4ª ATUALIZAÇÃO DO INVENTÁRIO DE GEE

5º Inventário Municipal de Emissões de GEE

RELATÓRIO TÉCNICO DE ATUALIZAÇÃO E EXTRAÇÃO DOS DADOS

PERÍODO: 2020

PREFEITURA
BELO HORIZONTE

Belo Horizonte, Março de 2021.

ELABORAÇÃO

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
Alexandre Kalil
Prefeito

Mário de Lacerda Werneck Neto
Secretário Municipal de Meio Ambiente
Coordenador do Comitê Municipal dobre 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
	Maria Consuelita Oliveira
	Sônia Mara Knauer
Elaboração Texto e Gráficos	
PBH - Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SMMA	Ana Paula Barbosa Vitor Oliveira Marques
	Maria Consuelita Oliveira

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 **6**
2 - METODOLOGIA **7**
3 EMISSÕES DE GEE POR SETOR **13**
3.1 FONTES ESTACIONÁRIAS DE ENERGIA 13
3.2 TRANSPORTE 19
3.3 SETOR RESÍDUOS 24
4 EMISSÔES TOTAIS **32**
5 PERFIL COMUNITÁRIO DE GEE **35**
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS **39**

LISTA DE SIGLAS

AFOLU	*Agriculture, Forests and Other Land Use* (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	*First order of decay (*decaimento de primeira ordem*)*
GEE	Gases de Efeito Estufa
GPC	*Global Protocol for Community-Scale GHG Emission*s (Protocolo Global para Emissões de GEE de Comunidades)
GWP	*Global Warming Potential* (Potencial de Aquecimento Global)
IPCC	*International Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima)
IPPU	*Industrial Processes and Product Use* (Emissões de GEE de Processos Industriais e Uso de Produtos)
MC	*Methane commitment* (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	*United Nations Framework Convention on Climate Change* (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 5º Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), referente ao ano de 2020, com o objetivo de estabelecer o perfil de emissões da cidade em uma projeção temporal na base metodológica atualmente adotada.

O inventário de emissões de GEE é pré-requisito para o estabelecimento de propostas de mitigação, constiuindo 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.



Foto: Bruno Lavorato-2019

Figura 1 – Foto ilustrativa da modernização da iluminação pública com luminárias de tecnologia LED em Belo Horizonte

Em Belo Horizonte a população estimada pelo IBGE em 2020 era de 2.521.564 habitantes distribuída em um território de 331 km^2, sendo o sexto município mais populoso do país e o mais populoso e adensado do Estado de Minas Gerais.

O PIB do Município atingiu em 2018 R$ 92 bilhões em valores correntes, o que representou uma participação de 15% do PIB do Estado e 1,3% do PIB nacional. Trata-se do quarto município brasileiro em termos de participação no PIB nacional. A economia do município se caracteriza pela

predominância do setor terciário, que abarca mais de 80% da riqueza produzida, com destaque para as atividades de comércio, serviços financeiros e imobiliários e administração pública.

1 - INTRODUÇÃO

Em 2015, a ONU propôs aos seus países membros uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para os próximos 15 anos, a Agenda 2030, composta pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre eles a ODS-13 refere-se a *Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos*"", tendo como medidas principais reforçar a resiliência das cidades e a capacidade de adaptação a riscos relacionados ao clima e às catástrofes naturais, integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos e melhorar a educação, aumentar a conscientização e a capacidade humana e institucional sobre mitigação, adaptação, redução de impacto e alerta precoce da mudança do clima.

As mudanças climáticas globais são uma realidade sem precedentes na história do planeta. Inúmeros estudos ao longo das últimas décadas mostram claras evidências do aquecimento global com impactos sociais, ambientais e econômicos. Segundo a Organização Meteorológica Mundial, em 2019, a temperatura média global atingiu o valor aproximado de 1,1°C acima dos níveis anteriores à Revolução Industrial do século XVIII, sendo que os últimos cinco anos foram também os mais quentes já registrados (WMO, 2020). O incremento futuro das temperaturas agravará o fenômeno e ampliará as dimensões e intensidades dos impactos já observados.

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.

Desde 2009 Belo Horizonte desenvolve uma Política Climática pautada em diferentes ações de planejamento, controle e mitigação das emissões de GEE que envolvem: a Lei Municipal 10.175, de maio de 2011, que Institui a Política Municipal de Mitigação dos Efeitos da Mudança Climática; o Comitê Municipal de Mudanças Climáticas e Ecoeficiência (CMMCE); a elaboração de inventários de GEE que colaboram no mapeamento das emissões de GEE desde 2009 e na proposição de ações de mitigação por meio do Plano de Redução de Gases de Efeito Estufa (PREGEE).

A atual análise de dados de 2009 a 2020, que constitui a 5ª Edição do Inventário de Emissões de Gases Efeito Estufa, fortalece o sistema de monitoramento contínuo, buscando aprimorar a metodologia aplicada, bem como trazer transparência ao processo, disponibilizando os dados na Plataforma Climas, software desenvolvido pela Way Carbon e utilizada neste inventário. A

participação do CMMCE foi fundamental para facilitar a coleta de informações e possibilitar a análise dos resultados.

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 5ª edição do Inventário atualiza os dados básicos para o cálculo das emissões de GEE, inserindo os dados de 2020, na mesma fundamentação metodológica.

As etapas para elaboração do presente inventário consitiram em:

- Encaminhamento de ofícios para os órgãos responsáveis pelas atividades vinculadas às fontes de emissões de GEE, conforme parametrização da Plataforma Climas, solicitando os dados necessários para atualização do sistema.

  Os dados de Belo Horizonte foram obtidos junto aos seguintes órgãos: COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais; CEMIG – Companhia energética de Minas Gerais; 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 Petroléo, que fornece os números relativos à venda de combustível;
- Inserção de dados na Plataforma Climas, pela SMMA;
- Obtenção das estimativas de emissões;
- Análise dos dados;
- Elaboração da 5º Edição do Inventário de Emissões de GEE.

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.

A **Metodologia GPC** identifica as emissões de GEE por setores e subsetores, sendo relacionados abaixo 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
6. Agricultura, Floresta e Uso da Terra

As emissões do Setor de Unidades Estacionárias, que estão subsetorizadas 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 subsetorizadas 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 subsetorizadas 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 5ª edição em conformidade com o Relatório anterior 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. 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. Não foi possível obter informações para inserção de dados nesta 5ª edição que pudessem correlacionar as emissões locais relativas a este meio de transporte. Tal exclusão também foi observada no Relatório anterior.

- **Processos Industriais e Uso de Produtos** (pela sigla **IPPU**, em inglês, referente ao volume de mesmo nome do IPCC) foram desconsiderados nesta atualização, seguindo a mesma metodologia do Relatório anterior. 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.

- 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.

- 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.

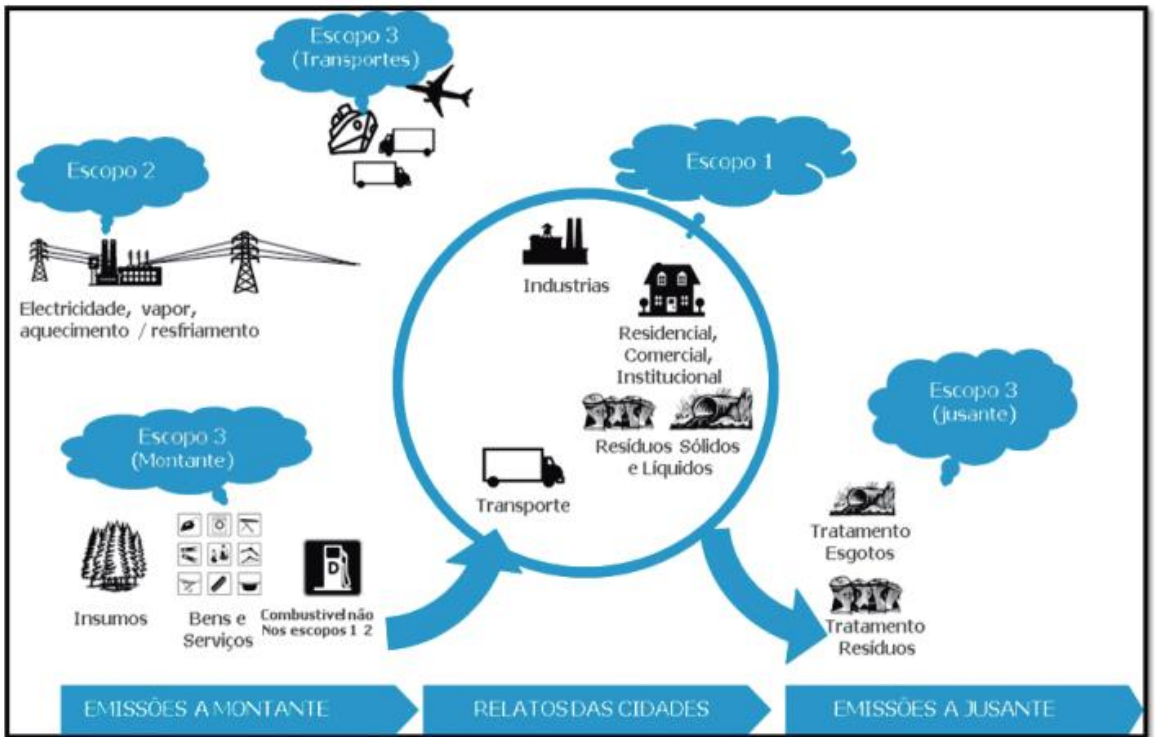
- Emissões fugitivas, que seriam as emissões de metano por vazamentos na linha de distribuição de Gás Natural na cidade, também foram desconsideradas. Essas emissões foram estimadas no inventário 2000 a 2007 por meio de fatores de emissão genéricos fornecidos pelo IPCC e se revelaram irrelevantes. Ademais, 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 analise comparativa entre os muncípios 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.

A GASMIG reporta atualização de parâmetros a partir da Resolução n° 21 de 13 de novembro de 2019, quando a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico - SEDE, aprovou a nova estrutura tarifária para os serviços de distribuição de gás canalizado em Minas Gerais. A partir desta publicação, houve a adequação dos clientes ao novo desenho tarifário, com a manutenção de grande parte dos clientes em categorias tarifárias equivalentes, tendo sido este processo concluído no segundo trimestre de 2020. Merece destaque a migração, principalmente, dos clientes que estavam alocados nas categorias tarifárias "*Pequenos Clientes não Residenciais*" (PC-01) "*Pequeno Comércio*" e *"Uso Geral"* (UG-01) para a categoria Comercial e Industrial de

menor consumo (CI-01) **"*Comercial*"**. Deste modo neste 5° Inventário foi incluído o parâmetro "Comercial" na Plataforma Climas.

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 tratamento dos efluentes líquidos nas Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs e as oriundas de lançamento de esgotos brutos diretamente nos cursos dágua foram avaliadas pela COPASA, 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 tCO_2e, 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 (emissões Escopo 2) e também aquelas que originam 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 (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). Emissões de hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6), 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 CO_2 equivalente

(tCO_2e) de acordo com os potenciais de aquecimento global (GWP). Os valores de GWP[1] variaram do período de 2009 a 2012 para o período de 2013 a 2020, conforme **Quadro 1**.

Gás	Potencial de Aquecimento Global (GWP)	
	Ano – 2009 a 2012	Ano – 2013 a 2020
CO_2	1	1
CH_4	21	25
N_2O	310	298
CO_2 renovável	1	1

Quadro 1: GWP dos gases de efeito estufa

Aplicando os dados dos inventários anteriores (2009 a 2013) à Plataforma Climas (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 duas abordagens para o setor esíduos, tendo sido a de Comprometimento de Metando a adotada pela Platafoma Climas.

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, comércios e indústrias.
- Escopo 2: inclui emissões 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.

[1] 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 CO_2 (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.

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

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

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 tCO2e. 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 especificas, com vistas à melhoria da infraestrutura local.

As emissões de GEE apresentam declínio entre 2015 e 2016, oscilando a partir de 2017. Analisando os dados de 2014 com 2020, constatamos queda acentuada de 62% de emissões de GEE relacionadas ao precursor Eletricidade.

Observa-se que houve redução de aproximadamente 10% de emissões totais de GEE comparando os anos de 2019 e 2020, retrantando os efeitos da crise sanitária em Belo Horizonte que adotou medidas restritivas consoante com as recomendações do Comitê de Enfrentamento à Epidemia da Covid-19 instalado no município em 17 de março de 2020.

PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Diesel / Brasil	24.554	31.736	32.682	45.731	48.232	23.256	11.053	9.772	13.618	18.594	14.327	13.657
Eletricidade / Brasil	94.740	206.499	123.844	282.165	427.474	614.716	542.482	353.517	396.864	313.508	314.406	232.859
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	249.328	247.361	244.416	231.058	215.494	210.230	222.625	230.829	222.927	217.157	226.977	252.937
Gás natural	124.748	140.309	130.787	120.893	102.248	126.534	90.393	63.607	74.216	98.317	112.732	102.742
Óleo combustível	4.769	4.778	3.498	3.052	4.525	2.998	1.729	1.769	896	2.317	1.999	615
TOTAL	**498.139**	**630.683**	**535.226**	**682.898**	**797.972**	**977.733**	**868.281**	**659.494**	**708.520**	**649.892**	**670.440**	**602.810**

Tabela 1 – Emissões Setor I – Fontes Estacionárias de Energia Desagregadas por Precursor

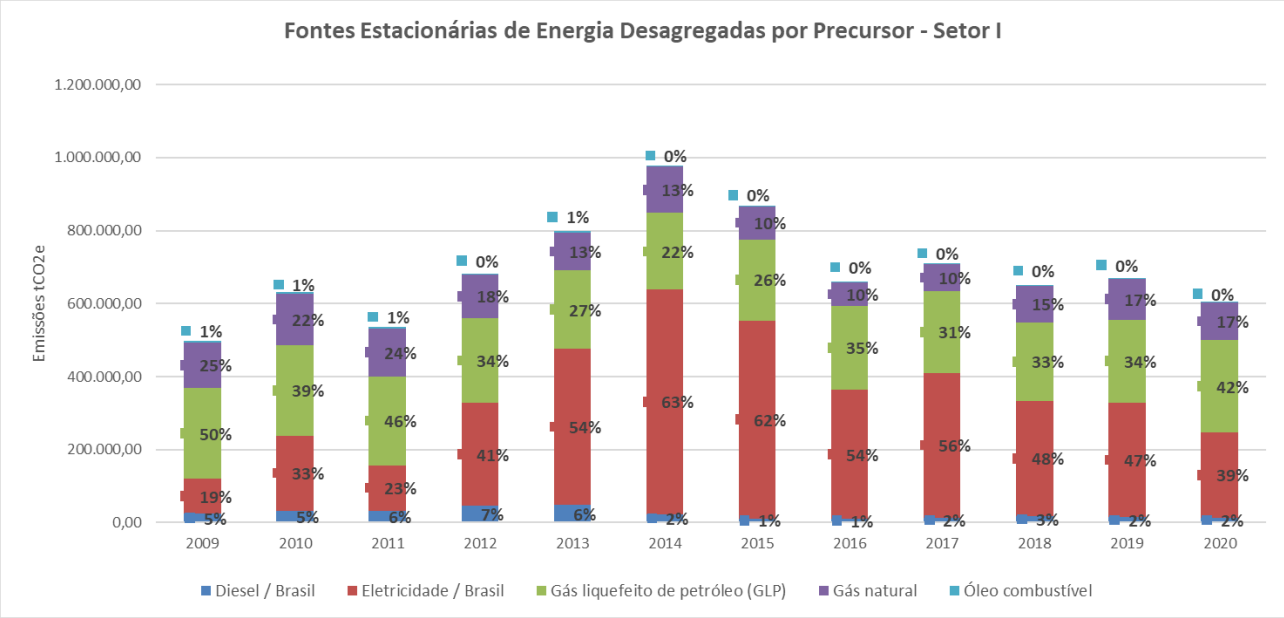


Gráfico 1 – Emissões de GEE de BH – Fontes Estacionárias de Energia por Precursores

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 12 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.

Observa-se que de 2019 a 2020 houve redução de emissão de GEE em todos os Subsetores analisados, condizentes com o cenário sanitário iniciado em março de 2020, com adoção de medidas de isolamento social e interrupção de atividades comerciais e de serviços no município, adotadas em observação aos parâmetros sanitários vigentes.

Percentualmente constata-se um aumento de emissão total de GEE para o Subsetor Construções Residencias, passando de 47% em 2019 para 49% em 2020, seguido de redução percentual para o Subsetor de Construções/Comercial e Institucional de 31% para 30%, mesma tendência de queda observada no Subsetor Indústria de Manufatura e Construção passando de 22% em 2019 para 21% em 2020.

SUBSETOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
I.1 Construções residenciais	243.084	287.908	248.957	295.324	324.801	376.687	366.899	311.013	328.476	305.080	314.127	295.286
I.2 Construções / 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	178.883
I.3 Indústria de manufatura e construção	163.484	207.686	183.920	207.091	215.609	238.708	172.725	117.923	135.773	143.746	150.218	128.640
TOTAL	**498.139**	**630.683**	**535.226**	**682.898**	**797.972**	**977.733**	**868.281**	**659.494**	**708.520**	**649.892**	**670.440**	**602.810**

Tabela 2 – Emissões Fontes Estacionárias desagregadas Subetor em tCO_2e

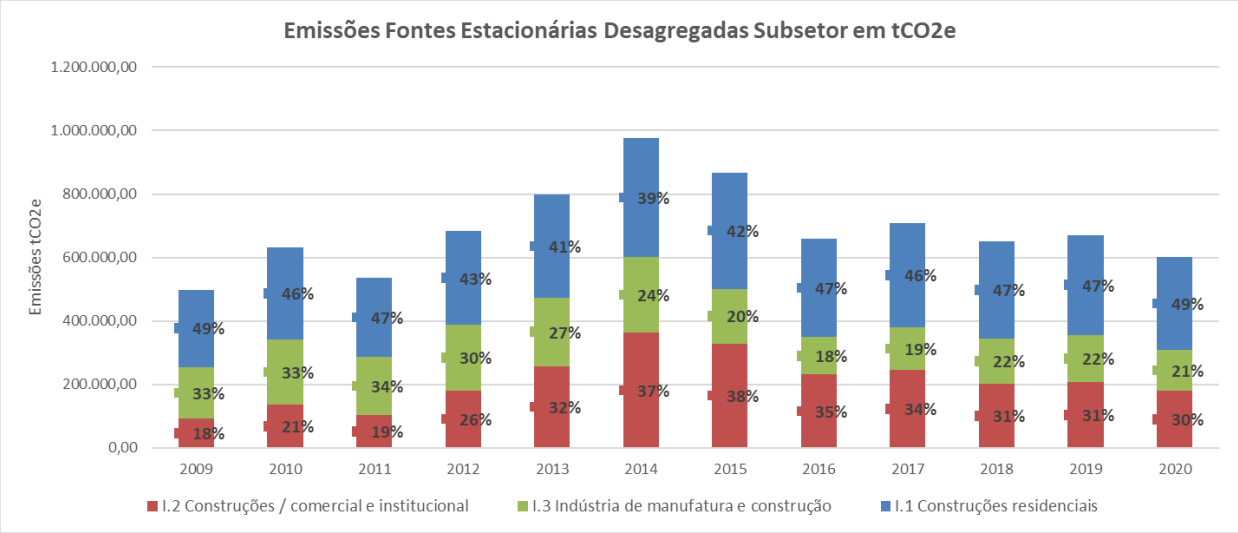


Gráfico 2 – Emissões de GEE– Fontes Estacionárias de Energia desagregada por Subsetor

Para possibilitar maiores detalhes da dinâmica das emissões relativas às fontes estacionárias, apresentam-se emissões de GEE dos Subsetores Desagregados por Precursores. Por meio deles é possível identificar a tendência de substituição de fontes energéticas no município.

A **Tabela 3** e o **Gráfico 3** apresentam as emissões do Subsetor 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, representando todavia apenas 3% do total de emissões deste subsetor em 2019, passando a 4% do total de emissões deste subsetor no ano de 2020.

PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Eletricidade / Brasil	35.193	75.795	43.357	97.977	150.220	222.210	197.594	131.230	147.932	119.882	123.316	104.144
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	207.891	212.113	205.600	197.347	174.428	154.150	168.780	178.195	174.903	176.247	180.243	178.369
Gás natural	0	0	0	0	153	327	525	1.588	5.641	8.951	10.568	12.774
TOTAL	**243.084**	**287.908**	**248.957**	**295.324**	**324.801**	**376.687**	**366.899**	**311.013**	**328.476**	**305.080**	**314.127**	**295.286**

Tabela 3 – Emissões do Subsetor Residencial Desagregadas por Precursor

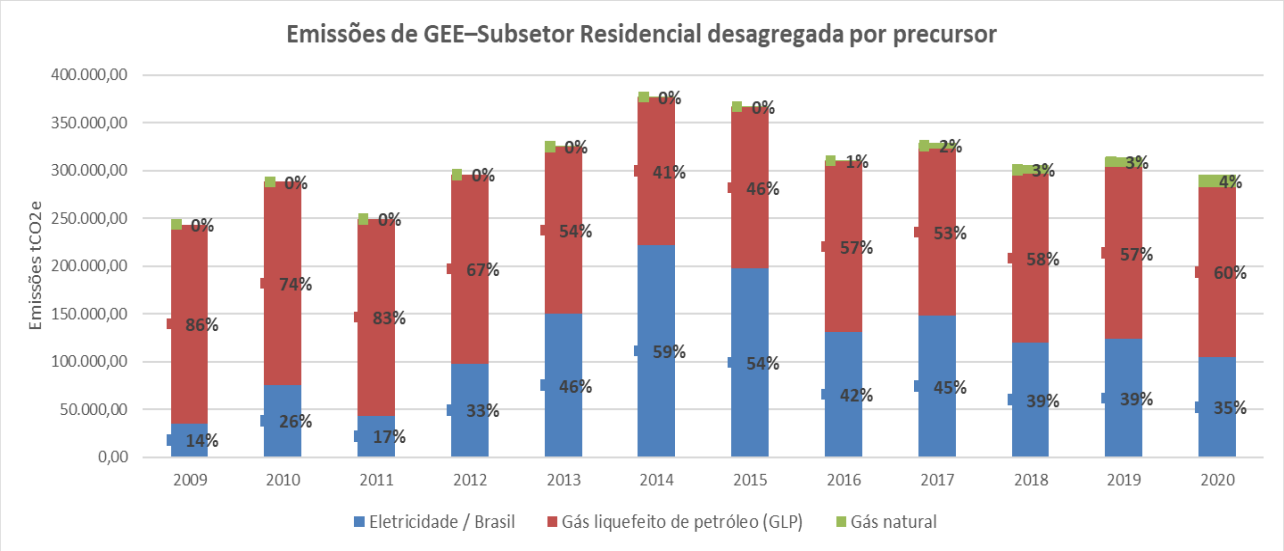


Gráfico 3 – Emissões de GEE–Subsetor Residencial Desagregada por Precursor

A **Tabela 4** e o **Gráfico 4** apresentam as emissões do Subsetor Comercial/Institucional desagregadas por precursores.

De 2009 a 2014, observa-se um crescimento elevado de emissões, decorrente do acentuado consumo de energia elétrica no subsetor, variando de 44.147 tCO_2e em 2009 para 307.939 tCO_2e em 2014, em um acréscimo de aproximadamente 598%, demonstrando aceleração de atividade do terceiro setor consumidora de energia elétrica.

No mesmo período de 2009 a 2014 o consumo de GLP elevou-se com pequenas variações, com crescimento acentuado em 2020, apresentando o maior valor de emissão de GEE totalizando 69.230 tCO_2e, sendo o único precursor neste Subsetor Comercial/Institucional a apresentar tendência de alta comparativamente a 2019, com percentual de 74%.

PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Diesel / Brasil	6.020	6.615	7.354	7.742	4.782	3.119	2.229	2.229	1.844	3.442	6.671	5.796
Eletricidade / Brasil	44.147	95.952	60.288	141.298	214.697	307.939	278.130	178.694	196.068	153.284	155.866	103.242
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	36.565	27.891	30.529	28.180	34.875	46.495	44.547	45.139	41.055	40.084	39.761	69.230
Gás natural	2.029	2.212	2.229	1.931	1.681	2.995	2.021	2.727	4.486	2.454	2.399	0
Óleo combustível	2.810	2.420	1.950	1.332	1.527	1.789	1.729	1.769	817	1.803	1.398	615
TOTAL	**91.571**	**135.089**	**102.349**	**180.483**	**257.562**	**362.338**	**328.657**	**230.558**	**244.272**	**201.066**	**206.095**	**178.883**

Tabela 4 – Emissões Subsetor Comercial / Institucional Desagregadas Precursores em tCO_2e

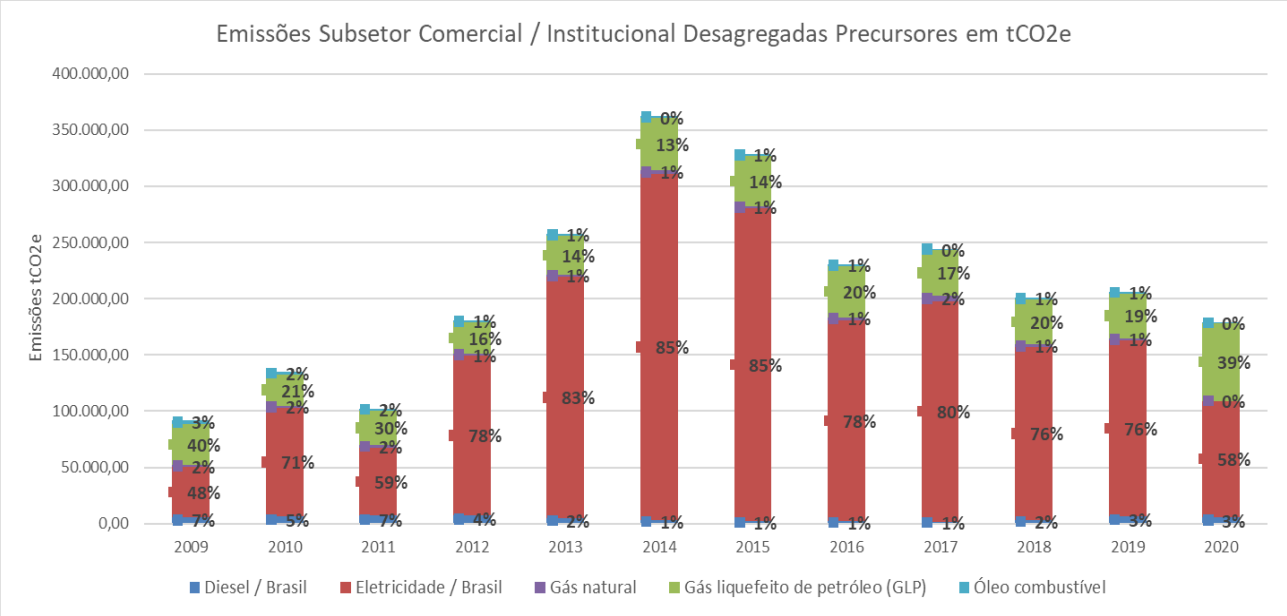


Gráfico 4 – Emissões de GEE–Subsetor Comercial/Institucional Desagregada por Precursor

A **Tabela 5** e o **Gráfico 5** apresentam as emissões do Subsetor Industrial Desagregadas por Precursores. Ao longo dos 12 anos apresentados neste inventário as emissões de GEE derivadas do Gás Natural representam a maior fonte emissora neste Subsetor.

Observa-se em 2020 queda em todos os precursores analisados comparativamente a 2019, exceto diesel, com queda total na emissão de GEE de aproximadamente 14%. A maior queda constatada foi na eletricidade com queda em 2020 de 28% em relação da 2019, seguido do gás liquefeito de petróleo com queda de 23% comparando com 2019. Novamente os dados registram o cenário municipal de restrições, observando as recomendações sanitárias impostas.

PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Diesel / Brasil	18.534	25.121	25.328	37.989	43.450	20.137	8.824	7.542	11.773	15.152	7.656	7.861
Eletricidade / Brasil	15.400	34.752	20.199	42.890	62.556	84.566	66.757	43.593	52.863	40.342	35.224	25.473
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	4.872	7.357	8.287	5.531	6.191	9.585	9.298	7.496	6.969	826	6.972	5.338
Gás natural	122.719	138.098	128.558	118.962	100.414	123.212	87.847	59.292	64.089	86.912	99.765	89.968
Óleo combustível	1.959	2.358	1.547	1.720	2.998	1.209	0	0	78	514	601	0
TOTAL	**163.484**	**207.686**	**183.920**	**207.091**	**215.609**	**238.708**	**172.725**	**117.923**	**135.773**	**143.746**	**150.218**	**128.640**

Tabela 5 – Emissões Subsetor Industrial Desagregadas Precursores em tCO_2e

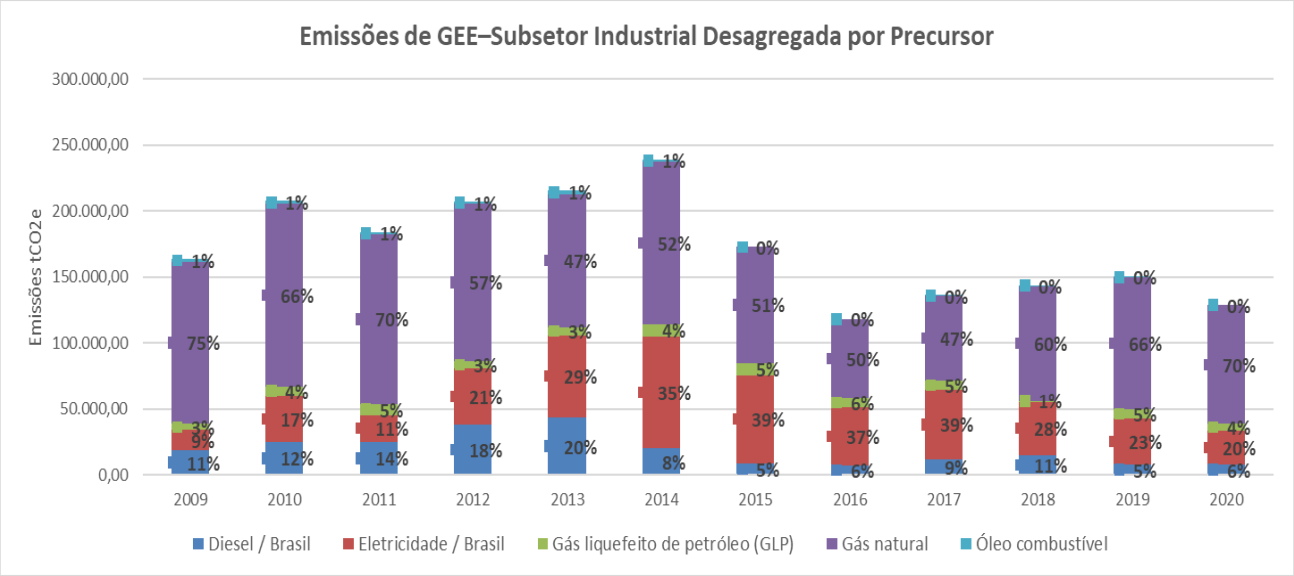


Gráfico 5 – Emissões de GEE–Subsetor Industrial desagregada por precursor

3.2 SETOR TRANSPORTE

Belo Horizonte tem contribuição dos seguintes modais de transporte: rodoviário, ferroviário e aviação. As emissões consideradas no presente inventário referem-se à queima de combustíveis do transporte terrestre e aéreo, avaliadas por meio do consumo de combustíveis conforme locação geográfica definidas por escopo.

O **Quadro 3** sintetiza os Subsetores correlacionando-os com os escopos e precursores conforme identificados em Belo Horizonte para o Setor Transporte.

SETOR	SUBSETOR	ESCOPO	PRECURSOR
II. Transporte/Unidades Móveis	II.1 Transporte Terrestre	Escopo 1	Diesel / Brasil
			Etanol hidratado
			Gasolina / Brasil
			Gás liquefeito de petróleo (GLP)
			Gás natural veicular (GNV)
			Querosene
			Óleo combustível
	II.2 Aviação	Escopo 1	Diesel / Brasil
			Querosene de aviação
			Gasolina de aviação
		Escopo 3	Querosene de aviação
			Gasolina de aviação

Quadro 3 – Subsetor, Escopos e Precursores do Setor Transporte

As emissões do Subsetor Transporte Terrestre correspondem àquelas com origem em Belo Horizonte (Escopo 1). 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.

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 localizado a 9 km do centro de Belo Horizonte e Aeroporto Carlos Prates localizado, situado a 7,1 km do centro da cidade; e o Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins, a 40 km do centro de Belo Horizonte, na Região Metropolitana, que compõe emissões alocadas no Escopo 3.

A **Tabela 6** e o **Gráfico 6** apresentam as emissões do Setor Transporte Desagregadas por Subsetor. O transporte terrestre é o responsável pela maior parte das emissões de GEE móveis atribuídas ao Setor Transporte de Belo Horizonte, com média de 76% ao longo da projeção de 2009 a 2020.

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 2020 retratam a situação pandêmica mundial com reflexos em Belo Horizonte, apresentando redução de emissão de GEE de 28% em relação a 2019.

O Subsetor da Aviação foi o mais impactado com o cenário de pandemia mundial, refletindo fortemente em Belo Horizonte, com queda de emissões de GEE em 2020 de 58% comparativamente a 2019. O Subsetor Transporte Terrestre apresentou queda de emissão de GEE de 17% em relação a 2020.

SUBSETOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
II.1 Transporte terrestre	1.806.966	2.087.399	2.270.713	2.309.951	2.243.578	2.285.408	1.938.144	2.002.794	1.960.728	1.834.707	1.696.261	1.405.088
II.4 Aviação	470.650	601.400	762.623	808.667	794.415	777.915	700.229	629.666	621.882	632.288	654.435	277.221
TOTAL	**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**	**1.682.309**

Tabela 6 – Emissões do Setor Transporte desagragadas por Subsetor

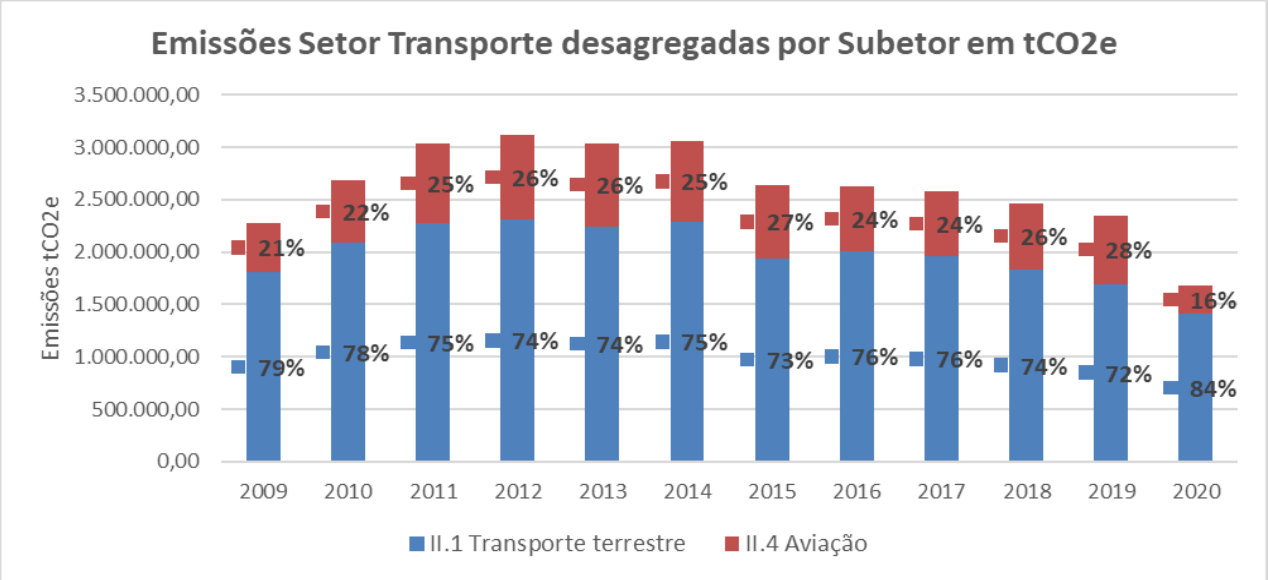


Gráfico 6 – Emissões de GEE – Setor Transporte desagregada por Subsetor

As emissões do Subsetor Transporte Terrestre por Precursores são variáveis, conforme apresentado na **Tabela 7** e **Gráfico 7**.

PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Diesel / Brasil	693.921	710.146	736.938	634.652	613.358	643.177	596.994	593.861	556.452	824.753	810.472	655.579
Etanol hidratado	3.176	2.079	1.134	969	1.447	1.449	4.290	3.322	3.608	6.377	8.537	6.791
Gasolina / Brasil	1.041.389	1.312.477	1.463.166	1.626.557	1.584.075	1.597.756	1.295.148	1.366.342	1.361.672	955.890	832.615	712.106
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	511	610	285	539	678	671	638	677	634	489	506	481
Gás natural veicular (GNV)	49.878	41.463	40.665	43.891	41.598	40.657	39.437	36.962	36.630	46.776	43.949	30.132
Querosene	0	0	745	573	455	417	290	164	114	0	0	0
Óleo combustível	18.091	20.624	27.780	2.770	1.967	1.282	1.347	1.464	1.619	421	182	0
TOTAL	**1.806.966**	**2.087.399**	**2.270.713**	**2.309.951**	**2.243.578**	**2.285.408**	**1.938.144**	**2.002.794**	**1.960.728**	**1.834.707**	**1.696.261**	**1.405.088**

Tabela 7 – Emissões do Transporte Terrestre Desagregadas por Precursor

Para fins de apresentação gráfica agregou-se o etanol hidratado, GLP, GNV, querosene e óleo combustível em "outros" por somarem baixas emissões comparativamente à gasolina e diesel, conforme **Tabela 7(a).**

PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Diesel / Brasil	693.921	710.146	736.938	634.652	613.358	643.177	596.994	593.861	556.452	824.753	810.472	655.579
Gasolina / Brasil	1.041.389	1.312.477	1.463.166	1.626.557	1.584.075	1.597.756	1.295.148	1.366.342	1.361.672	955.890	832.615	712.106
Outros	71.656	64.776	70.608	48.742	46.144	44.475	46.002	42.590	42.605	54.064	53.174	37.403
TOTAL	**1.806.966**	**2.087.399**	**2.270.713**	**2.309.951**	**2.243.578**	**2.285.408**	**1.938.144**	**2.002.794**	**1.960.728**	**1.834.707**	**1.696.261**	**1.405.088**

Tabela 7(a) – Emissões do Transporte Terrestre aglutinada

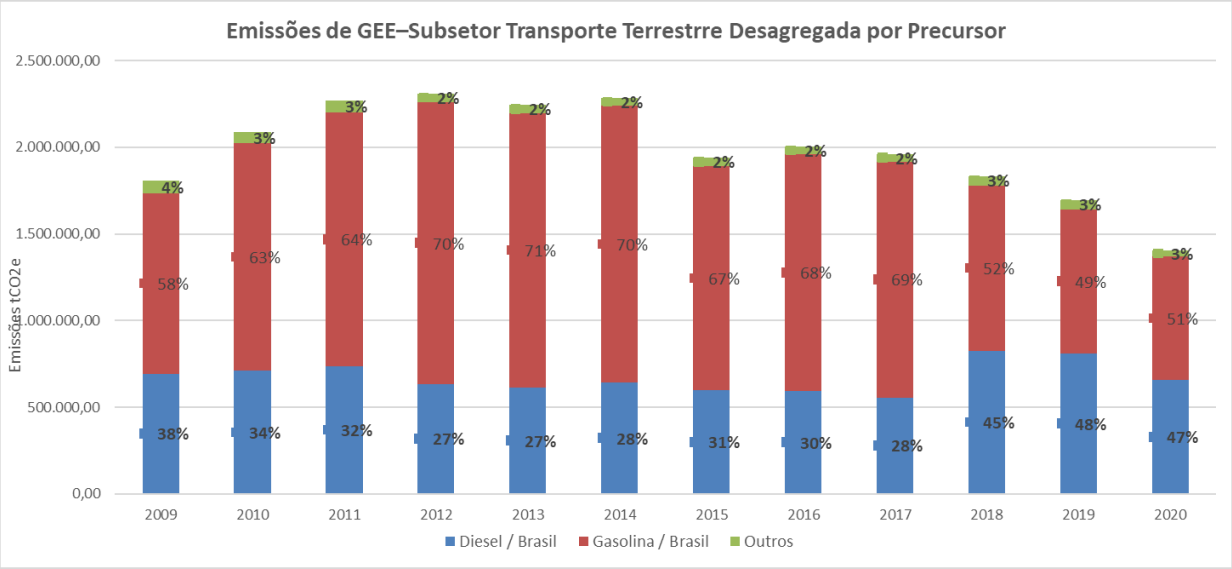


Gráfico 7– Emissões de GEE – Subsetor Transporte Terrestre Desagregada por Precursor

A gasolina é responsável pela maior parte das emissões de GEE do Setor Transporte Terrestre. Do período de 2009 a 2014 denota-se acréscimo de emissões com pequenas variações. A partir de 2016, registra-se um decréscimo de emissões deste Precursor alcançando o patamar inferior em 2020 de 712.106 tCO_2e. Analisando os dados da gasolina de 2019 e 2020 observa-se queda de emissões de GEE de 14%, refletindo o cenário sanitário no município.

Analisando as emissões de GEE relativa ao diesel observa-se que manteve relativamente estável até 2017 com significativa elevação em 2018 e 2019. Em 2020 houve queda de 19% comparativamente a 2019, demonstrando novamente o impacto da pandemia em Belo Horizonte.

Analisando os dados de 2019 e 2020 observamos queda de emissões totais de GEE do Subsetor de Transporte Terrestre de 17%.

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 em substituição à gasolina, 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 2020. Em 2020 foram comercializados 506.087 m3 de Etanol que emitem 6.791 tCO_2e, enquanto 409.803 m3 de gasolina emitem 712.106 tCO_2e, ou seja a emissão de GEE do Etanol representa da ordem de 0,95% 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 emissora como o caso do Etanol como medida mitigadora às mudanças climáticas.

PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Etanol	263.903	172.729	94.196	80.515	107.860	107.978	319.716	247.598	268.884	475.294	636.246	506.087
Gasolina	583.494	723.389	806.444	854.670	868.233	895.088	741.149	786.302	783.614	550.095	479.153	409.803
TOTAL	**847.397**	**896.118**	**900.640**	**935.185**	**976.093**	**1.003.066**	**1.060.865**	**1.033.900**	**1.052.498**	**1.025.389**	**1.115.399**	**915.890**

Tabela 8 – Venda de combustíveis Etanol x Gasolina (m3) de 2009 a 2020

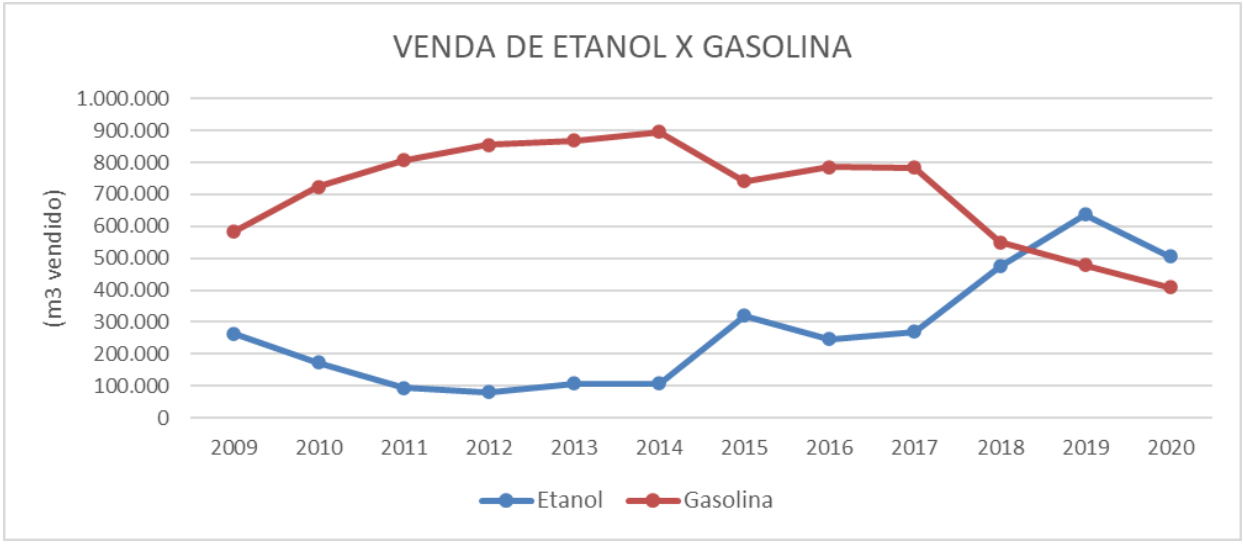


Gráfico 8 – Venda de combustíveis Etanol x Gasolina (m^3)

A **Tabela 9** e o **Gráfico 9** apresentam as emissões de GEE do Subsetor Aviação Desagregadas por Precursor, onde percebe-se claramente o papel preponderante do querosene de aviação, que apresentou um crescente de 2009 a 2012, quando foi responsável pela emissão de 803.902 tCO_2e. A partir de então observa-se um declínio, com queda acentuada em 2020 devido a crise sanitária mundial que afetou fortemente o setor da aviação, com emissões de 275.254 tCO_2e, representando queda de 58% em relação a 2019.

PRECURSOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Gasolina de aviação	3.660	4.232	4.281	4.627	4.116	4.380	3.375	3.049	3.115	2.961	2.606	1.967
Querosene de aviação	466.991	597.169	758.290	803.902	790.134	773.343	696.619	626.551	618.767	629.328	651.830	275.254
TOTAL	**470.650**	**601.400**	**762.572**	**808.529**	**794.250**	**777.723**	**699.994**	**629.600**	**621.882**	**632.288**	**654.435**	**277.221**

Tabela 9 – Emissões de GEE – Subsetor Aviação Desagregadas por Precursor

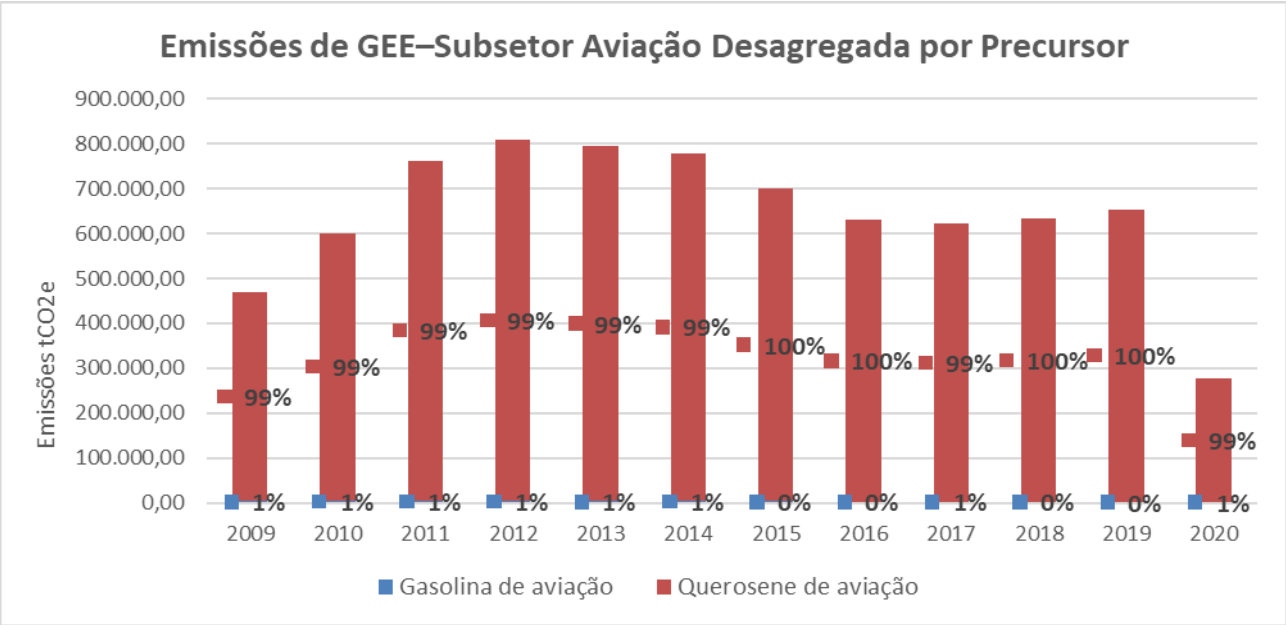


Gráfico 9 – Emissões de GEE – Subsetor Aviação Desagregada por Precursor

A **Tabela 10** e o **Gráfico 10** apresentam as emissões de GEE do Subsetor 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. Observa-se que em relação ao Escopo 1 os dados de 2020 permaneceram relativamente estáveis em relação a 2019, entretanto nota-se queda de 60% em relação ao Escopo 3, reflexo da grave crise sanitária com restrições mundial de mobilidade, que impactou fortemente o modal aéreo no município.

