



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**VALORAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO
MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE - MG**

EMANUEL GOMES ALVES

BELO HORIZONTE

2021

EMANUEL GOMES ALVES

VALORAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO MUNICÍPIO DE
BELO HORIZONTE - MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior

BELO HORIZONTE

2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC

EMANUEL GOMES ALVES

VALORAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO MUNICÍPIO
DE BELO HORIZONTE – MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas
Gerais como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 13 de setembro de 2021

Banca examinadora:

Arnaldo Freitas de Oliveira Junior - Presidente da Banca Examinadora
Prof. Dr. CEFET/MG – Orientador

Dany Silvio Souza Leite Amaral – Assinatura

Vandey Robson da Silva Matias – Assinatura
Prof. Dr. CEFET/MG

AGRADECIMENTOS

A minha família pelo apoio necessário

Ao meu orientador, Prof. Dr. Arnaldo Freitas de Oliveira Júnior pela paciência e dedicação.

Ao CEFET-MG e aos professores do Departamento Ciência e Tecnologia Ambiental.

Aos amigos do CEFET, em especial, Malu, Max, Henrique e Ivan pelo apoio ao longo da vida acadêmica e pelos momentos juntos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

RESUMO

ALVES, Emanuel Gomes. **VALORAÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE – MG.** 2021. 46f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

As mudanças climáticas globais, relacionadas às emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE), colocaram a humanidade diante do maior desafio econômico, social e ambiental. Partindo do ponto que as emissões de GEE são consideradas externalidades ambientais, as quais oneram prejuízos a terceiros e por esse motivo se caracterizam como falha de mercado, há a necessidade de buscar formas de internalizar esse custo. Diante disso a valoração do carbono emitido se apresenta como ferramenta para mitigar as emissões de GEE. Dessa forma, valorar as emissões de GEE justifica-se pela necessidade de buscar alternativas para reduzir as emissões. Nessa perspectiva o objetivo do presente trabalho é mensurar o passivo ambiental referente às emissões de GEE no município de Belo Horizonte. Por meio de pesquisa bibliográfica e estatística direta de valoração por meio da precificação do carbono, foi possível mensurar o passivo ambiental resultante. As emissões do município, no geral, estiveram em queda no período analisado. As emissões se concentram principalmente no Escopo 1, com mais de 50% das emissões totais e Setor de transportes como principal fonte de GEE. O valor passivo foi no total de 251,72 milhões de dólares entre 2015 e 2019. De maneira geral a precificação se apresenta como ferramenta no gerenciamento das emissões de gases de efeito estufa. Ainda é necessário o desenvolvimento de metodologias de precificação locais, buscando analisar os valores gastos com mitigação de emissões e adaptação as mudanças climáticas.

Palavras-chave: Emissões. Gases de Efeito Estufa. Valoração.

ABSTRACT

ALVES, Emanuel Gomes. **VALUATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN THE CITY OF BELO HORIZONTE**. 2021. 46 pages. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) - Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

Global climate change, related to anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions, has placed humanity in front of the greatest economic, social and environmental challenge. Starting from the point that GHG emissions are considered environmental externalities, which encumber losses to third parties and are characterized as market failure, it is necessary to seek ways to internalize this cost. Therefore, the valuation of carbon emitted is presented as a tool to mitigate GHG emissions, reducing the impacts resulting from climate change. Thus, valuing GHG emissions is justified by the need to seek alternatives to reduce emissions. From this perspective, the objective of this work is to measure the environmental liability related to GHG emissions in the city of Belo Horizonte. Through bibliographic research and direct valuation statistics through carbon pricing, it was possible to measure the resulting environmental liability. The municipality's emissions, in general, were falling in the period analyzed. Emissions are mainly concentrated in Scope 1, with more than 50% of total emissions and the transport sector as the main source of GHG. The passive amount was a total of 251.72 million dollars between 2015 and 2019. It is still necessary to develop local pricing methodologies, which consider the characteristics of the municipality, seeking to analyze the amounts spent on mitigating emissions and adapting to climate change. Enabling the use of pricing as a tool in managing greenhouse gas emissions.

Keywords: Emissions. Greenhouse Gases. Valuation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVO.....	14
2.1	Objetivo geral.....	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Mudanças climáticas e inventário de GEE.....	15
3.2	Valoração e Externalidades	20
3.3	Cidades e mudanças climáticas	23
4	METODOLOGIA.....	26
4.1	Caracterização da área de estudo	26
4.2	Obtenção dos dados e metodologia de valoração.....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1	A gestão de GEE em Belo Horizonte.....	29
5.2	4º. Inventário de emissões de GEE	29
5.3	Valoração das emissões	39
6	CONCLUSÃO.....	42
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Abordagem por escopos GPC.....	20
Figura 3.2 - Componentes do valor econômico do recurso ambiental	22
Figura 3.3 - Principais impactos decorrentes das mudanças climáticas em áreas urbanas	25
Figura 4.1 - Regionais Administrativas de Belo Horizonte	27
Figura 5.1 - Inventários de GEE em Belo Horizonte	29
Figura 5.2 - Emissões totais de tCO ₂ e em Belo Horizonte – MG.	31
Figura 5.3 - Emissões totais de tCO ₂ e em Belo Horizonte por Escopo.....	31
Figura 5.4 - Porcentagem de Emissões desagregadas por setor em tCO ₂ e.....	32
Figura 5.5 - Total de Pousos e Decolagens no Aeroporto Internacional de Belo Horizonte .	34
Figura 5.6 - Emissões Fontes Estacionárias desagregadas Subsetor em tCO ₂ e.....	35
Figura 5.7 - Porcentagem da população com coleta de esgoto.....	36
Figura 5.8 - Esgoto tratado e esgoto coletado.	36
Figura 5.9 - PIB e emissão CO ₂ em Belo Horizonte	37
Figura 5.10 - Quadro resumo das emissões.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Potencial de Aquecimento Global	16
Tabela 4.1 - Preço do carbono EU ETS	28
Tabela 5.1 - Frota Circulante em Belo Horizonte	32
Tabela 5.2 - Volume de combustíveis ao longo dos anos em Belo Horizonte	33
Tabela 5.3 - Emissões desagregadas subsetor de transportes em tCO ₂ e	33
Tabela 5.4 - Venda de combustível aviação.	34
Tabela 5.5 - Emissões Setor de Resíduos tCO ₂ e	35
Tabela 5.6 - Resíduo coletado e coleta seletiva.	37
Tabela 5.7 - Passivo Ambiental	39
Tabela 5.8 - Passivo Ambiental por Escopo (em milhões de dólares)	40
Tabela 5.9 - Passivo Ambiental por Setor (em milhões de dólares)	40

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

BH	Belo Horizonte
CFCs	Clorofluorcarbono
CH ₄	Metano
CMMCE	Comitê Municipal de Mudanças Climáticas e Ecoeficiência
CO ₂	Dióxido de carbono
GEE	Gases de Efeito Estufa
HCFCs	Hidroclorofluorcarbonos
HFCs	Hidrofluorcarbonos
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MG	Minas Gerais
N ₂ O	Óxido nitroso
O ₃	Ozônio
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PIB	Produto Interno Bruto
PFC	Perfluorcarbonos
PREGEE	Plano de Redução de Emissões dos Gases de Efeito Estufa

1 INTRODUÇÃO

As ações humanas podem causar diversos impactos ao meio ambiente. Por fazer parte de um sistema conectado e complexo, a busca por recursos pode provocar alterações na dinâmica natural. Os impactos das atividades antrópicas afetam direta e indiretamente diversos elementos do ecossistema, alterando vários aspectos ambientais e com isso pode causar impactos ao meio ambiente (SANCHEZ, 2008).

Dentre os efeitos de uma relação conflituosa entre ser humano e meio ambiente destacam-se alguns exemplos: a utilização e descarte incorreto de materiais plásticos, que resultou na presença de microplástico em corpos hídricos; a perda de biodiversidade, que promove a redução dos serviços ecossistêmicos; o uso de combustíveis fósseis, que leva a intensificação do efeito estufa por meio da emissão dos chamados Gases de Efeito Estufa (GEE) (IPCC, 2014).

Desse modo, pode-se afirmar que a ação antrópica consegue impactar negativamente o meio ambiente, causando prejuízo para sua espécie e para as outras formas de vida (SILVA *et al.*, 2020). O efeito estufa se destaca dentre as diversas alterações em mecanismos naturais influenciados pelo homem. É um fenômeno natural evidenciado na dinâmica entre a energia recebida e a irradiada, permitindo que a temperatura do planeta possibilite a existência de vida.

À medida que o ser humano conseguiu interferir nessa estrutura, algumas mudanças importantes foram notadas. O aumento das concentrações dos GEE na atmosfera levou a intensificação do efeito estufa e, conseqüentemente, provoca alterações de grande importância na dinâmica climática do planeta (IPCC, 2007a).

O principal fator para o aumento das concentrações de GEE foi o crescimento econômico e populacional (IPCC, 2014). Dentre os principais GEE emitidos pelas ações humanas se destacam: o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), clorofluorcarbono (CFCs), hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), ozônio (O_3), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFC) (GHG PROTOCOL, 2008).

As alterações sofridas na dinâmica natural podem levar a reconfiguração de todo o sistema que controla a absorção de calor do planeta, interferindo em outros fenômenos que ocorrem na Terra, essas consequências são as chamadas alterações climáticas globais. As mudanças climáticas se tornaram o principal desafio para a humanidade já possui efeitos ambientais sociais e econômicos (LIMA; LAYRARGUES, 2014).

Diante dos prognósticos evidenciados pelo IPCC, no que se diz respeito às consequências diretas e indiretas resultantes das mudanças climáticas, é necessário à tomada de ação em atividades que visem à redução das emissões de GEE e também na mitigação as m devem ser estudadas e compreendidas.

As mudanças climáticas são um problema real. Dessa forma, valorar (atribuir valor monetário) as emissões de GEE justifica-se pela necessidade de buscar alternativas para reduzir as emissões. Para tanto, é necessário estimar a quantidade de GEE emitido investigando as fontes responsáveis. Esses resultados podem guiar os tomadores de decisão e as empresas de modo que se foque em mudanças que busquem reduções em longo prazo.

Para buscar estratégias, medidas e ações contra as mudanças climáticas é imprescindível compreender o perfil das emissões de GEE por meio de análise das fontes de emissão, setores e escopos. Conforme o IPCC (2007a), as transformações relacionadas com as emissões de gases de efeito estufa são: dias e noites mais quentes, chuvas fortes, ondas de calor, elevação do nível do mar e secas severas. Essas alterações podem ter efeito na economia, na agricultura e na saúde humana.

O inventário de gases é uma importante ferramenta no contexto das mudanças climáticas. A partir desse documento pode-se estabelecer estratégias para a redução das emissões. Além disso, o inventário permite que se tenha conhecimento a respeito da quantidade de GEE emitidos e suas principais fontes. De acordo com Carloni (2012), o inventário é o primeiro passo para a busca de ações que objetivam mitigar a emissão de gases de efeito estufa.

