



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
ESCOLA POLITÉCNICA & ESCOLA DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Albertino Alves Ribeiro

ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL PARA UMA CONSTRUÇÃO MODULAR. ESTUDO DE  
CASO: IMPLANTAÇÃO DE UM PRÉDIO NO CAMPUS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ.

Rio de Janeiro  
2021



UFRJ

Albertino Alves Ribeiro

ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL PARA UMA CONSTRUÇÃO MODULAR. ESTUDO DE  
CASO: IMPLANTAÇÃO DE UM PRÉDIO NO CAMPUS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Claudinei de Souza Guimarães, D.Sc.

Rio de Janeiro  
2021

Ribeiro, Albertino Alves.

Estimativa das Emissões de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil para uma Construção Modular. Estudo de Caso: Implantação de um Prédio no Campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ / Albertino Alves Ribeiro. - 2021.

213 f.: il. 30 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2021.

Orientador: Prof. Claudinei de Souza Guimarães, D.Sc.

1. Construção Modular. 2. Inventário de Emissões. 3. Gases do Efeito Estufa. 4. Ações de Mitigação. I. Guimarães, Claudinei de Souza. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Título.



UFRJ

ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL PARA UMA CONSTRUÇÃO MODULAR. ESTUDO DE  
CASO: IMPLANTAÇÃO DE UM PRÉDIO NO CAMPUS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ.

Albertino Alves Ribeiro

Orientador: Prof. Claudinei de Souza Guimarães, D.Sc.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

---

Presidente, Prof. Claudinei de Souza Guimarães, D.Sc., EQ/UFRJ

---

Prof<sup>a</sup>. Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco, D.Sc., IMA/UFRJ

---

Prof. Eduardo Gonçalves Serra, D.Sc., Escola Politécnica/UFRJ

---

Prof. José Angel Ramón Hernández, D.Sc., EQ/UFRJ

Rio de Janeiro  
2021

## DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação a Deus, pela fé, pela saúde concedida e por acreditar sempre que tudo é possível, através da dedicação e empenho para a concretização de qualquer sonho ou objetivo.

“Ao meu Pai (*In Memoriam*) e a minha Mãe”, pela incansável dedicação e esforço para a construção da minha formação como ser humano, do meu caráter, pela educação e pelo apoio e incentivo durante a realização deste curso;

À minha esposa Daniele, minha filha Júlia e meu filho Gabriel, pela compreensão nos momentos de tensão, ansiedade e principalmente por algum tipo de ausência;

Meu carinho, meu amor e meu muito obrigado!

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Claudinei de Souza Guimarães, do Departamento de Engenharia Bioquímica da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela orientação na elaboração da dissertação.

Agradeço a minha banca, composta pelos Professores Doutores Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco, Eduardo Gonçalves Serra e José Angel Ramón Hernández, por terem aceito o convite e pelas observações, contribuições e sugestões atribuídas a este trabalho.

A Direção do Escritório Técnico da Universidade – ETU/UFRJ, por autorizar a participação no curso e assim viabilizar sua conclusão.

Aos colegas do meu núcleo de trabalho no Escritório Técnico da Universidade – ETU / UFRJ, pelo incentivo e em especial aos colegas, Marlon Lacerda, Douglas Bastos e Thiago Cunha.

A Empresa DIMENSIONAL Engenharia LTDA, através dos engenheiros André Rangel e Gilberto Assumpção, por disponibilizarem dados e demais informações utilizadas na elaboração deste trabalho, especificamente para o cálculo do inventário.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Meu muito obrigado!

“O mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer”.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

## RESUMO

RIBEIRO, ALBERTINO ALVES. Estimativa das Emissões de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil para uma Construção Modular. Estudo de Caso: Implantação de um Prédio no Campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro, 2021. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021.

O objetivo geral deste trabalho foi estimar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a construção de um Prédio Administrativo no Campus da UFRJ, através do Método Construtivo Modular, além de propor ações de mitigação. A Indústria da Construção Civil é reconhecida como uma das atividades de maior impacto ambiental do planeta, além de responsável por aproximadamente 10% a 20% das emissões na extração de matérias primas e fabricação de produtos para este seguimento. A metodologia utilizada para inventariar as emissões foi estruturada no Programa Brasileiro *GHG Protocol*, ferramenta que mostrou-se adequada e flexível para ser aplicada na atividade de construção civil. Os dados para o inventário foram obtidos através do memorial descritivo e da planilha de serviços e insumos para a obra, cedidos pela empresa executora. Para a pesquisa também foi desenvolvida uma versão estimativa, para o mesmo projeto arquitetônico, simulando-se sua construção pelo Método “Convencional”, com o objetivo complementar de também quantificar as respectivas emissões pelo uso de materiais de construção, considerados como fonte de grande relevância pela literatura, e assim poder comparar ambos resultados. Com base nos resultados do inventário, foi estimado a emissão total de GEE em 462,90 tCO<sub>2</sub>e para a construção do empreendimento, com área construída de 620,03 m<sup>2</sup>, e que resultou na emissão de 0,75 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> de área construída, pelo método construtivo modular. Comparativamente, este método construtivo apresentou cerca de 22,12% menos emissões pelo uso dos materiais de construção, se comparados ao método convencional. Este resultado permite, como ação de mitigação, a possibilidade de propor a implementação de novas tecnologias e métodos construtivos que permitam projetar e adotar melhores soluções com foco na redução das emissões de GEE.

Palavras-chave: 1. Construção Modular. 2. Inventário de Emissões. 3. Gases do Efeito Estufa. 4. Ações de Mitigação.



## ABSTRACT

RIBEIRO, ALBERTINO ALVES. Estimation of Greenhouse Gas Emissions in Civil Construction for Modular Construction. Case Study: Implantation of a Building in the Campus of the Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, 2021. Dissertation (Master) - Environmental Engineering Program, Polytechnic School and the School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, in 2021.

The general objective of this work was to estimate greenhouse gas (GHG) emissions for the construction of an Administrative Building on the UFRJ Campus, through the Modular Constructive Method, in addition to proposing mitigation actions. The Civil Construction Industry is recognized as one of the activities with the greatest environmental impact on the planet, in addition to being responsible for approximately 10% to 20% of emissions in the extraction of raw materials and manufacture of products for this segment. The methodology used to inventory the emissions was structured in the Brazilian GHG Protocol Program, a tool that proved to be adequate and flexible to be applied in the civil construction activity. The data for the inventory were obtained through the descriptive memorial and the spreadsheet of services and inputs for the project, provided by the construction company. For the research, an estimated a version was also developed for the same architectural project, simulating its construction by the "Conventional" Method, with the complementary objective of also quantifying the respective emissions through the use of construction materials, considered as a source of great relevance in the literature, and so be able to compare both results. Based on the results of the inventory, the total GHG emission was estimated at 462.90 tCO<sub>2e</sub> for the construction of the project, with a built area of 620.03 m<sup>2</sup>, which resulted in the emission of 0.75 tCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> of built area, by the modular construction method. Comparatively, this construction method showed about 22.12% less emissions from the use of construction materials, when compared to the conventional method. This result allows, as a mitigation action, the possibility of proposing the implementation of new technologies and construction methods that allow the design and adoption of better solutions with a focus on reducing GHG emissions.

Keywords: 1. Modular Construction. 2. Emissions Inventory. 3. Greenhouse Gases. 4. Mitigation Actions.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Série Cronológica de Mudanças Globais na Concentração e Distribuição de CO <sub>2</sub> – (A) Concentrações (365/375 ppm) – (B) Concentrações (375/385 ppm) – (C) Concentrações (385/405 ppm) – (D) Concentrações (405/425 ppm).....	35
Figura 2 - Níveis de CO <sub>2</sub> Durante os Últimos Três ciclos Glaciais .....	36
Figura 3 - Aumento da Temperatura Média do Planeta 1880-2019 .....	37
Figura 4 - Distribuição Global de Energia e Emissões Finais de Edifícios e Construções - 2018 .....	40
Figura 5 - Influências Humanas e Naturais na Temperatura Global.....	42
Figura 6 - Participação nas Emissões Líquidas por Setor para os Anos de 2005, 2010 e 2015. ....	51
Figura 7 - Registro Público de Emissões – Membros Participantes .....	63
Figura 8 - Registro Público de Emissões – Quantidade de Inventários no Setor de Construção .....	64
Figura 9 - Resumo dos Escopos e Emissões do <i>GHG Protocol</i> em toda Cadeia de Valor.....	68
Figura 10 - Etapas Metodológicas para a Realização de Inventários.....	71
Figura 11 - Prédio Concluído – Bloco C - LADETEC – IQ-UFRJ .....	74
Figura 12 - Futuro Polo de Química da UFRJ Visto em Perspectiva.....	74
Figura 13 - Execução da Superestrutura - LADETEC – IQ-UFRJ.....	75
Figura 14 - Execução da Superestrutura e Alvenaria - LADETEC – IQ-UFRJ .....	75
Figura 15 - Conclusão da Superestrutura e Alvenaria - LADETEC – IQ-UFRJ.....	76
Figura 16 - Execução de Revestimentos Externos e Acabamentos Finais- LADETEC – IQ-UFRJ .....	76
Figura 17 - Conclusão do Prédio - LADETEC – IQ-UFRJ .....	77
Figura 18 - Exemplo de Ciclo Fechado ou Sistema Modular Fechado.....	86
Figura 19 - Exemplo de Ciclo Aberto ou Sistema Modular Aberto – Aulário UFRJ ...	87
Figura 20 - Construção Volumétrica e Não Volumétrica .....	88
Figura 21 - Construção Modular Volumétrica 3D – <i>Gotham Health (NYC)</i> .....	89
Figura 22 - Painelização – Elemento Não Volumétrico 2D.....	89
Figura 23 - (A) Construção Híbrida (3D – Chassi Modular) – (B) Elementos 2D – Painéis Externos .....	90
Figura 24 - Conceito de Construção Modular.....	91

Figura 25 - (A) Transporte, Içamento e Montagem da Estrutura Modular – (B) Módulos.....	92
Figura 26 - Utilização do LSF na Construção do Pavilhão Olímpico-RJ .....	93
Figura 27 - (A) Vedação Externa e Versatilidade do Sistema do LSF – (B) Pavilhão Olímpico RJ.....	94
Figura 28 - Prédio Construído em Sistema <i>Wood Frame</i> .....	95
Figura 29 - Montagem de Perfis e Guias - Prédio Administrativo MN .....	96
Figura 30 - Placa Resistente ao Fogo (RF) - Prédio Administrativo MN .....	97
Figura 31 - (A) Isolamento Termoacústico (Lã de Rocha) – (B) Manta de Alumínio .	97
Figura 32 - Tecnologia PPVC – Compartimentação Por Pavimentos .....	98
Figura 33 - Exemplo de Módulos de Unidade Típica (Visualização 3D).....	99
Figura 34 - (A) Contêineres Para Canteiro de Obras – (B) Sanitário – (C) Escritório .....	100
Figura 35 - Escola Americana em Minas Gerais – Módulos de Contêineres .....	101
Figura 36 - Unidades Modulares Pré Fabricadas – Aulário – Campus PV - UFRJ..	102
Figura 37 - (A) Painel Termoacústico Poliuretano – (B) Alojamento em Módulos - UFRJ .....	103
Figura 38 - Montagem - Prédio Mini <i>Sky City</i> - China .....	104
Figura 39 - Desenvolvimento - Prédio Mini <i>Sky City</i> - China.....	104
Figura 40 - (A) Empreendimento – Tecnologia PPVC em Concreto – (B) Içamento dos Módulos .....	105
Figura 41 - Prédio Modular de Micro Apartamentos - <i>My Micro NY</i> .....	105
Figura 42 - Construções Modulares nos Campus da UFRJ – (A) Módulo Administrativo ETU – (B) Alojamento Estudantil – (C) Salas de Aula PV – (D) Módulo Administrativo IESC .....	106
Figura 43 - (A) Vista Aérea do Museu Nacional Destruído Após o Incêndio – (B) Antes do Incêndio.....	108
Figura 44 - Aba de Introdução da Ferramenta PBGHG Protocol - Versão 2020.1.2 .....	110
Figura 45 - Localização do Campus Anexo – Museu Nacional – Via Google Maps	113
Figura 46 - Planta de Implantação do Campus Anexo ao MN .....	114
Figura 47 - Localização do Prédio Administrativo – Estudo de Caso – Via Google Maps .....	114
Figura 48 - Vista Isométrica – 3D – Prédio Administrativo MN.....	115

Figura 49 - Elementos que Compõem a Estrutura Modular – (A) Chassi – (B) Detalhes Construtivos .....	115
Figura 50 - Fundação em Vigas Baldrame de Concreto Armado – (A) Planta de Formas – (B) Disposição dos Módulos Sobre as Vigas .....	116
Figura 51 - (A) Painel Pré-laje – (B) Laje de Piso Pré-Moldada .....	117
Figura 52 - (A) Divisórias em <i>Drywall</i> – (B) Estruturação em Guias e Montantes ...	117
Figura 53 - (A) Forro em Chapa Galvanizada – (B) Forro Acabado .....	118
Figura 54 - (A) Estruturação da Cobertura – (B) Cobertura em Telhas Isotérmicas Metálicas .....	118
Figura 55 - (A) Jardim Interno – (B) Vista Isométrica em Corte – 3D .....	119
Figura 56 - Vista Panorâmica da Obra - Conclusão .....	119
Figura 57 - Identificação e Abrangência dos Escopos .....	122
Figura 58 - Emissões Por Atividade de Construção .....	148
Figura 59 - Gráfico Comparativo de Emissões Entre Métodos Construtivos .....	149
Figura 60 - Emissões em tCO <sub>2</sub> e Por Escopo .....	152
Figura 61 - Mapa Resumo das Iniciativas Regionais, Nacionais e Subnacionais de Precificação de Carbono Implementadas, Programadas para Implementação e Sob Consideração (ETS e imposto sobre carbono) .....	160
Figura 62 - Preços de Carbono no Mercado Mundial (ETS e imposto sobre carbono). .....	161

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Princípios Gerais <i>GHG Protocol</i> .....	66
Quadro 2 - Caracterização dos Escopos Considerados no Estudo de Caso .....	121
Quadro 3 - Fatores Médios de Emissão de CO <sub>2</sub> Grid Mês/Ano - Sistema Interligado Nacional (SIN) .....	128
Quadro 4 - Quantidade Gerada de Resíduos.....	141
Quadro 5 - Totalização das Emissões Por Escopo .....	151
Quadro 6 - Registro de Emissões Por Escopo em Empresas do Setor .....	153
Quadro 7 - Comparativo Entre a Taxação e o Mercado de Carbono .....	159

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Emissões em CO <sub>2</sub> e por setor, para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2015 .....	50
Tabela 2 - Valores do GWP dos principais gases de efeito estufa, segundo SAR - AR4 - AR5 (IPCC) .....	56
Tabela 3 - Fatores de emissão por utilização de combustíveis fósseis – fontes estacionárias .....	124
Tabela 4 - Fatores de emissão por utilização de combustíveis fósseis – fontes móveis .....	125
Tabela 5 - Fatores de emissão para aviação civil - transporte de passageiros, 2019 e 2020 .....	126
Tabela 6 - Percentual de COD para diferentes tipos de resíduo .....	127
Tabela 7 - Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões.....	134
Tabela 8 - Consumo de Combustíveis Fontes Estacionárias e Móveis.....	137
Tabela 9 - Consumo Mensal de Energia Elétrica .....	138
Tabela 10 - Deslocamentos Aéreos Realizados.....	139
Tabela 11 - Consumo de Combustível no Transporte de Resíduos.....	140
Tabela 12 - Consumo de Combustível em Fretes .....	140
Tabela 13 - Totalização de Emissões Por Fontes Estacionárias e Móveis .....	142
Tabela 14 - Emissões Geradas Pelo Consumo de Energia Elétrica em (tCO <sub>2</sub> e)....	143
Tabela 15 - Emissões Por Viagem a Negócios em Aeronaves .....	144
Tabela 16 - Emissões Por Transporte Rodoviário de Resíduos.....	145
Tabela 17 - Emissões Por Transporte Rodoviário – Fretes.....	145
Tabela 18 - Quantidade de Resíduos Gerados e Emissões Geradas.....	146
Tabela 19 - Totalização de Emissões Oriundas de Materiais e Serviços de Construção Civil .....	147
Tabela 20 - Totalização das Emissões do Escopo 3.....	151

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Eq. Base para Estimar as Emissões de GEE (1) .....	129
Eq. Cálculo Emissões Fontes Fixas (2).....	130
Eq. Cálculo da Quantidade de Combustível (3) .....	131
Eq. Cálculo Emissões Fontes Móveis (4).....	131
Eq. Cálculo de Emissões – Fontes Móveis-Aéreas (5) .....	132
Eq. do FE de Resíduos (6).....	132
Eq. Cálculo das Emissões de CH <sub>4</sub> (7).....	132
Eq. Cálculo das Emissão em CO <sub>2</sub> e (8).....	132
Eq. Cálculo das Emissões Por Uso de Energia (9) .....	135
Eq. Emissões Totais (10) .....	136

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AIE	Agência Internacional de Energia – (em inglês, IEA - <i>International Energy Agency</i> )
AIRS	<i>Atmospheric Infrared Sounder</i> – Sonda por Infravermelho Atmosférica
AMSU	<i>Advanced Microwave Sounding Unit</i> - Unidade Avançada de Sonda de Microondas
CBCS	Centro Brasileiro de Construção Sustentável
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CO <sub>2e</sub>	Dióxido de Carbono Equivalente
EOD	Entidade Operacional Designada
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETS	<i>Emissions Trading Systems</i> - Sistemas de Comércio de Emissões
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FGVces	Fundação Getúlio Vargas - Centro de Estudos em Sustentabilidade
GEE	Gases de Efeito Estufa
GISS	<i>Goddard Institute for Space Studies</i> - Instituto Goddard de Estudos Espaciais
Gt	Gigatonelada
GTP	<i>Global Temperature Potential</i> - Potencial de Temperatura Global
GWP	<i>Global Warming Potential</i> - Potencial de Aquecimento Global
IEA	<i>International Energy Agency</i> - Agência Internacional de Energia



iNDC	<i>Intended Nationally Determined Contribution</i> - Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
PBGHG	Programa Brasileiro GHG Protocol
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PBMC	Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
MBI	<i>Modular Building Institute</i> - Instituto de Construção Modular
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MN	Museu Nacional
MRV	Mensuração, Relato e Verificação
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
tCO <sub>2</sub> e	Toneladas de CO <sub>2</sub> Equivalente.
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.
UPP	Unidades de Polícia Pacificadora
URE	Unidades de Redução de Emissões
USGCRP	<i>U.S. Global Change Research Program</i> - Programa de Pesquisa sobre Mudanças Globais dos EUA

WBCSD *World Business Council for Sustainable Development* - Conselho  
Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável

WRI *World Resources Institute*

## LISTA DE ACRÔNIMOS

ABCEN	Associação Brasileira da Construção Metálica
AR4	<i>Fourth Assessment Report</i> - Quarto Relatório de Avaliação
AR5	<i>Fifth Assessment Report</i> - Quinto Relatório de Avaliação
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BIM	<i>Building Information Modeling</i> - Modelagem da Informação da Construção
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
COD	Carbono Orgânico Degradável
COP	Conferência das Partes
DEFRA	<i>Department for Environment, Food and Rural Affairs (UK)</i> - Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais (Reino Unido)
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i> - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
ETU	Escritório Técnico da UFRJ
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> - Organização Internacional de Normalização
LOWESS	<i>Locally Weighted Scatterplot Smoothing</i> - Suavização do Gráfico de Dispersão Localmente Ponderada
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i> - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration U.S.- Department of Commerce</i> - (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos EUA)
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PNUMA	Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente
SAR	<i>Second Assessment Report</i> - Segundo Relatório de Avaliação

SETEF	Seção Técnica de Fiscalização
SIN	Sistema Interligado Nacional
SIRENE	Sistema de Registro Nacional de Emissões
UPA	Unidade de Pronto Atendimento
VER	<i>Verification of Emission Reduction</i> - Verificação de Redução de Emissões

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	25
2.	OBJETIVO .....	30
2.1	OBJETIVO GERAL.....	30
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	30
3.	JUSTIFICATIVA .....	31
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	33
4.1	EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL .....	33
4.1.1	Aquecimento Global e Emissão de Gases de Efeito Estufa pela Atividade Construção Civil .....	38
4.2	MUDANÇAS CLIMÁTICAS .....	41
4.2.1	Confiança e Incertezas na Ciência Climática.....	44
4.3	GASES EFEITO ESTUFA .....	46
4.3.1	Emissões de Gases de Efeito Estufa.....	47
4.3.2	Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil .....	49
4.3.3	Emissões de Gases Efeito Estufa na Indústria da Construção Civil ....	52
4.3.4	Potencial de Aquecimento Global (PAG / GWP)) .....	54
4.4	INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES EFEITO ESTUFA.....	56
4.4.1	Monitoramento de Metas e Mecanismos de Flexibilização .....	58
4.5	GHG PROTOCOL .....	59
4.5.1	Campo de Aplicação.....	60
4.5.2	Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHG).....	62
4.5.2.1	Registro Público de Emissões do PBGHG Protocol.....	62
4.5.2.2	Das Normas e Princípios do PBGHG Protocol.....	65
4.5.2.3	Realização de Inventários - Metodologia PBGHG Protocol .....	67
4.5.3	Passos Básicos Para Realização de Inventários .....	71
4.6	CONSTRUÇÃO MODULAR .....	72
4.6.1	Mercado Global da Construção Modular .....	80
4.6.2	Construção Modular no Brasil.....	82
4.6.3	Principais características da Construção Modular .....	83
4.6.4	Principais Aspectos Construtivos.....	85
4.6.4.1	Construção Modular – Permanentes e Realocáveis .....	85
4.6.4.2	Industrialização da Construção - Ciclo Fechado e Ciclo Aberto.....	86

4.6.4.3	Classificação dos Sistemas Construtivos Modulares .....	87
4.6.5	Concepção.....	91
4.6.6	Tipos de Sistemas Construtivos.....	93
4.6.6.1	Sistema Construtivo em <i>Light Steel Framing</i> (LSF) .....	93
4.6.6.2	Sistema Construtivo em <i>Wood Frame</i> .....	95
4.6.6.3	Sistema Construtivo em <i>Drywall</i> .....	96
4.6.6.4	Sistema Construtivo em Concreto.....	98
4.6.6.5	Sistema Construtivo Modular Metálico .....	100
4.6.7	Construções Modulares Pelo Mundo .....	104
4.6.8	Construções Modulares no Campus UFRJ.....	106
5.	ESTUDO DE CASO .....	108
6.	METODOLOGIA .....	109
6.1	NORMAS E PRINCÍPIOS E ETAPAS CONCEITUAIS.....	111
6.2	LIMITES ORGANIZACIONAIS .....	112
6.2.1	Implantação do Campus Anexo ao MN .....	113
6.2.2	Campus Anexo ao MN - Prédio Administrativo do Museu Nacional ..	114
6.2.3	Descritivo da Obra - Prédio Administrativo do Museu Nacional.....	115
6.2.4	Descritivo da Obra - Construção Convencional .....	120
6.3	LIMITES OPERACIONAIS .....	121
6.3.1	Identificação e Quantificação dos Escopos .....	122
6.4	PERÍODO DE REFERÊNCIA E ANO-BASE DO INVENTÁRIO.....	123
6.5	FATORES DE EMISSÃO .....	123
6.5.1	Fatores de Emissão para o Consumo de Combustíveis Fósseis - Fontes Estacionárias (Fixas).....	124
6.5.2	Fatores de Emissão para o Consumo de Combustíveis Fósseis - Fontes Móveis – Transporte Rodoviário.....	124
6.5.3	Fatores de Emissão para o Consumo de Combustíveis Fósseis - Fontes Móveis – Transporte Aéreo .....	125
6.5.4	Fatores de Emissão para a Geração de Resíduos .....	126
6.5.5	Fatores de Emissão para o Consumo de Energia .....	127
6.6	METODOLOGIA DE CÁLCULOS DAS EMISSÕES.....	128
6.6.1	Cálculo de Emissões para o Consumo de Combustíveis Fósseis .....	129
6.6.1.1	Cálculo de Emissões para Consumo de Combustíveis Fósseis – Fontes Estacionárias (Fixas) .....	130

6.6.1.2	Cálculo de Emissões para Consumo de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis .....	130
6.6.1.3	Cálculo de Emissões para o Consumo de Combustíveis Fósseis - Fontes Móveis – Transporte Aéreo .....	131
6.6.2	Cálculo de Emissões para a Geração de Resíduos.....	132
6.6.3	Cálculos de Emissões por Consumo de Energia .....	134
6.6.4	Emissões Pela Obtenção e Aplicação de Materiais de Construção...	135
6.6.5	Totalização das Emissões por Escopo .....	136
6.7	ADEQUAÇÃO E APLICAÇÃO DA FERRAMENTA NA QUANTIFICAÇÃO E CÁLCULO DAS EMISSÕES.....	136
6.7.1	Identificação e Quantificação dos Escopos .....	136
6.7.1.1	Escopo 1 – Emissões Diretas.....	137
6.7.1.2	Escopo 2 – Emissões Indiretas de GEE da Energia Adquirida .....	138
6.7.1.3	Escopo 3 – Outras Emissões Indiretas .....	139
7.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	142
7.1	ESCOPO 1 – EMISSÕES DIRETAS .....	142
7.1.1	Emissões de Combustíveis Fósseis – Fontes Estacionárias (Fixas) e Móveis .....	142
7.2	ESCOPO 2 – EMISSÕES INDIRETAS DE GEE PELA ENERGIA ADQUIRIDA.....	143
7.3	ESCOPO 3 – OUTRAS EMISSÕES INDIRETAS.....	144
7.3.1	Emissões de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis – Transporte Aéreo .....	144
7.3.2	Emissões de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis – Transporte Rodoviário de Resíduos.....	144
7.3.3	Emissões de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis – Fretes .....	145
7.3.4	Emissões Pela Geração de Resíduos .....	145
7.3.5	Emissões Pela Obtenção e Aplicação de Materiais de Construção...	146
7.3.5.1	Comparativo de Emissões entre Metodologias Construtivas .....	149
7.3.6	Emissões Totais Pelo Escopo 3.....	151
7.4	TOTALIZAÇÃO DAS EMISSÕES.....	151
7.4.1	Comparação dos Resultados.....	153
7.5	INCERTEZAS EM RELAÇÃO AO INVENTÁRIO .....	156
8.	AÇÕES DE MITIGAÇÃO.....	157

8.1	MERCADO DE CRÉDITO CARBONO ATUAL.....	157	
8.1.1	Preço do Carbono no Mercado Mundial .....	158	
8.1.2	Mercado de Crédito Carbono no Brasil.....	162	
8.2	AÇÕES DE MITIGAÇÃO COM BASE NO INVENTÁRIO.....	167	
9.	CONCLUSÕES .....	168	
10.	RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....	170	
11.	REFERÊNCIAS.....	171	
APÊNDICE I – PLANILHA DE QUANTITATIVOS - BASE PARA O INVENTÁRIO DOS GEE PARA O ESTUDO DE CASO E RESPECTIVAS EMISSÕES .....			187
APÊNDICE II – PLANTA DE LOCAÇÃO - FUNDAÇÃO - SIMULAÇÃO / ESTUDO.....			195
APÊNDICE III – FRETES DE MATERIAIS APLICADOS NA OBRA .....			196
APÊNDICE IV – PUBLICAÇÃO DE ARTIGO E CERTIFICAÇÃO .....			197
ANEXO I – PLANTA BAIXA .....			207
ANEXO II – CORTES.....			208
ANEXO III – CORTES TRANSVERSAIS .....			209
ANEXO IV – CORTES LONGITUDINAIS.....			210
ANEXO V – FACHADAS FRONTAL E FUNDOS.....			211
ANEXO VI – FACHADAS LATERAIS E VISTA ISOMÉTRICA.....			212
ANEXO VII – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DA OBRA DO PRÉDIO ADMINISTRATIVO DO MN .....			213



## 1. INTRODUÇÃO

O aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), provenientes do consumo de combustíveis fósseis, produções industriais, desmatamento e degradação das florestas, tem provocado mudanças globais no clima. As consequências conhecidas, dessas mudanças climáticas<sup>1</sup>, têm impactos na saúde humana, problemas com as áreas agrícolas, elevação do nível do mar e escassez de recursos hídricos, assim como perda significativa da biodiversidade, entre outros (INPE, 2017). Portanto, a mudança do clima tem sido apontada, na atualidade, como um dos maiores desafios da humanidade (WAYCARBON, 2019).

Segundo o Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente (PNUMA) há evidências alarmantes de que importantes limites possam já ter sido atingidos ou ultrapassados, levando a mudanças irreversíveis nos principais ecossistemas e no sistema climático do planeta. Nesse contexto, a comunidade científica tem se debruçado fortemente no estudo dos temas relacionados, visando compreender, por exemplo, as condições do clima futuro, projetar os impactos previstos, pensar as melhores soluções para a redução das emissões, os caminhos para se adaptar aos cenários climáticos, entre diversas outras questões. A questão da mudança do clima deixou de ser apenas uma simples curiosidade científica e uma de muitas preocupações ambientais, e se tornou a principal questão ambiental do nosso tempo e o maior desafio para os reguladores ambientais. É uma crise crescente com desenvolvimento econômico, saúde, produção de alimentos, segurança e outras dimensões.

Vive-se atualmente um cenário de urgências climáticas e trabalhar estas questões significa garantir a qualidade de vida da nossa sociedade. O potencial do aquecimento global é real e nunca esteve tão presente nos discursos político, científico e econômico (FIRJAN, 2017).

---

<sup>1</sup> O termo Mudanças Climáticas é definido como mudança do clima atribuída direta ou indiretamente à atividade humana (atividades antrópicas) que altera a composição da atmosfera global e que é, além da variabilidade climática natural, observada ao longo de períodos de tempo comparáveis (Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima UNFCCC, 2014).

O Painel Intergovernamental (IPCC, em inglês) já define Mudanças Climáticas como uma variação estatística significativa e suas variabilidades, persistentes por um período de tempo longo (décadas ou mais). Nesta definição, a causa pode ser de processos naturais internos ou forças externas ou ainda pelas ações humanas.

Os gases de efeito estufa, além de possuírem diferentes concentrações na atmosfera, têm capacidade de absorção da radiação infravermelha distinta, de modo que a contribuição para o efeito estufa de uma mesma massa dos diferentes GEE não é a mesma. Além disso, os gases possuem diferentes tempos de residência na atmosfera, o que também influencia a relação entre a presença do gás e seu impacto no efeito estufa e dificulta a comparação direta do impacto da emissão de cada GEE. Tal relação, denominada Potencial de Aquecimento Global (PAG), (GWP, na sigla em inglês - *Global Warming Potential*), foi calculada por Lashof e Ahuja (1990) para tempos de residência específicos (20, 100 e 500 anos) e logo adotados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, mais conhecido pela sigla IPCC (da sua denominação em inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*) e pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, também conhecida como UNFCCC (do original em inglês *United Nations Framework Convention on Climate Change*).

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por ser o gás mais abundante, foi utilizado como padrão, tendo sido atribuído o valor de GWP = 1 (um). Assim, o GWP representa a captura cumulativa de radiação infravermelha a partir da liberação de 1 kg de um determinado GEE, em relação a igual massa de CO<sub>2</sub>.

Com base no potencial de aquecimento global dos gases de efeito estufa é possível comparar as emissões dos diferentes gases, uma vez que todos passam a ser equivalentes a uma determinada massa de dióxido de carbono. Assim, na metodologia recomendada pelo IPCC, as emissões são registradas na unidade de tonelada de dióxido de carbono equivalente, ou tCO<sub>2</sub>e.

Figurando entre uma das principais economias emergentes atuais, o Brasil enfrenta o desafio de estabelecer padrões de desenvolvimento econômico com baixas emissões de carbono.

Em fevereiro de 2005, entrou em vigor o Protocolo de Quioto, um acordo internacional que estabelece obrigações para os países industrializados, com a finalidade de reduzir suas emissões de GEE. O Brasil ratificou este acordo em 23 de agosto de 2002 e, em 2009, instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), estando entre os objetivos à redução das emissões de gases de efeito estufa em relação às suas diferentes fontes e o fortalecimento das remoções por sumidouros de gases de efeito estufa no território nacional (MMA, 2015).

