

Fundação Estadual do Meio Ambiente

Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais - Ano base 2014

Fundação Estadual do Meio Ambiente

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

Período de Referência: 2005-2014

Belo Horizonte, Minas Gerais

Dezembro, 2016

© 2016 Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM

É permitida a reprodução desde que seja citada a fonte.

Governo do Estado de Minas Gerais
Fernando Damata Pimentel – Governador

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD
Jairo José Isaac – Secretário

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM
Rodrigo de Melo Teixeira – Presidente

Diretoria de Instrumentos e Planejamento Ambiental
Antônio Henrique dos Santos - Diretor

Gerência de Energia e Mudanças Climáticas
Felipe Santos de Miranda Nunes - Gerente

Laura Virgínia Soares Veloso – Bolsista de Gestão em Ciência e Tecnologia
Abílio César Soares de Azevedo – Analista Ambiental
Andréa Brandão Andrade – Analista Ambiental
Cibele Mally de Souza – Analista Ambiental
Larissa Assunção Oliveira Santos – Analista Ambiental
Morjana Moreira dos Anjos – Analista Ambiental
Rosângela Mattioli Silva – Analista Ambiental

Disponibilização Online

ABREVIações

- AAF: Autorização Ambiental de Funcionamento
- ABIQUIM: Associação Brasileira da Indústria Química
- ANDA- Associação Nacional para Difusão de Adubos
- C₂F₆: Hexafluoretano
- CF₄: Tetrafluorometano
- CH₄: Metano
- CO₂: Dióxido de carbono
- FAEMG: Federação da Agricultura do Estado de Minas Gerais
- FEAM: Fundação Estadual de Meio Ambiente
- GEDEF: Gerência de Monitoramento de Efluentes
- GEE: Gases de Efeito Estufa
- GERIM: Gerência de Resíduos Sólidos Industriais e da Mineração
- GWP: Potencial de Aquecimento Global, do inglês *Global Warming Potential*
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima
- IPPU: Processos Industriais e Uso de Produtos
- MDL: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
- N₂O: Óxido nitroso
- PFCs: Perfluorcarbonos
- RSI: Resíduos Sólidos Industriais
- RSS: Resíduos Sólidos de Saúde
- RSU: Resíduos Sólidos Urbanos
- SF₆: Hexafluoreto de enxofre

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Setores e subsetores estimados.	14
Figura 2 – Emissões de GEE estaduais por setor em MtCO _{2e}	16
Figura 3 - Participação dos setores nas emissões estaduais em 2005 e 2014.	17
Figura 4 - Demanda de energia e combustíveis em Minas Gerais por fonte (a) e por subsetor (b), ano base 2014. Fonte: 30º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais.	18
Figura 5 - Emissões anuais de CO _{2e} no setor de Energia.	21
Figura 6 - Curva de crescimento do PIB e emissões de CO _{2e} em relação ao ano anterior.	21
Figura 7 - Principais emissões de CO _{2e} conforme tipo de combustíveis fósseis consumidos (2014).	22
Figura 8 - Emissões anuais de CO _{2e} no setor de Energia desagregadas por subsetor.	23
Figura 9 - Emissões CO _{2e} no setor de transporte - Ano base 2014.	23
Figura 10 - Consumo de combustíveis no transporte rodoviário no período 2005-2014.	24
Figura 11 - Emissões de CO _{2e} nos diferentes setores industriais - Ano base 2014.	25
Figura 12 - Consumo de combustíveis renováveis e não renováveis no subsetor industrial.	26
Figura 13 – Participação dos principais combustíveis consumidos no subsetor industrial.	26
Figura 14 - Participação nas emissões de CO _{2e} conforme tipo de combustível consumido no subsetor energético - Ano base 2014.	27
Figura 15 - Contribuição das emissões de CO _{2e} na categoria outros subsetores- Ano base 2014.	28
Figura 16 - Emissões de CO _{2e} do setor Processos Industriais e Uso de Produtos.	30
Figura 17 - Participação nas emissões médias industriais pelos subsetores mineral e metálico. As emissões da indústria química não foram significativas.	30
Figura 18 - Evolução das emissões de CO _{2e} por subsetor industrial.	31
Figura 19 - Média das emissões de CO _{2e} no período de 2005 a 2014 do subsetor Indústria de Metais.	31
Figura 20 - Evolução das emissões de GEE, em termos de CO _{2e} , na produção de alumínio.	33
Figura 21 - Emissão de CO ₂ proveniente da produção do clínquer nas cimenteiras.	35
Figura 22 - Emissão média de CO ₂ por tipo de cal produzida.	35
Figura 23 - Emissões do setor Agropecuária.	36
Figura 24 - Participação das emissões de GEE nas emissões do setor Agropecuária.	37
Figura 25 - Média das emissões diretas de N ₂ O no subsetor solos agrícolas - período 2005 a 2014.	40
Figura 26 - Média das emissões indiretas de N ₂ O no subsetor solos agrícolas - período 2005 a 2014.	40
Figura 27 - Emissões de CO _{2e} provenientes da fermentação entérica - Ano base 2014.	41
Figura 28 - Emissões de CO _{2e} decorrentes do manejo de dejetos animais - Ano base 2014.	42
Figura 29 - Porcentagem de dejetos de animais tratados por tipo de tecnologia e categoria animal - Ano base 2014.	42
Figura 30 - Emissões de CO _{2e} conforme sistemas de tratamento de dejetos de animais - Ano base 2014.	43
Figura 31 - Emissões de CO _{2e} do setor de Resíduos.	44
Figura 32 - Participação das emissões de GEE nas emissões do setor de Resíduos.	44
Figura 33 - Evolução da destinação de RSU nos municípios mineiros. Fonte: Panorama de Destinação de Resíduos Sólidos de Minas Gerais, FEAM.	46

Figura 34 - Evolução das emissões de CO ₂ e conforme disposição de RSU.	47
Figura 35 - Emissões CO ₂ e provenientes do tratamento dos resíduos sólidos industriais.	49
Figura 36 - Emissões de CO ₂ e no subsetor efluentes urbanos.	50
Figura 37 - Emissões de CO ₂ e por sistema de tratamento de efluentes urbanos.	51
Figura 38 - Média da população atendida conforme processo de tratamento de esgoto.	51
Figura 39 - Média de emissões em CO ₂ e conforme processo de tratamento de esgoto.	52
Figura 40 - Emissões de CO ₂ e por atividade industrial.	53
Figura 41 - Média da participação das principais atividades industriais nas emissões de CO ₂ e pelo tratamento de efluentes entre 2005 e 2014.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gases contabilizados por setor.	15
Tabela 2 - Valores de GWP utilizados.	15
Tabela 3 - Emissões de CO ₂ e no setor de Energia, por subsetor e atividade.	19
Tabela 4 - Evolução das emissões de CO ₂ e por subsetor.....	28
Tabela 5 - Evolução do consumo de querosene de aviação e das emissões de CO ₂ e da aviação internacional.	29
Tabela 6 - Produção anual de alumínio em Minas Gerais e suas respectivas emissões de CO ₂ e.	32
Tabela 7 - Evolução das emissões de GEE na produção de magnésio.	33
Tabela 8 - Produção anual de amônia em Minas Gerais e suas respectivas emissões de CO ₂ e.	34
Tabela 9 - Subsetores analisados e suas respectivas emissões de GEE.	37
Tabela 10 - Evolução das emissões de CO ₂ e na Agricultura.	38
Tabela 11 - Histórico do cultivo de arroz de várzea em Minas Gerais.....	39
Tabela 12 - Histórico de emissões de CO ₂ e da Pecuária.	41
Tabela 13 - Emissões de CO ₂ por tipo de tratamento de resíduos e efluentes.	45
Tabela 14 - Capacidade instalada para incineração de RSS em Minas Gerais e emissões de GEE.	48

RESUMO

A mensuração de emissões de gases de efeito estufa em um território é uma importante ferramenta de apoio a diversas finalidades, desde a gestão de riscos, aprimoramento regulatório, formulação de políticas públicas, participação em mercados de carbono até o estabelecimento de metas e compromissos. Nesse sentido, a atualização e monitoramento periódico das emissões de GEE são ações fundamentais para a identificação de tendências e mudanças de perfil das emissões visando subsidiar a tomada de decisão. No presente trabalho foram estimadas as emissões de GEE do Estado de Minas Gerais considerando o período 2005-2014. Os setores cujas emissões foram contabilizadas são: Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos, Agricultura e Resíduos. As emissões e remoções do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas não foram contabilizadas em razão da indisponibilidade de dados espaciais oficiais atualizados para o período. Para o ano de 2014, as estimativas apontam para uma emissão de 124 milhões de toneladas de CO₂e, o que representa um acréscimo de 24% em relação a 2005. Com relação à participação dos setores, a Agropecuária contribuiu com 40%, seguido do setor Energia com 37%. As emissões per capita aumentaram de 4,8 toneladas em 2005 para cerca de 6 toneladas de CO₂e em 2014. Os resultados demonstram que é necessário um forte empenho para reversão das trajetórias de crescimento das emissões estaduais, principalmente nos setores Agropecuária e Energia.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
OBJETIVO GERAL	12
Objetivos específicos	12
METODOLOGIA.....	13
RESULTADOS	16
Setor de Energia	17
Subsetor de Transportes	23
Subsetor Industrial	24
Subsetor Energético	26
Outros subsetores	27
Bunker fuels	28
Setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU).....	29
Subsetor Indústria de Metais	31
Subsetor Indústria Química	33
Subsetor Indústria de Minerais	34
Setor Agropecuária.....	36
Subsetor Agricultura	38
Subsetor Pecuária	40
Setor de Resíduos.....	43
Resíduos Sólidos Urbanos	45
Resíduos Sólidos Industriais	48
Subsetor Efluentes urbanos	49
Subsetor Efluentes industriais	52
CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS.....	55

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas encontram-se atualmente no centro dos debates nacionais e internacionais relacionados ao desenvolvimento sustentável. Resultado do crescente aumento na concentração de Gases de Efeito Estufa – GEE na atmosfera, sobretudo, pela queima de combustíveis fósseis (i.e., derivados do petróleo e carvão) e mudanças no padrão de uso da terra (i.e., desmatamento e degradação de pastagens), o aquecimento global e seus impactos representam enormes desafios para as sociedades contemporâneas. De acordo com o 5º relatório de avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC, publicado em 2013, “o aquecimento global é inequívoco, a influência humana tem sido sua causa dominante desde a metade do século XX, e as concentrações de gases do efeito estufa, já em níveis nunca vistos nos últimos 800 mil anos, vão persistir por muitos séculos”. Para a redução efetiva da curva deste crescimento de emissões são necessárias políticas públicas e ações de mitigação para promoção de uma economia de baixo carbono nas esferas nacionais e subnacionais.

O Brasil foi o primeiro país signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC) e, como país não membro do Anexo I, possui como uma de suas obrigações reportar periodicamente suas emissões de GEE. Em novembro de 2015, o país levou à COP21, durante o Acordo de Paris, a sua INDC (Contribuição Nacionalmente Determinada), cujas metas incluíam reduzir 37% das emissões até 2025 e 43% até 2030, com base nas emissões de 2005. Menos de um ano após o evento, o Brasil ratificou suas metas, firmando seus compromissos no novo acordo global. Da mesma forma, no âmbito internacional, vários países já firmaram seus compromissos, a exemplo China e Estados Unidos, os maiores emissores (UN, 2013). Entretanto, o papel de governos locais (estaduais e municipais) para o alcance de tais metas é fundamental. Além disso, é essencial compatibilizar as ações regionais às nacionais, para que essas possam ser reportadas de forma transparente e coerente.

Na esfera estadual, Minas Gerais destaca-se por seu empenho em relação às questões climáticas. Em 2005, a criação do Fórum Mineiro de Mudanças Climáticas Globais

marcou efetivamente a entrada do tema na agenda governamental, promovendo discussões sobre o fenômeno global e a necessidade de políticas públicas a serem desenvolvidas e implementadas no Estado. Em 2008, foi apresentado o primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais para o ano base de 2005 e, em 2013, a segunda estimativa foi lançada tendo 2010 como ano de referência. Ambos foram elaborados com o objetivo de identificar o nível de emissões de GEE e suas principais fontes para o Estado, servindo, portanto, como importante instrumento para gestão de emissões de GEE em âmbito regional. O Decreto nº 45.229, de 3 de dezembro de 2009, regulamentou ainda medidas do Poder Público estadual referentes ao combate às mudanças climáticas e emissões de gases de efeito estufa, com destaque para o "Programa de Registro Público Voluntário das Emissões Anuais de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais" e medidas de promoção de biocombustíveis.

Em 2015 foi lançado o Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais (PEMC), construído por meio de um processo participativo, cujo objetivo principal é traçar diretrizes e ações coordenadas para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas no território mineiro, visando assegurar a transição para uma economia de baixo carbono e um desenvolvimento sustentável. Um dos elementos essenciais para a implementação do PEMC é a mensuração das emissões de GEE no território mineiro, desagregadas por setor e subsetores socioeconômicos com a identificação das principais fontes e sumidouros de carbono. Em 2016, Minas Gerais passou a integrar oficialmente a lista de governos subnacionais que se comprometem a dar transparência aos dados de emissão de gases de efeito estufa periodicamente (*Compact of States and Regions*).

OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve objetivo principal atualizar e construir uma série histórica das emissões de gases de efeito estufa do estado de Minas Gerais, para o período de 2005 a 2014.

Objetivos específicos

- Estimar as emissões de gases de efeito estufa do setor de Energia;
- Estimar as emissões de gases de efeito estufa do setor de Processos Industriais e Uso de Seus Produtos;
- Estimar as emissões de gases de efeito estufa do setor de Agropecuária;
- Estimar as emissões de gases de efeito estufa do setor de Resíduos.

METODOLOGIA

Para estimar as emissões de gases de efeito estufa no Estado, foi utilizado o documento 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (IPCC, 2006), adaptado, quando necessário, para o cenário estadual. Ainda, foram utilizados os Relatórios de Referência setoriais publicados pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI como documentos orientadores. Conforme sugerido pelo IPCC, as estimativas incluíram os seguintes setores e fontes de emissão: Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU), Resíduos e Agricultura.

- **ENERGIA** – Emissões devido à queima de combustíveis e emissões fugitivas. As emissões de CO₂ devido ao processo de redução nas usinas siderúrgicas foram consideradas no setor de Processos Industriais.
- **PROCESSOS INDUSTRIAIS** – Emissões resultantes dos processos produtivos nas indústrias química (amônia), de metais (alumínio, magnésio, ferroligas, ferro gusa e aço) e produtos minerais (cimento e cal).
- **AGROPECUÁRIA** – Emissões devido à fermentação entérica do gado, manejo de dejetos animais, solos agrícolas, calagem, cultivo de arroz e queima de resíduos agrícolas.
- **TRATAMENTO DE RESÍDUOS** – Emissões pela disposição e tratamento de resíduos, incluindo compostagem, incineração e tratamento de efluentes domésticos e industriais.