Partindo do ponto que as emissões de GEE são consideradas externalidades ambientais, as quais oneram prejuízos a terceiros e por esse motivo se caracterizam como falha de mercado. Diante disso a valoração do carbono emitido se apresenta como ferramenta indireta para auxiliar nas ações de mitigação das emissões de GEE. Nessa perspectiva o

objetivo do presente trabalho é mensurar o passivo ambiental referente às emissões de GEE no município de Belo Horizonte.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliação do cenário das mudanças climáticas a partir da estimativa do passivo ambiental das emissões de GEE no município de Belo Horizonte – MG.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os dados do inventário de GEE de Belo Horizonte durante o período de 2015 – 2019;
- Classificar e quantificar os GEE pela fonte emissora; e
- Avaliar as emissões de GEE como externalidades ambientais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mudanças climáticas e inventário de GEE

O efeito estufa é um fenômeno natural que possibilita a existência da vida no planeta. De acordo com Magalhães Filho e Abreu (2010), o balanço térmico proporcionado pela concentração de vapor d'água e outros gases que compõem a atmosfera, fazem com que maior quantidade de calor permaneça na Terra, esse fenômeno de retenção de calor é chamado efeito estufa.

A importância da presença dos chamados gases de efeito estufa (GEE) na dinâmica entre a energia recebida e a irradiada pelo planeta se dá pela temperatura resultante desse fenômeno. A energia absorvida garante que a temperatura do planeta seja aproximadamente 30 °C acima do que seria caso o efeito estufa não existisse (aproximadamente -18 °C) (JUNGLES *et al.*, 2018).

Embora seja um fenômeno natural, ao longo do tempo a concentração dos GEE na atmosfera foi modificada, as tecnologias e os combustíveis utilizados pela humanidade impulsionaram a emissão de grandes quantidades desses gases. O motor para o aumento das concentrações de GEE foi o crescimento econômico e o populacional, impulsionados, principalmente pela Revolução Industrial com expansão da produção industrial e do consumo de combustíveis fósseis (IPCC, 2014).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) é o órgão acessor das Nações Unidas responsável por compilar informações científicas relevantes sobre as mudanças climáticas, suas causas e seus impactos sociais, econômicos e ambientais. O órgão foi criado em 1988 e publica relatórios desde 1990.

Dentre os principais GEE emitidos pela atividade humana se destacam: o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), clorofluorcarbono (CFCs), hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), ozônio (O₃), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFC).

Utiliza-se o CO₂ como padrão de referência para apresentar o Potencial de Aquecimento global (PAG). O PAG mensura a intensidade, em relação ao CO₂, de contribuição para a retenção de calor na atmosfera de cada GEE em um determinado período de tempo. Ou seja, por meio do PAG são determinadas escalas numéricas a respeito do impacto de cada gás de efeito estufa sobre o aquecimento global em relação à tonelada de CO₂. Alguns valores podem ser observados na Tabela 3.1 a seguir.

Tabela 3.1 - Potencial de Aquecimento Global

Compostos	Tempo de vida (anos)	PAG – Horizonte de 100 anos
Dióxido de Carbono	Variável	1
Metano	12±3	25
Óxido nitroso	120	298
Hexafluoreto de enxofre	3.200	23.900
CFCs	50 a 1.700	4.000 a 15.000
PFCs	10.000 a 50.000	7.000 a 12.000

Fonte - IPCC, 2007b.

Dentre as principais constatações do IPCC pode-se citar a relação entre o aquecimento da Terra, o aumento contínuo na concentração de GEE e a responsabilidade do homem sobre as emissões (IPCC, 2007a). Esses fatos são comprovados pelas ondas de calor, aumento do nível do mar, incidência de precipitações pesadas, insegurança hídrica, problemas na produção de alimentos, perda de ecossistemas, redução na biodiversidade e redução dos serviços ecossistêmicos (IPCC, 2014).

As formas que esses gases entram na atmosfera são, muitas vezes, direta e indiretamente, relacionadas com modos de produção e consumo. Dentre principais fontes de emissões antrópicas de GEE destacam-se a queima de combustíveis fósseis, mudanças do uso do solo, uso do cimento, produção e transporte de carvão, gás natural e óleo, criação de gado,

decomposição orgânica, atividades agrícolas e industriais, refrigeração, solventes, propulsores, espuma e aerossóis, condicionadores, isolante térmico e condutores de calor.

À medida que o homem consegue provocar mudanças em um sistema natural podemos observar a reconfiguração de todo o sistema responsável pelo controle e absorção de calor no planeta, interferindo em outros fenômenos que ocorrem na Terra.

O aumento das concentrações dos GEE na atmosfera tem como consequência a intensificação do efeito estufa. Como resultado, observam-se alterações de grande importância na dinâmica climática do planeta. Nobre (2010), explica que as mudanças climáticas são um processo natural, mas podem ser influenciadas pelas ações humanas.

Para o IPCC existem fortes evidências sobre a interferência humana sobre o clima (IPCC, 2014). Assim, pode-se entender as mudanças climáticas como um problema real e urgente. Deve-se ter atenção as consequências dessa realidade: impactos negativos nos ecossistemas, na produção agrícola e nas atividades humanas (SILVA; COLOMBO, 2019). Por conta disso, as mudanças climáticas e seus desdobramentos são os maiores problemas da sociedade atual e futura (LIMA; LAYRARGUES, 2014).

Segundo o IPCC (2013), as mudanças climáticas podem ser observadas por meio dos eventos extremos de secas, enchentes, tempestades, elevação no nível do mar, e o derretimento de geleiras. Os efeitos das mudanças climáticas possuem desdobramentos na sociedade de maneira em geral. Os eventos de precipitação extrema, os deslizamentos e inundações, secas prolongadas, problemas que consequentemente afetaram e afetarão a produção de alimentos, causando prejuízos econômicos, além do aumento de incidência de doenças infecciosas e redução da qualidade do ar (IPCC, 2014).

Os efeitos das mudanças climáticas podem ser drásticos no Brasil, por se tratar de um país que possui sua economia extremamente dependente dos recursos naturais sendo esses extremamente afetados pelas mudanças no padrão climático. Dentre os possíveis riscos em relação as mudanças climáticas, podemos destacar a escassez hídrica em regiões semiáridas. Outros fatores resultantes das mudanças climáticas são as precipitações extremas podendo levar a inundações e deslizamento de terras, principalmente, em áreas urbanas (IPCC, 2014).

As interferências das mudanças climáticas também podem afetar a saúde, já que alterações climáticas tornam favorecem a ocorrência de diversas doenças: dengue, malária, leishmaniose e febre-amarela (CARVALHO *et al.*, 2020). Grande parte dessas enfermidades já causam inúmeros problemas para os serviços de saúde brasileiro, e com as mudanças climáticas a tendência é o agravamento.

Em Belo Horizonte (BH), de acordo com a análise de vulnerabilidade climática do município, os principais cenários para os desdobramentos das mudanças climáticas são: as inundações, deslizamento, dengue e ondas de calor. Além disso, existem os impactos econômicos e sociais resultantes dessas alterações como é o caso das situações de vulnerabilidade causados pela sensibilidade social, baixa renda, ocupação inadequada do solo e precariedade das habitações (PBH, 2016). Pode se concluir, portanto, que a cidade de Belo Horizonte já sofre com impactos das mudanças climáticas.

Diante da emergência climática foram pensadas maneiras de reduzir e mitigar as emissões de GEE. Entretanto, para compreender o cenário em que se encontra é necessário mensurar a quantidade de GEE emitida, nesse contexto surge o inventário de GEE. O inventário é o documento que contabiliza os gases emitidos e removidos da atmosfera, comumente avaliados em um intervalo de tempo, é geralmente utilizado para planejar ações de mitigação para as mudanças climáticas.

De acordo com Carloni (2012), o inventário de gases de efeito estufa é de extrema importância para se diagnosticar como cada setor e atividade contribuíram para a emissão de GEE. O inventário de gases é uma ferramenta que permite o combate as mudanças climáticas, pois através dele é possível estabelecer estratégias, planos e metas para o controle da emissão de GEE. Para sua efetividade o inventário deve ser tratado como um processo contínuo, apresentando alterações de acordo com as metas para a mitigação adotadas.

Neves e Dopico (2013) defendem que o inventário de gases de efeito estufa é uma ferramenta com diversas aplicações para a ciência, no fomento à políticas públicas ou como estratégia de marketing. Os dados obtidos nesse documento possuem informações que podem ser usadas para a formulação de metas e compreensão de cenários. O inventário de

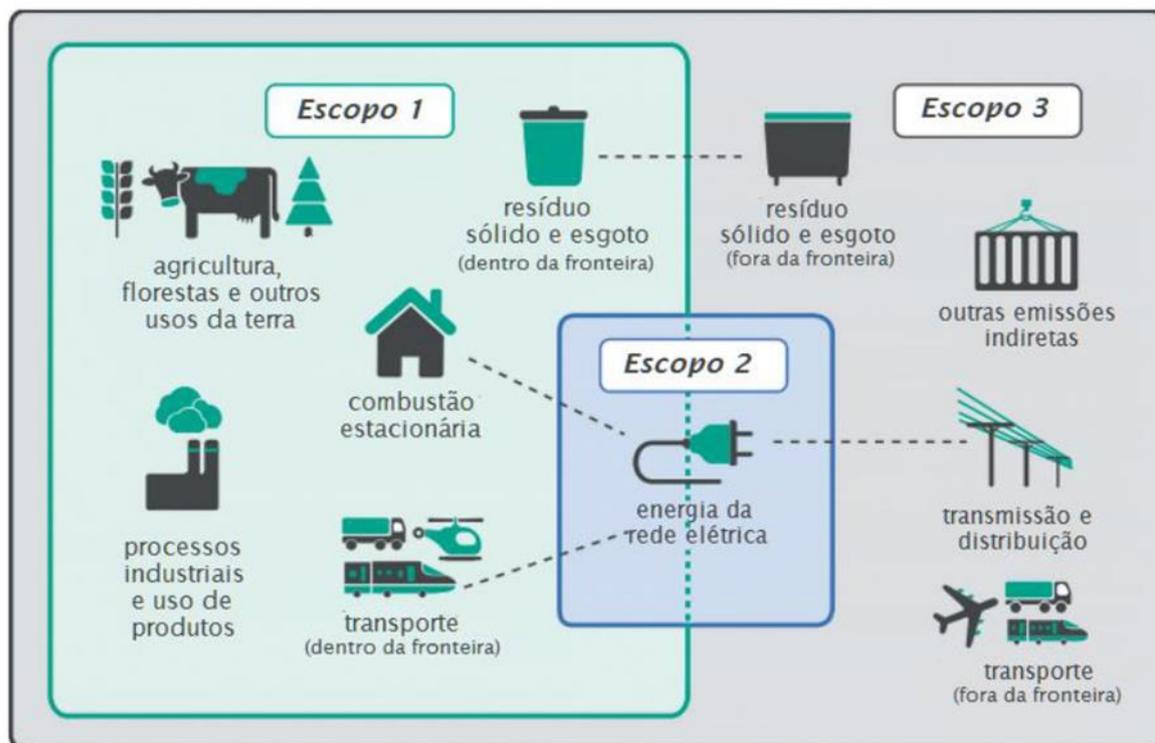
GEE se destaca por sua diversidade de usos e aproveitamento. Esse documento se torna de interesse por meio da Convenção Quadro da ONU, sendo utilizado para divulgação e acompanhamento desse tipo de informação.

