

3ª ATUALIZAÇÃO DO INVENTÁRIO DE GEE

4º Inventário Municipal de Emissões de GEE **RELATÓRIO TÉCNICO DE ATUALIZAÇÃO E EXTRAÇÃO DOS DADOS** **PERÍODO: 2009-2019**



Belo Horizonte, Setembro de 2020.

ELABORAÇÃO

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

Alexandre Kalil

Prefeito

Mário de Lacerda Werneck Neto

Secretário Municipal de Meio Ambiente

Coordenador do Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Ecoeficiência

Coordenação Geral	Mário de Lacerda Werneck Neto
Coordenação Adjunta	Reginaldo Junqueira Mendonça
Coordenação Executiva Secretaria Executiva do Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Ecoeficiência	Sônia Mara Knauer
	Dany Silvio Amaral
Equipe Técnica	
PBH - Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMMA	Ana Paula Barbosa Vitor Oliveira Marques
	Dany Silvio Amaral
	Fernando Barbosa Moreira
	Sônia Mara Knauer
Elaboração Texto e Gráficos	
PBH - Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMMA	Ana Paula Barbosa Vitor Oliveira Marques
	Fernando Barbosa Moreira

Consultoria Técnica

WayCarbon Soluções Ambientais e Projetos de Carbono Ltda

R. Paraíba, 1.000 - 7º andar - Belo Horizonte / MG - CEP: 30130-141

Tel.: +55 (31) 3656-0501 - waycarbon.com

Coordenação	Renata Pimenta
Equipe Técnica	Breno Rates de Azevedo
	Renata Pimenta

SUMÁRIO

ELABORAÇÃO	2
SUMÁRIO	3
LISTA DE SIGLAS.....	4
APRESENTAÇÃO.....	5
1 - INTRODUÇÃO.....	7
2 - METODOLOGIA	10
3 EMISSÕES DE GEE POR SETOR	17
3.1 FONTES ESTACIONÁRIAS DE ENERGIA	17
3.2 TRANSPORTE	22
3.3 SETOR RESÍDUOS	27
4 EMISSÕES TOTAIS	34
5 PERFIL COMUNITÁRIO DE GEE	37
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40

LISTA DE SIGLAS

AFOLU	<i>Agriculture, Forests and Other Land Use</i> (Emissões de GEE de Agricultura, Florestas e Outros no Uso do Solo)
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
CTRS	Central de Tratamento de Resíduos Sólidos
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
FNMC	Fundo Nacional de Mudanças Climáticas
FOD	<i>First order of decay</i> (decaimento de primeira ordem)
GEE	Gases de Efeito Estufa
GPC	<i>Global Protocol for Community-Scale GHG Emissions</i> (Protocolo Global para Emissões de GEE de Comunidades)
GWP	<i>Global Warming Potential</i> (Potencial de Aquecimento Global)
IPCC	<i>International Panel on Climate Change</i> (Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima)
IPPU	<i>Industrial Processes and Product Use</i> (Emissões de GEE de Processos Industriais e Uso de Produtos)
MC	<i>Methane commitment</i> (Comprometimento de Metano)
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PIB	Produto Interno Bruto
PNMC	Política Nacional de Mudanças Climáticas
PREGEE	Plano de Redução das Emissões de Gases de Efeito Estufa
SIN	Sistema Interconectado Nacional
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> (Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas)

APRESENTAÇÃO

A Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SMMA, apresenta os resultados do seu 4º Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), referente aos anos de 2014 a 2019, bem como traz as atualizações a partir de 2009, com o objetivo de estabelecer o perfil de emissões da cidade em uma projeção temporal na mesma base metodológica atualmente adotada. O presente relatório apresenta um histórico dos inventários no município, a descrição da metodologia e a apresentação dos principais resultados.

O inventário de emissões de GEE é pré-requisito para o estabelecimento de propostas de mitigação, constituindo a base da Política Municipal de Mudanças Climáticas.

Belo Horizonte está localizada na Região Sudeste do Brasil, no Estado de Minas Gerais, com clima tropical de altitude, caracterizado por verão com chuvas e temperaturas elevadas e inverno com baixas temperaturas e pouca precipitação, tem altitude média de 900 metros acima do nível do mar e latitude e longitude de 19,81°S e 43,95°O, respectivamente.



Figura 1 – Foto ilustrativa da região centro-sul de Belo Horizonte tendo ao fundo Serra do Curral, Patrimônio do Município.

O Município foi fundado em 1897 para ser a capital do Estado de Minas Gerais e a Região Metropolitana (RMBH) é formada por 34 municípios que ocupam uma área de 14.979,1 km², com população estimada em 2019 de 5.961.895 habitantes, sendo a terceira maior aglomeração populacional brasileira. Em Belo Horizonte a população estimada em 2019 era de 2.501.576 habitantes distribuída em um território de 331 km², sendo o sexto município mais populoso do país e o mais populoso e adensado do Estado de Minas Gerais. O território municipal está dividido em 9 (nove) unidades administrativas regionais, conforme apresentado na Figura 2.

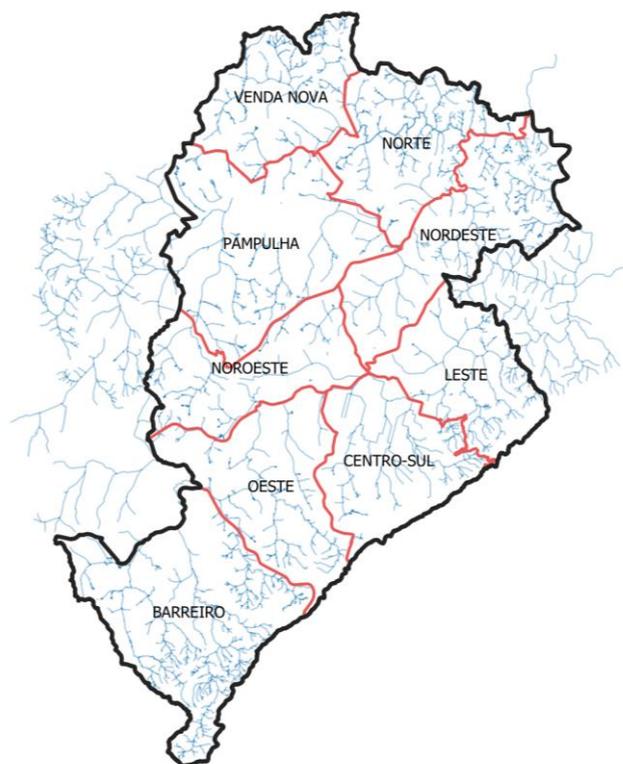


Figura 2 – Regionais e cursos d'água do município de Belo Horizonte.

O PIB¹ do Município em 2017, atualizado para 2019 foi de R\$ 95,69 bilhões² o que representa cerca de 15,5% do PIB do Estado. Trata-se do quarto município brasileiro em participação no indicador do PIB nacional e se caracteriza pela predominância do setor terciário na economia, sendo que mais de 80% da economia do município se concentra nos serviços, com destaque para as atividades de comércio, serviços financeiros e imobiliários e administração pública. As atividades industriais são diversificadas no município e, apesar de comparativamente menores que a prestação de serviços e comércio, ainda representam uma contribuição significativa.

¹ A divulgação do PIB anual oficial ocorre com defasagem de dois anos. Este período é necessário para a contabilização das bases de dados mais completas e abrangentes (bases estruturais), oriundas das diversas pesquisas anuais realizadas pelo IBGE e possibilita a revisão de estimativas publicadas anteriormente. Por este motivo, neste inventário o valor mais atualizado utilizado é relativa ao ano de 2017.

² O valor do PIB de 2017 em preço corrente foi de R\$ 88,95 bilhões, cujo valor corrigido para 2019 totaliza R\$95,69 bilhões. Fontes: IBGE (PIB preços correntes); BACEN (PIB Nacional preços do último ano e deflator implícito, disponível em <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/>>, acesso em 27 de agosto de 2020); SMPOG (estimativa dos valores de preços presentes considerando a aplicação no PIB nacional a valores presentes da participação de BH no PIB nacional em valores correntes).

1 - INTRODUÇÃO

A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) oficializa o compromisso voluntário do Brasil, junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, de redução de emissões de gases de efeito estufa, conforme as metas estabelecidas no Acordo Climático de Paris de 2015. Essa Política foi instituída em 2009, pela Lei nº 12.187, buscando garantir que o desenvolvimento econômico e social contribuam para a proteção do sistema climático global.

Os municípios possuem um papel fundamental na implantação de políticas públicas de mitigação e adaptação em relação às mudanças climáticas, uma vez que muitas maneiras de reduzir as emissões de GEE e os seus efeitos sob o aquecimento global estão em sua competência de atuação e planejamento. Evitar supressões arbóreas, investir no reflorestamento, na arborização urbana e na conservação de áreas naturais, incentivar o uso de energias renováveis, reduzir o consumo de energia, primar pela eficiência energética, praticar e fomentar a política dos 3R's (reduzir, reaproveitar e reciclar materiais), empregar tecnologias de baixo carbono, melhorar o transporte público com baixa emissão de GEE, são algumas das muitas possibilidades.

Entendendo a responsabilidade local nas emissões de GEE para enfrentar as emergências climáticas, em absoluto evidenciamento, o Município de Belo Horizonte estabeleceu uma Política Municipal Climática, com ações em desenvolvimento desde 2009, tendo entre seus pilares:

- A **Lei Municipal 10.175**, de maio de 2011, que Institui a Política Municipal de Mitigação dos Efeitos da Mudança Climática, e se encontra em processo de revisão para aprimoramento.
- O **Comitê Municipal de Mudanças Climáticas e Ecoeficiência – CMMCE**, órgão colegiado com múltiplas representações setoriais e organizacionais nas quais atuam diversas secretarias e órgãos municipais, estaduais, representantes da sociedade civil organizada e de setores produtivos, que visa a assegurar o engajamento necessário para desenvolvimento e aplicação da política e seus instrumentos.
- O **Inventário de Gases de Efeito Estufa**, um dos instrumentos da Política que possibilita a autoavaliação do governo local quanto às emissões e o entendimento da abrangência de seu impacto no meio ambiente. A partir do Inventário é possível conhecer as emissões setoriais e propor ações para atingir as metas pactuadas. Belo Horizonte editou seu primeiro inventário em 2009, referente às emissões avaliadas entre 2000 e 2007. Em 2012 editou a segunda atualização referente aos anos de 2008, 2009 e 2010. A terceira atualização editada em 2015 inventariou as emissões dos anos de 2010, 2011, 2012 e 2013. Agora em 2020, em sua quarta edição são apresentados os dados relativos ao período de 2014 a 2019, bem como a atualização na mesma base metodológica dos anos de 2009 a 2013.

- **O Plano de Redução de Gases de Efeito Estufa – PREGEE**, onde são elencadas ações mitigadoras nos diversos setores correlacionados com as emissões de GEE por ação antrópica, com vistas ao alcance de meta de redução dessas emissões. O município elaborou o primeiro PREGEE em 2012-2014 e atualmente está em desenvolvimento a sua segunda edição revisada - PREGEE 2020.

Belo Horizonte tem uma relevante série histórica inventariada de emissões de gases de efeito estufa. A primeira edição de 2009 (período de 2000 a 2007) foi realizada pela empresa Munduscarbo Soluções Ambientais e Projetos de Carbono. O inventário observou os preceitos e abordagens propostos pelo *“IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”*, além das orientações do ICLEI, os padrões do GHG Protocol e da norma internacional ISO 14064:2006 Parte 1 (ainda que estes dois últimos padrões tenham sido desenvolvidos para aplicação em inventários corporativos, algumas premissas relacionadas a organização da estrutura do relatório e apresentação de resultados foram incorporados a este documento). O amparo metodológico e a padronização internacional asseguraram ao inventário transparência e permitiram a comparação deste com outros produzidos no Brasil e no exterior. Neste relatório foram apresentadas emissões em toneladas de CO₂Eq desagregadas em identificações de escopos setoriais: energia, mudança do uso do solo e resíduos (resíduos sólidos e efluentes líquidos). Este relatório permitiu identificar as emissões preponderantes por meio das análises comparativas entre Energia - fonte móvel, Energia - fonte estacionária, Energia – eletricidade, Energia – fonte fugitiva, Tratamento de Efluentes Líquidos e Resíduos Sólidos Urbanos. Foram analisadas também as emissões relativas à mudança do uso do solo, cujos resultados demonstraram-se irrelevantes, fato que culminou na exclusão deste parâmetro nas edições seguintes.

A segunda edição, que constituiu primeira atualização, em 2012, foi também realizada por intermédio de consultoria contratada por licitação, vencida pela empresa WayCarbon, que desenvolveu os trabalhos, considerando o período de 2008 a 2011. Para a atualização, adotou-se uma metodologia diferente daquela adotada na consecução da edição de 2009, tendo em vista os avanços metodológicos do período, que culminaram com a afirmação das diretrizes do IPCC para inventários nacionais (2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories) na forma do Global Protocol for Community - Scale GHG Emissions (GPC 2012). O documento identificou que embora houvesse uma pequena perda de comparabilidade com o Inventário anterior, essa metodologia se mostrava mais adequada e melhor adaptada para a dinâmica urbana municipal, melhor representando os setores e subsetores responsáveis pelas emissões de GEE.

Na terceira edição do Inventário de Gases de Efeito Estufa de Belo Horizonte (2015), compreendendo o período de 2011 a 2013, foi mantido o mesmo referencial metodológico da edição anterior, compondo-se uma série de seis anos de unidade metodológica, permitindo as análises comparativas neste período. Os cálculos de emissões foram realizados com base na metodologia adotada pela consultoria WayCarbon e na utilização de planilhas pré-configuradas para esta atualização. A partir desse ponto, a SMMA/PBH procedeu à entrada de dados e tabulação dos resultados obtidos em forma de gráficos e tabelas, de maneira a subsidiar o relatório analítico. As análises preliminares desenvolvidas pela equipe técnica foram

disponibilizadas em forma de minuta para considerações dos membros do CMMCE. A minuta foi então revista e compilada em sua versão final.

A atual análise, que constitui a 4ª Edição (2020) e 3ª Atualização, refere-se à estimativa de emissões de GEE dos anos de 2009 a 2019, na mesma base metodológica. Para elaboração do inventário foi contratada, por licitação, a WayCarbon, que disponibilizou a Plataforma CLIMAS, atendendo a todas as premissas normativas e inovações tecnológicas, sendo a responsável pelas modelagens de emissões, conforme parametrização das principais fontes emissoras de Belo Horizonte. Ficaram a cargo da equipe da SMMA, o levantamento de dados, a alimentação do software, a análise das progressões e a elaboração do relatório final, cabendo a WayCarbon o assessoramento da SMMA em todas as etapas. A participação do CMMCE foi fundamental para facilitar a coleta de informações e possibilitar a análise dos resultados.

Importante esclarecer que ao longo destes 11 anos de avaliação com monitoramento de uma sequência de dados de 19 anos (de 2000 a 2019), avançou-se muito no desenvolvimento metodológico de valoração das emissões de GEE. Em cada edição do inventário foram estabelecidos os marcos, em consonância com os protocolos estabelecidos, e regulados e realizados os ajustes nas atualizações. Os atores setoriais envolvidos foram se capacitando para disponibilização de dados, conforme base dimensional, o que permitiu, em 2009, agregar mais uma variável relevante do setor de resíduos sólidos e, sendo assim, no presente trabalho, considerou-se que a atualização dos anos anteriores, se daria a partir do referido ano, viabilizando uma série comparativa de dados.

2 - METODOLOGIA

O Inventário de Emissões Diretas e Indiretas de Gases de Efeito Estufa de Belo Horizonte tem como objetivo realizar o levantamento das fontes e reportar as emissões e remoções dos GEE resultantes das atividades antrópicas. Esta 4ª edição do Inventário atualiza os dados básicos para o cálculo das emissões de GEE no período entre 2014 e 2019 e revisa as emissões a partir de 2009 na mesma fundamentação metodológica.

