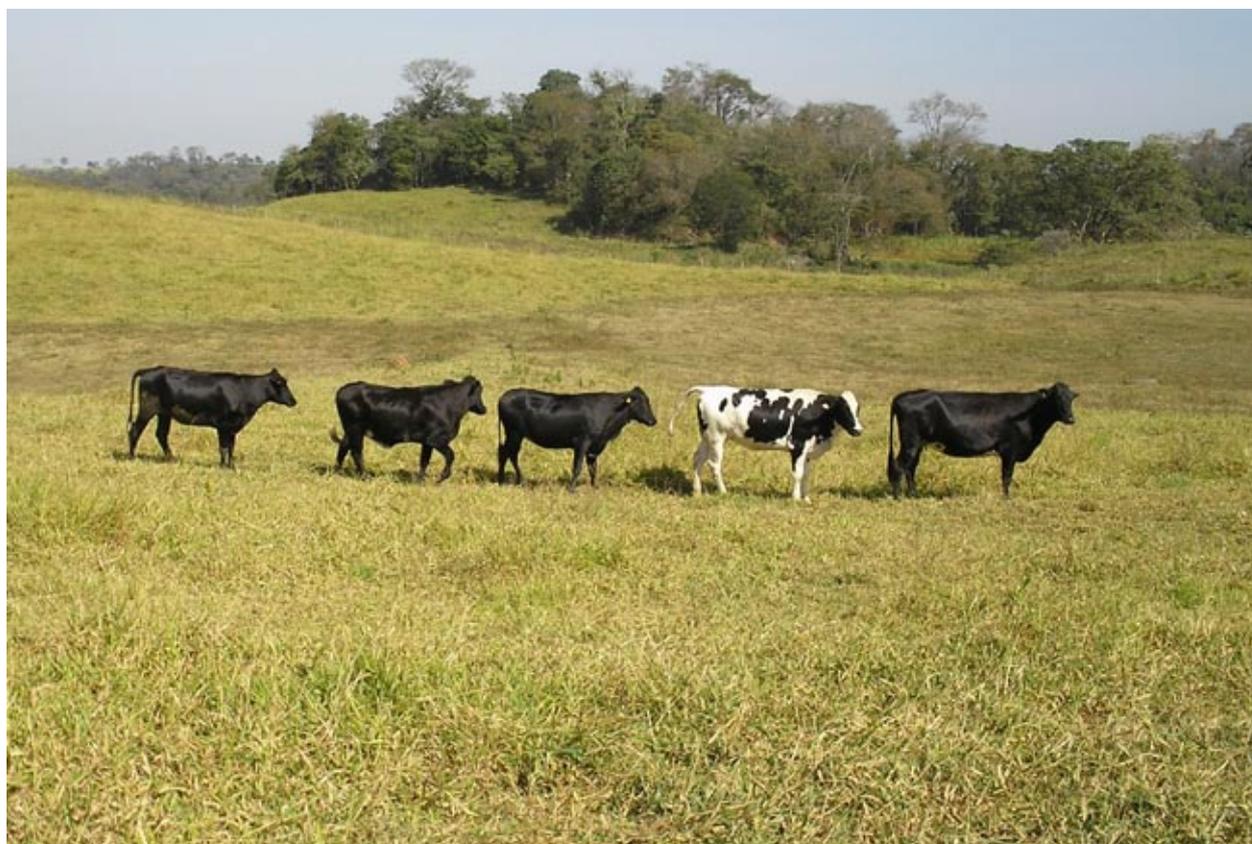
n.a. = não se aplica.

Os resultados apresentados na Tabela 6.10 mostram que as emissões decorrentes do setor pecuário somaram 36.119,0 Gg CO₂eq.

**TABELA 6.10 – EMISSÕES DE CH₄ E N₂O DA PECUÁRIA
MINAS GERAIS - 2005**

Categoria de rebanho	Fermentação entérica (CH ₄)	Manejo de dejetos (CH ₄)	Manejo de dejetos (emissões diretas de N ₂ O)	Manejo de dejetos (emissões indiretas de N ₂ O)	Total
Gado de leite	6.329,4	98,7	3.533,2	620,0	10.581,3
Gado de corte	19.197,8	350,7	4.790,4	477,4	24.816,3
Bubalinos	42,0	0,0	0,0	0,0	42,0
Ovinos	18,9	0,0	3,1	0,4	22,4
Caprinos	12,6	0,0	0,0	0,0	12,6
Equinos	323,4	29,4	0,0	0,2	353,0
Asininos e muares	44,1	4,2	0,0	0,0	48,3
Suínos	79,8	79,8	27,9	11,4	198,9
Aves	n.a.	37,8	6,2	n.a.	44,0
Outros	n.a.	0,0	0,0	n.a.	0,0
Total	26.048,0	600,6	8.360,8	1.109,6	36.119,0

Fonte: IPCC - 2006.
n.a. = não se aplica.



SUBSETOR PECUÁRIA: ATIVIDADE DE GRANDE IMPORTÂNCIA PARA MINAS GERAIS E QUE APRESENTA OS VALORES MAIS EXPRESSIVOS NAS EMISSÕES DE GASES

6.3. Subsetor Florestas e Outros Usos do Solo

As formações florestais são consideradas reservatórios vivos de carbono e estão sujeitas a reduções de estoque ocasionadas, em grande parte, por diferentes tipos de intervenções antrópicas.

Com relação às formações vegetais nativas, as diferentes formas de relevo em Minas Gerais, somadas às especificidades de solo e clima, proporcionam paisagens diversas, recobertas por vegetações características em cada um dos vários ambientes inseridos no domínio dos três biomas principais que caracterizam a sua cobertura vegetal: Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga.

O Cerrado é o bioma predominante, correspondendo aproximadamente à metade da cobertura vegetal do Estado, localizando-se na porção centro-ocidental, especialmente nas bacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha.

A Mata Atlântica é o segundo maior bioma em Minas. Atualmente se encontra reduzida a poucos fragmentos localizados principalmente na porção leste do Estado, tendo como principal reserva o Parque Estadual do Rio Doce (AMDA - 2005).

Já o domínio da Caatinga se restringe ao norte do Estado, ocupando cerca de 2% do território mineiro.

De modo geral, a paisagem transita para o Cerrado ao sul e a oeste; para os Campos Rupestres ao centro; e para a Floresta Atlântica a leste, exibindo fases de transição de difícil caracterização, como manchas inclusas em outras formas de vegetação. As vegetações características de áreas úmidas, como as Veredas, os Campos Rupestres e as Várzeas aparecem em menor escala.

Segundo o Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais, estudo elaborado em 2006 pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF), em parceria com a Universidade Federal de Lavras (UFLA), IEF/UFLA - 2006, cerca de um terço do território mineiro mantém, à época, cobertura vegetal nativa. A Tabela 6.11 apresenta a participação das principais categorias de cobertura vegetal e suas tipologias, segundo a classificação descrita pelo referido documento. A Tabela 6.12 mostra a variação da área de cobertura vegetal no Estado, no período entre 2003 e 2005.

**TABELA 6.11 – PARTICIPAÇÃO DAS PRINCIPAIS CATEGORIAS DE COBERTURA VEGETAL
MINAS GERAIS - 2005**

Categorias	Participação (%)
Áreas alagadas	1,0
Campo	6,4
Campo rupestre	1,0
Campo cerrado	3,0
Cerrado sensu stricto	7,0
Cerradão	2,7
Vereda	2,0
Floresta estacional decidual (caatinga e mata seca)	2,8
Floresta estacional semi-decidual	9,2
Floresta ombrófila	0,4
Áreas urbanas	0,5
Pinus	0,2
Eucalipto	1,8
Outros*	62,0
Total	100,0

Fontes: IEF/UFLA - 2006 e Coura - 2007.

* Em "outros" foram consideradas as pastagens, áreas agrícolas e solo exposto.