ESCOPO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Escopo 1	42.817	54.198	57.448	56.573	52.443	48.166	30.307	21.614	22.697	22.975	21.758	22.097
Escopo 3	427.833	547.202	705.124	751.957	741.807	729.557	669.688	607.986	599.185	609.313	632.678	255.124
TOTAL	**470.650**	**601.400**	**762.572**	**808.529**	**794.250**	**777.723**	**699.994**	**629.600**	**621.882**	**632.288**	**654.435**	**277.221**

Tabela 10 – Emissões de GEE - Subsetor Aviação Desagregadas por Escopo

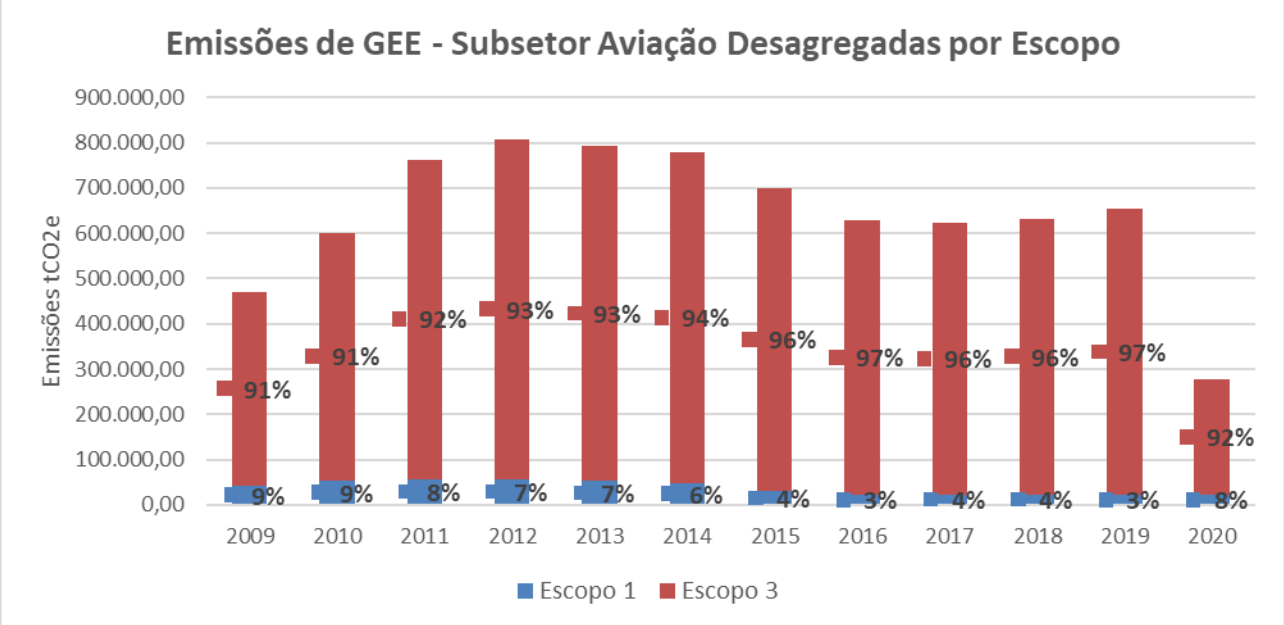


Gráfico 10 – Emissões de GEE – Subsetor Aviação Desagregadas por Escopo

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 e III.4 Efluentes Líquidos. Na sequência apresenta-se uma caracterização do Setor no município para possibilitar a identificação das emissões de GEE, conforme modalidade de tratamento e destinação final, no espaço territorial vinculado aos sistemas.

SETOR	SUBSETOR	ESCOPO	PRECURSOR
III. Resíduos	III.1 Disposição de Resíduos Sólidos	Escopo 1	CH4
			Resíduos clínicos
			Resíduos sólidos urbanos / Madeira
			Resíduos sólidos urbanos / Resíduos de jardins e parques
			Resíduos sólidos urbanos / Resíduos não separados / América do Sul
		Escopo 3	CH4
			Resíduos clínicos
			Resíduos sólidos urbanos / Madeira
			Resíduos sólidos urbanos / Resíduos de jardins e parques
			Resíduos sólidos urbanos / Resíduos não separados / América do Sul
	III.2 Tratamento Biológico	Escopo 1	Resíduos sólidos urbanos / Resíduos não separados / Úmidos
		Escopo 3	Resíduos sólidos urbanos / Resíduos não separados / Úmidos
	III.3 Incineração de Resíduos	Escopo 3	Industrial waste / Wood and wood products
			Resíduos industriais / Produtos de petróleo, solventes, plásticos
	III.4 Efluentes Líquidos	Escopo 1	CO2

Quadro 4 – Subsetor, Escopos e Precursores do Setor Resíduos

a) Resíduos Sólidos

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

O aterro sanitário da CTRS BR-040 entrou em operação em 1975 e encerrou suas atividades, oficialmente, em dezembro de 2007 com início de seu descomissionamento 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. Na CTRS BR-040 ainda continuaram a ser aterrados até 2017 os resíduos de serviços de saúde - RSS, resíduos de construção civil e demolição - RCD e resíduos públicos urbanos.

A captação de biogás no aterro sanitário da CTRS BR-040 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. A energia elétrica gerada é comprada pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) e distribuída por sua rede.



Figura 2 - Central de Aproveitamento Energético do Biogás na CTRS BR-040

Em julho de 2007 foi iniciada a destinação de resíduos sólidos urbanos de Belo Horizonte para a CTRS Macaúbas e a partir de março de 2018 são encaminhados para esta unidade os resíduos de construção e demolição e volumosos.

O aproveitamento do biogás e geração de energia na CTRS Macaúbas foi iniciado em agosto de 2017 operados também pela ASJA, conectada à rede elétrica da Cemig e distribuída para o uso dos mais diversos consumidores.

No aterro sanitário de Macaúbas são depositados resíduos de diversos municípios e empresas, 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 de volumes por tipologia enviados à unidade, referindo-se neste caso às vinculadas à geração do município, monitorados pela Superidencia de Limpeza Urbana - SLU.

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: disposição de resíduos sólidos, tratamento biológico e incineração de resíduos classificados como subsetores III.1, III.2 e III.3, respectivamente.

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 eficência 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 limite dos municípios de Belo Horizonte e Sabará. Em 2012 foi implantada, no local, uma usina de geração de energia elétrica a partir do biogás.



Figura 3 - ETE Arrudas – Cogeração

- 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.



Figura 4 – 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 e em alguns casos por 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 – MC 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 BR-040 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 no aterro de Macaúbas. Ambas consistem em medidas mitigadoras das emissões dos aterros.

A **Tabela 11** apresenta as emissões relativas aos resíduos sólidos aterrados com somatório das duas centrais de tratamento CTRS BR-040 e CTRS Macaúbas compreendendo as emissões estimadas da aterragem de resíduos, reduções de emissão decorrentes das usinas de aproveitamento energético (mitigação) e 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 Sólidos.

Com as usinas de aproveitamento energético deixaram de ser lançados na atmosfera 2.249.244 tCO_2e referente aos resíduos aterrados, no período de compreendimendo entre 2010 e 2020 (somatório das remoções na Usina de Aproveitamento Energético).

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.

ORIGEM DAS EMISSÕES DE GEE	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
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	1.177.371
Usinas de aproveitamento do biogás	-20.561	-188.152	-258.268	-220.308	-155.263	-86.471	-71.959	-59.104	-178.154	-310.945	-314.765	-385.293
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	792.077

Tabela 11 – Emissões de GEE do Aterro, Remoção na Usina e Aterro Mitigado

A **Tabela 12** e **Gráfico 11** apresentam as emissões que totalizam as modalidade de tratamento de resíduos sólidos no município vinculados diretamente às emissões de GEE compreendendo Disposição de Resíduos Sólidos - Aterros Mitigados (subsetor III.1), Tratamento Biológico - Compostagem (subsetor III.2) e Incineração - Aproveitamento Energético de Pneus e Madeira (subsetor III.3).

ORIGEM DAS EMISSÕES	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
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	792.077
Compostagem (III.2)	447	658	580	579	632	478	462	374	342	369	482	162
Aproveit. Energ. Pneus e Madeira (III.3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	425	399
Total de Emissões Res. Sólidos (III.1 + III.2 + III.3)	1.268.803	1.144.618	1.070.946	1.025.217	1.176.377	1.095.941	1.064.934	936.232	889.596	756.971	984.403	792.638

Tabela 12 – Emissões de GEE do Aterro Mitigado, Compostagem e Aproveitamento Energético de Pneus e Madeira

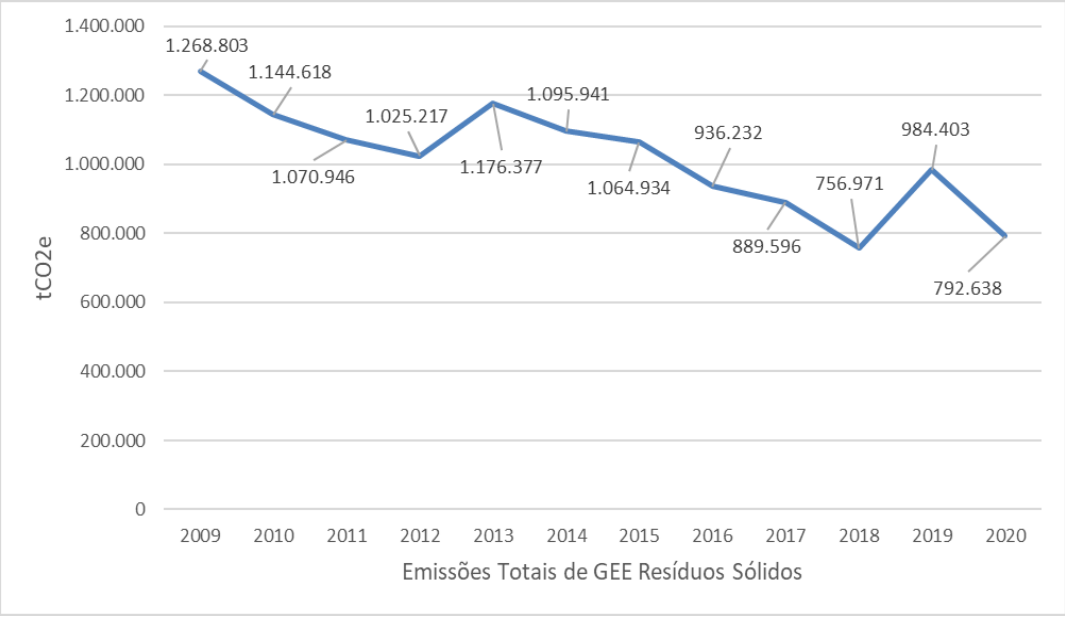


Gráfico 11 – Emissões Totais GEE – Subsetores III.1 + III.2 + III.3

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.

Em análise aos dados de Tratamento de Resíduos Sólidos verifica-se um cenário de queda de emissões de GEE de 2009 a 2012, sendo que em 2009 foi o ano dentro da série inventariada com a maior emissão de GEE correspondendo a 1.268.803 tCO2. Nota-se elevação das emissões de GEE em 2013, quando inicia-se uma tendência de queda até 2018, com o menor valor de emissões de GEE totalizando 756.971 tCO2e. O ano de 2019 mostra um crescimento das emissões de GEE com reporte de 983.403 tCO2e, com nova queda de emissões em comparação com 2020 de 19%, correspondente a 792.638 tCO2e, retratando novamente o cenário sanitário no município. Identifica-se redução de aproximadamente 38% das emissões de GEE comparando os anos de 2020 com2009, 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, aproximadamente 42% comparando 2013 e 2018. Em análise aos dados de 2020 identificamos redução de aproximadamente 66% comparando com 2019, retratando novamente a crise sanitária do município. 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.

As **Tabelas 13** e **13(a)** e os **Gráficos 12** e **13**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 calculados pela COPASA, atendendo a todos os critérios definidos no Inventário de GEE de Belo Horizonte. As emissões de esgoto não tratado referem-se a toda região metropolitana. Não foi possível segregar a informação pelo limite territorial do município, no entanto a COPASA esclareceu que 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, observando 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.

UNIDADE GERADORA	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ETE Jardim Vitória	0	0	0	0	0	83	135	193	7	550	1.107	1.423
ETE Arrudas	59.362	52.367	68.990	72.613	55.771	62.528	45.912	39.702	40.729	33.090	43.669	29.871
ETE Minas Solidária	76	81	168	87	179	142	100	0	0	0	0	0
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	1.274
ETE Onça	28.261	54.440	73.480	87.675	92.844	100.282	78.590	79.456	87.482	83.967	107.540	68.728
Esgoto "in natura"	42.039	33.145	31.374	20.006	17.664	16.730	10.788	5.163	6.751	2.564	1.083	6.870
TOTAL	**130.907**	**140.690**	**175.253**	**182.032**	**167.750**	**181.018**	**137.391**	**125.533**	**136.711**	**121.923**	**154.542**	**108.166**

Tabela 13 – Emissões de GEE do Subsetor III.4 - Efluentes Líquidos Desagregada por Unidade Geradora

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.