As etapas para elaboração do presente inventário consistiram em:

- Realização da Licitação de software, com recursos provenientes de compensação ambiental, visando à gestão das emissões de GEE e a elaboração da atualização do inventário de emissões de GEE do município;
- Aquisição da Plataforma Climas, disponibilizada pela empresa WayCarbon, para cálculo de emissões de GEE por setor e escopo, conforme definido pela PBH;
- Encaminhamento de ofícios para os órgãos responsáveis pelas atividades vinculadas às fontes de emissão de GEE, conforme parametrização da Plataforma Climas, solicitando os dados necessários para alimentar o sistema. Os dados de Belo Horizonte foram obtidos junto aos seguintes órgãos: COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais – informações à respeito dos esgotos sanitários; CEMIG – Companhia energética de Minas Gerais – informações sobre comercialização de energia elétrica; SLU – Superintendência de Limpeza Urbana – informações sobre os resíduos sólidos gerados no município; ASJA - grupo internacional responsável pelas usinas localizadas nos aterros sanitários; GASMIG – Companhia de Gás de Minas Gerais, disponibiliza os dados referentes ao uso de gás natural; e ANP – Agência Nacional de Petróleo, que fornece os números relativos à venda de combustível;
- Identificação e mobilização dos atores para compor o CMMCE, responsável pela construção de critérios e validação das etapas. Buscou-se maior engajamento setorial e diversidade dos órgãos (instituições públicas e privadas, academia, empresas do setores e sociedade civil organizada);
- Inserção de dados na Plataforma Climas, pela SMMA;
- Obtenção das estimativas de emissões;
- Análise dos dados;
- Elaboração do relatório – 4º Edição do Inventário de Emissões de GEE.

O CMMCE participou ativamente da elaboração deste inventário, principalmente na discussão e validação de princípios, critérios e na análises de resultados. Afere-se que, por meio do Comitê, essa Política apresenta maior capilaridade nas políticas setoriais e na sociedade civil, bem como possibilita a apropriação de conhecimentos específicos setoriais, fundamentais para garantir a confiabilidade das bases de dados e análise coerente dos resultados.

A **Plataforma Climas**, software desenvolvido pela Way Carbon e utilizada neste inventário, tem como orientação geral o *Global Protocol for Community - Scale GHG Emissions* (GPC 2014),

documento que compila as diretrizes gerais para confecção de inventários municipais de emissões de GEE. O GPC 2014 compartilha da terminologia de diversos programas internacionais de reporte de emissões, entre eles o *C40 Cities Climate Leadership Group*, o *International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol* (IEAP-ICLEI) e o *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard*².

O GPC é uma metodologia robusta e clara, que permite agregação e confiabilidade de dados (GHG Protocol, 2014), além de possibilitar comparações entre inventários de emissões de diferentes governos locais, pré-estabelecendo requisitos e provendo orientações para os cálculos e reportes dos resultados obtidos.

Para assegurar a confiabilidade do inventário, a metodologia GPC 2014 estabelece cinco princípios que foram aplicados em sua integralidade no desenvolvimento deste estudo, quais sejam:

1. **Relevância:** O inventário de GEE deve refletir apropriadamente as emissões de GEE do governo municipal e deve ser organizado para refletir as áreas sob as quais esse governo exerce controle e tem responsabilidade.
2. **Abrangência:** Todos os gases de efeito estufa e as atividades que causam emissões dentro das fronteiras escolhidas para o inventário devem ser contabilizadas. Qualquer exclusão deve ser justificada.
3. **Consistência:** Metodologias consistentes devem ser usadas para identificar as fronteiras, coletar e analisar os dados e quantificar as emissões.
4. **Transparência:** Todas as questões relevantes devem ser consideradas e documentadas de maneira objetiva e coerente para fornecer um histórico para futuras revisões e replicações. Todas as fontes de dados e hipóteses assumidas devem ser disponibilizadas junto com descrições específicas de metodologias e fonte de dados usados.
5. **Exatidão:** a quantificação das emissões de GEE não deve ser sistematicamente sub ou super estimadas.

A **Metodologia GPC** identifica as emissões de GEE por setores e subsetores, extratificados conforme itenização a seguir. Os setores e subsetores em grifo são os considerados nas emissões inventariadas em Belo Horizonte.

1. **Setor de Unidades Estacionárias**
 - 1.1. **Residencial**
 - 1.2. **Comercial e institucional**
 - 1.3. **Indústria de manufatura e construção**
 - 1.4. Indústrias de energia.
 - 1.5. Agricultura, silvicultura e pesca
 - 1.6. Fontes não especificadas
2. **Transporte**
 - 2.1. **Transporte terrestre**
 - 2.2. Ferroviário
 - 2.3. Hidroviário
 - 2.4. **Aviação**

- 2.5. Transporte Off-road
- 3. **Resíduos**
 - 3.1. **disposição de resíduos sólidos**
 - 3.2. **tratamento biológico de resíduos**
 - 3.3. **Incineração**
 - 3.4. **tratamento/lançamento de efluentes**
- 4. Processos industriais e Uso de Produtos:
 - 4.1. Processos industriais
 - 4.2. Usos de Produtos
- 5. Agricultura, Floresta e Uso da Terra
 - 5.1. Pecuária
 - 5.2. Agricultura
 - 5.3. Emissões de não CO2

As emissões do Setor de Unidades Estacionárias, que estão subsectorizadas em emissões residencial, comercial/institucional e industrial, são essencialmente emissões de GEE relacionadas ao consumo energético em cada perfil.

As emissões do Setor de Unidades Móveis, que estão subsectorizadas em emissões por modal de transporte rodoviário, ferroviário e aéreo, refletem as emissões de GEE da matriz energética dos sistemas de transportes implantados no Município.

As emissões do Setor de Resíduos estão subsectorizadas em emissões por disposição de resíduos em aterro sanitário, tratamento biológico de resíduos, incineração e tratamento/lançamento de efluentes. Não existem usinas de incineração no município, no entanto, várias atividades econômicas geram resíduos dispostos em unidades de incineração fora do limite territorial municipal. São emissões de apuração inviável por serem informações individualizadas de empreendimentos privados ou públicos e que, no âmbito do inventário, se considera irrelevantes. A partir de 2018, iniciou-se a destinação de pneus e madeira para aproveitamento energético e a avaliação das emissões relativas a este tratamento foi locada na Plataforma Climas no subsetor II.3 – incineração.

Algumas exclusões foram feitas e são, na sequência, justificadas. No setor de emissões estacionárias não existem no município indústrias de geração de energia. Os dados encaminhados pela CEMIG identificaram o consumo próprio das unidades localizadas no município como indústria de geração. Nesta edição tais dados foram migrados para o subsetor comercial e institucional, para compatibilização da identificação da atividade na Prefeitura. Cabe esclarecer que em Belo Horizonte existem ações de incentivo de geração de energia solar em empreendimentos, seja pela política implementada pela concessionária de energia elétrica, seja nos licenciamentos de empreendimentos de impacto como medidas mitigadoras, ou motivados por certificações ambientais de sustentabilidade. Estas políticas resultam em várias unidades de geração de energia solar de pequeno porte distribuídas pelo território em empreendimentos

públicos e privados, cujos dados não são de possível identificação para parametrização no inventário. Mas tais unidades refletem na redução de consumo de energia elétrica que é parâmetro regularmente monitorado no Inventário.

Todo o território do município é caracterizado por área urbana, não existindo atividades agrícolas que sejam fontes significativas de correlação quantitativa de emissões de GEE. As políticas de segurança alimentar e de meio ambiente municipais tem em suas agendas o fomento de projetos de agroflorestas e de agricultura urbana, que se encontram implantados e/ou em desenvolvimento, mas que não foram considerados para efeito do inventário, por se tratarem de intervenções irrelevantes quanto às emissões de GEE.

Há malha ferroviária no município, com linhas operadas por distintas empresas e que tem uma abrangência multi-regional, não tendo sido possível até o momento obter informações que assegurassem as premissas de abrangência, exatidão e consistência, para inserir essa fonte no inventário. O metrô de Belo Horizonte constitui-se em uma única linha de abrangência metropolitana que atende os municípios de Belo Horizonte e Contagem, com tráfego médio de 210 mil passageiros por dia, operada pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) em uma extensão de aproximados 28 km. Também neste caso, não foi possível obter, até o presente, informações que pudessem correlacionar as emissões locais relativas a este meio de transporte. Sendo assim, o modal ferroviário foi excluído das séries inventariadas.

Processos Industriais e Uso de Produtos (pela sigla IPPU, em inglês, referente ao volume de mesmo nome do IPCC) foram desconsiderados nesta atualização. Essas emissões decorrem de processos produtivos de setores industriais específicos que podem envolver as atividades de degradação térmica de carbonatos, síntese de fertilizantes nitrogenados ou outras substâncias contendo nitrogênio, síntese de polímeros e/ou fluoroquímicos, síntese de cera parafínica, produção de solventes, produção de circuitos integrados ou semicondutores, produção de sistemas de refrigeração, aerossóis ou gases propelentes. De acordo com o IPCC, algumas emissões desse escopo setorial ocorrem na etapa de síntese (transformação física ou química) de determinados produtos (como por exemplo, na fabricação de cimento, cal, vidro ou cerâmicas, entre outros) enquanto outras ocorrem na etapa de uso ou consumo dos mesmos (como é o caso dos solventes, amônia, óxido nitroso e cera parafínica, entre outros).

Entre as tipologias industriais que se encontram em operação em Belo Horizonte, nenhuma é emissora de GEE na síntese de seu produto final. Algumas delas, no entanto, utilizam como insumos ou matérias primas algumas substâncias que implicam em emissões de GEE durante a etapa de uso ou consumo das mesmas. Em virtude da impossibilidade de acessar as informações de consumo de tais substâncias na esfera privada, optou-se pela exclusão desse grupo de emissões. Vale notar o fato de que o Inventário Estadual de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Minas Gerais (2008, ano base 2005, sem atualização) considerou somente as tipologias industriais que emitem GEE na síntese do produto final, não incluindo as emissões decorrentes do uso ou consumo de produtos. Como forma de superar a dificuldade de acessar informações que se encontram pulverizadas na esfera privada, o IPCC propõe uma abordagem para contabilizar esse

tipo de emissão na fonte produtora de tais substâncias, ainda que as emissões ocorram somente na etapa de uso ou consumo das mesmas.

Outra exclusão feita neste inventário foi quanto ao grupo de emissões de **Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo** (pela sigla **AFOLU**, em inglês, referente ao volume de mesmo nome do IPCC) que compreendem as emissões ou remoções líquidas por alteração dos estoques de carbono contidos em florestas, áreas agrícolas, áreas de pastagens e áreas de edificação urbana. Esse grupo de emissões foi cuidadosamente analisado no inventário 2000 a 2007, por meio de georreferenciamento das classes de uso do solo em Belo Horizonte. Na ocasião, percebeu-se que não há variação significativa nos estoques de carbono do solo na cidade, uma vez que as regiões densamente arborizadas não estão suscetíveis à urbanização (parques e áreas de preservação). Ainda de acordo com o GPC 2014, esse grupo de emissões também pode ser excluído, uma vez que sua aplicação em nível de governo local urbano é complexa e muitas vezes irrelevante.

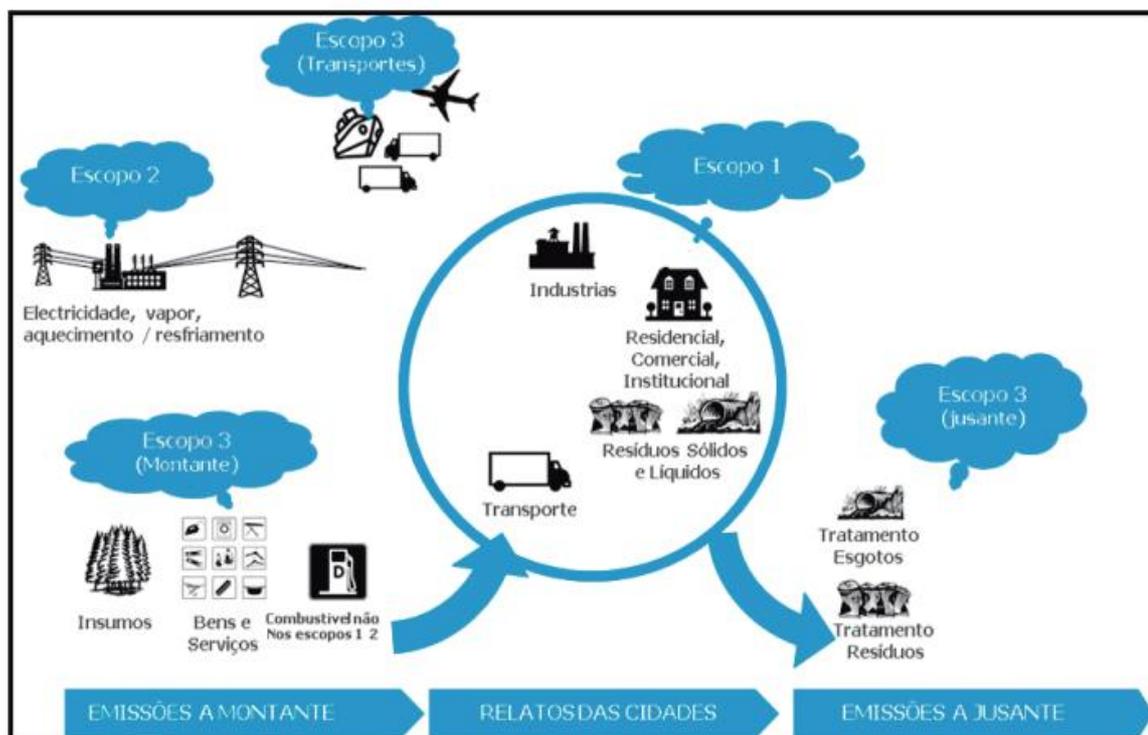
Emissões fugitivas, que seriam as emissões de metano por vazamentos na linha de distribuição de Gás Natural na cidade, também foram desconsideradas. Essas emissões foram estimadas no inventário 2000 a 2007 por meio de fatores de emissão genéricos fornecidos pelo IPCC e se revelaram irrelevantes. Ademais, o cálculo dessas emissões é considerado como opcional aos inventariantes pelo GPC 2014.

Considera-se que as exclusões não comprometem a avaliação final por se tratarem de fontes irrelevantes, ou que apresentam impossibilidade de levantamento das informações, pela própria tipologia e natureza, estando pulverizadas em empreendimentos cujos dados são de difícil acesso. As exclusões determinadas pela natureza da fonte constituem realidade de outros inventariantes pela mesma de dificuldade de acesso ao dado, o que permite a análise comparativa entre os municípios em bases consistentes.

Segundo o padrão GPC 2014, os setores podem ser classificados a partir de fronteiras geopolíticas operacionais, denominadas escopos. Os escopos apresentam as seguintes características e delimitações:

- **Escopo 1:** Emissões de GEE provenientes de fontes localizadas dentro das fronteiras do município.
- **Escopo 2:** Emissões de GEE provenientes do consumo de energia a partir da rede de transmissão e distribuição de energia elétrica dentro das fronteiras do município.
- **Escopo 3:** Todas as outras emissões de GEE que ocorreram fora das fronteiras do município, como resultado dentro das fronteiras do município.

A Figura 3, apresentada a seguir, ilustra o fluxo de emissões por escopo conforme definido no Protocolo GPC.



Fonte: GHG Protocol, 2014

Figura 3 – Setores e Escopos

Para o Setor de Fontes Estacionárias, são avaliadas as emissões de GEE oriundas da queima de combustíveis e consumo de energia elétrica, conforme informados pela ANP, GASMIG e CEMIG.

O setor Fontes Móveis tem suas emissões consideradas pelo critério de alocação de vendas de combustíveis cujos dados são fornecidos pela ANP.

O Setor Resíduos, no que se refere aos resíduos sólidos, tem suas emissões avaliadas conforme modelagem na Plataforma Climas, com os dados de alimentação fornecidos pela SLU – Superintendência de Limpeza Urbana e ASJA (empresa que opera as usinas de aproveitamento energético dos aterros). As emissões dos tratamentos dos efluentes líquidos nas Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs e as oriundas de lançamento de esgotos brutos diretamente nos cursos d'água constituem o subsetor 3.4 e foram avaliadas pela COPASA. A COPASA esclareceu que realiza o inventário de suas emissões nas mesmas bases metodológicas definidas neste inventário, o que possibilitou utilizar os resultados de emissões avaliadas pela empresa totalizadas em tCO₂e, conforme segregação por unidades solicitada pela PBH.

Os setores e subsetores de Belo Horizonte são descritos e caracterizados no item de “Emissões Específicas por Setor” para possibilitar a compreensão das emissões cobertas pelo Inventário Municipal que correspondem aquelas com origem em Belo Horizonte (emissões de Escopo 1), aquelas relativas ao consumo de energia elétrica (Escopo 2) e também aquelas que dão origem fora de suas fronteiras geopolíticas (emissões de Escopo 3).