O setor de Mudança de uso da terra e Florestas não foi contabilizado neste estudo em razão da indisponibilidade de uma série histórica padronizada de mapas de uso e cobertura da terra para o estado de Minas Gerais até o momento de elaboração deste relatório.

A estrutura setorial para mensuração das emissões e remoções de GEE, bem como os subsetores e categorias é apresentada na Figura 1. Foram contabilizados os GEE controlados pelo Protocolo de Quioto, a saber: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆) e os perfluorcarbonos – PFCs (CF₄ e C₂F₆). Para cada setor, foram estimados os gases apresentados na Tabela 1.

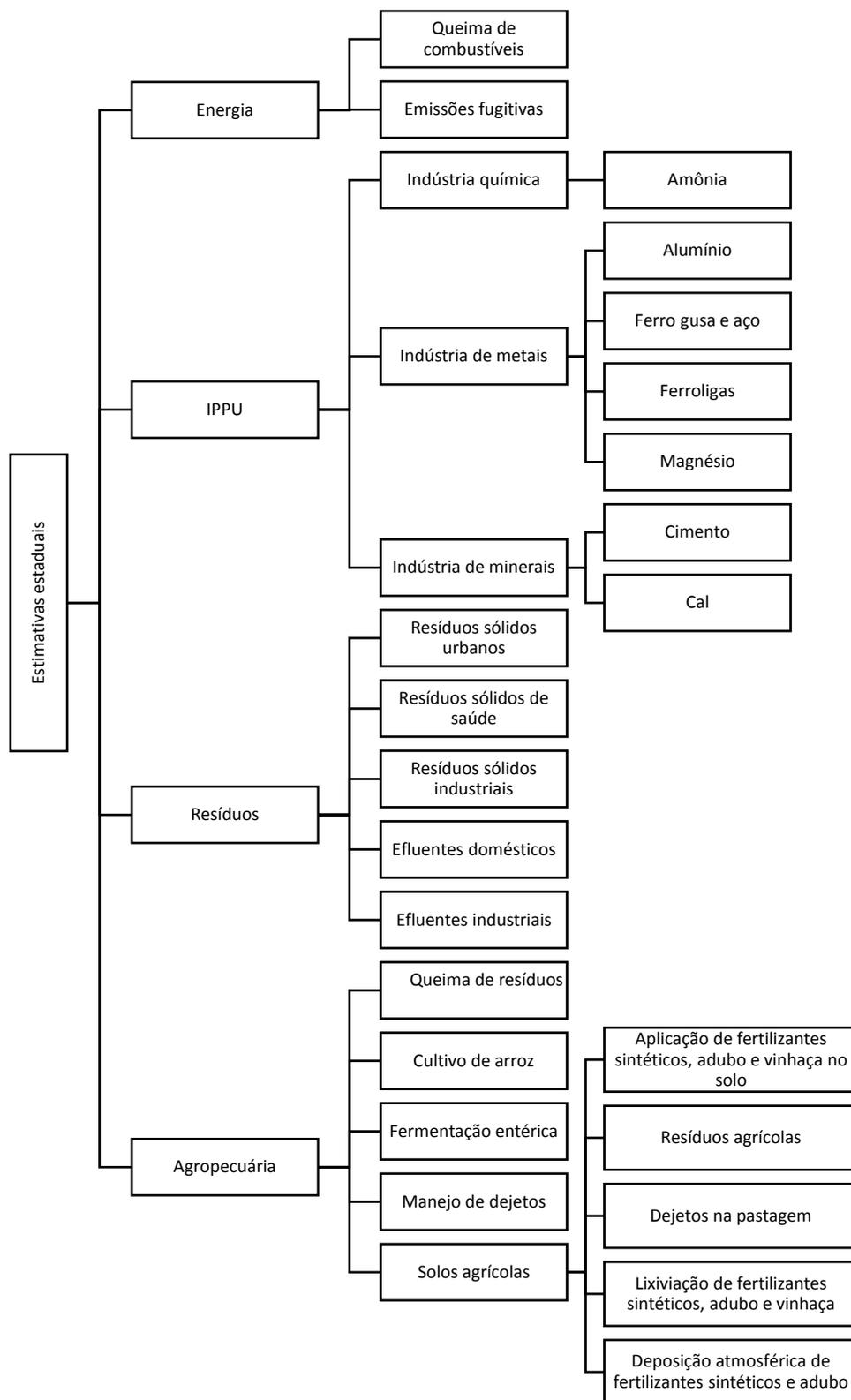


Figura 1 - Setores e subsetores estimados.

Tabela 1 - Gases contabilizados por setor.

Setor	Energia	IPPU	Agropecuária	Resíduos
Gases	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
	CH ₄	CH ₄	CH ₄	CH ₄
	N ₂ O	N ₂ O	N ₂ O	N ₂ O
		SF ₆		
		C ₂ F ₆		
		CF ₄		

Todos os gases foram expressos na unidade de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), conforme valores de Potencial de Aquecimento Global (GWP) propostos pelo relatório *Second Assessment Report* (SAR). A título de comparação da emissão total, utilizou-se também os valores de GWP atualizados no relatório *Fifth Assessment Report* (AR5) (IPCC, 1995; 2013).

Tabela 2 - Valores de GWP utilizados.

Gás	GWP- SAR (100 anos)	GWP- AR5 (100 anos) ¹
CO₂	1	1
CH₄	21	28/30 ²
N₂O	310	265
SF₆	23.900	23.500
C₂F₆	9.200	6.630
CF₄	6.500	11.100

As emissões de dióxido de carbono (CO₂) cuja fonte provém da queima de biomassa plantada (ex. carvão vegetal, etanol, bagaço de cana etc.) foram consideradas nulas, posto que o gás emitido é reabsorvido no processo fotossintético conforme recomendação do IPCC.

¹ Valores sem *feedback* (IPCC, 2013).

² Para combustíveis renováveis e de origem fóssil, respectivamente.

RESULTADOS

As estimativas indicam um aumento de 24% nas emissões de GEE entre 2005 a 2014, totalizando 124 MtCO₂e (milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente) nesse último ano (Figura 2). Dos setores estimados, o de maior contribuição para as emissões estaduais foi o setor Agropecuária, respondendo por 41% das emissões totais em 2014 (Figura 2). Nesse período, a ordem de participação dos setores se manteve a mesma - Agropecuária, Energia, IPPU e Resíduos; entretanto, a contribuição de cada um para as emissões estaduais foi alterada (Figura 3). Observa-se uma redução de 6% na participação conjunta da Agropecuária e IPPU acompanhada de um aumento de 6% na contribuição estadual dos setores de Energia e Resíduos.

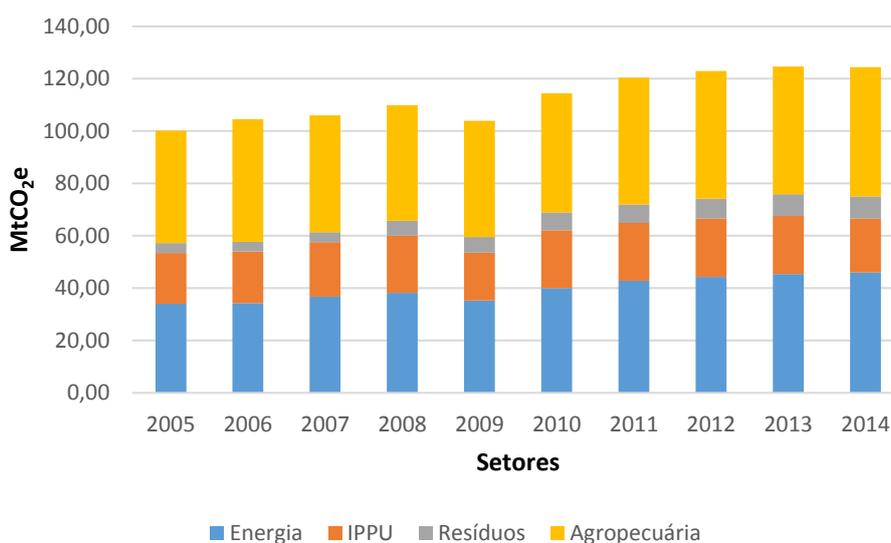


Figura 2 – Emissões de GEE estaduais por setor em MtCO₂e.

Empregando os valores de GWP do Fifth Assesment Report (AR5), as emissões estaduais passariam a 134 Mt CO₂e em 2014, representando um aumento médio de, aproximadamente, 10%. Tal intensificação está associada, principalmente, ao setor da agropecuária uma vez que as emissões de metano (CH₄) são bastante significativas.

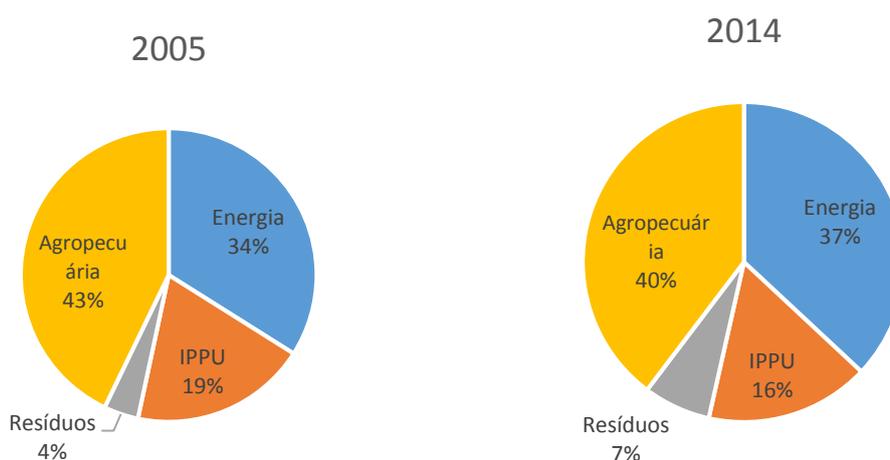


Figura 3 - Participação dos setores nas emissões estaduais em 2005 e 2014.

Considerando a população mineira em 2014 (IBGE, 2016) de 20.734.097 habitantes, as emissões *per capita* no Estado nesse mesmo ano foram de 6 toneladas de CO₂e em comparação a 4,8 toneladas em 2005. Do mesmo modo, considerando o PIB de 481,64 bilhões de reais em 2014, para cada R\$ 1.000 produzidos, foram emitidos 0,26 toneladas de CO₂e.

Setor Energia

No setor de Energia são estimadas as emissões antrópicas oriundas da produção, transformação e ao consumo de energia, o que abrange tanto as emissões resultantes da queima direta de combustíveis quanto as de fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo de energia. No presente trabalho, para estimar as emissões de dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄), foi adotada a metodologia *bottom-up*, cujas emissões são estimadas com base no consumo final de combustíveis (fósseis ou renováveis) em cada subsetor, a saber: energético, residencial, comercial, público, agropecuário, transportes e industrial. Foram utilizados dados de consumo disponibilizados no 30º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais - BEEMG (CEMIG, 2016) e fatores de emissão *default* informados na Terceira Comunicação Nacional (MCTI, 2015a) e IPCC (2006). Adicionalmente, foram estimadas as emissões de *bunker fuels*, resultantes do consumo de combustíveis no transporte

internacional. Conforme orientação do IPCC, embora essas emissões não sejam incluídas na contabilização final, devem ser informadas separadamente.

Segundo dados do 30º BEEMG, entre 1978-2014, a demanda média de energia cresceu aproximadamente 2,5% ao ano, acompanhando a média nacional de 3%. Em 2014, a demanda estadual total de energia alcançou cerca de 38 milhões de tep (tonelada equivalente de petróleo), o equivalente a 12,5% da demanda nacional. Desse total, 59,7% da energia foram importadas em virtude da demanda de petróleo e derivados e de carvão mineral (Figura 4a). Dos subsetores considerados, a soma do consumo energético na indústria e no transporte respondeu por mais de 85% da demanda total em 2014 (Figura 4b).

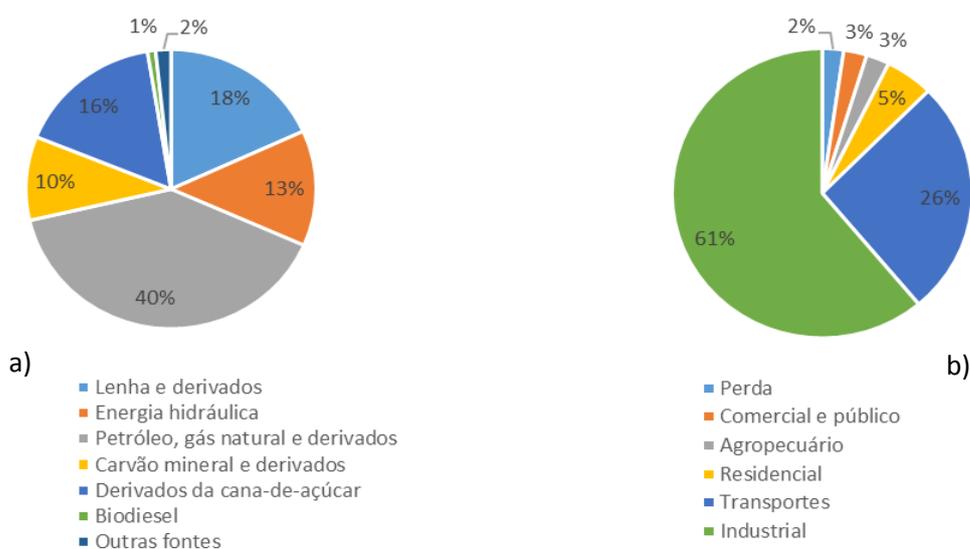


Figura 4 - Demanda de energia e combustíveis em Minas Gerais por fonte (a) e por subsetor (b), ano base 2014. Fonte: 30º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais.

As emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis em 2014 contabilizaram cerca de 46 MtCO₂e. No período de 2005 a 2014 houve um aumento de aproximadamente 35% nas emissões, ou seja, um crescimento médio de 3,5% ao ano (Figura 5, Tabela 3).

Tabela 3 - Emissões de CO₂e no setor de Energia, por subsetor e atividade.

Subsetor	2005	2006	2007	2008	2009
	(MtCO ₂ e)				
Agropecuário	1,62	1,64	1,60	1,81	1,71
Comercial	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11
Energético	5,10	5,39	5,02	5,69	4,12
Carvoarias	2,13	2,26	2,00	2,02	1,42
Centrais Elétricas Autoprodutoras	1,26	1,25	1,32	1,51	1,20
Centrais Elétricas de Serviço Público	0,33	0,49	0,33	0,76	0,18
Autoconsumo em centros de transformação	1,37	1,39	1,38	1,40	1,31
Industrial	8,18	8,17	9,06	9,10	8,42
Alimentos e Bebidas	0,55	0,59	0,60	0,62	0,62
Cal	0,63	0,62	0,66	0,66	0,57
Cerâmica	0,33	0,32	0,36	0,36	0,34
Cimento	1,66	2,16	2,70	2,66	3,00
Ferroligas	0,11	0,12	0,11	0,11	0,10
Mineração e Pelotização	0,83	0,90	1,00	0,99	0,75
Não Ferrosos e Outros da Metalurgia	0,43	0,42	0,45	0,44	0,39
Outros da Siderurgia	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06
Papel e Celulose	0,33	0,23	0,21	0,19	0,15
Química	0,44	0,46	0,49	0,48	0,42
Têxtil	0,37	0,36	0,37	0,38	0,33
Siderurgia integrada	2,23	1,70	1,79	1,88	1,45
Outras indústrias	0,23	0,22	0,24	0,26	0,24
Público	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Residencial	2,43	2,42	2,39	2,45	2,47
Transporte	16,63	16,55	18,51	19,03	18,47
Aéreo	0,28	0,32	0,34	0,40	0,48
Ferroviário	0,36	0,38	0,38	0,41	0,38
Rodoviário	15,99	15,86	17,80	18,21	17,61
Total	34,05	34,28	36,70	38,19	35,32

Tabela 3 - Emissões de CO₂e no setor de Energia, por subsetor e atividade (continuação).