UNIDADE GERADORA	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ETE Arrudas	59.362	52.367	68.990	72.613	55.771	62.528	45.912	39.702	40.729	33.090	43.669	29.871
ETE Onça	28.261	54.440	73.480	87.675	92.844	100.282	78.590	79.456	87.482	83.967	107.540	68.728
Esgoto "in natura"	42.039	33.145	31.374	20.006	17.664	16.730	10.788	5.163	6.751	2.564	1.083	6.870
Outros	1.244	737	1.409	1.739	1.471	1.478	2.100	1.212	1.749	2.302	2.250	2.697
TOTAL	130.907	140.690	175.253	182.032	167.750	181.018	137.391	125.533	136.711	121.923	154.542	108.166

Tabela 13(a) – Emissões de GEE do Subsetor III.4 - Efluentes Líquidos Desagregada por Unidade Geradora – unidade geradora agregada "outros"

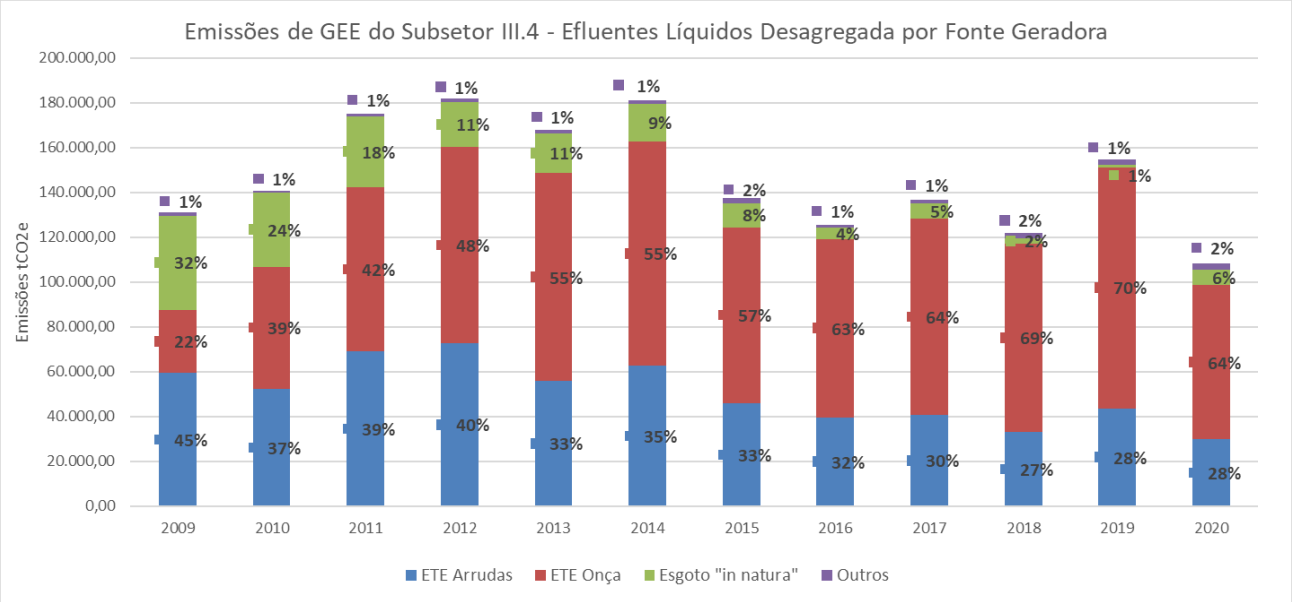


Gráfico 12 – Emissões de GEE do Subsetor Efluentes desagregada por unidade geradora

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 de esgotos atendendo ao estabelecido no planejamento sanitário da cidade impulsionado pela Agenda do Planejamento para sediar a copa do mundo de futebol e os objetivos de despoluição da Lagoa da Pampulha.

O **Gráfico 13** apresenta a oscilação de emissões de GEE no Subsetor Efluentes Líquidos. 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, com aumento de 27% em 2019. Em 2020 observa-se queda de emissões de GEE de 30% em relação a 2019, estando possivelmente relacionada à crise sanitária, que impôs redução das atividades econômicas e comerciais no município.

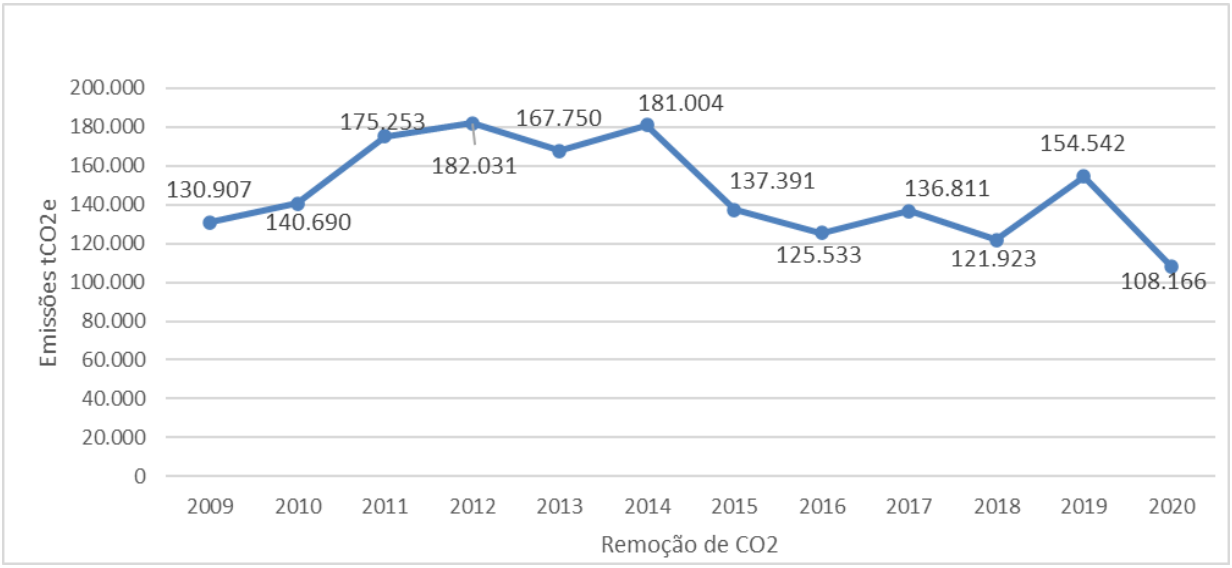


Gráfico 13 – Emissões de GEE do Subsetor Efluentes

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. Em análise aos dados de emissões de GEE de 2020 comparativamente a 2019 identificamos redução de aproximadamente 30%.

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.

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 14** e o **Gráfico 14** apresentam as emissões totalizadas do Setor Resíduos segregadas por resíduos sólidos(Subsetores III.1 + III.2 + III.3) e efluentes líquidos (Subsetor III.4).

As emissões relativas ao resíduos sólidos (prioritariamente oriundas do aterros) correspondem em média a 87,4 % da emissão do Setor III – Resíduos.

Verifica-se que o ano de 2009 foi o de maior emissão de GEE desde o início do inventário totalizando 1.399.709 tCO_2e e 2018 o ano de menor emissão de GEE totalizando 878.822 tCO_2e. Em 2020 houve queda de 19% nas emissões de GEE em comparação com 2019, refletindo as ações restritivas impostas ao combate ao Covid-19.

ORIGEM DAS EMISSÕES DE GEE	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Emissões Resíduos Sólidos	1.268.803	1.144.618	1.070.946	1.025.217	1.176.377	1.095.941	1.064.934	936.232	889.596	756.971	984.403	792.638
Emissões Efluentes Líquidos	130.907	140.690	175.253	182.032	167.750	181.018	137.391	125.533	136.711	121.923	154.542	108.166
TOTAL	**1.399.710**	**1.285.308**	**1.246.199**	**1.207.249**	**1.344.127**	**1.276.959**	**1.202.325**	**1.061.765**	**1.026.307**	**878.894**	**1.138.945**	**900.804**

Tabela 14 – Emissões de GEE do Setor Resíduos Desagregadas em Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos em tCO_2e

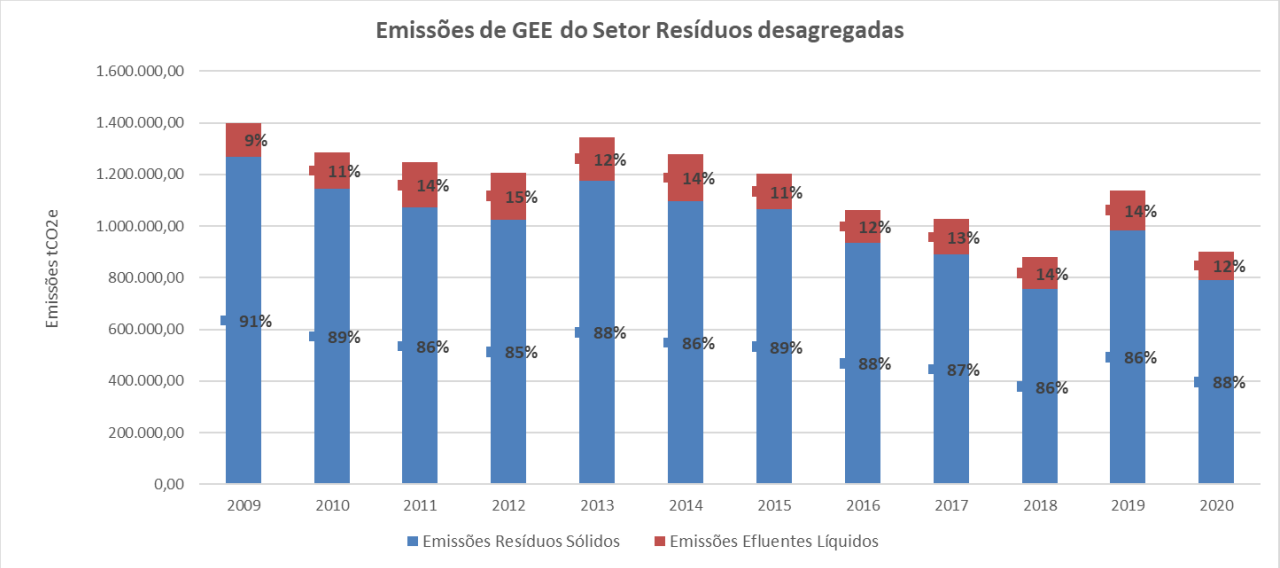


Gráfico 14 – Emissões de GEE do Setor Resíduos desagregadas em Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos

4 EMISSÔES TOTAIS

As emissões totais de GEE em Belo Horizonte ampliaram aproximadamente 27% do período compreendido entre 2009 e 2014, em um gradiente relativamente linear. Em 2014 atinge o ápice de emissões totalizando 5.318.001 tCO_2e, e de 2015 até 2018, caracteriza-se pela redução de emissões de GEE, com aumento em 2019 e em 2020 reporta o valor de 3.187.153 tCO_2e, apresentando redução de 24% desde o início da análise em 2009. Os dados evidenciados de emissão de GEE em 2020 mostra uma redução de 23% em relação a 2019.

Analisando a série histórica, o Setor Transporte é responsável por 59% das emissões de GEE, seguido pelo Setor Resíduos, responsável por 26% e finalmente pelo Setor Fontes Estacionárias de Energia com 15% das emissões de GEE.

Observa-se que o Setor Fontes Estacionárias de Energia apresentou redução de emissão de GEE de 2020 em relação a 2019 de 10%, seguido pelo Setor Resíduos que apresentou redução de emissão de GEE de 2020 em relação a 2019 de 21% e finalmente no Setor Transporte nota-se

redução de emissão de GEE de 2020 em relação a 2019 de 29%, sendo fortemente impactado pelas medidas sanitárias impostas devido ao combate ao Covid-19.

A **Tabela 15** e o **Gráfico 15** apresentam os valores de Emissões Totais desagregadas por Setor.

