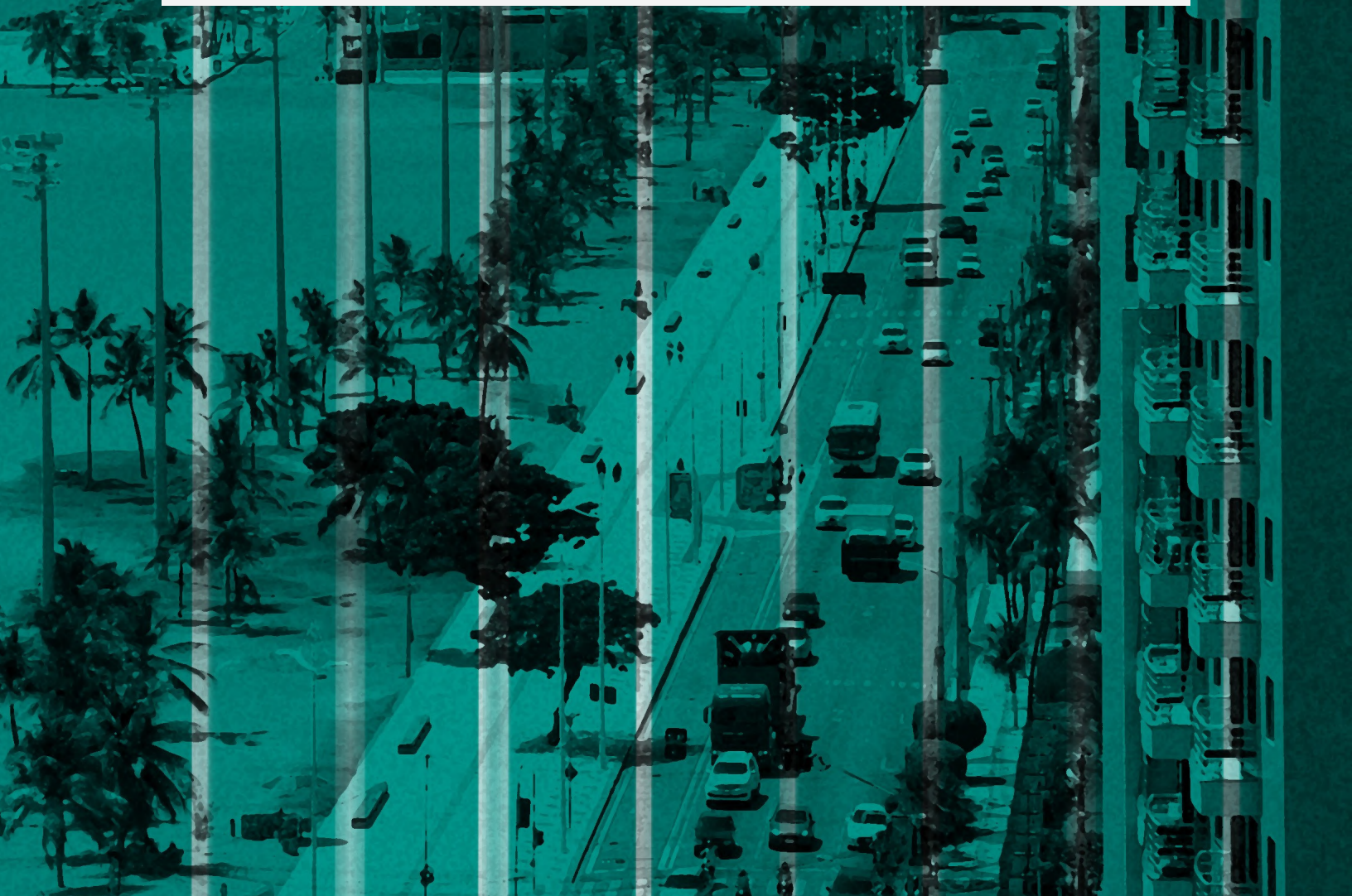


40^o INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

DE FORTALEZA



VERSÃO III

Revisada junto à C40 Cities
Atualizada em Setembro de 2025

C40
CITIES



FORTALEZA
PREFEITURA

URBANISMO
E MEIO AMBIENTE

4º INVENTÁRIO DE EMISSIONES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE FORTALEZA

VERSÃO III

Revisada junto à C40 Cities
Atualizada em Setembro de 2025

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA

Prefeito Municipal de Fortaleza

Evandro Sá Barreto Leitão

Secretário Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente

João Vicente Leitão

Secretário Executivo de Urbanismo e Meio Ambiente

José Iraguassu Teixeira Filho

Coordenador de Políticas Ambientais da SEUMA

Gustavo Henrique Macedo Rocha

Laboratório da Cidade Sustentável da SEUMA

Maria Raquel do Vale Lima

Gerente da Célula de Sustentabilidade e Mudanças Climáticas da SEUMA

Renata Veras Muniz Farias

Articuladora da Célula de Sustentabilidade e Mudanças Climáticas da SEUMA

Thais Braga Carneiro Rocha

Gerente de Planejamento Estratégico do IPPLAN Fortaleza

Ponto Focal da Prefeitura de Fortaleza junto ao C40

Francisca Dalila Menezes Vasconcelos

REDE C40

Regional Deputy Director for Latin America | Regional and Mayoral Engagement

Cristina Argudo

Senior Manager Climate Action Planning | Climate Action Planning & Innovation

Inés Lockhart

EQUIPE TÉCNICA REVISÃO

Daniela Ramirez

Francisca Dalila Menezes Vasconcelos

Renata Veras Muniz Farias (coordenação)

Rodolphe Quinn

Thais Braga Carneiro Rocha

REVISÃO E COLABORAÇÃO TÉCNICA COM A C40

Em 2024, Fortaleza passou a integrar a C40 Cities Climate Leadership Group, rede global que reúne cidades do mundo comprometidas com ações ambiciosas para enfrentar a crise climática. A entrada na rede representa o reconhecimento do avanço da cidade na agenda climática e possibilita acesso a iniciativas de colaboração técnica, troca de experiências e desenvolvimento de capacidades para acelerar a transição para um futuro mais resiliente e de baixo carbono.

No âmbito do presente Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, Fortaleza contou com o apoio direto da C40 Cities por meio de uma colaboração técnica especializada, na qual a equipe da rede realizou uma revisão detalhada do documento. O objetivo foi garantir que os Inventários utilizassem dados da mais alta qualidade possível e fossem reportados de forma clara, consistente e alinhada às melhores práticas internacionais. Esse trabalho incluiu a verificação metodológica com base no Protocolo Global para Inventários de Emissões de GEE (GPC) e no uso da ferramenta City Inventory Reporting and Information System (CIRIS), ambos desenvolvidos em parceria pela C40, ICLEI e WRI.

A participação de Fortaleza na C40 amplia o alcance de suas ações, permitindo a integração com programas globais, como campanhas voltadas à neutralidade de carbono, adaptação climática e justiça climática. Também reforça o compromisso municipal com o Acordo de Paris, fortalecendo as condições para atrair recursos técnicos e financeiros, bem como fomentar parcerias que viabilizem soluções de impacto para mitigação e adaptação.

Assim, a inclusão desta revisão técnica da C40 no processo de elaboração do Inventário reforça a credibilidade e a transparência das informações apresentadas, além de demonstrar o alinhamento de Fortaleza aos padrões globais de reporte e monitoramento de emissões de GEE.

EXPEDIENTE EDIÇÃO ORIGINAL PUBLICADA EM 2020

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA

Prefeito Municipal de Fortaleza

Roberto Cláudio Rodrigues Bezerra

Secretária Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente

Maria Águeda Pontes Caminha Muniz

Secretário Executivo de Urbanismo e Meio Ambiente

Adolfo César Silveira Viana

Coordenadora de Políticas Ambientais da SEUMA

Maria Edilene Silva Oliveira

EQUIPE TÉCNICA

Coordenadora de Políticas Ambientais da SEUMA

Maria Edilene Silva Oliveira

Gerente da Célula de Sustentabilidade e Mudanças Climáticas da SEUMA

Renata Veras Muniz Farias (Coordenadora do Inventário)

Articuladora da Célula de Sustentabilidade e Mudanças Climáticas da SEUMA

Lara Aragão Barroso Fernandes

Técnico da Coordenadoria de Políticas Ambientais da SEUMA

Marcelo Rebouças da Silva

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Emissões por categorias de entrada da Plataforma CIRIS **32**

Gráfico 2 – Emissões do Setor Estacionário **33**

Gráfico 3 - Emissões do Setor de Transportes **34**

Gráfico 4 – Emissões do Setor de Saneamento **35**

Gráfico 5 – Emissões de Fortaleza no Cenário Estadual **36**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logo de identificação da ferramenta CIRIS **24**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Princípios de contabilização e divulgação de emissões de GEE segundo o GPC **25**

Tabela 2 - Fontes de Emissão **26**

Tabela 3 - Síntese das emissões de acordo com os escopos previstos **31**

Tabela 4 – Comparativo de Emissões Municipais por Inventário **37**

LISTA DE ACRÔNOMOS E SIGLAS

ACFOR - Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental

ANP - Agência Nacional de Petróleo

BAU - Business As Usual

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento

C40 – C40 Cities Climate Leadership Group

CAF - Banco de Desenvolvimento da América Latina

CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CB27 - Fórum de Secretários de Meio Ambiente das Capitais Brasileiras