Subsetor	2010	2011	2012	2013	2014
	MtCO ₂ e				
Agropecuário	1,76	1,78	1,88	1,89	1,80
Comercial	0,10	0,11	0,09	0,09	0,09
Energético	5,53	5,40	6,27	5,85	5,93
Carvoarias	1,90	1,89	2,17	1,98	2,04
Centrais Elétricas Autoprodutoras	1,78	2,15	2,19	1,76	1,77
Centrais Elétricas de Serviço Público	0,56	0,05	0,56	0,90	0,90
Autoconsumo em centros de transformação	1,29	1,31	1,35	1,22	1,22
Industrial	9,49	10,39	10,06	9,97	9,93
Alimentos e Bebidas	0,70	0,68	0,69	0,70	0,69
Cal	0,70	0,72	0,67	0,65	0,62
Cerâmica	0,38	0,40	0,42	0,42	0,42
Cimento	3,19	3,50	3,36	3,35	3,88
Ferroligas	0,10	0,06	0,06	0,04	0,05
Mineração e Pelotização	0,91	0,91	0,91	0,84	0,85
Não Ferrosos e Outros da Metalurgia	0,45	0,57	0,57	0,57	0,50
Outros da Siderurgia	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06
Papel e Celulose	0,18	0,26	0,26	0,27	0,26
Química	0,49	0,50	0,52	0,52	0,51
Têxtil	0,38	0,37	0,37	0,36	0,34
Siderurgia integrada	1,68	2,09	1,92	1,93	1,51
Outras indústrias	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24
Público	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Residencial	1,85	1,84	1,85	1,84	1,79
Transporte	21,28	23,35	24,12	25,71	26,52
Aéreo	0,60	0,76	0,87	0,86	0,85
Ferroviário	0,57	0,65	0,73	0,71	0,63
Rodoviário	20,11	21,94	22,52	24,14	25,04
Total	40,03	42,88	44,28	45,36	46,05

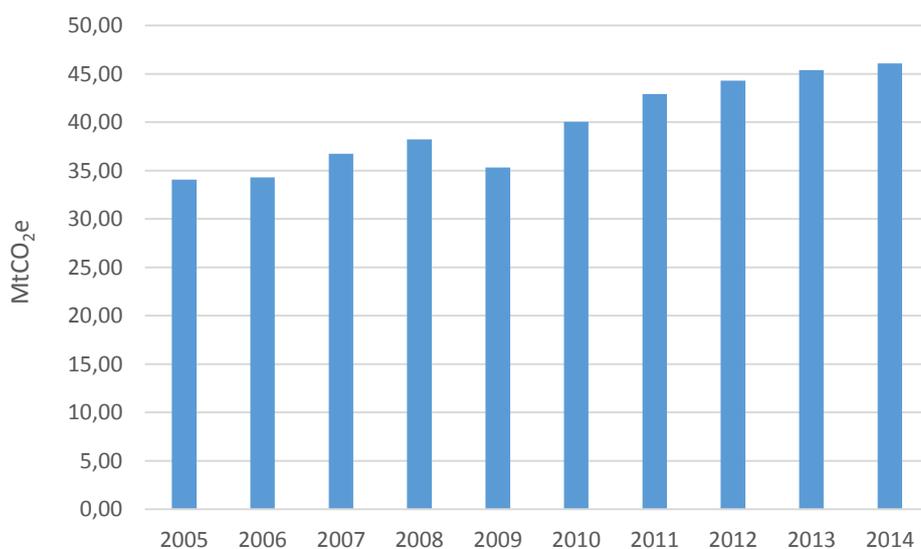


Figura 5 - Emissões anuais de CO_{2e} no setor de Energia.

As estimativas indicam uma queda nas emissões em 2009 de aproximadamente de 8% em relação ao ano anterior, o que coincide com uma desaceleração no crescimento do produto interno bruto (PIB) do Estado (Figura 6). Nesse mesmo ano, observou-se uma retração no setor industrial.

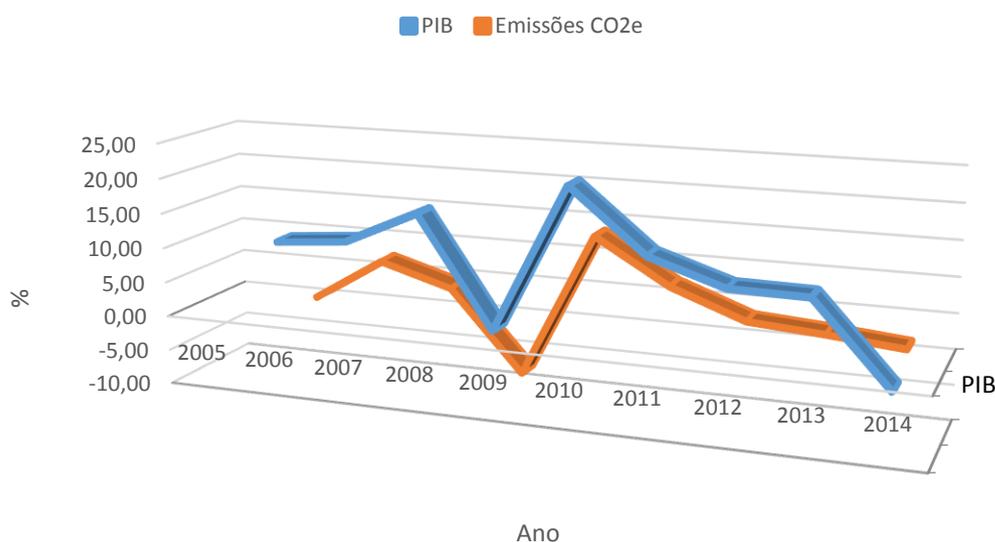


Figura 6 - Curva de crescimento do PIB e emissões de CO_{2e} em relação ao ano anterior.

Dentre os combustíveis fósseis, o óleo diesel teve maior destaque na participação das emissões do setor, seguido pela gasolina e o coque de petróleo (Figura 7). A grande

parcela de emissão de CO_{2e} proveniente de óleo diesel é resultante principalmente de seu consumo nos subsetores de transportes e industrial (Figura 8).

No tocante ao aumento da participação de fontes fósseis destaca-se o rápido crescimento das emissões de coque de petróleo, que alcançou 122% no período. Esse aumento deveu-se principalmente a um forte incremento do consumo do combustível na produção de cimento.

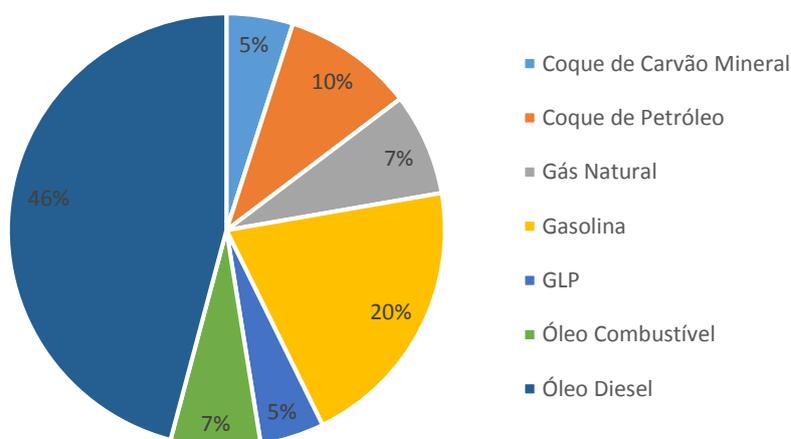


Figura 7 - Principais emissões de CO_{2e} conforme tipo de combustíveis fósseis consumidos (2014).

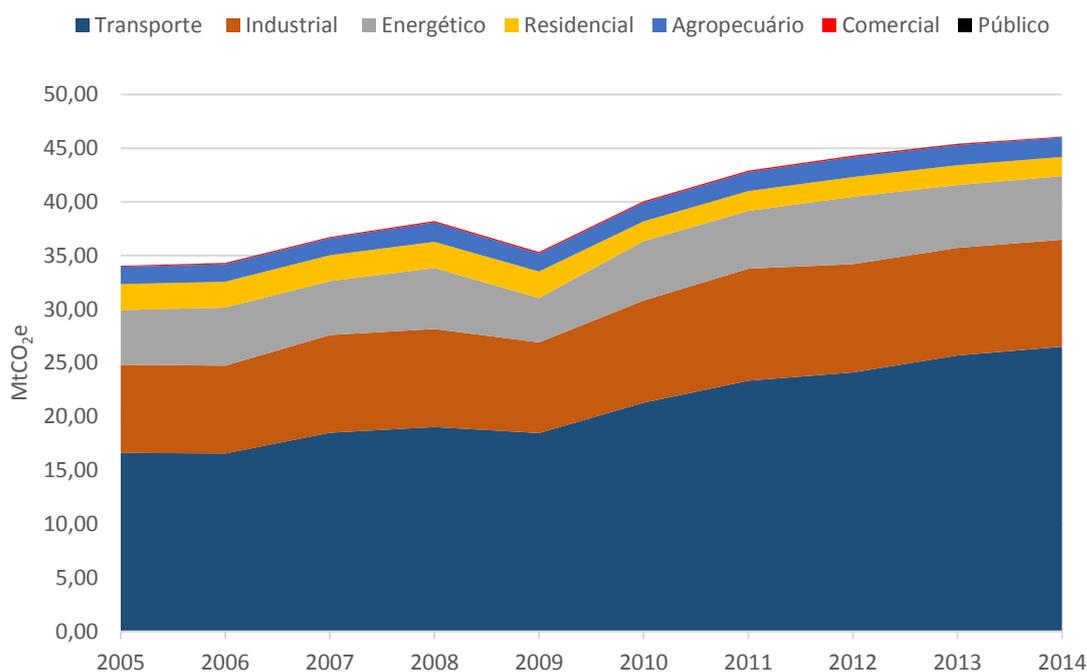


Figura 8 - Emissões anuais de CO2e no setor de Energia desagregadas por subsetor.

Subsetor de Transportes

Em 2014, o subsetor de transportes emitiu 26,52 MtCO₂e, representando 57% das emissões do setor de Energia. Desse total, a maior parte - 94,4% - foi proveniente do modal rodoviário (Figura 9).

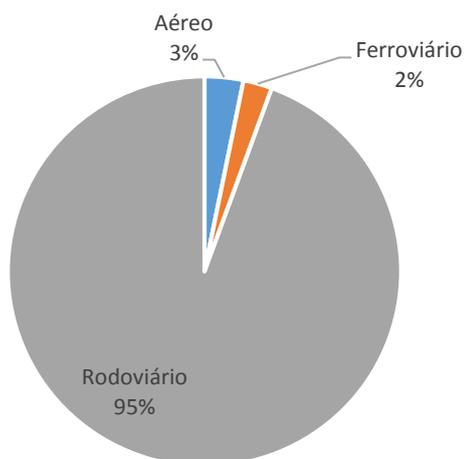


Figura 9 - Emissões CO₂e no setor de transporte - Ano base 2014.

Na Figura 10 é apresentada a evolução do consumo de combustíveis fósseis e renováveis no período de 2005 a 2014, que se reflete nas emissões de GEE do período avaliado. Embora nota-se a dominância do consumo de combustíveis fósseis, é possível verificar o aumento da participação de combustíveis renováveis (biodiesel e etanol) nos últimos anos.

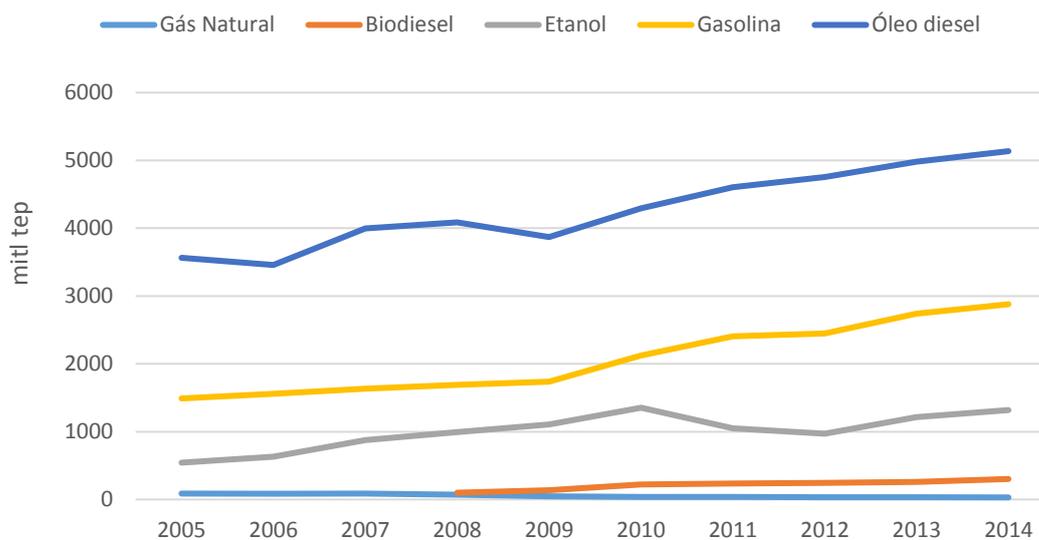


Figura 10 - Consumo de combustíveis no transporte rodoviário no período 2005-2014.

Subsetor Industrial

Nesse subsetor são representadas as emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis nas principais atividades industriais em Minas Gerais. Entre 2005 e 2014, as emissões cresceram 21%, alcançando 9 MtCO₂e. Dos subsetores industriais contabilizados, a produção de cimento foi o de maior destaque em termos de emissões, cujo valor em 2014 representou 39% das emissões do subsetor (Figura 11). É necessário ressaltar que, conforme nova metodologia da Terceira Comunicação Nacional (MCTI, 2015a), as emissões de GEE decorrentes do consumo de combustíveis redutores - (coque de petróleo, carvão mineral, carvão vegetal e carvão energético/vapor 6000) utilizados na siderurgia integrada e não integrada, outros da siderurgia e produção de ferroligas - foram contabilizadas no setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU). Tal premissa se deve ao fato de que esses combustíveis agem tanto como fonte de

energia quanto insumo na produção de metais. Dessa forma, a fim de evitar dupla contagem, optou-se por incluir as emissões em um único setor.