A realização do inventário de GEE é a ação inicial dos empreendedores que querem contribuir com a questão das Mudanças Climáticas de maneira a minimizar os seus efeitos negativos.

Com as informações geradas pelo inventário, o empreendedor poderá obter dados relevantes para a gestão das emissões de GEE. Neste sentido, existem vantagens para as empresas na gestão eficiente das suas emissões de GEE, com foco na melhoria da gestão operacional e na eficiência energética.

O conhecimento estratégico gerado pela gestão das emissões servirá de base para que uma empresa ou instituição planeje mudanças, visando à melhoria das gestões administrativa, operacional e financeira, racionalização do uso de insumos e otimização do consumo de energia. Basicamente, produzir mais com o mesmo custo, reduzindo o desperdício, o gasto energético e as emissões de GEE.

À medida que a questão climática avança na agenda política mundial, as exigências legais e mercadológicas aumentam e algumas empresas já se preparam para a tendência das legislações cada vez mais restritivas com relação às emissões de GEE (FIRJAN, 2017).

No Brasil, dezesseis (16) estados e diversos municípios já contam com leis sancionadas para regulamentar a política de mudanças climáticas. Outros quatro (4) estados estão com projetos de lei em discussão e também contam com fóruns que tratam das questões relacionadas às mudanças climáticas formalizadas por decretos. Todas essas leis e projetos de lei contemplam a realização de um Inventário de GEE no Brasil para determinar metas e objetivos para a limitação das emissões de gases de efeito estufa. Algumas legislações exigem o Inventário de GEE para emitir e/ou renovar licenças ambientais, outras contam com registros públicos para reporte de emissões em caráter voluntário. Neste sentido, além das tendências legais, algumas empresas também já exigem o reporte de emissões de GEE de seus fornecedores (WAYCARBON, 2019). Desta forma, as empresas visam ao aumento de credibilidade e a um diferencial de mercado, procurando a fidelização de clientes, principalmente no caso de empresas fornecedoras de grandes empresas. Financeiramente, as empresas que têm ações sustentáveis na sua política têm seu valor de mercado aumentado. Através desta ação, é possível que as organizações atraiam novos investimentos, consigam oportunidades de negócios com grandes clientes engajados no assunto, além de planejar seus processos de forma a garantir maior eficiência econômica, energética e/ou operacional.

Ao inventariar emissões de GEE, uma organização também consegue identificar suas fontes mais relevantes para adotar medidas capazes de reduzir ou compensar esse impacto.

O perfil de emissões brasileiras se alterou ao longo dos anos. No passado, as principais fontes de emissão eram devido às queimadas para uso da terra e incêndios florestais. Atualmente, as atividades que mais contribuem para as emissões no Brasil são a agropecuária e o setor de energia (MCTIC, 2017).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) oficializa o compromisso voluntário do Brasil junto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima de redução de emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020. Ela foi instituída em 2009 pela Lei nº 12.187, buscando garantir que o desenvolvimento econômico e social contribua para a proteção do sistema climático global. Para viabilizar o alcance destes objetivos, foram instituídas algumas diretrizes, como fomento a práticas que efetivamente reduzam as emissões de gases de efeito estufa e o estímulo a adoção de atividades e tecnologias de baixas emissões desses gases, além de padrões sustentáveis de produção e consumo.

Conforme dados das Nações Unidas (UNEP, 2012), a Indústria da Construção Civil é reconhecida como uma das atividades de maior impacto ambiental do planeta. Esta atividade, extrai 30% dos materiais do meio natural, gera 25% dos resíduos sólidos, consome 40% de toda energia e 25% da água, e ocupa 12% das terras. Nas edificações, as emissões são prioritariamente provenientes do uso de energia, sendo de 80 a 90% geradas na etapa de uso e operação (aquecimento, condicionamento de ar, ventilação, iluminação e equipamentos). Outros 10 a 20% estão ligados à extração e ao processamento de matérias-primas, à fabricação de produtos e à etapa de construção e demolição. Portanto, o setor de construção civil também tem um importante papel na redução das emissões de Gases de Efeito Estufa na atmosfera e pode contribuir de forma significativa.

O IPCC, órgão ligado à ONU, através de seu Quarto Relatório de Avaliação (AR-4), afirma que as emissões de carbono associadas às edificações deverão passar de 9 bilhões de toneladas, registradas em 2004, para quase 16 bilhões de toneladas em 2030 (UNEP, 2012).

Em dezembro de 2015, com o Acordo de Paris, o Brasil se comprometeu a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025 e apresentou o

indicativo de redução de 43% até 2030. Ambos são comparados aos níveis de 2005. Entre outras medidas, o Acordo de Paris tem o objetivo de manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais (período anterior ao século XIX - 1850 e 1900) e de garantir esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. Para tal, o primeiro passo é o desenvolvimento dos Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa dos respectivos empreendimentos, tanto na fase de construção como na de uso.

A elaboração de inventários é uma atividade técnica, realizada através de uma ferramenta de cálculo, que permite o gerenciamento de emissões, por estar em constante processo de desenvolvimento e melhoria, e ser capaz de mapear o perfil das emissões e identificar as oportunidades de melhoria. Pode ser utilizada pelas instituições para identificar, quantificar e gerenciar os pontos críticos dos seus processos, com o objetivo de aumentar a eficiência de suas atividades operacionais, estabelecer estratégias, planos e metas para redução, ao mesmo tempo em que mitiga seus impactos e contribui para o combate às mudanças climáticas, atendendo-se a políticas públicas, obrigações legais ou demanda de mercado.

A partir de inventários adequados é possível adotar ações objetivas e analisar novas soluções para projetos, no caso de construções civis, desde a definição do partido arquitetônico, até os projetos complementares, bem como a inclusão de novas tecnologias e métodos construtivos, de forma a se promover a redução das emissões.

## 2. OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar, por meio de inventário, as emissões de gases efeito estufa (GEE), originadas pela execução de uma Construção Modular, para a implantação de um prédio no Campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, e comparar os resultados para uma Construção “Convencional”, em versão simulada, utilizando-se a mesma planta arquitetônica.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudo comparativo, relativo a emissões de GEE, entre os métodos construtivos diferentes e propostos neste estudo de caso;
- Aplicação, adequação e validação da metodologia *GHG Protocol* do Programa Brasileiro, e respectiva ferramenta de cálculo para inventários de emissões de GEE, utilizada em um Projeto de Construção Civil Modular;
- Discutir a possibilidade de implementação de novas tecnologias e métodos construtivos que permitam a redução das emissões de GEE no âmbito da UFRJ;
- Propor soluções de ocupação mais eficiente dos espaços na UFRJ, com efeitos diretos na fase de concepção de projetos, com o contexto de redução de emissões de poluentes e preservação do meio ambiente;

### 3. JUSTIFICATIVA

A mudança climática é potencializada pelas emissões de gases de efeito estufa, sendo um terço destas emissões originadas no setor da construção civil, portanto, ressalta-se aí a importância deste setor avaliar a origem e calcular as emissões e buscar medidas para atenuar seus efeitos (MACIEL et al., 2018).

A preocupação com a escassez dos recursos naturais, a necessidade de aumento da eficiência energética e a redução dos impactos ambientais negativos, gerados pelas edificações, têm levado os profissionais da construção civil e os demais agentes desta cadeia produtiva a se engajar cada vez mais na busca de inovação em produtos e processos mais sustentáveis. Por meio da avaliação do desempenho ambiental (melhoria ambiental dos fluxos de produção e consumo, que dá ênfase à seleção adequada de materiais e energia sem a modificação do produto), nas várias fases do ciclo de vida, para um determinado sistema construtivo, por exemplo, pode ser feito um balanço detalhado da matéria-prima, dos materiais constituintes e da energia, que entram no fluxo do processo, e das emissões geradas, na saída do processo, permitindo visualizar especificações mais adequadas do ponto de vista ambiental (IBICT, 2014).

A partir do Plano Diretor UFRJ 2020 e suas diretrizes, aprovado pelo Conselho Universitário em 5 de novembro de 2009, foi proposto um conjunto de ações e iniciativas que pretendeu prover condições para a urbanização dos espaços e projetar novas edificações para atender não só as demandas requeridas pelas expansões acadêmicas, mas também o compromisso com a qualidade e responsabilidade ambiental, incluindo-se a redução da poluição atmosférica e de emissões de gases de efeito estufa (PLANO DIRETOR UFRJ, 2020).

Desde então, de acordo com a atualização contextualizada do Plano Diretor UFRJ 2020, a UFRJ cresceu de modo intenso, passando de 49.234 para 60.475 estudantes, 3.467 para 4.853 professores, 8.632 para 9.330 técnicos-administrativos, 202 para 266 cursos/habilitações de graduação, expansão que resultou inclusive na criação do campus de Macaé, Xerém e de Duque de Caxias, situações estas não previstas, em toda amplitude, no referido Plano.

Este rápido crescimento também demandou ações estratégicas, levando-se em consideração as imensas restrições orçamentárias após 2013, de forma a manter e planejar a expansão das edificações e de melhorias nos campi universitários nos

próximos 10 e 20 anos. Neste sentido, a construção modular tem sido uma tendência factual nos Campus da UFRJ, através de construções tipo: “Aulários” (módulos com salas de aula); Escritórios Administrativos; Laboratórios; Alojamentos, Restaurantes e etc.

Ainda no âmbito da UFRJ, após o trágico incêndio do Prédio do Museu Nacional (MN), ocorrido em 02 de setembro de 2018, esta mesma solução construtiva também está sendo idealizada e adotada no chamado Campus Anexo ao MN, para a construção de edificações que atenderão aos diversos departamentos, com o objetivo de abrigar laboratórios, salas de aula, setores administrativos, etc., e assim propiciar uma estrutura a administração do Museu Nacional, eficiente e de qualidade, para atender as suas necessidades, no desenvolvimento das suas diferentes atividades, inclusive acadêmicas e de pesquisa, imprescindíveis a retomada e normalização dos trabalhos no MN.

Esta tecnologia modular é uma solução industrializada, praticamente toda moldada na fábrica e seu uso cresce cada vez mais no Brasil e em especial no Rio de Janeiro, principalmente através das Unidades de Polícia Pacificadora (UPP) e de Pronto Atendimento (UPA).

Sua principal qualidade está no tempo reduzido de produção e implantação, além da facilidade para alterações de layout, de transporte entre uma área e outra e na baixíssima geração de resíduos de obra, uma vez que estes resíduos poderão ser destinados à reciclagem.

Essa técnica construtiva otimizada e inovadora permitiu também erguer o primeiro hospital exclusivo para pacientes do coronavírus, na China, em apenas 10 dias. O hospital Huoshenshan está localizado em Wuhan, cidade com aproximadamente 11 milhões de habitantes e marco zero do coronavírus. A obra foi iniciada em 23 de janeiro de 2020 e finalizada no dia 2 de fevereiro do mesmo ano. Essa unidade hospitalar especializada tem capacidade de 1.000 leitos, distribuídos em 25 mil metros quadrados, destacando-se a nível mundial pela eficiência do método construtivo utilizado.

No Brasil tem se intensificado a utilização de sistemas construtivos industrializados, na busca por maior otimização do processo produtivo das edificações, relacionada a simplificação e redução de prazos de execução e diminuição da geração de desperdícios (BRANCO Jr. et al., 2018).



## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica está organizada e encadeada de forma a proporcionar e constituir a base conceitual para a estrutura e o desenvolvimento deste trabalho e para o entendimento da importância do *GHG Protocol* como metodologia e ferramenta de elaboração de inventários corporativos para emissões de GEE, considerando-se a amplitude global dos seus efeitos e das medidas e políticas a serem empregadas em relação a essas emissões.

### 4.1 EFEITO ESTUFA E AQUECIMENTO GLOBAL

O princípio básico do aquecimento global pode ser entendido considerando-se a energia de radiação do Sol que aquece a superfície da Terra e a radiação térmica da Terra e da atmosfera que é irradiada para o espaço. Os dois fluxos de radiação, em média, devem se equilibrar. Caso este equilíbrio seja perturbado (por exemplo, por um aumento das concentrações de gases presentes na atmosfera), ele poderá ser restaurado por um aumento na temperatura da superfície da Terra. A origem deste desequilíbrio é conhecida como efeito estufa, que é causado por alguns gases, os quais absorvem parte da radiação térmica refletida pela superfície terrestre, atuando como uma barreira parcial. Estima-se que a temperatura média da Terra ficaria de 20 a 30°C abaixo da atual com a ausência destes gases (HOUGHTON, 2004). Para Buckeridge (2007) é frequente se dar uma conotação negativa ao se associar o termo efeito estufa com problemas na atmosfera, porém, o efeito estufa também propicia a vida na terra, o que reflete um sentido positivo.

O tema aquecimento global tomou o topo das agendas política, científica, econômica e há várias décadas as emissões antrópicas de gases de efeito estufa estão na vanguarda da discussão de políticas internacionais. Esse fenômeno é responsável pelo aumento da temperatura média dos oceanos e da camada de ar próxima à superfície da Terra decorrente da ação humana, portanto, torna-se praticamente inequívoca a influência das atividades humanas no aumento de temperatura do planeta, sobretudo no uso de energia. Buckeridge (2007), acrescenta que desde a revolução industrial a ação antrópica tem sido considerada um fator modificador de extrema influência e indução de mudanças climáticas no planeta, inclusive com alterações significativas aos seus biomas, entretanto, esta afirmativa

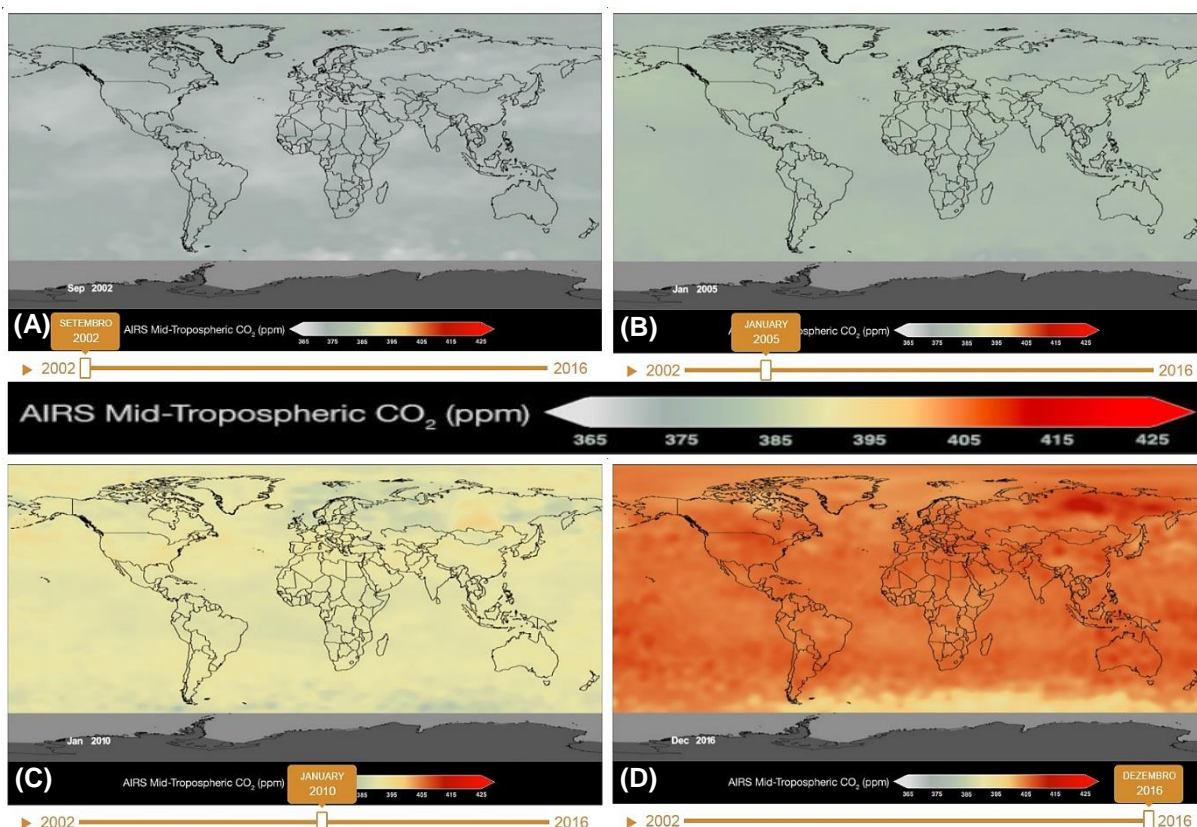
ganha aceitação oficial, em termos de confiabilidade, somente a partir do quarto relatório do IPCC.

Há uma crescente convicção na correlação entre o aquecimento global e a emissão de gases poluentes para a atmosfera, e esta relação está intimamente ligada ou associada a fatores conhecidos como: consumo excessivo de recursos não renováveis, desflorestamentos, utilização de produtos químicos, geração de resíduos e a proliferação de aterros sanitários, poluição gerada pela queima de combustíveis fósseis e atividades antropogênicas de forma geral, entre outras. Todos estes fatores podem ser impactados diretamente pelo crescimento populacional e por consequência, no aumento no consumo de recursos naturais e na cadeia de geração de resíduos (REIS, 2015).

Em mais de 97% dos estudos sobre clima indicam que a emissão de gases de efeito estufa (GEE), como o CO<sub>2</sub>, é a maior causa do aumento da temperatura média global. Para garantir as atuais condições de vida, estima-se que o limite máximo tolerável para a elevação da temperatura da superfície da Terra seja de 2°C. Acima disso, os cenários são extremamente preocupantes, com 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. Mediante estas condições, em dezembro de 2015, foi elaborado o Acordo de Paris, que estabeleceu ao mundo uma série de esforços e ações a nível de cidades e ações locais e subnacionais para manter essa elevação abaixo de 1,5°C (ICLEI, 2016). Para o alcance deste objetivo, os governos se envolveram na construção de seus próprios compromissos, a partir das chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, na sigla em inglês - *Intended Nationally Determined Contribution*). Por meio das iNDC, cada nação apresenta sua contribuição de redução de emissões dos gases de efeito estufa, de acordo com o cenário social e econômico local. No Brasil, este compromisso foi concluído em 12 de setembro de 2016, após a aprovação pelo Congresso Nacional e no dia 21 de setembro, o instrumento foi entregue às Nações Unidas. Com isso, as metas brasileiras deixaram de ser pretendidas e tornaram-se compromissos oficiais, portanto, a sigla perdeu a letra “i” (do inglês, *intended*) e passou a ser chamada apenas de NDC.

O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é um dos principais gases de efeito estufa na Terra. É liberado e proveniente de atividades humanas, como desmatamentos, queima de

combustíveis fósseis, além de processos naturais, como respiração e atividades vulcânicas. A série temporal da Figura 1, exibe e mapeia as mudanças globais quanto a concentração e distribuição de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a partir do ano de 2002 até 2016, a uma altitude de 3 a 12,9 Km (na metade da troposfera), medidas em partes por milhão (ppm). As regiões amarelo-vermelho indicam concentrações mais altas de  $\text{CO}_2$ , enquanto as áreas azul-verde indicam concentrações mais baixas.



**Figura 1** - Série Cronológica de Mudanças Globais na Concentração e Distribuição de  $\text{CO}_2$  – (A) Concentrações (365/375 ppm) – (B) Concentrações (375/385 ppm) – (C) Concentrações (385/405 ppm) – (D) Concentrações (405/425 ppm)

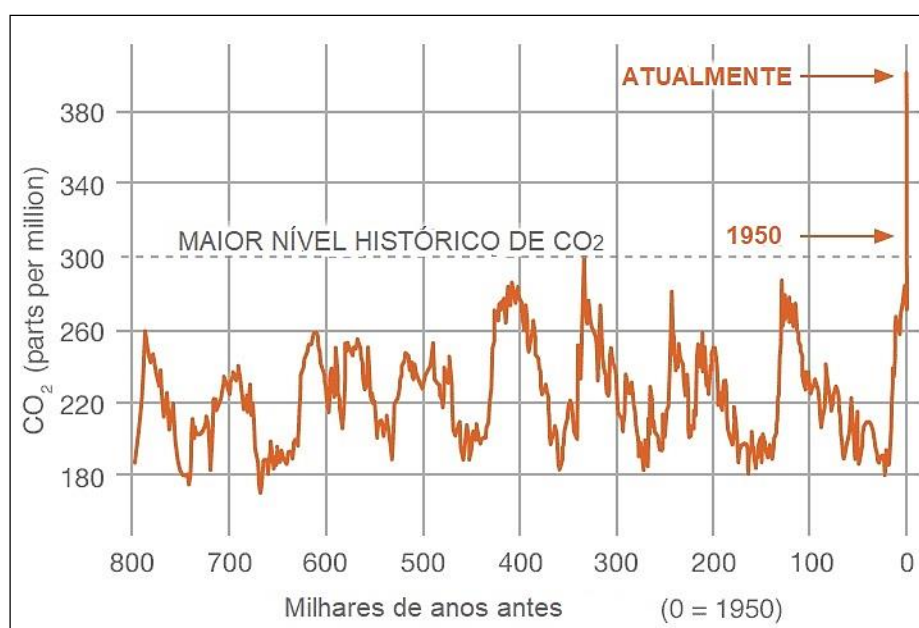
Fonte: (Adaptada) - Sonda por Infravermelho Atmosférica (AIRS<sup>2</sup>) - NASA (2020)

<<https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine>>

A cor geral do mapa muda para o vermelho com o passar do tempo devido ao aumento anual de  $\text{CO}_2$  (NASA, 2020).

<sup>2</sup> O AIRS (*Atmospheric Infrared Sounder* - em conjunto com a *Advanced Microwave Sounding Unit* (AMSU), detecta radiação infravermelha e de microondas da Terra e fornece uma visão tridimensional do tempo e do clima da Terra. Com mais de 2.000 canais detectando em diferentes regiões da atmosfera, os instrumentos criam um mapa tridimensional global de temperatura e umidade atmosférica, quantidades e alturas de nuvens, concentrações de gases de efeito estufa, dentre muitos outros fenômenos atmosféricos.

O gráfico da Figura 2, mostra os níveis de CO<sub>2</sub> durante os últimos três ciclos glaciais, reconstruídos a partir de núcleos de gelo (NOAA, 2020).



**Figura 2** - Níveis de CO<sub>2</sub> Durante os Últimos Três ciclos Glaciais

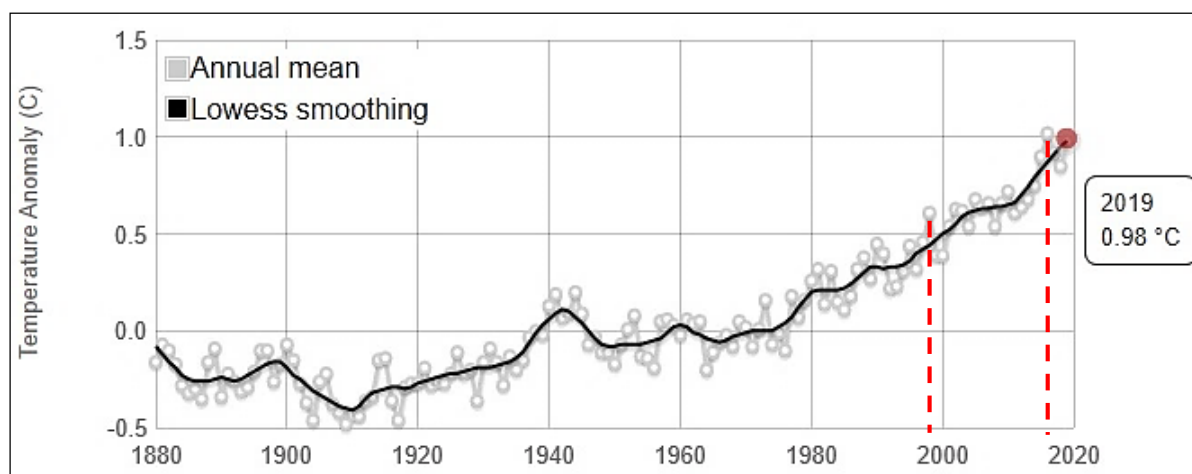
Fonte: NOAA (2020) - (National Oceanic and Atmospheric Administration U.S) Department of Commerce Studies) <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>>

Dados atuais da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration U.S. - Department of Commerce - Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos EUA*) indicam uma concentração recorde de dióxido de carbono de cerca de 416,08 ppm. A abundância atmosférica de CO<sub>2</sub> aumentou em média cerca de 1,83 ppm ao ano nos últimos 40 anos (1979-2018). Nos anos 80 foi em média cerca de 1,6 ppm e nos anos 90 de 1,5 ppm ao ano. Na última década (2009-2018) a taxa de crescimento aumentou para 2,3 ppm por ano. O aumento anual de CO<sub>2</sub> de 01 de janeiro de 2018 a 01 de janeiro de 2019 foi de  $2,5 \pm 0,1$  ppm, ou seja, um pouco acima da média da década anterior e muito superior às duas décadas anteriores.

Pesquisas no centro da Antártida produziram análises oriundas de perfurações no gelo, a mais de 3 km de profundidade, que registraram condições ambientais do passado e abrangem quatro períodos glaciais anteriores que remontam até 420 mil anos e que correlacionam um padrão entre o CO<sub>2</sub> e a temperatura por quatro ciclos glacial-interglacial (períodos com grandes camadas de gelo "períodos glaciais" (ou eras do gelo) e períodos sem grandes camadas de gelo "períodos interglaciais").

É notório que o aumento ou redução da temperatura do ar causa a redução ou o aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> nos oceanos e não o contrário, ou seja, a solubilidade do CO<sub>2</sub> nos oceanos varia de modo inversamente proporcional à temperatura. Assim, para que haja o equilíbrio químico do gás carbônico, quanto maior a temperatura terrestre, menos gás será solubilizado nos oceanos na forma de ácido carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), resultando-se numa maior concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera (OLIVEIRA et al., 2017).

O gráfico da Figura 3 ilustra, segundo o Instituto Goddard de Estudos Espaciais da NASA / GISS (*Goddard Institute for Space Studies*), as mudanças na temperatura global da superfície em relação às temperaturas médias de 1951-1980. O ano de 2016 é o mais quente já registrado (1,02°C). Dezenove dos 20 anos mais quentes ocorreram desde 2001, com exceção de 1998 (0,62°C). Desde o século XIX, considerada a temperatura de -0,18°C houve um aquecimento de cerca de 0,80°C (NASA / GISS, 2019).



**Figura 3** - Aumento da Temperatura Média do Planeta 1880-2019

Fonte: Climate.nasa.gov (2020) - Instituto Goddard de Estudos Espaciais da NASA / (*GISS - Goddard Institute for Space Studies*) - <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>>

Sem esforços adicionais para a redução das emissões de GEE, além das existentes na atualidade, espera-se que o crescimento de emissões persista impulsionado pelo crescimento da população global e das atividades econômicas. As perspectivas para cenários futuros, compreendendo aqueles sem mitigação adicional, resultam em aumentos médios globais da temperatura da superfície em 2100, de 3,7°C a 4,8°C em comparação com os níveis pré-industriais (IPCC, 2014).

#### **4.1.1 Aquecimento Global e Emissão de Gases de Efeito Estufa pela Atividade Construção Civil**

A construção civil é amplamente reconhecida por utilizar mais da metade dos recursos naturais extraídos do planeta na produção e manutenção do ambiente construído, portanto a descarbonização do setor de construção civil é fundamental para alcançar o compromisso do Acordo de Paris e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas.

O setor de edificações, incluindo-se o ambiente construído, também é o maior consumidor final de energia no mundo, e no Brasil é responsável por 48,5% do consumo de energia elétrica. Além dos aumentos mundiais no custo de energia e o eventual esgotamento dos combustíveis fósseis, a Agência Internacional de Energia (AIE), em inglês, IEA - *International Energy Agency*, constata que será necessário reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>e, provenientes do setor, em 77%, até o ano 2050, para evitar mudanças climáticas desastrosas e manter o aquecimento global abaixo de 2°C (AIE, 2014). Como a maioria das emissões antropogênicas são oriundas da geração de energia, a eficiência de edificações é de alta relevância e deve ser considerada como prioridade.

No setor do ambiente construído e da construção civil, o consumo de energia acontece em quatro principais áreas:

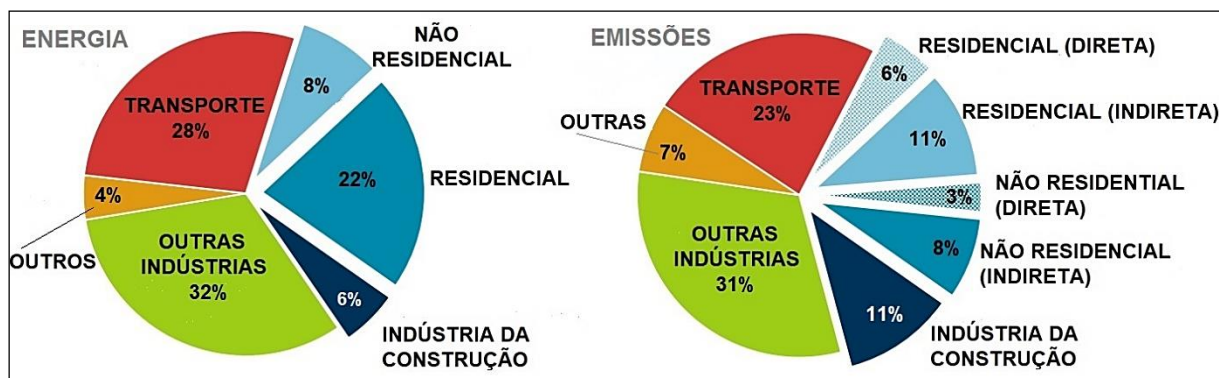
1. Extração, fabricação, produção e transporte de materiais de construção;
2. Construção, energia no canteiro de obras;
3. Operação de edificações e o ambiente urbano;
4. Demolição e fim de vida.

No Brasil, a expectativa é que o setor da construção dobre de tamanho entre 2009 e 2022. Mantidas as atuais práticas do setor, esse crescimento deverá agravar os problemas ambientais e sociais relacionados aos materiais de construção, requerendo-se assim inovações. Entretanto, o consumo de recursos naturais na extração de materiais é apenas parte do problema que se amplia por todo o longo ciclo de vida dos produtos do setor. Após a extração, as matérias-primas são processadas industrialmente, o que requer energia e implica em emissões de gases do efeito estufa, entre outros. O esperado crescimento da população mundial e a demanda social por ambiente construído de qualidade para todos implicam em um

agravamento dos problemas ambientais. Portanto, conclui-se que as áreas de energia e materiais estão interligadas, pois ambas tratam da análise de ciclo de vida e da energia embutida nos materiais utilizados na construção civil. Ressalta-se também que o consumo na construção e demolição, é relativamente pequeno quando comparado à energia para operação (CBCS, 2014).

Especificamente sobre o setor de energia, discussões conduzidas pelo governo, envolvendo o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas e entidades representativas do setor empresarial, do setor acadêmico, do setor sindical e da sociedade civil, reforçam o entendimento que o principal instrumento para projeção do cenário de mitigação de emissões antrópicas de GEE são os planos decenais de energia. Nesse sentido, o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2020) foi elaborado tendo entre seus principais objetivos atingir uma meta de emissões previamente fixada, ou seja, manter no ano de 2020 a mesma intensidade de emissões observadas em 2005, relatada pelo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa e conceituada como sendo a quantidade de emissões (kgCO<sub>2</sub>e) por unidade do PIB. Para tal, foram estabelecidas políticas e iniciativas de mitigação ou controle de emissões considerando-se: a expansão hidroelétrica; a expansão de outras fontes renováveis de energia, mantendo-se a participação das fontes renováveis na produção de energia elétrica, em particular, e na matriz energética como um todo; o estímulo à eficiência energética no consumo da energia elétrica e de combustíveis; e para a matriz de transportes, o aumento na participação dos biocombustíveis (EPE, 2020).