Como apresentado anteriormente, as informações contidas no inventário atendem o interesse público e privado. Por um lado, as empresas visam o gerenciamento de risco de emissões, elaboração de relatórios e participação no mercado de carbono, já os entes governamentais têm como principal objetivo analisar as fontes de emissão e a contribuição comunitária (NEVES; DOPICO, 2013).

Existem algumas metodologias para quantificar as emissões de GEE. O *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* foi o primeiro método para mensurar, nacionalmente, as emissões antrópicas de GEE. Esse método leva em consideração os seguintes setores: Energia; Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU); Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU); Resíduos. Outra metodologia consagrada é o GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol), focada na elaboração de inventários corporativos.

Outra metodologia que merece destaque é o Protocolo Global para Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Escala da Comunidade (GPC). Essa metodologia é dedicada para inventários municipais e locais. Essa metodologia contém os seguintes setores: Combustão Estacionária; Transporte; Resíduos; Agricultura, Floresta e Uso da terra; e Processos Industriais e Uso de Produtos. Além desses setores ainda existe a identificação por subsetores e o agrupamento por escopos conforme a Figura 3.1.

Figura 3.1 - Abordagem por escopos GPC



Fonte - Conceição (2017).

Esse método distingue as emissões que ocorrem dentro dos limites do município (Escopo 1), emissões que decorrem do uso dentro do município (Escopo 2) e todas as outras emissões de GEE que ocorrem fora os limites da cidade.

3.2 Valoração e Externalidades

Uma das principais falhas de mercado¹, que se relacionam com o meio ambiente, são as externalidades. De acordo com Bagnoli (2008), externalidades são de grande importância para a economia ambiental. As externalidades acontecem quando as ações de produção ou consumo de determinado agente econômico produzem efeitos em terceiros – indivíduos, sociedade e meio ambiente – que não pagam ou são ressarcidos pelo impacto sofrido.

As externalidades podem ser involuntárias ou não e seus efeitos podem ser positivos ou negativos. Uma externalidade é dita como positiva quando provoca benefício a terceiros. Já

¹ As falhas de mercado são circunstâncias onde se verifica a incapacidade de o mercado levar o processo econômico a uma situação social ótima, ou seja, ocorre quando as condições do Primeiro Teorema do Bem-Estar não são satisfeitas (RESENDE, 2012).

a externalidade negativa ocorre quando os efeitos de produção ou consumo acarretam prejuízo para outros indivíduos. Monzoni (2018) destaca que as externalidades são um problema pelo fato de não fazer parte da formação de preços e nem da formulação de políticas.

Em matéria ambiental, as externalidades negativas devem ser internalizadas com base em dois princípios: poluidor-pagador e da reparação integral de danos ambientais (MARTINS e ROSSIGNOLI, 2018). Partindo do ponto de vista apresentado, as mudanças climáticas e suas implicações podem ser consideradas externalidades negativas. Os processos de produção, consumo, transporte e destinação emitem GEE que ocasionam impactos econômicos, sociais e ambientais.

Uma das formas de internalizar as externalidades é por meio da valoração ambiental. Segundo Maia (2002), a valoração ambiental impede que agentes econômicos onerem prejuízos a terceiros. Dessa maneira, a valoração se apresenta como estratégia capaz de aliar sistemas econômicos e sistemas ecológicos.

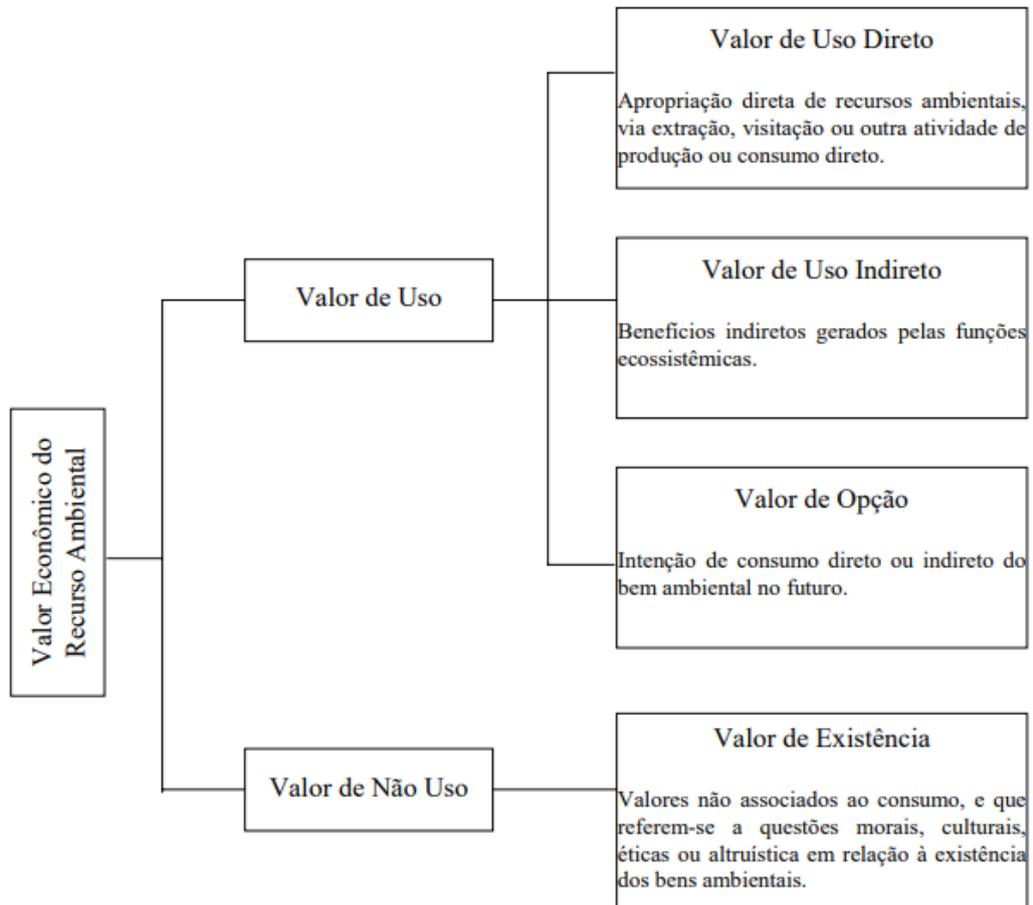
Apesar dos benefícios, a valoração ambiental apresenta diversos problemas. Lima (1999) afirma que o meio ambiente possui características próprias (inter-relação entre seus componentes) que impedem o resumo do seu valor por meio de preços de mercado. Por conta disso as ferramentas de valoração nunca serão totalmente eficientes.

A valoração busca atribuir valor monetário, através de meios comparativos, aos serviços prestados pelo meio ambiente ou aos impactos negativos causados pela ação antrópica (MATOS et al., 2010). Para Jacobi e Sinisgalli (2012), a falta de um referencial econômico sobre os recursos ambientais facilita o processo de degradação. Diante do exposto, a valoração ambiental comumente é utilizada como ferramenta para evitar ou reduzir os danos ao meio ambiente.

O valor econômico total de um recurso ambiental leva em conta o seu valor de uso, valor de opção e o valor de existência. O valor de uso é aquele atribuído pelo indivíduo ao aproveitamento de determinado recurso ou serviço ecossistêmico. O valor de opção é o valor relacionado ao uso futuro dos recursos. E o valor de existência é aquele se opta pela

preservação futura, mesmo que não haja uso (PEREIRA, 2005). Os componentes do valor econômico total são mostrados na Figura 3.2 a seguir.

Figura 3.2 - Componentes do valor econômico do recurso ambiental



Fonte - MAIA (2002).

A precificação do carbono emitido tem como objetivo internalizar os custos associados às emissões de GEE. De acordo com González (2020), o uso de precificação para evitar as externalidades pode criar mecanismos para a redução das emissões, visto que, as informações sobre os produtos e serviços (qualidade, produtividade e escassez) estão resumidas com base do seu preço. Diante do exposto, podemos dizer a precificação do carbono é uma importante ferramenta em relação às emissões de GEE, já que por meio dessa podemos expressar em termos monetários o passivo ambiental.

O princípio norteador da precificação é do poluidor – pagador, ou seja, quem emite GEE deve ressarcir os custos sociais da sua ação por meio do pagamento. Ao atribuir valor

monetário a tCO₂e a precificação visa acelerar a transição da economia atual para a economia de baixo carbono (NICOLLETTI; LEFÈVRE, 2016). Essa característica do instrumento o torna bastante interessante, pois existe urgência nas medidas mitigadoras de emissão.

Existem duas principais formas para precificar as emissões de GEE. Os métodos se distribuem na tributação e na criação um comércio de emissões. Na tributação, a instituição pública define fine o valor a ser pago por cada tonelada de carbono emitida. Já no caso do comércio de emissões é definida, pelo Estado, uma meta de emissões e são distribuídas “permissões de emissões” delegando ao mercado, por meio de compra e vendas, definir o equilíbrio (GONZÁLEZ, 2020).

Segundo o Banco Mundial (2021), existem 64 iniciativas de precificação implementadas ou programadas, cobrindo 11,65 GtCO₂e, e representando 21.5% das emissões globais. O trabalho de Shen (2019), que valorou o passivo gerado pelas emissões veiculares na região metropolitana de Belo Horizonte, chegou ao montante de 2,3 bilhões de dólares (\$ 2.302.061.136,78) respectivo ao período de 2007 a 2017. Na Alemanha um estudo demonstrou que, a precificação das emissões provenientes de combustível para o transporte rodoviário resultou na diminuição das emissões veiculares (FRONDEL, 2021).

O trabalho de Li e Su (2017) indica que a análise de precificação ocorre principalmente em escala regional e nacional, sendo a análise local prejudicada pela pouca oferta de dados. Os autores citam alguns exemplos de precificação em cidades como no caso de Los Angeles que, desde 2012, é coberta pelo esquema de comercio de emissões - *Cap-and-Trade* - da Califórnia para emissões de GEE desde 2012; Tóquio que possui três principais programas, o Programa de Construção Verde lançado em 2002, o Plano Distrital de Eficiência Energética desde 2008 e o Programa de *Cap-and-Trade*, em 2010.

3.3 Cidades e mudanças climáticas

Um ponto central no debate sobre as mudanças climáticas são as cidades. Por conta de suas características, os centros urbanos afetam as emissões de GEE, e simultaneamente, esses locais são suscetíveis às consequências das mudanças climáticas. De acordo com

GOULDSON *et al.* (2016), mais de dois terços da população mundial vive em áreas urbanas, enquanto esses mesmo locais são responsáveis por três quartos das emissões.

As cidades são locais que concentram grande contingente populacional, com amplo fluxo de riquezas e atividades. Macedo (2017) indica as principais características que colocam as cidades como parte importante no contexto das mudanças climáticas. Segundo a autora, o transporte, construção, energia e indústria são as atividades urbanas que possuem destaque em relação à emissão de GEE.

Para muitos autores, para mitigar os efeitos das mudanças climáticas será necessário passar pelo desenvolvimento urbano sustentável. A respeito da maioria das cidades brasileiras podemos afirmar que:

As principais estratégias de política urbana voltadas à mitigação da mudança climática dizem respeito à redução do consumo energético devido à dinâmica urbana, sobretudo a redução da necessidade de deslocamentos por veículos automotores e a redução da necessidade de energia na geração de calefação e arrefecimento nas edificações (BRAGA, 2012 p.10).