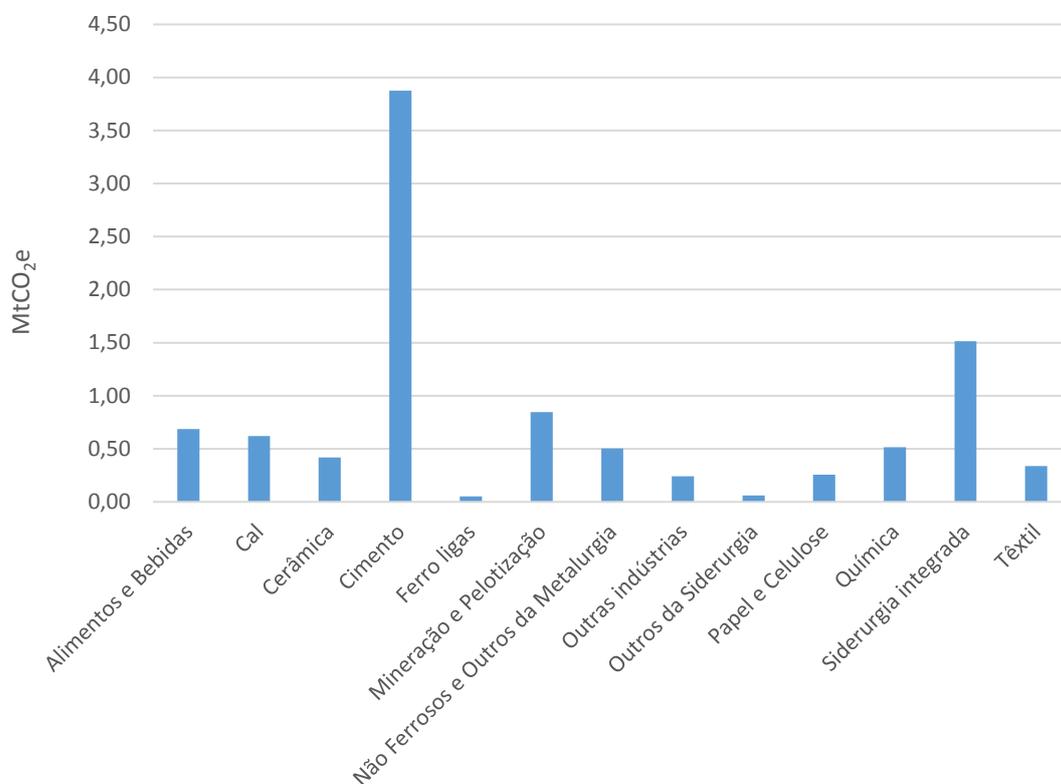


Figura 11 - Emissões de CO₂e nos diferentes setores industriais - Ano base 2014.

Ao longo do período analisado, observam-se poucas modificações na matriz energética (Figuras 12 e 13) desse subsetor. Assim como no subsetor de transportes, destaca-se o significativo consumo de óleo diesel, especialmente na atividade de mineração e pelotização.

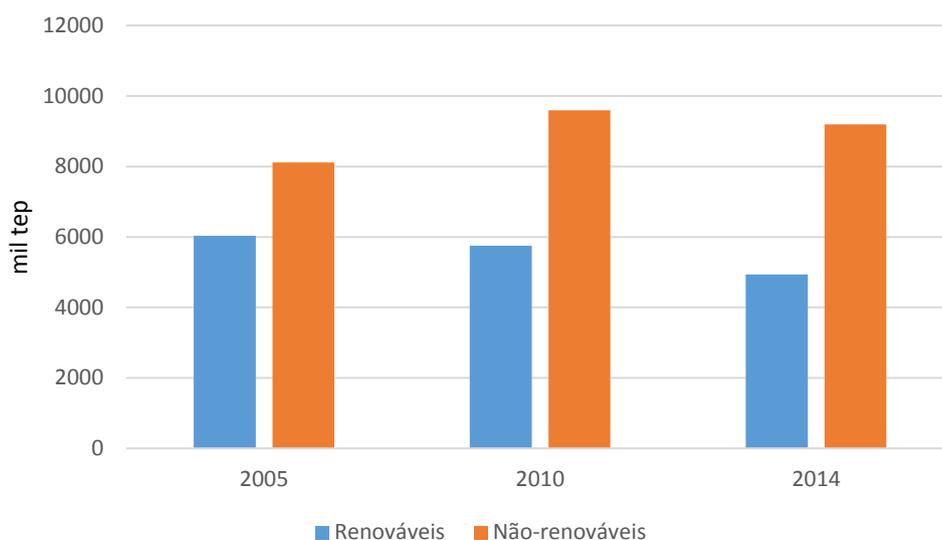


Figura 12 - Consumo de combustíveis renováveis e não renováveis no subsetor industrial.

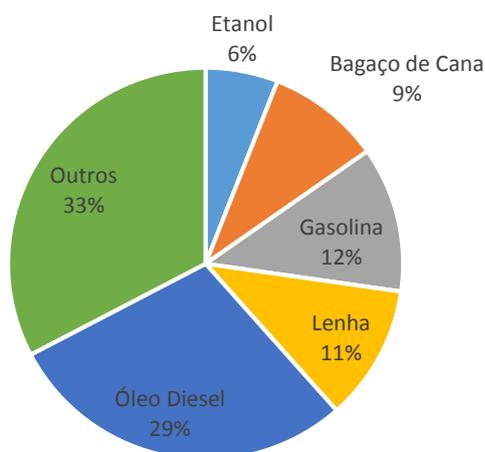


Figura 13 – Participação dos principais combustíveis consumidos no subsetor industrial.

Subsetor Energético

Nesse subsetor são relatadas as emissões provenientes do consumo de combustíveis em atividades de transformação e geração de eletricidade, além do autoconsumo nos centros de transformação. Em 2014, as emissões contabilizaram cerca de 6 MtCO₂e, o equivalente a 12% das emissões totais do setor de Energia. A maior parte das emissões

está relacionada ao consumo de lenha e coque de carvão mineral, principalmente na carvoaria e nas centrais elétricas autoprodutoras. As emissões pelo consumo de outras fontes primárias, bagaço de cana e óleo combustível não foram representativas (Figura 14).

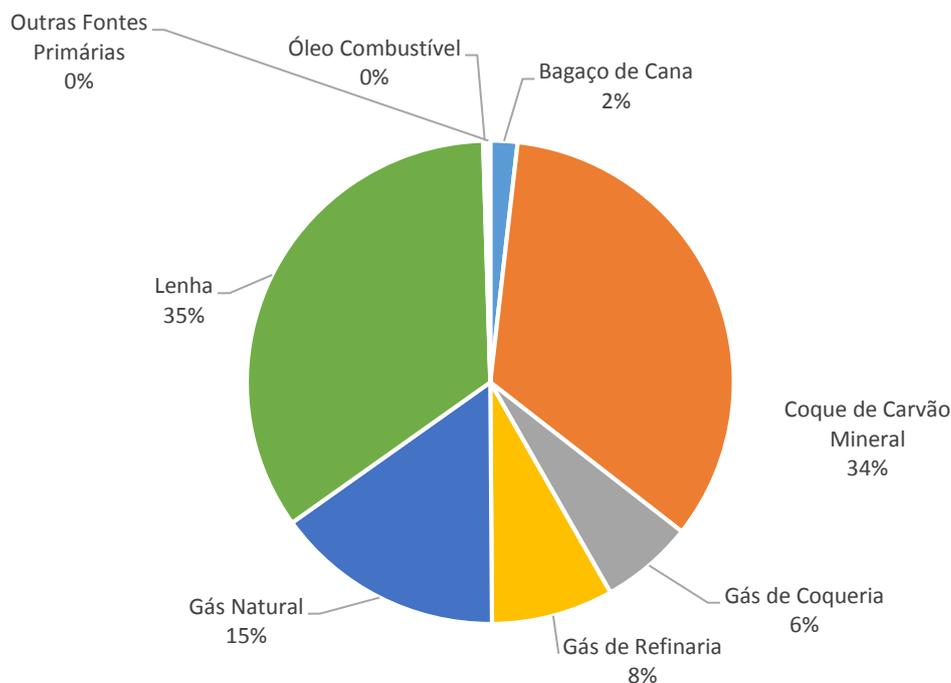


Figura 14 - Participação nas emissões de CO₂e conforme tipo de combustível consumido no subsetor energético - Ano base 2014.

Outros subsetores

Dos subsetores restantes, o subsetor residencial juntamente com o subsetor agropecuário responde por quase 90% das emissões de CO₂e (Figura 15). É interessante notar a dominância do setor residencial até 2009, ano a partir do qual as emissões tiveram uma redução de aproximadamente 33% em relação ao ano anterior (Tabela 4). Isso pode ser atribuído em parte à redução do consumo de lenha nas residências e mudanças na metodologia de elaboração do balanço energético.

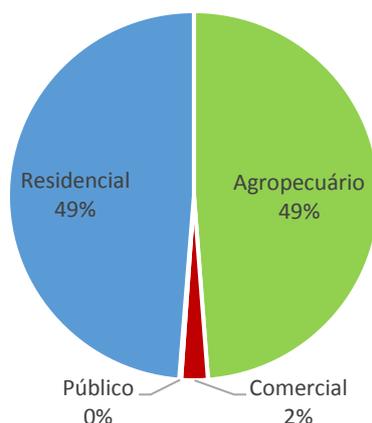


Figura 15 - Contribuição das emissões de CO_{2e} na categoria outros subsetores- Ano base 2014.

Tabela 4 - Evolução das emissões de CO_{2e} por subsetor.

Subsetores	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	MtCO _{2e}									
Agropecuário	1,62	1,64	1,60	1,81	1,71	1,76	1,78	1,88	1,89	1,80
Comercial	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,09	0,09	0,09
Público	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Residencial	2,43	2,42	2,39	2,45	2,47	1,85	1,84	1,85	1,84	1,79

Bunker fuels

As emissões de *bunker fuels* são relacionadas ao consumo de combustíveis em voos e cruzeiros internacionais que partem dos limites estaduais (Yamin & Deplege, 2004). Para Minas Gerais, foram consideradas apenas as emissões provenientes do consumo de querosene de aviação – tipo de combustível usado em aeronaves internacionais. Os dados de consumo referem-se à exportação desse combustível divulgado pelo BEEMG. Essa premissa foi adotada uma vez que não foram encontrados dados de consumo desagregados na esfera estadual. Em decorrência do aumento de consumo desse combustível, observa-se também o crescimento de 108% nas emissões de CO_{2e} em 2014, relativo à 2005 (Tabela 5).

Tabela 5 - Evolução do consumo de querosene de aviação e das emissões de CO₂e da aviação internacional.

Ano	Consumo (mil tep)	Emissão CO ₂ e (Mt/ano)
2005	170,2	0,5
2006	178,4	0,5
2007	203,9	0,6
2008	217,8	0,7
2009	157,0	0,5
2010	205,5	0,6
2011	100,3	0,3
2012	159,5	0,5
2013	263,0	0,8
2014	354,3	1,1

Setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)

Nesse setor são estimadas as emissões antrópicas decorrentes dos processos produtivos da indústria que não são resultantes da queima de combustíveis, à exceção de ferro gusa aço, ferroligas e outros da siderurgia. A fim de evitar dupla contagem, as emissões da siderurgia e de ferroligas foram contabilizadas com base na queima de combustíveis reductores e incluídas no setor IPPU. No presente trabalho, foram avaliadas as emissões da Indústria de Metais, Indústria Química e Indústria de Minerais.

Entre 2005 e 2014 as emissões totais do setor cresceram 5%, totalizando 20,5 MtCO₂e no último ano. No entanto, é preciso ressaltar que ao longo desse período as emissões não foram lineares, coincidindo com uma retração do mercado em 2009 e 2014 (Figura 16). O pico de emissões ocorreu em 2012, ano em que as emissões aumentaram 15% em relação a 2005.

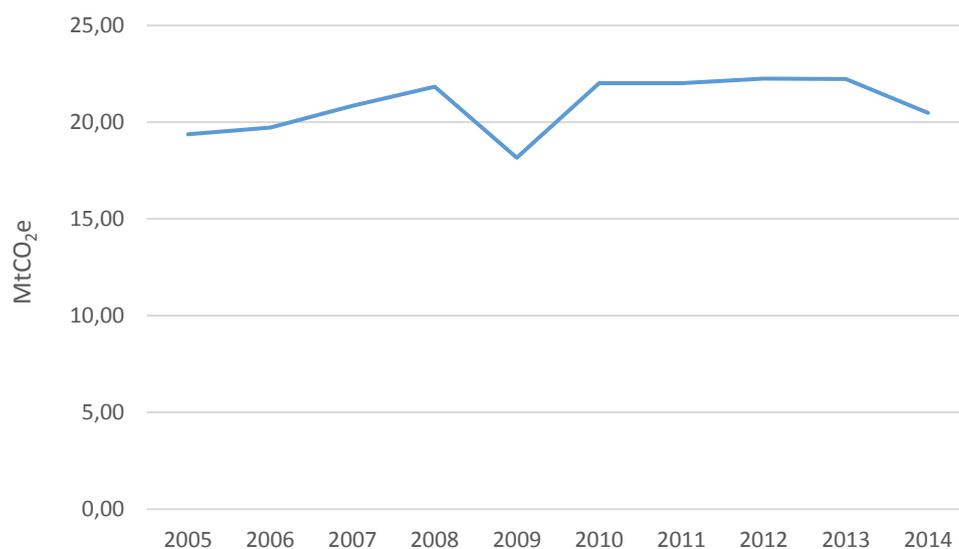


Figura 16 - Emissões de CO₂e do setor Processos Industriais e Uso de Produtos.

A crise financeira de 2009 teve impactos em vários setores produtivos, principalmente na indústria de metais. Esse subsetor, que é responsável por 61% das emissões industriais em média (Figura 17), vivenciou um forte declínio na produção siderúrgica, o que se refletiu nas emissões de CO₂e (Figura 18).

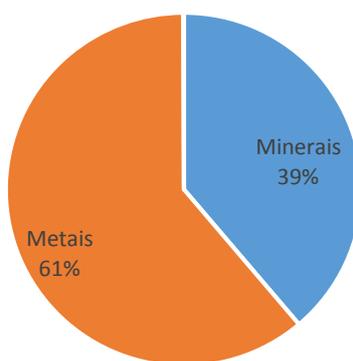


Figura 17 - Participação nas emissões médias industriais pelos subsetores mineral e metálico. As emissões da indústria química não foram significativas.