Na atualidade, o setor de construção civil deve ser o principal objetivo dos esforços de mitigação de emissões de GEE, uma vez que representou 36% do uso final de energia e 39% das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) relacionadas a processos e energia em 2018, como demonstra a Figura 4, dos quais 11% são resultantes da fabricação de materiais de construção e produtos como aço, cimento e vidro (AIE, 2019).



**Figura 4** - Distribuição Global de Energia e Emissões Finais de Edifícios e Construções - 2018  
Fontes: Adaptado da AIE (2019)

As emissões diretas referenciadas são originárias de fontes fisicamente situadas nas próprias edificações (em caldeiras, na cocção, de gases fluorados de refrigeradores, etc.), enquanto as emissões indiretas referem-se àquelas oriundas da produção de eletricidade e aquecimento urbano (*district heating*<sup>3</sup>) para uso nas edificações.

Globalmente, além do respectivo setor registrar um aumento nas emissões e no uso de energia, demonstra progresso limitado nas políticas novas e existentes, e uma desaceleração adicional no crescimento do investimento em eficiência energética. Portanto, são necessárias mais ações para reduzir as emissões e proporcionar um ambiente construído de baixo carbono e sustentável (AIE, 2019).

O aumento da demanda global de energia, particularmente nas economias emergentes, onde o ritmo de crescimento do setor tende a ser mais acelerado, pode ser atribuído a melhorias na saúde, mudança dos estilos de vida, acesso aos serviços modernos de energia, tais como eletricidade e gás para cocção, melhoria nas condições de moradia e urbanização, entretanto, estas condições também favorecem o chamado aprisionamento (*lock-in*) de volumes de emissão em função dos longos ciclos de vida das edificações e infraestrutura a elas associados (CBIC, 2017).

Ainda segundo a AIE, em 2018 as emissões globais provenientes do setor de construções e de materiais de construções continuam ascendentes, com aumento de 2% pelo segundo ano consecutivo e respectivamente com cerca de 9,7 (GtCO<sub>2</sub>e) e 11 (GtCO<sub>2</sub>e), indicando uma mudança na tendência de 2013 para 2016, quando as

<sup>3</sup> Sistema para distribuição de calor, que é gerado em local centralizado, através de um sistema de tubos isolados (infraestrutura subterrânea) com condições de aquecimento residencial e comercial, como aquecimento de ambientes e aquecimento de água. O calor é comumente obtido de uma usina de cogeração que queima combustíveis fósseis ou biomassa.



emissões estavam se nivelando. Esse crescimento foi impulsionado pela expansão populacional e da área útil construída, que levaram a um aumento de 1% no consumo de energia para cerca de 125 EJ (exajoules), ou 36% do uso global de energia (AIE, 2019).

O uso crescente de energia e de emissões globais para a fabricação de materiais de construção, tiveram como fonte principal a eletricidade, cuja utilização aumentou mais de 19% desde 2010, gerada principalmente a partir de carvão e gás natural, o que indica o quanto importante é tornar acessíveis fontes de energia limpas e renováveis e usar mais amplamente projetos passivos e de baixo consumo de energia na construção civil.

Visto que a demanda por energia elétrica nas edificações continuará a crescer, a eficiência energética nas edificações se tornará crucial para a redução das emissões do setor, paralelamente à descarbonização do setor elétrico. Portanto, embora o setor de construção tenha características bastante heterogêneas, uma vez que a construção de edificações atende às necessidades de segmentos muito distintos para diferentes atividades humanas, também enfrenta diversos desafios, no entanto, como desafio comum, este poderá contribuir significativamente para: a redução e otimização do consumo de materiais e energia, a redução dos resíduos gerados, preservação do ambiente natural e melhoria da qualidade do ambiente construído (com a descarbonização das cidades através do uso de fontes renováveis de energia para aquecimento e resfriamento, cocção e eletrodomésticos), além do setor de transportes, fazendo uso das aplicações mais conhecidas e difundidas de energia renovável em edifícios urbanos.

## 4.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

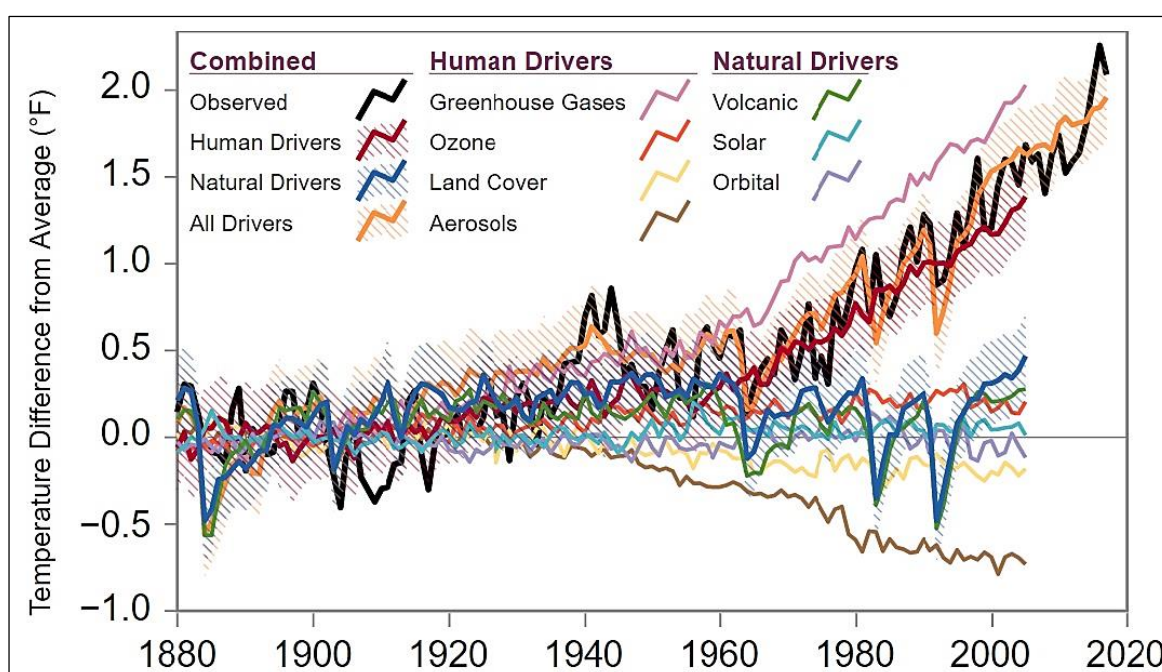
De acordo com (USGCRP<sup>4</sup>, 2018) as mudanças climáticas observadas na era industrial, sobretudo nas últimas seis décadas, se comparado com o ritmo das variações naturais do clima que ocorreram ao longo da história, evidenciam como causa dominante as atividades humanas, principalmente as emissões

---

<sup>4</sup> USGCRP - *U.S. Global Change Research Program* - Programa de Pesquisa sobre Mudanças Globais dos EUA - Coordena e integra pesquisas e investimentos federais sobre mudanças no ambiente global, humano e natural, e seus impactos na sociedade.

de gases de efeito estufa originados da combustão de combustíveis fósseis, desmatamentos e mudança no uso da terra, que afetam o clima da Terra através de fatores que controlam a quantidade de energia do sol que entra e sai da atmosfera.

Modelos sofisticados de computadores, dedicados ao sistema climático, permitem a ciência explore os efeitos de fatores naturais e humanos. Na Figura 5 a seguir, a linha preta mostra a temperatura média anual global da superfície observada para o período de 1880–2017. As demais linhas mostram as contribuições de fatores naturais e humanos individuais, dos fatores naturais, dos fatores humanos e os efeitos combinados entre fatores naturais e humanos.



**Figura 5** - Influências Humanas e Naturais na Temperatura Global

Fonte: USGCRP (2018) - <[https://nca2018.globalchange.gov/chapter/2/#box-2\\_2](https://nca2018.globalchange.gov/chapter/2/#box-2_2)>

Torna-se claramente visível o papel de domínio dos fatores humanos e como todo o sistema climático se comporta por longos períodos de tempo.

A temperatura global média anual medida em terra e oceanos aumentou cerca de 1,0°C, de acordo com uma tendência linear de 1901 a 2016, e 0,65°C para o período 1986–2015 em comparação para 1901-1960. Foram constatados nos últimos anos extremos climáticos recordes. Dezesesseis dos últimos 17 anos foram os mais quentes já registrados.

Entre as evidências mais consistentes e difundidas por pesquisadores de todo o mundo estão as observações de longo prazo da temperatura global que evidenciam um planeta em aquecimento. Efeitos generalizados se intensificam e resultam da

combinação de mudanças induzidas pelo homem a longo prazo com fatores naturais e variações de difícil previsibilidade do clima em um determinado local, em um determinado momento, como: fortes eventos de precipitação; retração de geleiras e coberturas de neve; aumento do nível do mar e da temperatura na sua superfície, cada vez mais ácidos, ventos, nutrientes e circulação do oceano, que contribuem para o declínio geral das concentrações de oxigênio em muitos locais e propicia inclusive que as espécies marinhas se desloquem para novos locais em direção a águas mais frias, dentre outras variáveis ou indicadores climáticos compatíveis com um mundo mais quente.

No âmbito da UNFCCC (em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change*), o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que reúne estudos e pesquisas em âmbito mundial, inclusive do Brasil, para anomalias nos dados de temperatura observados, também indica tendência de aquecimento global devido a razões antrópicas. Isso foi preponderante para que a Convenção estabelecesse como seu principal objetivo estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera em um nível que impeça uma interferência da ação humana perigosa no sistema climático global e em um prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança do clima, assegurando que a produção de alimentos não seja ameaçada e permitindo ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável.

No Brasil, de acordo com a região, existe a expectativa de mudanças profundas e variáveis no clima. São esperadas mudanças que afetem tanto os ecossistemas aquáticos, como os terrestres, que englobam, respectivamente, alguns dos maiores rios do mundo, como o Amazonas, Paraná e São Francisco e seis biomas terrestres (Amazônia, Mata Atlântica, Pantanal, Pampa, Cerrado e Caatinga).

Em relação ao documento final para o acordo da COP25 (25ª edição da Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas - 2019), realizada em Madri na Espanha, na qual participaram quase 200 países, foram estabelecidas bases para ampliar a atuação contra a mudança climática, reconhecendo-se que as políticas climáticas devem ser permanentemente atualizadas com base nos avanços da ciência, "eixo principal" para orientar as decisões climáticas nacionais. A conferência, de forma objetiva, foi projetada para alavancar os próximos passos decisivos no processo de mudança climática da ONU e visava finalizar um conjunto de medidas para a implementação do Acordo de Paris, cuja meta é limitar o aumento da

temperatura global a 2°C em relação aos níveis da era pré-industrial, esforçando-se, porém, para não passar de 1,5°C até o fim do século, ou seja, limitar o aquecimento global a 1,5°C exigiria uma queda nas emissões globais de carbono de mais de 7% ao ano até 2030. Entretanto, cientistas alertam que a janela para impedir que o clima da Terra atinja pontos irreversíveis está se fechando rapidamente. Portanto, um dos temas principais da COP25 foi à necessidade de os países serem mais ambiciosos nas ações de combate à mudança climática em 2020. Os compromissos assumidos até então foram considerados insuficientes e o texto final contém apelo para que esta condição se modifique. O documento estabelece as bases para que na COP26, em 2020, os governos apresentem novos compromissos de redução de emissões e termina com o consenso de que a luta contra a mudança climática é uma questão que inter-relaciona e afeta setores como: mercado financeiro, ciência, indústria, energia, transporte e agricultura, entre outros.

As decisões tomadas hoje determinam a exposição ao risco para as gerações atuais e futuras e ampliarão ou limitarão as opções para reduzir as consequências negativas das mudanças climáticas.

#### **4.2.1 Confiança e Incertezas na Ciência Climática**

Previsões futuras para o clima são cercadas de considerável incerteza oriundas do conhecimento imperfeito, tanto no aspecto científico, referente as mudanças climáticas, como no aspecto das futuras atividades e emissões antropogênicas. Percebe-se com isso, que cada vez mais problemas do meio ambiente estão interligados a outros problemas globais, como o crescimento populacional, a pobreza, o uso excessivo de recursos e segurança global, os quais também requerem ações e soluções globais (HOUGHTON, 2004).

Conforme o primeiro relatório de avaliação nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC<sup>5</sup> (2014), apesar dos avanços teóricos e computacionais dos últimos anos estarem em processo acelerado, a própria dinâmica do sistema climático favorece projeções climáticas cercadas de imperfeições e incertezas, tendo como as duas principais fontes, as relacionadas aos cenários de emissões globais de

---

<sup>5</sup> O PBMC é um organismo científico nacional criado pelos Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e do Meio Ambiente (MMA).

gases do efeito estufa e à modelagem do clima e suas parametrizações. De acordo com a USGCRP (2017), atualmente, a maior incerteza na projeção de condições climáticas futuras é o nível de emissões globais de GEE, uma vez que os impactos resultantes dos mesmos dependem de fatores físicos, socioeconômicos, políticos e demográficos, que também podem ser difíceis de prever com confiança no futuro, já as projeções climáticas são normalmente apresentadas para uma série de caminhos, cenários ou metas que associam as relações entre escolhas humanas, emissões, concentrações e mudanças de temperatura. Alguns cenários são consistentes com a dependência contínua de combustíveis fósseis, enquanto outros só podem ser alcançados por ações deliberadas para reduzir as emissões. A faixa resultante reflete a incerteza inerente à quantificação das atividades humanas (incluindo mudanças tecnológicas) e sua influência no clima.

O fato de os seres humanos fazerem parte do sistema que está sendo pesquisado, como no caso de emissões de GEE e do problema das mudanças climáticas, torna a incerteza irreduzível no contexto da previsão e torna todas as probabilidades "provisórias", uma vez que o resultado da avaliação influenciará a escolha humana (DESSAI; van der SLUIJS, 2007).

Pelo lado econômico, inúmeros estudos mostram que as mudanças climáticas, além dos impactos sociais e ambientais, terão consequências financeiras na forma de perdas e danos e estes custos também dependem de projeções em cenários futuros, de difícil determinação devido à incertezas sobre políticas futuras de mitigação e adaptação ao clima, bem como à dificuldade metodológica de atribuir valor monetário à perda de vidas relacionadas à mudança climática, patrimônio cultural e serviços ecossistêmicos, entre outros. Além disso, os impactos e os respectivos custos não serão distribuídos igualmente entre regiões, países, populações e setores. Geralmente os que menos contribuiram para o aquecimento global, como os países em desenvolvimento e as populações de baixa renda, em todo o mundo, mostram maior vulnerabilidade e capacidade limitada para arcar com os custos e conseqüentemente sofrerão um impacto maior e desproporcional (FREY B., 2015).

### 4.3 GASES EFEITO ESTUFA

Os GEE são constituintes gasosos da atmosfera, naturais e antrópicos, que absorvem e reemitem radiação infravermelha. Atualmente e em conformidade com o Anexo A do Protocolo de Quioto os GEE a terem suas emissões reduzidas são: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e os gases fluorados, hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ), hidrofluorcarbonos (HFC), perfluorcarbonos (PFC) e trifluoreto de nitrogênio ( $\text{NF}_3$ ). Este último, incluído após a divulgação do quinto relatório de avaliação sobre as mudanças climáticas globais do IPCC de 2013, devendo ser contabilizado para o Segundo período que vai de 2013 a 2020, entretanto, contribui com menos de 0,1% em relação aos outros gases.

O dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é o principal contribuinte para o aquecimento global e o mais abundante dos GEE, sendo emitido como resultado de inúmeras atividades humanas, onde destaca-se o uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) e a mudança no uso da terra (remoção de florestas), bem como por processos naturais, como respiração e erupções vulcânicas. De acordo com o Quinto Relatório de Mudanças Climáticas (IPCC, 2013), suas concentrações atmosféricas atingiram 391 ppm e excederam os níveis pré-industriais<sup>6</sup> em cerca de 40%, sendo observado um aumento constante nas últimas décadas e a expectativa é que continue a subir devido ainda a dependência mundial dos combustíveis fósseis para a obtenção de energia. O  $\text{CO}_2$  é o gás de referência contra o qual os outros gases de efeito de estufa são medidos e, por isso, tem um Potencial de Aquecimento Global de 1.

O metano ( $\text{CH}_4$ ) nas últimas décadas teve um crescimento variável na atmosfera e suas emissões antropogênicas contabilizam 50 a 65% das emissões totais. Tem poder de aquecimento global 25 vezes maior que o dióxido de carbono, ou seja, é muito mais ativo que o dióxido de carbono. As principais fontes antropogênicas são associadas ao aumento massivo no número de ruminantes, as emissões pela extração e utilização de combustível fóssil (gás, petróleo e carvão), a expansão da agricultura de arrozais, as emissões sanitárias e de resíduos (aterros sanitários e lixões) (IPCC, 2013). O óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) é emitido a partir do tratamento de dejetos animais, do uso de fertilizantes, da queima de combustíveis fósseis e de

---

<sup>6</sup> Os termos pré-industrial e industrial referem-se, de forma algo arbitrária, aos períodos antes e depois de 1750, respectivamente (IPCC, 2013).

alguns processos industriais (produção de ácido nítrico e queima de biomassa) entre outros. Segundo o (IPCC, 2013) as práticas agrícolas também influenciam de maneira diferenciada a redistribuição de nitrogênio na atmosfera e desde a época pré-industrial, a concentração de N<sub>2</sub>O na atmosfera aumentou por um fator de (1,2), o que equivalente a um aumento de cerca de 20% de suas emissões. Também é produzido naturalmente a partir de uma grande variedade de fontes biológicas no solo e na água, principalmente ação microbiana nas florestas tropicais úmidas. Possui um poder de aquecimento global 298 vezes maior que o CO<sub>2</sub>.

Ainda de acordo com o Quinto Relatório de Mudanças Climáticas (IPCC, 2013), o hexafluoreto de Enxofre (SF<sub>6</sub>) é utilizado principalmente como isolante térmico e condutor de calor; os HFC são utilizados como substitutos dos CFC em aerossóis e refrigeradores por não agredirem a camada de ozônio; já os PFC são utilizados como gases refrigerantes, solventes, propulsores, espuma e aerossóis. Vale ressaltar que estes gases, produzidos pela indústria química, são emitidos em menor escala e contribuem com cerca de 14% do efeito estufa, entretanto, têm alto potencial de aquecimento global, contribuindo assim para seu desequilíbrio.

#### **4.3.1 Emissões de Gases de Efeito Estufa**

É estimado que 60-65% das emissões de gases de efeito estufa – GEE estejam associadas à produção, conversão e consumo de energia e que a curto e médio prazo tal parcela deve continuar significativa, uma vez que parcela importante da população mundial ainda não tem acesso aos chamados serviços energéticos ou tem acesso a serviços de baixa qualidade. Portanto, este aumento está também associado ao crescimento da população mundial, do aumento das atividades econômicas e da correspondente distribuição de renda. Diante desta perspectiva, as emissões de GEE associadas ao consumo de energia podem aumentar, em 2050, (2,5) vezes em relação ao verificado em 2003, e segundo a Agência Internacional de Energia – AIE ou IEA, foram estimadas em 49 GtCO<sub>2</sub>e (bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente). Portanto, para a redução das emissões de GEE e a suas concentrações sejam estabilizadas em patamares razoáveis, é necessário que em 40-50 anos o sistema energético mundial diversifique sua matriz energética, passe por um profundo processo de transformação, inclusive com mudança de hábitos de consumo (WALTER, 2007).

Relatórios da AIE registram que a energia é responsável por dois terços do total de gases de efeito estufa, portanto, os esforços para reduzir as emissões e mitigar as mudanças climáticas devem incluir o setor de energia. Brasil, China, Índia, Indonésia, México e África do Sul juntos consomem um terço da energia do mundo, que deverá subir para 40%, considerando-se as diretrizes políticas praticadas até então. Em 2018, o consumo global de energia aumentou quase o dobro da taxa média de crescimento desde 2010, impulsionado por uma economia global vigorosa e maiores necessidades de aquecimento e refrigeração em algumas partes do mundo. A demanda por todos os combustíveis aumentou, liderada pelo gás natural, mesmo registrando-se um crescimento considerável da energia solar e eólica. A maior demanda de eletricidade foi responsável por mais da metade do crescimento das necessidades de energia. A eficiência energética teve uma melhoria, mas sem gerar muito entusiasmo. Como resultado do maior consumo de energia, as emissões de CO<sub>2</sub>e aumentaram 1,7% no ano de 2018 e atingiram um novo recorde com cerca de 33,1 GtCO<sub>2</sub>e. A geração de energia a carvão continua a ser o maior emissor, respondendo por 30% destas emissões (AIE, 2019).

Conforme relatório do Banco Mundial de dezembro de 2019, na última década, o número de pessoas que vivem sem eletricidade diminuiu de 1,2 bilhão em 2010 para 840 milhões em 2017. Atualmente 89% da população mundial tem acesso à eletricidade. Entretanto, considerando-se os dados atuais e de acordo com previsões e tendências globais, relativas a crise instalada com o evento da pandemia de Covid-19, há indicação de queda das emissões globais de carbono para o ano de 2020, como resultado das principais interrupções nas viagens, no comércio e na atividade econômica. A pandemia global impôs restrições sem precedentes à atividade social e econômica, particularmente à mobilidade. Da mesma forma, também são previstos impactos nos sistemas de energia em todo o mundo, restringindo os investimentos e ameaçando retardar a expansão das principais tecnologias de energia limpa. Prevê-se que as emissões globais de CO<sub>2</sub> diminuam ainda mais rapidamente nos meses restantes do ano, atingindo 30,6 Gt para 2020, quase 8% menor que em 2019. Esse seria o nível mais baixo desde 2010. As emissões globais de CO<sub>2</sub> tiveram redução de mais de 5% no primeiro trimestre de 2020 do que no primeiro trimestre de 2019, devido principalmente a um declínio de 8% nas emissões de carvão, 4,5% de petróleo e 2,3% de gás natural, uma vez que os combustíveis com maior consumo de carbono sofreram as maiores quedas em relação a demanda de energia. As maiores quedas



nas emissões de CO<sub>2</sub> foram verificadas nas regiões que sofreram os primeiros e maiores impactos do COVID-19; China (-8%), União Europeia (-8%) e Estados Unidos (-9%) (AIE, 2020).

#### **4.3.2 Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**

Por meio do Decreto no 9.172/2017, foi oficializado e instituído no país o Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) como instrumento oficial para disponibilização dos resultados de emissões de GEE, no qual incluem as estimativas anuais. Este decreto vem complementar a Política Nacional sobre a Mudança do Clima – PNMC (Lei no 12.187/2009) e o estabelecido pelo art. 11 do Decreto no 7.390/2010, os quais compete, respectivamente, a obrigação de acompanhar o cumprimento do compromisso nacional voluntário para a redução das emissões até o ano de 2020 e publicar estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil em formato apropriado para facilitar o entendimento por parte dos segmentos da sociedade interessados.

O SIRENE, reconhecido pelo país como um sistema de MRV (mensuração, relato e verificação) para as emissões, foi desenvolvido e está sob responsabilidade do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC). Foi lançado em abril de 2016 com o objetivo de conferir a perenidade e acessibilidade aos resultados do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa. Além de disponibilizar os resultados das emissões nacionais de GEE, representa um relevante instrumento que confere segurança e transparência ao processo de elaboração das estimativas, além de subsidiar tomadores de decisão no contexto das políticas, planos, programas e projetos que visam alcançar os compromissos nacionais e internacionais assumidos pelo governo brasileiro, como o Acordo de Paris e a Agenda 2030, com os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS<sup>7</sup>). Segundo o MCTIC, o projeto visa

---

<sup>7</sup> Estes objetivos foram adotados em 2015, a nível mundial, pelos países-membros da ONU, em prol de uma Agenda Mundial de Desenvolvimento Sustentável, a ser cumprida até o ano de 2030. São eles: Erradicação da pobreza; Fome zero, Segurança alimentar e agricultura sustentável; Saúde e bem-estar; Educação de qualidade; Igualdade de gênero; Água potável e saneamento; Energia acessível e limpa; Crescimento econômico e trabalho decente; Indústria, inovação e infraestrutura; Redução das desigualdades; Cidades e comunidades sustentáveis; Produção e consumo responsáveis; Ação contra a mudança global do clima; Vida na água; Vida terrestre; Paz, justiça e instituições eficazes e Parcerias e meios de implementação.

estimar os potenciais e os custos para o abatimento de emissões de GEE, mediante uma análise integrada econômico-energética das diferentes alternativas de mitigação e tem como objetivo principal, fornecer subsídios técnicos para o país enfrentar os desafios da mitigação de emissões desses gases. Esta iniciativa é desenvolvida com base em três grandes componentes:

1. No estudo de oportunidades de mitigação em setores específicos da economia, como: Energia; Transportes; Indústria, Residencial e serviços (Edificações); Gestão de Resíduos e Uso da Terra; Mudança do Uso da terra e Florestas, incluindo agricultura e considerando também as opções de mitigação intersetoriais.
2. Na análise integrada das oportunidades em todos os setores e segmentos abrangidos no primeiro.
3. Na capacitação de instituições estaduais e federais e da sociedade civil para enfrentar os desafios da mitigação de emissões em dois diferentes intervalos: de 2012 a 2035 e de 2035 a 2050.

A seguir são apresentados através da Tabela 1, os resultados para as emissões líquidas para os setores supracitados. Foram considerados os dados públicos disponíveis para o período de 2011 a 2015, em conformidade com as estimativas nacionais reportadas no último relatório (2017), mantidos os mesmos parâmetros e fatores de emissão dos relatórios referência anteriores.

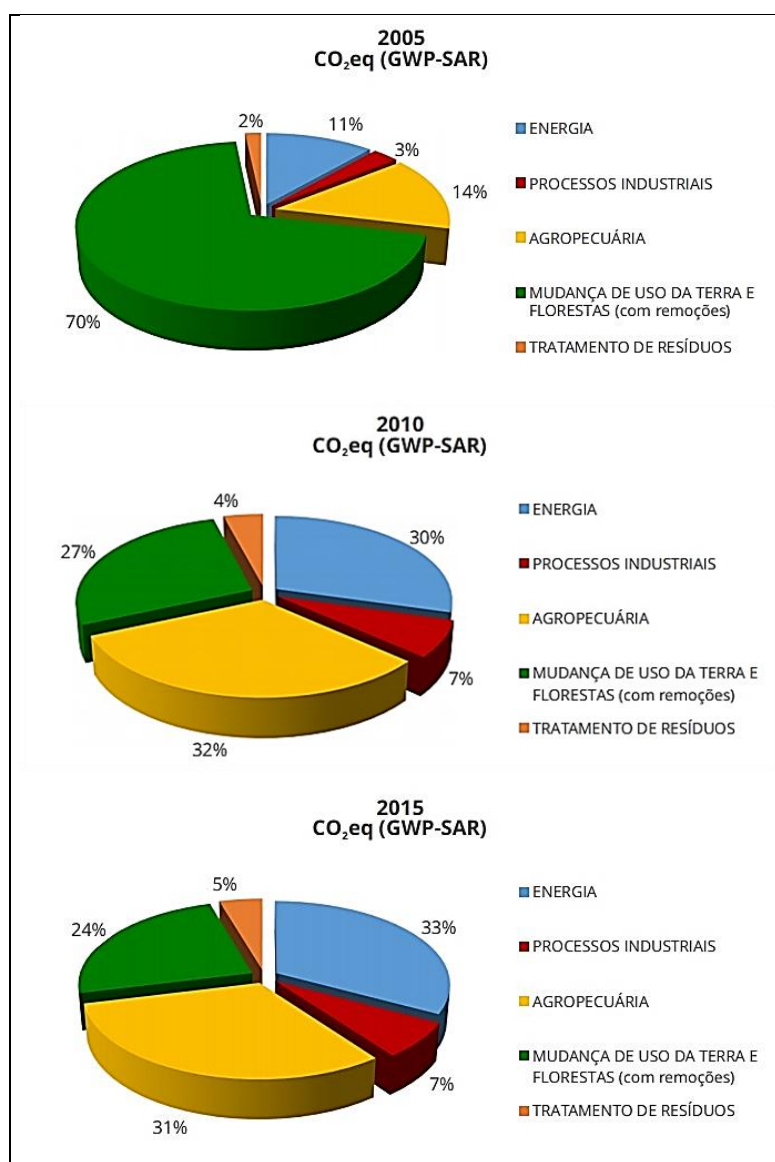
**Tabela 1** - Emissões em CO<sub>2</sub>e por setor, para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2015

SETOR	1990	1995	2000	2005	2010	2015	Variação	
							2005-2015	2010-2015
	<b>Tg CO<sub>2</sub>e</b>							
ENERGIA	187	225	286	316	375	449	42,14%	19,93%
PROCESSOS INDUSTRIAIS	52	65	74	78	90	95	21,86%	6,02%
AGROPECUÁRIA	287	317	328	392	407	429	9,28%	5,36%
MUDANÇA DE USO DA TERRA E FLORESTAS (com remoções)	792	1.931	1.266	1.905	349	332	-82,58%	-4,97%
TRATAMENTO DE RESÍDUOS	28	33	40	47	53	63	34,01%	18,60%
<b>TOTAL (emissões líquidas)</b>	<b>1.345</b>	<b>2.572</b>	<b>1.994</b>	<b>2.738</b>	<b>1.274</b>	<b>1.368</b>	<b>-50,04%</b>	<b>7,41%</b>

Tg = milhões de toneladas

Fonte: MCTIC (2017)

O perfil de emissões no Brasil se alterou ao longo dos anos (Figura 6). No passado, as principais fontes de emissão eram devido às queimadas para uso da terra e incêndios florestais. Atualmente, as atividades que mais contribuem para as emissões são a agropecuária e o setor de energia. Em 2015 foi observado para o setor de energia uma redução de emissão em relação à década anterior, reflexo da recessão econômica e menor demanda de energia das usinas térmicas. Para o setor de mudança de uso da terra e florestas, que é associado ao desmatamento, principalmente à conversão de florestas para cultivos agrícolas e pecuária, apesar de apresentar um pico de emissões significativo entre 1995 e 2005, que levou à aplicação de um Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal, teve como resultando uma considerável redução.



**Figura 6** - Participação nas Emissões Líquidas por Setor para os Anos de 2005, 2010 e 2015.  
Fonte: MCTIC (2017)

Dos resultados demonstrados pode-se concluir que o Brasil conseguiu reduzir o volume de emissões de gases de efeito estufa (GEE) em cerca de 50% em 2015, na comparação com o total apurado em 2005. Os valores de 2015 ficam próximos ao total apurado em 1990, ano-base para o cálculo do volume de emissões que os países signatários do Acordo de Paris devem atingir nos próximos anos. Dessa maneira, o país se coloca na vanguarda das nações signatárias do compromisso internacional no qual o Brasil se dispôs a reduzir suas emissões em 37% até 2020, em relação às de 2005, e sinalizou a possibilidade de reduzir até 43% das emissões (também, com relação aos números de 2005) até 2030.

#### **4.3.3 Emissões de Gases Efeito Estufa na Indústria da Construção Civil**

Segundo Neuding (2009), apesar do setor de construção civil ser um grande emissor de gases de efeito estufa, o grande problema não reside especificamente nos canteiros de obra, mas sim na produção e no transporte dos materiais utilizados. A produção de cimento e aço são considerados os maiores emissores industriais, através da queima de combustíveis fósseis, seguidos pelos transportes que também figura em posição de destaque no ranking das emissões, ou seja, a maior parte das emissões de carbono estão nestes elos da cadeia da construção: cimento, aço e transporte.

Estimativa realizada a partir dos dados disponíveis no segundo Inventário Brasileiro das Emissões de Gases do Efeito Estufa, revela que no Brasil as emissões de CO<sub>2</sub>, na produção de materiais, são mais importantes do que as emissões associadas à fase de uso dos edifícios. Respectivamente, isso se deve aos altos níveis de emissões de alguns materiais, à matriz energética limpa e ao baixo consumo de energia, particularmente térmica, na fase de uso dos edifícios. No Brasil, portanto, mitigação de gases do efeito estufa na construção passa mais pela cadeia de materiais e menos pelo consumo energético ao longo do ciclo de vida, embora esse último venha se agravando nos anos recentes (CBCS, 2014).