CDP – Carbon Disclosure Project

CEGÁS - Companhia de Gás do Ceará

CIRIS - City Inventory Reporting and Information System

COP - Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

FORCLIMA - Fórum de Mudanças Climáticas de Fortaleza

GCoM – Global Covenant of Mayors for Climate & Energy

GEE - Gases de Efeito Estufa

GHG Protocol – Greenhouse Gas Protocol

GLP - Gás Liquefeito de Petróleo

GPC – Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade

IEA - International Energy Agency

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

ONU - Organização das Nações Unidas

PIB - Produto Interno Bruto

PLAC – Plano Local de Ação Climática

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SCSP - Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões de GEE

SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente

SEUMA - Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima)

URBAN LEDS - Urban Low Emissions Development Strategy

VLT - Veículo leve sobre trilhos

WRI - World Resource Institute

WWF - World Wide Fund for Nature

LISTA DE SÍMBOLOS

CH₄ – Metano

CO₂ – Dióxido de Carbono

GJ – Gigajoule

GW – Gigawatt

hab – Habitante

kWh – Quilowatt-hora

m³ – Metros cúbicos

mm – Milímetros

MW – Megawatt

N₂O – Óxido Nitroso

° – Graus

t – Toneladas

tCO₂e - Toneladas de dióxido de carbono equivalente

TJ – Terajoule

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. FORTALEZA E A RESILIÊNCIA CLIMÁTICA	16
2.1. Governança Climática de Fortaleza	16
2.2. Caracterização do Município	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Ferramenta CIRIS	23
3.2. Protocolo Global para Inventários de Emissões de GEE (GPC)	24
3.1.2. Categorização das Emissões	25
3.3. Metodologia e Limitações	27
3.3.1. Fatores de Emissão	27
3.3.2. Abordagem Emissões de Fontes Estacionárias	27
3.3.3. Abordagem Emissões de Transportes	28
3.3.4. Abordagem Emissões de Resíduos	29
3.3.5. Atualizações da Revisão	30
4. RESULTADOS	31
4.1. Perfil de Emissões de Fortaleza	31
4.2. Emissões por setor	32
4.2.1 Setor Fontes Estacionárias	32
4.2.2 Setor Transportes	34
4.2.3 Setor Resíduos	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
6. REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Marengo (2007, p. 25), a Terra sempre passou por ciclos naturais de aquecimento e resfriamento, da mesma forma que períodos de intensa atividade geológica lançaram à superfície quantidades colossais de gases que formaram de tempos em tempos uma espécie de bolha gasosa sobre o planeta, criando um efeito estufa natural. Ocorre que, atualmente, a atividade industrial está afetando o clima terrestre na sua variação natural, o que sugere que a atividade humana é um fator determinante no aquecimento.

Ainda segundo Marengo (2007, p. 26), durante os primeiros séculos da Revolução Industrial, de 1760 até 1960, os níveis de concentração de CO₂ atmosférico aumentaram de uma estimativa de 277 partes por milhão (ppm) para 317 ppm, um aumento de 40 ppm. Durante os anos de 1960 até 2001, as concentrações de CO₂ aumentaram de 317 ppm para 371 ppm, um acréscimo de 54 ppm. Os gases do efeito estufa absorvem parte da energia do Sol refletida pela superfície do planeta e a redistribuem em forma de calor através das circulações atmosféricas e oceânicas. Parte da energia é irradiada novamente ao espaço. Qualquer fator que altere esse processo afeta o clima global. Com o aumento das emissões dos gases de efeito estufa, observado principalmente nos últimos 150 anos, mais calor passou a ficar retido.

Desde a década de 1980, evidências científicas sobre a possibilidade de mudança de clima em nível mundial vêm despertando um interesse crescente no público e na comunidade científica em geral. Em 1988, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) estabeleceram o Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC). O IPCC ficou encarregado de apoiar com trabalhos científicos as avaliações do clima e os cenários de mudanças climáticas para o futuro. O IPCC é um painel científico ligado às Nações Unidas que avalia o conhecimento existente no mundo sobre a mudança climática global.

A missão do IPCC é “avaliar a informação científica, técnica e socioeconômica relevante para entender os riscos induzidos pela mudança climática na população humana” (MARENGO, 2007, p. 79).

As mudanças climáticas trazem efeitos como escassez de água, secas prolongadas, ondas de calor mais frequentes, aumento do nível do mar, etc. Todos esses fatores impactam diretamente a produção de alimentos, a saúde da população, as condições socioeconômicas e ambientais (IPCC, 2015).

A evidência de que as mudanças generalizadas observadas no sistema climático, desde os anos 50, são atribuíveis a influências antrópicas tem crescido exponencialmente. A conexão entre a influência humana e as mudanças climáticas é analisada e discutida baseada em uma extensa literatura científica (KRUG et al., 2019, p. 1).

Essas evidências são compiladas pelos densos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC). Inclusive, esses relatórios passam por revisão aberta não apenas de especialistas, mas da sociedade civil e governos. O efeito das influências antrópicas no clima tem se intensificado nas últimas quatro décadas. As evidências resultam da avaliação dos inúmeros estudos que incluem dados obtidos por institutos de pesquisa do mundo todo, compondo séries históricas e indicadores. Dentre esses indicadores climáticos, podemos citar: as temperaturas próximas à superfície; o conteúdo de umidade atmosférica; a precipitação pluviométrica sobre a Terra; o conteúdo de calor oceânico; a salinidade oceânica; o nível do mar; o gelo marinho do Ártico e a intensidade e frequência de extremos climáticos (KRUG et al., 2019, p. 02).

A ciência não tem dúvida de que as mudanças climáticas estão em curso. Mais de 97% dos estudos sobre clima indicam que a maior razão do aumento da temperatura média global é a emissão de gases de efeito estufa (GEE), como o CO₂, decorrente de atividades extrativas, produtivas e de consumo,

como exploração de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) para gerar energia e a derrubada de florestas (ICLEI, 2016, p. 07).

Para garantirmos as condições de vida como as de hoje, os cientistas estimam que o limite máximo tolerável para a elevação da temperatura da superfície da Terra seja de 2°C. Acima disso, haverá eventos climáticos extremos tão intensos e frequentes que trarão rupturas imprevisíveis, mudarão a vida no planeta e tornarão a sobrevivência da humanidade muito mais difícil (ICLEI, 2016, p. 07).

Em 2016, 195 países assinaram o Acordo de Paris, assumindo o compromisso de manter o aumento médio da temperatura abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais e de promover a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e das vulnerabilidades que estas podem trazer. Para tal faz-se necessário assumir um compromisso com estratégias de desenvolvimento social e econômico baseadas na sustentabilidade, para nortear a promoção de um ambiente mais seguro e responsivo para as futuras gerações e aumentar a resiliência das localidades aos impactos oriundos das mudanças climáticas (ICLEI, 2016).

O texto do Acordo de Paris menciona governos subnacionais e locais como atores chave para acelerar as ações transformadoras nas áreas urbanas. Diversas consequências de vulnerabilidades relacionadas aos impactos do câmbio climático e muitas das ações de desenvolvimento relacionadas ao tema, desenrolam-se em escala local. Por estas razões, metas estabelecidas nacionalmente e grupos envolvidos em apoio institucional têm estimulado o engajamento à nível municipal para o enfrentamento às questões climáticas.

Ao avaliar o que é prioridade para a cidade a médio e a longo prazo, levar os riscos climáticos em conta pode agregar valor e durabilidade às iniciativas municipais e poupar os custos de lidar com emergências que poderiam ter sido evitadas com planejamento e organização (ICLEI, 2016, p. 29).

Por tudo isso, é fundamental que os gestores locais elaborem e sigam uma abordagem estratégica e integrada para minimizar as alterações climáticas, integrem a política de proteção climática nas áreas de energia, transportes, consumo, resíduos, agricultura e florestas; disseminem informações sobre as causas e os impactos prováveis das alterações climáticas e promovam o princípio da justiça ambiental (ICLEI, 2016, p. 03).

É neste contexto que se observa a relevância dos Inventários de Emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), documentos nos quais se realiza o mapeamento, relato e monitoramento das fontes de emissão, e que são essenciais para o início do planejamento para a ação climática. A elaboração de um Inventário de Emissão de GEE - e suas subsequentes atualizações, que devem ocorrer periodicamente - servem para entender de onde se originam as contribuições de emissões no município, em quais setores estas ocorrem e quais suas características. Também serve como base para que se estabeleçam metas e estratégias locais de redução, bem como orientar investimentos, ações específicas e políticas possíveis para estimular uma economia mais eficiente, resiliente, justa e sustentável.

Ao longo dos anos o Município de Fortaleza tem reforçado seu comprometimento com as questões de resiliência climática, enfrentando o desafio de combater as emissões de gases de efeito estufa e aumentando sua resiliência aos efeitos do câmbio climático. O presente documento dá continuidade a esse processo, tratando-se do 4º Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, o qual permite observarmos o panorama da evolução das emissões e suas fontes nos últimos anos.

2. FORTALEZA E A RESILIÊNCIA CLIMÁTICA

2.1. Governança Climática de Fortaleza

Sabendo da necessidade de combater as consequências da mudança do clima em seu território e a fim de propiciar maior qualidade de vida aos seus cidadãos e cidadãs, a partir do ano de 2013 o Município de Fortaleza intensificou os esforços em prol do fomento à promoção de uma cidade resiliente e sustentável, por meio do estímulo e concretização de ações visando o desenvolvimento com baixa emissão de carbono.