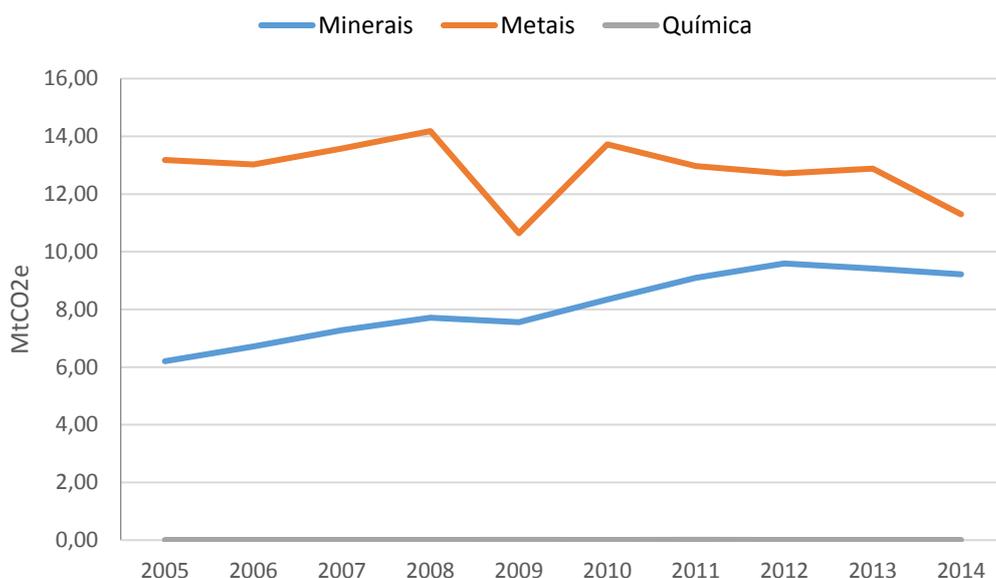


Figura 18 - Evolução das emissões de CO₂e por subsetor industrial.

Subsetor Indústria de Metais

Neste subsetor estão incluídas as indústrias produtoras de alumínio, magnésio metálico, ferro gusa e aço e ferroligas. Em média, as emissões da indústria de metais representaram 89% provenientes da produção de ferro gusa e aço (Figura 19).

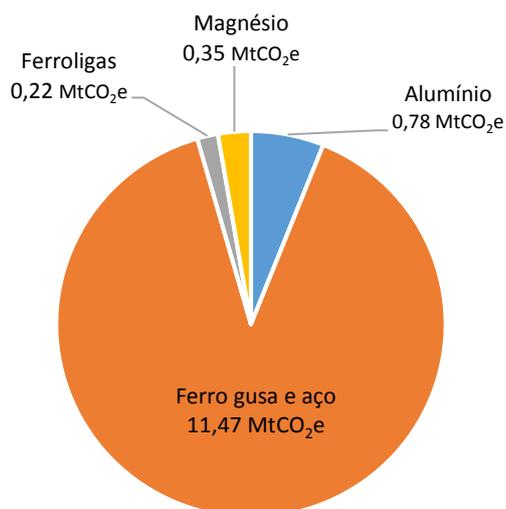


Figura 19 - Média das emissões de CO₂e no período de 2005 a 2014 do subsetor Indústria de Metais.

A fabricação de ferro gusa e aço nas usinas integradas e não integradas (guseiros independentes) representa uma das principais fontes de exportação do Estado. Segundo o Instituto Aço Brasil, o país é o maior produtor da América Latina e ocupa o sexto lugar como exportador líquido de aço e nono como produtor de aço no mundo (IABR, 2016). Na produção de ferro gusa, matéria-prima para fabricação do aço, Minas Gerais responde por, aproximadamente, 50% da produção nacional (SINDIEXTRA, 2016).

Em 2010, cerca de 44% da produção de ferro gusa utilizou combustíveis renováveis como fonte redutora do minério. Da mesma forma, a maior parte da produção de ferroligas utiliza fontes renováveis como redutor. As emissões provenientes da queima do carvão vegetal são consideradas neutras uma vez que o gás emitido é reabsorvido no processo de fotossíntese, não sendo, portanto, contabilizadas nas emissões totais.

Segundo dados da Associação Brasileira de Alumínio a participação de Minas Gerais na produção nacional de alumínio tem sido cada vez menor (ABAL, 2016). Em 2013 e 2014 a produção estadual de alumínio primário caiu 26% e 74%, respectivamente, em relação a 2012. Como consequência, as emissões de CO₂e também diminuíram (Tabela 6).

Tabela 6 - Produção anual de alumínio em Minas Gerais e suas respectivas emissões de CO₂e.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Produção de alumínio (mil toneladas)	146	148	145	138	114	137	135	132	99	36
Emissões (MtCO₂e)	0,92	0,93	0,92	0,89	0,70	0,86	0,85	0,84	0,64	0,21

A fabricação do alumínio é considerada uma das principais fontes de emissão dos perfluorcarbonos CF₄ e C₂F₆, cujos altos valores de GWP contribuem significativamente para a intensificação da mudança do clima (Figura 20).

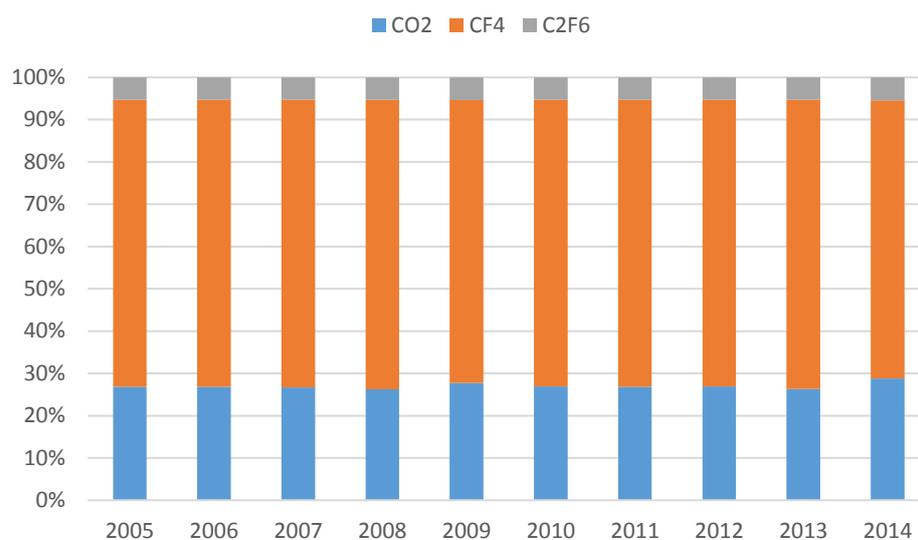


Figura 20 - Evolução das emissões de GEE, em termos de CO₂e, na produção de alumínio.

Quanto à produção de magnésio metálico, existe apenas uma empresa produtora no Brasil, que está situada em Minas Gerais. A empresa foi a primeira metalúrgica nacional a ter aprovados projetos de MDL pela implantação de ações vinculadas à utilização de recursos renováveis próprios. Ainda, a partir de 2010 a empresa substituiu o uso do hexafluoreto de enxofre (SF₆) pelo dióxido de enxofre (SO₂), como gás de proteção do metal. Em virtude dessa alteração, as emissões no setor reduziram 79% (Tabela 7).

Tabela 7 - Evolução das emissões de GEE na produção de magnésio.

GEE	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	Mt									
CO ₂	73,5	85,4	93,3	93,3	112,4	95,1	91,6	102,8	106,0	112,6
SF ₆	0,5	0,5	0,6	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CO ₂ e	0,5	0,6	0,7	0,7	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Subsetor Indústria Química

A produção de vários compostos, orgânicos e inorgânicos, resulta na emissão de quantidades consideráveis de GEE. Em Minas Gerais, os processos produtivos da indústria química que emitem GEE em quantidades significativas são a produção de amônia e a produção de ácido fosfórico. Entretanto, devido à ausência de dados sobre

produção de ácido fosfórico foram contabilizadas apenas as emissões da produção de amônia, na qual o CO₂ é um dos subprodutos de seu processo de fabricação. As emissões de CO₂ foram estimadas com base nos dados de produção divulgados pela Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM, 2014). Entre 2005 e 2014, as emissões permaneceram relativamente estáveis (Tabela 8).

Tabela 8 - Produção anual de amônia em Minas Gerais e suas respectivas emissões de CO₂e.

Ano	Produção (mil t)	Emissão CO ₂ (Mt)
2005	8,29	0,012
2006	8,49	0,012
2007	8,05	0,012
2008	7,81	0,011
2009	6,80	0,010
2010	7,50	0,011
2011	8,60	0,013
2012	7,58	0,011
2013	7,78	0,011
2014	7,78	0,011

Subsetor Indústria de Minerais

Nesse subsetor foram estimadas as emissões de CO₂ da indústria cimenteira e da fabricação da cal, sendo o primeiro responsável por 57% das emissões em 2014. Durante a produção de cimento, cerca de 90% das emissões de CO₂ decorrem do processo de fabricação do clínquer. Entre 2005 e 2014 as emissões aumentaram 61% em virtude principalmente do crescimento da produção (Figura 21).

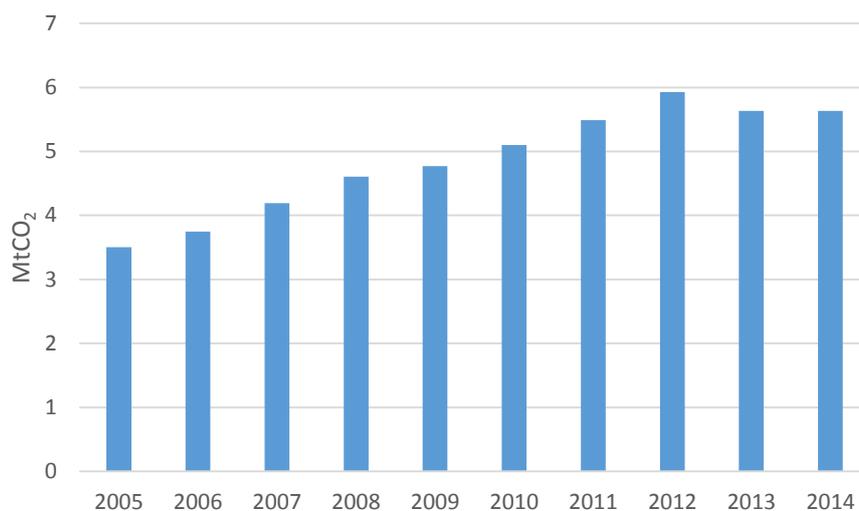


Figura 21 - Emissão de CO₂ proveniente da produção do clínquer nas cimenteiras.

Na produção de cal as emissões de CO₂ ocorrem durante o processo de calcinação do calcário. Em 2014, as emissões contabilizaram 3,58 MtCO₂e, 32% superior em relação a 2005. A emissão total foi ainda discriminada por tipo de cal: magnésítica, dolomítica e calcítica. Embora seu fator de emissão seja o menor das três, a cal de maior produção no Estado, a calcítica, apresentou a maior taxa de emissão média ao longo do período de análise (Figura 22).

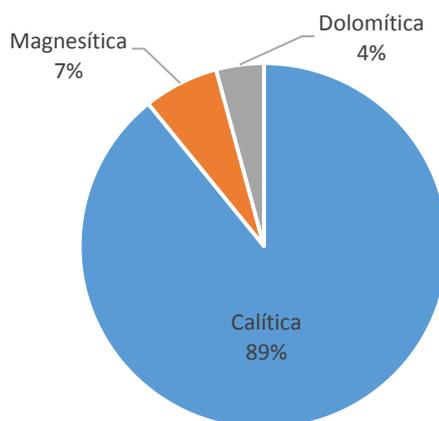


Figura 22 - Emissão média de CO₂ por tipo de cal produzida.

Setor Agropecuária

Conforme dados do Ministério da Agricultura, em 2014, o Estado possuía o segundo maior rebanho de bovinos do país, com cerca de 23,8 milhões de cabeças (MAPA, 2015). Ainda no mesmo ano, Minas foi considerado o maior produtor de leite, com 26% da produção nacional (IBGE, 2014a). Na agricultura, o Estado é o quinto maior produtor, contribuindo em 10,8% para a produção agrícola nacional em 2014 (IBGE, 2014b). O setor Agropecuária destaca-se dos demais sendo responsável por, aproximadamente, 46% das emissões totais do Estado em 2014. Entre 2005 e 2014, as emissões do setor aumentaram cerca de 15% (Figura 23). Essa tendência justifica-se principalmente pelo aumento do rebanho de bovinos. É importante destacar ainda que as significativas reduções de emissões decorrentes de investimentos em tecnologias e práticas agrícolas de baixo carbono (Plano ABC) não foram contabilizadas em razão da indisponibilidade de dados desagregados para Minas Gerais.

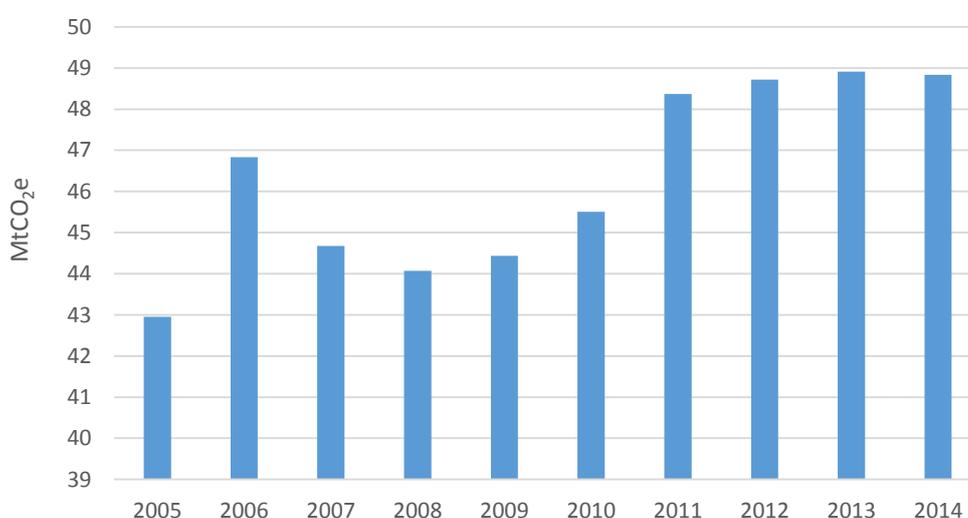


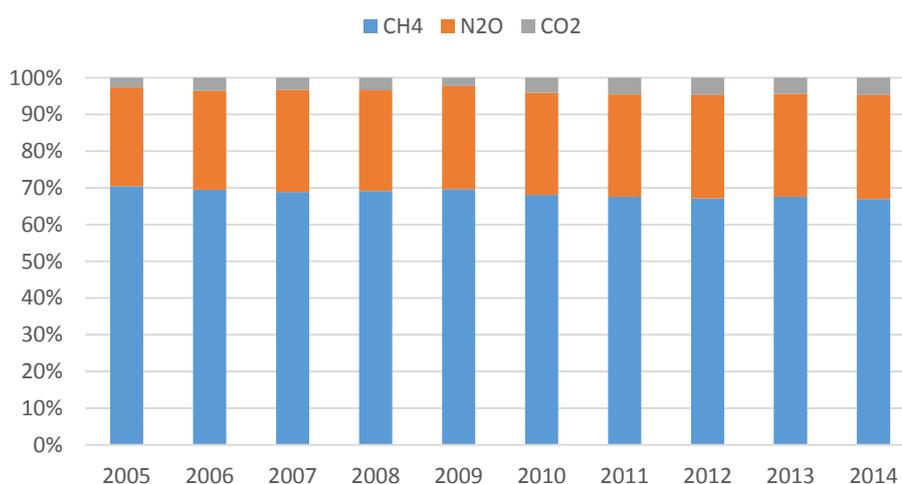
Figura 23 - Emissões do setor Agropecuária.