Ainda de acordo com a CBCS (2014), também tem impactos ambientais, que não podem ser desprezados, as etapas de transporte da grande massa de materiais e dos resíduos de construção e demolições, assim como as respectivas perdas de materiais nas fases de transporte, na comercialização e na construção, o que resulta em custos e em volume de resíduos. Essas perdas são intensificadas pela falta de

coordenação modular dos projetos e dos componentes, pelo baixo grau de industrialização e pelas deficiências de gestão em todo o processo. Uma parcela significativa dos resíduos de construção, manutenção e demolição são destinados na malha urbana ou em aterros ilegais, gerando custos à sociedade e agravam os problemas ambientais. A reciclagem desses resíduos é ainda uma exceção.

O setor de materiais e componentes de construção ainda envolve desde atividades extrativas (areia, brita, madeira nativa) até parcelas da indústria química. Entretanto, madeira, materiais cimentícios (que incluem parcela da areia e brita), cerâmica vermelha e aço, são responsáveis pela maior parte da massa dos produtos da construção. Alguns setores, como os de cimento e de cerâmica, se dedicam exclusivamente à construção civil, já outros, como os setores de aço, plástico e madeira, alocam uma parcela variável dos seus produtos na construção.

Assim, o setor de construção civil pode ser dividido em quatro grandes fases ou estágios:

1. Pré-construção: envolve toda a cadeia extrativista e produtiva de materiais usados nas edificações, como cimento, madeira, pisos e azulejos, louças e metais, tintas e outras substâncias químicas e petroquímicas e equipamento de refrigeração. É nessa fase também que ocorre o desenvolvimento do projeto técnico da edificação, que especifica os materiais a serem utilizados e suas características arquitetônicas;
2. Construção: envolve as empresas construtoras, incorporadoras e imobiliárias;
3. Operação: envolve os ocupantes e a administração do imóvel e ocorre durante a vida útil da edificação. A vida útil, por sua vez, dependerá da manutenção recebida pelo imóvel na fase de operação e de sua operação adequada;
4. Pós-uso: envolve a demolição da edificação e o descarte dos resíduos sólidos gerados. Como alternativa ao descarte, vem crescendo o reuso (ou “desconstrução”), com a seleção e o reaproveitamento de materiais inertes para novas construções.

Decorrentes do uso de combustíveis, em geral, as emissões de gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, são tipicamente algumas das maiores fontes presentes nos inventários da Indústria da Construção e de Engenharia. Também ocorrem em reações químicas, que fazem parte de determinados processos industriais, de forma mais relevante, como na produção de cimento, cal, vidro e aço.

O uso de SF<sub>6</sub>, dá-se basicamente no setor elétrico, como isolante em equipamentos elétricos de grande capacidade, como chaves, disjuntores e transformadores, suas emissões podem estar presentes em inventários referentes a montagens de subestações e instalações industriais. Os gases HFC são tipicamente emitidos e devido a fugas existentes durante a produção de equipamentos de refrigeração e ar condicionado, também presentes nos inventários do setor.

As emissões de PFC ocorrem como subprodutos da produção do alumínio primário, enquanto o NF<sub>3</sub> é utilizado na microeletrônica para a fabricação de equipamentos e aparelhos eletrônicos. Portanto, suas emissões não entram no escopo da atividade da construção civil.

Para efeito de inventários, é recomendado a contabilização de todas as emissões relativas aos gases de efeito estufa, citados anteriormente, expressos em toneladas emitidas de cada gás. As quantidades de cada gás devem ser convertidas em toneladas equivalentes de Gás Carbônico (tCO<sub>2</sub>e), através da aplicação do respectivo fator GWP. O total das emissões é obtido pela soma das toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> dos gases contabilizados. Com base no Potencial de Aquecimento Global dos gases de efeito estufa é possível comparar as emissões dos diferentes gases, uma vez que todos passam a ser equivalentes a uma determinada massa de dióxido de carbono. Assim, na metodologia recomendada pelo IPCC, as emissões são registradas na unidade de tonelada de dióxido de carbono equivalente, ou tCO<sub>2</sub>e.

#### **4.3.4 Potencial de Aquecimento Global (PAG / GWP))**

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), o potencial de aquecimento global (GWP) foi desenvolvido para permitir comparações dos impactos do aquecimento global de diferentes gases. Especificamente, é uma medida de quanta energia as emissões de 1 tonelada de gás absorverão durante um determinado período de tempo, em relação às emissões de 1 tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Quanto maior o GWP, mais um determinado gás aquece a Terra, em comparação com o CO<sub>2</sub>, ou seja, é o fator que descreve o impacto do forçamento radiativo (grau de dano à atmosfera) de uma unidade de determinado GEE relativamente a uma unidade de CO<sub>2</sub>.

A comunidade científica desenvolve uma série de outras métricas que podem ser usadas para comparar um GEE com outro, e podem diferir com base no período de tempo, no estágio final do clima medido ou no método de cálculo. O período geralmente utilizado para GWP é de 100 anos. Os GWP fornecem uma unidade de medida comum, que permite aos analistas adicionar estimativas de emissões de diferentes gases (por exemplo, compilar um inventário nacional de GEE) e permite que os formuladores de políticas comparem oportunidades de redução de emissões entre setores e gases. Por vezes o GWP de 20 anos é utilizado como uma alternativa ao GWP de 100 anos, os quais se baseiam na energia absorvida por um gás, respectivamente, ao longo de 20 anos e 100 anos. O GWP de 20 anos prioriza gases com vida útil mais curta, porque não considera impactos que ocorrem mais de 20 anos após a ocorrência das emissões. Portanto, como todos os GWP são calculados em relação ao CO<sub>2</sub>, os GWP com base em um período de tempo mais curto serão maiores para gases com vida útil menor que a do CO<sub>2</sub> e menores para gases com vida útil maior que o CO<sub>2</sub>.

Outra métrica alternativa, é o Potencial de Temperatura Global, (GTP, na sigla em inglês - *Global Temperature Potential*). Enquanto o GWP é uma medida do calor absorvido durante um determinado período, devido a emissões de um gás, o GTP é uma medida da mudança de temperatura no final desse período (novamente, em relação ao CO<sub>2</sub>). O GTP é mais complexo do que o do GWP, pois exige modelar o quanto o sistema climático responde ao aumento das concentrações de GEE (a sensibilidade climática) e a rapidez com que o sistema responde (baseado em parte, de como o oceano absorve o calor).

As diretrizes atuais da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC em inglês) definiu adotar os valores de GWP contidos no Quarto Relatório de Avaliação do IPCC (AR4), publicado em 2007.

A Tabela 2 a seguir apresenta os principais gases e os de maior representatividade em termos de potencial de aquecimento global (GWP/ PAG):

**Tabela 2** - Valores do GWP dos principais gases de efeito estufa, segundo SAR - AR4 - AR5 (IPCC)

GÁS	FAMÍLIA/ TIPO	*GWP/PAG (SAR)	*GWP/PAG (AR4)	*GWP/PAG (AR5)	REFERÊNCIA
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	-	1	1	1	IPCC
Metano (CH <sub>4</sub> )	-	21	25	28	
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	-	310	298	265	
<b>HIDROFLUOROCARBONOS</b>		<b>12 / 14.800</b>			
HFC-161 (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F)	HFC	-	12	4	
HFC-152a (CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> )		140	124	138	
HFC-134a (CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub> )		1.300	1.430	1.300	
HFC-125 (CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub> )		2.800	3.500	3.170	
HFC-143a (CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub> )		3.800	4.470	4.800	
HFC-236fa (CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub> )		6.300	9.810	8.060	
HFC-23 (CHF <sub>3</sub> )		11.700	14.800	12.400	
Hexafluoreto de Enxofre (SF <sub>6</sub> )	-	23.900	22.800	23.500	
Trifluoreto de Nitrogênio (NF <sub>3</sub> )	-	-	17.200	16.100	
<b>PERFLUOROCARBONOS</b>		<b>7.390 / 17.700</b>			
PFC-14 (CF <sub>4</sub> )	PFC	6.500	7.390	6.630	
PFC-116 (C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> )		9.200	12.200	11.100	
Trifluorometil Pentafluoreto de Enxofre (SF <sub>5</sub> CF <sub>3</sub> )		-	17.700	17.400	
PFC-c216 - Perfluorociclopropano (c-C <sub>3</sub> F <sub>6</sub> )		-	-	9.200	

Fonte: (Adaptada) - IPCC (SAR - AR4 - AR5) - Ferramenta PBGHG Protocol

\* Valores de GWP para um horizonte de 100 anos.

Da mesma forma, o Programa Brasileiro GHG Protocol, por se colocar alinhado às definições e decisões internacionais, citado anteriormente, também adota para os inventários corporativos, referentes ao período entre o ano de 2013 (Ciclo 2014) e o ano de 2020 (Ciclo 2021), os valores referentes ao GWP dos gases disponíveis no (AR4).

A tabela anterior inclui os potenciais de aquecimento global (GWP) para o horizonte temporal de 100 anos em relação ao CO<sub>2</sub>. Esta tabela é adaptada do (AR4), 2007 e do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC, 2014 (AR5). Os valores de AR5 são os mais recentes, mas os valores do segundo relatório de avaliação (1995) e quarto relatório de avaliação (2007) também são listados por serem utilizados algumas vezes para fins de inventários e relatórios.

#### 4.4 INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES EFEITO ESTUFA

Além de ser um instrumento gerencial que possibilita avaliar o impacto de uma organização ou país sobre o sistema climático global, também reforça às medidas de mitigação como meio de compensação que não compromete a integridade ambiental. Sua realização pode ser uma ação voluntária ou em atendimento a um requisito legal.

Segundo o Guia da ABNT (2016), o inventário de emissões de GEE é um relatório que integra todas as fontes e sumidouros de uma determinada organização,



influenciadas por sua atividade e quantificadas empregando-se metodologias normalizadas. A realização do inventário de GEE possibilita um melhor entendimento organizacional, gerando um novo conhecimento ao se analisar os processos envolvidos em outras circunstâncias ou ótica diferente. A partir desse conhecimento, pode-se enfatizar os processos com mais emissões de GEE e começar a analisar possíveis mudanças. Este entendimento permite à empresa ou organização, através do monitoramento da produção, identificar oportunidades de redução de emissões e, conseqüentemente, desperdícios de insumos, bem como implementar novas tecnologias e proporcionar mudanças no processo produtivo, ou seja, tudo que é medido é passível de ser administrado e assim, poder auxiliar na identificação de oportunidades de redução mais efetivas.

O inventário de emissões e, por conseguinte, a gestão das emissões de GEE interagem com os Sistemas de Gestão de Qualidade, Gestão Ambiental e Sistema de Informação da organização e os benefícios são, além dos ambientais, também econômicos, através da:

- Minimização do uso de matérias-primas impactantes ao meio ambiente;
- Redução dos resíduos e emissões gerados no processo;
- Conscientização dos funcionários;
- Produtos mais adequados ambientalmente;
- Maior eficiência no transporte;
- Antecipação aos requisitos legais e às exigências do mercado;
- A estratégia ambiental gera novas oportunidades de negócios;
- Possibilidade de participação no mercado de carbono;
- Fidelização de grandes clientes.

O *GHG Protocol* é na atualidade, segundo a FGVces (2017), dentre as diferentes metodologias existentes para a realização de inventários de GEE corporativo, a ferramenta mais utilizada a nível mundial pelas empresas e governos para entender, quantificar e gerenciar suas emissões, para efeito de metas de redução. A elaboração de inventários deve ser entendido como um processo contínuo, que permita instituições e regiões aprimorarem progressivamente seus esforços de identificação e mitigação de suas emissões. Dentre as suas características se destacam o caráter modular e flexível, a neutralidade no âmbito de políticas ou

programas e ser de fato baseada em processo amplo de consulta pública (RUSILO; MAÑAS, 2010).

#### 4.4.1 Monitoramento de Metas e Mecanismos de Flexibilização

De acordo com o UNFCCC, o Protocolo de Quioto que é baseado nos princípios e disposições da Convenção e segue sua estrutura baseada em anexos, através de seu Anexo B, estabelece metas obrigatórias de redução de emissões para 37 países industrializados, além da Comunidade Europeia e os Estados Unidos. Entretanto, dos principais emissores de gases de efeito estufa, somente os Estados Unidos não ratificaram o Protocolo, porém continuaram com responsabilidades e obrigações definidas pela Convenção.

O Protocolo de Quioto também estabeleceu não só um rigoroso sistema de monitoramento, revisão e verificação, mas também um sistema de conformidade para garantir a transparência e responsabilizar as Partes. De acordo com o Protocolo, as emissões reais dos países devem ser monitoradas e registros precisos devem ser mantidos. Para tal, devem apresentar um inventário anual de suas emissões de gases de efeito estufa, incluindo dados para o ano-base (1990) e todos os anos posteriores.

Em auxílio aos países desenvolvidos e aos em transição para economia de mercado, conhecidos tecnicamente como Países Anexo I, a cumprirem suas metas de redução ou limitação de emissões, o Protocolo de Quioto contemplou, através dos respectivos artigos, três mecanismos de flexibilização:

- Comércio Internacional de Emissões (*Emission Trading*, em inglês) – Conforme Artigo 17, é permitido a países que têm unidades de emissão de sobra (emissões permitidas, mas não usadas), vendam essa capacidade excedente a países que estão acima de suas metas, criando-se assim um novo commodity.
- Implementação Conjunta (*Joint Implementation*, em inglês) – Definido no Artigo 6, permite, sob determinadas condições, que qualquer Parte incluída no Anexo I, com compromisso de redução ou limitação de emissões, possa adquirir ou transferir de qualquer outra dessas Partes unidades de redução de emissões (URE), resultantes de projetos visando a redução das emissões antrópicas por fontes ou o aumento das remoções antrópicas por sumidouros de gases de efeito estufa em qualquer setor da economia.

- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) – Este mecanismo é definido no Artigo 12, e o único a permitir a participação dos países em desenvolvimento, chamados tecnicamente de Partes não-Anexo I. O objetivo deste mecanismo é assistir e proporcionar condições às Partes não incluídas no Anexo I para que atinjam o desenvolvimento sustentável e contribuam para o objetivo final da Convenção, de forma que às Partes incluídas no Anexo I cumpram seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, ou seja, na prática permite que um país com um compromisso de redução ou limitação de emissões implementem projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento. Esses projetos podem ganhar créditos vendáveis de reduções certificadas de emissões RCE (*CER - Certified Emission Reduction*, em inglês), cada um equivalente a uma tonelada de CO<sub>2</sub> e que podem ser contados para cumprir metas.

Este último mecanismo e os respectivos projetos, devem ser qualificados por meio de rigoroso processo público de registro e emissão, sendo supervisionado pelo Conselho Executivo do MDL, que respondem em última instância aos países que ratificaram o Protocolo de Quioto. É a principal fonte de receita do Fundo de Adaptação da UNFCCC, que financia projetos e programas em países em desenvolvimento e particularmente vulneráveis aos efeitos adversos das mudanças climáticas. O Fundo de Adaptação é financiado por uma taxa de 2% sobre os créditos vendáveis de RCE emitidas. Em 2016 atingiu cerca de 8.000 projetos em 107 países, e levou à emissão de mais de 1,6 bilhão de RCE.

No Brasil, de acordo com o MCTIC (2017), sua participação neste mercado também ocorre por meio do (MDL), por ser o único mecanismo do Protocolo de Quioto que admite a participação voluntária de países em desenvolvimento. Registrados até 31 de janeiro de 2016, o país ocupava a terceira posição em termos de estimativa de redução de emissões de gases de efeito estufa associada a projetos de MDL, sendo responsável pela redução de cerca de 375 milhões tCO<sub>2</sub>e através de cerca de 339 atividades de projeto registradas, que correspondia a 4,3% do total mundial.

#### 4.5 GHG PROTOCOL

O *GHG Protocol* surgiu no final dos anos 90 quando o *World Resources Institute* (WRI) e o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável

(WBCSD, na sigla em inglês - *World Business Council for Sustainable Development*) reconheceram a necessidade de um padrão internacional para contabilização e relatório corporativo de GEE.

Esta ferramenta é resultado de iniciativa, ocorrida em 1998, e de múltipla participação, envolvendo ONGs, governos e outras entidades, que foram reunidas pelo WRI e o WBCSD. Esta metodologia é compatível com as normas da (ISO) e com as metodologias de quantificação do IPCC.

Seu “Padrão Corporativo” (Corporate Standard) foi publicado em 2001 e revisado em 2004. Também fornece plataforma de contabilidade para praticamente todos os programas corporativos de relatórios de GEE, incluindo implementações de programas em vários países, como: Austrália, Brasil, Índia, Japão, Malásia, México, América do Norte, o Filipinas e Reino Unido. No Brasil, apesar de ser um programa mundial, o *GHG Protocol* foi adaptado para as características do país, surgindo assim o Programa Brasileiro GHG Protocol, que é independente e não está vinculado a nenhuma política governamental (FGVces, 2017).

#### **4.5.1 Campo de Aplicação**

De acordo com (WRI/WBCS, 2011), o programa segue um processo de participação equilibrada e consensual entre empresas, agências governamentais, organizações não-governamentais, e instituições acadêmicas de todo o mundo, com o objetivo amplo e inclusivo para desenvolver padrões a serem utilizados para a quantificação e reporte de emissões de GEE. Neste sentido, antes do desenvolvimento de inventários e de acordo com requisitos específicos para os respectivos registros e relatórios, o *GHG Protocol* produziu em separado, conforme descrito a seguir, padrões, protocolos e diretrizes complementares:

- *GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard (2004)* - Protocolo de contabilidade e relatórios corporativos - Padrão Corporativo: Metodologia padronizada para as empresas quantificarem e reportarem suas emissões corporativas de GEE.
- *GHG Protocol for Project Accounting (2005)* - Protocolo para contabilidade de projetos - Protocolo de Projeto: Guia para quantificar reduções de projetos de mitigação de GEE.

- *GHG Protocol Land Use, Land-Use Change, and Forestry Guidance for GHG Project Accounting (2006)* - Protocolo de orientação sobre o uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura para a contabilidade de projetos de GEE: Um guia para quantificar e relatar reduções do uso da terra, mudança no uso da terra e silvicultura, a serem usadas em conjunto com o Protocolo do Projeto.
- *A Guide to Designing GHG Accounting and Reporting Programs (2007)* - Guia para criação de programas de contabilidade e relatórios de GEE: Guia para desenvolvedores de programas eficazes e com base em padrões e metodologias aceitos.
- *GHG Protocol Guidelines for Quantifying GHG Reductions from Grid-Connected Electricity Projects (2007)* - Diretrizes do Protocolo de GEE para quantificar reduções de GEE de projetos de eletricidade conectados à rede: Guia para quantificar reduções de emissões que geram ou reduzem o consumo de eletricidade transmitida por redes elétricas, a ser usado em conjunto com o Protocolo do Projeto.
- *GHG Protocol for the U.S. Public Sector (2010)* - Protocolo de GEE para o setor público dos EUA: Abordagem para medir e relatar emissões de organizações do setor público, complementares ao Padrão Corporativo.
- *GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard (2011)* - Protocolo GHG (Escopo 3) - Padrão de contabilidade e relatório do Escopo 3: Metodologia padronizada para quantificar e reportar emissões corporativas de GEE da cadeia de valor (escopo 3), usadas em conjunto com o Padrão Corporativo.

O objetivo para esta padronização na quantificação e reporte de inventários, além de fornecer requisitos e orientações, é estabelecer uma estrutura base de informações para que organizações ou empresas reduzam as emissões de gases de efeito estufa dos produtos (bens ou serviços) que elas projetam, fabricam, vendem, compram ou usam. Entre os benefícios, estão principalmente:

- Acesso ao registro histórico de dados, que permitiria a adoção de melhorias de processos;
- Vantagem competitiva, garantindo a sustentabilidade e gestão mais eficiente;
- Condições para participar inclusive do mercado de carbono.

Os padrões e ferramentas criadas são aplicáveis e específicos a qualquer tipo de organização, empresa ou setor, mas também são oferecidas ferramentas de cálculo baseados em padrões mais gerais.

Em apoio e destaque aos padrões do *GHG Protocol*, outros grupos e organizações, em sistema de parceria, também desenvolvem suas próprias ferramentas. São ferramentas que refletem os métodos de práticas recomendadas e amplamente testadas por especialistas do respectivo setor. Entre as ferramentas disponíveis, tem-se:

- Ferramentas intersetoriais: Aplicáveis a indústrias e empresas, independente do setor;
- Ferramentas específicas do país: Personalizadas para determinados países em desenvolvimento;
- Ferramentas específicas do setor: Concebidas principalmente para o setor ou indústria específica e;
- Ferramentas para países e cidades: As quais auxiliam países e cidades a acompanhar o progresso em direção às suas metas climáticas.

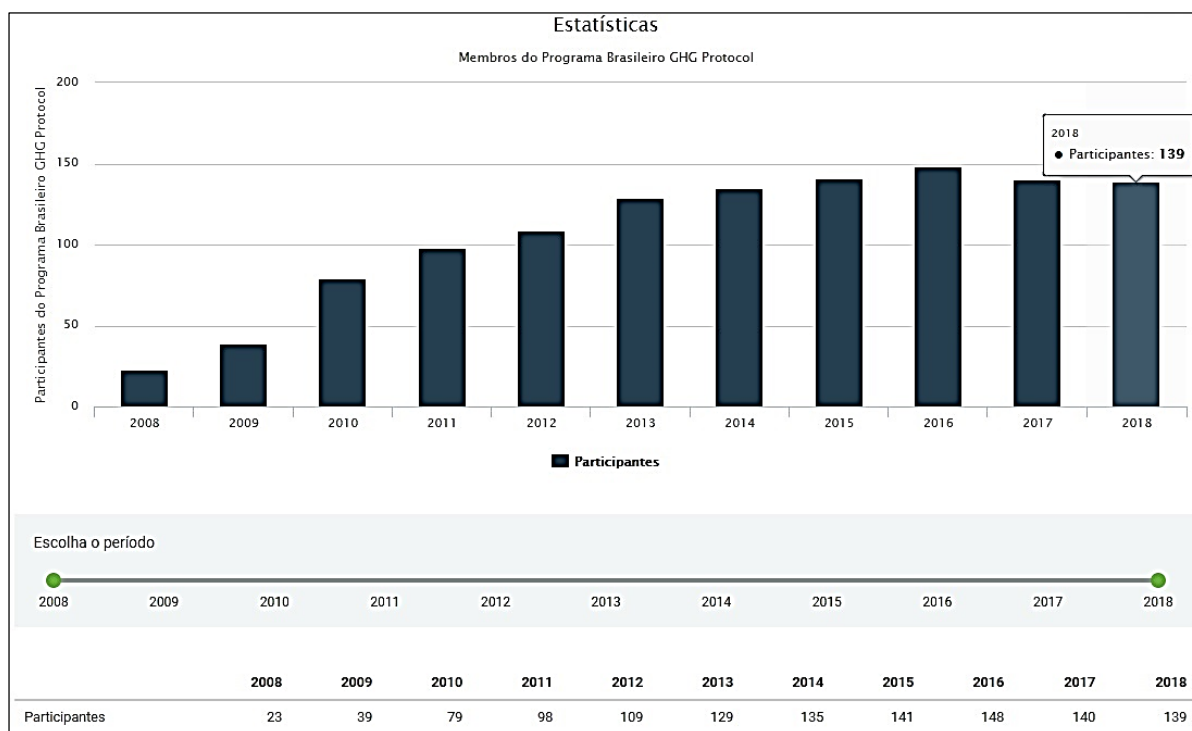
#### **4.5.2 Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHG)**

O Programa *GHG Protocol* no Brasil deu início no ano de 2007, após o Centro de Estudos em Sustentabilidade (GVces) da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas (FGV-EAESP), junto com o (WRI), submeterem um projeto ao Governo Britânico, com o objetivo de instalar o Programa no país. O lançamento oficial do Programa Brasileiro GHG Protocol se deu no dia 12 de maio de 2008, em Brasília, após o método ser adequado ao contexto nacional pelo (GVces) e pelo (WRI) em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), com o *World Business Council for Sustainable Development* (WBSCD) e mais 27 Empresas Fundadoras.

##### **4.5.2.1 Registro Público de Emissões do PBGHG Protocol**

Uma das iniciativas de destaque do Programa Brasileiro, considerada pioneira em todo o mundo, foi a criação do Registro Público de Emissões e de uma área pública

para consulta dos inventários das empresas e de estatísticas por setor. Em 2013, o Programa Brasileiro GHG Protocol contava com a participação voluntária de 129 organizações, que representava, à época, 48 setores da economia e também um aumento de 460% no número de participantes ao longo de cinco anos, conforme registrado pela Figura 7, demonstrando-se assim engajamento e protagonismo das organizações na questão ambiental.

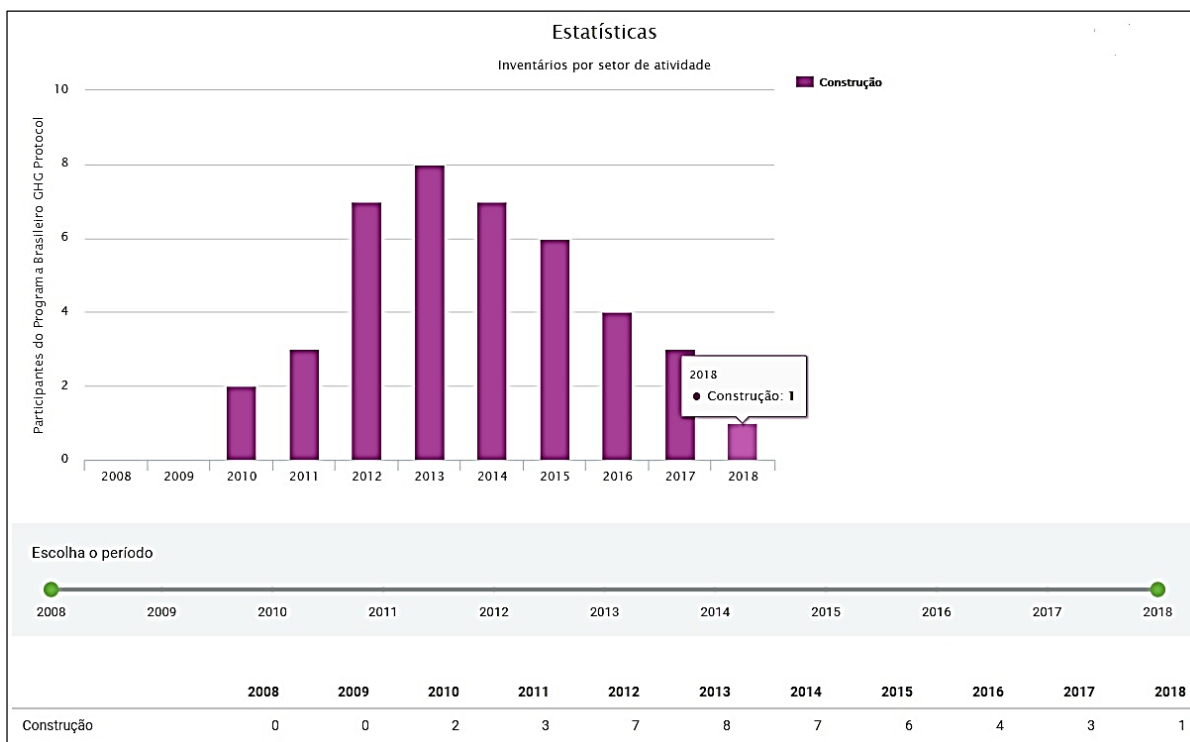


**Figura 7** - Registro Público de Emissões – Membros Participantes

Fonte: FGV – Gvces - Programa Brasileiro GHG Protocol (2019)

Em 2019, ano base 2018, o programa contou com a participação de 139 organizações, sendo a Indústria de Transformação o setor de atividade de maior participação, e o Setor de Construção e o Setor de Água, esgoto, atividades de gestão de resíduos e descontaminação, ou seja, setores ligados a saneamento e meio ambiente, os de menor participação.

Desde a implantação e criação da plataforma (2008), o Setor de Construção contabilizou um total de apenas 9 (nove) organizações, a nível nacional, no registro e publicação de inventários. Em 2018, apenas uma empresa do setor reportou suas emissões, registrando-se assim a baixa adesão do setor, que teve seu ápice em 2013 e desde então mantém-se em declínio, conforme ilustrado pela Figura 8 a seguir (FGV/PBGHG, 2019).



**Figura 8** - Registro Público de Emissões – Quantidade de Inventários no Setor de Construção  
Fonte: FGV – Gvces - Programa Brasileiro GHG Protocol (2019)

O PBGHG Protocol, numa política de qualificação de inventários, estabeleceu três selos para indicar o grau de profundidade dos inventários corporativos publicados, conforme a seguir:

- **Bronze - Inventário Parcial** – Quando dados obrigatórios para composição de um inventário completo não foram inclusos no relatório, como: unidades, fontes e gases, entretanto, devidamente informado;
- **Prata - Inventário Completo** – Quando atendidos todos requerimentos obrigatórios para elaboração de um inventário;
- **Ouro - Inventário Completo** – Quando além de cumprir todos os requisitos para o enquadramento na categoria prata, for verificado por terceira parte independente, em conformidade as regras do Programa Brasileiro GHG Protocol.

Destaca-se, desde sua implementação a predominância do selo ouro entre as organizações participantes.

Atualmente, o Programa conta com a maior base de inventários organizacionais públicos da América Latina, com mais de 1.450 inventários. Este Programa, apesar de ser uma ação voluntária, passa a ser um requisito legal no caso da Resolução INEA



nº 64 de 12 de dezembro de 2012, que dispõe sobre a apresentação de Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa para fins de licenciamento ambiental no estado do Rio de Janeiro, no qual determina conforme seu Art. 6º, a importação de toda a metodologia de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol.

De forma a agregar mais credibilidade e qualidade nesse processo autodeclarado de mensuração e relato das emissões de GEE, publicados no Registro Público de Emissões, apesar de ser um processo voluntário e transparente, estes dados podem ser verificados por uma terceira parte independente. Esta verificação, tem como objetivo principal assegurar a credibilidade do inventário de GEE da organização.

Para estabelecer as diretrizes do processo de verificação, após um longo processo de construção, o PBGHG Protocol lançou em agosto de 2011, em conjunto com o *World Resources Institute* (WRI), as Especificações de Verificação do Programa Brasileiro GHG Protocol (EV), que passaram por um período de dois anos de testes antes do seu uso ser recomendado em conjunto com a norma ABNT NBR ISO 14065. Seu uso obrigatório foi estabelecido em 2014, a partir da acreditação de Organismos de Verificação, realizada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

#### 4.5.2.2 Das Normas e Princípios do PBGHG Protocol

No âmbito do Programa Brasileiro GHG Protocol, mesmo com as constantes evoluções e aprimoramentos, a contabilização, quantificação, elaboração e publicação de inventários de GEE, devem estar em consonância com os cinco princípios gerais e comuns ao *GHG Protocol Corporate Standard* e a ABNT NBR ISO 14064.

A finalidade dos princípios, descritos através do Quadro 1, além de ser um indicador e garantir qualidade a metodologia, é também para apoiar os aspectos relacionados a monitoração e aos relatórios de GEE, e principalmente servir de guia para implementação do método quando da aplicação de normas ou questões ambíguas.