Esta trajetória tem como um de seus primeiros marcos a escolha do município como cidade modelo do projeto Urban-LEDS I “Acelerando Ação Climática por meio da Promoção de Estratégias de Desenvolvimento Urbano de Baixas Emissões”. Iniciativa financiada pela Comissão Europeia e implementada pelo ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade, em parceria com a ONU-Habitat.

O município de Fortaleza desde então assume compromissos públicos com a agenda de enfrentamento da crise climática, sendo associado ao ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade, participante dos projetos Urban-LEDS II e SD Labs, membro do Fórum de Secretários de Meio Ambiente das Capitais Brasileiras - CB27 e signatária do Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia (GCoM). O município também obteve primeiro lugar no Selo Município Verde por 3 anos consecutivos, o qual consiste em um programa de certificação ambiental promovido pela Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) do Estado do Ceará e figurou entre as cidades finalistas do desafio da Hora do Planeta e Desafio das Cidades pelo Planeta promovidos pela organização WWF, nos anos de 2018 e 2020.

O município de Fortaleza desde então assume compromissos públicos com a agenda de enfrentamento da crise climática, sendo associado ao ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade, participante dos projetos Urban-LEDS II e SD Labs, membro do Fórum de Secretários de Meio Ambiente das Capitais Brasileiras - CB27 e signatária do Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e a Energia (GCoM). O município também obteve primeiro lugar no Selo Município Verde por 3 anos consecutivos, o qual consiste em um programa de certificação ambiental promovido pela Secretaria do Meio Ambiente (SEMA) do Estado do Ceará e figurou entre as cidades finalistas do desafio da Hora do Planeta e Desafio das Cidades pelo Planeta promovidos pela organização WWF, nos anos de 2018 e 2020.

Como instância participativa de planejamento a cidade possui o Fórum de Mudanças Climáticas de Fortaleza – FORCLIMA (Decreto Municipal nº 13.639/2015), que realiza articulação entre o Poder Executivo Municipal e outras instituições - sejam públicas, privadas ou da sociedade civil organizada - para a elaboração conjunta de estratégias em resposta aos problemas decorrentes das mudanças climáticas.

A cidade vem se mantendo em consonância com a Legislação Federal, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187/2009), assim como a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas do Ceará (Lei nº 14.090/2010). Fortaleza também está alinhada com as metas e compromissos firmados pelo Brasil no Acordo de Paris e também com o disposto na Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), a qual objetiva a redução de emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025 e 47% até 2030, tendo como base os níveis do ano de 2005.

Observando as disposições nos âmbitos internacional, nacional e estadual, o município estabeleceu as legislações no nível local, objetivando a promoção da

transversalidade no trato da questão climática entre as pastas da Administração Pública. Diante desse contexto, cabe mencionar a relevância da promulgação da Lei Municipal nº 10.619/2017, que institui a Política Municipal de Meio Ambiente de Fortaleza e da Lei Municipal nº 10.586/2017, que dispõe sobre a Política Municipal de Desenvolvimento Urbano de Baixo Carbono.

A preservação da qualidade ambiental e manutenção do equilíbrio ecológico estão intimamente relacionadas ao enfrentamento das mudanças climáticas, sendo esse um dos componentes da Política Municipal de Meio Ambiente, a qual possui como um de seus enfoques a promoção do desenvolvimento social, econômico e ambiental baseados na integração entre os ambientes natural e construído. Essa integração é concretizada por meio da estruturação de uma rede de sistemas naturais, sendo esta caracterizada como uma rede de conexões entre os bens naturais que estão distribuídos pelo território. Além disso, a Política Municipal de Meio Ambiente prevê a manutenção do sistema de áreas verdes do município, o aumento da cobertura vegetal, implantação e manutenção da coleta seletiva e estímulo de processos, tecnologias e compras públicas que contribuam para a redução e captura de GEE.

A promulgação da Política de Desenvolvimento Urbano de Baixo Carbono foi um marco para a cidade de Fortaleza, formalizando o objetivo de viabilizar a economia de baixo carbono em diferentes setores, como: transportes, serviços de saúde, construção civil e demais indústrias. Com o intuito de assegurar que os níveis de GEE emitidos no processo de desenvolvimento permaneçam abaixo dos limites de tolerância previstos, a política também prevê a realização de ações de planejamento e desenvolvimento social, econômico, urbano e ambiental.

Para além do plano teórico, o município de Fortaleza vem estabelecendo medidas concretas e implementando transformações que visam possibilitar a mitigação da emissão de gases de efeito estufa.

No setor Transporte e Mobilidade Urbana, houve grande avanço na extensão da rede cicloviária, por exemplo, que ultrapassou a meta estabelecida para 2020 já no ano de 2018, atingindo um total de 292,3 km. No setor de Energia, a prefeitura trabalhou no sentido de adotar medidas de eficiência energética e modernização na iluminação com a implantação de lâmpadas LED. Além disso, no âmbito do setor de resíduos, foram implementadas ações de incentivo e ampliação do processo de reciclagem por meio dos Ecopontos, totalizando 61 equipamentos instalados ao redor da cidade como parte do Programa Recicla Fortaleza, bem como estímulo ao aproveitamento de resíduos orgânicos por intermédio da compostagem.

No que tange aos eixos Construção Civil e Desenvolvimento Urbano Sustentável, cabe salientar a criação da Certificação Ambiental Fator Verde para empreendimentos, além do Projeto de Arborização, que viabilizou o plantio de mais de 100 mil árvores. Na área de educação ambiental, o município busca uma integração entre as ações educativas e práticas. Na área de educação ambiental, além de oficinas e seminários - objetos do projeto reciclando atitudes - são feitas ações que estimulam relação afetiva e responsabilidade compartilhada com a população. Citando-se como exemplo o Programa “Árvore na minha calçada” e o projeto “Uma criança, uma árvore”, que articula a entrega e o plantio de uma muda para a família de crianças nascidas nos hospitais participantes da iniciativa.

Na área de requalificação ambiental foi viabilizado o programa Fortaleza Cidade Sustentável (FCS), operação de financiamento integralmente voltada para questões ambientais, realizada junto ao Banco Mundial. Seu objetivo é melhorar a qualidade urbano-ambiental da população através de ações integradas, como a recuperação da balneabilidade da Orla e a requalificação do Parque Rachel de Queiroz. Essa, além de funcionar como instrumento para fortalecer a Rede de Sistemas Naturais de Fortaleza, por ser um extenso parque linear, conta com uma série de soluções baseadas na natureza para manejo do ecossistema e dos recursos hídricos. Já em termos de

monitoramento ambiental, é interessante citar que a cidade obteve uma Estação Móvel de Qualidade do Ar, com o objetivo de melhorar a qualidade e especificidade na obtenção de dados relativos às emissões, complementar futuros inventários, bem como fornecer dados para posteriores estudos e instrumentos de planejamento.

Fortaleza encerra o ano de 2020 entregando uma série de documentos que atualizam dados anteriores, dando continuidade ao trabalho que vêm sendo desenvolvido e aprofundando o conhecimento objetivando subsidiar a tomada de decisões e ampliação das estratégias e formulação de políticas públicas no âmbito da governança climática.

Visando estruturar as medidas de adaptação a eventos extremos foi elaborado o conjunto formado pelo Índice de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas e o Plano de Adaptação, que integrou o “Projeto Ciudades e Cambio Climático”, financiado pelo Banco de Desenvolvimento da América Latina (CAF). No referido plano é estabelecido o Índice de Risco às Mudanças Climáticas na cidade de Fortaleza e são explicitadas medidas concretas para aumentar a capacidade adaptativa do município, reduzindo a vulnerabilidade frente aos impactos das mudanças climáticas, utilizando para tal, soluções baseadas na natureza.

O Plano de Ações e Metas para a Redução dos Gases de Efeito Estufa - Plano de Baixo Carbono de Fortaleza, lançado em 2015, passou por uma atualização que reflete uma evolução tanto no nível de ambição anteriormente proposto para as reduções como à nível de estratégias de governança. As ações e propostas do plano foram objeto do Sustainable Dialogue Lab (SD Lab - Laboratório de Diálogo Sustentável), sendo retificadas por meio de uma ação conjunta entre as universidades Northeastern University, da cidade de Boston nos Estados Unidos e a Universidade de Fortaleza - UNIFOR, integrando assim academia, comunidade e o poder público.

O novo Plano, denominado Plano de Ação Climática - PLAC de Fortaleza, foi estruturado em parceria com o ICLEI, configurando-se como componente integrante do Projeto Urban LEDS II. O PLAC foi construído tendo como base o

alinhamento entre metas, ações planejadas e legislação existentes, utilizando a instância de participação social do FORCLIMA para debate das pautas e realização de diálogo com gestores de diferentes instituições e secretarias para validar e verificar possibilidades.

Diante do exposto, observa-se que a cidade de Fortaleza fez avanços significativos em sua agenda climática na última década. O 4º Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa tem como referência o ano de 2018 e representa a continuidade da atualização das informações em torno do panorama de emissões, que funciona como referência para os instrumentos de planejamento municipais.

2.2. Caracterização do Município

O município de Fortaleza está localizado na porção norte do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil, com uma extensão territorial absoluta de 313,14 km², limitando-se ao norte com o oceano Atlântico e uma pequena porção do território de Caucaia; ao sul com os municípios de Maracanaú, Itaitinga, Pacatuba e Eusébio; a oeste com Caucaia e Maracanaú e a leste com Eusébio, Aquiraz e o Oceano Atlântico (FORTALEZA, 2016, p. 19).