As emissões de Escopo 3 incluídas no inventário de Belo Horizonte, são alocadas nos seguintes municípios:

- **Município de Lagoa Santa** – é o local onde são registradas as vendas de gasolina de aviação e querosene de aviação para atendimento ao Aeroporto Internacional Tancredo Neves (ou Aeroporto de Confins), principal aeroporto para o público de Belo Horizonte.
- **Município de Sabará** - é o local onde está instalada a Central de Tratamento de Resíduos – CTRS Macaúbas, que dispõe do aterro sanitário que recebe a maior parte dos resíduos sólidos urbanos gerados e coletados em Belo Horizonte.
- **Município de Sabará confrontante a Belo Horizonte:** é o local onde está implantada a Estação de Tratamento de Esgotos do Arrudas, que recebe e trata grande parte do esgoto sanitário gerado no município.

Nesta atualização do Inventário foram contabilizadas emissões referentes aos gases dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). Emissões de hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF₆), investigadas de acordo com as diretrizes do IPCC, não foram identificadas no Município para as fontes inventariadas. As emissões foram contabilizadas em toneladas do GEE específico e convertidas em toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) de acordo com os potenciais de aquecimento global (GWP). Os valores de GWP³ variaram do período de 2009 a 2012 para o período de 2013 a 2020, conforme **Quadro 1**.

Quadro 1: GWP dos gases de efeito estufa

Gás	Potencial de Aquecimento Global (GWP)	
	Ano – 2009 a 2012	Ano – 2013 a 2020
CO ₂	1	1
CH ₄	21	25
N ₂ O	310	298
CO ₂ renovável	1	1

Aplicando os dados dos inventários anteriores (2009 a 2013) à Plataforma Climats (atual ferramenta) identificou-se uma variação dos valores de emissão de GEE em relação aos anteriormente calculados.

As diferenças de resultados de emissões de GEE de algumas fontes decorreram do aprimoramentos dos cálculos e/ou utilização de fatores “locais” ao invés de uso de fatores genéricos do IPCC, o que torna os atuais resultados base mais fidedigna. Outro aspecto mais relevante consiste na diferença de modelagem para contabilização das emissões dos aterros sanitários. As emissões dos aterros sanitários eram contabilizadas por meio do método de decaimento de primeira ordem – First order of decay (FOD) e no presente inventário adotou-se o comprometimento do metano – Methane commitment (MC). O GPC define como possíveis as

³ Potencial de Aquecimento Global (GWP): medida de como uma determinada quantidade de GEE contribui ao aquecimento global, comparando o gás em questão com a mesma quantidade de CO₂ (cujo potencial é definido como 1). Esse fator considera a habilidade de absorção de calor e a quantidade de gás removida da atmosfera num certo número de anos.

duas abordagens para o setor esíduos, tendo sido a de Comprometimento de Metano a adotada pela Plataforma Climáticas.

3 EMISSÕES DE GEE POR SETOR

3.1 FONTES ESTACIONÁRIAS DE ENERGIA

Neste setor estão incluídas emissões antrópicas devido à produção, transformação, distribuição e consumo de diferentes formas de energia. A categorização das emissões por escopo ocorre pelo seguinte processo de alocação:

- Escopo 1: inclui emissões de queima de combustíveis em residências, em atividades de prestação de serviços, comércio e indústrias.
- Escopo 2: inclui emissões do consumo de energia elétrica do sistema local, regional ou nacional de abastecimento. No Brasil, a geração e distribuição de energia está conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN). As emissões de escopo 2 são relacionadas a todo consumo de energia elétrica observado dentro das fronteiras do inventário, independente do local de produção de energia.

O **Quadro 2** sintetiza os subsetores correlacionando-os com os escopos e precursores conforme identificados em Belo Horizonte para Fontes Estacionárias de Energia.

Quadro 2 – Subsetor, Escopos e Precursores do Setor Fontes Estacionárias de Energia

Setor	Subsetor	Escopo	Precursor
I. Fontes estacionárias de energia	I.1 Residencial	Escopo 1	Gás liquefeito de petróleo (GLP)
			Gás natural
		Escopo 2	Eletricidade / Brasil
	I.2 Comercial e institucional	Escopo 1	Diesel / Brasil
			Gás liquefeito de petróleo (GLP)
			Gás natural
			Óleo combustível
		Escopo 2	Eletricidade / Brasil
	I.3 Industrial	Escopo 1	Diesel / Brasil
			Gás liquefeito de petróleo (GLP)
			Gás natural
			Óleo combustível
Escopo 2		Eletricidade / Brasil	

A **Tabela 1** e o **Gráfico 1** – Evolução das emissões de GEE no Setor de Fontes Estacionárias por precursores – demonstram um crescimento acelerado nas emissões de 2011 a 2014, ano em que chegam ao ápice os registros inventariados, totalizando 977.733 tCO_{2e}. As variações de emissões neste setor apresentam acréscimos significativos de emissões do período de 2009 a 2014, declínio acentuado entre 2014 e 2016 e certa estabilização entre 2016 e 2019. Há de se pontuar que o

município de Belo Horizonte foi um dos municípios sede da Copa do Mundo em 2014. Para possibilitar a adequação local ao evento foram demandados inúmeros investimentos dos setores públicos e privados em diversos eixos temáticos e políticas públicas específicas, com vistas à melhoria da infraestrutura local. Esta agenda impulsionou a atividade econômica nos anos que antecederam o evento e esteve compatível com a evolução do PIB apresentada no item Emissões Comunitárias. Entre 2011 e 2014 as emissões subiram aproximados 83 % (variando de 535.226 tCO₂e para 977.773 tCO₂e).

Entre 2014 e 2016 registra-se redução das emissões de GEE em aproximados 32%, com reduções mais significativas oriundas do consumo de energia elétrica e gás natural em números absolutos. As emissões relativas aos anos de 2017, 2018 e 2019 mantiveram-se com pequenas variações em patamares similares às emissões do ano de 2016.

Tabela 1 – Emissões Setor I – Fontes Estacionárias de Energia desagregadas por precursor

PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Diesel / Brasil	24.554	31.736	32.682	45.731	48.232	23.256	11.053	9.772	13.618	18.594	14.327
Eletricidade	94.740	206.499	123.844	282.165	427.474	614.716	542.482	353.517	396.864	313.508	314.406
GLP	249.328	247.361	244.416	231.058	215.494	210.230	222.625	230.829	222.927	217.157	226.977
GN	124.748	140.309	130.787	120.893	102.248	126.534	90.393	63.607	74.216	98.317	112.732
Óleo Combust.I	4.769	4.778	3.498	3.052	4.525	2.998	1.729	1.769	896	2.317	1.999
TOTAL	498.139	630.683	535.226	682.898	797.972	977.733	868.281	659.494	708.520	649.892	670.440

EMISSIONES SETOR - FONTES ESTACIONARIAS DE ENERGIA
Emissões por precursor (tCO₂e)

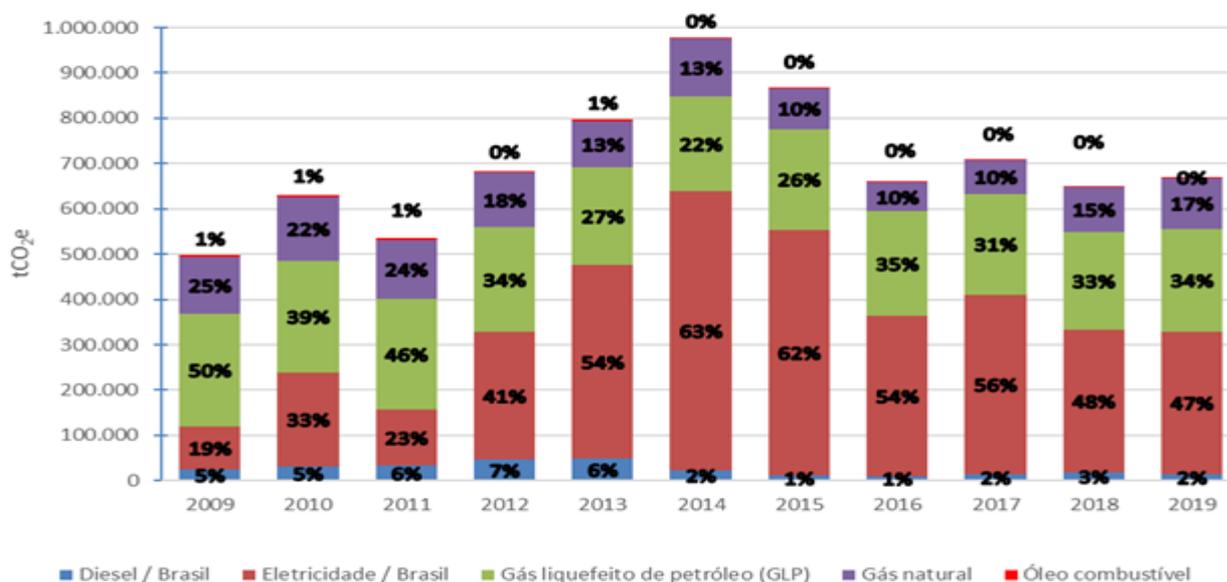


Gráfico 1 – Emissões de GEE de BH – Fontes Estacionárias de Energia por Precursores

A Tabela 2 e o Gráfico 2 apresentam a evolução das emissões de GEE fontes estacionárias desagregadas por subsetor. As emissões do subsetor residencial correspondem às de maior proporção de contribuição de gases de GEE ao longo dos 11 anos inventariados das fontes estacionárias de energia (variação de 39% a 49% das Emissões de Fontes Estacionárias). A partir do ano de 2013 constata-se que a atividade comercial e institucional passou a emitir mais GEE do que o setor industrial, gerando uma marcada inflexão de tendência, coerente com o papel da prestação de serviço e comércio atualmente, que representa a maior parcela da atividade econômica do município.

Tabela 2 – Emissões Fontes Estacionárias desagregadas Subsetor em tCO₂e

SETOR	SUBSETOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
I. Fontes estacionárias de energia	I.1 residencial	243.084	287.908	248.957	295.324	324.801	376.687	366.899	311.013	328.476	305.080	314.127
	I.2 Comercial e institucional	91.571	135.089	102.349	180.483	257.562	362.338	328.657	230.558	244.272	201.066	206.095
	I.3 Industrial	163.484	207.686	183.920	207.091	215.609	238.708	172.725	117.923	135.773	143.746	150.218
	TOTAL	498.139	630.683	535.226	682.898	797.972	977.733	868.281	659.494	708.520	649.892	670.440

EMISSÕES SETOR - FONTES ESTACIONÁRIAS DE ENERGIA
Emissões por Subsetor (tCO₂e)

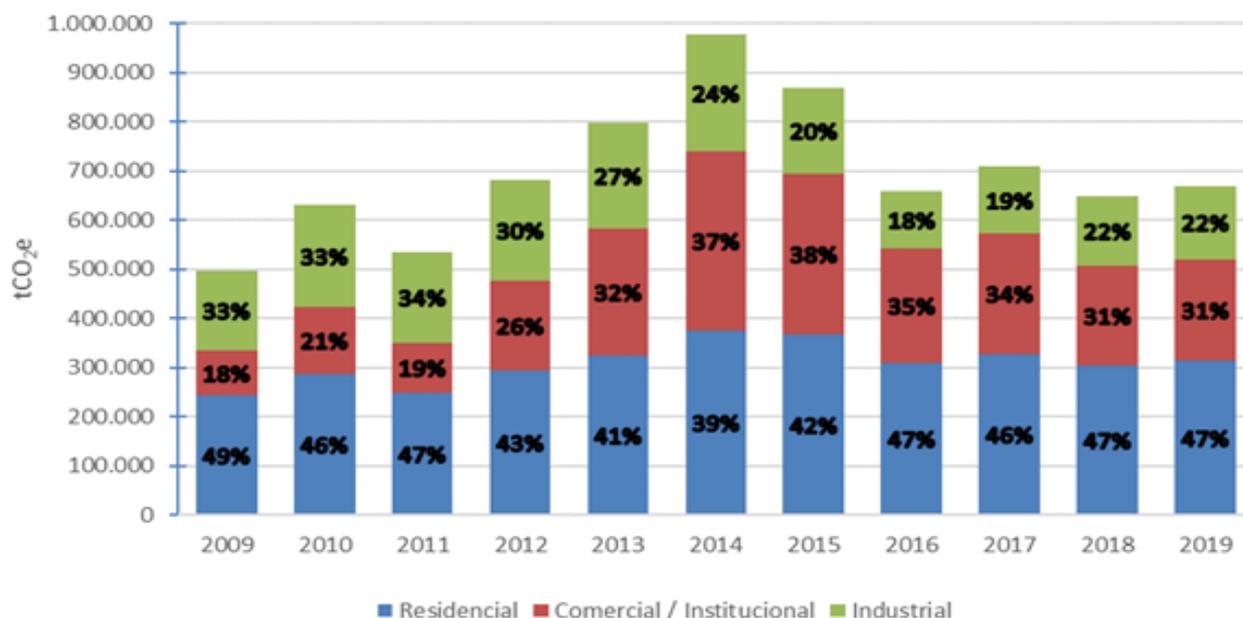


Gráfico 2 – Emissões de GEE– Fontes Estacionárias de Energia desagregada por Subsetor

Para possibilitar maiores detalhes da dinâmica das emissões relativas às fontes estacionárias, apresentam-se emissões de GEE dos subsectores desagregados por precursores. Por meio deles é possível identificar a tendência de substituição de fontes energéticas.

A **Tabela 3** e o **Gráfico 3** apresentam as emissões do subsector Residencial, desagregadas por precursores. Observam-se distintas evoluções das emissões a partir da geração de energia elétrica comparada com as emissões derivadas do consumo de GLP. Denota-se crescimento de emissões originadas do consumo de energia elétrica em elevado gradiente entre 2011 e 2014, acompanhada pelo decréscimo de emissão decorrente de GLP, demonstrando a substituição de fontes energéticas neste período. A partir de 2013 registra-se que as emissões decorrentes do consumo de Gás Natural apresentam um crescimento exponencial, todavia representam apenas 3% do total de emissões deste subsector no ano de 2019.

Tabela 3 – Emissões Subsetor Residencial desagregadas Precursores em tCO₂e

SUBSETOR	Precursor	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
I.1 Residencial	Eletricidade / Brasil	35.193	75.795	43.357	97.977	150.220	222.210	197.594	131.230	147.932	119.882	123.316
	GLP	207.891	212.113	205.600	197.347	174.428	154.150	168.780	178.195	174.903	176.247	180.243
	Gás natural					153	327	525	1.588	5.641	8.951	10.568
	TOTAL	243.084	287.908	248.957	295.324	324.801	376.687	366.899	311.013	328.476	305.080	314.127

EMISSÕES SETOR - FONTES ESTACIONÁRIAS DE ENERGIA
SUBSETOR - I.1 Residencial
 Emissões por precursor (tCO₂e)

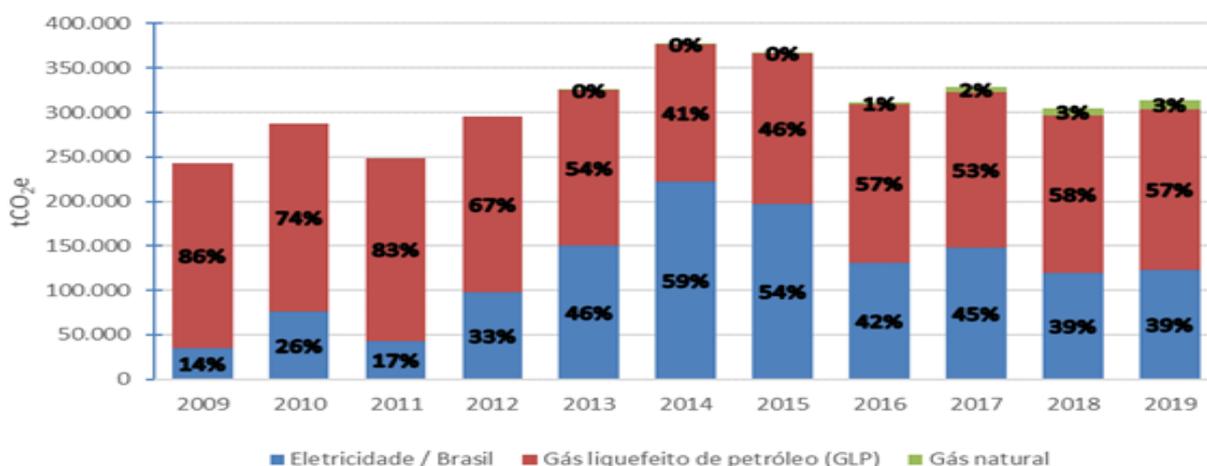


Gráfico 3 – Emissões de GEE–Subsetor Residencial desagregada por precursor

A Tabela 4 e o Gráfico 4 apresentam as emissões do Subsetor Residencial/Comercial desagregadas por precursores. Para representação gráfica agregou-se o gás natural e o óleo combustível em uma identificação “outros” visto que juntos representam baixas emissões comparado com energia elétrica, GLP e Diesel.