Quando comparada aos outros subsetores, a fermentação entérica é a atividade que mais contribui para as emissões do setor, respondendo ao longo dos anos por aproximadamente 52% das emissões (Tabela 9).

Tabela 9 - Subsetores analisados e suas respectivas emissões de GEE.

Subsetor	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
(MtCO ₂ e)										
Agricultura										
Calagem	0,99	1,47	1,30	1,33	0,87	1,63	1,89	2,00	1,85	2,02
Cultivo de arroz	0,32	0,25	0,25	0,19	0,17	0,13	0,12	0,02	0,02	0,02
Queima de resíduos	0,29	0,37	0,44	0,54	0,66	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Solos agrícolas	14,6	16,0	15,6	15,1	15,5	16,0	17,2	17,4	17,4	17,6
Pecuária										
Fermentação entérica	24,8	26,7	25,0	24,8	25,1	25,4	26,7	26,7	27,0	26,5
Manejo de dejetos	1,92	2,02	2,04	2,06	2,15	2,23	2,36	2,39	2,50	2,53
Total										
	42,9	46,7	44,6	44,0	44,4	45,5	48,3	48,7	48,8	49,4

Dentre os GEE contabilizados, observa-se que, embora as emissões CH₄ e N₂O estejam abaixo das emissões CO₂, a contribuição desses dois gases nas emissões do setor é significativa, tendo em vista o alto potencial de aquecimento global dos mesmos (Figura 24).

**Figura 24** -Participação das emissões de GEE nas emissões do setor Agropecuária.

Subsetor Agricultura

Nessa categoria são contabilizadas as emissões do cultivo de arroz irrigado e de várzea, queima de resíduos agrícolas, calagem e solos agrícolas, cujas estimativas se subdividem em emissões diretas e indiretas de N₂O. A série histórica estimada mostra que as emissões da agricultura aumentaram 22% em 2014, em relação à 2005 (Tabela 10). Na mesma tabela, observa-se que as emissões decorrentes da queima de resíduos diminuíram 75% em relação a 2009. Essa tendência é justificada pela redução da prática da queima nas plantações de cana-de-açúcar, incentivada pelo “Protocolo de Intenções de Eliminação da Queima da Cana no Setor Sucroalcooleiro” e reforçada pela Resolução Conjunta SEMAD/IEF nº 2075/2014. Segundo dados da Associação das Indústrias Sucroenergéticas de Minas Gerais – SIAMIG, a prática da queima da cana-de-açúcar nos últimos anos ocorre apenas em terrenos com mais de 12% de declividade, o que corresponde a aproximadamente 2% da área total plantada (SIAMIG, 2014).

Tabela 10 - Evolução das emissões de CO₂e na Agricultura.

Subsetor	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	(MtCO ₂ e/ano)									
Calagem	0,99	1,47	1,30	1,33	0,87	1,63	1,89	2,00	1,85	2,02
Cultivo de arroz	0,32	0,25	0,25	0,19	0,17	0,13	0,12	0,02	0,02	0,02
Queima de resíduos	0,29	0,37	0,44	0,54	0,66	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16
Solos agrícolas	14,6	16,0	15,6	15,1	15,5	16,0	17,2	17,4	17,4	17,6
Total Geral	16,2	18,1	17,6	17,2	17,2	17,9	19,4	19,6	19,4	19,8

Do mesmo modo, verifica-se também uma redução das emissões pelo cultivo de arroz, especificamente o arroz de várzea, cujos dados de produção reduziram progressivamente durante o período analisado (Tabela 11).

Tabela 11 - Histórico do cultivo de arroz de várzea em Minas Gerais.

Ano	Área de cultivo (m ²)	Emissão CH ₄ (Mt/ano)	Emissão CO ₂ e (Mt/ano)
2005	429.090.000	0.010	0.216
2006	342.790.000	0.008	0.172
2007	350.000.000	0.008	0.176
2008	269.320.000	0.006	0.135
2009	242.380.000	0.005	0.122
2010	154.550.000	0.003	0.077
2011	179.190.000	0.004	0.090
2012	0	0	0
2013	0	0	0
2014	0	0	0

Na categoria solos agrícolas, maior fonte de emissão no subsetor Agricultura, destacam-se as emissões diretas de N₂O decorrentes dos dejetos depositados diretamente na pastagem e pela aplicação de fertilizantes sintéticos (Figura 25). Conforme informações da Federação da Agricultura do Estado de Minas Gerais - FAEMG, o sistema de produção extensiva, predominante no estado, possui lotação média de 1 cabeça por hectare (FAEMG, 2016).

Quanto à aplicação de fertilizantes sintéticos, segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) foram entregues ao consumidor final mais de 600 mil toneladas de fertilizantes nitrogenados em Minas Gerais em 2014, sendo a maior parte na forma de ureia. Como resultado, nesse mesmo ano foram emitidas cerca de 2 Mt CO₂e.

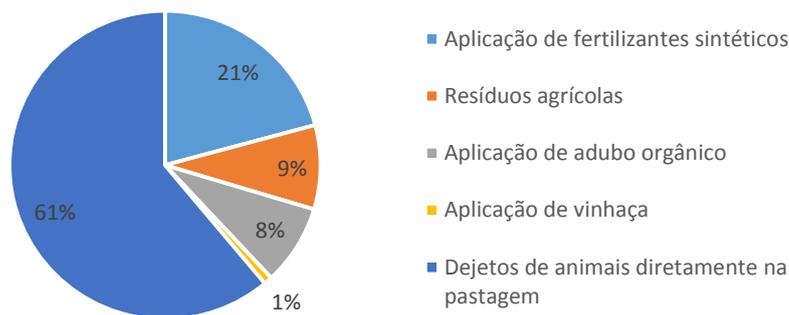


Figura 25 - Média das emissões diretas de N_2O no subsetor solos agrícolas - período 2005 a 2014.

As emissões indiretas de N_2O no subsetor solos agrícolas correspondem à parcela de nitrogênio que é volatilizada na forma de NH_3 e NO_x desse mesmo gás. Evidenciam-se as emissões pela lixiviação do adubo orgânico e dos fertilizantes sintéticos aplicados no solo (Figura 26).

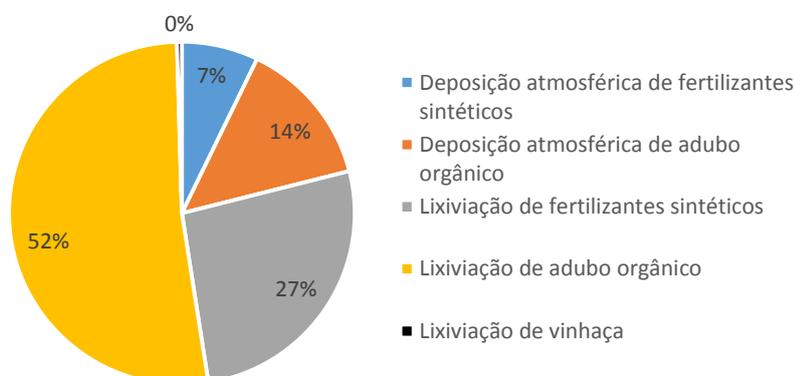


Figura 26 - Média das emissões indiretas de N_2O no subsetor solos agrícolas - período 2005 a 2014.

Subsetor Pecuária

Nessa categoria, são incluídas as emissões provenientes da fermentação entérica e do manejo de dejetos. Historicamente, a fermentação entérica é a principal contribuinte para as emissões da pecuária, cujas emissões de CO_2e são aproximadamente dez vezes maiores que o manejo de dejetos (Tabela 12). Dado que as emissões de metano decorrentes do processo de fermentação variam conforme rebanho (gado leiteiro ou de

corde, equinos, asininos etc.), o sexo e a idade do animal, a maior parte dessas emissões foi proveniente do gado de corte jovem. Quando comparadas aos demais, as emissões de fermentação entérica em bubalinos, asininos, muares e caprinos são pouco representativas (Figura 27).

Tabela 12 - Histórico de emissões de CO₂e da Pecuária.

Categoria	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	MtCO ₂ e/ano									
Fermentação entérica	24,8	26,7	25,0	24,8	25,1	25,4	26,7	26,7	27,0	26,5
Manejo de dejetos	1,92	2,02	2,04	2,06	2,15	2,23	2,36	2,39	2,50	2,53
Total	26,7	28,7	27,0	26,9	27,3	27,6	29,1	29,1	29,5	29,0

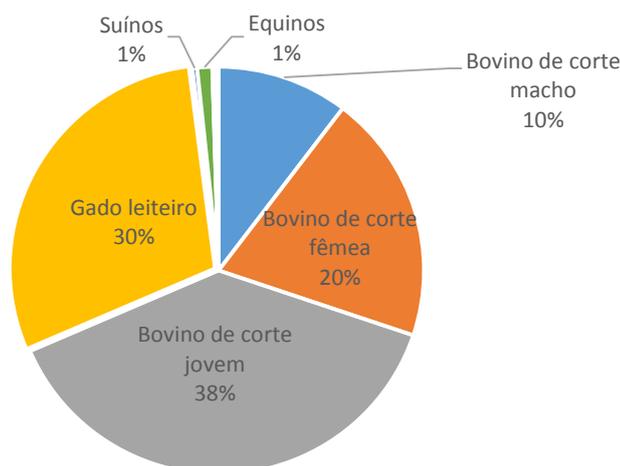


Figura 27 - Emissões de CO₂e provenientes da fermentação entérica - Ano base 2014.

As emissões de manejo de dejetos, embora sejam menos significativas que a fermentação entérica, representam uma importante fonte de emissão quando somadas às emissões da aplicação desses dejetos no solo (emissões contabilizadas na Agricultura), cerca de 3 MtCO₂e. Segundo dados da Produção da Pecuária Municipal de 2014, Minas Gerais é um dos maiores produtores de carne suína, juntamente com Paraná e São Paulo. Somente as emissões de manejo de dejetos de suínos foram responsáveis por quase 40% das emissões desse subsetor em 2014 (Figura 28).

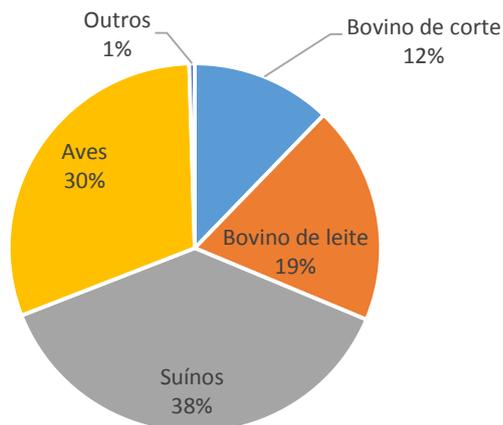


Figura 28 - Emissões de CO₂e decorrentes do manejo de dejetos animais - Ano base 2014.

Dentre os métodos considerados - *dry lot*, biodigestor anaeróbio, lagoa anaeróbia, esterqueira e outros - grande parte dos dejetos é incorporado na categoria “outros”, cujos sistemas de tratamento não são definidos³ (Figura 29). Dentre as técnicas aplicadas no tratamento de dejetos animais, o armazenamento sólido e o *dry lot* (dejetos secando no curral) tem maior potencial de emissão de N₂O (Figura 30).

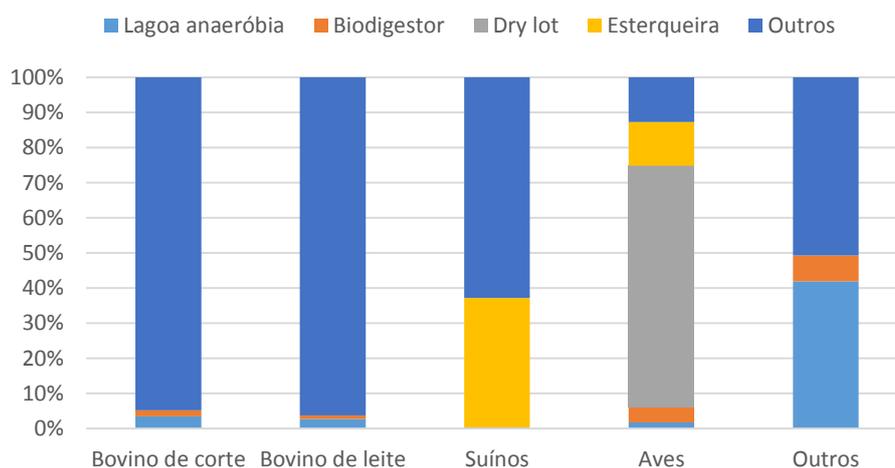


Figura 29 - Porcentagem de dejetos de animais tratados por tipo de tecnologia e categoria animal - Ano base 2014.

³ Sistema de manejo incluído e definido pela Terceira Comunicação Nacional: MCTI, 2015. Relatório de Referência, setor Agropecuária. Emissões de óxido nitroso de solos agrícolas e manejo de dejetos.

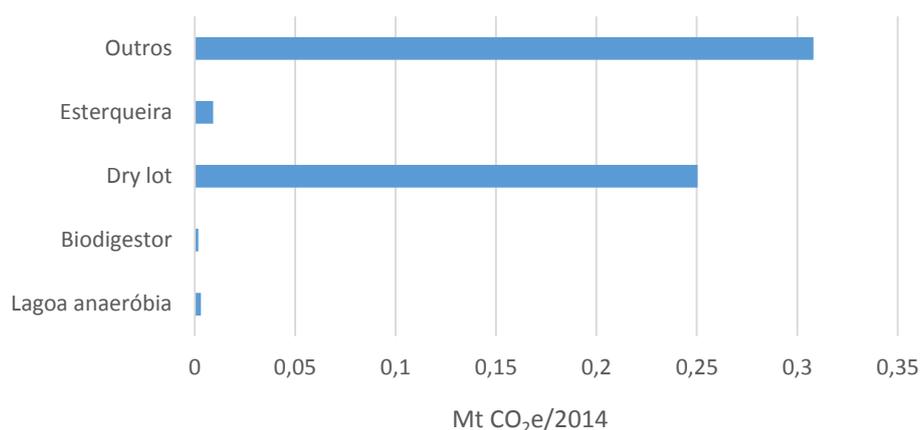


Figura 30 - Emissões de CO₂e conforme sistemas de tratamento de dejetos de animais - Ano base 2014.