Existem diversas iniciativas de planejamento urbano que visam reduzir as emissões ou mitigar os efeitos das mudanças climáticas. O Estatuto da Cidade, os Planos Diretores, leis específicas municipais devem contemplar esse aspecto tão importante para o futuro das cidades.

Partindo de outra análise, podemos definir os centros urbanos como áreas importantes para a crise climática. A maioria das cidades foram tradicionalmente construídas nas margens de rios ou em locais costeiros, tal fato torna esses locais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas (VERMEER; RAHMSTORF, 2009). Estudos indicam que, além das perdas econômicas proporcionadas pela mudança climática, são esperados aumentos nos eventos de enchentes e deslizamentos, amplificados pelo crescimento urbano sem planejamento. Os principais impactos são evidenciados na Figura 3.3 a seguir:

Figura 3.3 - Principais impactos decorrentes das mudanças climáticas em áreas urbanas

MUDANÇA CLIMÁTICA	IMPACTOS EM ÁREAS URBANAS
<i>Mudança nas médias</i>	
Temperatura	Demanda energética crescente (aquecedor / ar condicionado); deterioração da qualidade do ar; ilhas de calor urbano.
Precipitação	Risco crescente de enchente; risco crescente de deslizamento em encostas; migrações das zonas rurais; interrupção das redes de abastecimento de produtos alimentares.
Elevação do nível do mar	Inundações costeiras; redução da renda oriunda da agricultura e turismo; salinização das fontes de água.
<i>Mudanças nos extremos</i>	
Chuvas extremas / Ciclones tropicais	Inundações mais frequentes; maior risco de deslizamento de encostas; danos em casas, fábricas e infraestruturas urbanas.
Secas	Escassez de água; maior preço dos alimentos; perturbações nos sistemas hidroelétricos, migrações das áreas rurais.
Ondas de frio / calor	Maior demanda energética no curto prazo (aquecedor / ar condicionado).
Mudança abrupta no clima (ainda pouco provável, mas crescentemente considerada)	Possíveis impactos de uma elevação extrema do nível do mar; possíveis impactos do aumento rápido e extremo das temperaturas.
<i>Mudanças na exposição</i>	
Movimentos populacionais	Migrações de habitats rurais afetados.
Mudanças biológicas	Aumento de vetores de doenças.

Fonte — MARTINS; FERREIRA, (2011) p. 625 apud APOLLARO (2017), adaptado.

Desse modo, fica evidente a importância das cidades para a mitigação das emissões de GEE e para a adaptação as mudanças climáticas. As políticas sobre desenvolvimento urbano tem o papel de facilitar a mitigação às mudanças climáticas. No caso brasileiro a autonomia municipal auxilia na elaboração de políticas que atendam a necessidades locais. (PIRES, 1999; KRELL, 2005; ÁVILA; MALHEIROS, 2012 apud SATHLER; PAIVA; BAPTISTA, 2019).

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

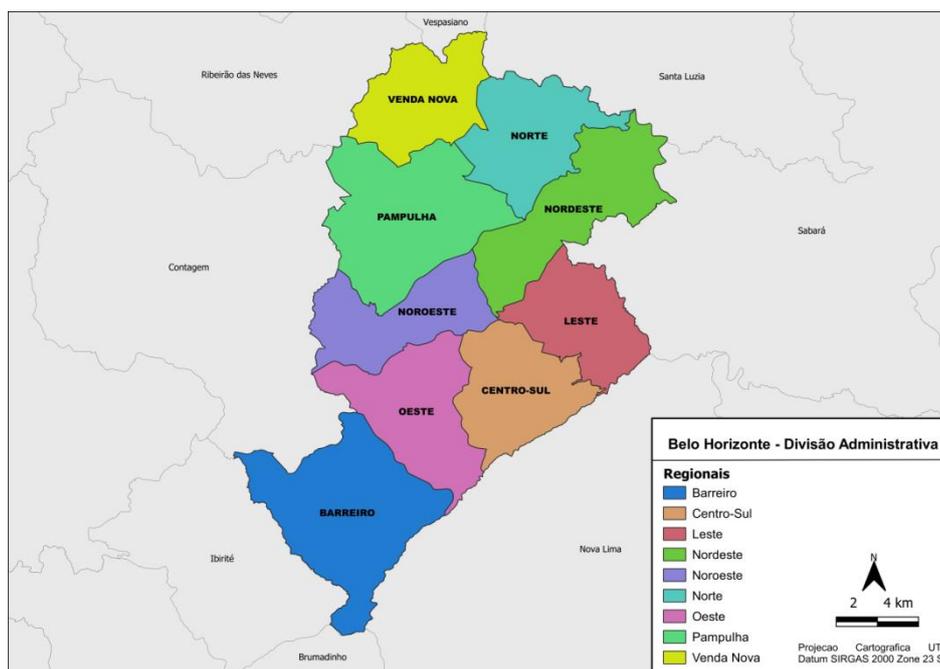
Criado em 1897 para ser a capital do Estado de Minas Gerais, o município de Belo Horizonte passou por um processo acelerado de urbanização. Possuindo 331,354 km² de área territorial e uma população estimada em 2.561.564 habitantes, apresentando densidade demográfica de 7.167,00 hab./km² (IBGE, 2020). O clima de Belo Horizonte é classificado como tropical de altitude, com verões chuvosos e quentes, e inverno frio e seco. A altitude média do município é de 900 metros e os biomas presentes são o Cerrado e a Mata Atlântica.

O município faz divisa com Brumadinho, Contagem, Ibirité, Nova Lima, Ribeirão das Neves, Sabará, Santa Luzia e Vespasiano. Além disso, BH integra a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) constituída por 34 municípios possuindo grande intensidade de deslocamento de pessoas e mercadorias entre eles.

Belo Horizonte tem seu território dividido em 9 (nove) unidades administrativas regionais, sendo elas: Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Pampulha, Oeste e Venda Nova, conforme pode ser visualizado na Figura 4.1.

De acordo com o IBGE (2020), o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) em 2010 era de 0,810, e o PIB é de R\$ 88,951 bilhões. No ano de 2018, a frota de veículos de Belo Horizonte era de 2.075.823 veículos, sendo mais de 69% de carros. Além disso, o município conta com 2 aeroportos, malha ferroviária e uma extensa malha viária. A economia é caracterizada pelo setor terciário se destacando o comércio, prestação de serviços e a administração pública. (IBGE, 2020).

O município tem seu marco legal em relação aos GEE e as mudanças climáticas, por meio da Lei n.º 10 175, de 6 de maio de 2011, que Institui a Política Municipal de Mitigação dos Efeitos da Mudança Climática, possuindo como principal meta a redução de 30% das emissões no prazo de 4 anos após publicação da lei (BELO HORIZONTE, 2011). Belo Horizonte possui o Comitê de Mudanças Climáticas, órgão colegiado e consultivo criado para apoiar o município no enfrentamento às mudanças climáticas.

Figura 4.1- Regionais Administrativas de Belo Horizonte

Fonte – Autor (2021).

4.2 Obtenção dos dados e metodologia de valoração

Para obtenção dos dados relativos ao GEE em BH/MG utilizou-se como base o inventário realizado pela PBH. Desta forma, foi feita uma análise do histórico de GEE emitidos na cidade de Belo Horizonte. Assim, o método utilizado nesta fase consiste em uma pesquisa descritiva partindo de uma revisão histórica da emissão entre 2015 e 2019. Com esses dados foram avaliadas as características das emissões de GEE no município, avaliando a existência de padrões e tendências.

Para isso, a pesquisa foi baseada em dados secundários dos inventários de emissões do período de 2015 a 2019. Esses dados foram obtidos por meio de fontes oficiais da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) disponibilizadas no 4.º Inventário Municipal de Emissões de GEE.

A metodologia utilizada nesse trabalho é classificada como qualitativa e quantitativa. Primeiramente a pesquisa é qualitativa, pois utilizou-se a exploração de dados, por meio da revisão bibliográfica. Já a pesquisa quantitativa é firmada pela análise de dados contidos no relatório, podendo comprovar, amplificar e explicar os dados contidos no relatório.

A metodologia de valoração utiliza tem por base os custos externos da emissão de carbono, ou seja, os impactos econômicos sobre os danos causados pelas emissões de GEE (THE WORD BANK GROUP, 2021).

Esse trabalho adota em sua análise um período de cinco anos (2015 – 2019), o modelo econométrico adotado conta com variáveis importantes para explicar a valoração ambiental. As variáveis do modelo são a quantidade em tCO₂e emitida ao longo dos anos e o valor comercializado nos mercados de carbono. O modelo econométrico se apresenta conforme a Equação 4.1.

$$VCO_2 = xy \quad (4.1)$$

Onde:

VCO₂ = passivo ambiental;

x = emissão de GEE em tCO₂e;

y = preço internacional por tonelada de carbono.

Foi calculado o valor do passivo ano a ano e o total no período analisado. Para o cálculo foram multiplicados os valores de emissão em tCO₂e pelo valor de comercializado pelo Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS) por se tratar do mais antigo sistema em operação no mundo. O preço em cada ano é apresentado na **Tabela 4.1** a seguir:

Tabela 4.1 - Preço do carbono EU ETS

Ano	2015	2016	2017	2018	2019
US\$/tCO ₂ e	7,689825	4,878672	6,236739	16,36535	24,5057

Fonte - WBG, 2020.

Nesse trabalho foram valoradas as fontes dos escopos 1, 2 e 3. E ainda foi avaliado o impacto das emissões no custo de vida do belo-horizontino.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 A gestão de GEE em Belo Horizonte

A questão climática ganha relevância para Belo Horizonte a partir de 2006 com a criação do Comitê Municipal sobre Mudanças Climáticas e Ecoeficiência (CMMCE), órgão colegiado responsável pelo apoio e implementação da política climática municipal. Além do comitê, o município conta com a Lei municipal nº. 10.175 de 06 de maio de 2011, que instituiu a Política Municipal de Mitigação dos Efeitos da Mudança Climática. Dentre os pontos colocados na lei havia a meta de redução, no prazo de até 4 (quatro) anos da publicação da lei, de 30% das emissões antrópicas do município.

Belo Horizonte possui diversas ações relacionadas à sustentabilidade, como Programa de Certificação em Sustentabilidade Ambiental e o Selo BH Sustentável. O município também detém o Plano de Redução de Emissões dos Gases de Efeito Estufa (PREGEE), elaborado em 2013 e atualizado em 2020 (Figura 5.1), esse documento contém medidas para a mitigação das emissões no município.

Figura 5.1 - Inventários de GEE em Belo Horizonte



Fonte – Autor (2021).

O município possui no total cinco inventários no período compreendendo os anos de 2000 a 2020. Ao todo são 20 anos de dados disponíveis, sendo esses dados constantemente, sendo atualizados conforme as metodologias disponíveis, buscando a confiabilidade dos dados e comparação histórica, como evidenciados na Figura 5.1.

5.2 O 4º. Inventário de emissões de GEE

Para Belo Horizonte os setores e subsetores utilizados no inventário foram: setor de unidades estacionárias (residencial, comercial, institucional, indústria de manufatura e

construção); setor de transporte (transporte terrestre e aviação) e setor de resíduos (disposição de resíduos sólidos, tratamento biológico de resíduos, incineração e tratamento/lançamento de efluentes).