**TABELA 6.12 – VARIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL
MINAS GERAIS - PERÍODO 2003-2005**

Tipologia da cobertura florestal e uso do solo	Área coberta (ha)		Varição da área coberta (ha)
	2003	2005	2005/2003
Campo	3.892.333,0	3.872.318,0	-20.015,0
Campo rupestre	617.374,0	617.234,0	-140,0
Campo cerrado	1.511.475,0	1.501.992,0	-9.483,0
Cerrado sensu stricto	5.631.215,0	5.560.615,0	-70.600,0
Cerradão	357.946,0	355.011,0	-2.935,0
Vereda	407.923,0	406.887,0	-1.036,0
Floresta estacional decidual	2.046.679,0	2.040.920,0	-5.759,0
Floresta estacional semi-decidual	5.265.029,0	5.222.582,0	-42.447,0
Floresta ombrófila	224.724,0	224.503,0	-221,0
Floresta plantada (eucalipto)	984.796,5	1.015.633,3	30.836,8
Floresta plantada (pinus)	153.025,7	151.634,0	-1.391,7
Subtotal	21.092.520,2	20.969.329,2	-123.190,9
Áreas agrícolas	4.449.691,0	4.391.146,0	-58.545,0
Pastagem	25.010.000,0	25.348.603,0	338.603,0
Total	50.552.211,2	50.709.078,2	156.867,1

Fontes: UFLA/IEF - 2006 e dados disponibilizados pelo IEF em 2008.

As florestas plantadas em Minas Gerais têm finalidades diversas com destaque para os plantios industriais cujo objetivo é prover matérias-primas para a indústria de celulose, indústria siderúrgica, indústria moveleira, indústria de laminados e de chapas e geração de energia a partir da lenha. Essas florestas obedecem a um plano de manejo, incluindo desbaste, corte raso e rotação, que influem na quantidade e qualidade da madeira. Há ainda plantios cuja finalidade não está ligada à provisão de matérias-primas e que não obedecem, necessariamente, a um plano de manejo. Esses plantios cumprem, via de regra, funções de proteção e recuperação ambiental, tais como proteção de encostas, barreiras para redução da velocidade do vento, composição paisagística, proteção de mananciais e recuperação de áreas degradadas, dentre outras.

O Estado de Minas Gerais possuía, em 2005, conforme dados da Associação Mineira de Silvicultura – AMS, a maior área de floresta plantada do Brasil. As espécies predominantemente cultivadas são Pinus e Eucalipto (*Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urofila*), segundo levantamento realizado pela UFLA.

De acordo com os dados apresentados no Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais, o Estado possuía, em 2005, 1.015.633,3 hectares de floresta de eucalipto e 151.634,0 hectares de florestas de pinus.



O ESTADO DE MINAS GERAIS TEM A MAIOR ÁREA DE FLORESTA PLANTADA DO BRASIL, CONTRIBUINDO COM BALANÇO DE CARBONO POSITIVO NO SUBSETOR

A Tabela 6.13 apresenta o total de estoque de carbono fixado pelas floretas nativas e plantadas no Estado, nos anos de 2003 e 2005, bem como as variações de estoque ocorridas e as emissões para o mesmo período. As emissões de CO₂ foram estimadas com base na diferença de estoques de carbono fixado, a partir de dados do Atlas Digital do Mapeamento da Flora Nativa e dos Reflorestamento de Minas Gerais, multiplicados por fatores de conversão específicos para o Estado, levantados pela Universidade Federal de Lavras.

**TABELA 6.13 – EMISSÕES LÍQUIDAS¹ DE GEE DO USO DO SOLO
MINAS GERAIS - 2005**

Tipologia da cobertura florestal e uso do solo	Carbono fixado		Varição de estoque de carbono	Emissões/ sequestro de CO ₂
	mil t		mil t	Gg
	2003	2005	Período: 2003/2005	
Campo	247.697,5	246.423,8	- 1.273,7	4.670,2
Campo rupestre	39.288,0	39.279,1	- 8,9	32,7
Campo cerrado	96.186,2	95.582,7	- 603,5	2.212,7
Cerrado sensu stricto	900.240,0	888.953,5	- 11.286,5	41.384,0
Cerradão	10.265,9	10.181,7	- 84,2	308,6
Vereda	11.699,2	11.669,5	- 29,7	108,9
Floresta estacional decidual	140.785,1	140.388,9	- 396,1	1.452,5
Floresta estacional semi-decidual	508.363,2	504.264,7	- 4.098,5	15.027,7
Floresta ombrófila	34.337,4	34.303,6	- 33,8	123,8
Floresta plantada (eucalipto)	132.002,1	136.135,5	+ 4.133,4	- 15.155,7
Floresta plantada (pinus)	10.286,4	10.192,8	- 93,6	343,0
Subtotal ²	2.131.1510,0	2.117.376,0	- 13.775,0	50.508,6
Áreas agrícolas	88.993,8	87.822,9	- 1.170,9	4.293,3
Pastagem	125.050,0	126.743,0	+ 1.693,0	- 6.207,7
Total	2.345.194,6	2.331.941,7	- 13.253,0	48.594,2

Fontes: UFLA/IEF - 2006 e dados disponibilizados pelo IEF em 2008.

¹ Emissões Líquidas = emissões menos sequestro. Os valores negativos da coluna Emissões/Sequestro correspondem ao sequestro enquanto os valores positivos correspondem às emissões.

² Valores para o Estado de Minas Gerais, exclusive pastagens e áreas agrícolas.

De forma a permitir uma melhor visualização do total da variação, a Figura 6.2 apresenta as emissões anuais de carbono de algumas categorias de uso do solo no Estado de Minas Gerais, para o período 2003/2005.

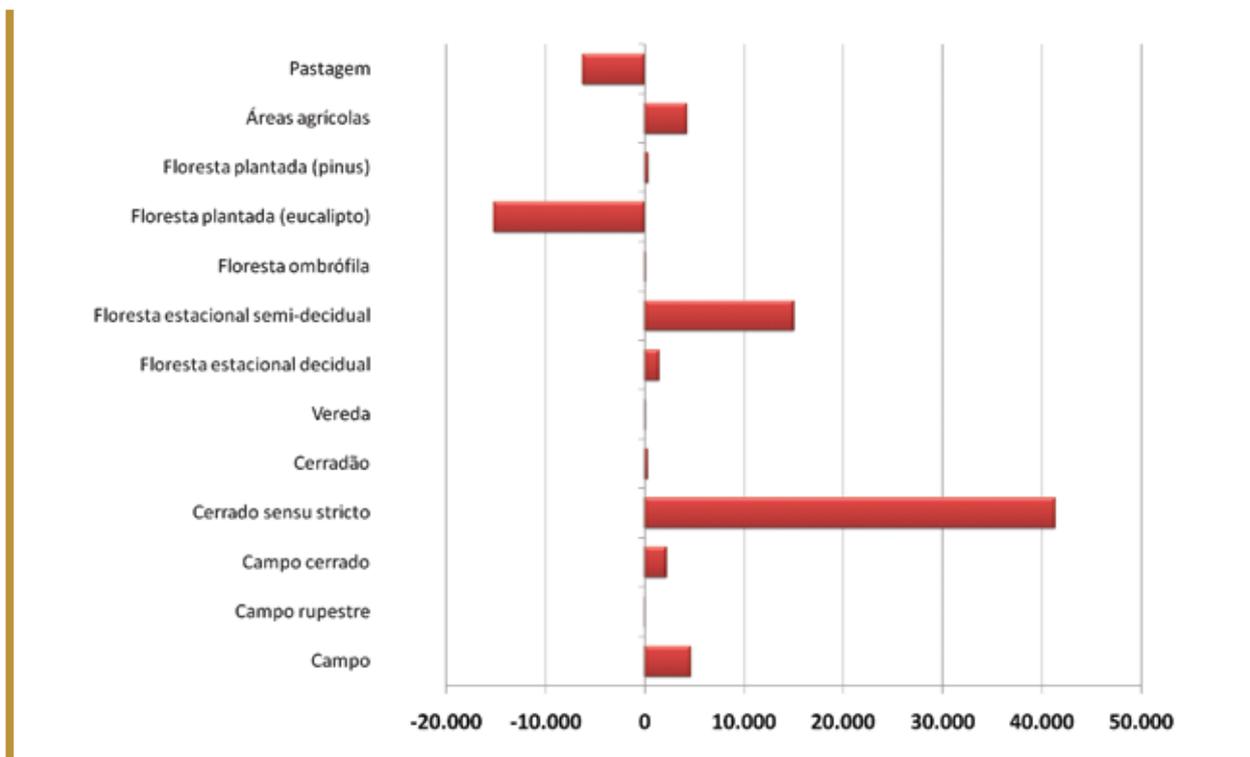


Figura 6.2 – Emissões e sequestro de CO₂ por tipologia florestal (Gg CO₂) Minas Gerais - período 2003/2005.