A cidade de Fortaleza está localizada numa região semiárida com clima tropical quente sub úmido (ou tropical chuvoso) e temperatura média anual de 26,6°C, com máximas de 31°C e mínimas de 22,5°C. A capital do Ceará tem uma pluviosidade média de 1.338 milímetros, mas conta com uma insolação média anual muito alta, em torno de 2.840 horas por ano, e um grau muito baixo de nebulosidade. Esta combinação de insolação alta e nebulosidade baixa leva a uma elevada taxa de evaporação, apresentando média anual de quase 1.500 mm, com valores médios mensais que vão de 67,5 mm no mês de abril, até 163,9 mm no mês de outubro; resultando em uma alta umidade relativa do ar (FORTALEZA, 2016, p. 19).

A população estimada do município de Fortaleza para o ano de 2018 é de 2.643.247 habitantes, o que corresponde a 29,12% sobre o Estado do Ceará (IPECE, 2018). Fortaleza possui uma das densidades populacionais mais altas do país, com 8.579,59 hab/km² (IBGE, 2020). Considerando que o crescimento populacional é uma informação importante quando falamos de mudança do clima, é importante mencionar que a população de Fortaleza cresceu 0,92% ao ano na última década, taxa maior que a do estado do Ceará (0,84%), porém menor do que a Região Metropolitana (1,36%) (IBGE, 2020).

Em relação à economia, Fortaleza representa o 10º maior PIB do país e o primeiro do estado do Ceará. Obteve em 2017 um PIB de R \$61,5 bilhões, representando 41,61% da economia estadual (IBGE). Os setores mais produtivos são o industrial e o de serviços. No setor industrial, a distinção vai para a produção de têxteis, calçados, couro e peles, extração de minerais e alimentos. Fortaleza comporta os principais moinhos de trigo do país. Hospedagem e alimentação são destaques no setor de serviços já que Fortaleza é um dos destinos turísticos mais procurados por brasileiros e estrangeiros tendo por grande atrativo 34 quilômetros de praias.

Apesar de ocupar posição de destaque na economia estadual, a cidade tem ainda grandes desafios sociais, econômicos e ambientais a serem resolvidos que tornam o enfrentamento aos impactos da mudança do clima ainda mais desafiadores. As principais vulnerabilidades de Fortaleza - de acordo com o Índice de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas na cidade de Fortaleza (IVCC) - estão relacionadas ao aumento da temperatura, que deve atingir bairros mais próximos à costa; secas prolongadas que podem comprometer o abastecimento de água; chuvas extremas que ocasionam inundações, alagamentos e deslizamentos; e ao aumento do nível do mar.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A Elaboração do inventário de emissões de GEE de Fortaleza para o ano de 2018 teve como base as metodologias propostas no Protocolo Global para Inventários de Emissões de GEE na Escala da Comunidade (GPC) desenvolvido pelo ICLEI, WRI (World Resources Institute) e o C40 (Climate Leadership Group) em 2014. O GPC fornece uma metodologia para padronização e realização dos cálculos de inventários de governos locais, possibilitando fácil auditoria dos dados e comparação das emissões entre as cidades em diferentes âmbitos.

Para que a relatoria dos dados esteja adequada aos requisitos estabelecidos pela metodologia, os cálculos e a elaboração de inventários de GEE na escala de comunidades/cidades devem também seguir as orientações determinadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas - IPCC.

A ferramenta de cálculo utilizada para a produção do inventário é baseada no GPC e facilita a realização de cálculos transparentes e a elaboração de relatórios de emissões para os setores do protocolo.

3.1. Ferramenta CIRIS

O City Inventory Reporting and Information System (CIRIS) é uma ferramenta destinada à gestão, cálculo e reporte dos inventários de emissões de gases de efeito estufa em nível municipal.

Desenvolvido com base no Protocolo Global para Inventários de Emissões de GEE em Escala Comunitária (GPC), o CIRIS oferece uma estrutura padronizada para inserção, cálculo de dados e modelagem, assegurando consistência e clareza no inventário. A ferramenta gera resultados compatíveis com o Marco Comum de Reporte do Pacto Global de Prefeitos (GCoM), que podem ser enviados diretamente à plataforma CDP-ICLEI Track — sistema unificado de reporte que reúne informações sobre ações, metas e progresso climático de

Figura 01 - Logo de identificação da ferramenta CIRIS



Fonte: CIRIS (2020)

idades, estados e regiões, permitindo seu monitoramento e comparabilidade internacional.

Além disso, o CIRIS possibilita a transferência direta de arquivos e a seleção de metodologias diferenciadas de cálculo, de acordo com a confiabilidade das informações disponíveis, fortalecendo a qualidade das estimativas e sua utilização em bases internacionais.

3.2. Protocolo Global para Inventários de Emissões de GEE (GPC)

O GPC foi criado com o intuito de promover um suporte para que cidades no mundo todo possam desenvolver inventários completos e relevantes, proporcionando base técnica para a elaboração de estratégias de planejamento de ações climáticas por meio de uma compreensão integrada de seus impactos de GEE e, dessa forma, demonstrar a importância de iniciativas de governos locais no enfrentamento às mudanças climáticas. Seus princípios para contabilizar e divulgar as emissões são:

Tabela 1 - Princípios de contabilização e divulgação de emissões de GEE segundo o GPC

RELEVÂNCIA	o inventário de GEE deve refletir apropriadamente as emissões de GEE do governo local e deve ser sistematizado de forma a refletir as áreas sob as quais o mesmo exerce controle e tem responsabilidade.
ABRANGÊNCIA	todos os GEE e as atividades que causam emissões dentro das fronteiras estabelecidas para o inventário devem ser contabilizadas. Qualquer exclusão deve ser justificada.
CONSISTÊNCIA	metodologias consistentes devem ser usadas para identificar as fronteiras, coletar e analisar os dados e quantificar as emissões.
TRANSPARÊNCIA	todas as questões relevantes devem ser consideradas e documentadas de maneira objetiva e coerente para fornecer um rastro para futuras revisões e replicações. Todas as fontes de dados e hipóteses assumidas devem ser disponibilizadas.
EXATIDÃO	a quantificação das emissões de GEE não devem ser sistematicamente sub ou supervalorizadas.

Fonte: Adaptado de Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories

3.1.2. Categorização das Emissões

O GPC indica como relatar os limites geográficos que serão cobertos pelo documento, o período que será inventariado, as fontes de emissão e gases que serão considerados.

A fronteira do inventário deve coincidir com o território geopolítico onde a autoridade local tem total jurisdição, no caso o Município de Fortaleza. Considera-se emissões diretas as que ocorrem dentro da cidade e emissões indiretas as que são consequência das atividades da cidade, mas ocorrem fora de seu território.

As fontes de emissão são categorizadas em cinco setores que, para a sistematização de diferentes níveis de inventário, são agregadas em escopos ou alcances. Para este inventário foi utilizado o nível **GPC básico**, que computa as emissões de Escopo/Alcance 1 e 2 conforme categorização a seguir.

Alcance 1: Todas as emissões diretas de fontes que se encontram dentro dos limites estabelecidos para a cidade.

Alcance 2: Emissões indiretas relativas a energia que se gera fora dos limites estabelecidos para a cidade como consequência do consumo/uso de energia elétrica proveniente da rede.

Tabela 2 - Fontes de Emissão:

Fontes Estacionárias:	
	Referente às emissões da queima de combustíveis e à emissões fugitivas proporcionadas pelos processos de geração, distribuição e consumo de energia em edificações.
Transporte:	
	São as emissões proporcionadas pela queima de combustíveis ou utilização de energia elétrica da rede para transporte rodoviário, ferroviário, aquaviário e aeroviário.
Resíduos:	
	Referem-se às emissões do tratamento e disposição final de resíduos sólidos, tratamento biológico (como compostagem) e térmico (como a incineração) e o tratamento de esgoto (ou efluentes líquidos) pelo processo de decomposição anaeróbica e aeróbica.

Fonte: Adaptado de *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories*

Processos Industriais e Uso de Produto (IPPU): Relacionadas às emissões originadas dos processos de transformação física ou química na fabricação e uso de produtos.

Agricultura, Floresta e Uso da Terra (AFOLU): Contempla as emissões inerentes à criação de animais, alterações no uso do solo e uso de fertilizantes.

Ressalta-se que, pelo perfil amplamente urbanizado do município de Fortaleza, as emissões dos setores do setor de AFOLU e IPPU tem baixa relevância para o município e não foram observadas para o cálculo. As emissões do setor de IPPU, relacionados à utilização de solventes nas indústrias da cidade, foram inventariados apenas em 2014 e representaram uma participação pouco significativa nas emissões totais (0,2%).

3.3. Metodologia e Limitações

O GPC indica como relatar as fontes dos dados, fonte de fatores de emissão e abordagens de cálculo e como indicar particularidades dos cálculos.

3.3.1. Atualizações da Revisão

Este inventário passou por uma revisão técnica em 2025, em colaboração com a C40 Cities, visando alinhar os cálculos às práticas mais atuais do Protocolo Global (GPC) e às recomendações do IPCC, além de facilitar a padronização e a comparabilidade com os próximos inventários. As melhorias concentraram-se principalmente nos fatores de emissão aplicados a determinados combustíveis e na recategorização de fontes, resultando em: i) aprimoramento dos fatores de emissão para gases não-CO₂ (CH₄ e N₂O), aumentando a precisão e a robustez dos cálculos; ii) reclassificação metodológica de parte das emissões de resíduos para o eixo de energia, bem como a realocação de algumas emissões de resíduos e transportes para outros escopos, não considerados nos limites do inventário basic; e iii) validação cruzada das fontes de dados de combustíveis e eletricidade, reduzindo margens de incerteza.