**Quadro 1-** Princípios Gerais *GHG Protocol*

<b>TRANSPARÊNCIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deverá existir documentação suficiente e clara, necessárias não só para garantir a qualidade do inventário, mas também para o entendimento das informações do processo, procedimentos, pressupostos e limitações do inventário, de forma a garantir os requisitos de boas práticas para inventários nacionais de emissões de gases de efeito estufa.</li> </ul>
<b>RELEVÂNCIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assegurar que o Inventário de GEE reflita apropriadamente as emissões do processo em foco e que atenda às necessidades de tomada de decisão de seus usuários.</li> </ul>
<b>INTEGRALIDADE</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar todas as fontes e atividades emissoras de GEE dentro dos limites selecionados do inventário. Documentar e justificar quaisquer exclusões específicas.</li> </ul>
<b>CONSISTÊNCIA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar metodologias reconhecidas e consolidadas tecnicamente, de forma a permitir comparações das emissões com as de outros processos similares. Documentar de forma clara quaisquer alterações de dados, limites de inventário, métodos ou quaisquer outros fatores relevantes num dado período de tempo, e que permita identificar as flutuações anuais reais nas emissões ou remoções.</li> </ul>
<b>EXATIDÃO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Através da aplicação de dados apropriados, de fatores de emissão ou estimativas, assegurar que a quantificação de emissões de GEE não esteja subestimada ou superestimada. Reduzir o viés e as incertezas ao mínimo possível e obter um nível de determinação que possibilite segurança nas tomadas de decisões.</li> </ul>

Fonte: (Adaptado) - *GHG Protocol Corporate Standard* (2015) e NBR ISO 14064-1

Na garantia e controle de qualidade e verificação dos inventários, o IPCC (2006), em suas diretrizes e orientações gerais, acrescenta ainda mais dois princípios (Oportunidade e Melhoria):

- Oportunidade – Na prática, os inventariantes não têm recursos ilimitados. Os requisitos de controle de qualidade, precisão e redução de incertezas precisam ser equilibrados com os requisitos de oportunidade e eficácia de custo.
- Melhoria – Incluem revisões e verificações, para avaliar a qualidade do inventário e determinar a conformidade dos procedimentos adotados para identificar áreas onde melhorias poderiam ser feitas.

Segundo entendimento de Costa (2012), a utilização da ferramenta de cálculo *GHG Protocol*, bem como as planilhas que a compõem, requerem domínio prévio no trabalho de elaboração de inventários de GEE, uma vez que necessitam por parte do usuário, a introdução de vários dados, dentre eles, os respectivos fatores de emissão. Esta afirmativa se confirma, uma vez que os Inventários Corporativos são definidos considerando-se as diretrizes e normas gerais com um conceito *ex-post*, ou seja, mede-se uma realidade física ocorrida no passado.

Quando da elaboração de sucessivos inventários, tem-se um registro histórico, que, conforme relatado anteriormente nos benefícios, pode ser utilizado no processo de melhoria voluntária em suas atividades ou até no atendimento de legislação ou regulamentações futuras. Além disso, é de suma importância que seja estabelecido um sistema cíclico, contínuo e com a reavaliação do processo. Ao longo do tempo, novos combustíveis passam a ser adquiridos, novas fontes de emissões de GEE são desenvolvidas, outras substituídas, tornando-se essa reavaliação imprescindível para assegurar a integralidade das informações.

O inventário de emissões de GEE nada mais é que um relatório de todas as fontes de emissões, diretas e indiretas, positivas ou negativas.

No caso da Construção Civil (obras), a definição temporal tem duração limitada de alguns meses até alguns anos, de acordo com o respectivo cronograma físico estipulado ou contratado, enquanto que as Empresas tendem a perenizar-se.

As obras ocorrem em ciclos construtivos com fases definidas, a começar pela preparação dos respectivos terrenos, terminando com a entrega do empreendimento, ou seja, o Inventário será apurado ao longo da obra, sendo objeto de um fechamento ao seu final, totalizando-se as emissões de GEE da obra, desde seu início até a entrega para uso. No caso de empresas, geralmente, têm uniformidade e mantêm-se nas suas atividades ao longo do tempo, uma vez que as respectivas carteiras combinam obras em múltiplos estágios. Portanto, a consolidação do inventário de uma Empresa se dará pela totalização das emissões integrais das obras entregues no ano, mais as emissões das unidades administrativas e de apoio (SINDUSCON-SP, 2013).

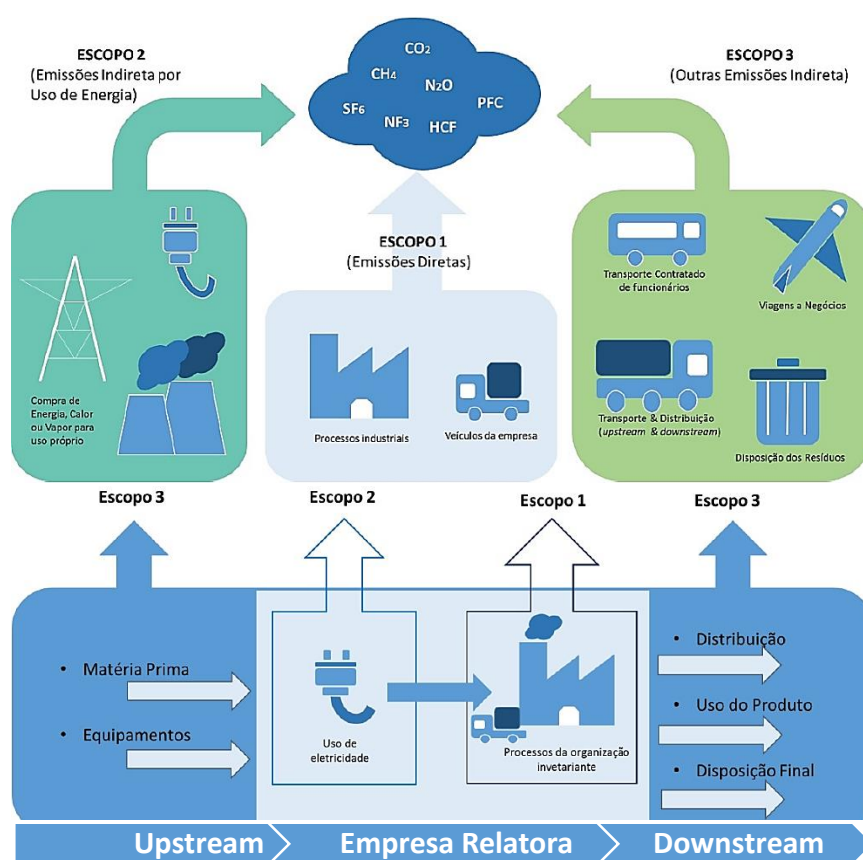
#### 4.5.2.3 Realização de Inventários - Metodologia PBGHG Protocol

Para a realização de inventários de emissões de GEE, a serem reportados, são considerados os sete gases regulados pelo Protocolo de Quioto, emitidos em função

das operações diretas e indiretas de uma organização e reconhecidos internacionalmente como gases de efeito estufa, são eles: (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>, HFC e PFC).

As emissões de todos estes gases são expressas em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>e). Considerando-se que cada um dos gases citados tem o seu respectivo potencial de aquecimento global (PAG/GWP), aplica-se um fator para cada tipo de gás, resultando-se assim numa métrica padrão.

De forma a melhor delinear e caracterizar as fontes de emissão, presentes e relacionadas a operação, bem como a atividade de diferentes tipos de organizações, estas são classificadas em Emissões Diretas (quando sob o controle da organização) ou Emissões Indiretas (quando apesar de estarem associadas à atividade da empresa, são causadas por fontes que pertencem ou são controladas por outra empresa, como no caso de uma frota de veículos terceirizada) e definidas, segundo as diretrizes de cálculo do *GHG Protocol*, por três “escopos” (Escopo 1, Escopo 2 e Escopo 3), descritos na sequência e representados pela Figura 9.



**Figura 9** - Resumo dos Escopos e Emissões do *GHG Protocol* em toda Cadeia de Valor  
Fonte: Adaptado - Guia ABNT/BID (2016)

- Escopo 1: Emissões Diretas de GEE e engloba as emissões de fontes de propriedade ou controladas pela empresa ou organização, incluindo-se emissões da queima de combustíveis, processos de fabricação e transporte de propriedade da empresa.
- Escopo 2: Emissões Indiretas de GEE e considera-se as emissões na geração de energia elétrica ou térmica consumida e adquirida pela empresa (gratuita ou onerosamente) e utilizadas nas suas atividades, ou seja, é a energia gerada fora dos limites organizacionais. As emissões ocorrem no local da geração.
- Escopo 3: Inclui todas as demais emissões indiretas que resultam da atividade da empresa ou organização, mas que ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas pela mesma, são consequência das atividades da empresa, mas ocorrem em fontes que não são de propriedade ou controladas pela mesma, inclusive as relativas a produção terceirizada ou sob contrato. As emissões de escopo 3 são comumente classificadas como *upstream* (emissões indiretas relativas a bens e serviços comprados ou adquiridos) ou *downstream* (emissões indiretas relacionadas a bens e serviços vendidos). Como exemplos: Transporte de insumos adquiridos; Emissões geradas para a produção de insumos; Emissões resultantes do tratamento de resíduos gerados a partir de atividades organizacionais; Viagens de negócios ou deslocamento de funcionários, etc.

O Protocolo GHG estabelece que a quantificação do escopo 3 seja opcional ou flexibilizada. Por este escopo ser mais complexo, há o receio de se inviabilizar de alguma forma o estabelecimento desta metodologia pelas empresas ou organizações, entretanto, seu relato é recomendado fortemente, uma vez que este funciona como um suplemento aos relatos corporativos “padrão”. Desta forma, a grande maioria das organizações quantificam apenas as emissões de GEE do escopo 1 e 2. Em alguns casos é possível observar quantificação parcial do escopo 3, ou seja, de apenas alguns itens (por exemplo, viagens de executivos à negócios).

O programa *GHG Protocol* recomenda que sejam identificadas quais atividades presentes no Escopo 3 possuem emissões mais significativas, no intuito de oferecer oportunidades de redução das mesmas. O respectivo Escopo contém muitas informações importantes, e que se relacionam principalmente com a gestão de fornecedores (tanto *upstream* quanto *downstream*). Essa gestão da cadeia de valor

se confirma quando há a gestão estratégica dos impactos negativos sociais e ambientais, geralmente, nos fornecedores, pois são aqueles que se têm maior possibilidade de influência e é nesta interface que há inúmeras oportunidades de melhorias, tanto no processo (geração de menos resíduos, otimização de rotas, substituição de viagens de negócios por reuniões via web, etc.); como em inovações e sustentabilidade.

De acordo com o Guia Metodológico produzido pela SINDUSCON-SP (2013) para a execução de inventários de emissões de GEE pelas empresas que operam no setor da Construção Civil (setor de edificações), resultado da experiência de grupos de trabalho voltados para esta atividade, e baseados nas peculiaridades do setor de Construção Civil, pode-se afirmar que o Escopo 3 compõe uma proporção extremamente significativa nas emissões de GEE de uma Obra e de uma Empresa, ou seja, o perfil típico de emissões do setor indica que é neste “Escopo” que estão localizados os maiores grupos de fontes de emissão, principalmente na produção do cimento e do aço utilizados na Obra. Os outros grupos de fontes seguem com relevâncias relativamente menores e em proporções que podem variar de caso a caso.

Os respectivos “Escopos” serão melhor detalhados e determinados no transcorrer do estudo de caso, onde foi considerado um empreendimento de Construção Civil.

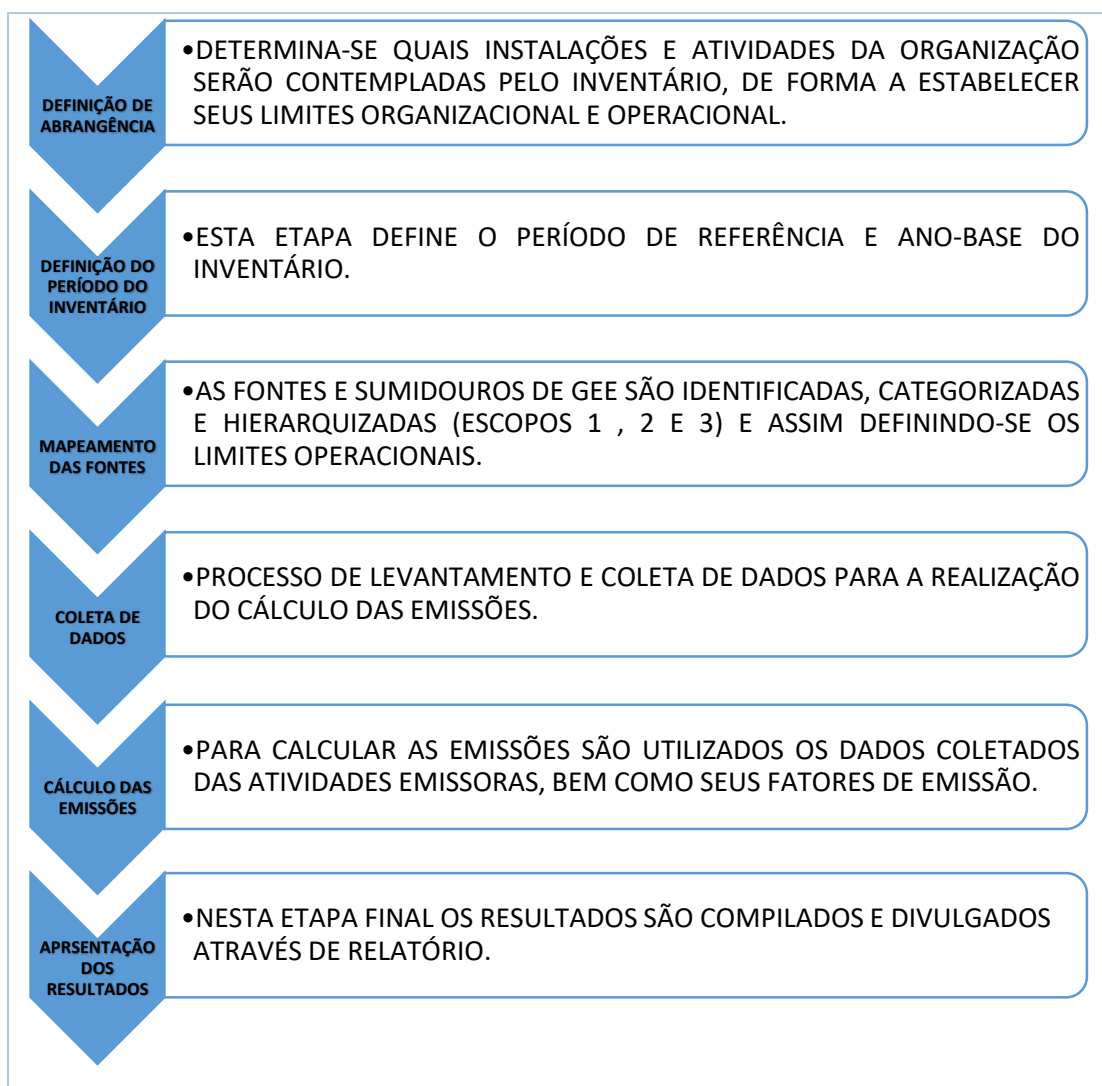
Quanto as Fontes de Emissão, estão relacionadas a equipamento ou processo, no qual ocorre a liberação de um ou mais GEE para a atmosfera, e o PBGHG Protocol recomenda e classifica as emissões de GEE, como:

- Estacionárias - São aquelas fixas: caldeiras, fornos, queimadores, turbinas, aquecedores, geradores, motores, incineradores, *flares*, etc.;
- Móveis - São aquelas que não operam fixas: podem ser carros, caminhões, empilhadeiras, tratores, aviões, navios, barcos, etc.;
- Originadas de Processos Físicos ou Químicos - Por tratamento de efluentes, decomposição em aterros sanitários, compostagens e processos industriais e uso de produto;
- Fugitivas - São as emissões de gases ou vapores de equipamentos sob pressão, ocorridas por vazamentos ou outras liberações (involuntárias ou irregulares), ou seja, a liberação (escape) ocorre durante a produção, processamento, transmissão, armazenagem ou uso do gás. São exemplos:

Extintores de incêndio; vazamento de equipamentos elétricos de alta capacidade; vazamento de equipamentos de refrigeração e ar condicionado; vazamentos em tubulações de gás natural, etc.;

### 4.5.3 Passos Básicos Para Realização de Inventários

As etapas conceituais utilizadas na metodologia *GHG Protocol* para a elaboração de inventários corporativos e também utilizadas para este estudo de caso, estão de acordo e seguiram conforme o estabelecido na Figura 10.



**Figura 10** - Etapas Metodológicas para a Realização de Inventários  
 Fonte: Adaptado pelo autor da ISO 14064-1:2007 e *GHG Protocol* (2020)

#### 4.6 CONSTRUÇÃO MODULAR

A construção modular é um método construtivo industrializado, baseado em Coordenação Modular, que inclui a pré-fabricação de módulos padronizados dentro de uma fábrica e sob condições controladas e seguras, com posterior montagem no local da obra.

Assim, de forma gradual, o modelo convencional de construção de hotéis, hospitais, shoppings, escolas, laboratórios, indústrias e edificações comerciais e residenciais, está dando lugar a outro tipo de construção. São sistemas construtivos industrializados e denominado Construção Modular.

Este método construtivo propicia, cada vez mais, que a construção passe a produzir mais na fábrica e menos no canteiro e pode ser aplicado em edificações de diferentes portes e tipologias. Este processo, geralmente, proporciona a utilização de estruturas e materiais mais leves, que repercutem em toda a cadeia construtiva, desde a fundação até a cobertura.

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) em conjunto ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) tem identificado, no cenário atual, uma necessidade premente de aceleração da industrialização da construção, ou seja, ações que tragam eficácia, qualidade e maior controle de custos e prazos, além de inovação, modernização e o aumento da competitividade desta indústria, principalmente em resposta às falhas verificadas em obras, que decorrem do uso de métodos e processos convencionais, seja por inadequação de projetos, construção, fiscalização e aceitação. Ainda de acordo com a ABDI (2015), os processos construtivos podem ser classificados como:

- Tradicional - Uso de técnicas artesanais, desenvolvidas no canteiro de obras;
- Convencional - Caracterizado por tecnologias normalmente utilizadas no mercado, com maior tempo de execução;
- Racionalizado - Caracterizado pela melhoria gradativa dos processos convencionais e consiste na confecção de painéis estruturados e autoportantes, pré-moldados, compostos por blocos cerâmicos e concreto armado;
- Industrializado ou Pré-fabricado - A industrialização representa o mais elevado estágio de racionalização dos processos construtivos e está associada à produção dos componentes em ambiente industrial e posteriormente montados nos canteiros de obras.



No Brasil, os sistemas construtivos são, em sua maior parte, caracterizados pelo uso de métodos ou processos convencionais, derivados de culturas como a do Brasil colônia, com o uso da taipa, e modificados com o advento do concreto armado no país, onde passou a ser utilizado o sistema independente de estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação de tijolos e blocos cerâmicos ou de concreto, com o uso abundante e intensiva de mão de obra no emprego desses elementos e componentes, bem como de outros serviços comuns a esse processo. Esse processo convencional é frequentemente caracterizado por processos com altos custos, baixo nível de planejamento, baixa qualificação do trabalhador, altos índices de desperdícios, baixa qualidade e incidências de manifestações patológicas e baixo desempenho ambiental (ABDI, 2015).

Para o melhor entendimento de alguns conceitos, a ABNT NBR 15575-1:2013 - Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1- Requisitos Gerais, traz algumas definições importantes ao contexto dos processos construtivos, conforme a seguir:

- Componente – Unidade integrante de determinado sistema da edificação, com forma definida e destinada a atender funções específicas (exemplo: bloco cerâmico ou de concreto, telha, folha de porta, etc.);
- Elemento – Parte de um sistema com funções específicas. Geralmente é composto por um conjunto de componentes. Exemplos: vedação de blocos, painel de vedação pré-fabricado, estrutura de cobertura.

Segundo a ABNT NBR 9062:2017, de forma resumida, pode-se distinguir o elemento pré-fabricado do pré-moldado, conforme a seguir:

- Elemento pré-fabricado – É em geral executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações permanentes de empresa destinada para esse fim, com mais rigor no controle de qualidade e mão de obra especializada.
- Elemento pré-moldado – É executado fora do local de uso definitivo, porém com menor rigor nos padrões de controle de qualidade.
- Sistema Construtivo – A maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macro função que a define. Exemplos: fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, cobertura.

A seguir, com o intuito de ilustrar e como exemplo de um processo construtivo convencional, o Prédio do LADETEC (Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – IQ-UFRJ – Bloco C), com área total de 15.266,65 m<sup>2</sup> e construído na Cidade Universitária - Ilha do Fundão entre os anos de 2012 e 2016 para a realização do controle de dopagem dos Jogos Olímpicos e Paraolímpicos, realizados no Rio de Janeiro (Rio 2016) e representado pela Figura 11.



**Figura 11** - Prédio Concluído – Bloco C - LADETEC – IQ-UFRJ

Fonte: LADETEC (2020) <[https://www.ladetek.iq.ufrj.br/wp-content/uploads/2018/02/MG\\_3595-1.jpg](https://www.ladetek.iq.ufrj.br/wp-content/uploads/2018/02/MG_3595-1.jpg)>

O Projeto completo do futuro Polo de Química da UFRJ é constituído por um conjunto formado por 06 blocos principais (“A”, “B”, “C”, “D”, “E” e “F”), interligados entre si, e ilustrado pela perspectiva da Figura 12.



**Figura 12** - Futuro Polo de Química da UFRJ Visto em Perspectiva

Fonte: ETU (2011)

As Figuras (13 a 17) a seguir, ilustram em detalhe, uma sequência construtiva do prédio, considerando-se a execução da superestrutura, as paredes de fechamento e divisórias internas em alvenaria, até sua conclusão com os respectivos revestimentos e acabamentos. Para a infraestrutura, foram definidas fundações profundas, do tipo Estacas Hélice Contínua, para o Bloco Principal e Estacas Raiz para os demais Prédios Anexos, praça e rampa.



**Figura 13** - Execução da Superestrutura - LADETEC – IQ-UFRJ  
Fonte: ETU - Escritório Técnico da UFRJ (2013)

A superestrutura em concreto armado, ilustrada pelas Figuras 13 e 14, foi composta por pilares, vigas, escadas, reservatórios superior e inferior, rampa e lajes moldados “*in loco*”.



**Figura 14** - Execução da Superestrutura e Alvenaria - LADETEC – IQ-UFRJ  
Fonte: ETU - Escritório Técnico da UFRJ (2014)

As alvenarias de vedação e divisórias internas foram executadas em blocos cerâmicos e blocos de concreto (Figuras 14 e 15). Este último, preenchido por concreto e utilizados para a execução de caixas de escada (enclausuradas), caixas de elevadores, ventilações e empenas das fachadas, e assentes em argamassa.

Os panos de paredes em alvenaria, com altura superior a 3,40 m, receberam também um cintamento intermediário em concreto armado.



**Figura 15** - Conclusão da Superestrutura e Alvenaria - LADETEC – IQ-UFRJ  
Fonte: ETU - Escritório Técnico da UFRJ (2014)

Em trechos das fachadas foram aplicados revestimentos cerâmicos, de acordo com o projeto arquitetônico, e pintura no restante das fachadas. Estes serviços foram precedidos de regularização prévia, através de chapisco e emboço, antes dos respectivos acabamentos finais (Figuras 16 e 17).



**Figura 16** - Execução de Revestimentos Externos e Acabamentos Finais- LADETEC – IQ-UFRJ  
Fonte: ETU - Escritório Técnico da UFRJ (2014)

As esquadrias externas foram em perfis de alumínio anodizado, do tipo basculante, e receberam pintura eletrostática em epóxi/poliéster na cor branca. Todos os vidros aplicados foram de tipo incolor (6 mm).

Nas fachadas foram fixados também um sistema composto de painéis fixos em laminado melamínico (*brise-soleil*<sup>8</sup>), fixados à uma estrutura metálica de suporte e instalados em intervalos e em posição inclinada (Figura 17).



**Figura 17** - Conclusão do Prédio - LADETEC – IQ-UFRJ  
Fonte: ETU - Escritório Técnico da UFRJ (2016)

Cada vez mais, práticas convencionais de construção cederão lugar a processos de montagem de componentes e sistemas construtivos, o que também demandará o aprimoramento da formação profissional. Problema que deve ser previamente considerado e contornado, uma vez que a relação entre a produtividade e o crescimento do setor está ligado intrinsecamente a qualificação de mão de obra, necessária para permitir investimentos em novos métodos construtivos e no uso mais intensivo de máquinas e equipamentos. Construtoras serão transformadas em montadoras, e dentro desse contexto, a mecanização, industrialização, a construção *off-site* (fora do canteiro de obras), a modularização, entre outros, se tornarão necessidades básicas (FIRJAN, 2014).

Em busca de ações que melhorem esses resultados e que promovam o aumento da competitividade no setor, pode-se citar:

- A melhoria da qualidade de produtos e serviços;
- O desenvolvimento de novas tecnologias;
- A avaliação de desempenho de novos sistemas construtivos;
- Sustentabilidade;
- A redução de custos e a otimização do uso dos recursos públicos.

---

<sup>8</sup> *Brise-soleil* - (expressão francesa cuja tradução literal é quebra-sol). Em português é mais comum a utilização apenas da palavra *brise* – É um dispositivo arquitetônico utilizado para impedir a incidência direta de radiação solar nos interiores de um edifício.

Apesar do Setor da Construção Civil ser um dos setores produtivos mais importantes da economia, foi criado pelo Governo Federal, em 1998, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), que é um dos instrumentos que tem o objetivo de organizar o setor da construção civil em duas vertentes principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva. Desse modo, o desenvolvimento deste trabalho, que tem prazo de duração até 2020, deve apoiar o Brasil na exploração dos potenciais de eficiência energética na produção habitacional e redução das emissões de gases de efeito estufa a ela associada, contribuindo assim para a implementação de uma política energética climaticamente neutra e sustentável, no marco do desenvolvimento urbano sustentável brasileiro, ou seja, inovar e industrializar para crescer de forma eficiente e sustentável (CBIC, 2018).

Também de acordo com a FIRJAN (2014), foi declarado pelo Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia dos Estados Unidos, que aumentar o uso de pré-fabricação, pré-montagem, modularização e de técnicas e processos *off-site* é umas das mais promissoras formas da indústria da Construção melhorar sua produtividade e eficiência nos próximos 20 anos. E que também haverá uma tendência lógica, não só para a pré-fabricação e modularização da construção voltada para edificações, como também no aumento da produção de elementos e componentes *off-site* em todas as formas de construção, como uma premissa para a redução de riscos e o aumento da produtividade entre os envolvidos. Há a previsão que nos próximos anos, esse sistema irá desempenhar papel vital para a melhoria da produtividade de toda a cadeia de valor da construção, associada as técnicas de Gestão da Produtividade, metodologias alternativas de entrega de projetos e modelagem em 3D e 4D, como no caso do uso da plataforma BIM<sup>9</sup> (*Building Information Modeling* - Modelagem da Informação da Construção, em português). Entretanto, pode-se ressaltar que:

Simplemente a aplicação e implementação dos princípios da industrialização da construção e montagem de componentes pré-fabricados na construção, sem a utilização da coordenação modular, já na fase de concepção dos projetos, resultaria em insucesso, principalmente se não forem previstas a combinação ou integração de condições, como: a utilização de medidas padronizadas, utilização de um módulo de referência e detalhes de conexões estudados previamente (BARBOSA; QUALHARINI, 2005).

---

<sup>9</sup> Processo que parte não mais de desenhos bidimensionais, mas de modelos tridimensionais e pressupõe que todas as informações relativas à construção, nas diversas fases de seu ciclo de vida, sejam dispostas em um só modelo integrado, paramétrico, intercambiável e passível de simulação, que poderá ser utilizado desde a concepção dos projetos, durante as obras e até durante toda vida útil do espaço construído (ASBEA, 2013).

Na prática, fabricantes de componentes e elemento construtivos, necessitarão seguir determinados padrões (de medidas), com base em coordenação modular para serem capazes de atender seus clientes, ou seja, “Elementos e Componentes”, assim como o Projeto da Edificação precisam estar inseridos e integrados em uma mesma malha modular (FIRJAN, 2014).

Estabelecendo-se uma cronologia histórica, embora a construção modular tenha se tornado cada vez mais popular nos últimos anos e em processo de expansão, não é uma abordagem completamente nova. No século 19, quando grandes porções da população começaram a se mudar para o oeste, como durante a corrida do ouro na Califórnia de 1849, casas pré-fabricadas foram transportadas de Nova York para a Califórnia.

As habitações pré-fabricadas também eram populares na primeira metade do século 20, especialmente em épocas de alta demanda, como nos anos imediatamente após a Primeira (1914-1918) e Segunda Guerra Mundial (1939-1945). A devastação pós guerra, principalmente na Europa, culminou na escassez de edificações em todos os seus segmentos (residenciais, hospitalares, escolares, comerciais, industriais, etc.), bem como de mão de obra qualificada. A partir da necessidade em suprir esta demanda de base e apoio, associado a um contexto econômico, de maior velocidade de construção e com fins de reduzir processos e aumentar a produtividade, deu-se início ao desenvolvimento da industrialização dos elementos pré-fabricados.

No final dos anos 1950, a construção modular começou a ser usada para uma ampla gama de tipos de projetos, incluindo escolas e instalações hospitalares, e nos anos 60 e 70 começou a ser usada para a construção de hotéis, em grande escala.

Atualmente, de acordo com o avanço da tecnologia e a experiência adquirida pela indústria, a abordagem de construção modular tornou-se cada vez mais versátil e é usada para uma ampla gama de projetos tipos, incluindo-se além de habitação, educação, saúde e hospitalares, escritórios, comerciais, governamentais e varejo.

A adesão a este tipo de construção é marcada, a cada década, por tendências bastantes significativas, considerando-se, desde a qualidade dos materiais a aspectos estéticos, como a períodos vanguardistas ou futurísticos a períodos onde se privilegia a harmonia com a natureza. Cada vez mais, arquitetos e construtores aderem a este novo conceito de construção, não só pelas variadas soluções, mas principalmente com preocupação a nível de sustentabilidade (VARELA, 2015).

#### 4.6.1 Mercado Global da Construção Modular

De acordo com um estudo da *GVR-Grand View Research* (2019), o mercado global de construção modular foi avaliado no ano de 2018 em US\$ 112,3 bilhões e deteve a maior participação do segmento de construção (64,4%) e deve apresentar uma taxa de crescimento anual composta (*CAGR*<sup>10</sup>, ou *Compound Annual Growth Rate, em inglês*) de 6,5% para o período de 2019 – 2025, alcançando aproximadamente US\$ 174,5 bilhões.

A construção modular permanente surgiu como uma alternativa aos métodos tradicionais de construção na última década. O crescimento do mercado também foi influenciado pelo aumento da renda per capita e facilidade de financiamento, com foco na tendência crescente de aquisição de residência própria. A crescente demanda por moradias em conjunto ao aumento dos investimentos no desenvolvimento de infraestrutura comercial, do setor industrial e de saúde, deverá impactar de forma positiva o contínuo crescimento do mercado.

Pesquisas do setor registam que a construção modular representa uma economia de tempo de 30% a 50% em relação à uma construção convencional, daí a expectativa e o crescente interesse da indústria de construção civil por conta da ênfase nos aspectos de produtividade, eficiência e segurança no local de trabalho, em conjunto a redução do tempo e dos custos associados às atividades de construção.

De acordo com um relatório publicado pelo Instituto de Construção Modular (em inglês, *Modular Building Institute - MBI*), uma análise da participação de mercado da construção modular permanente na indústria de construção norte-americana, constatou que de 2014 a 2016 expandiu-se em vários setores. Em 2016 sua participação de mercado foi maior nos setores de escritório e administrativo (4,86%), setores comerciais e de varejo (3,53%) e educação (3,50%). E de acordo com o relatório estatístico anual da indústria de 2018 do (MBI), com base em uma pesquisa com cerca de 252 empresas de fabricação modular, em 2017, a indústria de construção modular permanente impulsionou cerca de US\$ 7 bilhões na atividade de construção, e a participação de mercado geral estimada para módulos permanentes,

---

<sup>10</sup> É a taxa de retorno medida durante o período do investimento, considerando-se que os lucros foram constantes e reaplicados a cada ciclo. Esse indicador é muito utilizado por economistas, analistas e investidores para avaliar a rentabilidade e viabilidade de aplicações ao longo dos anos e, desta forma, entender qual a previsão de retorno ao longo de um determinado período.



a construção na América do Norte aumentou para cerca de 3,27% em relação a 2016, com 3,18%.

A Europa foi o segundo maior mercado de construção modular em 2018, devido ao alto nível de aceitação na Alemanha, Finlândia, Reino Unido e Suécia. Também é esperado como fator impulsionador, a necessidade de construção de estruturas habitacionais temporárias e permanentes para atender o crescente efeito de migração.