Fontes: UFLA/IEF - 2006 e dados disponibilizados pelo IEF em 2008.

Em termos regionais, as emissões de CO₂ no período 2003/2005 estão consolidadas na Tabela 6.14, que apresenta também a participação de cada Região de Planejamento no total do Estado. Os resultados, porém, desconsideram os dados de pastagem e áreas agrícolas, pois estes foram obtidos apenas em termos consolidados para o território mineiro como um todo.

Com base na Tabela 6.14 verifica-se que apenas a região do Rio Doce teve um balanço de carbono positivo (sequestro > emissões). O comportamento diferente dessa região se explica tanto pelo aumento do plantio de florestas de eucalipto, quanto pela tendência de permanência na ocupação do solo para a maior parte das tipologias avaliadas.

Apresenta-se na Tabela 6.15, de forma separada, os resultados para as tipologias de áreas agrícolas e pastagens. Nas áreas agrícolas foram consideradas todas aquelas que se destinaram, no período 2003/2005, à produção de grãos, café, cana-de-açúcar, olerícolas e fruticultura. Pelos resultados, observa-se que a tipologia pastagem apresentou emissões negativas (absorção ou sequestro de carbono) de 6.207,7 Gg CO₂ no período analisado, devido, sobretudo, à expansão de sua área total no Estado (cerca de 338.603 hectares)¹¹. Isto se deve ao fato de não ter sido

¹¹ Segundo dados estimados por SCOT - 2006, para o valor de área referente a 2003, e dados apresentados pela SEAPA - 2008, para o valor de área referente a 2005.

considerada a conversão de um tipo de uso do solo em outro, tendo sido contabilizadas apenas as emissões/sequestro resultantes da variação da cobertura vegetal concernente a essa tipologia. O saldo entre áreas agrícolas e pastagens no período foi de -1.914,4 Gg CO₂, referente ao sequestro de carbono.

**TABELA 6.14 – EMISSÕES E SEQUESTRO DE CO₂
MINAS GERAIS¹ - PERÍODO 2003/2005**

Região de Planejamento	Emissões de CO ₂	
	Gg	%
Período: 2003/2005		
Alto Jequitinhonha	7.151,2	14,2
Alto Médio São Francisco	7.898,3	15,7
Alto Paranaíba	3.508,9	6,9
Centro Norte	8.688,7	17,3
Centro Oeste	2.489,3	4,9
Centro Sul	537,5	1,1
Mata	622,3	1,2
Nordeste	1.899,0	3,8
Noroeste	8.538,0	16,9
Norte	11.516,3	22,8
Rio Doce	-4.025,7	-8,0
Sul	654,9	1,3
Triângulo	1.029,7	2,0
Total² do Estado	50.508,4	100,0%

Fontes: UFLA/IEF - 2006 e dados disponibilizados pelo IEF em 2008.

¹ Os valores positivos representam emissões e os valores negativos representam sequestro de carbono entre o período analisado.

² Resultado para o Estado de Minas Gerais, exclusive pastagens e áreas agrícolas.

**TABELA 6.15 – EMISSÕES LÍQUIDAS* DE GEE DAS ÁREAS AGRÍCOLAS E PASTAGENS
MINAS GERAIS - 2005**

Tipologia da cobertura florestal e uso do solo	Carbono fixado		Varição de estoque de carbono	Emissões anuais de CO ₂
	mil t		mil t	Gg
	2003	2005	Período: 2003/2005	
Áreas agrícolas	88.993,8	87.822,9	-1.170,9	4.293,3
Pastagem	125.050,0	126.743,0	1.693,0	-6.207,7
Total	214.043,8	214.565,9	522,1	-1.914,4

Fontes: UFLA/IEF - 2006 e dados disponibilizados pelo IEF em 2008.

* Emissões líquidas = emissões menos sequestro.

As emissões líquidas de GEE do subsetor florestas e uso do solo resultaram da soma das emissões de CO₂ das tipologias florestais (50.508,4 Gg CO₂eq) com as emissões de CO₂ das áreas agrícolas e pastagens (-1.914,4 Gg CO₂eq) e são calculadas segundo a fórmula a seguir:

$$50.508,4 \text{ Gg CO}_2\text{eq} - 1.914,4 \text{ Gg CO}_2\text{eq} = 48.594,0 \text{ Gg CO}_2\text{eq}$$

Os valores calculados por meio das informações disponíveis correspondem a um período de dois anos. Assim, para o cálculo das emissões de CO₂ relativas ao ano base do inventário, estimou-se que a metade da diferença de estoque de carbono pode ser atribuída ao ano de 2005, ou seja, 24.297,0 Gg CO₂eq.

$$\text{Resultado referente ao ano de 2005} = 24.297,0 \text{ Gg CO}_2\text{eq}$$

6.4. Totalização das Emissões de AFOLU

A Tabela 6.16 mostra a totalização das emissões de GEE do Setor AFOLU. Observa-se que as emissões da pecuária apresentaram os valores mais expressivos, correspondendo a 57,1% das emissões totais, sendo que a fermentação entérica, com participação de 41,2% do total, contribuiu mais expressivamente do que o manejo de dejetos animais, com 15,9%. A mudança no uso do solo (cobertura vegetal e reflorestamentos) foi a segunda maior fonte de emissões, com 38,5%.

**TABELA 6.16 – SÍNTESE DAS EMISSÕES DE AFOLU
MINAS GERAIS - 2005**

Cobertura vegetal	Fermentação entérica	Manejo de dejetos		Cultivo de arroz	Queimada de resíduos agrícolas	Uso de fertilizantes nitrogenados	Uso de calcário e dolomita	Emissões totais
		Emissões de CH ₄	Emissões diretas e indiretas de N ₂ O					
Emissões de CO ₂	Emissões de CH ₄	Emissões de CH ₄	Emissões diretas e indiretas de N ₂ O	Emissões de CH ₄	Emissões de CH ₄ e N ₂ O	Emissões diretas e indiretas de N ₂ O	Emissões de CO ₂	
Gg CO₂eq								
24.297,0	26.048,0	602,0	9.469,0	135,0	0,14	1.726,0	943,8	63.221,0
38,5%	41,2%	15,9%		0,2%	<0,01%	2,7%	1,5%	100,0%





SETOR RESÍDUOS

7. SETOR RESÍDUOS

O Setor Resíduos compreende os subsetores resíduos sólidos urbanos, resíduos sólidos industriais, esgotos domésticos e comerciais e efluentes líquidos industriais. As emissões desse setor têm origem no tratamento e disposição final, tanto dos resíduos sólidos, quanto dos efluentes líquidos. Essas emissões alcançaram 7.293,0 Gg CO₂eq, em 2005, sendo 65,0% provenientes dos resíduos sólidos e 35,0% dos efluentes líquidos.

Das emissões totais de GEE devidas aos resíduos sólidos, os resíduos de origem urbana contribuíram com 62,9% e os de origem industrial com 37,1%. No que se refere aos efluentes, os esgotos domésticos e comerciais participaram com 67,4% do total e os industriais com 32,6%. A Figura 7.1 mostra a distribuição setorial das emissões de GEE por subsetores e a Figura 7.2 mostra a participação de cada GEE. O CH₄ foi o gás mais emitido com participação de 83,5% do total.