3.3.2. Fatores de Emissão

Fatores de emissão são utilizados para converter os dados das atividades realizadas em quantitativo de gases emitidos. A precisão destes está relacionada ao grau em que as características locais das atividades são consideradas na sua elaboração e se os fatores foram reconhecidos por órgãos confiáveis.

Para o 4º inventário, foram empregados fatores de conversão provenientes de bancos de dados reconhecidos pelo IPCC e/ou pelo ICLEI, atentando-se às referências atribuídas ao Brasil e/ou a localidades com características similares. Também foram utilizados fatores de emissão do Programa Brasileiro do GHG Protocol, que adota como referência as atualizações do Balanço Energético Nacional.

Adicionalmente, no âmbito da revisão técnica conduzida pela C40, incorporaram-se fatores de emissão disponibilizados pelo Department for Energy Security & Net Zero (Reino Unido), de modo a ampliar a confiabilidade dos cálculos. Os detalhes completos sobre os fatores de emissão empregados encontram-se no Anexo 01.

3.3.3. Abordagem Emissões de Fontes Estacionárias

Foram inventariadas emissões referentes às atividades que ocorrem nos estabelecimentos dentro dos limites geográficos de Fortaleza de acordo com os dados fornecidos pela CEGÁS (consumo de gás natural), ANP (dados relativos à compra municipal de combustíveis) e ENEL (dados relativos ao consumo energético municipal).

As emissões de Agricultura, Floresta e Uso da Terra consideradas foram as que constam nos registros de venda de Óleo Diesel, fornecido pela ANP, e de Gastos de Energia, fornecido pela ENEL. Em emissões de fontes não identificadas, foram consideradas as vendas de GLP indicadas nos registros da ANP como classe de consumo “outros”. As emissões associadas à geração de energia foram estimadas utilizando dados obtidos por tecnologias de sensoriamento remoto, disponibilizados pela plataforma Climate TRACE, em complemento às informações locais disponíveis.

As emissões fugitivas oriundas de atividades de mineração, processamento, armazenamento e transporte de carvão foram consideradas irrelevantes no contexto das atividades municipais e não foram observadas.

As emissões fugitivas oriundas da distribuição de gás foram calculadas utilizando-se o proxy da ferramenta CIRIS, a partir de dados da CEGÁS.

3.3.4. Abordagem Emissões de Transportes

Para o setor de transportes, o método de cálculo utilizado foi abordagem por venda de combustíveis, havendo pouco detalhamento por origem ou destino dos veículos, embarcações ou aeronaves que utilizaram os mesmos.

As principais informações utilizadas para estimar as emissões provenientes do transporte foram obtidas junto à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Considerando o nível de agregação dos dados, as emissões foram computadas de acordo com as fontes energéticas utilizadas, sem distinção entre fluxos de entrada ou saída de veículos do município.

Por esta razão, os quantitativos de On Road e Off-Road foram calculados de forma unificada. Da mesma forma, para 2018, não foi possível discriminar que parcela do consumo na rede energética foi utilizada para atividades de transporte, sendo este computado de forma total junto ao consumo estacionário.

No âmbito do transporte rodoviário, o veículo leve sobre trilhos - VLT de Fortaleza, com funcionamento à Diesel, teve suas emissões computadas junto às vendas do combustível para o Município. Já o Metrô de Fortaleza, movido à tração elétrica, teve suas emissões computadas junto ao consumo energético Municipal.

Sempre que possível, realizou-se a segregação dos combustíveis por tipo de atividade, a fim de aprimorar a acurácia das estimativas, permitindo obter resultados mais representativos do perfil real de utilização no território.

As emissões associadas à aviação foram realocadas para o Escopo 3 – Transporte,

conforme apresentado no Anexo 03, e, portanto, não integram o total consolidado deste inventário. Já em relação ao consumo de combustíveis de navegação, considera-se que, pelo perfil das aquisições locais, o uso e as emissões correspondentes permanecem ocorrendo nos limites municipais, sendo, assim, mantidos dentro do escopo territorial de Fortaleza.

3.3.5. Abordagem Emissões de Resíduos

Para cálculo das emissões provenientes do tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos foi utilizado o Methane Commitment Method, mesclando o proxy e o banco de dados da ferramenta CIRIS com dados específicos sobre o município fornecidos pelos seguintes órgãos e instituições: Secretaria Municipal de Conservação e Serviços Públicos (SCSP), Autarquia de Regulação, Fiscalização e Controle dos Serviços Públicos de Saneamento Ambiental (ACFOR), Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), Companhia de Gás do Ceará (CEGÁS) e Ecofor Ambiental.

4. RESULTADOS

Os resultados obtidos por meio da utilização da ferramenta CIRIS serão descritos abaixo de acordo com o respectivo setor de emissão e em observância a metodologia aplicada.

Tabela 3 - Síntese das emissões de acordo com os escopos previstos

SETOR DE EMISSÃO	Emissões do Escopo 1	Emissões do Escopo 3	Emissões do Escopo 4	tCO ₂ e por setor
Estacionária	488.070	319.796	NÃO COMPUTADO EM INVENTÁRIO BASIC	807.866
Transportes	2.064.569	IE	NÃO COMPUTADO EM INVENTÁRIO BASIC	2.064.569
Resíduos	518.401	NÃO COMPUTADO EM INVENTÁRIO BASIC	702.882	1.221.283
IPPU	NÃO COMPUTADO EM INVENTÁRIO BASIC			
AFOLU	NÃO COMPUTADO EM INVENTÁRIO BASIC			
tCO₂e TOTAL	4.093.718			

Fonte: Adaptado de CIRIS (2025)

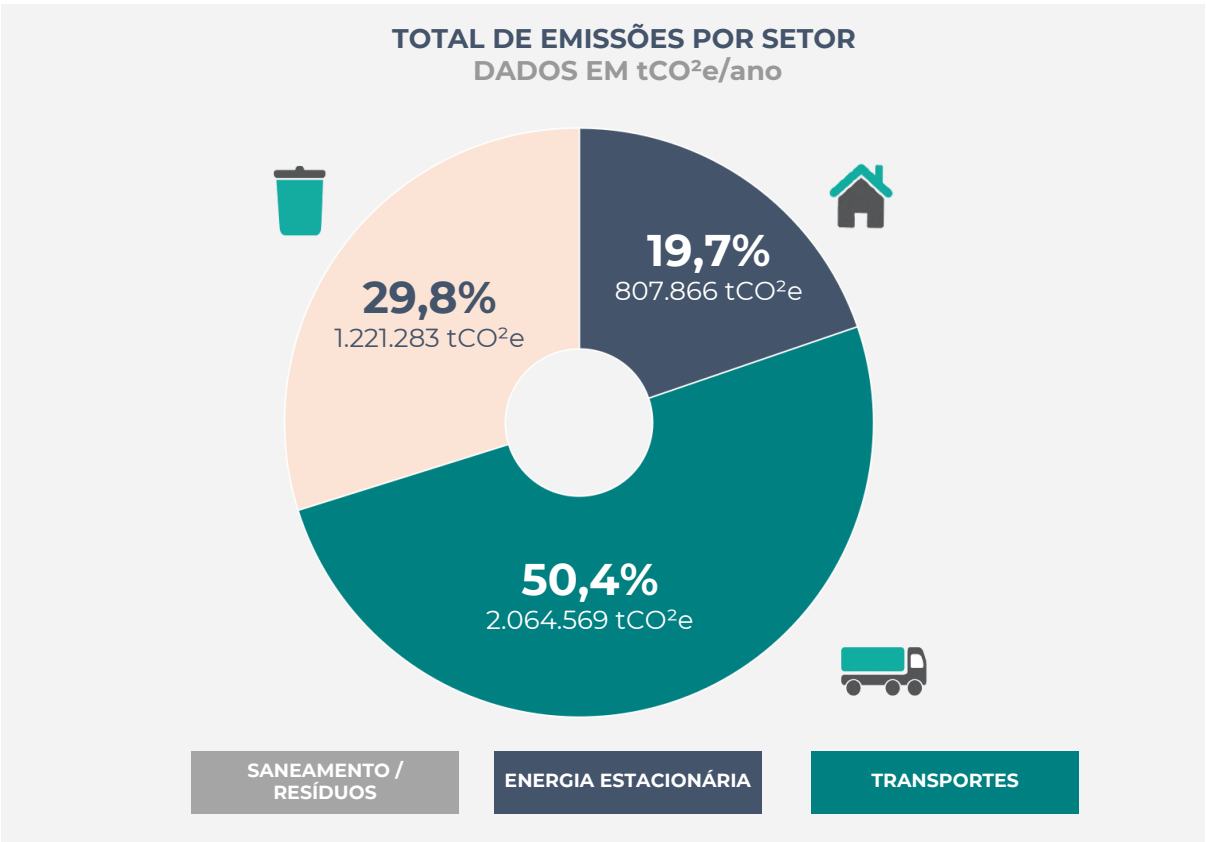
4.1. Perfil de Emissões de Fortaleza

Com base na metodologia aplicada e na auditoria conduzida pela equipe técnica da C40, as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Fortaleza, no ano de 2018, totalizaram 4.093.718 tCO₂e, o que equivale a um índice de aproximadamente 1,5 tCO₂e por habitante.