Tabela 4 – Emissões Subsetor Comercial / Institucional desagregadas Precursor em tCO₂e

SUBSETOR	PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
I.2 Comercial / Institucional	Diesel / Brasil	6.020	6.615	7.354	7.742	4.782	3.119	2.229	2.229	1.844	3.442	6.671
	Eletric. / Brasil	44.147	95.952	60.288	141.298	214.697	307.939	278.130	178.694	196.068	153.284	155.866
	GLP	36.565	27.891	30.529	28.180	34.875	46.495	44.547	45.139	41.055	40.084	39.761
	Gás natural	2.029	2.212	2.229	1.931	1.681	2.995	2.021	2.727	4.486	2.454	2.399
	Óleo comb.	2.810	2.420	1.950	1.332	1.527	1.789	1.729	1.769	817	1.803	1.398
	Total		91.571	135.089	102.349	180.483	257.562	362.338	328.657	230.558	244.272	201.066

EMISSÕES SETOR - FONTES ESTACIONÁRIAS DE ENERGIA
SUBSETOR - I.2 Comercial / Institucional
 Emissões por precursores (tCO₂e)

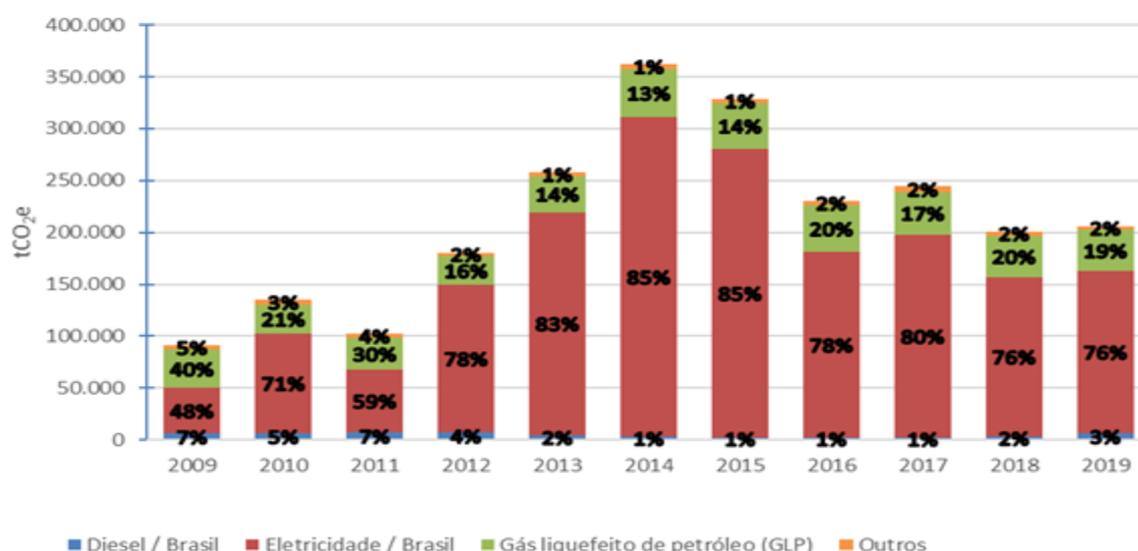


Gráfico 4 – Emissões de GEE–Subsetor Comercial/Institucional desagregada por precursor

De 2009 a 2014, observa-se um crescimento elevado de emissões, decorrente do acentuado consumo de energia elétrica no subsetor, variando de 44.147 tCO₂e para 307,939 tCO₂e (597%), demonstrando aceleração de atividade do terceiro setor consumidora de energia elétrica. No mesmo período o consumo de GLP elevou-se com pequenas variações.

A **Tabela 5** e o **Gráfico 5** apresentam as emissões do Subsetor Industrial desagregadas por precursores. Ao longo dos 11 anos apresentados neste inventário as emissões de GEE derivadas do Gás Natural representam a maior fonte emissora neste subsetor.

Tabela 5 – Emissões Subsetor Industrial Desagregadas Precursores em tCO₂e

SUBSETOR	PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2008
I.3 Industrial	Diesel / Brasil	18.534	25.121	25.328	37.989	43.450	20.137	8.824	7.542	11.773	15.152	7.656
	Eletricidade/ BR	15.400	34.752	20.199	42.890	62.556	84.566	66.757	43.593	52.863	40.342	35.224
	GLP	4.872	7.357	8.287	5.531	6.191	9.585	9.298	7.496	6.969	826	6.972
	Gás natural	122.719	138.098	128.558	118.962	100.414	123.212	87.847	59.292	64.089	86.912	99.765
	Óleo comb.	1.959	2.358	1.547	1.720	2.998	1.209	0	0	78	514	601
	Totais	163.484	207.686	183.920	207.091	215.609	238.708	172.725	117.923	135.773	143.746	150.218

EMISSÕES SETOR - FONTES ESTACIONÁRIAS DE ENERGIA
SUBSETOR - I.3 Industrial
 Emissões por precursores (tCO₂e)

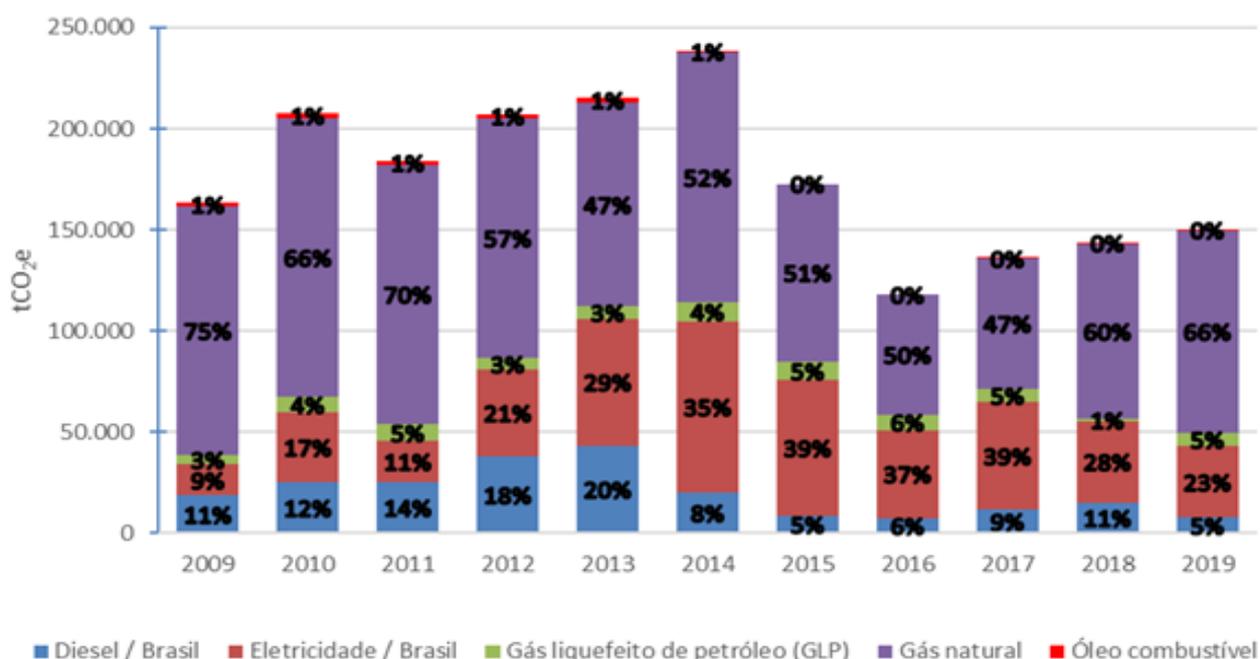


Gráfico 5 – Emissões de GEE-Subsetor Industrial desagregada por precursor

3.2 TRANSPORTE

Belo Horizonte tem contribuição dos seguintes modais de transporte: rodoviário, ferroviário, e aviação. Conforme explicado previamente, a avaliação das emissões de GEE do modal ferroviário não foi realizada por indisponibilidade de fornecimento dos dados necessários pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos – CBTU, que opera o metrô do município. Sendo assim, as emissões consideradas no presente inventário referem-se à queima de combustíveis do transporte rodoviário e aéreo, avaliadas por meio do consumo de combustíveis conforme locação geográfica definidas por escopo.

As emissões do Subsetor Terrestre (modal rodoviário) correspondem àquelas com origem em Belo Horizonte (escopo 1) e também algumas que ocorrem fora de suas fronteiras geopolíticas (Escopo 3). Para contabilização das emissões, considerou-se a alocação de vendas de combustível dentro do município de Belo Horizonte. Segundo este critério não é possível estabelecer aquelas emissões que vêm de comercialização de combustível em outros municípios e cuja combustão se dá em Belo Horizonte o que comporia um Escopo 3. Sendo assim, a emissão do modal rodoviário é totalmente atribuída ao Escopo 1. As informações não apresentavam o grau de desagregação suficiente para identificar todos os Municípios que forneceram combustíveis para Belo Horizonte, dada a própria dinâmica inerente à fonte móvel e a característica metropolitana de interconectividade de malha viária na Região Metropolitana de Belo Horizonte. No entanto, tal critério possibilita base comparativa entre diversos municípios e tem um fundamento de razoabilidade do balanço existente entre viagens oriundas de abastecimento em outros municípios com emissão parcial em Belo Horizonte e aquelas cujo abastecimento se dá em Belo Horizonte e combustão parcial em outros municípios.

Belo Horizonte conta com três aeroportos para atender a sua demanda, sendo dois localizados dentro do município com emissões que compõem o Escopo 1, Aeroporto da Pampulha e Aeroporto Carlos Prates; e o Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins, Região Metropolitana de Belo Horizonte, que compõe emissões alocadas no Escopo 3.

O Aeroporto do Carlos Prates está localizado, a 7,1 km do centro da cidade. A unidade tem operação diurna e recebe somente voos de aviação geral, o que inclui desde pequenos aviões de propriedade particular até modernos jatos executivos, helicópteros, balonismo, voos de treinamento (para pilotos iniciantes) e outras atividades aéreas.

O Aeroporto da Pampulha localiza-se a 9 km do centro de Belo Horizonte e se transformou em um aeroporto central, inserido no contexto urbano da cidade, sendo por muito tempo o aeroporto mais movimentado do estado de Minas Gerais até a transferência dos voos nacionais para o Aeroporto Internacional, em 2005. Hoje, é o terceiro aeroporto mais movimentado do estado em número de passageiros. Consiste em uma unidade de manutenção de aeronaves, aviação geral e executiva do país. Atualmente, o Aeroporto da Pampulha possui alguns voos regulares ligando Belo Horizonte a cidades do interior do estado de Minas Gerais e estados vizinhos. A maior parte das operações está na aviação geral que apresenta mais de 70% de todo o movimento de aeronaves da Pampulha. O aeroporto também se destaca como grande centro de manutenção de helicópteros, aeronaves executivas, e aeronaves comerciais de pequeno porte.

O Aeroporto Internacional Tancredo Neves localiza-se em Confins, a 40 km do centro de Belo Horizonte. Esta unidade foi inaugurada em 1984 e idealizada na tentativa de desafogar o Aeroporto da Pampulha que já estava sobrecarregado. A unidade passou por várias intervenções de ampliação e modernização, sendo majorada significativamente sua capacidade para

atendimento da infraestrutura aérea para realização da Copa do Mundo de Futebol em 2014. Trata-se do maior equipamento aeroportuário do Estado de Minas Gerais. Este aeroporto internacional serve principalmente à capital e à Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte. As emissões de GEE oriundas do consumo de combustíveis de aviação do aeroporto são, em sua integralidade, atribuídas a Belo Horizonte neste Inventário, por impossibilidade metodológica de ponderação segregada da informação.

As Tabelas 6(a) e 6(b) e o Gráfico 6 apresentam as emissões de transporte desagregadas por modal. O transporte terrestre rodoviário é o responsável pela maior parte das emissões de GEE móveis atribuídas ao Setor Transporte de Belo Horizonte (média de 75% ao longo da projeção de 2009 a 2019), conforme pode ser observado nas Tabelas 6(a) e 6 (b) e Gráfico 6. Denota-se a redução de emissões no Setor a partir de 2014 condizente o contexto econômico, no qual registra-se reduções significativas do PIB (ver Emissão Comunitária – Item 5). As emissões totais no setor em 2019 reduziram da ordem de 23% da registrada em 2014.

Tabela 6(a) – Emissões do Transporte desagregadas por Rodoviário e Aviação - 2009 a 2014

SETOR	SUBSETOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014
II. Transporte	II.1 Terrestre Rod.	1.806.966	2.087.399	2.270.713	2.309.951	2.243.578	2.285.408
	II.4 Aviação	470.650	601.400	762.623	808.667	794.415	777.915
	TOTAL	2.277.617	2.688.800	3.033.336	3.118.618	3.037.993	3.063.323

Tabela 6(b) – Emissões do Transporte desagregadas por Rodoviário e Aviação -2015 a 2019

SETOR	SUBSETOR	2015	2016	2017	2018	2019
II. Transporte	II.1 terrestre Rod.	1.938.144	2.002.794	1.960.728	1.834.707	1.696.261
	II.4 Aviação	700.229	629.666	621.882	632.288	654.435
	TOTAL	2.638.373	2.632.460	2.582.610	2.466.996	2.350.697

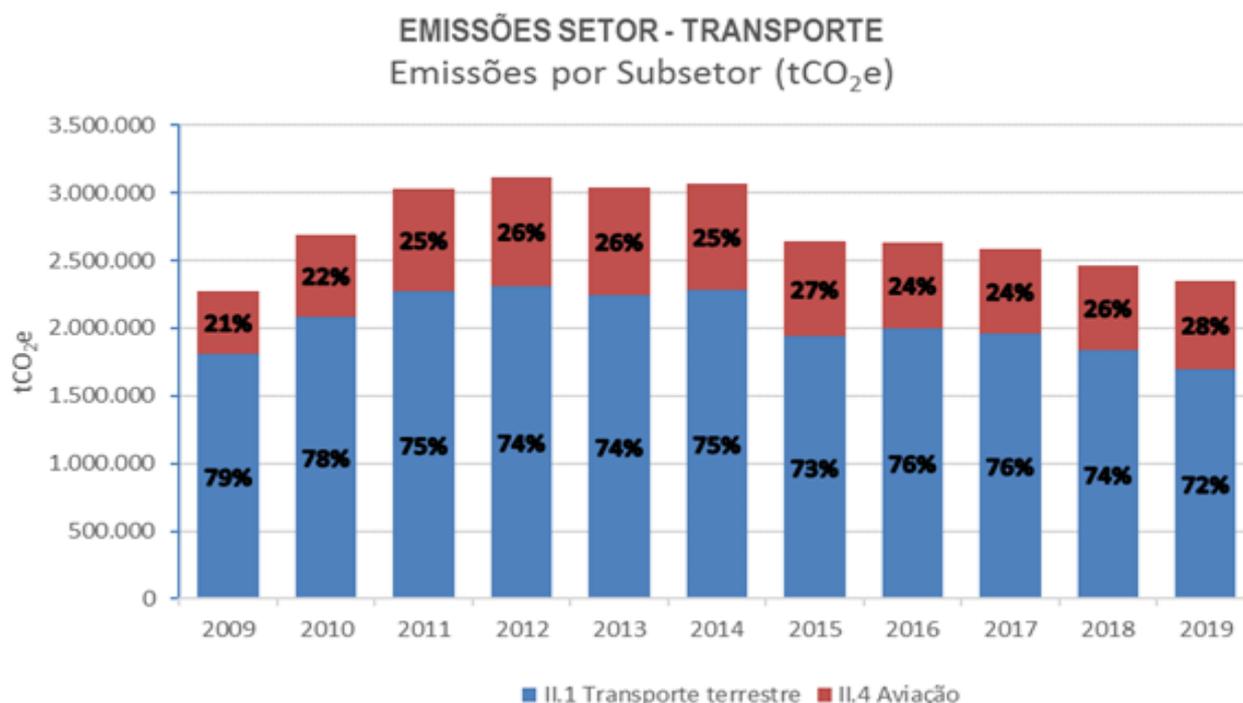


Gráfico 6 – Emissões de GEE – Setor Transporte desagregada por Subsetor.