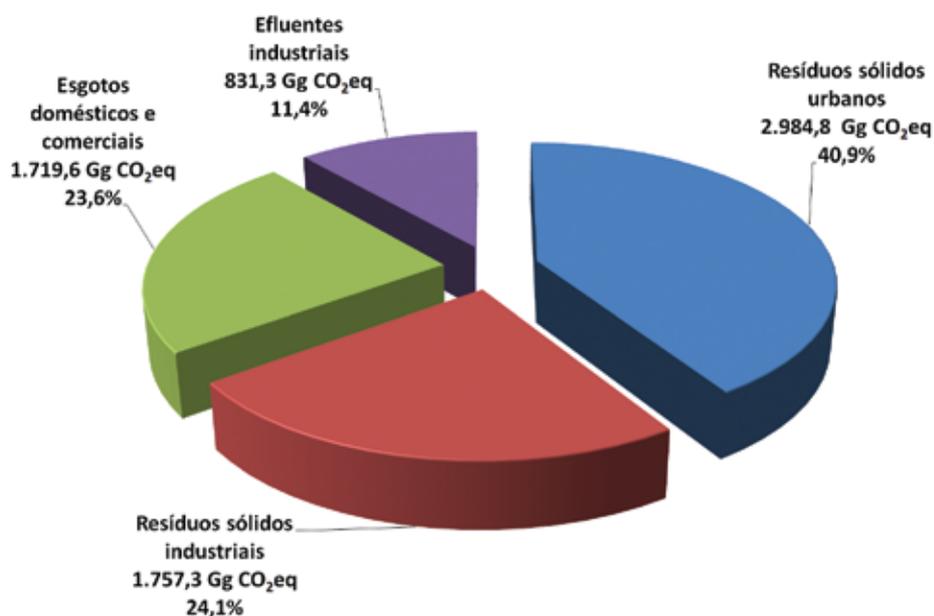


Figura 7.1 – Participação dos subsetores do Setor Resíduos nas emissões de GEE. Minas Gerais - 2005

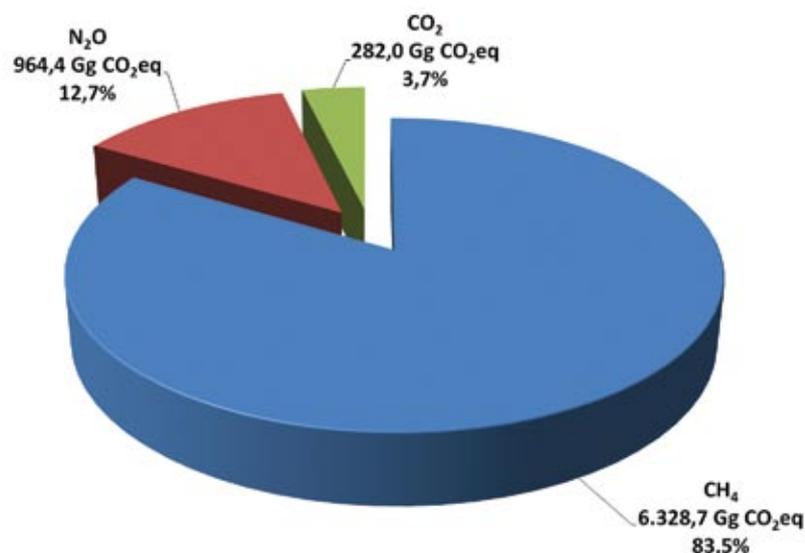


Figura 7.2 – Emissões de GEE do Setor de Resíduos. Minas Gerais - 2005

7.1. Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são formados por uma mistura de resíduos de origem domiciliar, de limpeza pública, bem como de atividades de comércio e de serviços.

Os RSU podem ser dispostos em lixões, aterros sanitários, reciclados, incinerados ou mesmo utilizados na geração de energia. As quantidades de CH₄, CO₂ e N₂O emitidas variam em função do volume de lixo produzido, do percentual e características da matéria orgânica que o compõe, das condições de anaerobiose ou aerobiose de sua decomposição ou estabilização e das condições de seu manejo. De acordo com a metodologia do IPCC - 2006, as emissões podem ser estimadas a partir da população urbana, da taxa de geração de resíduos e da sua composição.

Um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos pode ser comparado a um grande reator, onde ocorre biodegradação da matéria orgânica existente no lixo em ambiente predominantemente anaeróbico. Dessa biodegradação resulta a geração do biogás de lixo, composto basicamente de CO₂ e CH₄, em quantidades aproximadamente iguais.

O CO₂ produzido na queima de resíduos orgânicos de procedência não fóssil (origem biogênica) não tem impacto no clima, sendo novamente sequestrado da atmosfera em função do ciclo do carbono. Por outro lado, o N₂O é produzido em praticamente todas as circunstâncias em que

há tratamento de resíduos e a quantidade emitida depende do tipo de tratamento a que é submetido. O tratamento por meio de compostagem pode emitir também o metano.

A quantidade de lixo produzida no Estado foi estimada a partir de dados populacionais e da geração *per capita* média de lixo, associados à composição gravimétrica. A Tabela 7.1 mostra a produção de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais, no ano de 2005, bem como a destinação dada aos mesmos, por regiões de planejamento.

TABELA 7.1 – PRODUÇÃO E DESTINO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS POR REGIÃO DE PLANEJAMENTO MINAS GERAIS - 2005

Região de planejamento	População hab	Produção de RSU kg/dia	Destino final (%)					
			Aterro sanitário	Usina de triagem	Compostagem	Aterro controlado	Lixão	Não categorizado
Central	6.934.529	4.154.205	53,5	1,2	0,3	24,3	13,0	7,7
Sul	2.580.024	1.543.070	3,0	3,7	0,4	38,5	32,2	22,2
Mata	2.149.241	1.434.572	31,4	3,2	0,7	14,1	29,5	21,1
Rio Doce	1.581.225	948.735	26,8	0,6	0,3	0,9	47,3	24,1
Norte	1.578.856	947.314	0,0	1,0	0,3	6,7	56,5	35,5
Triângulo	1.407.702	872.341	64,8	0,8	0,3	8,0	17,7	8,4
Centro-Oeste	1.070.477	630.559	6,0	3,2	0,7	35,2	40,4	14,5
Jequitinhonha	981.686	589.012	0,0	0,5	0,3	2,0	55,6	41,6
Alto Paranaíba	638.918	383.359	0,0	0,3	0,1	38,6	44,9	16,1
Noroeste	353.342	212.005	18,8	5,0	0,4	0,0	50,5	25,3
Total	19.276.000	11.715.172	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Em 2005, a região mais populosa do Estado, Região Central, tinha quase 7 milhões de habitantes, seguida da Região Sul, com cerca de 2,6 milhões e Região da Mata, com cerca de 2,2 milhões. Naquele mesmo ano, a região com o menor contingente de habitantes, Região Noroeste, tinha pouco mais de 300 mil habitantes. Registra-se ainda que a área média por município é de 690 km², sendo que sete municípios têm área superior a 5.000 km² e outros 41 têm área inferior a 100 km². Destaca-se, por fim, que na área mineira abrangida pela Agência de Desenvolvimento do Nordeste – ADENE, estão 165 municípios nos quais as condições socioeconômicas são desfavorecidas, o que influi nas características quantitativas e qualitativas dos resíduos sólidos urbanos gerados.

Conforme mostrado na Tabela 7.1 e na Tabela 7.2, bem como na Tabela 7.3, em 2005, os RSU do Estado foram encaminhados para lixões, aterros controlados, aterros sanitários, usinas de triagem e de compostagem,

sendo que uma parte não foi coletada, assumindo-se que tenha sido disposta em locais não categorizados. O lixo não coletado é dito “não categorizado” pelo IPCC e, segundo a metodologia, a sua decomposição também gera metano.

Com relação à participação dos resíduos sólidos urbanos, verifica-se, como esperado, que aquelas regiões com maiores populações e, conseqüentemente, maior geração de RSU tiveram as maiores representatividades em termos de emissões. A Região Central respondeu por 45,8% das emissões de GEE decorrentes da destinação final dos resíduos em Minas Gerais, enquanto a Zona da Mata, segunda colocada, respondeu por 11,3% e a Sul de Minas por 10,6% do total.

**TABELA 7.2 – DISTRIBUIÇÃO TOTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS POR DISPOSIÇÃO FINAL
MINAS GERAIS - 2005**

Tratamento final	Lixo		Produção per capita	Eficiência de coleta %	Número de municípios atendidos
	kg/dia	%			
Lixão	3.459.929,6	29,5	0,60	71,0	564
Aterro controlado	2.329.337,9	19,9	0,60	85,0	190
Aterro sanitário	3.616.475,8	30,9	0,63	98,0	28
Usina de triagem	209.867,9	1,8	0,60	62,6	71
Compostagem	44.394,4	0,4	0,61		72 ¹²
Não categorizado	2.055.166,4	17,5	0,61		-
Total	11.715.172,0	100,0	Média adotada = 0,60	-	853

Fonte: Pereira Neto & Lelis - 1998.