Setor de Resíduos

Neste setor são contabilizadas as emissões provenientes do tratamento e disposição final dos resíduos sólidos e de efluentes, ambos de origem urbana e industrial. Na série histórica estimada, observa-se um crescimento das emissões a partir de 2008 (Figura 31). Essa tendência pode estar associada a uma inconsistência e, muitas vezes, à ausência de dados de atividades de incineração e disposição de resíduos sólidos urbanos. Muitos dos dados industriais - compostagem e incineração - utilizados nas estimativas partiram da autodeclaração das empresas, onde observou-se grande oscilação e falta das informações no período de 2005 a 2007. Além disso, houve também uma carência de dados referentes aos municípios que dispunham seus resíduos em aterros sanitários antes de 2009.

Em 2014, as emissões desse setor em Minas Gerais alcançaram mais de 8 MtCO₂e. Dos gases emitidos, verifica-se a dominância das emissões de CH₄, seguida pelo N₂O e CO₂ (Figura 32).

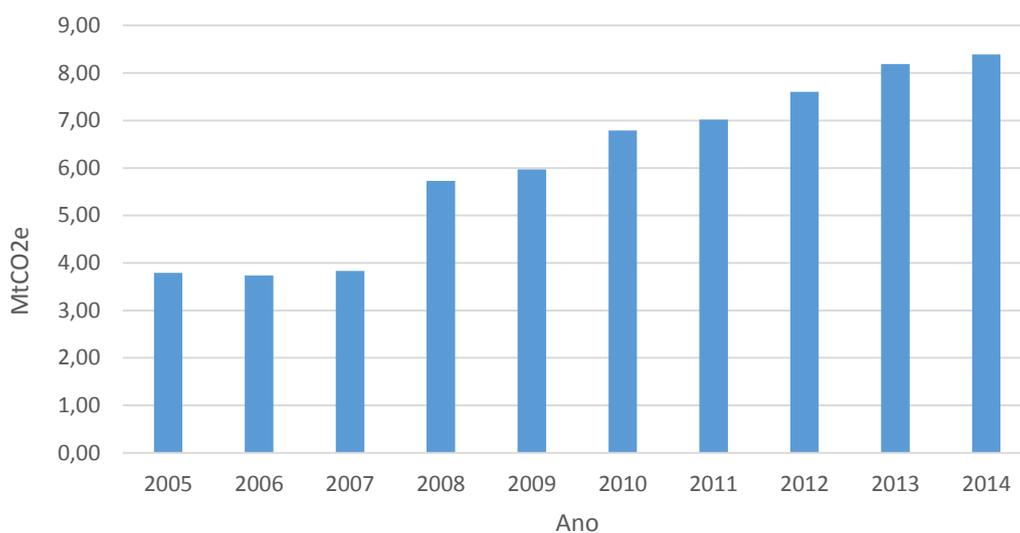


Figura 31 - Emissões de CO₂e do setor de Resíduos.

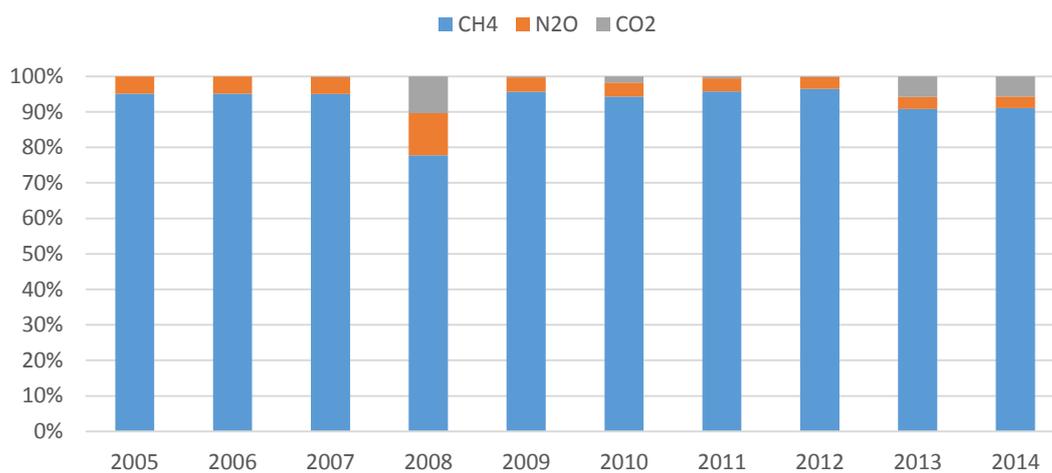


Figura 32 - Participação das emissões de GEE nas emissões do setor de Resíduos.

Dentre os tipos de tratamento de resíduos e efluentes, destaca-se a participação das emissões dos efluentes industriais e resíduos sólidos urbanos (Tabela 13) decorrente da alta geração desses resíduos no Estado.

Tabela 13 - Emissões de CO₂ por tipo de tratamento de resíduos e efluentes.

	2005	2006	2007	2008	2009
	MtCO _{2e}				
Resíduos Sólidos Urbanos	1,34	1,24	1,14	1,42	2,93
Resíduos Sólidos Industriais	0,00	0,00	0,00	1,50	0,11
Efluentes domésticos	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Efluentes industriais	1,58	1,63	1,82	1,93	2,06

	2010	2011	2012	2013	2014
	MtCO _{2e}				
Resíduos Sólidos Urbanos	3,13	3,28	3,94	3,59	3,72
Resíduos Sólidos Industriais	0,21	0,11	0,07	0,57	0,57
Efluentes domésticos	1,29	1,29	1,29	1,65	1,65
Efluentes industriais	2,16	2,33	2,31	2,37	2,45

Subsetor Resíduos Sólidos Urbanos

Desde a publicação da Deliberação Normativa nº 52/2001 sobre a adequação da disposição dos resíduos e desenvolvimento do Programa Minas sem Lixões, foram observadas melhorias na gestão dos resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. Em 2005, dos 853 municípios mineiros, 564 dispunham seus RSU em lixões, ao passo que em 2014 esse número reduziu para 267, ou seja, uma diminuição de 53% nesse período. Concomitantemente, houve um aumento no número de municípios que passaram a destinar parte de seus resíduos para usinas de triagem e compostagem (UTCs), sistemas com autorização ambiental de funcionamento AAF⁴ e aterros sanitários (Figura 33).

⁴ Essa nomenclatura foi informada pela Diretoria de Resíduos da FEAM para definir a tipologia de tratamento de resíduos sólidos não categorizada, ou seja, que não é de conhecimento da Diretoria.

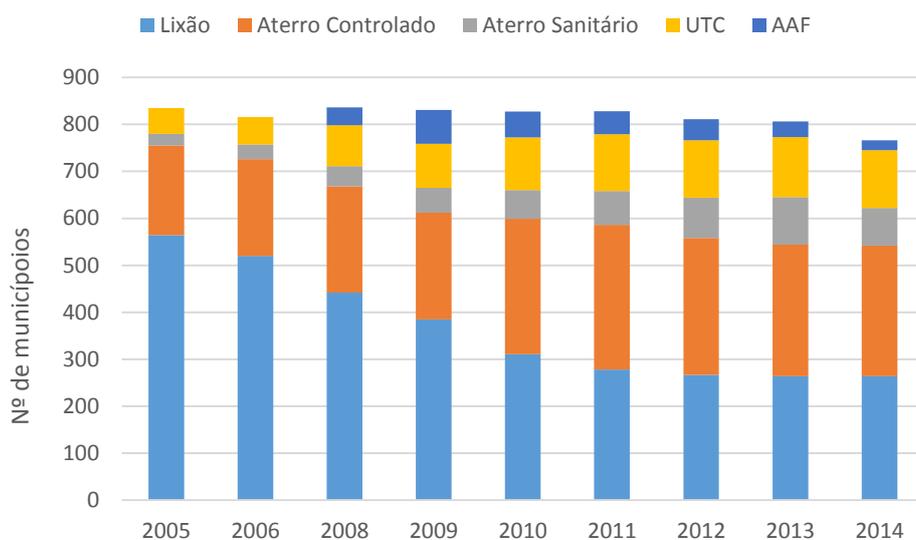


Figura 33 - Evolução da destinação de RSU nos municípios mineiros. Fonte: Panorama de Destinação de Resíduos Sólidos de Minas Gerais, FEAM.

Dos tipos de destinação e tratamento de resíduos sólidos urbanos analisados, é possível verificar que, no período entre 2005 e 2008, as maiores emissões de CO₂e decorriam da disposição dos resíduos em lixões (Figura 34). No entanto, à medida que as condições operacionais dos locais de disposição se aperfeiçoaram, as emissões de gases desse subsetor aumentaram. Isso não significa, porém, que o lixão seja a melhor solução, apenas reforça a necessidade de inclusão de ações de captura e destruição ou, preferencialmente, uso energético do CH₄ em aterros sanitários.

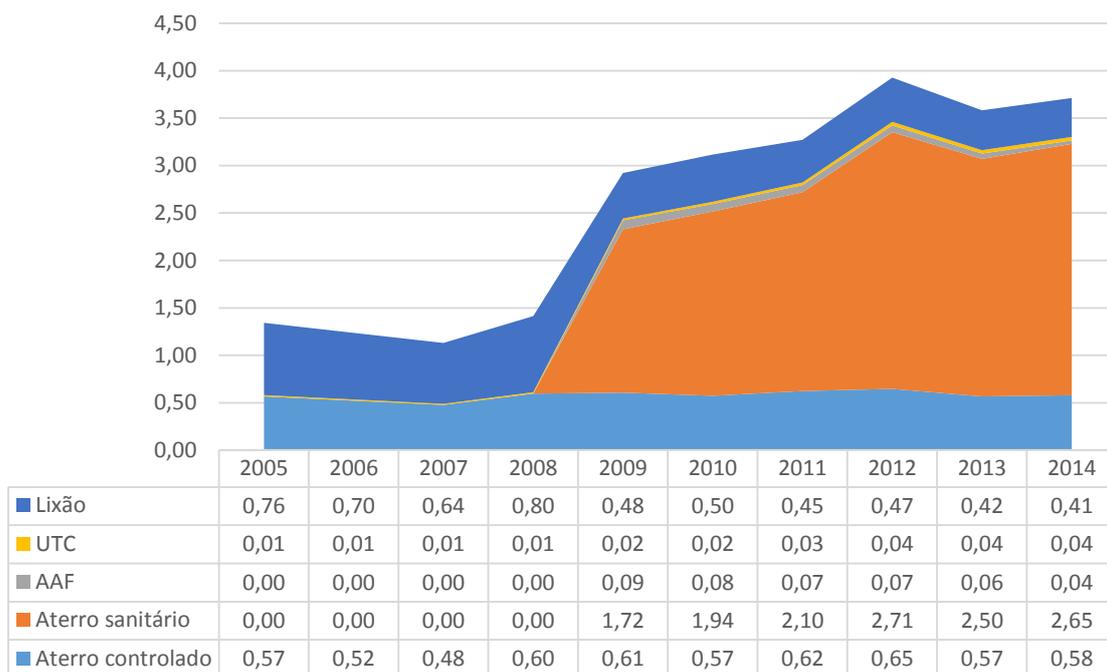


Figura 34 - Evolução das emissões de CO₂e conforme disposição de RSU.

O tratamento dos resíduos sólidos de saúde (RSS) também foi contabilizado no setor de RSU. Devido à ausência de dados a respeito da quantidade desse tipo de resíduo que é incinerado a cada ano em Minas Gerais, o cálculo das emissões foi feito com base na capacidade instalada de incineração de RSS, constantes no Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil (ABRELPE, 2007-2014). Esses dados estavam disponíveis apenas a partir de 2007 e, portanto, as emissões só foram estimadas a partir desse ano. Segundo esse mesmo levantamento, não houve alterações na capacidade instalada a partir de 2009.

Verifica-se também que, em relação ao CO₂, as emissões de N₂O pela incineração desses resíduos são bastante baixas (Tabela 14).

Tabela 14 - Capacidade instalada para incineração de RSS em Minas Gerais e emissões de GEE.

Ano	Capacidade instalada (toneladas)	Emissão CO ₂ (t/ano)	Emissão N ₂ O (t/ano)	Emissão CO ₂ e (t/ano)
2007	8.030	6.710	7,20	8.950
2008	7.738	6.470	7,00	8.630
2009	8.112	6.780	7,30	9.040
2010	8.112	6.780	7,30	9.040
2011	8.112	6.780	7,30	9.040
2012	8.112	6.780	7,30	9.040
2013	8.112	6.780	7,30	9.040
2014	8.112	6.780	7,30	9.040

Subsetor Resíduos Sólidos Industriais

Os resíduos sólidos industriais, seja de classe I ou II, podem ser destinados para diversos sistemas, a saber: aterros industriais, incineração, coprocessamento, reciclagem, utilização em caldeira, compostagem, dentre outros. Para fins de estimativa de emissão de GEE, no entanto, são consideradas somente as emissões provenientes da compostagem e da incineração de resíduos perigosos. Para tanto, foram utilizados dados informados pela Gerência de Resíduos Sólidos Industriais e da Mineração (GERIM) da Fundação Estadual do meio Ambiente e informações divulgados pelos Inventários de Resíduos Sólidos Industriais. Deve-se ressaltar que as informações a respeito da quantidade de resíduos destinada a esses dois sistemas são oriundas da autodeclaração das empresas. Por isso, há grande oscilação nas emissões de CO₂e durante o período de análise (Figura 35).

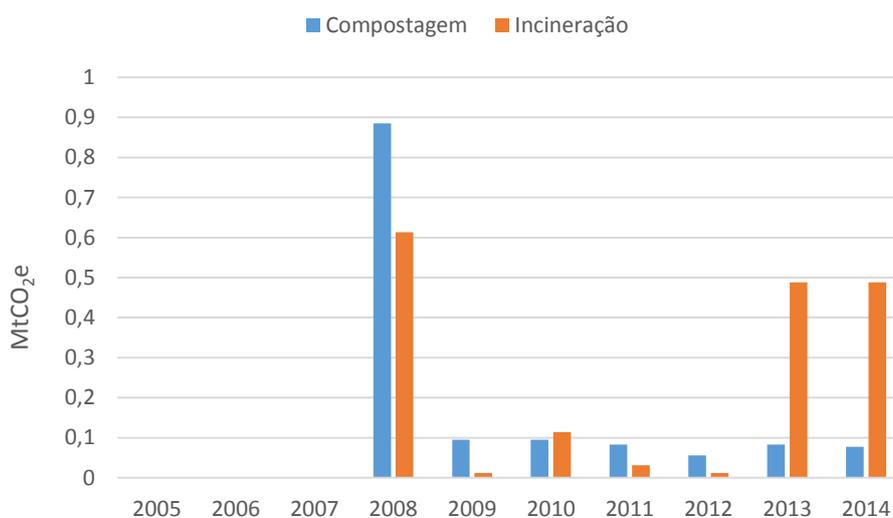


Figura 35 - Emissões CO₂e provenientes do tratamento dos resíduos sólidos industriais.