A metodologia GPC ainda conta com outros setores e subsetores, entretanto, por conta das características do município, foram desconsideradas: parte dos setores de unidades estacionárias (indústrias de energia, agricultura, silvicultura e pesca e fontes não especificadas); setor de transporte (ferroviário, hidroviário e transporte *off-road*); setor de processos industriais e uso de produtos (processos industriais, usos de produtos) e setor de agricultura, floresta e uso da terra (pecuária, agricultura e emissões de não CO₂) (PHB, 2020). Apesar das exclusões, de acordo com a PBH (2020) não há prejuízo à análise do inventário.

Os escopos tratados no inventário se distribuem em três.

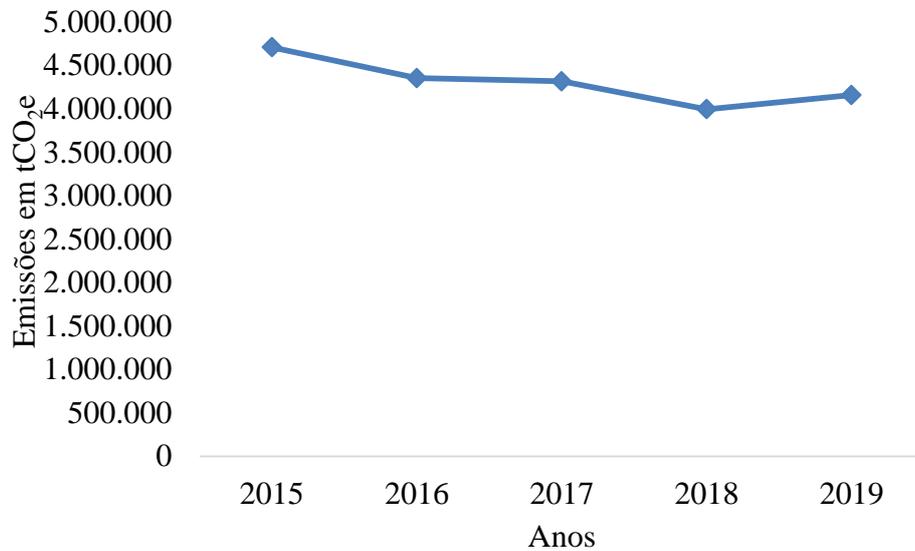
Escopo 1: emissões que ocorrem dentro do município;

Escopo 2: provenientes do consumo de energia a partir da rede de transmissão e distribuição de energia elétrica dentro das fronteiras do município;

Escopo 3: fontes sobre as quais o município possui responsabilidade indireta.

De acordo com os dados disponibilizados pelo 4º. Inventário de Emissões de GEE da PBH percebe-se, que no horizonte temporal delimitado por essa pesquisa, as emissões de GEE apresentam grande variação. Como podemos observar na Figura 5.2, no período de 2015 a 2018 ocorreram quedas no total de emissões do município, já ano de 2019 apresentou crescimento de 4,11% em relação ao ano anterior. De uma maneira geral os dados indicam uma redução nos níveis de emissão.

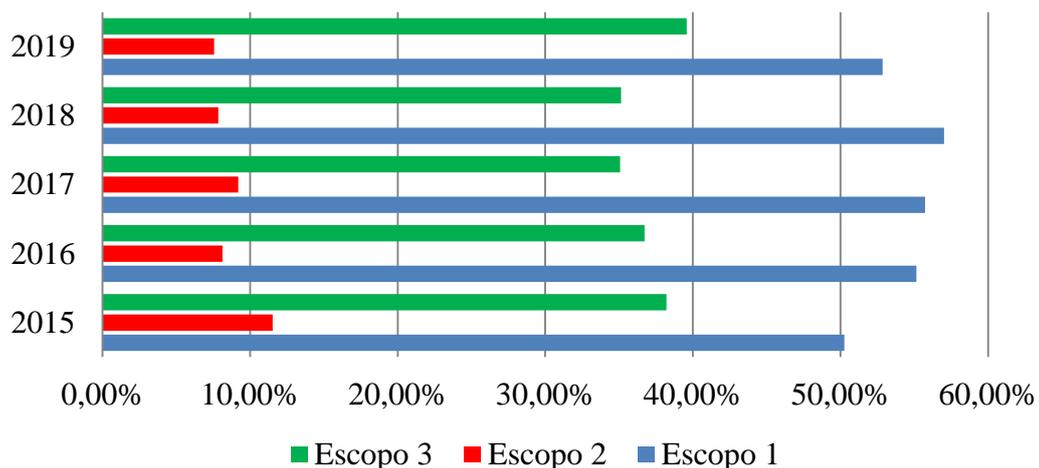
Figura 5.2 - Emissões totais de tCO₂e em Belo Horizonte – MG.



Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

Em relação ao escopo é possível perceber, na Figura 5.3, que ao longo dos anos analisados o Escopo 1 corresponde a mais de 50% das emissões, ou seja, a maior parte das emissões ocorre dentro dos limites do município.

Figura 5.3 - Emissões totais de tCO₂e em Belo Horizonte por Escopo

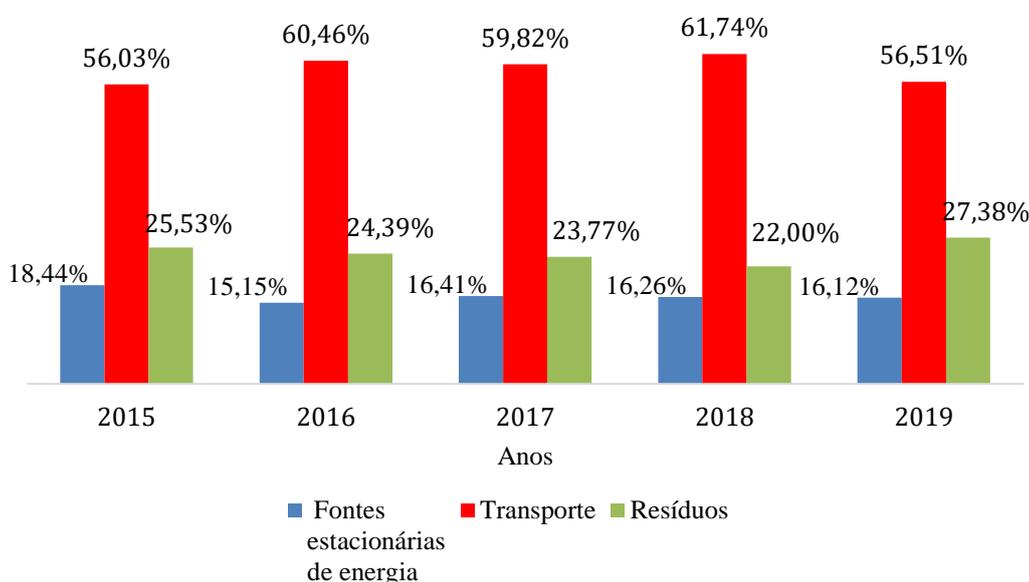


Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

Ao analisar as fontes desagregadas é possível observar quais fontes possuem maior relevância. A Figura 5.4, a seguir mostra as emissões durante dos anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019. Nessas imagens podemos perceber que o setor de transporte é

responsável por grande parte das emissões de GEE em Belo Horizonte, indicando que para se reduzir as emissões gerais às ações, planos e projetos devem ser focados nesse setor.

Figura 5.4 - Porcentagem de Emissões desagregadas por setor em tCO₂e



Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

Outro aspecto que deve ser considerado é o aumento progressivo de frota circulante no município de Belo Horizonte. De acordo com a Tabela 5.1, no ano de 2019 a frota contava com mais de 2 milhões de veículos, apresentando mais de 30% de crescimento entre 2015 e 2019. De acordo com o estudo Paraíba e Oliveira (2018), a capital mineira possui 1,76 veículos para cada habitante da cidade.

Tabela 5.1 - Frota Circulante em Belo Horizonte

	2015	2016	2017	2018	2019
Total	1.693.713	1.760.978	1.880.679	2.040.362	2.199.069

Fonte – Camilo (2019), adaptado pelo autor (2021).

Ao analisar as vendas de a venda de combustíveis em Belo Horizonte percebe-se que, diversos cenários (Tabela 5.2). Para o etanol hidratado as vendas de litros de combustível caíram de 2015 para 2016, e de 2016 em diante houve aumento no volume vendido. A gasolina tipo C teve aumento entre os anos de 2015 e 2016 seguidos por quedas sucessivas. O GLP teve aumento de 2015 a 2016, depois quedas de 2016 a 2018 e um aumento no

volume vendido para o ano de 2019. O óleo diesel apresentou aumento no volume consumido em termos gerais, já o óleo combustível, em resumo, sofreu diminuição na demanda.

Tabela 5.2 - Volume de combustíveis ao longo dos anos em Belo Horizonte

Ano	Etano hidratado (L)	Gasolina C (L)	GLP (Kg)	Óleo Diesel (L)	Óleo Combustível (L)
2015	319.715.615	741.149.350	74.779.414	240.604.639	980.310
2016	247.598.475	786.302.162	77.498.984	238.424.673	1.030.670
2017	268.884.302	783.614.431	75.171.872	287.872.517	801.685
2018	475.294.065	550.095.405	72.836.199	343.019.253	872.651
2019	636.245.687	479.153.021	76.347.481	337.803.248	695.074

Fonte – ANP (2020), adaptado pelo autor (2021).

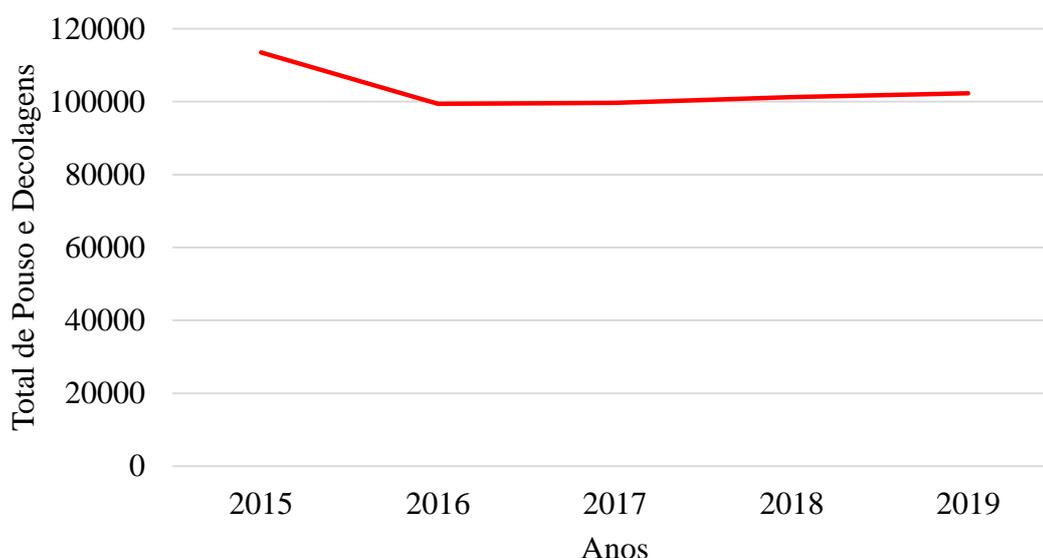
Porém, mesmo com aumento da frota, as emissões de GEE do setor de transportes, no geral, foram reduzidas conforme Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Emissões desagregadas subsetor de transportes em tCO₂e

Ano	2015	2016	2017	2018	2019
Terrestre Rodoviário	1.938.144	2.002.794	1.960.728	1.834.707	1.696.261
Variação	-	3,34%	-2,10%	-6,43%	-7,55%
Aviação	700.229	629.666	621.882	632.288	654.435
Variação	-	-10,08%	-1,24%	1,67%	3,50%
Total	2.638.373	2.632.460	2.582.610	2.466.995	2.350.696
Variação	-	-0,22%	-1,89%	-4,48%	-4,71%

Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

As emissões resultantes do transporte aéreo tiveram quedas expressivas nos primeiros dois anos do período analisado (2015 e 2016), a recuperação do setor se deu nos anos seguintes (Figura 5.5, Tabela 3.1 e Tabela 5.4).