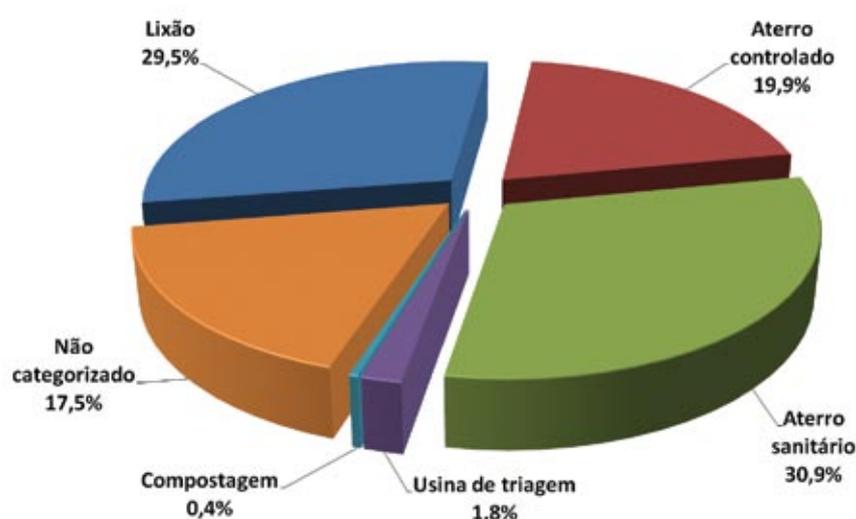


Figura 7.3 – Destinação final do lixo. Minas Gerais - 2005

¹² Este número não entra no total de municípios, pois os municípios que realizam compostagem também possuem outra forma de destinação final.

**TABELA 7.3 – EMISSÕES DE GEE DE RSU POR REGIÃO DE PLANEJAMENTO
MINAS GERAIS - 2005**

Região de planejamento	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões totais	
	Gg	t	GgCO ₂ eq	%
Alto Paranaíba	4,00	0,01	84,0	2,8
Central	65,02	1,34	1.365,8	45,8
Centro Oeste	7,01	0,46	147,4	4,9
Jequitinhonha	4,00	0,22	84,1	2,8
Noroeste	2,00	0,08	42,0	1,4
Norte	7,00	0,30	147,1	4,9
Rio Doce	9,00	0,36	189,1	6,3
Sul	15,01	0,73	315,4	10,6
Triângulo	13,00	0,26	273,1	9,1
Mata	16,02	1,03	336,7	11,3
Total	142,1	4,8	2.984,7	100,0

A Tabela 7. 4 e a Figura 7. 4 mostram, de forma consolidada, as emissões por gás de efeito estufa e por tipo de tratamento final.

**TABELA 7.4 – EMISSÕES DE GEE DE RSU POR TIPO DE TRATAMENTO FINAL
MINAS GERAIS - 2005**

Tratamento	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões totais
	Gg	t	Gg CO ₂ eq
Lixão	23,0	0	483,0
Aterro controlado	33,0	0	693,0
Aterro sanitário	66,0	0	1386,0
Compostagem	0,1	4,8	3,8
Não categorizado	20,0	0	419,0
Total	142,1	4,8	2984,7



RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: A BIODEGRADAÇÃO RESULTA NA GERAÇÃO DO BIOGÁS DE LIXO

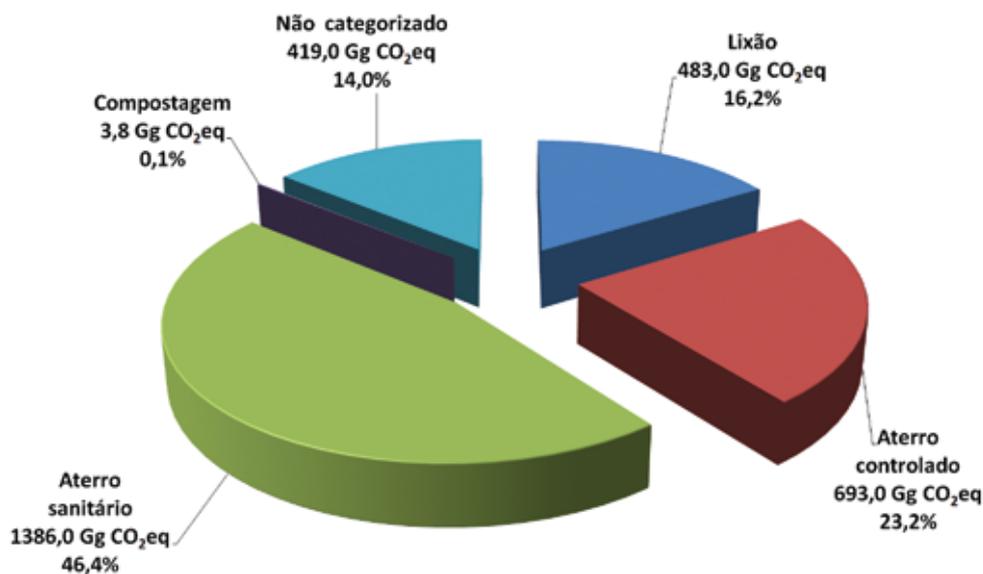


Figura 7.4 – Participação das emissões por tipo de tratamento final de RSU. Minas Gerais - 2005

7.2. Resíduos Sólidos Industriais

Os dados do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais de Minas Gerais – IERSI/MG - 2003, elaborado pela FEAM, mostram que os materiais caracterizados como inertes e não inertes, representaram 17,5% dos resíduos industriais, nos quais estão contidos restos orgânicos e que foram encaminhados para aterros, resultando em 2.791.879,9 t, em 2005. A Tabela 7.5 mostra a distribuição percentual dos resíduos sólidos industriais por tipo de destinação final. As principais formas de destinação foram o co-processamento em fornos de cimento (22,9%) e a reutilização ou reciclagem. A disposição em aterros próprios ou outros tipos de aterros não especificados foi de 30,3%.

A Tabela 7.6 mostra as emissões por tipo de gás e por tipo de destinação final dos resíduos sólidos industriais, incluindo incineradores, que totalizaram 1.757,3 Gg CO₂eq. A disposição em aterros sanitários e controlados foi responsável por mais da metade do total das emissões dos resíduos sólidos industriais, sendo os lixões responsáveis por 14,3% desse total.

Em termos de emissões totais de GEE do subsetor resíduos sólidos, mostradas Tabela 7.7, os resíduos sólidos urbanos foram os que mais emitiram, com participação de 62,9%, contra 37,1% dos resíduos sólidos industriais.

**TABELA 7.5 – DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS
MINAS GERAIS - 2005**

Tipo de destinação	%
Sem destino definido ¹³	13,1
Outras formas de disposição em aterros	17,5
Aterro industrial próprio	12,8
Co-processamento em fornos de cimento	22,9
Forno industrial/incineração (exceto cimento)	1,1
Incorporação em solo agrícola ¹⁴	6,3
Reutilização/reciclagem	21,3
Sucateiros intermediários ¹⁵	3,3
Outras formas de destinação	1,7
Total	100,0

Fonte: IERSI/MG - 2003.

**TABELA 7.6 – EMISSÕES DE GEE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS POR DESTINAÇÃO FINAL
MINAS GERAIS - 2005**

Fonte	Emissões de CO₂	Emissões de CH₄	Emissões de N₂O	Emissões totais	
	Gg	Gg	Gg	Gg CO₂eq	%
Lixões		12,0		252,0	14,3
Aterros Controlados		16,0		336,0	19,1
Aterros Sanitários		31,0		651,0	37,0
Não-categorizados		11,0		231,0	13,1
Total sem incineração	0,0	70,0	0,0	1.470,0	83,7
Incineradores	282,0		0,02	287,3	16,3
Total	282,0	70,0	0,02	1.757,3	100,0

**TABELA 7.7 – EMISSÕES DE GEE DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS E URBANOS
MINAS GERAIS - 2005**

Fonte de emissão	Emissões totais	
	Gg CO₂eq	%
Resíduos sólidos industriais (RSI)	1.757,3	37,1
Resíduos sólidos urbanos (RSU)	2.984,8	62,9
Total	4.742,1	100,0

¹³ Resíduos gerados no período do inventário que não tiveram destino definido até a data de término do período de referência, encontrando-se, portanto, armazenados na área da indústria.