As emissões do modal rodoviário por precursores variam ao longo destes dez anos inventariados, conforme apresentados nas **Tabelas 7(a) e 7(b)** e no **Gráfico 7**. Para fins de apresentação gráfica agregou-se o etanol, GLP, GNV e óleo combustível em “outros” por somarem baixas emissões comparativamente à gasolina e diesel.

Tabela 7(a) – Emissões do Transporte Rodoviário Desagregadas por Precursor - 2009 a 2014

SETOR	PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014
II. Transporte Rodoviário	Diesel / Brasil	693.921	710.146	736.990	634.790	613.523	643.369
	Etanol hidratado	3.176	2.079	1.134	969	1.447	1.449
	Gasolina / Brasil	1.041.389	1.312.477	1.463.166	1.626.557	1.584.075	1.597.756
	GLP	511	610	285	539	678	671
	Gás natural veicular (GNV)	49.878	41.463	40.665	43.891	41.598	40.657
	Querosene iluminante	0	0	745	573	455	417
	Óleo combustível	18.091	20.624	27.780	2.770	1.967	1.282
	TOTAL	1.806.966	2.087.399	2.270.764	2.310.089	2.243.743	2.285.600

Tabela 7(b) – Emissões do Transporte Rodoviário Desagregadas por precursor - 2015 a 2019

SETOR	PRECURSOR	2015	2016	2017	2018	2019
II. Transporte Rodoviário	Diesel / Brasil	597.229	593.928	556.452	824.753	810.472
	Etanol hidratado	4.290	3.322	3.608	6.377	8.537
	Gasolina / Brasil	1.295.148	1.366.342	1.361.672	955.890	832.615
	GLP	638	677	634	489	506
	Gás natural veicular (GNV)	39.437	36.962	36.630	46.776	43.949
	Querosene iluminante	290	164	114	0	0
	Óleo combustível	1.347	1.464	1.619	421	182
	TOTAL	1.938.378	2.002.861	1.960.728	1.834.707	1.696.261

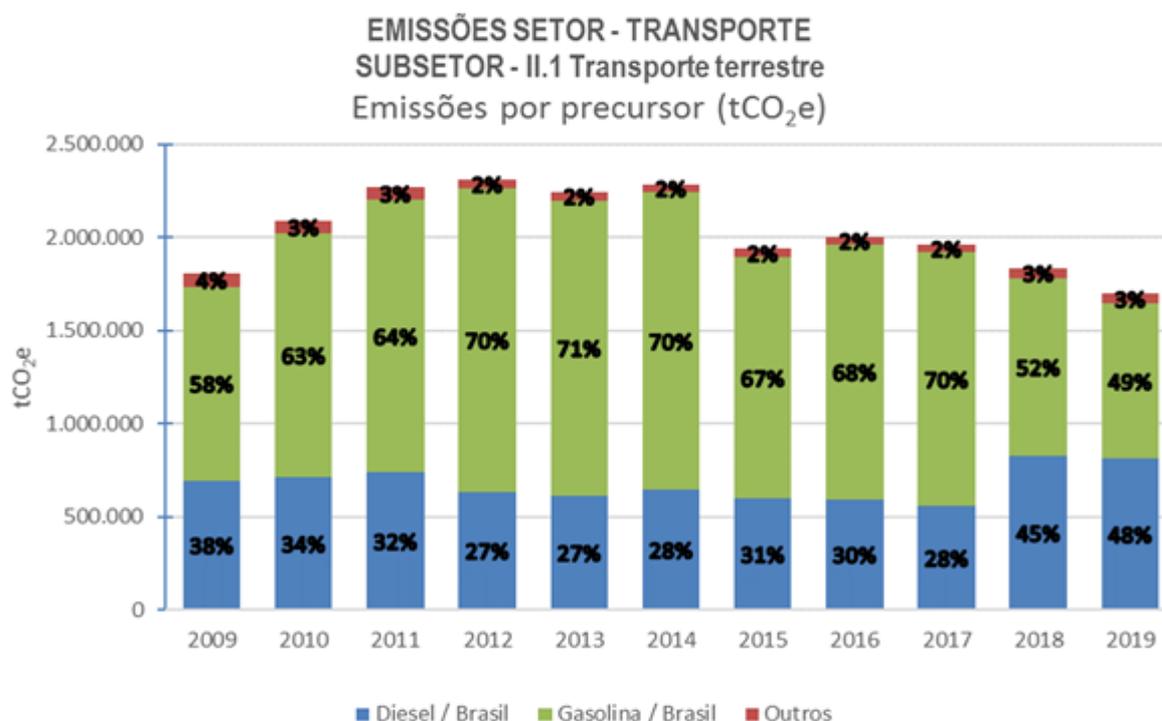


Gráfico 7– Emissões de GEE – Subsetor Terrestre Rodoviário Desagregado por Precursor

A gasolina é responsável pela maior parte das emissões do setor transporte rodoviário. Do período de 2009 a 2014 denota-se acréscimo de emissões com pequenas variações. A partir de 2014 até 2017 registra-se um decréscimo de emissões deste precursor. As emissões de 2018 e 2019 relativas à gasolina reduzem-se significativamente alcançando o patamar inferior em 2019 de

832.615 tCO₂e, o que representa um redução de aproximados 39% em relação às emissões de 2017. Algumas variáveis apresentam relação causal com as reduções identificadas deste precursor nos últimos anos, destacando-se o contexto de recessão econômica, a substituição de fonte energética por uma política de preços que favoreceu a utilização do Etanol, algumas melhorias no transporte coletivo com a implantação de alguns eixos de BRT- Bus Rapid Transit e a maior proporção de etanol na gasolina a partir de 2015. Ainda que a produção de veículos aptos a utilizar bicombustíveis no Brasil tenha alcançado cerca de 80% de todos os novos veículos, a utilização do Etanol não se ampliou na proporção da frota e é condicionada à política de oferta de preço que seja atrativa à substituição da gasolina.

A **Tabela 8** e o **Gráfico 8** registram os volumes vendidos de Etanol e Gasolina em Belo Horizonte de 2009 a 2019. Denota-se que os volumes de etanol crescem a partir de 2018 em elevado gradiente enquanto que a venda de gasolina descrece no mesmo período. Alcançam um proporcionalidade de aproximados 50% entre eles em 2018, a partir do qual prevalece a venda de etanol em detrimento da gasolina. É ilustrativo da importância da substituição dos combustíveis como medida mitigadora, observar os dados de emissão relativos ao Etanol e Gasolina para o anos de 2018, no qual se aproximam os valores de venda entre os dois combustíveis. Em 2018 são comercializados 475.294 m³ de Etanol que emitem 6.377 tCO₂e, enquanto 550.095 m³ de gasolina emitem 955.890 tCO₂e, ou seja a emissão de GEE do Etanol representa da ordem de 0,7% a emissão de GEE da Gasolina. Em um cenário como o de Belo Horizonte em que a mobilidade ainda é fortemente baseada na frota individual, torna-se imperativo manter políticas de fomento de utilização de combustíveis menos poluentes como o caso do Etanol como medida mitigadora às mudanças climáticas.

Tabela 8 – Venda de combustíveis Etanol x Gasolina (m³) de 2009 a 2019

Venda de combustível	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Venda etanol	263.903	172.729	94.196	80.515	107.860	107.978	319.716	247.598	268.884	475.294	636.246
Venda gasolina	583.494	723.389	806.444	854.670	868.233	895.088	741.149	786.302	783.614	550.095	479.153
TOTAL	847.397	896.118	900.640	935.185	976.092	1.003.065	1.060.865	1.033.901	1.052.499	1.025.389	1.115.399

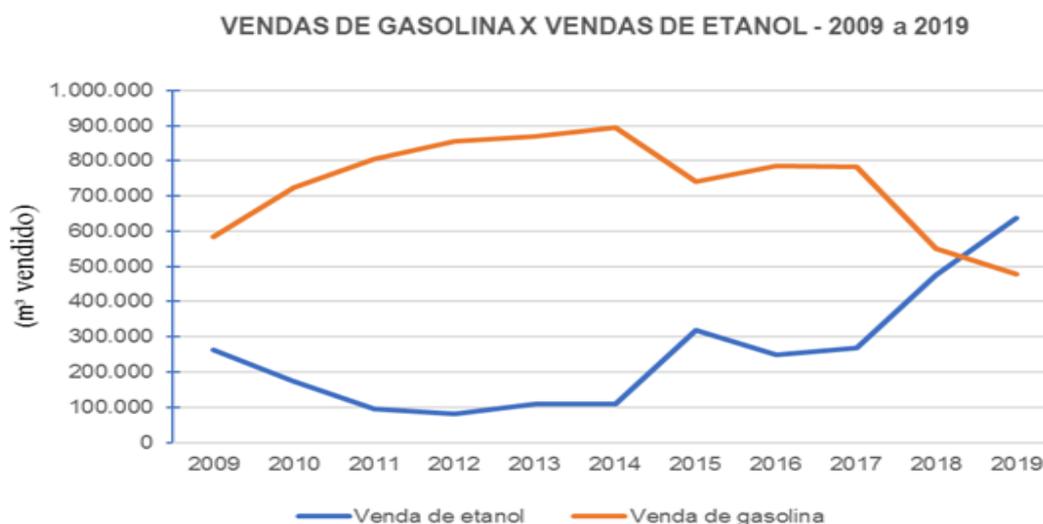


Gráfico 8 – Venda de combustíveis Etanol x Gasolina (m³) de 2009 a 2019

A participação do diesel manteve-se relativamente estável até 2014, e teve uma redução, entre 2015 e 2017, de aproximados 14% (comparando a emissão de 2014 a 2017). No entanto, o registro de emissões em 2018 e 2019 apresentou significativa elevação, com um acréscimo de 48% nas emissões de diesel de 2017 para 2018, o que merece um aprofundamento e verificação de tendência para os futuros monitoramentos.

GNV/GNC Automotivo se mantiveram estáveis, isto é, a variação de demanda de combustíveis para atender a frota leve foi sustentada pela variação no etanol e gasolina.

É esperado que aspectos como a implantação do BRT e o aumento de ciclovias na cidade estejam também contribuindo para a diminuição na geração de GEE, uma vez que são várias relações causais intervenientes, conectadas fortemente pela economia.

A **Tabela 9** e o **Gráfico 9** apresentam as emissões de GEE do modal aviação desagregadas por escopo. Sendo assim, os dados relativos ao Escopo 1 referem-se à venda de combustíveis de aviação em Belo Horizonte para atender aos aeroportos Carlos Prates e Pampulha e ao Escopo 3 para atendimento do Aeroporto Internacional de Confins.

Tabela 9 – Emissões de GEE - Subsetor Aviação desagregadas por Escopo

SUBSETOR	ESCOPO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
II.4 Aviação	Escopo 1	42.817	54.198	57.499	56.711	52.608	48.358	30.541	21.680	22.697	22.975	21.758
	Escopo 3	427.833	547.202	705.124	751.957	741.807	729.557	669.688	607.986	599.185	609.313	632.678
	TOTAL	470.650	601.400	762.623	808.667	794.415	777.915	700.229	629.666	621.882	632.288	654.435

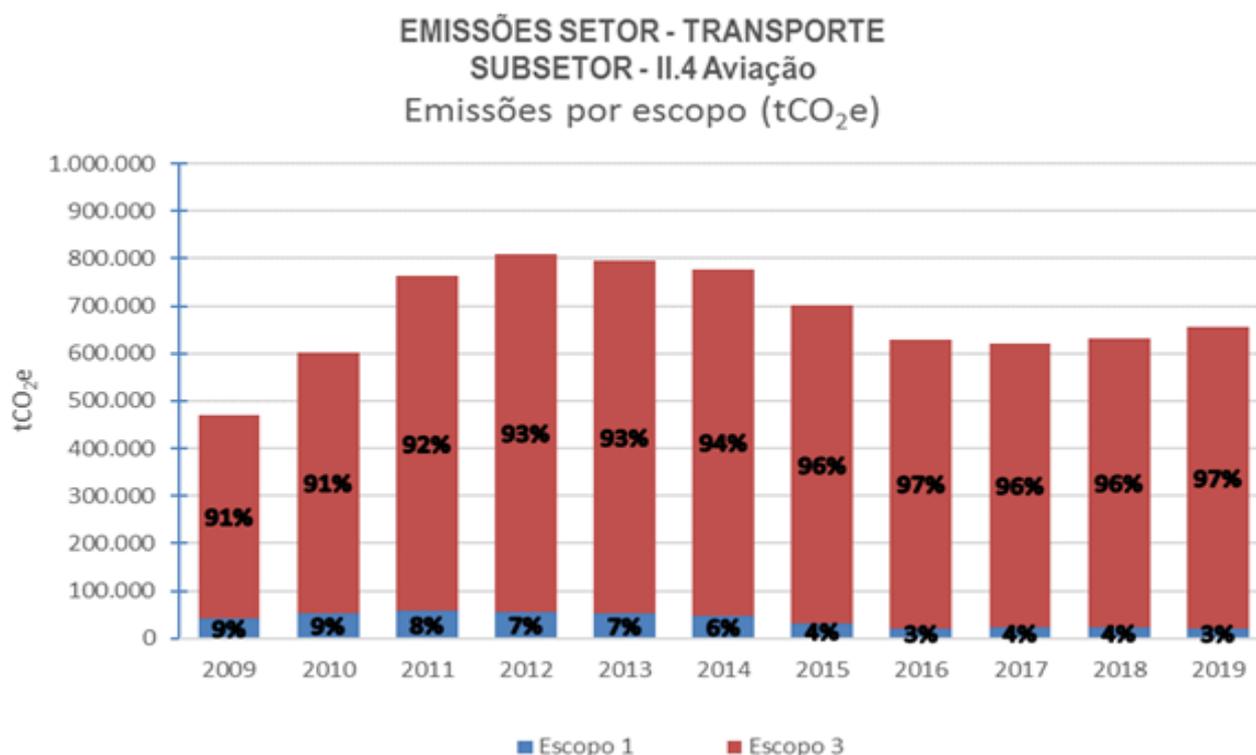


Gráfico 9 – Emissões de GEE – Subsetor Aviação desagregado por Escopo

Os dados acima demonstram uma elevação das emissões de GEE no modal de aviação de 2009 a 2012, mantendo-se com pequenas variações até 2014, a partir do qual decrescem as emissões chegando a um valor inferior em 2017. Os anos de 2018 e 2019 apresentam ligeira elevação ensaiando uma possível retomada de crescimento de utilização deste modal.

3.3 SETOR RESÍDUOS

3.3.1 Caracterização do Setor em Belo Horizonte

O Setor Resíduos conforme protocolo GPC é segregado em quatro subsetores identificados em: III.1 Disposição de resíduos sólidos; III.2 Tratamento biológico dos resíduos ; III.3 Incineração; III.4 III.4 Efluentes Líquidos. Na sequência apresenta-se uma caracterização do Setor no município para possibilitar a identificação das emissões, conforme modalidade de tratamento e destinação final, no espaço territorial vinculado aos sistemas .

a) Resíduos Sólidos

Belo Horizonte conta com duas **Centrais de Tratamento de Resíduos Sólidos**, sendo uma localizada em Belo Horizonte – CTRS 040, configurando emissões de GEE de Escopo 1, e a outra no município de Sabará – CRTS Macaúbas, configurando emissões de Escopo 3.

CTRS 040

O aterro sanitário da CTBR 040 entrou em operação em 1975 e encerrou suas atividades, oficialmente, em dezembro de 2007. Contudo, o seu descomissionamento iniciou-se em julho de 2007, quando parte dos resíduos sólidos domiciliares - RSD destinados à aterragem passaram a ser encaminhados para a CTR Macaúbas, localizada no município de Sabará/MG. A partir de janeiro de 2008, todo os RSD coletados pela SLU passaram a ser destinado à aterragem na CTR Macaúbas. Na CTRS BR 040 ainda continuaram a ser aterrados os resíduos de serviços de saúde - RSS, resíduos de construção civil e demolição -RCD e resíduos públicos urbanos. Em 2017, foi interrompida a aterragem de RSS na unidade.