Figura 5.5 - Total de Pousos e Decolagens no Aeroporto Internacional de Belo Horizonte

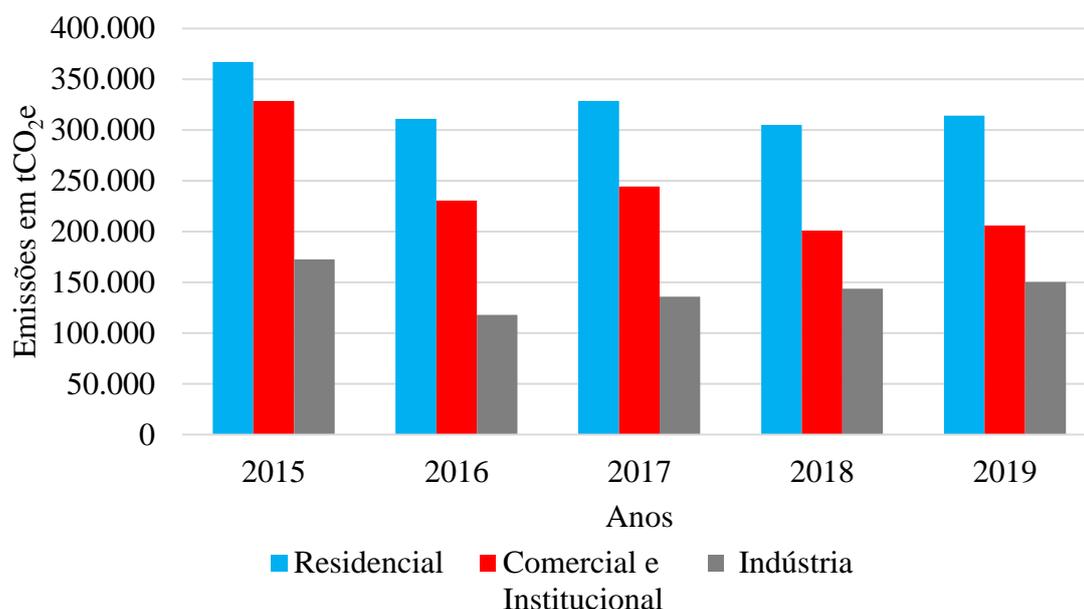
Fonte - BH Airport (2020), adaptado pelo autor (2021).

Tabela 5.4 - Venda de combustível aviação.

Ano	Gasolina Aviação (L)	Querosene de aviação (L)
2015	1.501.178	10.599.572
2016	1.356.007	7.306.656
2017	1.385.263	7.707.040
2018	1.294.789	7.555.424
2019	1.138.966	7.896.684

Fonte - ANP (2020), adaptado pelo autor (2021).

Em relação às fontes estacionárias de emissão, as emissões residências durante o período estudado oscilaram entre ciclos de redução e aumento, apresentando, entre os anos avaliados, cenários de redução, seguido e aumento entre cada ano analisado (-15%, 6%, -7%, 3%). As emissões comerciais e institucionais apresentaram o mesmo padrão de queda e crescimento, já as emissões industriais apresentaram crescimento após o ano de 2015. O comportamento dessas fontes estacionárias se relaciona com a economia do município, que possui maior destaque em atividades do setor terciário. Essas informações podem ser observadas na Figura 5.6.

Figura 5.6 - Emissões Fontes Estacionárias desagregadas Subsetor em tCO₂e

Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

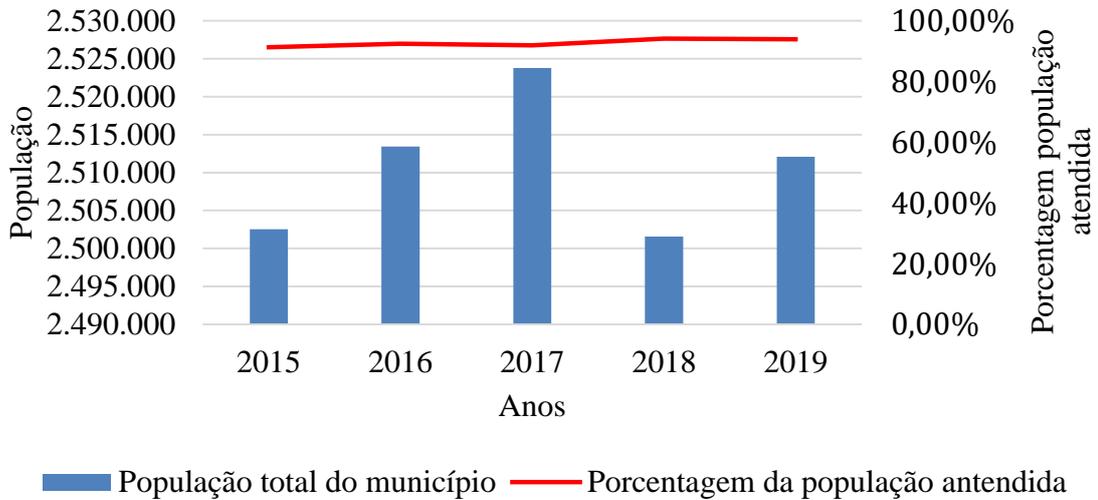
Em relação aos resíduos, as informações disponíveis na Tabela 5.5, demonstram que no período avaliado as emissões, em níveis gerais. De acordo com o PBH (2020) as iniciativas de aproveitamento do biogás (gerado nos processos de decomposição) para produção de energia e a queima para a redução do PAG do metano são importantes estratégias para mitigar a emissão de GEE em Belo Horizonte.

Tabela 5.5 - Emissões Setor de Resíduos tCO₂e

Ano	2015	2016	2017	2018	2019
Resíduos Sólidos	1.064.934	936.232	889.596	756.972	984.404
Efluentes líquidos	137.390	125.532	136.811	121.923	154.542

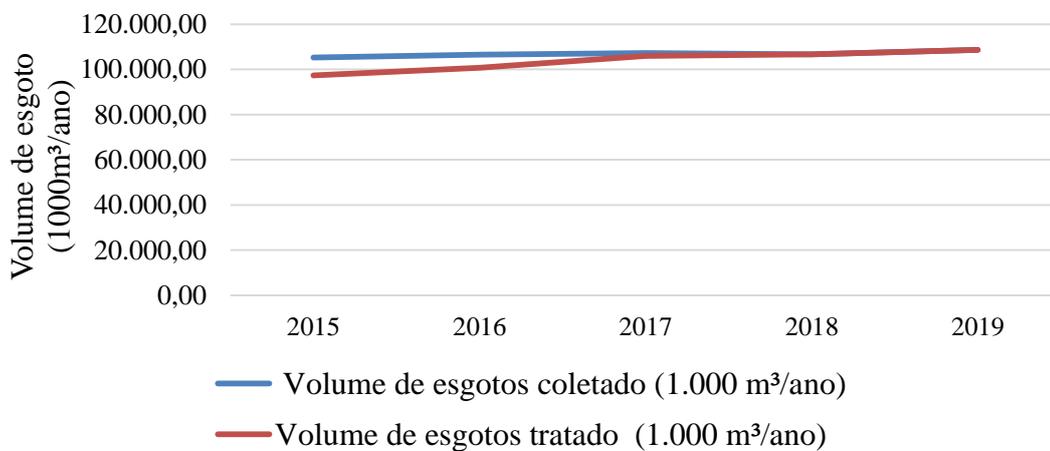
Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

Em relação ao percentual de população atendida pela coleta de esgoto a Figura 5.7 evidencia que, no período analisado, apenas 10% da população não era atendida pela coleta de esgoto.

Figura 5.7 - Porcentagem da população com coleta de esgoto

Fonte - SNIS (2021), adaptado pelo autor (2021).

Em relação ao esgoto tratado e o esgoto coletado, a Figura 5.8 indica que a partir de 2018 100% do esgoto coletado era tratado. Tal fato representa diversos ganhos ambientais, pois, ao realizar o tratamento dos efluentes líquidos se reduz o impacto ambiental negativo nos corpos hídricos, entretanto a relação entre volume tratado e emissão de GEE é diretamente proporcional, ou seja, quanto maior a quantidade de efluente tratado, maior será a emissão de gases de efeito estufa. Um ponto importante a ser destacado é a possibilidade de mitigação das emissões através da queima do biogás gerado.

Figura 5.8 - Esgoto tratado e esgoto coletado.

Fonte - SNIS (2021), adaptado pelo autor (2021).

Em relação aos resíduos sólidos urbanos e resíduos de limpeza pública, os dados (Tabela 5.6) indicam potencial para ampliação da coleta seletiva no município já que esse valor representa menos de 1% ao longo do ano.

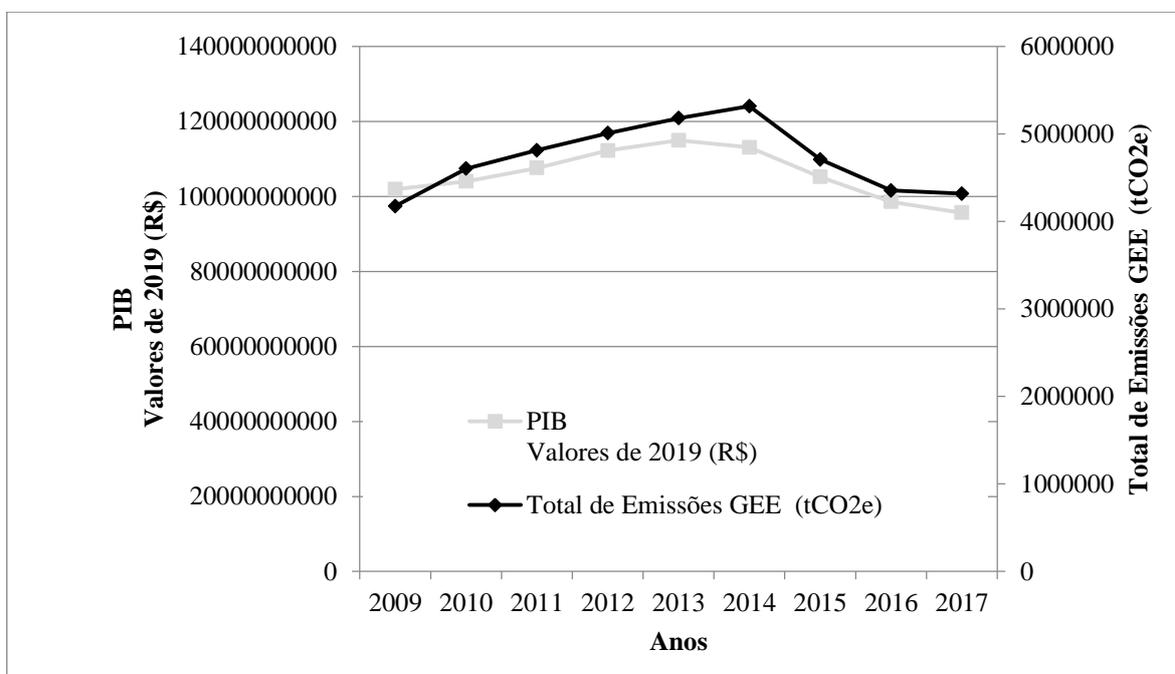
Tabela 5.6 - Resíduo coletado e coleta seletiva.