SETOR	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
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	602.811
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	1.683.537
III. Resíduos	1.399.709	1.285.307	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	900.804
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**	**3.187.153**

Tabela 15 – Emissões Totais desagregadas por Setor em tCO_2e

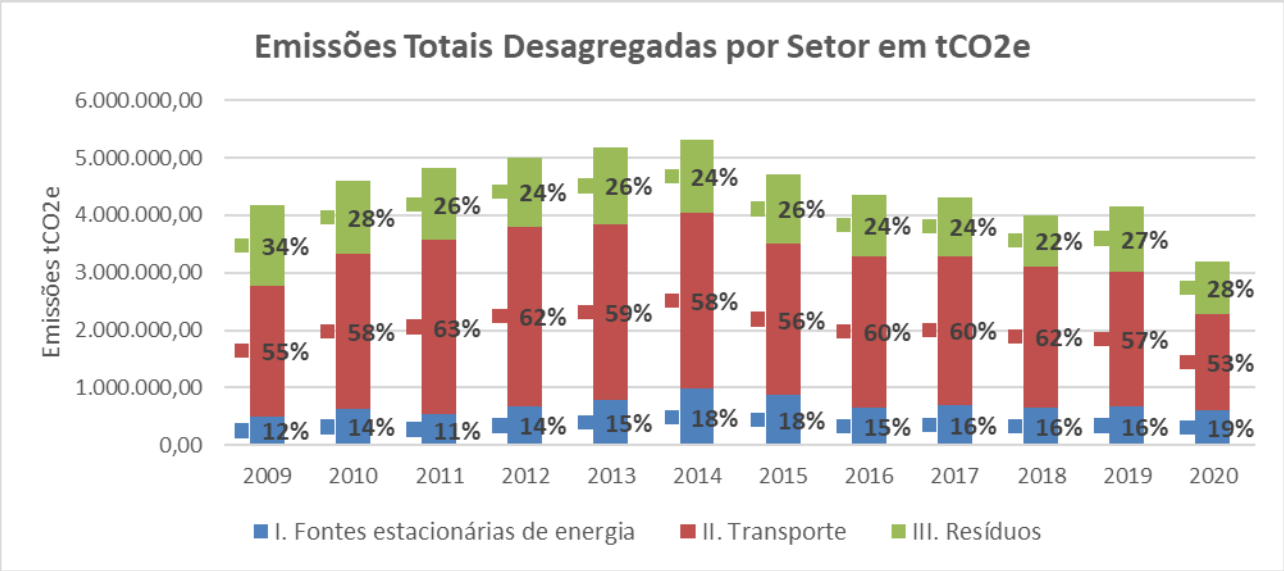


Gráfico 15 – Emissões Totais Desagregadas por Setor

A **Tabela 16** e o **Gráfico 16** retratam as emissões desagregados por escopo.

ESCOPO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
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	1.878.098
Escopo 2	94.740	206.499	123.844	282.165	427.474	614.716	542.482	353.517	396.864	313.508	314.406	232.859
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	1.076.196
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**	**3.187.153**

Tabela 16 – Emissões Totais Desagregadas por Escopo em tCO_2e

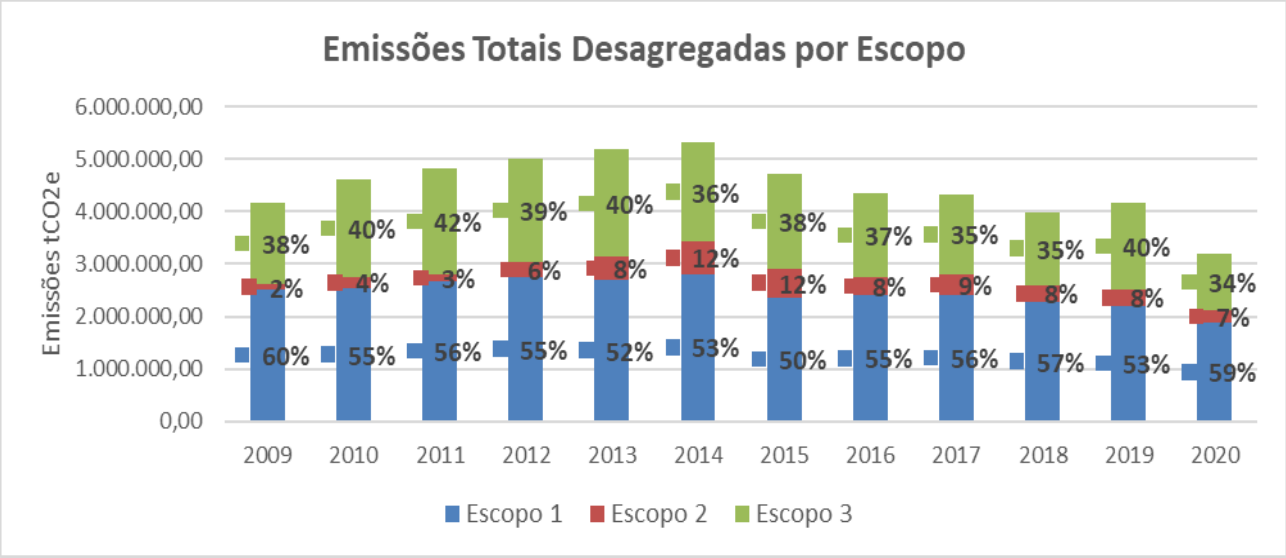


Gráfico 16 – Emissões Totais Desagregadas por Escopo

Em média, as emissões do Escopo 1 representam 55% das emissões totais, as de Escopo 2 representam 7% e as emissões de escopo 3 representam 38%, retratando as emissões diretas de GEE provenientes de fontes circunscritas ao município de Belo Horizonte.

A **Tabela 17** e o **Gráfico 17** apresenta a evolução de emissões totais de GEE de 2009 a 2020, atribuídos a Belo Horizonte.

TOTAL	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	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	3.187.153

Tabela 17 – Evolução das Emissões Totais em tCO_2e

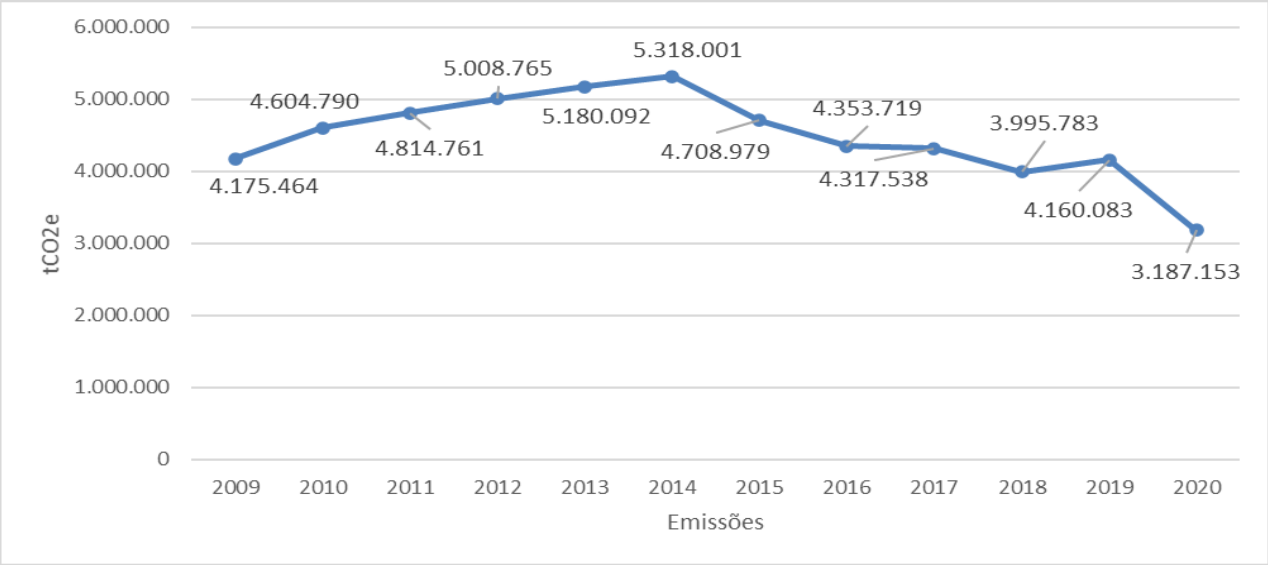


Gráfico 17 – Evolução das Emissões Totais em tCO_2e

As emissões de GEE de Belo Horizonte evoluíram em sentindo ascendente entre 2009 e 2014 e descendente dos períodos compreendidos entre 2014 e 2018, com pequeno aumento em 2019 e queda significativa em 2020. O ponto de inflexão deu-se em 2014 que apresentou o valor

absoluto mais elevado de emissões de GEE totalizando 5.318.001 tCO_2e, cuja principal fonte de emissões foi o Setor Transportes responsável por 58% das emissões, seguido pelo Setor Resíduos com 24% e finalmente pelo Setor Fontes Estacionárias de Energia com 18% das emissões de GEE.

Em 2020 houve uma redução de emissão de GEE de 23%, comparado a 2019, apresentando o menor patamar desde o início de estudo da série inventariada, com 3.187.153 tCO2e. Em 2020 o Setor de Transportes foi responsável por 53% das emissões de GEE, seguido pelo Setor Resíduos com 28% e finalmente pelo Setor Fontes Estacionárias de Energia com 19% das emissões de GEE.

5 PERFIL COMUNITÁRIO DE GEE

A cidade de Belo Horizonte apresentou, ao longo do período compreendido neste inventário, três cenários econômicos. O primeiro compreendido de 2009 a 2014 consiste em um cenário de expansão econômica, com consequente elevação da renda per capita, o segundo compreendido de 2015 a 2019 com retração econômica e o terceiro o ano de 2020, com os efeitos advindos da grave crise sanitária do Covid-19.

Os dados do PIB, apresentados na **Tabela 18**, 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 pwe capita e das emissões per capita de GEE de Belo Horizonte no período em análise.

Ano	População Residente[2] (Habitantes)	Total de Emissões GEE (tCO_2e)	PIB[3] Valores de 2019 (R$)	PIB Per Capita R$/hab	Emissões per Capita tCO_2e /hab
2009	2.452.617 *	4.175.464	101.918.753.948	41.555	1,702
2010	2.375.151	4.604.790		43.806	1,939

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

[3] Fonte: IBGE (PIB preços correntes); BACEN (PIB Nacional preços do último ano e deflator implícito, diponível em <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/>, acesso em 27 de agoto 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).

				104.045.809.542		
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
2020	2.521.564	**	3.187.153	-	-	1,264

Tabela 18: Emissões totais, população e PIB*, Emissões per Capita entre 2009 e 2019

As emissões per capita também apresentam o ápice em 2014, em que totalizam 2,135 tCO_2e /hab decrescendo em 2014 para 1,656 tCO_2e, o que implica um decréscimo de 22% entre os valores de 2014 e 2019. O **Gráfico 18** apresenta a evolução de Emissões per Capita entre 2009 e 2019.

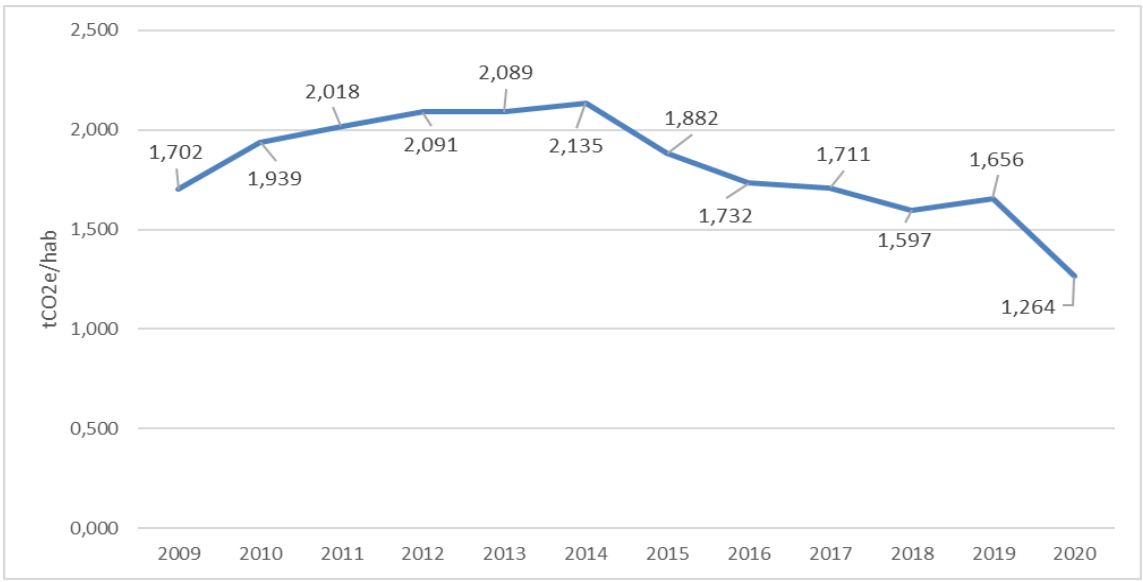


Gráfico 18 – Emissões *per capita*

O **Gráfico 19** apresenta a Evolução do PIB de 2009 a 2017 e o **Gráfico 20** 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.