O Reino Unido é um dos principais mercados de construção modular devido à sua alta taxa de adoção do sistema construtivo. É esperado que pela escassez crônica de mão de obra qualificada, o investimento contínuo no desenvolvimento de moradias residenciais e o foco na atualização da infraestrutura de saúde, impulsionem o mercado do país durante o período previsto, ou seja, nos próximos cinco anos o governo do Reino Unido pretende disponibilizar 300.000 casas residenciais por ano, o que também deverá aumentar e movimentar o setor de construção residencial no país e consequentemente o mercado de construção modular.

No Canadá, a indústria de construção comercial é influenciada pela crescente demanda por espaços comerciais como hotéis, escritórios e showrooms de varejo e os investimentos neste segmento deverão atingir US\$ 198,8 milhões até 2025.

Na Índia, o mercado de construção modular deve progredir a uma taxa anual de 8,4%, durante o período de previsão, em razão do ambicioso projeto do governo para fornecer habitação permanente para todos até 2022.

Em países como Suécia, Canadá e Finlândia, de clima extremamente frio e o período diurno mais curto, os métodos tradicionais de construção são preteridos em detrimento a construção modular, que surgiu como uma alternativa lógica aos métodos convencionais.

Em 2018, cerca de 85% das novas casas na Suécia eram construídas usando alguma forma de construção modular.

#### 4.6.2 Construção Modular no Brasil

No Brasil, a construção modular teve o incentivo da norma técnica NBR 15.873: 2010 (Coordenação modular para edificações) que preconiza e define os princípios da coordenação modular para edificações, sendo considerada, portanto, um dos pilares para a construção industrializada. O principal objetivo desta norma foi facilitar a aplicação dos conceitos da Coordenação Modular e promover a compatibilidade dimensional de elementos e componentes construtivos a partir de uma medida padrão, com intuito de colaborar com a modernização da construção civil no Brasil.

Segundo a norma supracitada, Coordenação Modular é a inter-relação de medidas de elementos e componentes construtivos e das edificações que os incorporam, usada para o projeto, fabricação e montagem (Coordenação Dimensional), mediante o emprego do módulo básico ou de um multimódulo, ou seja, na prática o conceito associa a Coordenação Dimensional e Modular. Greven (2000) apud Greven e Baldauf (2007), aproximam essa definição mais a etapa de concepção (projeto de arquitetura) pela “ordenação de espaços na construção civil”.

Ainda segundo Greven e Baldauf (2007), a implantação da coordenação modular traz benefícios em todas as etapas na racionalização do processo construtivo, desde o início com o projeto dos componentes, ampliando-se as alternativas de soluções construtivas, até a fase de utilização após a construção, potencializando-se a produtividade e as soluções de logística, com melhor aproveitamento dos componentes construtivos e por consequência, otimização no consumo de matérias primas, de consumo energético para a produção das mesmas e também em relação a geração de resíduos, em função dos cortes na etapa de construção.

De acordo com a ABDI (2015), pesquisas relacionadas à criação de novos sistemas construtivos, voltados à racionalização e à industrialização da construção, surgiram no Brasil a partir de 1980. Neste mesmo ano, o IPT (Instituto de Pesquisa e Tecnologia do Estado de São Paulo) realizou pesquisas voltadas para avaliação de soluções inovadoras para o Banco Nacional da Habitação (BNH). A partir de então, diversos elementos e sistemas construtivos surgiram, dentre eles: alvenaria estrutural de bloco de concreto, painéis de argamassa armada e painéis cerâmicos, sendo que alguns deles podem ter a função tanto de vedação vertical como horizontal. Em comum, grande parte desses elementos e sistemas construtivos têm características

que permitem classificá-los como racionalizados, ou seja, não são industrializados e montados no canteiro, mas simplesmente executados em canteiros por meio da moldagem de painéis ou mesmo da elevação de alvenarias moduladas, como é o caso da alvenaria estrutural. Atualmente há outros sistemas que podem ser citados, como: sistema leve de madeira, sistema de painéis de PVC preenchidos com concreto, painel pré-moldado maciço de concreto armado e painéis mistos de blocos cerâmicos. As primeiras aplicações de pré-fabricação ou industrialização na construção civil se deram com o uso do concreto armado e da estrutura metálica (aço), seguidos dos sistemas industrializados do tipo leves (para vedações). O primeiro, destinado predominante às estruturas e aos fechamentos com função estrutural ou de vedação. Surgiu após a instalação da indústria de cimento no Brasil e com a criação de normas de concreto, e a sua aplicação predominante é em estruturas. Entre esses elementos, também se destaca o aço. O segundo, destinado à compartimentação interna, surgiu no Brasil a partir de 1970, com maior impulso a partir de 1990, para uso em vedações verticais, principalmente a partir da tecnologia denominada por *Drywall*, que consiste em perfis e guias de aço galvanizado, com fechamento de chapas de gesso acartonado.

Recentemente, observou-se no país a intensificação do uso de estruturas industrializadas destinados a complexos esportivos (Copa 2014 e Olimpíadas 2016), incluindo-se o edifício-sede do Comitê Organizador Rio 2016 (primeira instalação entregue para as Olimpíadas).

Cada vez mais observa-se no Brasil a integração de sistemas construtivos, que permitem flexibilização tanto de formas como de soluções de logística, entretanto, sua industrialização é gradativa, principalmente se considerados aspectos econômicos, logísticos, organizacionais e principalmente culturais, quando relacionados a sistemas modulares associados ao processo de produção de uma edificação. Ainda há um caminho a percorrer, no que se refere às questões de modulação, ou seja, somente após a sua efetiva introdução, a industrialização da construção poderá se adequar e melhorar seu desempenho.

#### **4.6.3 Principais características da Construção Modular**

Entre as características principais e vantagens do sistema construtivo modular, pode-se citar:

- Alta Velocidade de Produção (off-site) - Técnicas de planejamento e de logística industrial, associadas à redução do volume de trabalho de construção no canteiro de obras e o uso de componentes industrializados e de módulos que se encaixam, geram produtos uniformes, com alta produtividade na montagem e baixo consumo de mão de obra direta e indireta. As vantagens são nítidas não só no aspecto da fabricação, realizado de acordo com um sistema de garantia da qualidade ao longo do processo de produção, mas também de segurança para os profissionais envolvidos. Inclui-se também neste contexto, a redução dos riscos em relação ao prazo de obra, pois o processo todo é menos suscetível e sujeito a intempéries, uma vez que o processo construtivo se dá dentro da fábrica.
- Menor Prazo de Execução - Se comparado ao sistema convencional, uma vez que as etapas podem se sobrepor entre fábrica e canteiro de obra.
- Flexibilidade - Além da liberdade para a criação, o sistema permite a incorporação posterior de novos módulos tanto na horizontal, como na vertical, sem comprometer a estabilidade, e de acordo com as novas ou diferentes necessidades do usuário, facilitado pelo próprio processo construtivo, no qual utiliza, em muitos casos, um conjunto de perfis/chapas na formação das paredes de vedação, e por não ter função estrutural, proporciona, a qualquer tempo, readequações dos espaços, com fins de ampliação ou redução.
- Reaproveitamento e Portabilidade - Devido a independência dos módulos é possível, em caso de mudança de local ou reformas, readaptá-los em outros locais, com aproveitamento estimado entre 60% a 80% dos componentes.
- Ecoeficiência e Sustentabilidade - Utiliza materiais industrializados sob medida, reduzindo-se a quantidade de material utilizado e de resíduos gerados; consome menos água e energia, se comparado ao sistema convencional; propicia a captação da água da chuva; possibilita a geração de energia através de módulos fotovoltaicos na cobertura e ao final da vida útil, 80% dos materiais podem ser reaproveitados ou reciclados. A sustentabilidade também se torna tangível quando o sistema estabelece uma relação mais pacífica com o meio ambiente e com a sociedade. Dentro deste contexto, as equipes de projeto podem privilegiar fabricantes que selecionam seus materiais e produtos com a finalidade de minimizar o impacto da extração, processamento e transporte do

material. Por exemplo, especificando materiais de origem regional e produzidos de forma responsável (madeira certificada), podem reduzir os impactos incorporados do projeto associados ao transporte de materiais e esgotamento de recursos naturais, incluindo a perda de florestas.

A nível de desempenho ambiental os processos construtivos industrializados podem oferecer melhores condições de maior controle ao propiciar a redução da geração de resíduos, do uso de energia e água no processo de fabricação e no canteiro, conforme citado anteriormente. Devido a esse controle no processo de fabricação, há também maior facilidade no levantamento de dados para, por exemplo, permitir a avaliação do ciclo de vida (ACV), e assim permitir demonstrar com mais transparência e com menor tempo, o desempenho ambiental de produtos e processos, se comparado a outros tipos de sistemas construtivos (ABDI, 2015).

#### **4.6.4 Principais Aspectos Construtivos**

##### **4.6.4.1 Construção Modular – Permanentes e Realocáveis**

De acordo com o MBI - *Modular Building Institute* (2020), a indústria de construção modular comercial é composta por duas divisões distintas: Construções Modulares Permanentes (*PMC - Permanent Modular Construction*, em inglês) e as Edificações Realocáveis (*RB - Relocatable Buildings*, em inglês):

- Permanentes – Construção em módulos integrados, de um ou vários andares, a projetos construídos no local ou autônomos, com uma solução pronta para uso e podem ser entregues com instalações, acessórios e acabamentos internos
- Realocáveis – São edificações parcial ou totalmente montados, construídos e projetados para serem reutilizados várias vezes e transportados para diferentes locais de construção. Podem ser utilizados para escolas, escritórios de canteiros de obras, clínicas médicas, centros de vendas e em qualquer aplicação em que um prédio realocável possa atender a uma necessidade temporária de espaço.

#### 4.6.4.2 Industrialização da Construção - Ciclo Fechado e Ciclo Aberto

A ABDI (2015) classifica a industrialização da construção em Ciclo Fechado e Ciclo Aberto ou ainda, de acordo com Lawson (2014), de Sistema Modular Fechado e Sistema Modular Aberto, conforme ilustrado respectivamente pelas Figuras 18 e 19.

- **Ciclo Fechado** – Neste contexto, a maior parte das operações são realizadas na indústria (*off-site*), com maior controle da produção em processos que utilizam geralmente estruturas celulares de grandes painéis ou elementos que não podem ser substituídos por outros (ABDI, 2015). Lawson (2014), afirma que nesse tipo de sistema há um alto grau de padronização e pré-fabricação, ou seja, o espaço interior é definido e previamente preparado, e a sua função não pode ser alterada. Cirqueira (2015), acrescenta ainda que nos sistemas fechados o projeto construtivo é concebido com um grau restritivo de variações e as medidas modulares escolhidas não se comunicam com outras medidas de outras edificações, inviabilizando-se possíveis combinações, além da instalação da edificação ser concluída “de uma só vez”, o que se contrapõem a realidade da população de média e baixa renda, que costumam construir em etapas. Ao mesmo tempo, também ressalta o viés de dependência, por se estar vinculado a um único fabricante, para os casos de manutenções e substituições de componentes ou elementos.



**Figura 18** - Exemplo de Ciclo Fechado ou Sistema Modular Fechado

Fonte: Loftcube (2018). Disponível: <<https://www.loftcube.net/hardfacts.aspx?hf=design>>

- Ciclo Aberto – De acordo com a ABDI (2015), denomina-se ciclo aberto quando a industrialização de componentes e elementos são produzidos e destinam-se ao mercado comum e não especificamente a um determinado cliente. Segundo Cirqueira (2015), elementos e componentes têm sua produção seriada, procedentes de várias indústrias e compatíveis entre si, devido às suas dimensões serem múltiplas de um mesmo módulo, evitando-se assim a dependência de um único fabricante. Além de viabilizar a flexibilidade de projeto e atender as exigências formais de estética e de diferentes necessidades e programas, inclui-se também a vantagem econômica em função da produção em série. Lawson (2014) acrescenta que neste sistema, a estrutura básica modular é composta por vigas e pilares de canto, que suportam pisos e podem ser ligados em várias direções a outros módulos, inclusive empilhados, permitindo-se assim a criação de espaços maiores e um número maior de configurações, conforme ilustrado pela Figura 19.

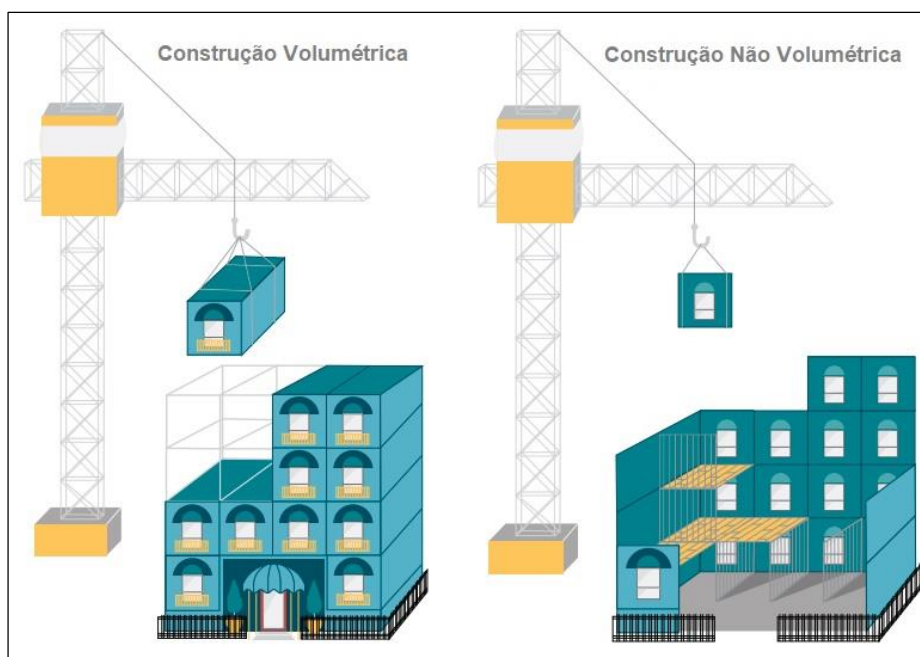


**Figura 19** - Exemplo de Ciclo Aberto ou Sistema Modular Aberto – Aulário UFRJ  
Fonte: Subpreitura da Praia Vermelha – Prefeitura Universitária – UFRJ (2017)

#### 4.6.4.3 Classificação dos Sistemas Construtivos Modulares

De acordo com o AIA - *The American Institute of Architects* (2019), através do seu manual para Projetos de Construção Modular, a construção modular também pode ser diferenciada quanto a sua volumetria. Em geral, os elementos de construção

modular pré-fabricados *off-site* são construídos como componentes Não Volumétricos ou como Unidades Volumétricas, conforme ilustrado pela Figura 20.



**Figura 20** - Construção Volumétrica e Não Volumétrica  
Fonte: AIA (2019)

Segundo Lawson et al. (2014), os projetos também podem empregar, além dos elementos Não Volumétricos e Unidades Volumétricas, uma combinação de ambos (Híbrida). Os projetos também podem empregar uma combinação de construção modular e elementos convencionais construídos no local:

- Construção Modular Volumétrica (3D) – Abrange a pré-fabricação *off-site* de unidades 3D individuais (Figura 21), de espaço fechado, que são então conectadas no local, de forma sequenciada, para formar uma única edificação. Este tipo é mais frequente e utilizado normalmente na construção residencial ou residencial multifamiliar (composta por várias unidades). Utilizado também para hotéis, dormitórios, centros de saúde, etc. Cada unidade, dependendo de seu tamanho, pode ser composta por um ou mais módulos. Outros exemplos incluem, salas pré-acabadas, cápsulas (*pods*) de banheiro e seções de elevadores ou núcleos de escadas.





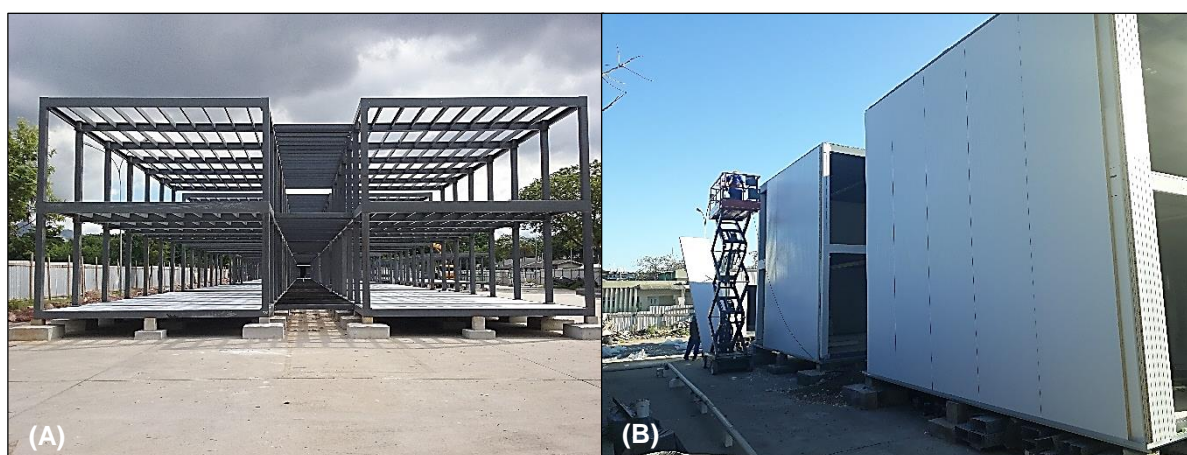
**Figura 21** - Construção Modular Volumétrica 3D – *Gotham Health (NYC)*  
Fonte: MBI (2019)

- Construção Modular Não Volumétrica (2D) – Envolve a pré-fabricação *off-site* de elementos de construção (comumente conhecidos como subconjuntos) que são então conectados no local. Exemplos comuns de elementos de construção modulares não volumétricos incluem: Elementos estruturais como pórticos, vigas e colunas; Painéis de parede e divisórias internas; Trelças de telhado; Painéis de piso; Seções de fachada e revestimentos de edificações (elementos de fachada pré-fabricados que são anexados a edificação para formar o envelope de construção). A Figura 22 a seguir, ilustra um elemento (parede) de fachada.



**Figura 22** - Painelização – Elemento Não Volumétrico 2D  
Fonte: MBI (2019)

- Construção Híbrida (2D e 3D) – Ocorrem em determinados projetos que usam uma abordagem combinada e que abrange elementos 2D em painéis e 3D volumétricos. Por exemplo, um edifício pode ser construído com dormitório concluído ou banheiro, com o resto do edifício montado por meio de elementos 2D. A seguir, através da Figura 23, um exemplo de construção híbrida, utilizada para a construção do Alojamento Modular, no Campus da UFRJ na Ilha do Fundão.



**Figura 23** - (A) Construção Híbrida (3D – Chassi Modular) – (B) Elementos 2D – Painéis Externos  
Fonte: ETU (2017)

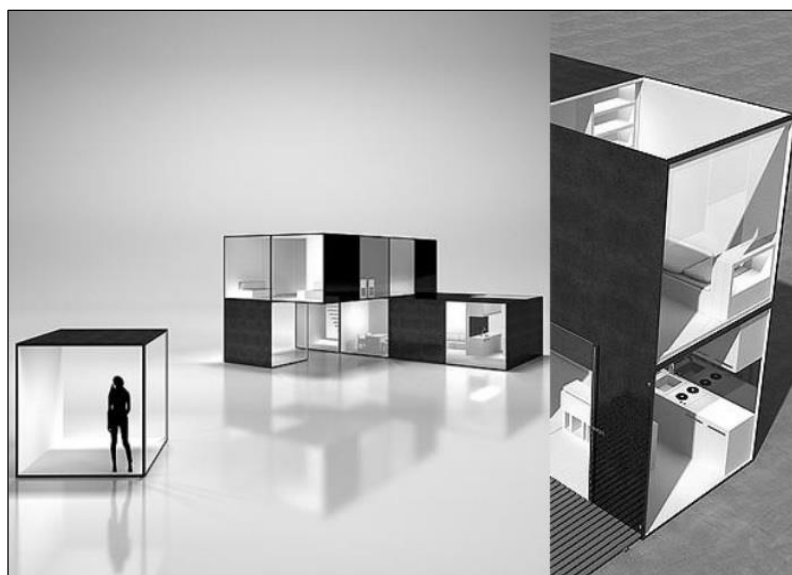
- Projetos de Construção Híbrida (off-site e on-site) – Podem incluir alguns componentes e processos construídos *on-site* (no canteiro de obras) por métodos convencionais e alguns componentes pré-fabricados *off-site*.

É comum se pensar em “Modular”, como um processo de construção em vez de um tipo de construção. Entretanto, um edifício construído modularmente significa simplesmente que os materiais foram entregues num local externo a instalação de fabricação modular, e montados em componentes, elementos ou módulos de construção tridimensionais e, na sequência, transportados para o local final para montagem.

Da mesma forma que na construção de uma edificação, a construção modular deverá atender as legislações pertinentes, normas e todos os requisitos de construção como se fosse construído no local de forma “Convencional”.

#### 4.6.5 Concepção

De acordo com a CBIC (2016), a partir de um módulo básico, por exemplo, de 3200mm x 3200mm x 3400mm, ilustrado pela Figura 24, é possível desenvolver inúmeras medidas, as quais dependerão da localização, das medidas do terreno, das condições de acesso, das condições logísticas, da aplicação, de fatores estéticos, de fatores estruturais, dentre outros.



**Figura 24** - Conceito de Construção Modular  
Fonte: CBIC (2016) - Categoria sistemas Construtivos

Os módulos são geralmente estruturados com perfis e tubos de aço carbono (junção/ligação), associados a perfis de aço galvanizado leve (*light steel frame*) para formação dos pisos e/ou tetos (painéis horizontais).

As divisórias internas e os fechamentos externos de paredes (painéis verticais) são fixadas à estrutura principal em aço carbono e se dá por uma variedade de elementos e componentes que podem ser utilizadas na construção pré-fabricada, tais como: chapas cimentícias delgadas, chapas de gesso acartonado (*drywall*), vidro, concreto, painéis com chapas OSB (*wood frame*), com montantes em painéis de madeira ou metálicos e isolantes termoacústicos em lã de rocha ou lã de vidro, entre outros.

Os painéis horizontais, estruturados com aço galvanizado leve e respectivas chapas, são inseridos na estrutura principal em aço carbono formando assim os pisos, os telhados/forros ou pisos/forros (no caso de mais de um pavimento). Entre os pilares de aço carbono que apoiam a estrutura principal, são inseridos os painéis verticais,

estruturados com aço galvanizado leve e respectivas chapas, formando assim as paredes. A fabricação e pré-montagem desses elementos e componentes é realizada na indústria com o auxílio de pórticos rolantes e guindastes para içamento.

A associação destes conjuntos formados por módulos, em forma de cubos ou de paralelepípedos prontos, são preparados para receber acabamento e depois serem transportados ao destino, onde recebem os ajustes e acabamentos complementares.

As instalações prediais de energia, dados, voz e imagem, água e esgoto, dentre outras, assim como os acabamentos, tais como pinturas, texturas, azulejos, pisos, louças, metais, interruptores, tomadas e luminárias são executadas com tecnologias, materiais e equipamentos convencionais.

Uma vez fabricados, esses módulos são transportados para o local da obra, onde são montados, conforme ilustrado pela Figura 25, e também fez parte do processo construtivo do Estudo de Caso, utilizado para este trabalho.



**Figura 25** - (A) Transporte, Içamento e Montagem da Estrutura Modular – (B) Módulos  
Fonte: O autor (2020)

Em geral, este sistema construtivo tem sua produção de 80 a 90% montados em fábrica, incluindo-se a incorporação de equipamentos e acabamentos, para na sequência serem transportados para o destino final sobre caminhões e, por fim, içados por guindastes, sendo de 10 a 20% dos serviços complementados no canteiro. Em alguns casos, dependendo da pré-montagem em fábrica e das medidas dos módulos, também deverá se considerar as limitações dos meios de transporte, que no caso do Brasil é feita, em sua maior parte, por rodovias, utilizando-se caminhões prancha. A altura limite deverá considerar as fiações e viadutos presentes no trajeto, bem como a respectiva legislação.

#### 4.6.6 Tipos de Sistemas Construtivos

O processo construtivo industrializado envolve componentes, elementos ou sistemas construtivos como um todo e se configura por aproveitar e tirar partido das diversas relações existentes entre os mesmos e as necessidades e características específicas de cada empreendimento, ou seja, a evolução desse tipo de construção leva a que o sistema construtivo modular possa ser executado através de diferentes soluções e com diferentes elementos e componentes, tendo sempre o mesmo objetivo e princípio: uma construção célere, fácil de executar e na sua maioria realizada em fábrica, sendo em muitos casos apenas necessário o transporte dos módulos para o local de implantação. Existem também casos em que apenas os elementos estruturais são montados em fábrica.

O conceito de construção modular abrange um grande e variado número de sistemas, elementos e componentes. Entre os mesmos, destacam-se a seguir alguns dos mais utilizados:

##### 4.6.6.1 Sistema Construtivo em *Light Steel Framing* (LSF)

Traduzido para o português como estrutura de aço leve e utilizando-se a abreviatura L.S.F., trata-se de um sistema construtivo caracterizado por um esqueleto estrutural leve, formado por diversos elementos individuais ligados entre si, conforme ilustrado pela Figura 26.



**Figura 26** - Utilização do LSF na Construção do Pavilhão Olímpico-RJ  
Fonte: ABCEM (2016)

Constituído por perfis formados a frio de aço galvanizado, estes são utilizados para a composição de painéis estruturais e não-estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes. Além disso, os perfis são fabricados já com orifícios que permitem a passagem de cabeios e tubulações.

O LSF tem como principal característica a estrutura. Por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução, com isso destaca-se por sua versatilidade, com sua utilização para construção de tipologias diversificadas, conforme representado pela Figura 27. Assim, devido a essas características, o sistema LSF também é conhecido por Sistema Autoportante de Construção a Seco.

Por ser muito leve, a estrutura de LSF e os componentes de fechamento exigem bem menos da fundação do que outras construções.

No mercado nacional os produtos mais usuais para a vedação externa das construções em LSF são fornecidos em placas ou chapas, com várias espessuras, sendo os mais utilizados a placa cimentícia, o OSB<sup>11</sup> (*Oriented Strand Board*) com proteção adequada quanto às intempéries, e painéis de aço tipo sanduíche compostos com isolantes (este último de uso mais frequente em edificações não residenciais).



**Figura 27** - (A) Vedação Externa e Versatilidade do Sistema do LSF – (B) Pavilhão Olímpico RJ  
Fonte: ABCEM (2016)

<sup>11</sup> São pranchas formadas pela sobreposição de três camadas de lâminas (escamas) de madeira longas, orientadas de forma perpendicular umas em relação às outras, com excelentes valores no Módulo de Elasticidade e de Resistência à Flexão. Especialmente adequados para o uso em situações estruturais ou não-estruturais na indústria de construção, tem também excelente capacidade de isolamento térmico e acústico.

#### 4.6.6.2 Sistema Construtivo em *Wood Frame*

No Brasil, este sistema é reconhecido como produto do processo industrial para fabricação de painéis estruturais e montagem de edificações, tendo como matéria prima principal a madeira de florestas plantadas, e originado de uma evolução dos sistemas leves em madeira, utilizados principalmente na região sul. Este sistema foi expandido a partir de imigrantes europeus, que levaram a técnica construtiva em madeira para a América do Norte durante a Revolução industrial e onde evoluiu para os Sistemas Nervurados (ABDI, 2015). A partir de 1960, deu início a produção em fábrica de painéis de parede, iniciando-se assim às construções painelizadas. Na sequência, como processo evolutivo do nível de industrialização dos elementos e componentes, surgiram as casas modulares e posteriormente as casas industrializadas, que se distinguem das construções painelizadas pelo maior grau de industrialização (VELLOSO, 2010).

O Sistema *Wood Frame* é estruturado por peças de madeira maciça, com fechamentos em chapas delgadas (Figura 28). Os componentes de fechamento externo podem ser constituídos de chapas tipo OSB, de chapas de madeira compensada, outras chapas de madeira ou chapa cimentícia. Os mesmos elementos podem ser aplicados para fechamentos internos, juntamente com as chapas de gesso acartonado para *drywall*.

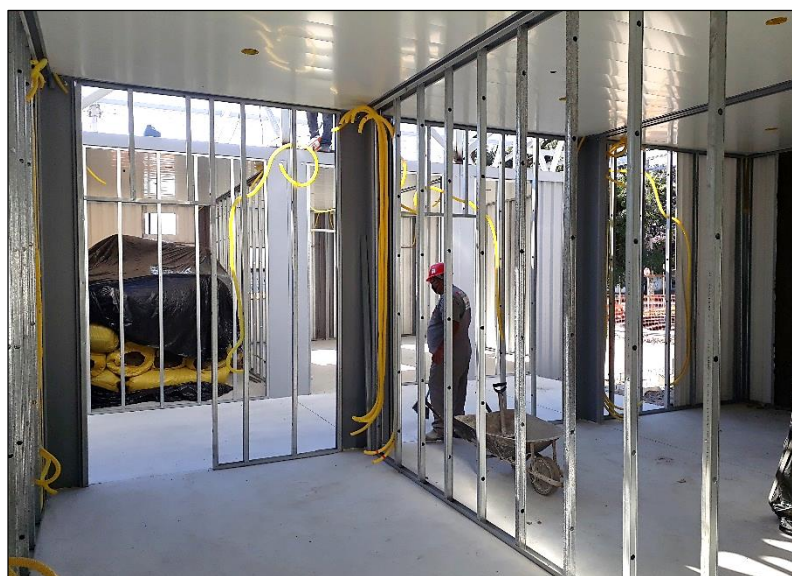


**Figura 28** - Prédio Construído em Sistema *Wood Frame*  
Fonte: Tecverde (2016)

Sua aplicação é concentrada em residências, edificações educacionais, institucionais e comerciais, mas sua flexibilidade favorece sua compatibilização com outros sistemas, o que propicia construções de tipologias mistas ou híbridas.

#### 4.6.6.3 Sistema Construtivo em *Drywall*

O *Drywall* é um sistema construtivo utilizado como vedação na parte interna das construções sem função estrutural. Pode ser aplicado em construções residenciais e não residenciais como: paredes, forros e revestimentos, bem como na montagem de mobiliário fixo. Teve maior impulso no país a partir de 1990 com uso em vedações verticais, e se caracteriza pela montagem de perfis e guias de aço galvanizado, com fechamento em chapas de gesso acartonado (Figura 29). Estas chapas de *drywall* são fabricadas industrialmente e compostas de uma mistura de gesso, água e aditivos, revestidas em ambos os lados com lâminas de cartão, que confere ao gesso resistência à tração e flexão.



**Figura 29** - Montagem de Perfis e Guias - Prédio Administrativo MN  
Fonte: O autor (2020)

Quanto maior a espessura e o número de chapas maior a resistência mecânica do conjunto. Esse sistema permite ainda derivações e composições de acordo com as necessidades de resistência à umidade e ao fogo, isolamento acústico ou fixação em grandes vãos.



No mercado nacional em geral são oferecidos três tipos de placas: a Placa Standard (ST); a Placa Resistente à Umidade (RU); a Placa Resistente ao Fogo (RF) – Figura 30. Entretanto entre os principais tipos de paredes e respectivas aplicações, também se destacam as paredes com alto desempenho acústico; de segurança; blindada e para ambientes de proteção radiológica.



**Figura 30** - Placa Resistente ao Fogo (RF) - Prédio Administrativo MN  
Fonte: O autor (2020)

O desempenho acústico e térmico dos sistemas construtivos *drywall* é alcançado através de isolantes térmicos em placas ou mantas de lã de vidro ou de rocha e mantas térmicas de alumínio, conforme lustrado pela Figura 31.