Ano de Referência	Quantidade total de resíduos domiciliares e resíduos públicos da limpeza urbana coletada	
	(Tonelada/ano)	Quantidade total recolhida coleta seletiva (Tonelada/ano)
2019	779.889,00	7.288,00
2018	888.254,00	6.282,00
2017	750.120,50	7.275,40
2016	819.306,20	7.281,90
2015	822.063,90	6.927,10

Fonte - SNIS (2021), adaptado pelo autor (2021).

Para inferir sobre a relação entre o Produto Interno Bruto (PIB) e as emissões de GEE foram utilizados dados da série histórica (Figura 5.9).

Figura 5.9 - PIB e emissão CO₂ em Belo Horizonte



Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

De acordo com Lima, Machado e Rangel (2016), e Lima, Rocha e Rangel (2019), no Brasil, há uma relação direta entre o crescimento econômico e a emissão de CO₂. Em Belo Horizonte (Figura 5.9) é possível perceber que as emissões de CO₂ acompanham os valores do PIB, indicando forte relação direta. Esse fato pode ser um indicativo de que as emissões do município ainda não estão desacopladas (o desacoplamento é um dado numérico que relaciona as emissões de GEE com o PIB.) das emissões do município, entretanto, ainda é necessário avaliar essa situação por meio do cálculo de desacoplamento de emissões.

Em análise geral as emissões apresentaram queda entre 2015 e 2019 (Figura 5.10). Apenas o subsetor de efluentes líquidos teve aumento entre os anos analisados. O cenário de queda pode ser entendido como reflexo da realidade econômica do município, entretanto é preciso compreender as relações entre o crescimento econômico do município e as emissões. seguir apresenta um resumo das emissões no período analisado.

Figura 5.10 - Quadro resumo das emissões

EMISSIONES DE GEE POR SETOR	2015	2016	2017	2018	2019	Varição percentual entre 2015 e 2019	Fatores
Energia	868.281	659.494	708.520	649.892	670.440	-22,8%	Tendência de substituição de fontes energéticas.
Comercial e institucional	328.657	230.558	244.272	201.066	206.095	-37,3%	
Industrial	172.725	117.923	135.773	143.746	150.218	-13,0%	
Residencial	366.899	311.013	328.476	305.080	314.127	-14,4%	
Transporte	2.638.373	2.632.460	2.582.610	2.466.996	2.350.697	-10,9%	Melhorias no transporte coletivo. Maior proporção de etanol na gasolina. Aumento no número de cicloviás. Redução no número de viagens aéreas.
Terrestre Rodoviário	1.938.144	2.002.794	1.960.728	1.834.707	1.696.261	-12,5%	
Aviação	700.229	629.666	621.882	632.288	654.435	-6,5%	
Resíduos	1.202.324	1.061.764	1.026.407	878.895	1.138.946	-5,3%	Aproveitamento energético do resíduo. Variação na quantidade e qualidade do esgoto
Resíduos Sólidos	1.064.934	936.232	889.596	756.972	984.404	-7,6%	
Efluentes líquidos	137.390	125.532	136.811	121.923	154.542	12,5%	
Total	4.708.978	4.353.718	4.317.537	3.995.783	4.160.083	-11,7%	Redução nas emissões

Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

A princípio pode-se afirmar que o desempenho econômico reflete nas emissões. Desse modo é recomendada uma análise completa a respeito das ações do PREGEE e do grau de desacoplamento das emissões do município para assim compreender o cenário real.

5.3 Valoração das emissões

Para analisar os custos externos relacionados à emissão de GEE foi necessário valorar as emissões. Como pode ser analisado na Tabela 5.7 o total do passivo ambiental de Belo Horizonte referente aos anos de 2015 a 2019 é de US\$251.774.236,39 ou R\$891.837.233,27.

Os valores da tonelada de CO₂ de comercio da EU ETS sofrem variações de mercado (por se tratar de um sistema de comercio podem ocorrer alterações no teto de emissões e na oferta e demanda de permissões), para contornar esse problema alguns estudos sugerem utilizar o valor de US\$ 50,00 para a tCO₂e emitida, a escolha desse valor é dado em função de um estudo, que indicou esse valor como um das ferramentas para que o Brasil possa alcançar a meta de 43% de redução nas emissões até 2030 (IDRI, 2015 apud NICOLLETTI; LEFÈVRE, 2016). Entretanto, esse valor está relacionado às emissões gerais brasileiras, as quais tem grande contribuição das atividades de mudança de uso da terra e agropecuária. Ao adotar o valor fixo de US\$ 50,00, o passivo poderia ser superestimado e não representaria a realidade.

Tabela 5.7 - Passivo Ambiental

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Emissões totais em tCO₂e	4.708.979	4.353.719	4.317.538	3.995.783	4.160.083	21.536.102
Preço do carbono (US\$ TonCO₂e)	7,69	4,88	6,24	16,37	24,51	-
Valor do passivo (US\$ milhões)	36,21	21,25	26,94	65,41	101,96	251,77

Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

Ao analisar o passivo segregado pode-se perceber que o Escopo 1 concentra o maior valor de passivo, ou seja, as emissões que ocorrem dentro da fronteira do município são as principais externalidades ambientais. As Tabela 5.8 e Tabela 5.9 detalham o passivo por Escopo e por setor, respectivamente.

Tabela 5.8 - Passivo Ambiental por Escopo (em milhões de dólares)

	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Escopo 1	18,20	11,71	15,01	37,28	53,89	136,10
Escopo 2	4,17	1,72	2,48	5,13	7,70	21,21
Escopo 3	13,84	7,80	9,44	22,98	40,35	94,41
Total	36,21	21,24	26,93	65,39	101,95	251,72

Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

Nos dados por escopo é possível perceber o reflexo do setor de transportes. Essa situação indica que, em relação ao passivo total, 54,06% correspondem ao escopo 1. Nos anos avaliados valor do passivo correspondente ao escopo 1 foi superior a 50% do total. Em relação ao escopo 3, que corresponde ao segundo maior valor, a redução desse passivo dependerá da efetividade das iniciativas de reciclagem, compostagem e reaproveitamento de biogás sejam mais efetivas, já que as emissões referentes as viagens aéreas possuem maior dificuldade na redução.

Tabela 5.9 - Passivo Ambiental por Setor (em milhões de dólares)

SETOR	2015	2016	2017	2018	2019	Total
I. Fontes estacionárias de energia	\$6,68	\$3,22	\$4,42	\$10,64	\$16,43	\$41,38
II. Transporte	\$20,29	\$12,84	\$16,11	\$40,37	\$57,61	\$147,22
III. Resíduos	\$9,25	\$5,18	\$6,40	\$14,38	\$27,91	\$63,12
TOTAL	\$36,21	\$21,24	\$26,93	\$65,39	\$101,95	\$251,72

Fonte - PBH (2020), adaptado pelo autor (2021).

A metodologia de valoração utilizada faz uso de uma multiplicação direta, desse modo, o valor do passivo acompanha o total de emissões e também está relacionado às variações no preço da tonelada de carbono.

De acordo com Andrade e Mattei (2011), o histórico de desenvolvimento da estrutura de transporte brasileiro tem base no modal rodoviário, além disso, ocorre uma demanda crescente de veículos de transporte individuais ao mesmo ponto que existe ineficiências dos sistemas de transporte coletivo. Por conta desses fatores o setor de transportes deve ser foco

nos debates em relação as emissões de GEE, visto que muitos veículos ainda utilizam combustíveis fósseis como fonte de energia.

O valor do passivo pode ser utilizado como base para a promoção de políticas públicas de incentivo a utilização de meios de transporte que emitam menor quantidade de GEE. Nicolletti e Lefèvre (2016) destacam que, a nível nacional, a tributação de combustíveis pode induzir a alterações de comportamento dos agentes econômicos.

O passivo calculado se mostra como uma externalidade ambiental. O passivo anual é de cerca de R\$ 100,00 por habitante. Ainda que esse estudo, por dificuldades na obtenção dos dados, não foi possível avaliar o impacto das emissões de GEE no custo de vida. Pode se afirmar que, os passivos ambientais referentes às emissões de GEE representam acréscimo no custo de vida do belo-horizontino e também piora na qualidade de vida. A avaliação completa do impacto depende das condições socioeconômicas dos afetados.

6 CONCLUSÃO

As mudanças climáticas se tornaram o principal problema ambiental, social e econômico da sociedade atual. De fato, o ser humano está envolvido direta e indiretamente na intensificação das emissões de GEE e também nas consequências advindas mudanças climáticas. Os problemas ambientais, por conta de sua natureza, comumente se apresentam como externalidades, onerando prejuízos a todas as formas de vida da Terra.

O acumulado do passivo ambiental proveniente das emissões de GEE entre 2015 e 2019 foi cerca de 251 milhões de dólares. Esse valor representa um aumento no custo de vida dos moradores do município, além disso, as emissões representam uma piora na qualidade de vida.

Diante de tal realidade fica evidenciada a urgência em relação à medida que visem reduzir a quantidade de GEE emitido. Outro ponto passível de discussão é a necessidade de um plano de desenvolvimento que considere as características do município.

Existem algumas ações com objetivo de reduzir as emissões do setor de transporte, dentre elas se destacam: incentivo ao uso de meios de transporte não motorizados, diversificação dos meios de transporte metroviário, incentivos ao uso do transporte público, uso de fontes de energia com menor potencial poluído e incentivo do trabalho remoto (teletrabalho) (MICHAELIS; DAVIDSON, 1996 e SCHIPPER; MARIE-LILLIU, 1998 apud MATTOS, 2016).

As cidades se apresentam como ator fundamental na gestão das emissões de GEE, mas também são locais em que as consequências das mudanças climáticas podem ser mais drásticas.

Com a utilização dos inventários de gases é possível compreender com maior clareza a situação dos municípios, promovendo a busca por soluções a fim de reduzir os impactos negativos oriundos das emissões. A partir do conhecimento dos dados é possível buscar correlações, como é o caso da precificação das emissões de GEE. A precificação se apresenta como técnica capaz de traduzir em valores monetários as externalidades ambientais.

Recomenda-se o desenvolvimento de metodologias locais, que levem em consideração características do município, buscando analisar os valores gastos com mitigação de emissões e adaptação as mudanças climáticas. Também é necessário disseminar a prática de valoração das emissões dos municípios brasileiros, pois ampliara as possibilidades de comparação e análise. Deste, modo permitindo o uso da precificação como ferramenta na gestão das emissões de gases de efeito estufa.