A captação de biogás no aterro sanitário da CTRS BR040 iniciou-se em novembro de 2009 e, em 2011, foi implantada pela ASJA, contratada pela PBH, uma usina de geração de energia a partir do biogás gerado na unidade, que se encontra ainda em funcionamento.

CTRS Macaúbas

A destinação de resíduos sólidos urbanos de Belo Horizonte foi iniciada em junho/2007 para o aterro sanitário localizado na CTRS Macaúbas. Em março de 2018 são encaminhados para esta unidade os RCD e volumosos.

O aproveitamento do biogás e geração de energia foram iniciados em agosto/2017, operados também pela ASJA.

No aterro sanitário de Macaúbas são depositados resíduos de diversos municípios e empresas, e sendo assim o biogás gerado/captado se refere a todos e não especificamente ao resíduo oriundo de Belo Horizonte. As avaliações das emissões do aterro foram feitas com base nos dados monitorados pela Superidencia de Limpeza Urbana de volumes por tipologia enviados à unidade, referindo-se neste caso às vinculadas à geração do município.

Destacamos que a quantidade de biogás monitorada, e considerada no inventário de ambos os aterros, se refere somente àquela que é captada, mensurada e beneficiada pela Usina. Uma

grande quantidade de biogás não é captada, seja pela limitação da Usina ou por motivos operacionais do aterro. A energia elétrica gerada é comprada pela Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG e distribuída por sua rede.

Relativamente aos resíduos de Belo Horizonte as modalidades de tratamento consistem em: destinação em aterro sanitário, compostagem e aproveitamento energético do biogás e aproveitamento energético de madeira e pneus, tais modalidades estão alocadas nos subsetores III.1, III.2 e III.3, consecutivamente.

b) Efluentes líquidos

O município de Belo Horizonte tem atualmente em operação quatro Estações de Tratamento de Esgotos - ETE, sendo duas unidades de grande porte e duas unidades menores para sub-bacias de contribuição. A seguir descrevem-se sucintamente as unidades que compõem esse subsetor e que dão origem às análises de emissões de GEE, conforme desagregação proposta.

ETE Arrudas – Modalidade de tratamento Lodos Ativados Convencional com eficiência aproximada de 90% na redução de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e capacidade de atendimento de 1 milhão de habitantes. Esta unidade localiza-se no município de Sabará na fronteira com o município de Belo Horizonte. Em 2012 foi implantada, no local, uma usina de geração de energia elétrica a partir do Biogás.



Figura 4 – Vista da ETE Arrudas

ETE Onça – Modalidade de tratamento dotada de Reatores de Fluxo Ascendente seguida de filtros percoladores e decantadores, dotado de queimadores de biogás e desidratadores mecânicos de lodo. A unidade localiza-se na região nordeste do município, apresenta eficiência acima de 80% na redução de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e capacidade de atendimento de 1 milhão de habitantes.



Figura5 – Vista da ETE Onça

ETE Pilar Olhos D'água e ETE Jardim Vitória - ambas as unidades estão localizadas nos bairros que dão os nomes às ETES e consistem de tratamento na modalidade de reatores UASB seguidos de filtros percoladores. Os sistemas são dotados de queimadores de gases.

A ETE Minas Solidária foi desativada no final de 2015. Os volumes de esgoto coletados e tratados nesta unidade foram direcionados para a ETE Arrudas a partir de 2016.

3.3.2 Emissões e Remoções Antópicas de GEE do Setor Resíduos

As emissões de metano dos aterros sanitários continuam durante várias décadas (ou às vezes até séculos) após a deposição dos resíduos. Dessa forma, os resíduos descartados em um determinado ano contribuem para as emissões de GEE naquele ano e nos anos subsequentes. Da mesma forma, as emissões de metano liberadas de um aterro sanitário em qualquer ano incluem as emissões de resíduos descartados naquele ano, bem como de resíduos descartados em anos anteriores. Para contabilização do metano, o GPC fornece dois métodos comumente aceitáveis para estimar as emissões de metano do descarte de resíduos sólidos: Decaimento de Primeira Ordem “First Order of Decay – FOD” e Comprometimento de Metano “Methan Commitment - MC”.

Para avaliação das emissões de GEE dos aterros sanitários, a Plataforma Climas definiu o método do **Comprometimento de Metano** para este inventário, que atribui as emissões do aterro com base nos resíduos descartados em um determinado ano. O MC utiliza uma abordagem de ciclo de vida e balanço de massa e calcula as emissões do aterro com base na quantidade de resíduos descartados em um determinado ano, independentemente de quando as emissões realmente ocorrem (uma parte das emissões é lançada a cada ano após o descarte). Adotou-se este critério pelas seguintes vantagens: simplicidade de implementação e menor necessidade de dados, além do fato de ser um método “sensível” às ações de redução de envio de resíduos para aterro (reciclagem, compostagem) – ou seja, há melhor clareza entre ações mitigadoras e os efeitos no inventário.

As Usinas de Aproveitamento Energético de Biogás implantadas nos aterros da CTRS BR 040 e CTRS Macaúbas consistem em um grande projeto mitigador de efeito estufa de Belo Horizonte. Pioneira em Minas Gerais, a unidade instalada na CTRS BR040 processa e gera energia a partir do gás metano produzido no aterro a partir da decomposição do resíduo do antigo aterro sanitário desde 2010. Em meados de 2017 foi implantada unidade similar em Macaúbas. Ambas consistem em medidas mitigadoras das emissões dos aterros.

A **Tabela 10(a)** apresenta as emissões relativas aos resíduos sólidos aterrados com somatório das duas centrais de tratamento: emissões estimadas da aterragem de resíduos; reduções de emissão decorrentes das usinas de aproveitamento energético (mitigação); total de emissões dos aterros mitigados, que correspondem a emissão do aterro excluído o decréscimo de metano proporcionado na usina de aproveitamento. Essa tabela totaliza o subsetor III.1 de identificação do protocolo GPC – Disposição de Resíduos. Com as usinas de aproveitamento energético deixaram de ser lançados na atmosfera **1.863.950 tCO₂e** referente aos resíduos aterrados, no

período de compreendimento entre 2010 e 2019 (somatório das remoções na Usina de Aproveitamento Energético – **Tabela 10(a)**). O biogás também é utilizado como combustível para gerar energia suficiente para abastecer da ordem de 20 mil casas de consumo inferior a 100 KWh/mês, consistindo em uma medida de sustentabilidade ambiental, para composição da matriz energética que abastece o município com uma fonte alternativa limpa.

Tabela 10 (a) – Emissões de GEE do Aterro, Remoção na usina e Aterro mitigado.

Origem das emissões de GEE	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Aterros	1.288.917	1.332.113	1.328.634	1.244.946	1.331.008	1.181.933	1.136.431	994.962	1.067.408	1.067.474	1.298.261
Usinas de aproveitamento de biogás	-20.561	-188.152	-258.268	-220.308	-155.263	-86.471	-71.959	-59.104	-178.154	-310.945	-314.765
Aterros mitigados	1.268.356	1.143.960	1.070.366	1.024.638	1.175.745	1.095.463	1.064.472	935.858	889.254	756.529	983.496

A **Tabela 10 (b)** apresenta as emissões que totalizam as modalidade de tratamento de resíduos sólidos no município vinculados diretamente às emissões de GEE: Aterros mitigados (subsetor III.1), compostagem (subsetor III.2) e Aproveitamento energético de pneus e madeira. (subsetor III.3)

Tabela 10 (b) – Emissões de GEE do Aterro mitigado, Compostagem e Aproveitamento Energético de Pneus e Madeira

Origem das emissões	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Aterros mitigados (III.1)	1.268.356	1.143.960	1.070.366	1.024.638	1.175.745	1.095.463	1.064.472	935.858	889.254	756.529	983.496
Compostagem (III.2)	447	658	580	579	632	478	462	374	342	369	482
Aproveit. Energ. Pneus e Madeira (III.3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	425
Total de Emissões Res. Sólidos (III.1 + III.2 + III.3)	1.268.802	1.144.618	1.070.946	1.025.217	1.176.378	1.095.940	1.064.934	936.232	889.596	756.972	984.404

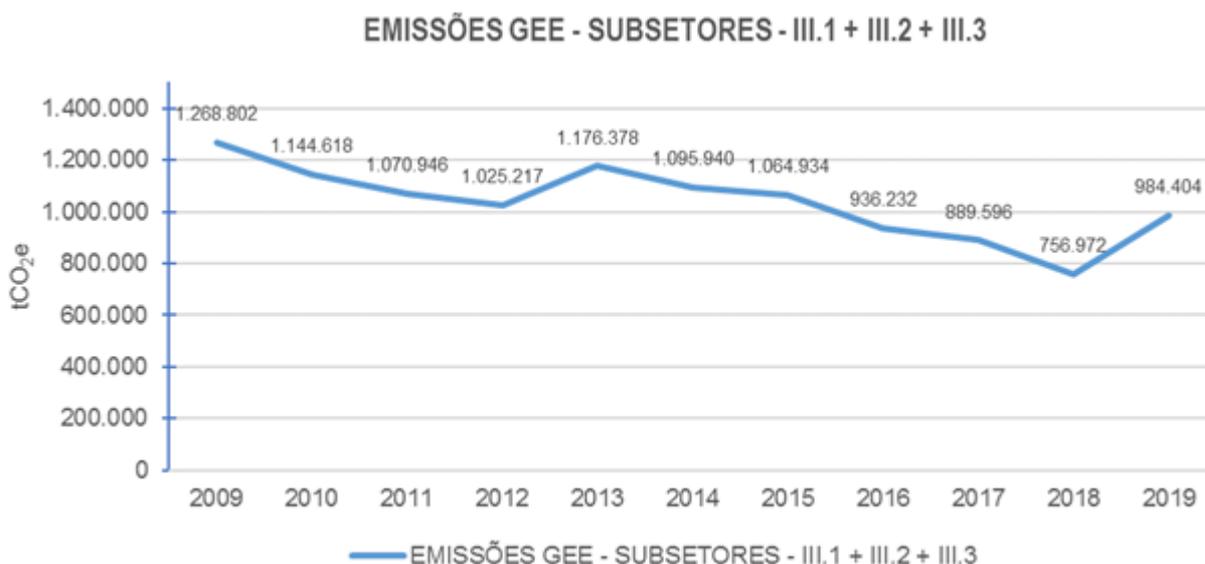


Gráfico 10 – Emissões de GEE – Subsetor Aviação desagregado por Escopo

Com relação aos resíduos sólidos em Belo Horizonte são preponderantes as emissões oriundas do aterro de resíduos e ainda há muito o que avançar para ampliar outras modalidades de tratamento que favoreçam o aproveitamento do resíduo (biomassa e energia) em substituição ao aterramento. As usinas de aproveitamento energético do metano nos aterros sanitários reduzem significativamente as emissões de GEE. Há de se ponderar que nos anos de 2018 e 2019 a redução

das usinas de geração de energia se dão em todo o maciço de Macaúbas, que recebe resíduos também de outros municípios. Não é possível considerar o que é devido somente a Belo Horizonte por uma impossibilidade metodológica de desagregação da informação. Os dados relativos a 2018 e 2019 apresentam uma atenuação da usina da ASJA acima da relacionada somente aos resíduos oriundos de Belo Horizonte, conforme já comentado.

É possível identificar uma redução de aproximados 36% das emissões dos aterros no período compreendido 2014 a 2017 e, em 2018 e 2019, denota-se significativo acréscimo de emissões (aproximados 30 % de 756,952 tCO₂e a 984,404 tCO₂e). Mesmo assim, o valor de emissões de 2019 apresenta-se da ordem de 22% inferior às emissões de 2009, início da série comparativa desta edição do inventário.

As emissões relativas à compostagem mantiveram-se relativamente estáveis até 2013 a partir da qual identifica-se significativo declínio – aproximados 42% (de 2013 a 2018). Considerando que as emissões relativas a tratamento de orgânicos (compostagem) são de menor pegada de carbono comparativamente às decorrentes do aterramento, consistindo em uma modalidade sustentável e ambientalmente mais adequada, espera-se ampliação das emissões oriundas deste subsetor.

A **Tabela 11** e o **Gráfico 11** apresentam as emissões totais por unidades geradoras de emissões nas Estações de tratamento de esgotos do município e os no lançamento de esgotos brutos direto nos corpos hídricos, consistindo nas emissões do Subsetor III.4 - Efluentes Líquidos. Os valores apresentados foram claculados pela COPASA, atendendo a todos os critérios definidos no Inventário de GEE de Belo Horizonte. As emissões de esgoto não tratado referem-se à toda região metropolitana. Não foi possível segregar a informação pelo limite territorial do município, no entanto a COPASA esclareceu que o município de Belo Horizonte responde por cerca de 90% dos volumes.

Para mitigar as emissões de GEE da ETE Arrudas foi implantada em 2012 uma usina de aproveitamento energético, defere-se a partir de 2013 redução de emissões nesta unidade. Os valores de emissões na ETE Arrudas, portanto, já consideram a remoção de metano decorrente da usina.

Tabela 11 – Emissões de GEE do Subsetor III.4 - Efluentes Líquidos desagregada por unidade geradora

Unidades Geradoras	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ETE Jardim Vitória	-	-	-	-	-	83	135	193	107	550	1.107
ETE Arrudas	59.362	52.367	68.990	72.613	55.771	62.528	45.912	39.702	40.729	33.090	43.669
ETE Minas Sólidária	76	81	168	87	179	142	100	-	-	-	-
ETE Pilar Olhos d'água	1.167	656	1.241	1.651	1.292	1.252	1.866	1.019	1.742	1.752	1.143
ETE Onça	28.261	54.440	73.480	87.675	92.844	100.282	78.590	79.456	87.482	83.967	107.540
Esgotos in natura	42.039	33.145	31.374	20.005	17.664	16.730	10.788	5.163	6.751	2.564	1.083
Totais Emissões tCO₂	130.907	140.690	175.253	182.031	167.750	181.018	137.391	125.533	136.811	121.923	154.542

Para possibilitar a representação gráfica foram agregadas as emissões das ETEs Minas Solidária, Pilar/Olhos D'água e Jardim Vitória na identificação "outros" por representarem escalas de emissões menores comparadas com as outras unidades geradoras.

EMISSÕES SETOR - III. RESÍDUOS
SUB-SETOR - III.4 TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE EFLUENTES
 Emissões por precursor (tCO₂e)

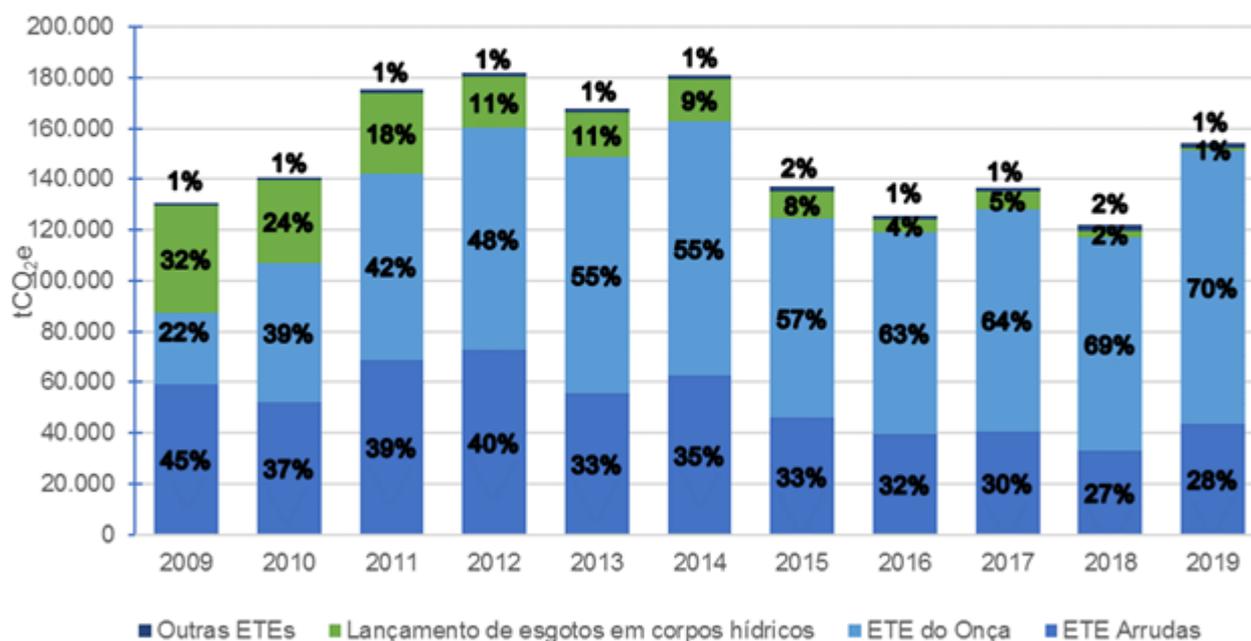


Gráfico 11 – Emissões de GEE do Subsetor Efluentes desagregada por unidade geradora

Para o subsetor de Efluentes Líquidos, observa-se um aumento das emissões de GEE na medida em que o serviço de coleta e tratamento de esgotos foi ampliado. Esse aumento foi identificado de 2009 a 2012, mantendo pequenas variações até 2014 período em que se constata intensos investimentos em interceptação e coleta com vias ao atendimento ao estabelecido no planejamento sanitário da cidade impulsionado pela Agenda do planejamento para sediar a copa do mundo de futebol e os objetivos de despolição da Lagoa da Pampulha.