¹⁴ Resíduos pastosos de estações de tratamento de efluentes contendo substâncias não tóxicas, gesso, escória de produção de ferro e aço, e resíduos de sistemas de controle de emissões atmosféricas, contendo substâncias não tóxicas.

¹⁵ Resíduos não perigosos, escória de produção de ferro e aço, resíduos sólidos compostos de metais não tóxicos e resíduos de sistemas de controle de emissões atmosféricas, contendo substâncias não tóxicas.

7.3. Efluentes Líquidos

Os efluentes líquidos inventariados foram aqueles relativos aos esgotos/ efluentes domésticos e comerciais e efluentes líquidos industriais. As emissões desses efluentes foram de 75,9 Gg de CH₄ e 3,1 Gg de N₂O, resultando em uma contribuição total de 2.550,9 Gg CO₂eq. Em termos de GEE, foram emitidos o metano e o óxido nitroso, sendo o metano o mais representativo, com participação de 62,5%

A Tabela 7.8 apresenta as emissões totais de GEE dos esgotos domésticos e comerciais e dos efluentes industriais, em 2005. A Figura 7.5 apresenta a participação percentual das emissões por subsetor e a contribuição percentual de cada GEE, respectivamente.

TABELA 7.8 – EMISSÕES TOTAIS DE GASES DE EFEITO ESTUFA DOS EFLUENTES LÍQUIDOS MINAS GERAIS - 2005

Tipo de efluente	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões totais
Esgotos domésticos e comerciais	953,6	766,1	1.719,6
Efluentes industriais	639,8	191,5	831,3
Total	1.593,4	957,6	2.550,9

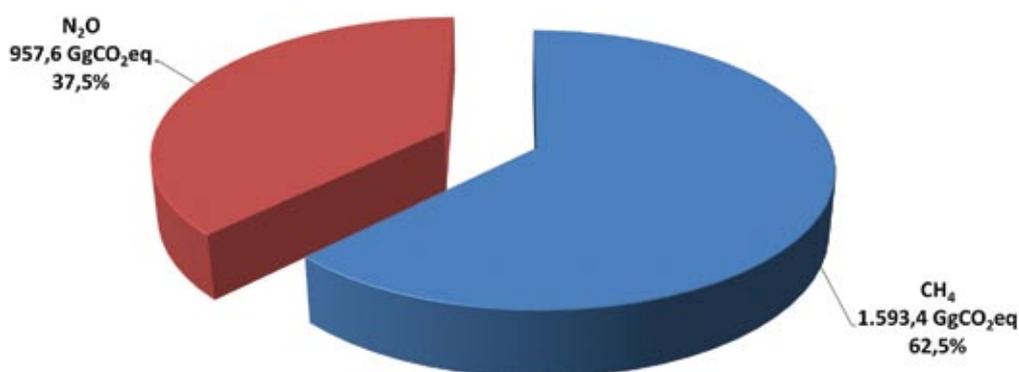


Figura 7.5 – Emissões de GEE dos efluentes líquidos por tipo de gás. Minas Gerais - 2005

7.4. Esgotos Domésticos e Comerciais

A Tabela 7.9 mostra a população atendida por cada forma de disposição de esgoto sanitário, no ano de 2005. Do total da população do Estado, 72,2% era atendida por rede coletora e apenas 3,3% da população não possuía qualquer tipo de esgotamento sanitário.

TABELA 7.9 – POPULAÇÃO ATENDIDA SEGUNDO A FORMA DE DISPOSIÇÃO DE ESGOTO SANITÁRIO MINAS GERAIS - 2005

Esgotos domésticos e comerciais				
População (mil hab)				
Rede coletora	Tanque séptico	Outro tipo de sistema	Sem esgotamento sanitário	Total
13.912	160	4.565	639	19.276

Fonte: IBGE - projeção censo - 2005.

Na Tabela 7.10, tem-se os valores das emissões de metano por região de jurisdição do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, considerando-se as estações de tratamento de esgoto (ETE) e as emissões por disposição em fossa e em natura. Estas últimas representaram 34,5% do total. As regiões que apresentaram maiores emissões foram Triângulo e Alto Paranaíba, Zona da Mata, Sul de Minas e Central, com participações respectivamente de 27,4%, 20,1%, 17,3% e 14,3%.

TABELA 7.10 – EMISSÕES DE METANO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS E COMERCIAIS MINAS GERAIS - 2005

Região de Jurisdição do COPAM	Emissões de CH ₄		
	Gg	Gg CO ₂ eq	%
Alto São Francisco	1,8	37,0	5,9
Jequitinhonha	0,1	1,5	0,2
Leste Mineiro	4,0	84,3	13,5
Noroeste	0,1	1,1	0,2
Norte de Minas	0,3	6,8	1,1
Sul de Minas	5,2	108,3	17,3
Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	8,1	170,9	27,4
Zona da Mata	6,0	125,4	20,1
Central	4,3	89,3	14,3
Total das ETE	29,7	624,6	100,0
Fossa (total do Estado)	0,2	4,6	1,4
<i>In Natura</i> (total do Estado)	15,5	324,4	98,6
Total	45,4	953,6	100,0

O nitrogênio total contido nos efluentes, em 2005, foi estimado em 393 mil t resultando nos valores de emissões de N₂O de esgotos domésticos e comerciais mostrados na Tabela 7.11. As maiores emissões se concentram nas regiões de maiores populações como a Central, Sul de Minas e Zona da Mata, que participaram, respectivamente, com 27,2%, 16,8% e 14,7% do total de 766,1 Gg CO₂eq.

As emissões totais de GEE dos esgotos domésticos e comerciais são apresentadas na Tabela 7.12. A Tabela 7.13 e a Figura 7.6 apresentam as emissões totais de GEE para cada forma de destinação do esgoto doméstico e comercial produzido em Minas Gerais. Das 1.719,6 Gg CO₂eq emitidas, 63,4% foram provenientes da disposição *in natura*.

**TABELA 7.11 – EMISSÕES DE N₂O DEVIDAS A ESGOTOS DOMÉSTICOS E COMERCIAIS
MINAS GERAIS - 2005**

Região de jurisdição do COPAM	Emissões de N ₂ O doméstico		
	Gg	Gg CO ₂ eq	%
Alto São Francisco	0,139	43,1	5,6
Jequitinhonha	0,106	32,8	4,3
Leste Mineiro	0,294	91,2	11,9
Noroeste	0,044	13,8	1,8
Norte de Minas	0,232	72,0	9,4
Sul de Minas	0,414	128,5	16,8
Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	0,207	64,2	8,4
Zona da Mata	0,362	112,4	14,7
Central	0,671	208,1	27,2
Total	2,471	766,1	100,0



ESGOTOS DOMÉSTICOS E COMERCIAIS: 63,4% DAS EMISSÕES FORAM PROVENIENTES DA DISPOSIÇÃO *IN NATURA*

TABELA 7.12 – TOTAL DE EMISSÕES DE GEE DE ESGOTOS DOMÉSTICOS E COMERCIAIS MINAS GERAIS - 2005

Região de jurisdição do COPAM	Emissões de CH ₄		Emissões de N ₂ O	Emissões totais
	Gg CO ₂ eq			
Alto São Francisco	37,0	43,1		80,1
Jequitinhonha	1,5	32,8		34,2
Leste Mineiro	84,3	91,2		175,5
Noroeste	1,1	13,8		14,9
Norte de Minas	6,8	72,0		78,7
Sul de Minas	108,3	128,5		236,8
Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	170,9	64,2		235,2
Zona da Mata	125,4	112,4		237,9
Central	89,3	208,1		297,5
Fossa (total do Estado)	4,6			4,6
<i>In natura</i> (total do Estado)	324,4			324,4
Total	953,6	766,1		1.719,6

TABELA 7.13 – EMISSÕES DE GEE EM FUNÇÃO DAS DIFERENTES DESTINAÇÕES DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS E COMERCIAIS. MINAS GERAIS - 2005

Destinação	Emissões de CH ₄		Emissões de N ₂ O	Emissões totais
	Gg CO ₂ eq			
ETE	624,6	-		624,6
Fossa	4,6			4,6
<i>In natura</i>	324,4	766,1		1.090,5
Total	953,6	766,1		1.719,6