O setor de transportes destacou-se como o principal responsável pelas emissões no período, refletindo seu peso na matriz de consumo energético e no perfil urbano da cidade.

A figura a seguir apresenta a distribuição percentual das emissões totais por setor, evidenciando a contribuição relativa de cada um para o inventário municipal.

Gráfico 1 - Emissões por categorias de entrada da Plataforma CIRIS



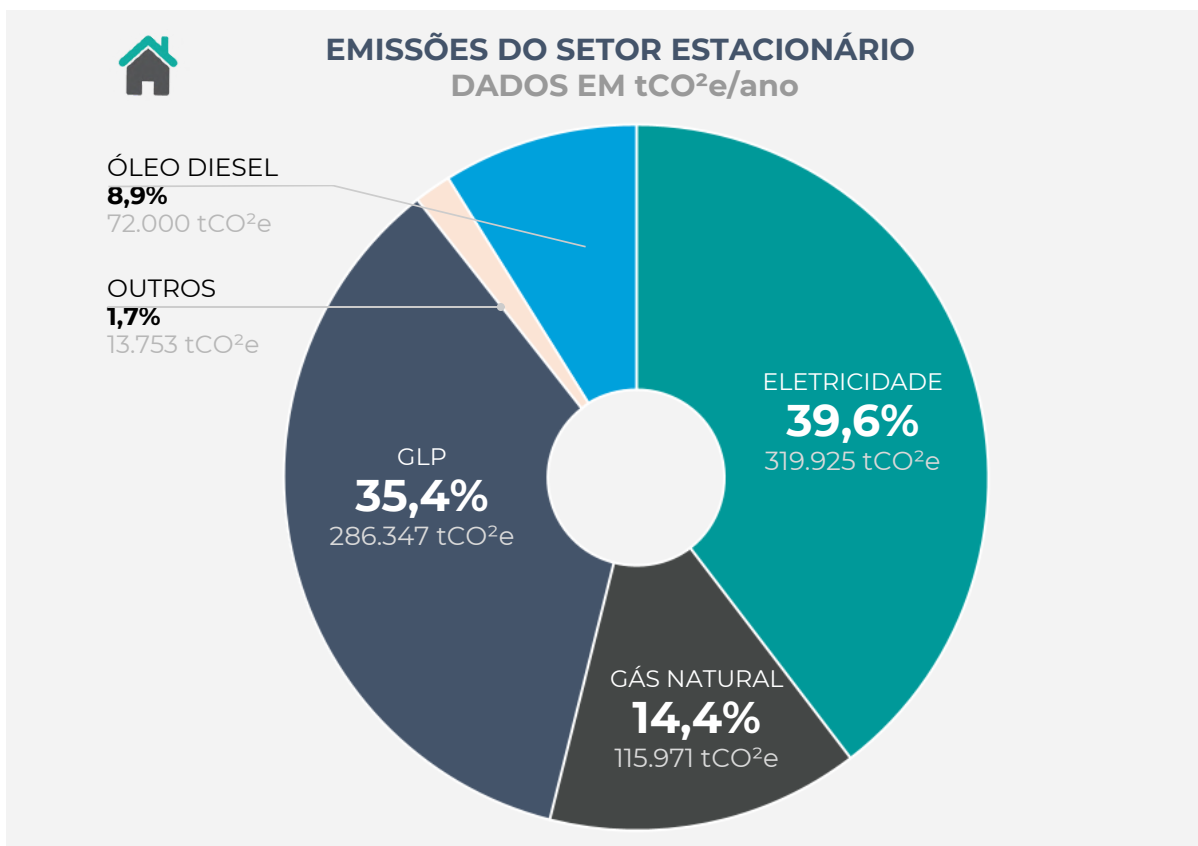
Fonte: Elaboração Própria (2025)

4.2. Emissões por setor

4.2.1 Setor Fontes Estacionárias

As emissões do setor Fontes Estacionárias foram estimadas a partir do consumo de energia elétrica da rede de abastecimento (Escopo 2) e da queima de combustíveis em edificações e equipamentos (Escopo 1). Entre as fontes consideradas destacam-se: gás liquefeito de petróleo (GLP), gás natural, óleo diesel e outros combustíveis utilizados em geradores de estabelecimentos comerciais, residenciais e industriais.

Gráfico 2 – Emissões do Setor estacionário divididas por tipo de combustível.



Fonte: Elaboração Própria (2025)

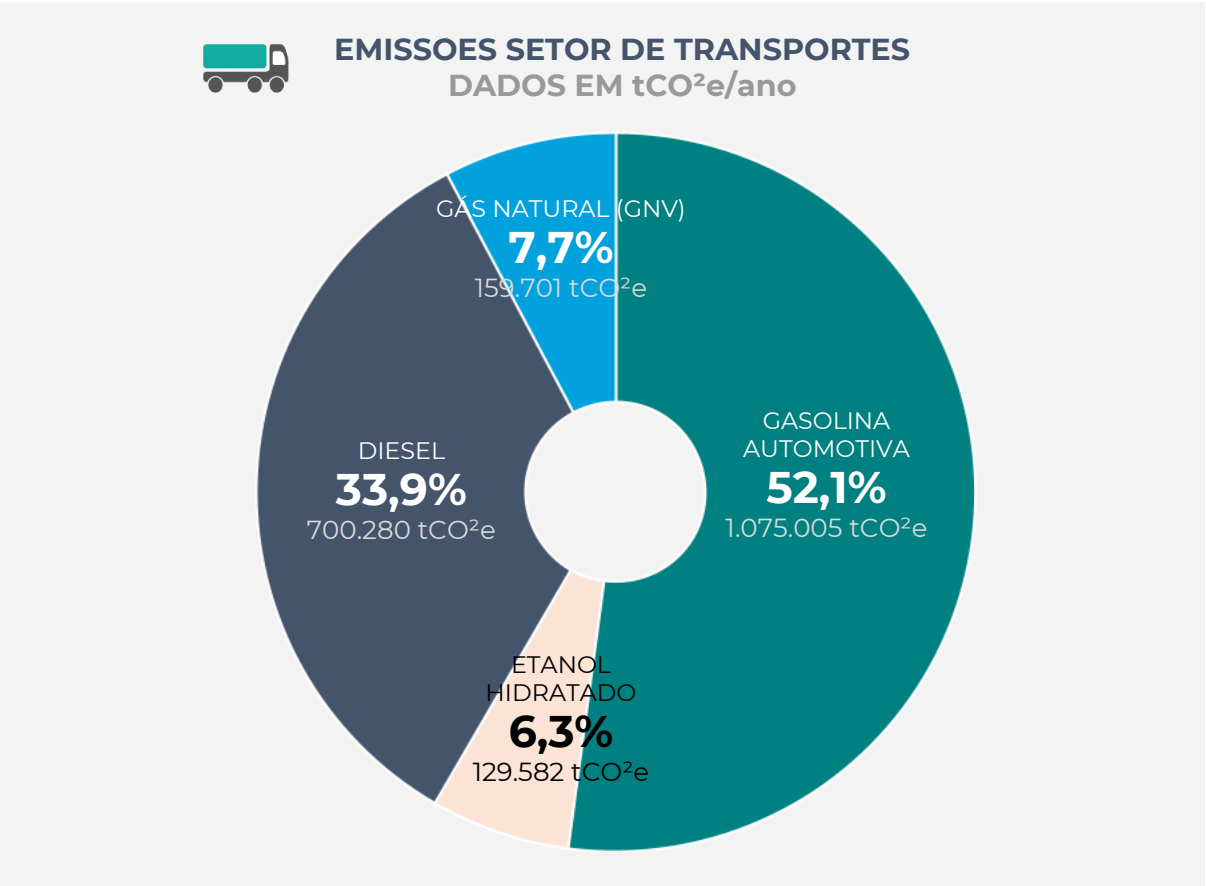
O setor foi responsável pela emissão de 807.866 tCO₂e em 2018, correspondendo a 19,7% do total inventariado. A maior contribuição decorreu do consumo de energia elétrica, especialmente no setor residencial, que apresentou a maior participação relativa.

Durante a revisão conduzida pela C40, parte das emissões antes atribuídas a resíduos e ao consumo de gás natural foi reclassificada para Fontes Estacionárias, conforme diretrizes do GPC. Também foram excluídos quantitativos que correspondiam a emissões de abrangência estadual, não atribuíveis ao inventário municipal.

4.2.2 Setor Transportes

O setor de Transportes foi o maior responsável pelas emissões de GEE em Fortaleza em 2018, respondendo por 50,4% do total municipal, equivalente a 2.064.569 tCO₂e. Essas emissões têm origem principalmente no consumo de gasolina automotiva, seguido pelo diesel, gás natural veicular – GNV e etanol hidratado.

Gráfico 3 - Emissões pelo Setor de Transportes, segmentadas por tipo de combustível.