Denota-se uma redução da ordem de 25 % das emissões de GEE entre 2014 e 2015, mantendo-se relativamente estáveis as emissões de 2015 até 2018, em patamares inferiores. As vazões afluentes a uma unidade de tratamento, bem como a característica qualitativa dos efluentes, apresentam variações ao longo do dia, de acordo com as características ocupacionais e de atividades realizadas na bacia de contribuição. Por sua vez, o sistema de esgotamento sanitário também apresenta uma dinâmica operacional que seguramente interfere nos afluentes às ETEs. Considerando que as estimativas de emissões neste subsetor dão-se a partir do monitoramento das unidades, com excessão da estimativa de emissões decorrentes do lançamento direto, torna-se fato de difícil conexão causal a identificação de pequenas variações. Ou seja, certas variações nas emissões das unidades de tratamento constituem-se pela própria característica e natureza dos sistemas.

Pondera-se que a acentuada escassez hídrica registrada entre 2015 e 2016 está associada a uma possível variável explicativa da redução de emissões registrada neste período, em que se intensificaram mudanças de hábitos, implantação de economizadores de água e ampliação de sistemas de aproveitamento de água pluvial para redução do consumo de água potável, com

decorrente redução de vazões de esgotos sanitários e por conseguinte uma variação qualitativa dos efluentes. No entanto, não é possível inferir em que medida esta questão impactou a redução de emissões de GEE nas unidades neste período.

As emissões da ETE Onça são mais elevadas, se comparadas com a da ETE Arrudas, sendo ambas de porte semelhante. A tecnologia de tratamento da ETE Onça já assegura maior produção de CH₄ comparada com a tecnologia da ETE Arrudas, mas uma alternativa eco-eficiente para mitigar essas emissões seria a replicação da experiência da ETE Arrudas, que implantou um sistema de recuperação de biogás gerado no tratamento, passando a produzir parte da própria demanda de eletricidade.

A tabela 12 e o Gráfico 12 apresentam as emissões totalizadas do Setor Resíduos segregadas por resíduos sólidos (Subsetores III.1 + III.2 + III.3) e efluentes líquidos (Subsetor III.4).

Tabela 12 – Emissões de GEE do Setor Resíduos desagregadas em Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos em tCO₂e

Origem das emissões de GEE	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Emissões Resíduos Sólidos	1.268.802	1.144.618	1.070.946	1.025.217	1.176.378	1.095.940	1.064.934	936.232	889.596	756.972	984.404
Emissões Efluentes Líquidos	130.907	140.690	175.253	182.031	167.750	181.018	137.390	125.532	136.811	121.923	154.542
Emissões Totais Resíduos	1.399.709	1.285.308	1.246.199	1.207.248	1.344.128	1.276.945	1.202.325	1.061.765	1.026.408	878.895	1.138.946

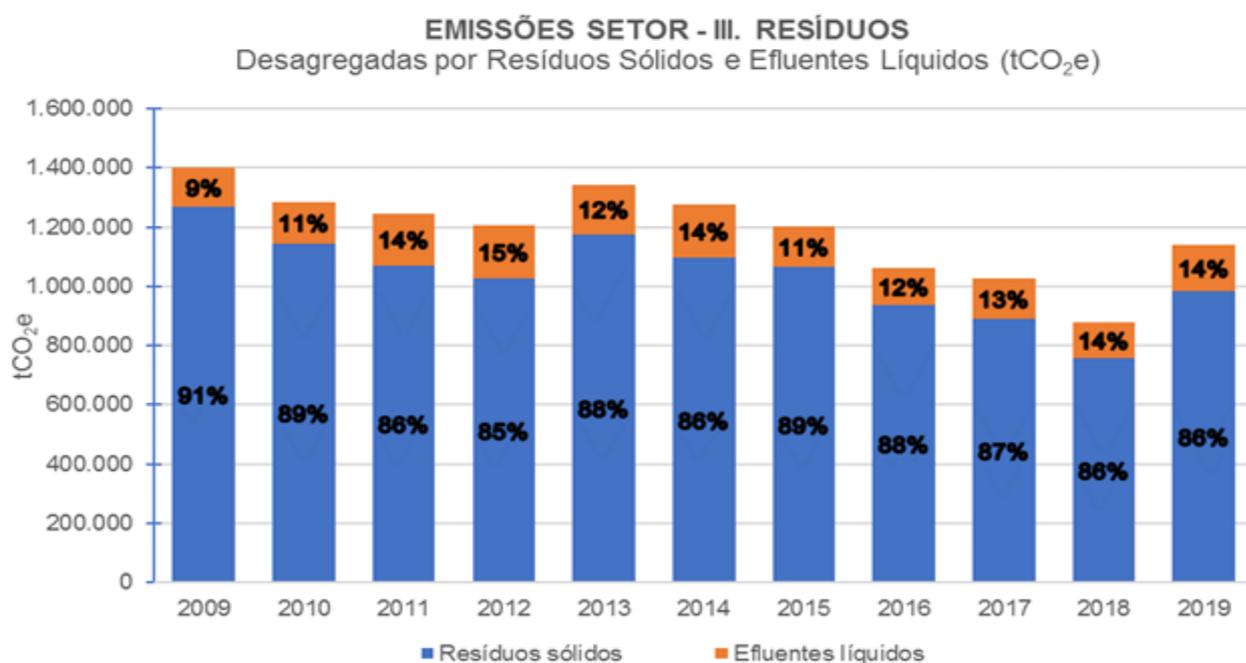


Gráfico 12 – Emissões de GEE do Setor Resíduos desagregadas em Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos

As emissões relativas ao resíduos sólidos (prioritariamente oriundas do aterros) correspondem em média a 88 % da emissão do Setor III – Resíduos Sólidos.

4 EMISSÕES TOTAIS

As emissões totais de GEE em Belo Horizonte ampliaram em aproximados 27% do período compreendido entre 2009 e 2014, em um gradiente relativamente linear. Em 2014 atinge o ápice de emissões totalizando **5.318.001 tCO₂e**, e, a partir de 2014 até 2019, caracteriza-se pela redução de emissões, totalizando em 2019, **4.160.083 tCO₂e**, o que representa uma redução da ordem de 22%. A maioria das emissões é proveniente do setor de transporte (média de 60%), seguida por resíduos (média de 25 %) e fontes estacionárias (media de 15%).

Tabela 13 – Emissões Totais desagregadas por subsetor em tCO₂e

SETOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
I. Fontes estacionárias de energia	498.139	630.683	535.226	682.898	797.972	977.733	868.281	659.494	708.520	649.892	670.440
II. Transporte	2.277.617	2.688.800	3.033.336	3.118.618	3.037.993	3.063.323	2.638.373	2.632.460	2.582.610	2.466.996	2.350.697
III. Resíduos	1.399.709	1.285.308	1.246.199	1.207.248	1.344.128	1.276.945	1.202.325	1.061.764	1.026.408	878.895	1.138.946
TOTAL	4.175.464	4.604.790	4.814.761	5.008.765	5.180.092	5.318.001	4.708.979	4.353.719	4.317.538	3.995.783	4.160.083

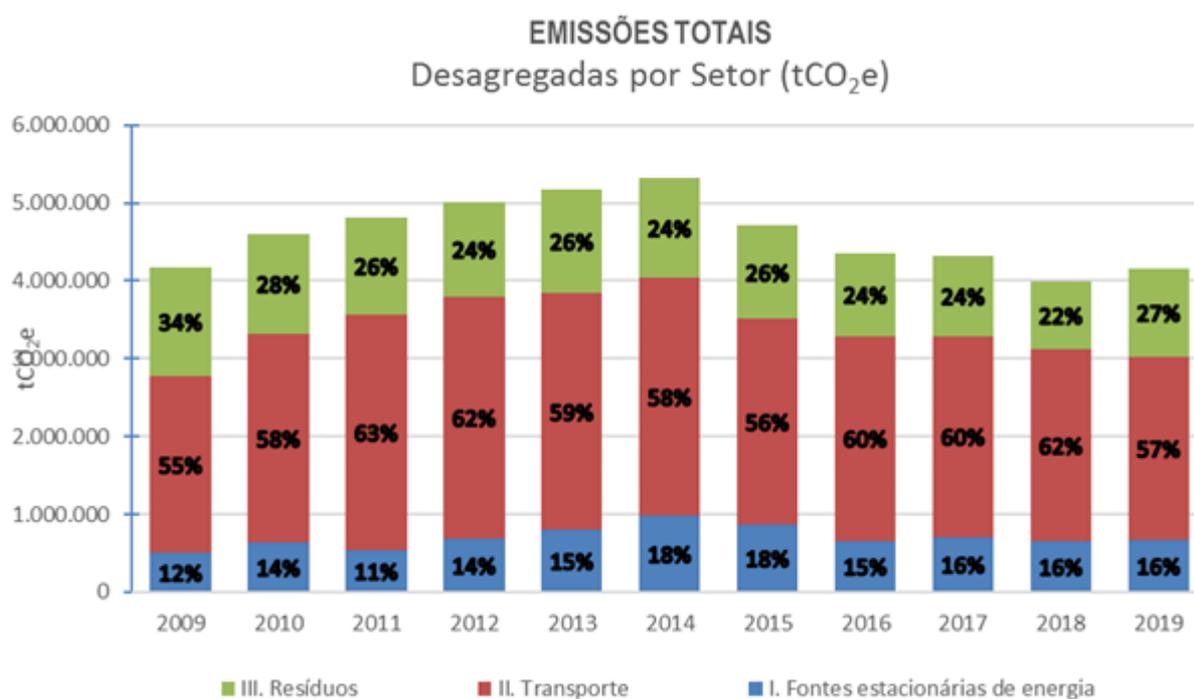


Gráfico 13 – Emissões Totais desagregadas por Setor

A Tabela 14 e o Gráfico 14 retratam as emissões desagregados por escopo.

Tabela 14 – Emissões Totais desagregadas por Escopo em tCO₂Eq

Emissões Totais	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Escopo 1	2.513.011	2.539.929	2.675.147	2.750.275	2.704.095	2.811.743	2.367.019	2.400.977	2.406.511	2.278.216	2.199.108
Escopo 2	94.740	206.499	123.844	282.165	427.474	614.716	542.482	353.517	396.864	313.508	314.406
Escopo 3	1.567.713	1.858.362	2.015.771	1.976.325	2.048.523	1.891.542	1.799.478	1.599.224	1.514.163	1.404.058	1.646.568
TOTAL	4.175.464	4.604.790	4.814.761	5.008.765	5.180.092	5.318.001	4.708.979	4.353.719	4.317.538	3.995.783	4.160.083

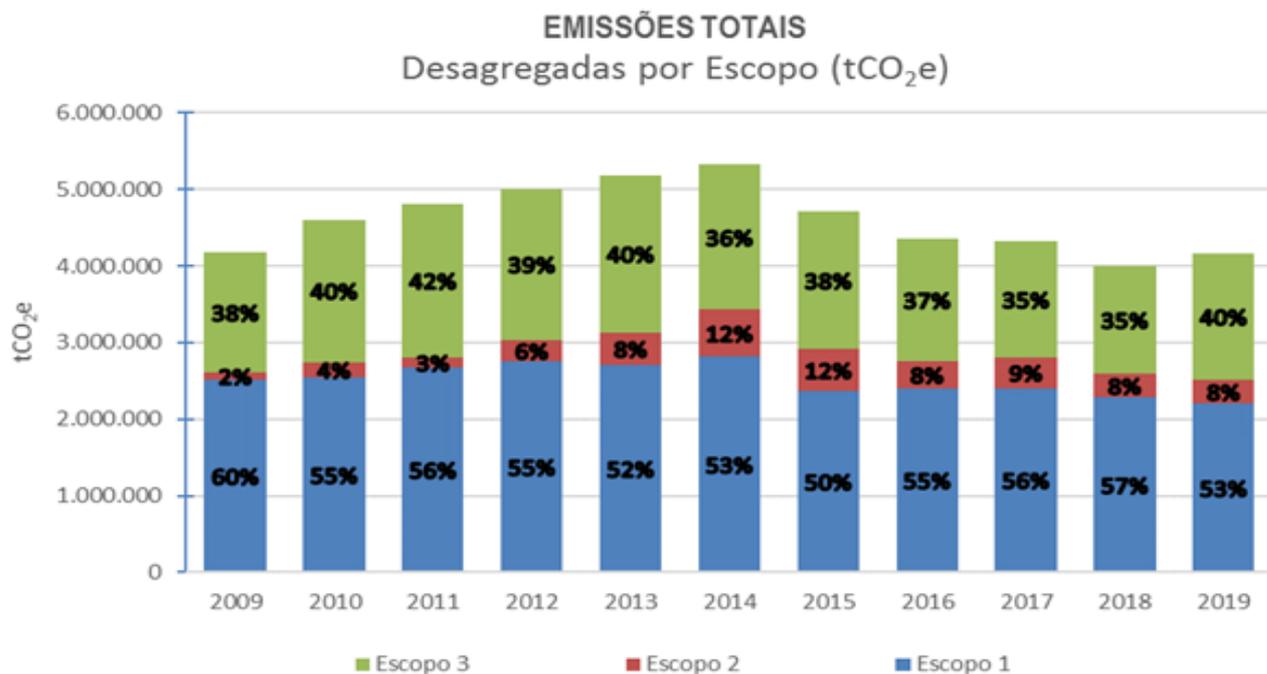


Gráfico 14 – Emissões Totais desagregadas por Escopo

Em média, as emissões do Escopo 1 representam 55 % das emissões totais, as de Escopo 2 representam 15 % e as emissões de escopo 3 representam 30%.

A Tabela 15 e o Gráfico 15 apresentam a evolução de emissões totais de GEE de 2009 a 2019, atribuídos a Belo Horizonte.