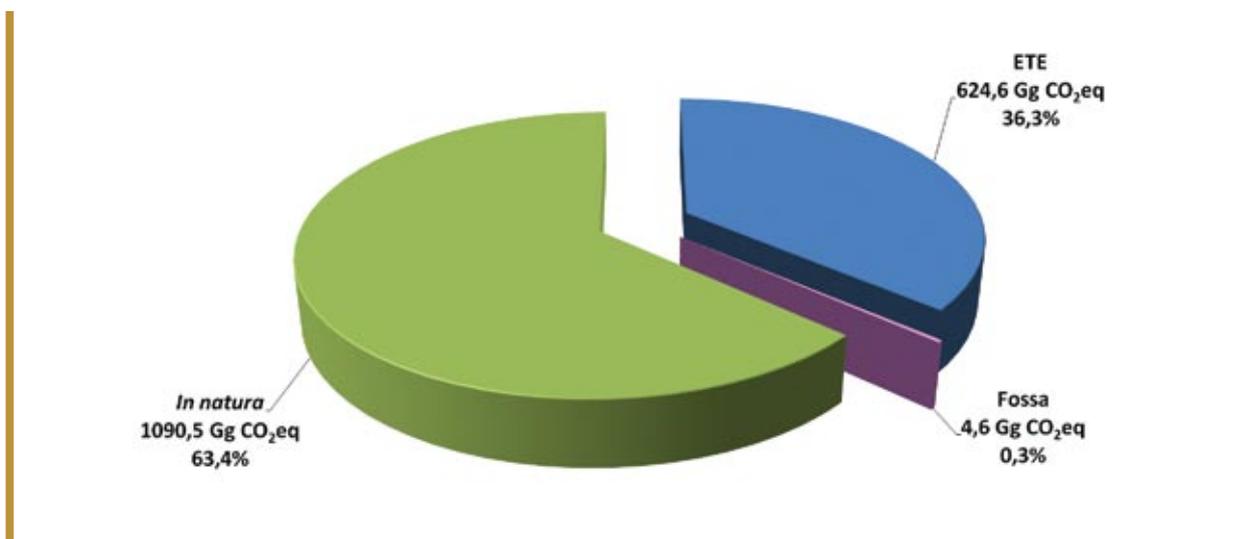


Figura 7.6 – Emissões de GEE dos esgotos domésticos e comerciais, por destinação. Minas Gerais - 2005

7.5. Efluentes Industriais

As emissões de metano dos efluentes industriais do Estado encontram-se na Tabela 7.14 e as emissões de óxido nitroso na Tabela 7.15, totalizando 831,3 Gg CO₂eq. As maiores emissões de N₂O concentram-se nas regiões mais industrializadas como a Central, com participação de 27,1%, Sul de Minas, com 16,8%, Zona da Mata, com 14,7%, e Leste Mineiro, com 11,9%. As quatro regiões responderam por 70,5% das emissões industriais de óxido nitroso.



EFLUENTES INDUSTRIAIS: EMISSÕES DE METANO E ÓXIDO NITROSO

**TABELA 7.14 – EMISSÕES DE METANO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS
MINAS GERAIS - 2005**

Emissões de CH ₄	
Gg CH ₄	Gg CO ₂ eq
30,5	639,8

**TABELA 7.15 – EMISSÕES DE ÓXIDO NITROSO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS
MINAS GERAIS - 2005**

Região	Emissões de N ₂ O		
	Gg	Gg CO ₂ eq	%
Alto São Francisco	0,035	10,8	5,6
Jequitinhonha	0,026	8,2	4,3
Leste Mineiro	0,073	22,8	11,9
Noroeste	0,011	3,5	1,8
Norte de Minas	0,058	18,0	9,4
Sul de Minas	0,103	32,1	16,8
Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	0,052	16,1	8,4
Zona da Mata	0,091	28,1	14,7
Central	0,168	52,0	27,1
Total	0,618	191,5	100,0

Na Tabela 7.16 são mostradas as emissões totais de GEE dos efluentes industriais, as quais corresponderam a um total de 831,3 Gg CO₂eq, sendo o metano responsável por 70,0% do total.

**TABELA 7.16 – EMISSÕES TOTAIS DE GEE DE EFLUENTES INDUSTRIAIS
MINAS GERAIS - 2005**

Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões totais
Gg CO ₂ eq		
639,8	191,5	831,3

7.6. Totalização das Emissões do Setor de Resíduos

O tratamento dos resíduos sólidos e efluentes líquidos em Minas Gerais, em 2005, foi responsável pela emissão de 7.293,0 Gg CO₂eq de GEE. É importante notar que existem contribuições diferenciadas dos respectivos subsetores. Os resíduos sólidos contribuíram com a maior parte do metano gerado, enquanto os efluentes líquidos contribuíram com a maior parcela de óxido nítrico, como pode ser observado na Tabela 7.17. Em termos de CO₂ equivalente, os resíduos sólidos contribuíram com 65,0% do total, sendo os RSU a fonte de emissão mais significativa, com participação de 40,9%.

**TABELA 7.17 – EMISSÕES DE GEE DO SETOR RESÍDUOS
MINAS GERAIS - 2005**

Tipo de resíduo/efluente	Emissões de CH ₄	Emissões de CH ₄	Emissões de N ₂ O	Emissões de N ₂ O	Emissões totais	
	Gg	Gg CO ₂ eq	t	Gg CO ₂ eq	Gg CO ₂ eq	%
Resíduos sólidos urbanos	142,1	2.983,3	4,8	1,5	2.984,8	40,9
Resíduos sólidos industriais	70,0	1.752,0	17,1	5,3	1.757,3 ¹⁶	24,1
Total – Resíduos sólidos	212,1	4.735,3	21,9	6,8	4.742,1	65,0
Esgotos domésticos e comerciais	45,4	953,6	2.471,2	766,1	1.719,6	23,6
Efluentes industriais	30,5	639,8	617,8	191,5	831,3	11,4
Total – Efluentes líquidos	75,9	1.593,4	3.088,9	957,6	2.550,9	35,0
Total do Setor Resíduos	288,0	6.328,7	3.110,8	964,4	7.293,0	100,0

¹⁶ Acrescentam-se as emissões de CO₂, num total de 282,0 Gg da incineração (ver resíduos industriais).

8. REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de informações de geração**. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2008**. Brasília. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/conheca/anuario_2008.asp>. Acesso em: 2008.
- AMATO, Gilberto W. **Casca**: agregando valor ao arroz. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/20050815133443.pdf>>. Acesso em: 10/09/2008.
- ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE DEFESA DO AMBIENTE (AMDA). **Mata seca está sob Ameaça**. Belo Horizonte: Ambiente Hoje, v. 120, p. 24, setembro de 2005.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTE URBANO (NTU). **Pesquisa: mobilidade da população urbana**. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.ITRANS.org.br>>. Acesso em: 2008.
- BARROS, Geraldo S. et al. **Agronegócio mineiro cresce em 2007**. SEAPA, 2008. Disponível em: <http://www.agricultura.mg.gov.br/pib_jan_2008.pdf>. Acesso em: 2008.
- BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS (BDMG). **Minas Gerais do século XXI**. Belo Horizonte: Rona, 2002.
- BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN). **Frota de veículos**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 2008.
- _____. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**: emissões e remoções de dióxido de carbono pelos solos por mudanças de uso da terra e calagem. Brasília: MCT, 2006.
- BRITO, Alan et al. Avaliação da acurácia do “mapeamento da flora nativa e dos reflorestamentos do Estado de Minas Gerais”. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007, p. 1615-1617.
- CARVALHO, Luis M.T & LOUZADA, Julio Neil. Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais: abordagem metodológica para caracterização do componente flora. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007, p. 3789-3796.
- CARVALHO, Luis M.T. **Mapping and monitoring forest remnants**: a multiscale analysis of spatio-temporal data. 2001. Tese (Doutorado em Geociências) - Wageningen University, Wageningen, 2001.
- COMPANHIA BRASILEIRA DE TRENS URBANOS (CBTU). **O sistema Belo Horizonte**. Disponível em: <<http://www.cbtu.gov.br/acbtu/acompanhia/sistemas/bh/bh-sist.htm>>. Acesso em: 2008.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Balanco energético do Estado de Minas Gerais 2006 – BEE-MG 2006**. Ano base 2005. Belo Horizonte: CEMIG, 2006. <Disponível em <http://www.cemig.com.br/balancoEnergetico/BEEMG%202006.pdf>>. Acesso em: 2008.
- COURA, Samuel M. da Costa. **Mapeamento de vegetação do Estado de Minas Gerais utilizando dados modis**. 2007. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007.
- DEMARCHI, J. A. et al. **Emissões de gases de efeito estufa e práticas mitigadoras em ecossistemas agropecuários - bovinos de corte**. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/artigo.php?id_artigo=287>. Acesso em: 2008.
- DEMARCHI, J. A. et al. Preliminary results on methane emission by nelore cattle in Brazil grazing brachiaria brizantha cv. marandu. In: INTERNATIONAL METHANE AND NITROUS OXIDE MITIGATION CONFERENCE, 2., 2003, Beijing, **Proceedings...** [S.l. : s.n], 2003.
- DINIZ, Alexandre M. Alves; BATELLA, Wagner B. O Estado de Minas Gerais e suas regiões: um regate histórico das principais propostas oficiais de regionalização. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v.17, n. 33, p. 59-77, dez. 2005.
- DRUMMOND, Gláucia Moreira et al. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para a sua conservação**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES (GEIPOT). **Anuário estatístico dos transportes 2001**. Brasília. Disponível em: <<http://www.geipot.gov.br/>>. Acesso em: 2008.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS (EMATER). **Estudo e perspectiva para a agropecuária de Minas Gerais em 2007. Belo Horizonte, 2007**. Disponível em: <<http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/ciagro/estudo%20e%20perspectivas.pdf>> Acesso em: 2008.
- FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS (FAEMG). **Pecuária de corte – perfil da atividade (assessoria técnica)**. Maio de 2007. Disponível em: <<http://www.faemg.org.br/>>. Acesso em: 2008.
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (FIEMG). **Perfil da economia mineira**. Disponível em: <<http://www.fiemg.org.br/Default.aspx?tabid=5609>>. Acesso em: 2008.
- FERRAZ, João Carlos; KUPFER, David; HAGUENAUER, Lia. **Made in Brazil**: desafios competitivos para a indústria. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Resultados do inventário estadual de resíduos sólidos industriais do Estado de Minas Gerais**: período de maio de 2001 a setembro de 2003. Belo Horizonte: Feam, 2003. 89 p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agropecuária municipal 2003** (PAM 2003). IBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> . Acesso em 2008.

_____. **Pesquisa agrícola municipal 2003**, IBGE, 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 2008.

_____. **Pesquisa Nacional por amostra de Domicílios (PNAD)**. 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2007/default.shtm>>. Acesso em: 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Kayama: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006.

LIMA, Magda A. et al. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**: emissões de metano da pecuária. Brasília: MCT, 2006.

LOUREIRO, S. M. **Índice de qualidade no sistema da gestão ambiental em aterros de resíduos sólidos urbanos**. Dissertação (Geotecnia Ambiental) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MACEDO, I.C.; SEABRA, J.E.A.; SILVA, J.E.A.R. Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. **Biomass and Bioenergy**, Great Britain, vol. 32, n. 4, 2008.

MARCOLIN, Moacir. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**: emissões e remoções de dióxido de carbono por mudanças nos estoques de florestas plantadas. Brasília: MCT, 2006.

MARTINS, C. S. Caracterização física e fitogeográfica de Minas Gerais. In: MENDONÇA, M.P ; LINS, L.V. **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Zôo Botânica, 2000.

MINAS GERAIS. DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRANSITO (DETRAN). **Estatísticas. 2008**. Disponível em: <https://www.detranet.mg.gov.br/detran/Estatisticas/Frota_Evolucao_H.htm>. Acesso em: 2008.

MINAS GERAIS. SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (SEAPA). **Perfil do agronegócio mineiro 2008**. Belo Horizonte: SEAPA, 2008.

_____. SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTES E OBRAS PÚBLICAS (SETOP). **Plano Estadual de logística e transporte** (PELT). 2007. Disponível em: <http://www.transportes.mg.gov.br/programas>

OLIVEIRA, J.C.; ALBUQUERQUE, F.R.P.C.; Lins, I.B. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 1980-2050**. Rio de Janeiro: IBGE, 22 p., ago. 2004.

PAIXÃO, Fausto A. et al. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, vol. 30, n. 3, 2006.

PEREIRA NETO, J.T.; LELIS, M.P.N., Variação da composição gravimétrica e potencial de reintegração ambiental dos resíduos sólidos urbanos por região fisiográfica do Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 1709 - 1716.

PLANTAR. **Reforestation as renewable source of wood supplies for industrial use in Brazil**. Version: 01. Disponível em: <<http://www.unfccc.int>>. Acesso em: 2008.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Tabelas de ranking do IDH-M**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/tabelas/index.php>>. Acesso em: 2008.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria do Ambiente ; Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos – COPPE; Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: [s.n], 2007. 307 p.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997.

SCOLFORO, José Roberto; CARVALHO, Luis Marcelo Tavares de (Ed). **Atlas digital do mapeamento da flora nativa e dos reflorestamento de Minas Gerais (2003-2005)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006.

SCOLFORO, José Roberto; CARVALHO, Luis Marcelo Tavares de (Ed). **Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 288 p.

SCOT CONSULTORIA. **Áreas de pastagem versus agricultura**: o que aconteceu em 2005. Bebedouro: Scot Consultoria, 2006.

SHAEFFER, Roberto et al. **Matriz energética brasileira 2005-2023**. Rio de Janeiro, 2004. Programa de Planejamento Energético/COPPE/UFRJ

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). **Resumo das atividades do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento em 2005**: Relatório anual. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/>>. Acesso em: 2008.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE – UNFCCC. **CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM – CDM**. Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/index.html>>. Acesso em: 2008.

VIEIRA, S. M. M.; SILVA, J. W. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**: Relatórios de Referência - Emissões de Metano no Tratamento e na Disposição de Resíduos. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002.

9. ANEXO

EMPRESAS E ENTIDADES CONSULTADAS

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio
ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal
ABRAFE – Associação Brasileira dos Produtores de Ferroligas e de Silício Metálico
ACEMC – Associação dos Ceramistas de Monte Carmelo
ACERVER – Associação das Cerâmicas Vermelhas de Engenheiro Caldas e Região
AMS – Associação Mineira de Silvicultura
CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos / Superintendência de Trens Urbanos de Belo Horizonte
CECRISA – Revestimentos Cerâmicos S/A
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira S/A
Cerâmica Industrial Irmãos Lusvarghi Ltda.
Cerâmica Saffran/Betim
Cerâmica Vila Rica Ltda.
Ceramus Bahia S/A
EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais
EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
FAEMG – Federação da Agricultura e Pecuária de Minas Gerais
FIEMG – Federação das Indústrias de Minas Gerais
Fiori Cerâmica Artística Ltda.
GASMIG – Companhia de Gás de Minas Gerais
IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia
ICASA – Indústria Cerâmica Andradense S/A
IMA – Instituto Mineiro de Agropecuária
Magnesita – Magnesita Refratários S/A
PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S/A
Rima Industrial S/A
Roca Brasil Ltda.
SAFFRAN LINCO S/A
Saint Gobain do Brasil Industriais e para Construção Ltda.
Sanitex Sanitários Togni Ltda.
SEAPA – Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SIAMIG/SINDAÇUCAR – Sindicato da Indústria da Fabricação do Alcool no Estado de Minas Gerais /
Sindicato das Indústrias de Açúcar e Alcool de Minas Gerais
SINCOTAP – Sindicato das Indústrias de Cerâmica e Olaria do Triângulo e Alto Paranaíba
SINDAC – Sindicato das Indústrias de Adubos e Corretivos Agrícolas do Estado de Minas Gerais
SINDICER – Sindicato das Indústrias de Cerâmicas para Construção e Olarias no Estado de Minas Gerais
SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
Togni Materiais Refratários Ltda.
Votorantim Metais S/A
White Martins S/A

Projeto e edição gráfica
Grupo de Design Gráfico Ltda.

Impressão
Imprensa Oficial do Estado de Minas Gerais

Tiragem
1.000 exemplares

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
Fundação Estadual do Meio Ambiente

Rua Espírito Santo, 495, Centro
Cep 30160-030
Belo Horizonte, MG
Tel (31) 3219-5000
www.meioambiente.mg.gov.br