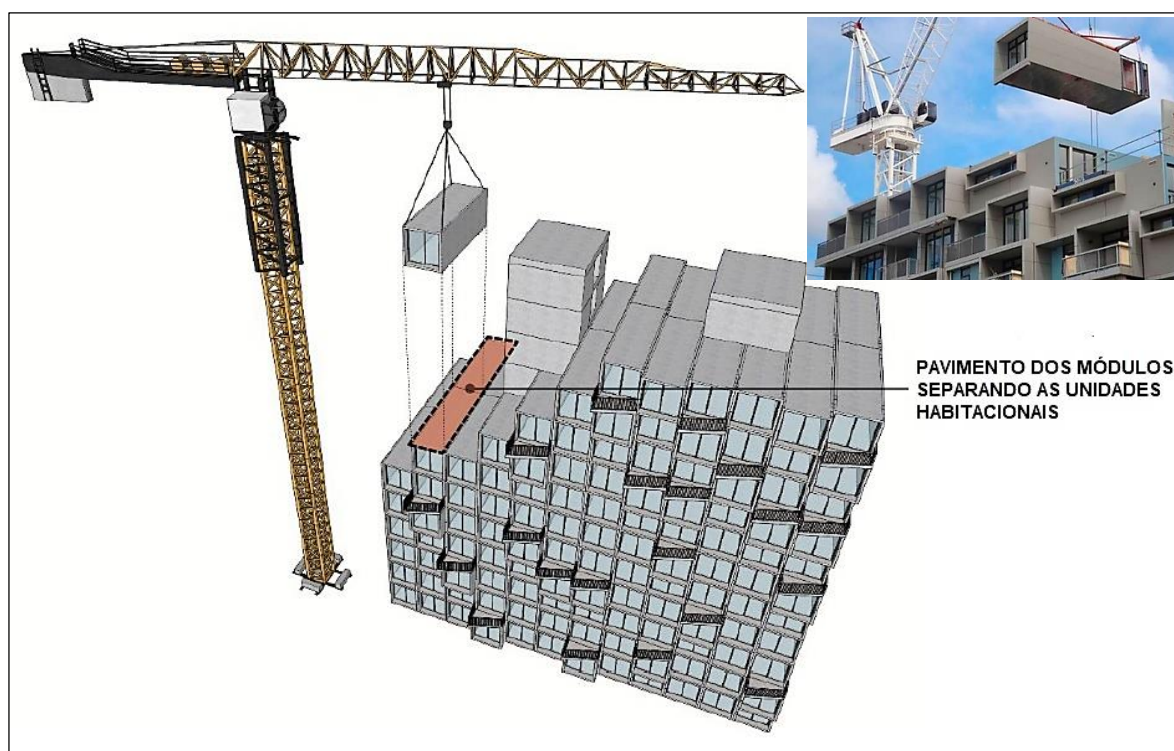


**Figura 31** - (A) Isolamento Termoacústico (Lã de Rocha) – (B) Manta de Alumínio  
Fonte: O autor (2020)

Inicialmente esse sistema foi utilizado para edificações industriais, mas atualmente já são utilizadas em infraestrutura de aeroportos e edifícios de múltiplos pavimentos.

#### 4.6.6.4 Sistema Construtivo em Concreto

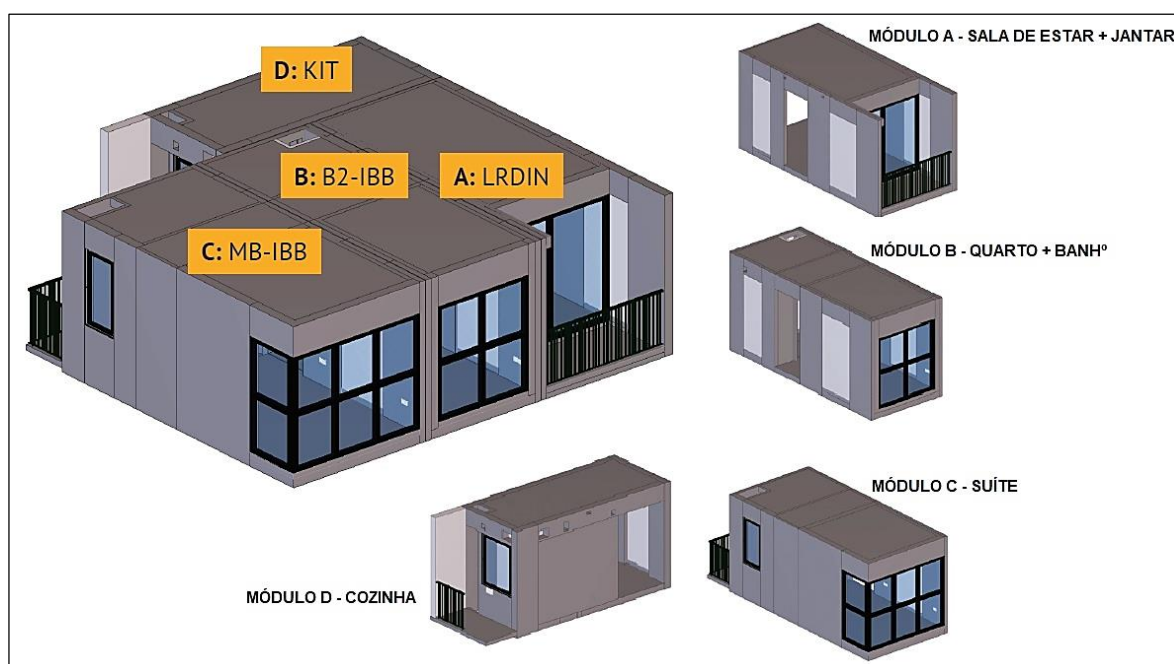
Segundo ABDI (2015), as primeiras aplicações de pré-fabricação ou industrialização na construção civil, no Brasil, se deram com o uso do concreto armado. Atualmente, observa-se a intensificação do uso de estruturas industrializadas, como parte de um processo evolutivo, que associa a implementação de inovações tecnológicas, métodos de trabalho e técnicas de planejamento e controle, de forma a melhorar a produtividade, o nível de produção e principalmente aprimorar o desempenho da atividade construtiva. Nesse sentido, e ampliando-se a já diversificada aplicação de elementos construtivos de concreto, como: estacas; vigas; pilares; lajes; bem como elementos de fachada (painéis de vedação), tem-se as unidades celulares, por vezes utilizadas em partes de construções, como os banheiros, cozinhas, garagens etc., e atualmente, em consonância a uma abordagem de Projeto para Fabricação e Montagem (do inglês, *Design for Manufacturing and Assembly - DfMA*), o emprego da tecnologia PPVC – (em inglês, *Prefabricated Prefinished Volumetric Construction - Construção Volumétrica - Pré-fabricada - Pré-acabada*) de concreto, ilustrado pela Figura 32.



**Figura 32** - Tecnologia PPVC – Compartimentação Por Pavimentos  
Fonte: Adaptado do Guia DfMA e BCA (2019)

De acordo com o Guia DfMA, a construção volumétrica pré-fabricada pré-acabada (PPVC) é um método de construção em que módulos tridimensionais independentes são finalizados com acabamentos internos, acessórios, em uma instalação de fabricação externa, antes de serem entregues e instalados no local por um processo de encaixe. Salas, quartos, banheiros, cozinhas, lavabos e áreas de serviço, por exemplo, chegam montadas no canteiro de obras, incluindo-se instalações hidrossanitárias, elétrica, esquadrias e tratamento termoacústico das paredes.

Os módulos são configurados para cada layout de projeto e poderá variar também em quantidade, de acordo com a tipologia da unidade residencial (Figura 33), e inclusive na adequação da sua geometria, de forma a facilitar o processo de produção.



**Figura 33** - Exemplo de Módulos de Unidade Típica (Visualização 3D)  
Fonte: Adaptado do Guia DfMA (2019)

As formas ou moldes utilizados no processo de fabricação dos módulos são em aço e projetadas para suportar o processo de manuseio e produção durante a vida útil necessária a produção. Esses moldes são tridimensionais e podem ser ajustados para atender a várias combinações de dimensões.

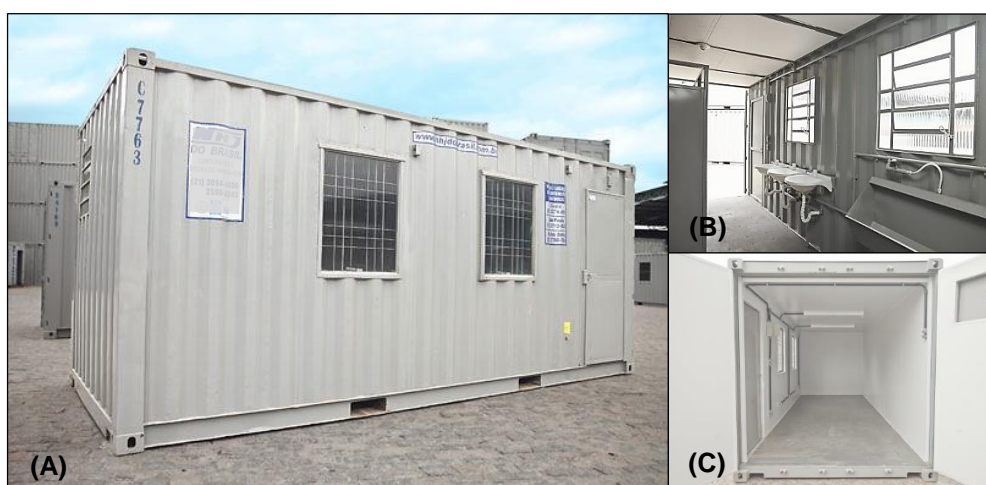
Após um processo cuidadoso de fabricação e de transporte dos módulos para o local, estes são içados por guindastes para a montagem. Os guindastes

empregados devem ser capazes de suportar o peso dos módulos PPVC, mas ao mesmo tempo ser capaz de fornecer cobertura suficiente para a altura pretendida.

#### 4.6.6.5 Sistema Construtivo Modular Metálico

No conceito de construção modular metálica e sua respectiva metodologia construtiva, incluem-se os contêineres e os módulos habitacionais, conforme descrição a seguir. Ambos têm características de personalização a nível de projeto e diferem basicamente quanto a sua estruturação.

- Contêineres – Comumente utilizados no transporte de cargas marítimas, vêm ganhando espaço no setor da construção civil no Brasil. São indicados para locais que necessitam de maior resistência, como no caso de canteiros de obras (Figura 34) e ambientes pesados da construção civil, porém estes também podem ser adaptados para habitação e projetos comerciais como escritórios, galerias, restaurantes, etc.



**Figura 34** - (A) Contêineres Para Canteiro de Obras – (B) Sanitário – (C) Escritório  
Fonte: Adaptado da NHJ do Brasil (2020)

Anualmente, milhares de contêineres são utilizados para transporte de cargas das mais variadas e apesar de sua vida útil ser de aproximadamente cem anos, sua utilização e vida útil operacional para transporte marítimo fica restrita entre 10 e 20 anos. Portanto, a utilização da logística reversa na recuperação de contêineres descartados para utilização na construção civil, tem se mostrado uma alternativa promissora, principalmente nos aspectos de conscientização

ambiental e desenvolvimento sustentável, com a preservação de recursos naturais (SANTOS et al., 2017).

Os contêineres, antes de destinados à construção civil, são necessários uma série de tratamentos que permitem, além de sua recuperação a nível estrutural e de acabamento, o seu preparo para esse fim. Nesse processo destacam-se atividades como: funilaria, serralheria, pintura, limpeza e principalmente a desintoxicação biológica, química e radioativa.

Destaca-se, também, na utilização de contêineres para a atividade de engenharia civil, sua resistência estrutural, a qual propicia, de forma segura, construções de até nove andares, com carga de até 25 toneladas em cada, além de maior eficiência executiva, reduções de prazo e custos (da ordem de 30%), se comparados a construção convencional (BARBOSA et al., 2018).

De forma retangular, tem também a seu favor uma geometria favorável na adequação a arquitetura modular, tanto na utilização de um único módulo como na união de vários módulos de contêineres (Figura 35).



**Figura 35** - Escola Americana em Minas Gerais – Módulos de Contêineres  
Fonte: Empresa Lafaete (2020)

De acordo com Freire (2018), existem mais de vinte tipos diferentes de contêineres, desenvolvidos de acordo a carga a ser transportada, entretanto, os mais usuais utilizados na construção civil são os *Dry Box* de 20 e 40 pés, com medidas externas, respectivamente de (6,06 m x 2,438 m x 2,59 m) e (12,192 m x 2,438 m x 2,59 m) e o *High Cube* (HC) de 40' com (12,192 m x 2,438 m x 2,896 m).

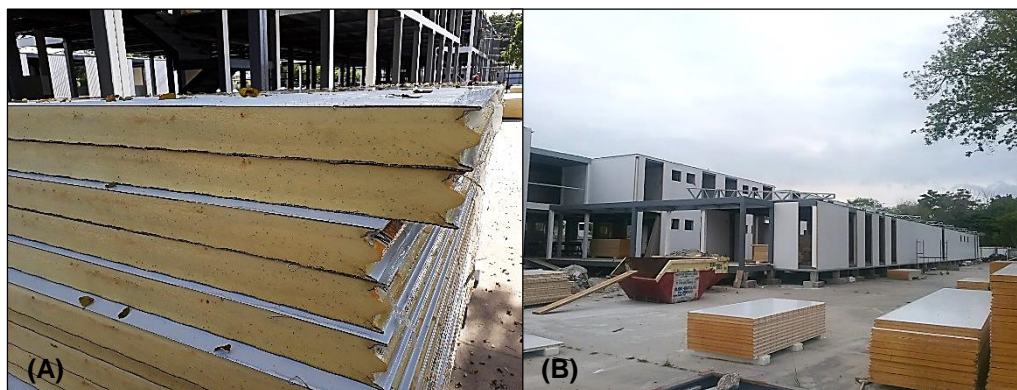
- Módulos Habitacionais - Devido a sua maior flexibilidade, é facilmente adaptado a projetos (layout personalizado), de acordo com a proposta do cliente ou disponibilizados em modelos (unidades modulares) já preconcebidos, conforme ilustrado pela Figura 36 (Aulário construído no Campus da Praia Vermelha – UFRJ). Esse método construtivo pode se tornar vantajoso, principalmente em obras maiores onde há grande repetição dos módulos (ABDI, 2015).

São comumente utilizados para residências, salas de aula, laboratórios, postos médicos, empreendimentos comerciais e industriais, em estrutura para eventos, entre outros. Podem ser montados e desmontados no global e incluem acabamentos mais refinados, com o uso de painéis metálicos termoacústicos.



**Figura 36** - Unidades Modulares Pré Fabricadas – Aulário – Campus PV - UFRJ  
Fonte: O autor (2018)

- Painéis Metálicos Termoacústicos ou Painéis Sanduiche - São elementos pré-fabricados, com características de alta rigidez estrutural e baixo peso, normalmente confeccionados externamente em aço (zincado pré-pintado, anodizado ou inox), alumínio ou chapas de polímero perfiladas a quente e com núcleo de isolamento térmico e sonoro, que pode ser de lã mineral, lã de vidro, poliestireno expandido (EPS) ou de poliuretano e emprega para montagem perfis metálicos ou encaixes tipo macho e fêmea, conforme ilustrado pela Figura 37 a seguir.



**Figura 37** - (A) Painel Termoacústico Poliuretano – (B) Alojamento em Módulos - UFRJ  
Fonte: O autor (2018)

Na construção civil, em específico no sistema construtivo modular, são usados em fachadas, divisórias e coberturas e em aplicações que requeiram elevada exigência a nível de limpeza do espaço.

A Construção Modular, na atualidade, apesar da diversidade de empresas que desenvolvem e comercializam diferentes sistemas e elementos construtivos e das grandes perspectivas futuras, ainda se encontra em crescimento e em estágio de desenvolvimento, tanto na qualidade dos aspectos de conforto e eficiência energética das construções, quanto nas questões técnicas construtivas adaptadas a modularidade, além de ter que superar, ainda, o preconceito dos clientes para aquisição de uma construção feita quase que totalmente em fábrica, em detrimento das construções ditas convencionais (GONÇALVES, 2013). Porém, em contraponto atenuante, já existe uma grande tendência, baseada nas vantagens e benefícios, procedente das características individuais de diferentes sistemas construtivos, na adoção dos sistemas construtivos híbridos, e assim romper um nicho heterogêneo e conservador na forma de pensar e se aplicar ou adotar novas tecnologias aos processos construtivos, como medida mediadora a resistência e preconceito, também por parte dos profissionais ante as novas tecnologias (TAKATA, 2017).

#### 4.6.7 Construções Modulares Pelo Mundo

O arranha-céu *Mini Sky City*, ilustrado pelas Figuras 38 e 39, é um prédio com 57 andares, construído em Changsha, capital da província de Hunan, na China, com 800 apartamentos e escritórios para aproximadamente 4.000 pessoas.



**Figura 38** - Montagem - Prédio *Mini Sky City* - China  
Fonte: Civilização Engenheira (2017)

O edifício foi construído em apenas 19 dias, além de ter estrutura à prova de terremotos. Ao longo de 5 meses foram fabricados 2.736 módulos (prontos) e vigas que se encaixavam facilmente, antes da efetiva construção. O *Mini Sky City* é oficialmente o segundo prédio construído de forma mais rápida do mundo.



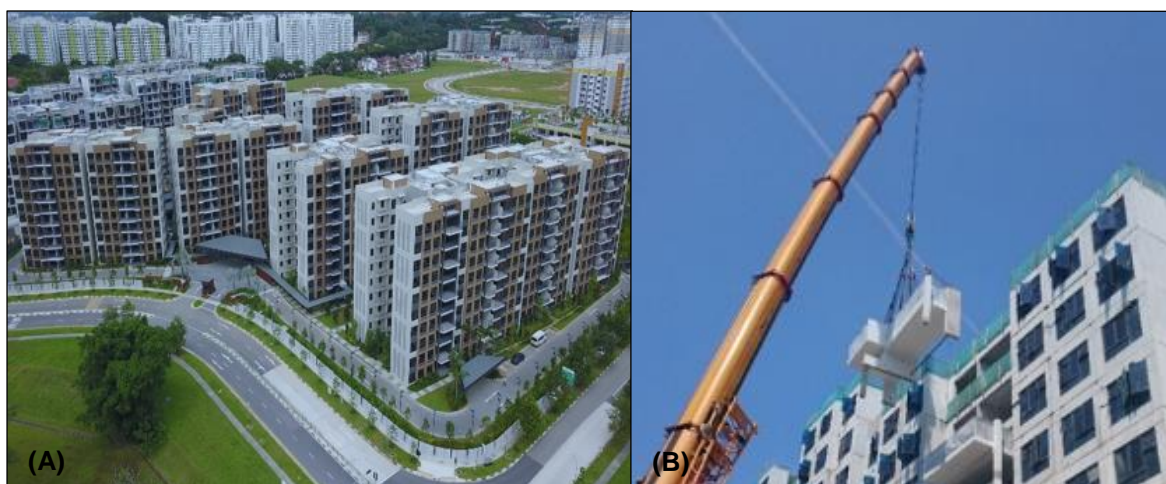
**Figura 39** - Desenvolvimento - Prédio *Mini Sky City* - China  
Fonte: Civilização Engenheira (2017)

A seguir um empreendimento de condomínio executivo (*The Brownstone Singapore*), localizado em Singapura, composto por 8 blocos de apartamentos



residenciais de 10 e 12 andares, com 638 unidades e um total de 4.098 módulos, onde foi empregado a tecnologia PPVC – (em inglês *Prefabricated Prefinished Volumetric Construction* - Construção Volumétrica - Pré-fabricada - Pré-acabada) de concreto (Figura 40).

Como os módulos PPVC são pesados (cerca de 25 a 40 toneladas), geralmente são utilizados guindastes de torre de alta capacidade de elevação e carga.



**Figura 40** - (A) Empreendimento – Tecnologia PPVC em Concreto – (B) Içamento dos Módulos  
Fonte: *Building and Construction Authority - BCA* (2019)

Também em Manhattan, nos Estados Unidos, o “*My Micro NY*” com nove andares de altura e 35 mil m<sup>2</sup> quadrados de espaço total é o primeiro prédio de micro apartamentos da cidade e consiste em 55 unidades modulares (Figura 41).



**Figura 41** - Prédio Modular de Micro Apartamentos - *My Micro NY*  
Fonte: *ArchDaily* (2015)

A proposta foi criada para atender às necessidades do crescente número demográfico de domicílios de uma e duas pessoas. É um empreendimento que venceu

uma competição americana de design para pequenos espaços. A construção foi a primeira a utilizar várias unidades modulares pré-fabricadas totalmente fora do local da instalação, e transportadas em caminhões até à cidade e encaixadas no local.

#### 4.6.8 Construções Modulares no Campus UFRJ

A seguir, através da Figura 42, e conforme já citado, ratifica-se uma tendência, ainda atual, na adoção de propostas construtivas modulares para os Campus da UFRJ, destacando-se algumas construções, como: Módulos Administrativos (ETU); Alojamento Estudantil em Módulos; Módulos Administrativos do IESC - Instituto de Estudos de Saúde Coletiva da UFRJ, estes localizados no campus da Ilha do Fundão, e um “Aulário” localizado no Campus da Praia Vermelha, dentre outros já executados ou em construção.



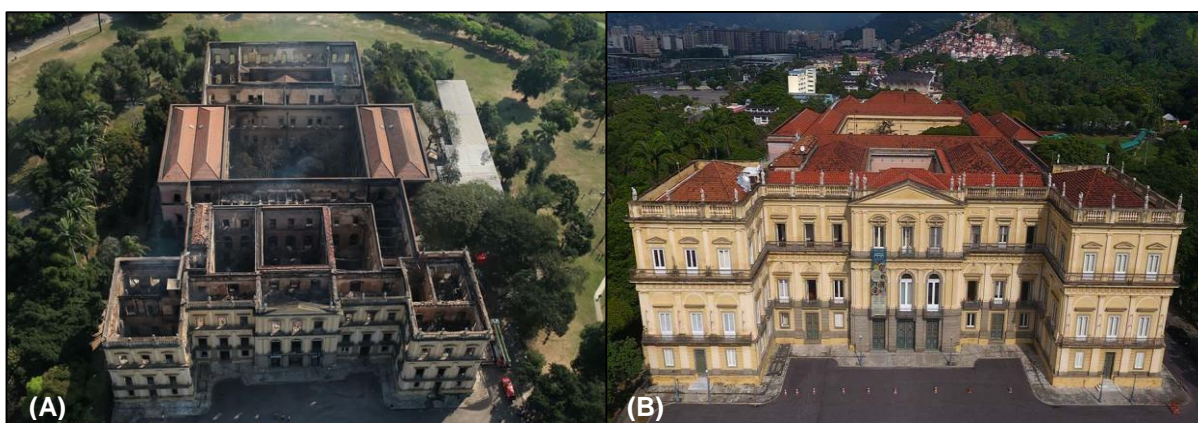
**Figura 42** - Construções Modulares nos Campus da UFRJ – (A) Módulo Administrativo ETU – (B) Alojamento Estudantil – (C) Salas de Aula PV – (D) Módulo Administrativo IESC  
Fonte: O autor (2018)

Segundo GROSSMAN (2013), as crescentes preocupações com as mudanças climáticas, escassez de recursos e resíduos, têm implicado em pressões da sociedade

para lidar com os seus impactos ambientais e para acelerar a proliferação de práticas no mercado da construção civil, que possam inovar cada vez mais e produzir tecnologias regionalmente apropriadas, mais sustentáveis e acessíveis. Os impactos das projeções ambientais sobre os negócios não são mais preocupações futuras. O desenvolvimento econômico, principalmente em países emergentes, o crescimento populacional, a rápida urbanização, significarão uma demanda considerável por habitações, novos prédios e novas infraestruturas, portanto, novos mercados provavelmente serão criados para produtos mais sustentáveis através das cadeias de suprimento da construção.

## 5. ESTUDO DE CASO

O incêndio ocorrido em dia 2 de setembro de 2018 e que destruiu o Museu Nacional do Rio de Janeiro (Figura 43), impactou uma das mais importantes e conhecidas instituições científicas e antropológicas da América Latina. Ali atuavam cerca de 230 servidores, entre Professores e Técnicos-Administrativos, além de alunos de pós-graduação, graduação e iniciação científica, inclusive de escolas de ensino básico. Diante do problema estabelecido, a solução encontrada foi a construção de infraestrutura no terreno anexo ao MN (conhecido como antigas Cavalariças Imperiais), para abrigar módulos laboratoriais e administrativos provisórios, necessários a manutenção e ao desenvolvimento das atividades administrativas e acadêmicas, até que as edificações definitivas, projetadas para o mesmo local, sejam concluídas.



**Figura 43** - (A) Vista Aérea do Museu Nacional Destruído Após o Incêndio – (B) Antes do Incêndio  
Fonte: Adaptada (2018). Disponível respectivamente:

<<https://epocanegocios.globo.com/colunas/Enxuga-Ai/noticia/2018/09/apos-tragica-destruicao-do-museu-nacional-gestao-publica-brasileira-continua-apagando-incendios.html>>. (Mendes, B.) /  
<<https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/curto-em-ar-condicionado-causou-fogo-que-destruiu-museu-nacional-diz-pericia,e35343a254becf1d2292088c9a37a5f14x2cz95n.html>>. (Motta, F.)

Conforme descrito nos objetivos específicos deste trabalho, foi proposto para este Estudo de Caso, uma avaliação a nível quantitativo e qualitativo através de inventário para emissões de GEE. Para tal, foi escolhida uma construção, inserida no Campus Anexo do MN / UFRJ, melhor detalhada nos tópicos seguintes. Em complemento, também foi proposto e considerado a comparação dos resultados para sistemas e contextos construtivos diferentes (Construção Modular versus Construção Convencional), porém, sempre que possível, para a mesma planta arquitetônica, de forma a permitir avaliações e comparações mais efetivas e realistas para os dados e resultados obtidos.

## 6. METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento do tema e o respectivo “Estudo de Caso”, foi dividida em etapas, conforme a seguir:

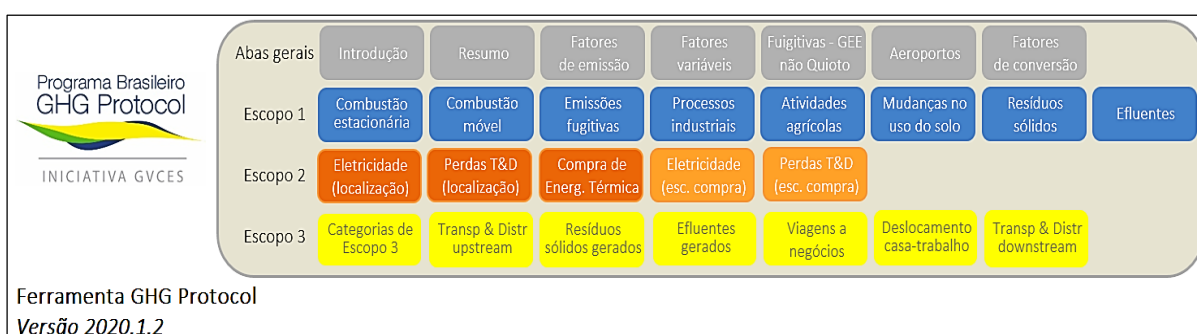
1. Pesquisas em livros; visitas técnicas; periódicos (nacionais e internacionais); revistas, artigos publicados; e pesquisas em internet, devidamente registradas nas referências bibliográficas ao final do trabalho. A pesquisa realizada foi de natureza aplicada e explicativa, com objetivo exploratório e enfoque quantitativo através da aplicação em um estudo de caso. Aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e direcionadas à solução de problemas específicos e de interesses locais, e explicativa quanto aos objetivos, uma vez que esclarece e identifica os fatores e motivos que determinam ou contribuem para as causas do tema abordado. Exploratória, por ter sido realizada sobre um tema com poucos estudos anteriores a respeito.
2. Neste item também estão descritas as características da área de estudo bem como seus dados de maior relevância. Destaca-se nesta fase a interação com a empresa executora da obra e seu engenheiro responsável, para o acesso a dados da obra, como: Planilhas de Insumos, consumo de combustíveis, fornecedores, energia elétrica adquirida (consumida), resíduos produzidos na construção, entre outros, a fim de determinar com mais precisão as possíveis fontes de emissão. Por ser um Estudo de Caso e este ter como objeto de contratação, por parte da Administração da UFRJ e do Museu Nacional, um Prédio Administrativo e também por fazer parte da estrutura do ETU / UFRJ (Escritório Técnico da Universidade)<sup>12</sup>, como servidor técnico, através da Seção Técnica de Fiscalização (SETEF - ETU), pôde-se ter acesso facilitado, não só para o acompanhamento e fiscalização da construção, em todas as suas fases, mas também a projetos, especificações, planilhas de insumos adquiridos e aplicados na construção, além de todas as informações que fizeram parte

---

<sup>12</sup> ETU (Escritório Técnico da Universidade Federal do Rio de Janeiro) - Órgão que pertence a estrutura administrativa da UFRJ, e que tem entre suas atribuições: Elaborar e supervisionar planos e projetos de engenharia e arquitetura relativos à construção, reforma, restauração e conservação das edificações nos campus da UFRJ; Emitir pareceres técnicos sobre as eventuais patologias nas edificações e principalmente fiscalizar a execução de novas construções, reformas, modificações de uso, demolição e/ou conservação dos edifícios.

deste trabalho, especificamente de documentações que orientaram o inventário.

3. Para a elaboração do inventário foi empregada a estruturação, especificações e notas técnicas da metodologia e ferramenta Greenhouse Gas Protocol (PBGHG Protocol – versão 2020.1.2 – imagem ilustrativa - Figura 44) e os respectivos fatores de emissão foram disponibilizados e baseados em publicações como IPCC, DEFRA, EPA, MCTI, dentre outros, para assim verificar e validar a aplicabilidade do método proposto, através de seu emprego neste estudo de caso.



**Figura 44** - Aba de Introdução da Ferramenta PBGHG Protocol - Versão 2020.1.2  
Fonte: Programa Brasileiro GHG Protocol (2020)

4. Para o Estudo de Caso, especificamente, o trabalho proposto foi subdividido, conforme a seguir:
  - Apresentação e descritivo da obra “Modular” em estudo, bem como da mesma obra, utilizando-se, em comparação, a metodologia construtiva convencional;
  - Aplicação, adequação e validação da ferramenta utilizada para inventários de emissões de GEE para um empreendimento de construção civil (construção denominada Prédio Administrativo do MN).
  - Delimitação dos limites organizacionais e operacionais, com a elaboração e apresentação dos cálculos e;
  - Apresentações dos resultados e conclusões, incluindo-se propostas, métodos construtivos e tecnologias que permitam a redução das emissões de GEE;
  - Recomendações para futuros trabalhos.

## 6.1 NORMAS E PRINCÍPIOS E ETAPAS CONCEITUAIS

O inventário foi desenvolvido de acordo com normas e princípios, já abordados anteriormente, para contabilização e elaboração de relatórios e citados pelo Programa Brasileiro “*GHG Protocol*”, que incluem: Transparência; Relevância; Integralidade; Consistência e Exatidão.

Adicionalmente a metodologia, também foram seguidas suas etapas conceituais, que incluem: Definição dos limites organizacionais e operacionais do inventário; a seleção da metodologia de cálculo e fatores de emissão; a coleta e compilação dos dados das atividades que emitem GEE; o cálculo das emissões e a elaboração e consolidação do inventário.

Das orientações e recomendações e especificações referentes a Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa, foram adotados:

- *GHG Protocol-Corporate Accounting and Reporting Standards (Corporate Standard)*<sup>13</sup>;
- *GHG Protocol-Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard*<sup>14</sup>;
- ABNT NBR ISO 14.064-1:2007-Gases de efeito estufa: Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa, da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, com base na norma ISO correspondente.

O inventário foi também baseado no:

- Guia Metodológico para Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil publicado pelo Sinduscon-SP em 2013 (de forma a complementar as normas e diretrizes do *GHG Protocol* e IPCC, algumas ferramentas e guias metodológicos setoriais são disponibilizadas por meio digital e auxiliam na elaboração de inventários).