Tabela 15 – Evolução das Emissões Totais em tCO₂e

Totais	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	4.175.464	4.604.790	4.814.761	5.008.765	5.180.092	5.318.001	4.708.979	4.353.719	4.317.538	3.995.783	4.160.083

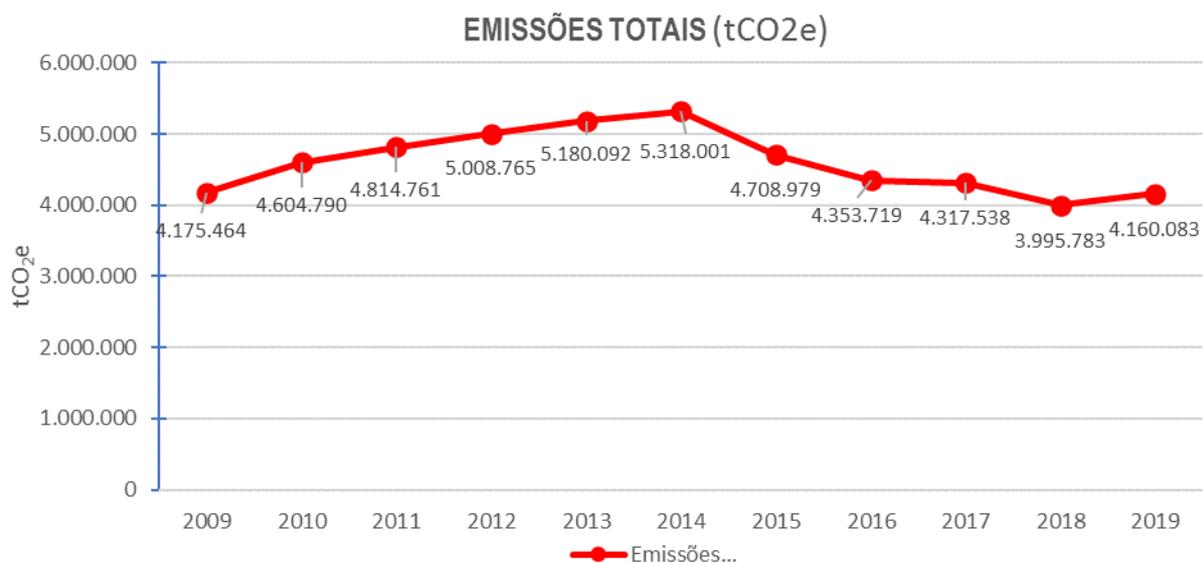


Gráfico 15 – Evolução das Emissões Totais em tCO₂e

As emissões de GEE de Belo Horizonte evoluíram em sentido ascendente entre 2009 e 2014 e desce dos períodos compreendidos entre 2014 e 2019. O ponto de inflexão deu-se em 2014 que apresentou o valor absoluto mais elevado de emissões de GEE, 5,32 milhões de tCO₂e, cuja principal fonte de emissões foi o setor de transportes (59% das emissões). As emissões totais de GEE relativas ao ano de 2019 retornam em números absolutos a valor próximo da emissões avaliadas em 2009. De certa forma a inflexão constatada em 2014 contrariou uma tendência oriunda da série histórica analisada até o Relatório publicado em 2015 no qual todos os anos inventariados mantinham uma progressão de acréscimo de emissões. O Inventário de 2015 concluía com um prognóstico de dificuldades de redução de emissões nos anos seguintes, se mantida a tendência dos anos anteriores.

5 PERFIL COMUNITÁRIO DE GEE

A cidade de Belo Horizonte apresentou, ao longo do período compreendido neste inventário, dois cenários econômicos. O primeiro compreendido de 2009 a 2014 consiste em um cenário de expansão econômica, com conseqüente elevação da renda per capita e o outro compreendido a partir de 2014, com retração econômica. Os dados do PIB, apresentados na Tabela 16, limitam-se ao ano de 2017, dada a defasagem de aproximados dois anos na publicação de dados oficiais. Considerando que o Produto interno Bruto - PIB é um indicador de fluxo de novos bens e serviços finais produzidos durante um período e a natureza econômica do município, a expansão e retração deste indicador deu-se, sobretudo, no setor terciário, isto é, principalmente na prestação de serviços e no comércio. Essa evolução refletiu no perfil de emissões de GEE da cidade que acompanhou o movimento ascendente e descendente nos mesmos períodos.

A partir de 2014, nota-se um retraimento econômico compatível com a recessão ocasionada por uma associação de fatores econômicos e políticos no Brasil. No primeiro período (2009 a 2014) deu-se um crescimento médio de emissões de GEE da ordem de 27% e no segundo período (2014 a 2019) uma retração da ordem de 28%. A tabela 15 apresenta a evolução da população residente, das emissões de GEE, do PIB, do PIB per capita e das emissões per capita de GEE de Belo Horizonte no período em análise.

Tabela 16: Emissões totais, população e PIB*, Emissões per Capita entre 2009 e 2019

Ano	População Residente ⁴ (Habitantes)	Total de Emissões GEE (tCO ₂ e)	PIB ⁵ Valores de 2019 (R\$)	PIB Per Capita R\$/hab	Emissões per Capita tCO ₂ e /hab
2009	2.452.617 **	4.175.464	101.918.753.948	41.555	1,702
2010	2.375.151 *	4.604.790	104.045.809.542	43.806	1,939
2011	2.385.640 **	4.814.761	107.594.571.071	45.101	2,018
2012	2.395.785 **	5.008.765	112.235.529.026	46.847	2,091
2013	2.479.165 **	5.180.092	114.966.768.767	46.373	2,089
2014	2.491.109 **	5.318.001	113.111.973.122	45.406	2,135
2015	2.502.557 **	4.708.979	105.229.288.779	42.049	1,882
2016	2.513.451 **	4.353.719	98.553.583.338	39.210	1,732
2017	2.523.794 **	4.317.538	95.690.286.537	37.915	1,711
2018	2.501.576 **	3.995.783	-	-	1,597
2019	2.512.070 ***	4.160.083	-	-	1,656

As emissões per capita também apresentam o ápice em 2014, em que totalizam 2,135 tCO₂e /hab decrescendo em 2014 para 1,656 tCO₂e, o que implica um decréscimo de 22% entre os valores de 2014 e 2019. O Gráfico 16 apresenta a evolução de Emissões per Capita entre 2009 e 2019.

⁴ Fonte: *IBGE - Censo Demográfico; ** IBGE - Estimativas Populacionais (Lei Complementar n. 143/2013); *** FJP - Projeções populacionais - 2010-2040.

⁵ Fonte: IBGE (PIB preços correntes); BACEN (PIB Nacional preços do último ano e deflator implícito, disponível em <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/>>, acesso em 27 de agosto de 2020); SMPOG (estimativa dos valores de preços presentes considerando a aplicação no PIB nacional a valores presentes da participação de BH no PIB nacional em valores correntes).

EMISSÕES PER CAPITA (tCO₂e/hab)

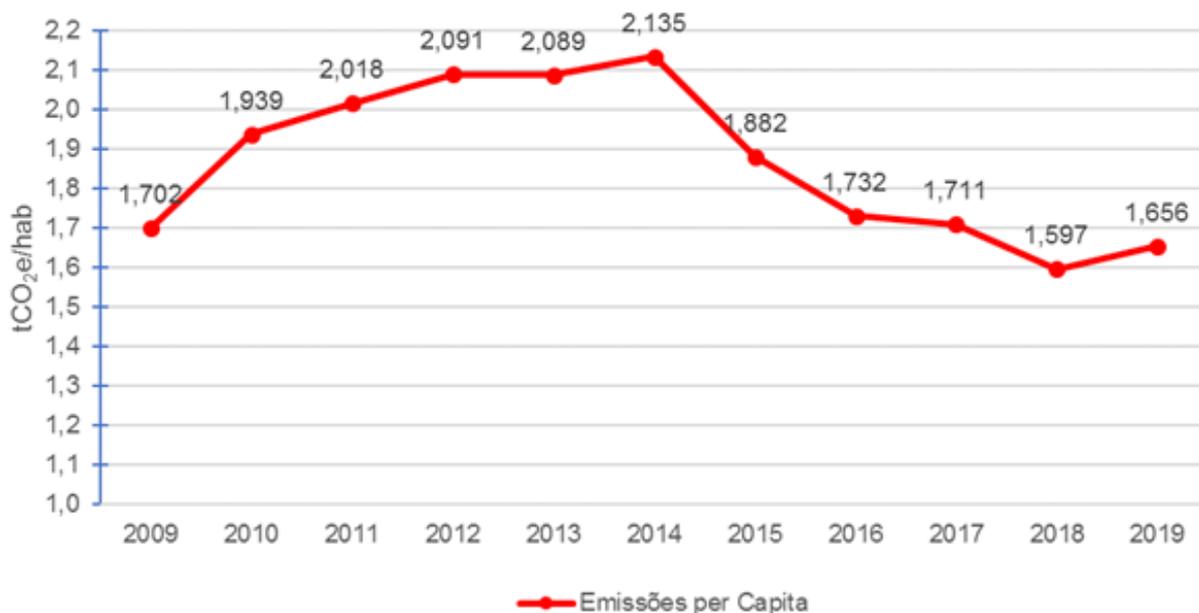


Gráfico 16 – Emissões per capita

O gráfico 17 apresenta a Evolução do PIB de 2009 a 2017 e o Gráfico 18 apresenta a evolução do PIB per Capita. A partir deles apreende-se o impacto significativo de um processo de recessão econômica, uma vez que a população residente amplia-se ao longo dos anos inventariados, acompanhado por um decréscimo significativo do PIB de 2013 a 2019. Analisando a evolução do PIB per Capita denota-se que o poder aquisitivo do belo horizontino se reduziu em 23% de 2013 a 2017, corroborando com a tese de aderência do indicador econômico com as emissões de GEE.

PIB CORRIGIDO 2019 - BILHÕES DE R\$



Gráfico 17 – Evolução PIB Corrigido 2019

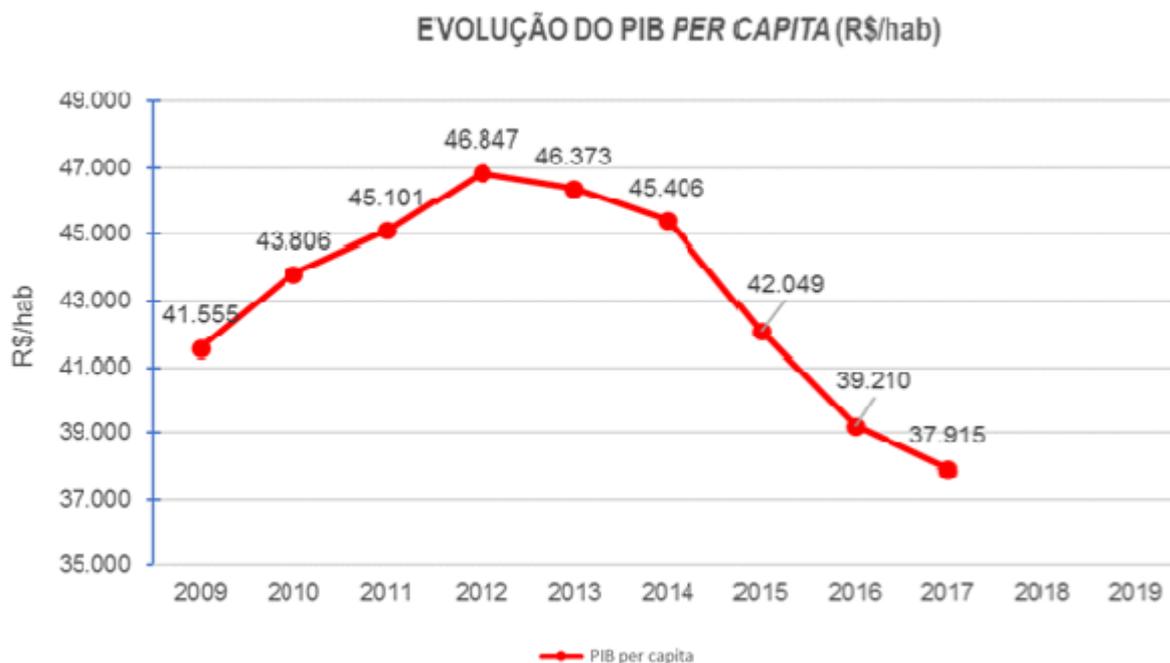


Gráfico 18 – Evolução do PIB per Capita

O gráfico 19 apresenta a evolução de emissões por PIB.

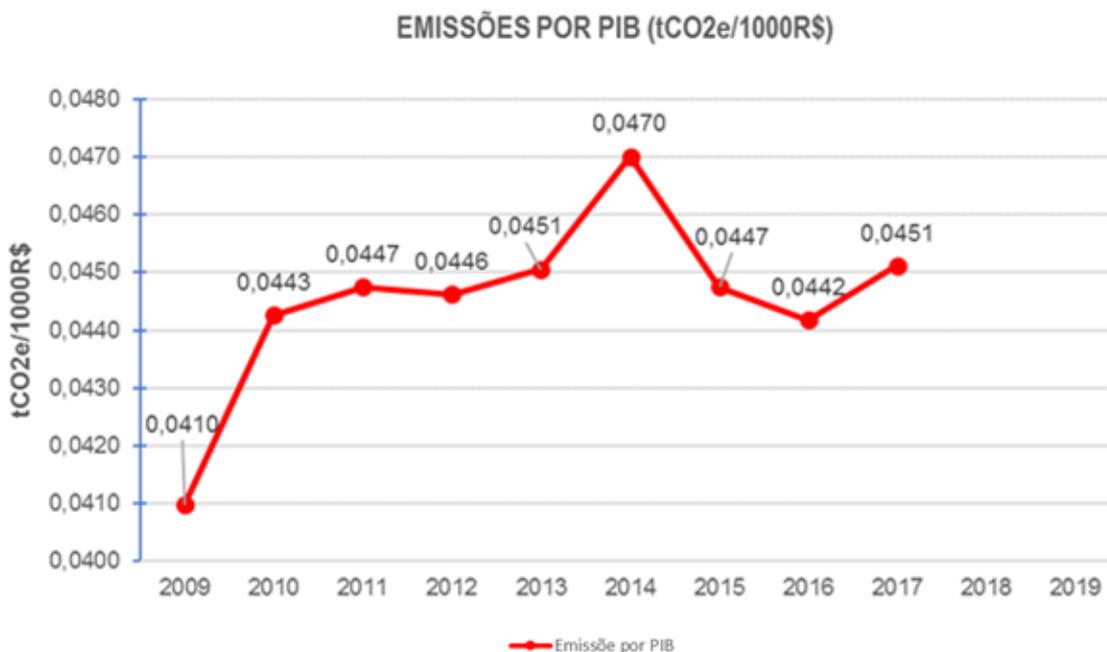


Gráfico 19 – Emissões por PIB

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução de emissões de GEE, se analisada dissociada do contexto sócio-econômico e de outras possíveis variáveis explicativas apresentadas ao longo das análises de emissões, podem induzir a uma interpretação de uma maior efetividade das políticas setoriais para o atendimento às metas de redução de emissões de GEE pactuadas, uma vez que a população de Belo Horizonte não diminuiu e as emissões diminuíram significativamente. No entanto, constata-se que a questão econômica vem condicionando significativamente a evolução das emissões. Não podemos, porém, minimizar a importância de políticas que se demonstraram efetivas na mitigação das emissões, como as usinas de aproveitamento energético implantadas nos aterros sanitários e na ETE Arrudas, a política de fornecimento de veículos bicombustíveis e a substituição do Etanol pela gasolina, que no entanto é também muito condicionada a política de preços praticada. Outras políticas de sustentabilidades aplicadas em vários setores da políticas públicas corroboram para essas reduções, apesar de não serem passíveis de desagregação para avaliação quantitativa, como os licenciamentos de empreendimentos de impacto que exigem implantação de medidas de sustentabilidade, políticas de promoção voluntária de medidas de sustentabilidade como o Selo de Sustentabilidade, programas de educação ambiental, e melhorias no transporte público, dentre outras.

Essa série prolongada de dados em Belo Horizonte (2000 a 2019) mostra a clara conexão dos índices econômicos com as emissões. O desafio para a administração pública encontra-se em definir um escopo de ações dentro do Plano de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa e de todas as políticas setoriais intervencionadas que mitiguem consistentemente as emissões em um cenário desejável de desenvolvimento econômico e em um ambiente de justiça social. Essa constatação só está sendo possível dada a longa série inventariada em nosso contexto local e isso capacita as instituições públicas, privadas e a comunidade a compreender melhor a dinâmica desta política setorial, as variáveis explicativas, as conexões e interdependência entre as políticas para mudanças mais consistentes com vias a redução de GEE.

Reitera-se que os indicadores demonstram a importância da mitigação com a redução de metano efetivada por meio da implantação das usinas de aproveitamento energético nos aterros sanitários e na ETE Arrudas. Portanto, estas iniciativas precisam ser considerados não somente a partir de uma análise custo x benefício, mas sobretudo na perspectiva do serviço ambiental prestado por estas unidades. A redução de resíduos em unidades de aterro é uma política que se faz necessária para decréscimos mais significativos neste setor. Essa ação demanda uma maior estrutura do poder local para fomentar outras modalidades de tratamento, mas também é de responsabilidade da sociedade civil e da cadeia econômica enquanto geradoras dos resíduos se comprometerem para efetivar reduções, reaproveitamentos e segregação que possibilite a destinação final mais adequada.

O setor de transportes é responsável pela maior parte das emissões de GEE locais, cabendo a todo o planejamento urbano e viário fomentar a mobilidade ativa, melhorar o sistema de transporte

público com vias a restringir veículos individuais e promover a substituição da matriz energética da frota para utilização de uma fonte mais limpa e de menor pegada de carbono.

Sendo assim, faz-se necessário que a Política Pública de Mudanças do Clima e todas as políticas setoriais intervenientes com as emissões de GEE se apropriem do diagnóstico que possibilita o inventário para promoção de ações mais efetivas para assegurar menor custo ambiental em cenários sócio-econômicos favoráveis.