Subsetor Efluentes urbanos

Para o subsetor de efluentes urbanos são contabilizadas as emissões de CH₄ e N₂O provenientes do tratamento de esgoto doméstico e comercial. Desde 2006, o Estado de Minas Gerais, por meio do programa Minas Trata Esgoto, busca promover a gestão estratégica da implantação de sistemas de tratamento de esgotos no território mineiro. O último relatório de monitoramento do programa revelou que 684 municípios possuíam rede coletora de esgotos, o que corresponde ao atendimento de 82% da população do Estado. Em contrapartida, apenas 244 municípios contavam com sistemas de tratamento de esgotos em operação. De acordo com o Índice de Avaliação do Esgotamento Sanitário Municipal – IESM, elaborado com base no percentual de coleta e tratamento de esgoto, bem como na regularização ambiental de ETE, aproximadamente 45% dos municípios mineiros foram enquadrados na categoria “Alarmante”.

Em 2014, as emissões de CO₂e no subsetor foram de 1,6 milhões de toneladas, 89% a mais que as emissões em 2005 (Figura 36). Essa intensificação decorreu, em parte, do aumento na parcela da população atendida por sistemas de tratamento mais robustos.

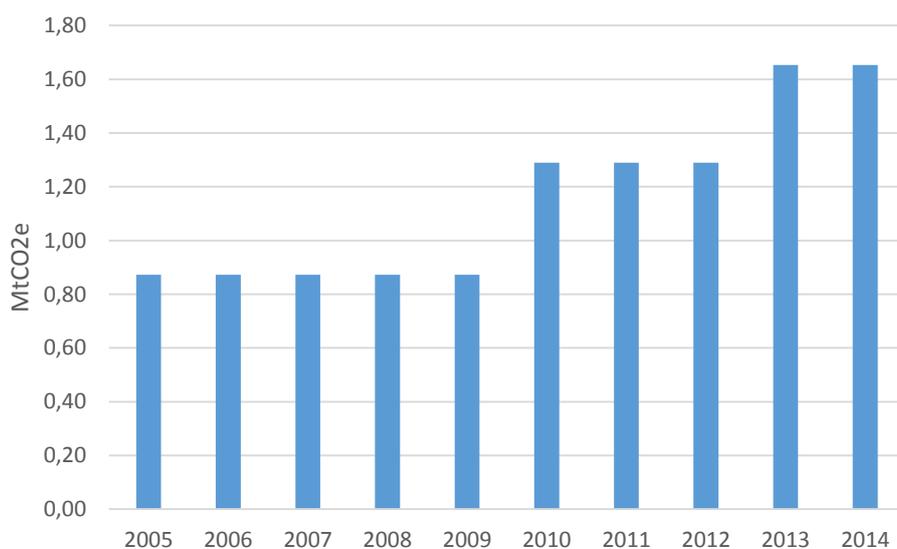


Figura 36 - Emissões de CO₂e no subsetor efluentes urbanos.

O cálculo das estimativas baseou-se na fração da população urbana atendida por diferentes sistemas de tratamento, na quantidade de carga orgânica do esgoto e no consumo de proteínas por habitantes. Ainda, foram considerados os seguintes sistemas nas estações de tratamento de efluentes (ETE): reator anaeróbio, lagoa, tanque séptico, aeróbio e emissões provenientes dos efluentes sem tratamento - lançados diretamente em rios e lagos (Figura 37).

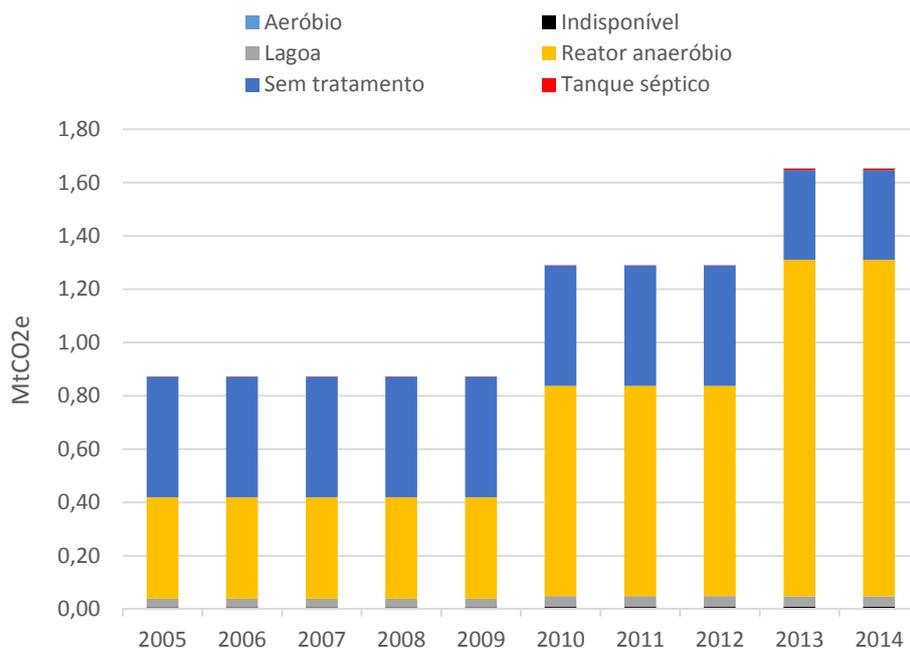


Figura 37 - Emissões de CO₂e por sistema de tratamento de efluentes urbanos.

Embora a parcela da população atendida por reator anaeróbio seja aproximadamente três vezes menor do que a sem atendimento por nenhum tipo de tratamento de esgoto (Figura 38), o nível de emissões de CO₂e pelo primeiro é, em média, 1,5 vezes maior do que o último (Figura 39). Entretanto, isso não significa que o tratamento por reator anaeróbio seja desvantajoso. Como no caso dos lixões, ressalta-se a necessidade de inclusão de ações de captura e destruição ou, preferencialmente, uso energético do CH₄ gerado.

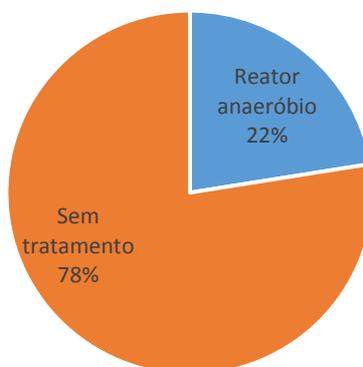


Figura 38 - Média da população atendida conforme processo de tratamento de esgoto.

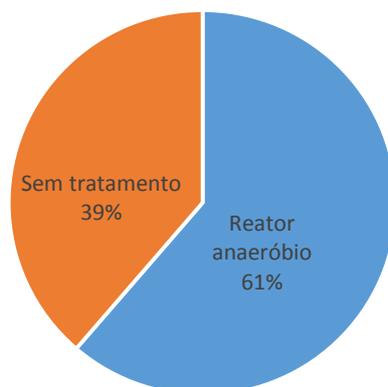


Figura 39 - Média de emissões em CO₂e conforme processo de tratamento de esgoto.

Subsetor Efluentes industriais

Os efluentes gerados pelas indústrias variam conforme a atividade industrial e as matérias-primas utilizadas no processo de produção. Para o cálculo das estimativas de emissão de CH₄, foram selecionados os setores mais representativos da economia mineira dentre os recomendados pelo IPCC, a saber: produção de leite cru, cerveja, etanol, abate (bovinos, aves e suínos), açúcar, papel e celulose. As estimativas foram feitas com base na produção anual e no potencial de geração de carga iônica de cada efluente industrial.

Em 2014, as emissões de CO₂e desse subsetor aumentaram cerca de 55% em relação a 2005, com destaque para a indústria de papel e celulose. Essa atividade representa, em média, 38% das emissões do subsetor (Figuras 40 e 41).

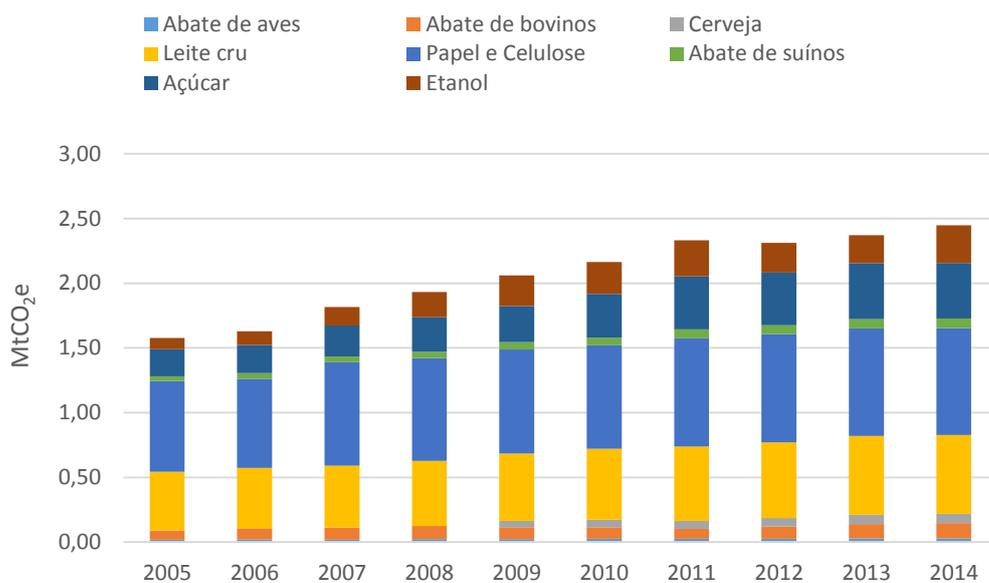


Figura 40 - Emissões de CO₂e por atividade industrial.

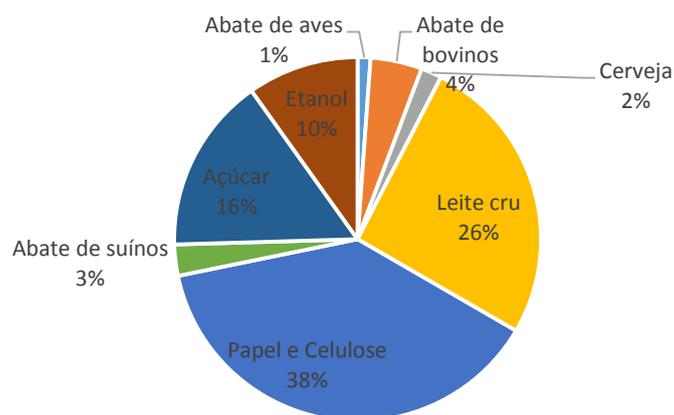


Figura 41 - Média da participação das principais atividades industriais nas emissões de CO₂e pelo tratamento de efluentes entre 2005 e 2014.

CONCLUSÃO

A atualização das estimativas estaduais de GEE e a construção de uma série histórica permitiram uma avaliação detalhada da evolução do perfil de emissões e a identificação de áreas prioritárias para mitigação em Minas Gerais. Ao longo do período de análise, observou-se um aumento de 24% das emissões estaduais em 2014 (124 MtCO_{2e}) em relação a 2005. Dos setores analisados, destacam-se as participações dos setores de Energia e Agropecuária, cujas emissões aumentaram aproximadamente 35% e 15%, respectivamente, em relação a 2005.

É importante destacar que, apesar dos esforços para incluir todos os setores recomendados pelo IPCC, não foi possível estimar as emissões decorrentes do setor de Mudanças de uso da terra e Florestas devido à indisponibilidade de uma série histórica oficial e padronizada de mapas de uso e cobertura da terra para Minas Gerais. O mesmo ocorre com relação aos dados de emissões provenientes dos investimentos em agricultura de baixo carbono ainda não disponibilizados pelo Governo Federal. De fato, a busca por dados consistentes apresentou-se como um dos maiores desafios para atualização das estimativas estaduais. Muitos dados, especialmente no setor de resíduos, estavam desatualizados e inconsistentes, o que contribuiu para um aumento das incertezas das estimativas. Outro desafio foi a obtenção dos dados de produção industrial que, muitas vezes, não estavam consolidados na esfera estadual ou não podiam ser divulgados.

Esses desafios evidenciam a necessidade de melhoria das estimativas futuras, dentre elas: a disponibilização periódica de dados mais completos e consistentes e melhor articulação entre os órgãos governamentais e não governamentais para construir, em conjunto, metodologias de cálculo e fatores de emissão específicos para a esfera estadual.

REFERÊNCIAS

1. ABAL, Associação Brasileira do Alumínio, s.d. Alumínio primário, produção por usina. Disponível em <<http://www.abal.org.br/estatisticas/nacionais/aluminio-primario/producao-por-usina/>>. Acesso em 10 de agosto de 2016.
2. ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química (2013). Guia da Indústria Química Brasileira 2013. São Paulo, 2014.
3. ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais, 2007.
4. _____. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais, 2008.
5. _____. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais, 2009.
6. _____. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais, 2010.
7. _____. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais, 2011.
8. _____. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais, 2012.
9. _____. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais, 2013.
10. _____. Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais, 2014.
11. CEMIG, Companhia Energética de Minas Gerais S.A. 30º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais - BEEMG 2015: ano base 2014. 2016.
12. FAEMG, Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. Diagnóstico da Pecuária Bovina de Corte de Minas Gerais, 2016.
13. FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais -Ano base 2010. Gerência de Energia e Mudanças Climáticas, 2013.

14. FJP, Fundação João Pinheiro. Monitor FJP, Produto Interno Bruto de Minas Gerais. Relatório Anual: nova série- metodologia SNA/2008.
15. IABR, Instituto Aço Brasil, s.d. Siderurgia no Brasil. Disponível em <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/siderurgia-no-brasil--desenvolvimento.asp>>. Acesso em 20 de outubro de 2016.
16. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Agrícola Municipal. 2014b.
17. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal. 2014a.
18. IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.
19. IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013.
20. MAPA, Ministério da Agricultura. Dados de rebanho bovino e bubalino no Brasil. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Dados%20de%20rebanho%20bovino%20e%20bubalino%20do%20Brasil%202015_site.pdf>. Acesso em 17 de outubro de 2016.
21. MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Terceiro inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa: Relatório de Referência setor de Energia. Emissões de gases de efeito estufa por queima de combustíveis: abordagem bottom-up. Anexo metodológico. Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações. 2015.
22. _____: Relatório de Referência, setor Agropecuário. Emissões de óxido nitroso de solos agrícolas e de manejo de dejetos. 2015.
23. SIAMIG, Associação das Indústria Sucreenergéticas de Minas Gerais. Jornal Informativo, CANAVIAL, ano XII, nº 29, 2014. Disponível em: <www.siamig.com.br/cache/Canavial/novembro.pdf>. Acesso em 17 de outubro de 2016.
24. SINDIEXTRA, Sindicato da Indústria Mineral do Estado de Minas Gerais, s.d. Ferro Gusa. Disponível em <http://www.sindiextra.org.br/arquivos/2012_02_14_00_50_10_Ferro_Gusa.pdf>. Acesso em 21 de outubro de 2016.

25. United Nations Treaty Collections. Chapter XXVII. Environment, 7.d. Paris Agreement. Disponível em https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en. Acesso em 20 de outubro de 2016.
26. YAMIN, F.; DEPLEGE, J. The International Climate Change Regime: A Guide to Rules, Institutions and Procedures. United States of America: Cambridge University Press, 2004, 731 p.