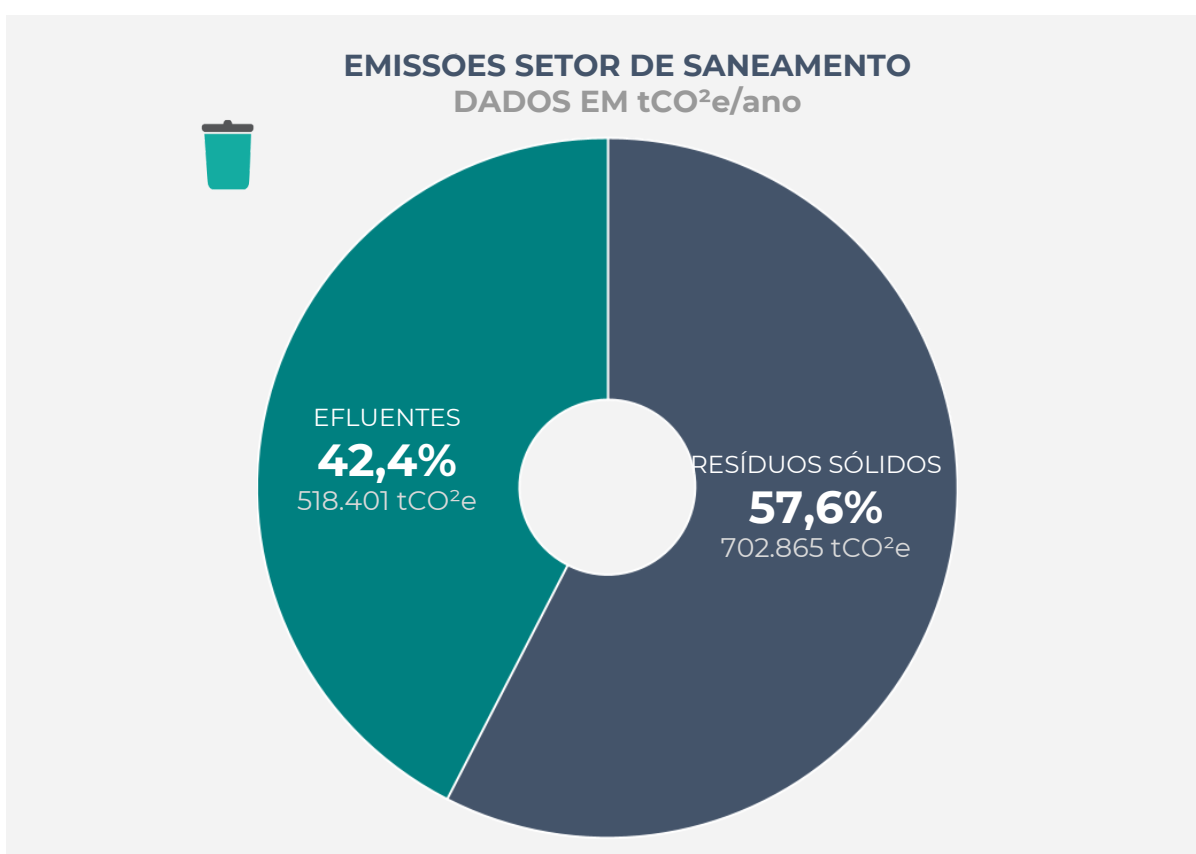
Fonte: Elaboração Própria (2025)

Parte das emissões atribuídas ao setor de transportes na revisão anterior deste inventário correspondia a combustíveis de aviação comprados na cidade, sendo reclassificada para o Escopo 3.

4.2.3 Setor Resíduos

O setor de Resíduos abrange as emissões associadas ao tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos e efluentes líquidos, incluindo processos de decomposição aeróbia e anaeróbia em aterros, bem como a incineração e o tratamento de esgoto. Em 2018, esse setor foi o segundo maior emissor de GEE em Fortaleza, respondendo por 29,8% do total inventariado, o que equivale a 1.221.283 tCO₂e.

Gráfico 4 - Emissões pelo Setor de Resíduos Segmentada por Setor de Emissão

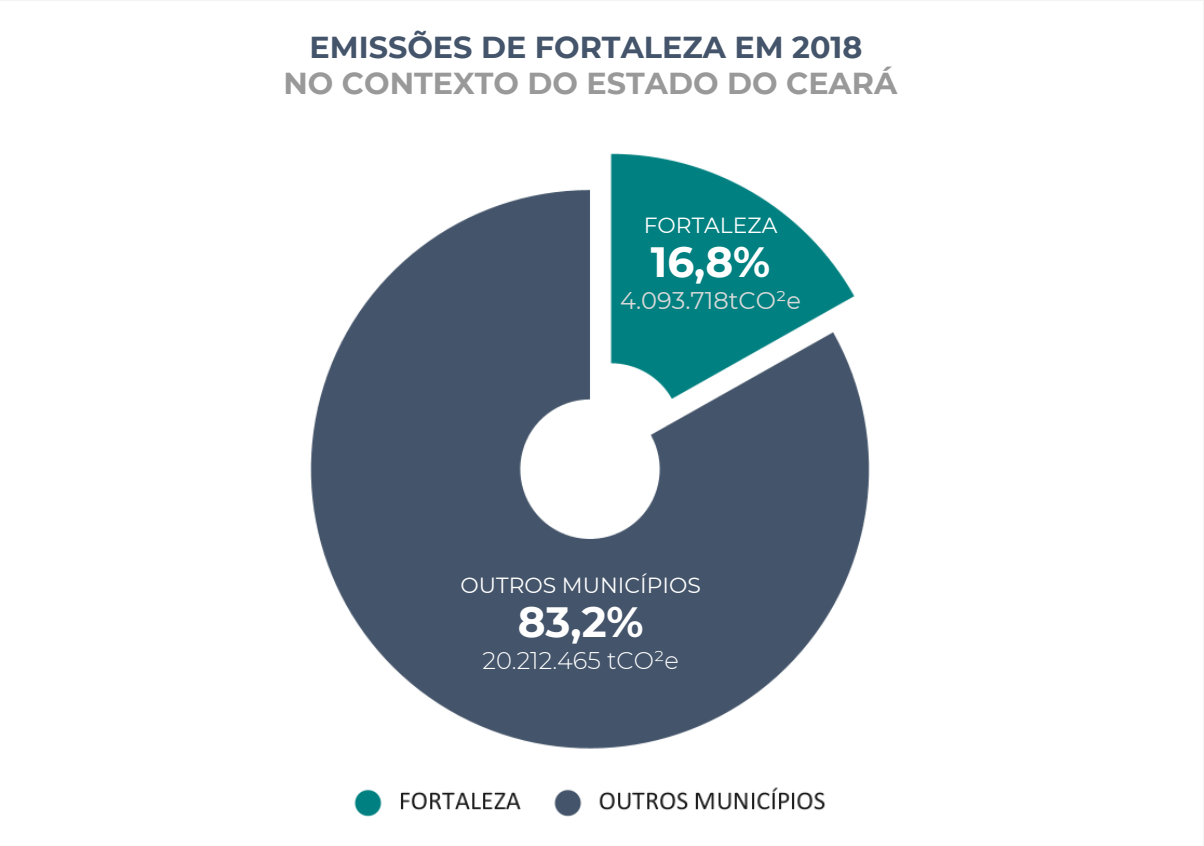


Fonte: Elaboração Própria (2025)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com dados do Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG), o estado do Ceará emitiu 24.306.183 tCO₂e em 2018. Nesse contexto, as emissões de Fortaleza, estimadas em 4.093.718 tCO₂e, corresponderam a 16,8% do total estadual.

Gráfico 5 - Emissões de Fortaleza no Contexto do Estado do Ceará



Fonte: Elaboração Própria com dados SEEG e CIRIS (2025)

A tabela abaixo apresenta as emissões do ano base 2018 e aquelas utilizadas no PLAC para acompanhar sua evolução. Todos os inventários foram elaborados conforme a metodologia GPC, embora com diferenças pontuais nas fontes de informação e nos fatores de conversão adotados.

Tabela 4 – Comparativo de Emissões Municipais por Inventário

Ano-base	2012 (tCO ₂ e)	2014 (tCO ₂ e)	2016 (tCO ₂ e)	2018 (tCO ₂ e)
I. Energia estacionária	529.513	841.818	316.733	807.866
I.1 Edifícios residenciais	302.382	468.476	194.601	384.907
I.2 Edifícios comerciais e institucionais	157.661	299.032	122.132	214.634
I.3 à I.8 Indústrias, Emissões fugitivas e Não especificadas	69.470	7.431	-	208.325
II. Transportes	2.338.261	2.588.910	1.102.406	2.064.569
II.1 Transporte rodoviário/ferroviário	1.847.344	2.019.069	1.102.406	2.064.392
II.3 Transporte hidroviário	13.625	-	-	177
III. Resíduos	959.746	1.700.786	514.836	1.221.283
III.1 Disposição de resíduos sólidos	959.746	1.642.192	337.125	702.865
III.4 Tratamento e disposição final de efluentes líquidos	-	58.594	177.711	518.401
IV. IPPU / AFOLU	-	836	-	-
Total (tCO₂e)	3.827.520,00	5.139.514,00	1.933.975,00	4.093.718,00

Fonte: Elaboração Própria com dados da CIRIS (2025)

Observa-se maior consonância metodológica entre os inventários de 2012, 2014 e 2018, sobretudo na escolha de fatores de emissão nacionais do Programa Brasileiro GHG Protocol e nos valores de potencial de aquecimento global, ao passo que o inventário de 2016 apresentou maior divergência.

A análise dos inventários permite identificar mudanças no comportamento das emissões de GEE em Fortaleza ao longo dos anos. O pico registrado em 2014 foi atribuído, em parte, à realização da Copa do Mundo, da qual Fortaleza foi cidade-

sede. Considerando esse evento como pontual, a evolução entre 2012 e 2018 sugere um crescimento das emissões proporcional ao aumento populacional. No setor de resíduos, a variação percentual observada decorre de diferentes estratégias de cálculo aplicadas na metodologia GPC; neste caso, as estações de tratamento de efluentes foram incluídas apenas em 2014 e 2018.