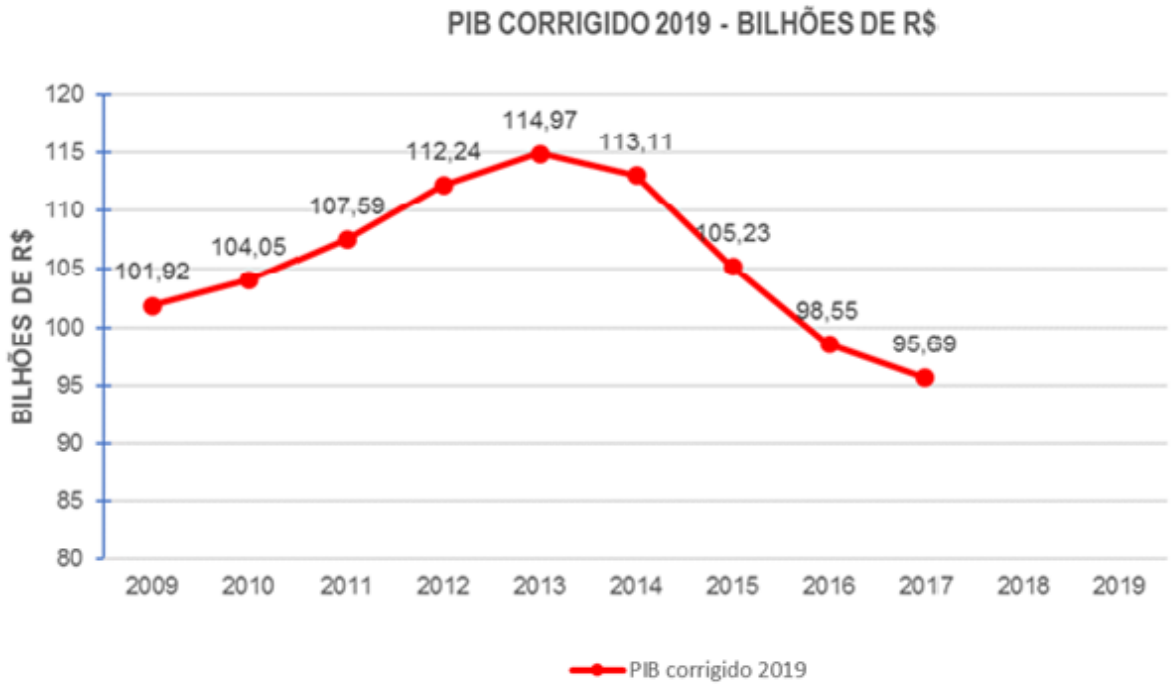


Gráfico 19 – Evolução PIB Corrigido 2019

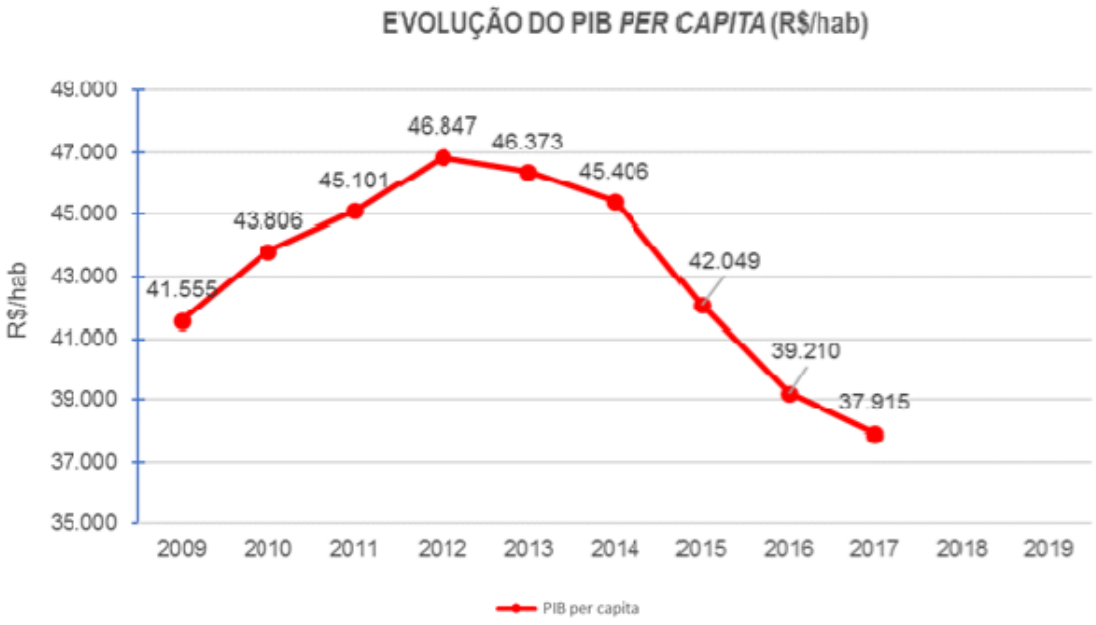


Gráfico 20 – Evolução do PIB per Capita

O **Gráfico 21** apresenta a evolução de emissões por PIB.

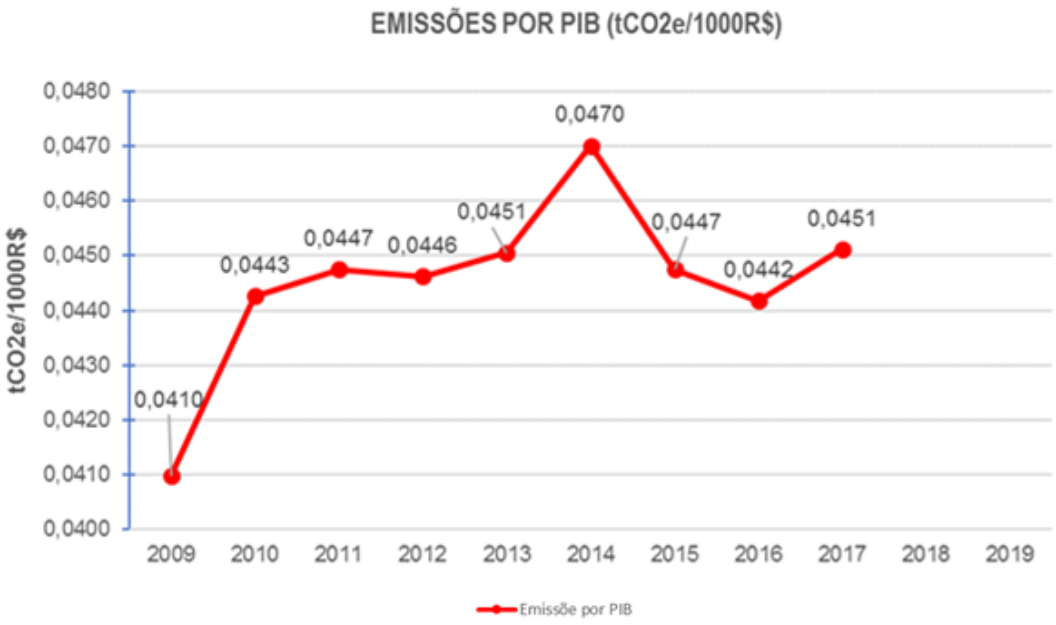


Gráfico 21 – Emissões por PIB

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde o dia 11 de março de 2020, quando a Organização Mundial da Saúde caracterizou o COVID-19 como pandemia e os primeiros casos foram relatados no Brasil, o risco de contágio da doença infecciosa afetou o convívio das pessoas e a economia das cidades, inclusive em Belo Horizonte. O isolamento social e a suspensão das atividades econômicas no município, como o comércio e a prestação de serviços, que compõem o setor terciário da economia e tem grande relevância para a economia municipal, refletirá no PIB da cidade no ano de 2020, a ser ainda caracterizado. A série inventariada de dados em Belo Horizonte de 2009 a 2020 mostra a clara conexão dos índices econômicos com as emissões.

O aprimoramento das ferramentas de cálculo e do banco de dados tem colaborado na melhoria dos inventários de GEE em Belo Horizonte ao longo dos 12 anos da série inventariada. Esse avanço na série histórica permite não apenas compreender melhor o perfil das emissões de GEE, mas também consolidar os projetos de mitigação das emissões de GEE implantados, dentre os quais destacam-se o aproveitamento energético do biogás do aterro sanitário CTRS BR-040, que ocorre desde 2010 e do aterro sanitário CTRS Macaúbas implementado em 2017. Juntos, os aterros contribuíram para a emissão evitada de 11.847.239 tCO_{2e} desde 2009. A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) Arrudas gera energia elétrica a partir do biogás desde 2012, contribuindo efetivamente para a redução de emissão de GEE.

Outras ações importantes foram adotadas pelo município como o recente Plano Diretor Municipal (Lei 11.181/2019, BELO HORIZONTE, 2019) que direciona a política pública ao ODS – 13, como o aumento da resiliência e mitigação dos impactos da urbanização. O Plano Diretor é focado na descentralização das atividades econômicas no município, a partir do desenvolvimento de novas centralidades. Essa medida pode proporcionar redução nos deslocamentos dos cidadãos para acesso a comércio e serviços, impactando de forma positiva para redução das emissões de GEE. Ainda nesse sentido, outro ponto a ser destacado no Plano Diretor é o desenvolvimento orientado para o transporte sustentável tendo o transporte coletivo como indutor do uso e ocupação do solo. Um último aspecto em destaque do Plano Diretor é relacionado à preservação e recuperação do patrimônio ambiental do Município por meio da manutenção e ampliação das áreas verdes e promoção de ação de mitigação dos efeitos de cheias, com o estabelecimento de vazão de restrição a ser lançada no sistema público de drenagem.

Diversas ações de sustentabilidades aplicadas em vários setores das políticas públicas municipais corroboram para as reduções de emissão de GEE 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, melhorias no transporte público, ampliação da coleta seletiva, dentre outras.

O Setor Transporte é responsável pela maior parte das emissões de GEE locais, norteando o planejamento urbano e viário a fomentar a mobilidade ativa, melhorar o sistema de transporte público restringindo veículos individuais e promover a substituição da matriz energética da frota para utilização de uma fonte mais limpa. Observa-se que as restrições sanitárias impostas pelo Covid-19 impactaram fortemente o Setor Transporte, com queda de emissões de GEE em 2020 de 28% relativamente a 2019.

O Setor de Resíduos identificado como a segunda fonte emissora de GEE demanda esforços contínuos no sentido de fortalecimento da política pública com foco na educação ambiental e consumo consciente minimizando a aterragem de resíduos, bem como a necessidade de fomento a outras modalidades de tratamento é importante para decréscimos mais significativos na emissão de GEE. A cadeia econômica tem responsabilidade compartilhada pela geração dos resíduos e sua participação na gestão dos mesmos precisa ser ampliada. Neste Setor de Resíduos também identifica-se os impactos das restrições sanitárias impostas, com queda nas emissões de GEE em 2020 de 21% em relação a 2019.

O Setor Fontes Estacionárias de Energia responsável pela terceira fonte emissora de GEE apresenta a tendência de substituição de fontes energéticas no município, que demanda maior investimento ao fornecimento de energias limpas. Observa-se que as restrições sanitárias impostas impactaram o Setor Fontes Estacionárias de Energia, com queda em 2020 de 10% em relação a 2019 nas emissões de GEE.

Observa-se que os debates sobre o meio ambiente e a saúde global não são mais separados, pois os sistemas de suporte à vida estão começando a ruir como resultado da escala das atividades humanas. A escala do padrão de consumo global excede a capacidade do planeta de absorver os resíduos que produzimos ou de oferecer de forma sustentável os recursos que usamos. Isso está afetando a qualidade e a quantidade de comida que produzimos, a qualidade do ar e da água, a exposição a eventos climáticos extremos, a exposição a doenças infecciosas, episódios como a pandemia, e até a habitabilidade de alguns dos locais onde vivemos.

Sendo assim, faz-se necessário que a Política Pública de Mudanças do Clima, com proposições de ações de mitigação e adaptação desenhadas a partir de diagnóstico local, alinhada às oportunidades econômicas e sociais reflitam nas políticas setoriais intervenientes com as emissões de GEE empregando o Inventário para promoção de ações. Em Belo Horizonte o Plano de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa – PREGEE apresenta ações de mitigação e adaptação construídas com ampla participação popular no município, envolvendo diversos atores, que orienta o desenvolbimento da cidade ao gerenciamento e redução de emissão de GEE, aliando o desenvolvimento econômico à criação de uma infraestrutura resiliente e capaz de garantir qualidade de vida de sua população.