Recomenda-se avaliar o impacto econômico das emissões de GEE no custo de vida da população, com o objetivo de concretizar ações que visem à redução da externalidade e consequentemente a redução do passivo ambiental.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. L. C.; MATTEI, L. Consumo energético e emissões de CO₂: uma análise do setor de transportes brasileiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 39., 2011, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: ANPEC, 2011. Disponível em: <https://necat.ufsc.br/files/2012/09/ArtAndre-Lauro-ANPEC-2011-TRANSPORTES.pdf>. Acesso em: 17 set. 2021.

A POLLARO, Camila; ALVIM, Angélica. Estratégias e desafios do planejamento urbano para a adaptação de cidades frente à mudança climática. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, n. 6, 2017.

BAGNOLI, Vicente. **Direito Econômico**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BANCO MUNDIAL. Carbon Pricing Dashboard. 2021. Disponível em: https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data Acesso em: 30 jun. 2021.

BELO HORIZONTE. **Lei nº 10.175, de 6 de maio de 2011. Institui a Política Municipal de Mitigação dos Efeitos da Mudança Climática**. Belo Horizonte: Secretaria Municipal de Governo [2011]. Disponível em: <http://portal6.pbh.gov.br/dom/iniciaEdicao.do?method=DetalheArtigo&pk=1057490>. Acesso em: 22 set. 2020.

BRAGA, Roberto. Mudanças climáticas e planejamento urbano: uma análise do Estatuto da Cidade. **VI Encontro Nacional da Anppas**. Belém, p. 1-15, 2012.

CAMILO, José Vitor. Com o ritmo atual de crescimento da frota, BH deve ter mais carro do que gente em 2022. Hoje em dia, Belo Horizonte, 14, novembro, 2019. Disponível em: <https://www.hojeemdia.com.br/horizontes/com-o-ritmo-atual-de-crescimento-da-frota-bh-deve-ter-mais-carro-do-que-gente-em-2022-1.756689>. Acesso em: 10 de março de 2021.

CARLONI, Flávia Beatriz Beserra Azevedo. **Gestão do Inventário e do Monitoramento de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Cidades: O Caso do Rio de Janeiro**. 2012. 187p. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CARVALHO, Bruno Moreira de; PEREZ, Leticia Palazzi; OLIVEIRA, Beatriz Fatima Alves de; JACOBSON, Ludmilla da Silva Viana; HORTA, Marco Aurélio; SOBRAL, Andrea; HACON, Sandra de Souza. Vector-borne diseases in Brazil: climate change and future warming scenarios. **Sustentabilidade em Debate**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 361-404, 31 dez. 2020. Editora de Livros IABS. <http://dx.doi.org/10.18472/sustdeb.v11n3.2020.33985>.

CONCEIÇÃO, G. C. A. **INVENTÁRIOS MUNICIPAIS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) NO BRASIL**: uma análise de sua prática, potencialidades e desafios. 2017. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

FRONDEL, Manuel; MARGGRAF, Clemens; SOMMER, Stephan; VANCE, Colin. Reducing vehicle cold start emissions through carbon pricing: evidence from germany. **Environmental Research Letters**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 034041, 1 mar. 2021. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/abde06>.

GOULDSON, A; COLENBRANDER, S; SUDMANT, A; PAPARGYROPOULOU, E; KERR, N; MCANULLA, F; HALL, S. (2016). Cities and climate change mitigation: Economic opportunities and governance challenges in Asia. **Cities**, v. 54, p. 11-19, 2016

GHG PROTOCOL BRASIL. PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. **Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de Gases de Efeito Estufa**. Segunda Edição. São Paulo: (2008). Disponível em: https://s3-sa-east1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/152/especificacoes_pb_ghgprotocol.pdf. Acesso em: 19 fev. de 2021.

GONZÁLEZ, Javier Ignacio Toro. **Proposta de precificação das emissões de gases de efeito estufa do setor elétrico brasileiro por meio de sistema de comércio de emissões**. 2020. Tese (Doutorado em Energia) - Instituto de Energia e Ambiente, University of São Paulo, São Paulo, 2020. doi:10.11606/T.106.2020.tde-18022021-120802. Acesso em: 2021-08-06.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Belo Horizonte - informações completas**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>. Acesso em: 06 de out. de 2020.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Mudança do Clima 2007a: A Base das Ciências Físicas**. Paris: 2007. Disponível em http://www.mct.gov.br/upd_blob/0015/15130.pdf. Acesso em: 13 ago. 2020.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2007b: impacts, adaptation and vulnerability summary for policymakers. [S.l.], 2007b. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2014. **Summary for Policymakers. In Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** (pp. 1-30). Cambridge: Cambridge University. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2013-the-physical-science-basis/summary-for-policymakers/356E277FD1FBC887845FB9E8CBC90CCD>. Acesso em: 06 out. 2020.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Edição 2014. Disponível em: <http://ipcc.ch/report/ar5/syr/>. Acesso em: 06 set. 2020.

JACOBI, Pedro Roberto; SINISGALLI, Paulo Antonio de Almeida. Governança ambiental e economia verde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1469-1478, 2012.

JUNGES, Alexandre Luis; SANTOS, Vinícius Yuri; MASSONI, Neusa Teresinha; SANTOS, Francinei Amorim Costa. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências. Cuiabá. Vol. 13, n. 5 (dez. 2018), p. 126-151**, 2018.

LI, Yingzhu; SU, Bin. The impacts of carbon pricing on coastal megacities: A CGE analysis of Singapore. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 1239-1248, 2017.

LIMA, André Gomes de; ROCHA, Diego Lilargem; RANGEL, João José. de Assis Análise de Desacoplamento das Emissões de CO₂ e Crescimento Econômico. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782)**, v. 4, n. 3, 2019.

LIMA, Gilberto Tadeu. Naturalizando o capital, capitalizando a natureza: o conceito de capital natural no desenvolvimento sustentável. **Texto para Discussão do Instituto de Economia da UNICAMP**, 1999.

LIMA, Gustavo Ferreira da Costa; LAYRARGUES, Philippe Pomier. Mudanças climáticas, educação e meio ambiente: para além do Conservadorismo Dinâmico. **Educar em Revista**, n. SPE3, p. 73-88, 2014.

LIMA, Yves Rocha Salles de; MACHADO, Tatiane Stellet; RANGEL, Joao Jose de Assis. Desacoplamento entre as Emissões de CO₂ eo PIB. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 2, n. 3, p. 37-53, 2016.

MACEDO, Laura Silvia Valente de. **Participação de cidades brasileiras na governança multinível das mudanças climáticas**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MAGALHÃES FILHO, Luiz Cláudio de Almeida; ABREU, João Francisco. Ilha de calor urbana, metodologia para mensuração: Belo Horizonte, uma análise exploratória. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Volume 10 - Número 1 - 1º Semestre 2010. Belo Horizonte.

MAIA, Alexandre Gori. **Valoração de recursos ambientais**. 2002. 183p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia, Campinas, São Paulo, 2002.

MARTINS, Regina Célia Carvalho de; ROSSIGNOLI, Marisa. Desenvolvimento econômico sustentável e as externalidades ambientais. **Direito e Desenvolvimento**, v. 9, n. 2, p. 137-154, 2018.

MATOS, A; RIBEIRO, M. I; FERNANDES, A; CABO, P. Análise crítica dos métodos de valoração econômica dos bens e recursos ambientais. **COLÓQUIO IBÉRICO DE ESTUDIOS RURALES**, 8, Cáceres, 2010.

MATTOS, Laura Bedeschi Rego de. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa: O caso do Município do Rio de Janeiro**. 2001. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MONZONI, Mario. A fábula das externalidades. **Adiante**, n. 3, p. 48-51, 2018.

NEVES, Camila Garcia; DOPICO, Yasmini Bianor Canali. **Análise de Metodologias de Produção de Inventários de Gases de Efeito Estufa de Cidades**. 2013. 132 p. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

NICOLETTI, Mariana Xavier; LEFÈVRE, Guilherme Borba. Precificação de carbono no Brasil: perspectivas e aprendizados a partir de uma simulação de mercado cap-and-trade. **Cadernos Adenauer** v; xvii, nº. 2, 2016.

NOBRE, Carlos A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Parcerias estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 239-258, 2010.

PARANAIBA, Guilherme; OLIVEIRA, Junia. Belo Horizonte é a capital brasileira com mais carros por habitante. Estado de Minas, Belo Horizonte, Folha de São Paulo, São Paulo, 03 dez. 2018. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2018/12/03/interna_gerais,1009971/belo-horizonte-e-a-capital-brasileira-com-mais-carros-por-habitante.shtml. Acesso em 04 de ago. 2021

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE - PBH. 2009. Inventário Municipal de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: http://www.pbh.gov.br/smpl/PUB_P015/Relat%C3%B3rio+Final+Gases+Estufa.pdf. 2015. Acesso em: 28 ago. 2020.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE - PBH. 2016. Análise De Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas do Município de Belo Horizonte. [2016?]. Disponível em: https://www.kas.de/c/document_library/get_file?uuid=81e6462d-a9af-ae09-9817-b797afbf41ad&groupId=252038. Acesso em: 28 ago. 2020.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE - PBH. 2020. 4º Inventário Municipal de Emissões de GEE: relatório técnico de atualização e extração dos dados período: 2009-2019. 2020. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/noticia/Meio%20Ambiente/4-edicao-inventario-de-gee-_versao-ascom-smma.pdf Acesso em: 22 fev. 2021.

RESENDE, Caio Cordeiro de. **Falhas de mercado: uma análise comparativa da escola do setor público tradicional e da escola austríaca**. 2012. 363 f., il. Dissertação (Mestrado em Economia)—Universidade de Brasília. 2012.

SATHLER, Douglas; PAIVA, Julio Cesar; BAPTISTA, Sandra. Cidades e Mudanças

Climáticas: planejamento urbano e governança ambiental nas sedes das principais regiões metropolitanas e regiões integradas de desenvolvimento/Cities and Climate Change: urban planning and environmental governance in the central municipalities of Brazil's leading metropolitan regions and integrated development regions. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56, p. 262, 2019.

SANCHEZ, L.A. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2008.

SILVA, Cleyton Martins; SOARES, Ricardo; MACHADO, Wilson; KLACHQUIN, Graciela Arbilla de. A pandemia de COVID-19: vivendo no Antropoceno. **Rev. Virtual de Quím**, v. 12, p. 1000, 2020.

SILVA, Karine Zortea, COLOMBO, Renata. 2019. “Mudanças Climáticas: Influência Antrópica, Impactos E Perspectiva”s. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science** 8 (3), 47-68. 2019.

SHEN, Yu Ju. **Valoração das Emissões Veiculares de Gases de Efeito Estufa na Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 66. 2019.

WBG - THE WORLD BANK GROUP. 2021. Disponível em: <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATECHANGE (UNFCCC). **Global Warming Potentials**. 2020. Disponível em: http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php. Acesso em: 13 set. 2020.

VERMEER, M.; RAHMSTORF, S.. Global sea level linked to global temperature. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [S.L.], v. 106, n. 51, p. 21527-21532, 7 dez. 2009. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0907765106>.