No Plano Local de Ação Climática (PLAC), os inventários de 2012 e 2014 foram usados para projetar três cenários: Business As Usual (BAU), no qual as tendências históricas são mantidas; Cenário de Mitigação; e Cenário Ambicioso, que pressupõe esforços mais intensos de redução de emissões. O inventário de 2018, foi entregue logo após o PLAC, e reforça a importância de consolidar esforços contínuos e integrados para enfrentar a emergência climática.

6. REFERÊNCIAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Vendas de derivados de petróleo e biocombustíveis** – *Dados abertos*. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis>. Acesso em: 20 nov. 2020.

C40 Cities Climate Leadership Group. **City Inventory Reporting and Information System (CIRIS)**. Londres: C40, 2020. Disponível em: <https://resourcecentre.c40.org/resources/measuring-ghg-emissions>. Acesso em: 25 nov. 2020.

CLIMATE TRACE. **Global emissions data platform**. 2025. Disponível em: <https://climatetrace.org/>. Acesso em: 05 ago. 2025.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional – BEN**. Brasília: EPE/MME, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acesso em: 18 nov. 2020.

FORTALEZA (Município). **Plano Fortaleza 2040: qualidade do meio ambiente e dos recursos naturais**. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza: Iplanfor, 2016. 312 p.

ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade. **Programa Cidades Sustentáveis: Guia de Ação Local pelo Clima**. São Paulo, 2016. Disponível em: https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/Publicacoes/Acao_Local_pelo_Clima.pdf. Acesso em: 30 nov. 2020.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Fourth Assessment Report – AR4 e Fifth Assessment Report – AR5**. Genebra: IPCC, 2015.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Municipal de Fortaleza**. Fortaleza: IPECE, 2018. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>. Acesso em: 18 nov. 2020.

KRUG, Thelma et al. **O Brasil e as mudanças climáticas**. São Paulo: Observatório do Clima, 2019. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/arquivos/pdf/brasil-e-as-mudancas-climaticas.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2020.

MARENGO, José A. (Org.). **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2. ed. Brasília: MMA, 2007. 212 p.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification**. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, n. 4, p. 439-473, 2007.

SEEG – Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa. **Plataforma SEEG – Ceará**. 2018. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/territorio/ceara>. Acesso em: 20 nov. 2020.

SINGH, N.; BACHER, K. **Greenhouse Gas Protocol – Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC)**. Washington, DC: World Bank Group e Partnership for Market Readiness, 2018. 94 p. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes/guia-para-elaboracao-de-programas-mandatorios-de-relato-de-gases-de-efeito-estufa>. Acesso em: 23 nov. 2020.

ANEXO 1

Fuel type or activity	Unique identifier	Type	GWP	Units	Convert to tonnes	Emission factor							
						CO2	tCO2e	CH4	CH4_tCO2e	N2O	N2O_tCO2e	Total CO2e	tCO2e
Liquefied Natural Gas (LNG)	Liquidos de Gás Natural (LGN) 01	CO2e	SAR	kg / kg	0,0001	2,836	2,84E-03	0,0039	3,90E-06	0,0012	1,19E-06	0,0745288	7,45E-02
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Gás Liquefeito de Petróleo (CLP) 01	GHG	SAR	kg / kg	0,0001	2,931	2,93E-03	0,0003	7,28E-06	0,0026	6,89E-04		
Other biogas	Biogás	GHG	SAR	kg / kg	0,0001			0,0005	1,41E-05	0,0005	1,34E-04		
Electricity	Electricity_ All_ Default	CO2e	SAR	t / kWh	1	0,0001	7,42E-05						
Diesel oil	Diesel oil_Stationary_Default	GHG	SAR	t / GJ	1	0,0741	7,41E-02	0,0004	2,80E-04	0	1,59E-04	0,0745288	7,45E-02
Residual fuel oil	Óleo Combustível	GHG	SAR	kg / l (liter)	0,0001	3,106	3,11E-03	0,0004	1,12E-05	0	5,30E-06		
Motor gasoline (petrol)	Gasolina Automotiva Pura	CO2e	SAR	kg / l (liter)	0,0001	2,212	2,21E-03	0,0008	8,20E-07	0,006	5,97E-06		
Ethanol	Etanol Hidratado	GHG	SAR	kg / l (liter)	0,0001	1,457	1,46E-03	0,0004	1,12E-05	0,0001	2,65E-05		
Diesel oil	Óleo Diesel (puro)	CO2e	SAR	kg / l (liter)	0,0001	2,603	2,60E-03	0,0003	2,90E-07	0,0331	3,31E-05		
Municipal wastes (all)	Municipal wastes (all)_Stationary_Default	GHG	SAR	t / GJ	1	0,0959	9,59E-02	0,0003	8,40E-03	0,000004	1,06E-03	0,104542	1,05E-01
Liquefied Natural Gas (LNG)	Gás Natural Veicular (GNV)	GHG	SAR	kg / m³	0,0001	1,999	2,00E-03	0,0034	9,52E-05	0,0001	2,92E-05		
Jet kerosene	Querosene de Aviação	CO2e	SAR	kg / l (liter)	0,0001	2,517	2,52E-03	0,0018	1,76E-06	0,0212	2,12E-05		
Aviation gasoline	Gasolina de Aviação	CO2e	SAR	kg / l (liter)	0,0001	2,251	2,25E-03	0,0289	2,89E-05	0,0193	1,93E-05		
Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Gás Liquefeito de Petróleo (CLP) 02	CO2e	SAR	t / tonne	1	2,931	2,93E+00	0,0026	2,55E-03	0,0016	1,63E-03		
Liquefied Natural Gas (LNG)	Liquidos de Gás Natural (LGN) 02	CO2e	SAR	t / tonne	1	2,836	2,84E+00	0,0039	3,85E-03	0,0012	1,19E-03		
Other biogas	Biogas_ IPCC	GHG	SAR	t / TJ	1			1	2,80E+01	0,1	2,65E+01		

ANEXO 2

OVERVIEW (GPC CHAPTER 4.4, TABLE 4.2, PAGE 41)

NAME OF CITY:	Fortaleza, Brasil	POPULATION:	2.643.247
LEVEL:	BASIC	LAND AREA (km2):	313
INVENTORY YEAR:	2018	GDP (US\$ million):	16,205

GPC ref No.	GHG Emissions Source (By Sector and Sub-sector)	Total GHGs (metric tonnes CO2e)			
		Scope 1	Scope 2	Scope 3	Total
I	STATIONARY ENERGY				
I.1	Residential buildings	245.686	139.221	NE	384.907
I.2	Commercial and institutional buildings and facilities	69.657	144.978	NE	214.634
I.3	Manufacturing industries and construction	84 .112	35.194	NE	119.307
I.4 .1/2 /3	Energy industries	60.94	IE	NE	60.94
I.4 .4	Energy generation supplied to the grid	NO	-	-	-
I.5	Agriculture, forestry and fishing activities	7.071	403	NE	7.474
I.6	Non-specified sources	6 .877	IE	NE	6.877
I.7	Fugitive emissions from mining, processing, storage, and transportation of coal	NO	-	-	-
I.8	Fugitive emissions from oil and natural gas systems	13.727	-	-	13.727
SUB-TOTAL	(city induced framework only)	488,07	319.796		807.866
II	TRANSPORTATION				
II.1	On-road transportation	2.064.391	IE	NE	2.064.391
II.2	Railways	IE	IE	NE	0
II.3	Waterborne navigation	177	IE	NE	177
II.4	Aviation	NO	IE	576.975	-
II.5	Off-road transportation	IE	IE	NE	0
SUB-TOTAL	(city induced framework only)	2.064 .569			2.064.569
III	WASTE				
III.1.1/2	Solid waste generated in the city	NO	-	702.865	702.865
III.2.1/2	Biological waste generated in the city	NO	-	NO	0
III.3.1/2	Incinerated and burned waste generated in the city	NO	-	17	17
III.4.1/2	Wastewater generated in the city	518.401	-	NO	518.401
III.1.3	Solid waste generated outside the city	NO	-	-	
III.2.3	Biological waste generated outside the city	NO	-	-	
III.3.3	Incinerated and burned waste generated outside city	NO	-	-	
III.4.3	Wastewater generated outside the city	NO	-	-	
SUB-TOTAL	(city induced framework only)	518.401	-	702.882	1.221.283
IV	INDUSTRIAL PROCESSES and PRODUCT USES				
IV.1	Emissions from industrial processes occurring in the city boundary	NE	-	-	-
IV.2	Emissions from product use occurring within the city boundary	NE	-	-	-
SUB-TOTAL	(city induced framework only)				-
V	AGRICULTURE, FORESTRY and OTHER LAND USE				
V.1	Emissions from livestock	NE	-	-	-
V.2	Emissions from land	NE	-	-	-
V.3	Emissions from aggregate sources and non-CO2 emission sources on land	NE	-	-	-
SUB-TOTAL	(city induced framework only)				-
VI	OTHER SCOPE 3				
VI.1	Other Scope 3	-	-	100.409	-
TOTAL	(city induced framework only)	3.071.040	319.796	702.882	4 .093.7 18



FORTALEZA
PREFEITURA
URBANISMO
E MEIO AMBIENTE