---

<sup>13</sup> Edição Revisada e Atualizada - 2015

<sup>14</sup> Edição Revisada e Atualizada - 2013

## 6.2 LIMITES ORGANIZACIONAIS

As estruturas e operações de negócios podem variar de forma significativa entre empresas ou organizações. Portanto, a fim de inventariar e consolidar suas respectivas emissões de GEE, cada organização deve identificar os limites dentro dos quais irá trabalhar, e ser consistente na sua abordagem ao longo do tempo, ou seja, de forma objetiva, os limites organizacionais referem-se aos aspectos de como serão consolidadas as emissões de GEE, estabelecendo-se que unidades ou instalações serão contempladas pelo inventário.

No caso das atividades de Engenharia e Construção, diferente da maioria das indústrias, as atividades emissoras acontecem em instalações que têm tempo limitado de atividade e correspondem aos Contratos de Obras, que se considera a unidade mínima para o inventário e se equivale à presença da Construtora em uma obra individual.

Em relação aos limites organizacionais deste inventário, foi considerada a Construção Modular para o Prédio Administrativo do Museu Nacional, que integra o Projeto de Implantação do Campus Anexo ao MN, conforme melhor detalhado a seguir.

Esta construção foi contratada em 09 de agosto de 2019 junto a empresa Dimensional Engenharia Ltda., empresa, segundo definido pela mesma, com mais de 20 anos de experiência nas mais diversas áreas da Engenharia, focada em obras de médio e grande porte e domínio de procedimentos executivos de serviços, associado à tecnologia de diferentes sistemas construtivos, e extensivos a clientes privados e públicos, nas esferas federal, estadual e municipal.



### 6.2.1 Implantação do Campus Anexo ao MN

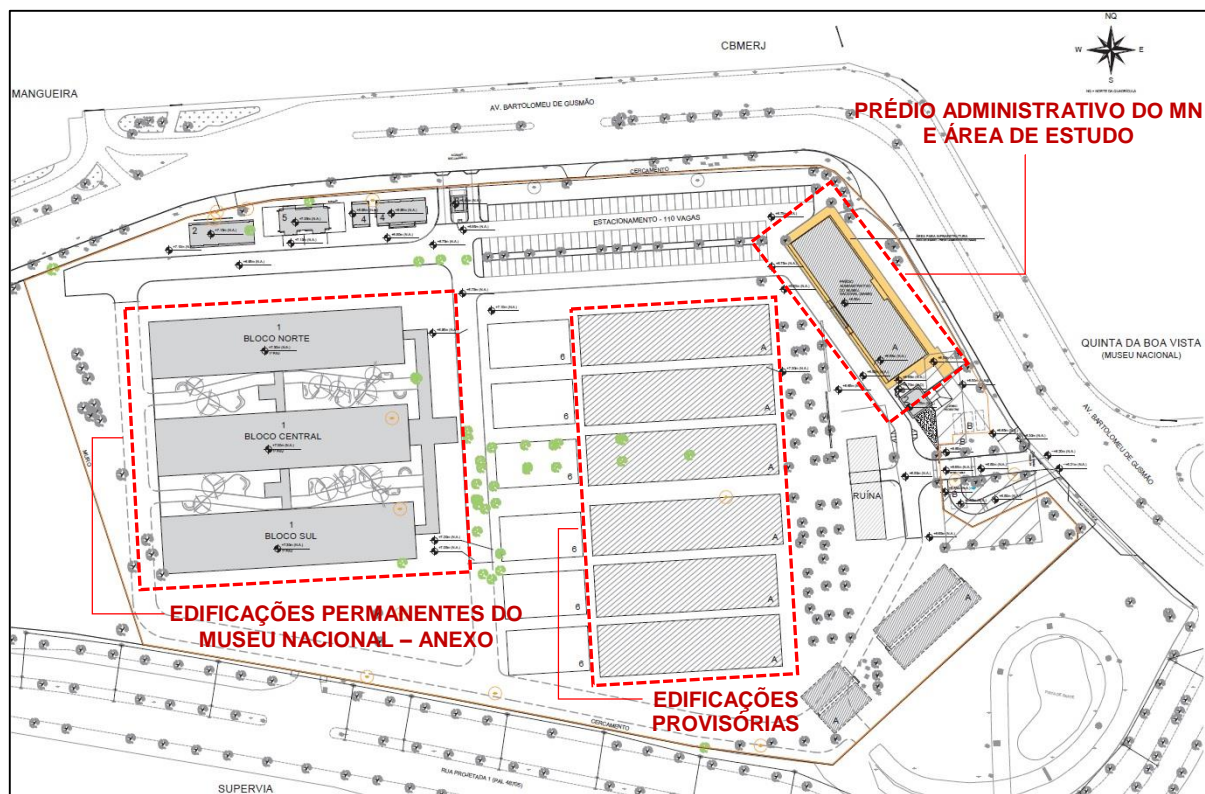
A seguir, através da Figura 45, uma visualização da área de implantação e localização do Campus Anexo do MN, via Google Maps, onde ressalta-se a importância da proximidade com os Prédios do Museu Nacional e Biblioteca, em termos de logística tanto para ocupação, como para utilização futura das novas instalações.



**Figura 45** - Localização do Campus Anexo – Museu Nacional – Via Google Maps  
Fonte: Adaptada (2020) <<https://www.google.com/maps>>

Para a consolidação do Projeto de Implantação para o chamado “Campus Anexo do Museu Nacional da UFRJ”, que compreende uma área de cerca de 42.469,86 m<sup>2</sup>, representado pela Figura 46 a seguir, estão sendo elaborados estudos e projetos de forma a abrigar, num primeiro momento, provisoriamente, e na sequência, em definitivo, toda a estrutura alocada anteriormente no Palácio São Cristóvão (Museu Nacional).

Nestes estudos, a área de Projeção das Edificações Temporárias (Projeto do Museu Nacional) é de 7.063,54 m<sup>2</sup>, enquanto que a Área de Projeção das Edificações Permanentes (Projeto do ETU-UFRJ) será de 5.191,50 m<sup>2</sup>, que totalizam uma Área de Ocupação aproximada de 30% e Área Livre de 29.883, 75 m<sup>2</sup>.



**Figura 46** - Planta de Implantação do Campus Anexo ao MN  
 Fonte: Adaptada – ETU-UFRJ (2020)

### 6.2.2 Campus Anexo ao MN - Prédio Administrativo do Museu Nacional

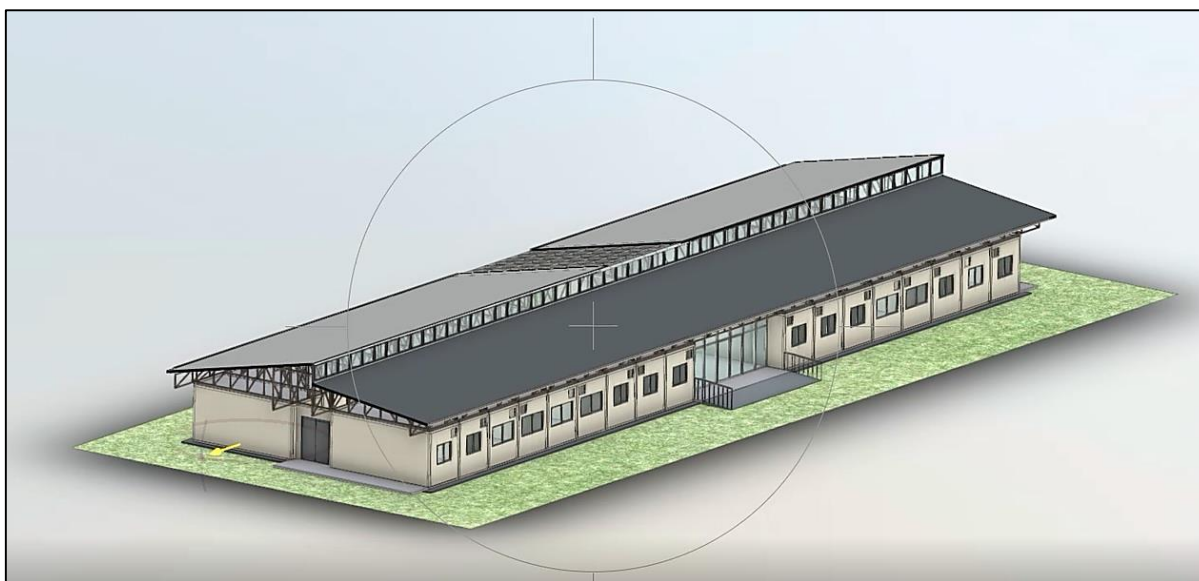
Este estudo de caso e a realização do inventário de emissões de GEE foi concebido e baseado numa das edificações construídas, denominada Prédio Administrativo do MN, localizado na Av. Bartolomeu de Gusmão nº 875, São Cristóvão – Rio de Janeiro - RJ, coordenadas (22°54'29.1"S 43°13'40.3"W), conforme Figura 47.



**Figura 47** - Localização do Prédio Administrativo – Estudo de Caso – Via Google Maps  
 Fonte: Adaptada (2020) <<https://www.google.com/maps>>

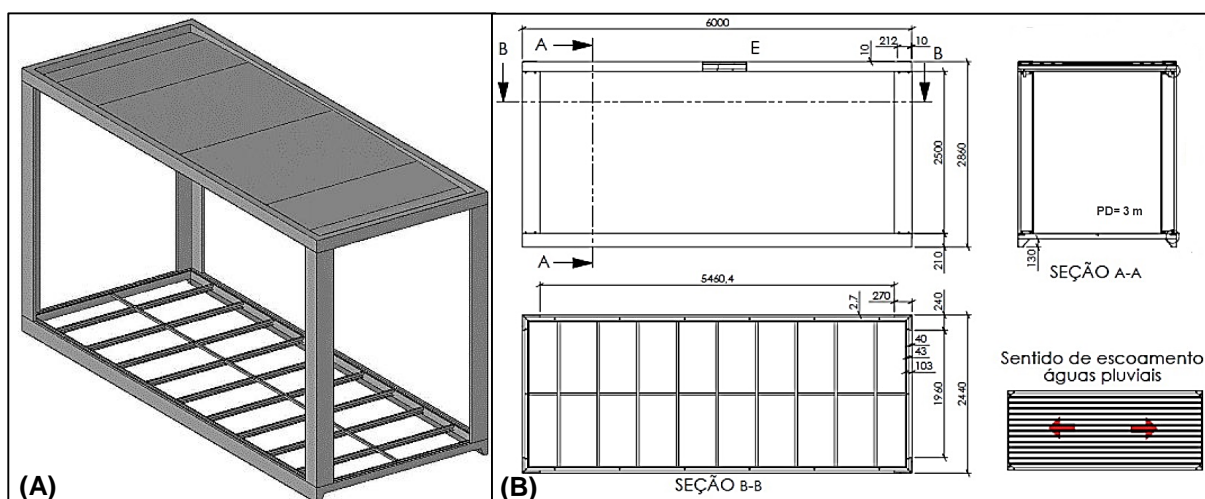
### 6.2.3 Descritivo da Obra - Prédio Administrativo do Museu Nacional

O Prédio é constituído pela união de 34 módulos habitáveis, com medidas externas de 6,00 x 2,44 x 3,36 m, com pé direito especial de 3 m (altura útil), separados em quatro grupos por um corredor e um pátio central, em um total de área de 620,03 m<sup>2</sup>. Os módulos metálicos são constituídos basicamente de chassi, pilares, teto, chapa de aço trapezoidal para vedação externa (fachadas) e cobertura, conforme vista isométrica 3D da Figura 48.



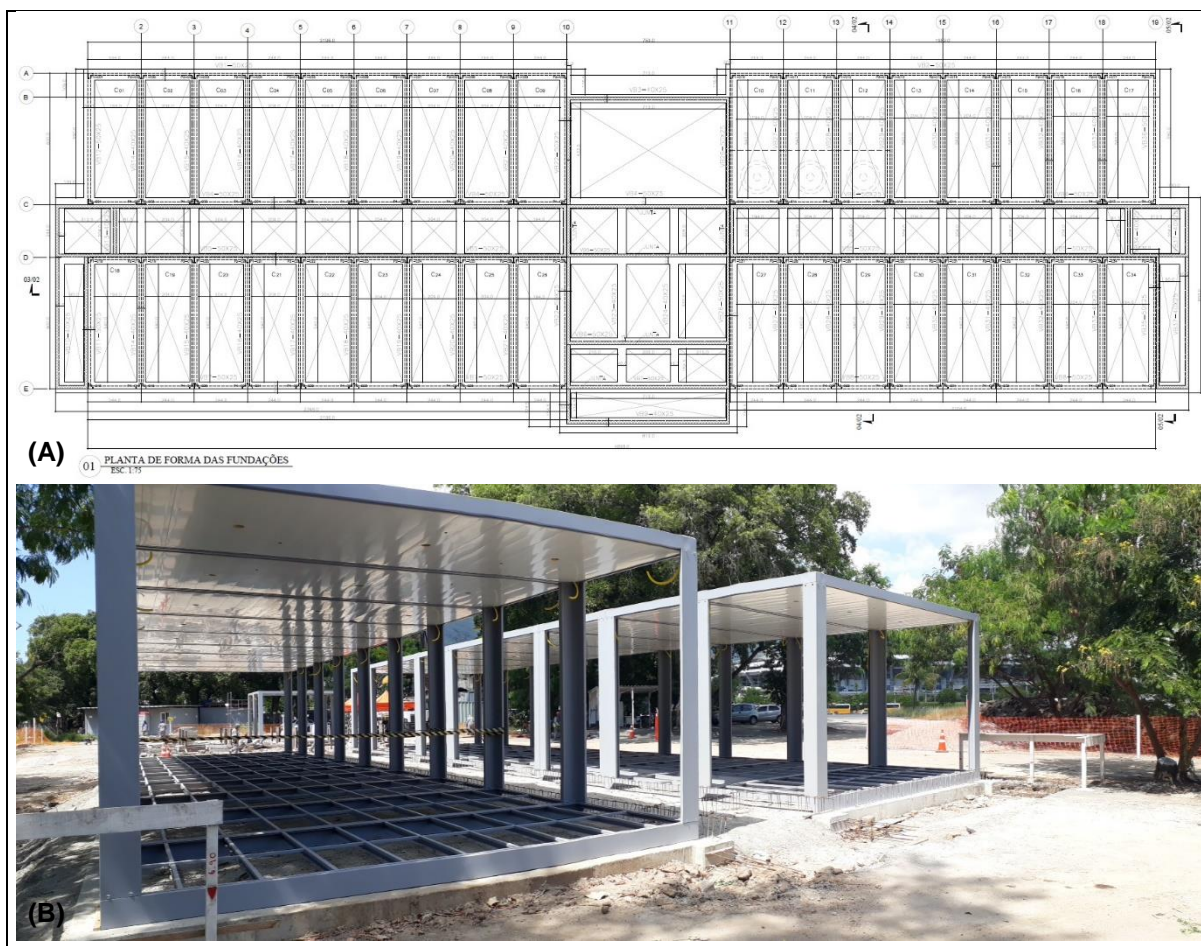
**Figura 48** - Vista Isométrica – 3D – Prédio Administrativo MN  
Fonte: Empresa Dimensional Engenharia (2020)

Abaixo, detalhes dos elementos que compõem a Estrutura Modular dos módulos habitacionais (Figura 49).



**Figura 49** - Elementos que Compõem a Estrutura Modular – (A) Chassi – (B) Detalhes Construtivos  
Fonte: Adaptado pelo autor - Empresa Dimensional Engenharia (2020)

A fundação do prédio é constituída por vigas baldrames em concreto armado, de  $f_{ck}^{15}=30$  MPa, apoiadas no terreno, sob a projeção das vigas inferiores dos módulos habitáveis (Figura 50).



**Figura 50** - Fundação em Vigas Baldrames de Concreto Armado – (A) Planta de Formas – (B) Disposição dos Módulos Sobre as Vigas  
Fonte: Adaptado pelo autor (2020)

A laje piso, nas áreas de circulação, jardim, hall de entrada, ou seja, regiões fora da projeção dos módulos metálicos, também é apoiada diretamente sobre o terreno e construída em concreto armado, maciço, com  $f_{ck}=30$ MPa, com 10cm de espessura e armadura em tela telcon, com reforços nas extremidades e juntas.

<sup>15</sup> O  $f_{ck}$  é definido pela ABNT NBR 6118:2014 (Projeto de estruturas de concreto — Procedimento) como sendo a resistência característica do concreto à compressão.

Os pisos internos dos módulos, foram concebidos em laje pré-moldada painel (pré-laje), com 12cm de espessura, com concreto  $f_{ck}=30\text{Mpa}$ , com juntas serradas e alisamento mecânico como acabamento final (Figura 51).



**Figura 51** - (A) Painel Pré-laje – (B) Laje de Piso Pré-Moldada  
Fonte: O autor (2020)

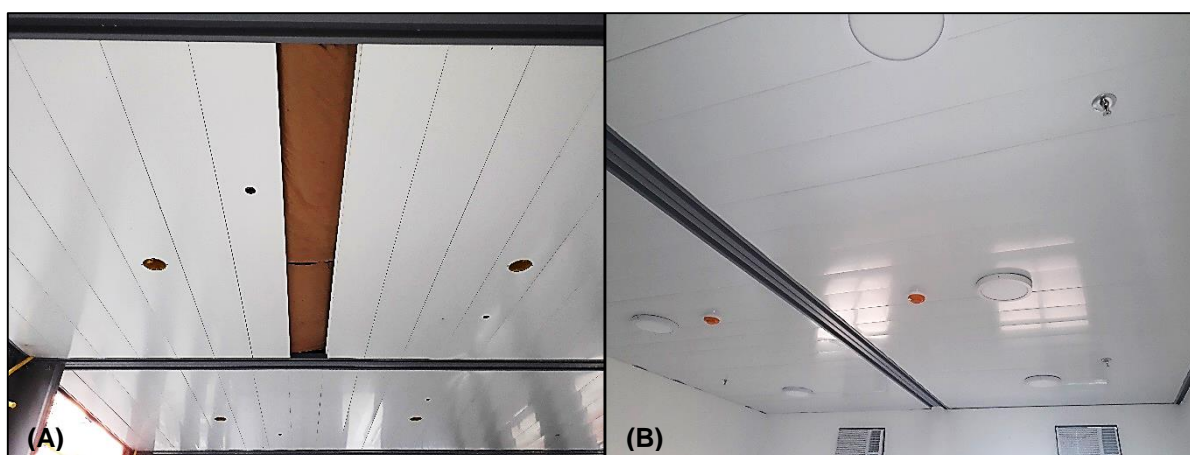
A estrutura interna (divisórias) é constituída em *drywall*, estruturadas através de guias e montantes de aço, com revestimentos em chapas de gesso acartonado RF (Resistente ao Fogo) e miolo em lã de rocha e manta *foil* alumínio, respectivamente, como isolantes acústico e térmico, conforme ilustrado pela Figura 52.



**Figura 52** - (A) Divisórias em *Drywall* – (B) Estruturação em Guias e Montantes  
Fonte: O autor (2020)

Para as áreas molhadas foram utilizados painéis de gesso acartonado do tipo RU (Resistente a Umidade).

O forro interno é formado por chapas de aço galvanizado, com 0,50mm de espessura, em faixas modulares lisas, de encaixe, simplesmente apoiadas nas estruturas superiores dos módulos, pré-pintadas e também composta por isolamento em lã de rocha, para a manutenção do isolamento (Figura 53). O Módulo, na parte superior, também é provido de uma subcobertura em chapa trapezoidal.



**Figura 53** - (A) Forro em Chapa Galvanizada – (B) Forro Acabado  
Fonte: O autor (2020)

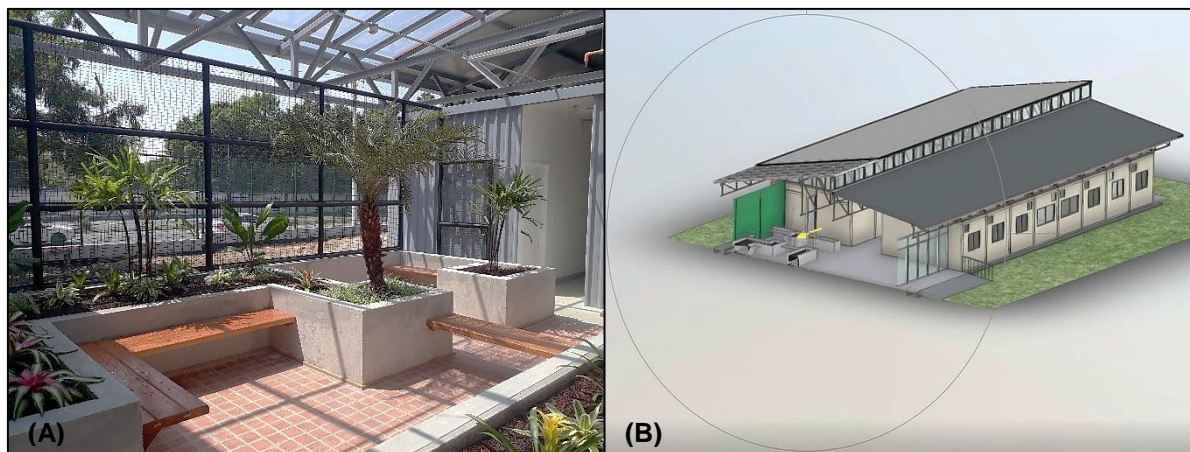
Para o piso, de forma geral, foi especificado concreto com acabamento liso e cerâmica para as áreas molhadas (copa e sanitários).

Todo conjunto do prédio é unido por uma cobertura comum, com telhas do tipo isotérmica sanduiche, com pintura de proteção e acabamento na cor ocre, estruturada através de treliças metálicas, em duas águas, em níveis (alturas) diferentes, interligadas por janelas conjuntas do tipo maxim-ar, propiciando-se iluminação e ventilação natural, em forma de *shed*, ao longo de toda extensão do prédio, conforme representado na Figura 54.



**Figura 54** - (A) Estruturação da Cobertura – (B) Cobertura em Telhas Isotérmicas Metálicas  
Fonte: O autor (2020)

Na parte central da cobertura, sobre o jardim interno, conforme ilustrado pelo detalhe da Vista Isométrica 3D-Figura 55, há também um trecho com transparência em policarbonato, o que propicia a iluminação natural. Neste trecho as estruturas do telhado (treliças) ficam aparentes.



**Figura 55** - (A) Jardim Interno – (B) Vista Isométrica em Corte – 3D  
Fonte: Adaptado – Empresa Dimensional Engenharia (2020)

As fachadas proporcionam um visual de container marítimo e esse efeito estético se dá através da aplicação de chapas metálicas, em formato trapezoidal e com acabamento em pintura eletrostática na cor cinza. Portanto, de forma resumida, e conforme estabelecido anteriormente, esta construção pode ser caracterizada quanto a sua industrialização, de ciclo aberto, do tipo híbrida.

A seguir uma vista panorâmica e frontal após a conclusão da obra, conforme ilustrado pela Figura 56.



**Figura 56** - Vista Panorâmica da Obra - Conclusão  
Fonte: Empresa Dimensional Engenharia (2020)

#### 6.2.4 Descritivo da Obra - Construção Convencional

Conforme registrado anteriormente, é objetivo deste trabalho também estabelecer, sempre que possível, comparações quanto a quantificação de emissões, utilizando-se a mesma planta arquitetônica, simulando-se a construção do mesmo prédio através de uma metodologia convencional. Para tal premissa, foi estabelecido a seguir um descritivo básico dos serviços para a execução do prédio:

- A estrutura do prédio foi totalmente concebida em concreto armado;
- Para a infraestrutura foi feito o dimensionamento para os elementos de fundação, adotando-se fundação rasa em sapatas, conforme planta de locação (APÊNDICE II) e demais detalhes, inclusive com a quantificação de material a ser utilizado;
- As escavações e movimentações de solo, também foram dimensionadas e quantificadas em função da metodologia utilizada na execução da infraestrutura;
- A superestrutura (vigas, lajes de piso, teto e pilares), também foi definida em concreto armado moldado in loco;
- Para os vãos de portas e janelas foram consideradas as execuções de vergas e contra vergas (elementos estruturais) dispostos na alvenaria, que funcionam como pequenas vigas que auxiliam na distribuição de tensões e cargas nos respectivos vãos;
- As paredes externas e internas foram especificadas em alvenaria de bloco cerâmico, com posterior aplicação de chapisco, seguido do revestimento em argamassa para emboço e reboco;
- Para o revestimento em pintura, foram consideradas as pinturas interna e externa das paredes, em tinta acrílica em duas demãos, mediante preparo prévio: limpeza, lixamento, aplicação de 01 demão de líquido selador e emassamento e a pintura em tinta esmalte e demais preparos para as portas;
- A cobertura foi executada em estrutura de madeira e telha de fibrocimento;
- Os serviços que não foram mencionados, seguiram o projeto original modular ou foram levantados e incluídos diretamente na Planilha de Quantitativos (base para o inventário do GEE para o Estudo de Caso) - APÊNDICE I.



### 6.3 LIMITES OPERACIONAIS

A definição dos limites operacionais corresponde à identificação das fontes de emissão de GEE que foram efetivamente quantificadas e incluídas no inventário.

As fontes de emissão foram classificadas em Emissões Diretas ou Indiretas e definidas, segundo metodologia aplicada, em três Escopos (Escopo 1; 2 e 3). Estes Escopos e as respectivas descrições estão apresentadas no Quadro 2 a seguir:

**Quadro 2** - Caracterização dos Escopos Considerados no Estudo de Caso

ESCOPOS	CONJUNTO DE FONTES EMISSORAS		
<b>ESCOPO 1 (EMISSIONES DIRETAS DE GEE)</b>	Engloba emissões de fontes de propriedade ou controladas pela empresa	<b>Consumo de Combustíveis</b>	Emissões de consumos de combustíveis em equipamentos próprios ou locados pela empresa para operarem sob sua gestão. Nesta categoria entram os equipamentos fixos e móveis que operam no canteiro de obras.
			Emissões de transporte com veículos próprios ou locados, inclusive de funcionários, administrativo, aeronaves próprias e outros custeados pela Construtora.
<b>ESCOPO 2 (EMISSIONES INDIRETAS DE GEE DA ENERGIA ADQUIRIDA)</b>	Considera as emissões da geração de eletricidade ou energia térmica adquiridas pela empresa e utilizadas nas suas atividades	<b>Emissões da Geração da Energia Adquirida pela Construtora para a Obra.</b>	
<b>ESCOPO 3 (OUTRAS EMISSIONES INDIRETAS)</b>	Emissões indiretas que são consequência das atividades da empresa, mas ocorrem em fontes que não são de propriedade ou controladas pela mesma	<b>Consumo de Combustíveis</b>	Emissões de consumos de combustíveis em equipamentos de terceiros, contratados para execução de escopos fechados. Nesta categoria entram os equipamentos fixos e móveis que operam no canteiro de obras, cujos consumos de combustíveis estão fora da gestão direta da Construtora.
			Fretes diversos contratados pela Construtora, tais como transporte de funcionários e transporte administrativo.
			Viagens aéreas a negócios.
		<b>Destinação de Efluentes e Resíduos</b>	Emissões do tratamento ou destinação dada por terceiros.
		<b>Fabricação de Materiais Aplicados na Obra</b>	Emissões da produção dos principais materiais aplicados na obra. A relação de materiais pode variar conforme o tipo de obra, sendo em geral liderada pela fabricação de materiais cimentícios e aço, seguindo-se outros materiais que podem ser relevantes dependendo do perfil da obra.
		<b>Fretes dos Materiais Aplicados na Obra</b>	Fretes dos principais materiais aplicados nas obras, sendo contratados e custeados pelo fornecedor ou contratados pela Construtora com empresas transportadoras.

Fonte: (Adaptado) - Guias Metodológicos SindusCon-SP e Instituto Ethos (2013)

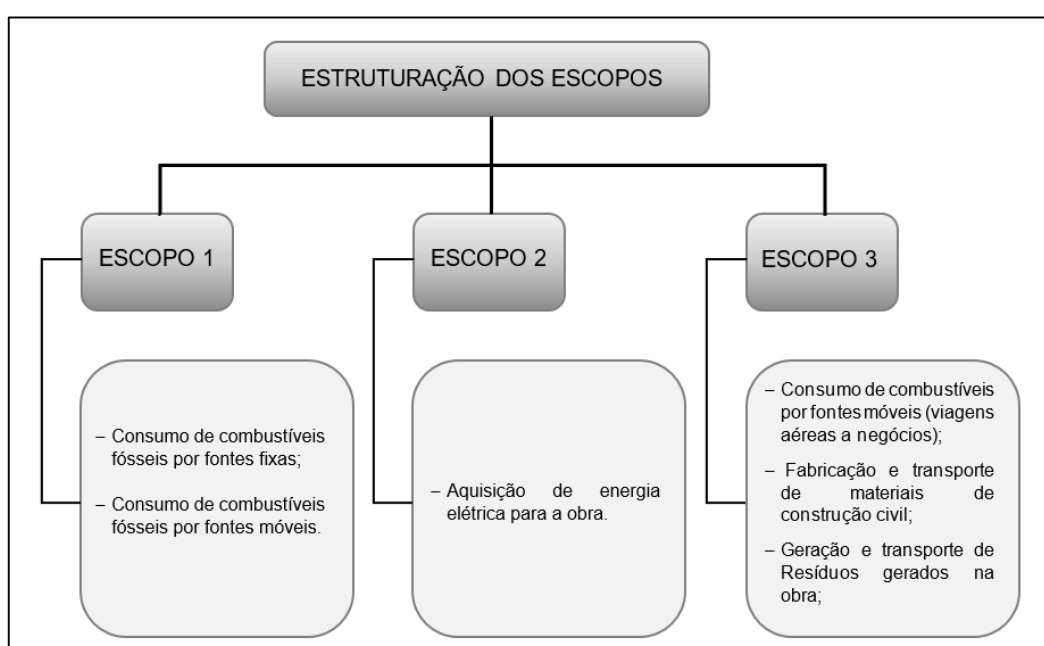
### 6.3.1 Identificação e Quantificação dos Escopos

A identificação e quantificação dos escopos estão associadas basicamente as atividades e operações da empresa (no caso, construção civil) e incluíram: O consumo de combustíveis fósseis utilizados em equipamentos e transportes próprios ou de terceiros; Aquisição de energia elétrica; Geração e destino de resíduos sólidos e o Consumo de materiais de construção utilizados na obra e os combustíveis fósseis utilizados nos respectivos transportes.

A aplicação da Ferramenta PBGHG Protocol, propicia através de planilhas eletrônicas, programadas e desenvolvidas através de fórmulas e os respectivos fatores de emissão, a quantificação das emissões por escopo, apresentando-se ao final sua totalização. Portanto, para efeito de cálculo, foram consideradas as seguintes fontes de emissão, através de:

- Consumo de combustíveis fósseis por fontes fixas;
- Consumo de combustíveis fósseis por fontes móveis;
- Aquisição de energia elétrica;
- Geração e transporte de resíduos;
- Fabricação e transporte de materiais de construção civil.

Na identificação e abrangência dos respectivos Escopos e Fontes Emissoras, foi adotada a estruturação observada na Figura 57:



**Figura 57** - Identificação e Abrangência dos Escopos  
Fonte: Autor (2020)

## 6.4 PERÍODO DE REFERÊNCIA E ANO-BASE DO INVENTÁRIO

De acordo com as Normas Gerais, o Inventário deverá ser apurado permanentemente com periodicidade anual, ou mais frequente se assim a empresa desejar.

Para Inventários de obras, o Guia Metodológico SindusCon-SP recomenda que o Inventário seja apurado ao longo da obra, sendo objeto de um fechamento ao final da mesma, totalizando-se as emissões de GEE da obra desde seu início até a entrega para o uso. Portanto, os dados para o presente inventário foram determinados para o período de construção do prédio, estabelecido por contrato e em consonância ao cronograma executivo de obra (Anexo VI), que ocorreu de 09/08/2019 a 04/11/2020.

## 6.5 FATORES DE EMISSÃO

De forma resumida, segundo Alves (2018), os Fatores de Emissão são coeficientes que combinados aos dados de atividade, propiciam quantificar as emissões de GEE por certa unidade da atividade, e que se adotados de forma padronizada propiciaria a elevação do nível de precisão dos cálculos e das estimativas.

Neste contexto, destaca-se as diretrizes do IPCC (2006), braço científico da ONU para mudanças climáticas, que mantém e divulga um grande banco de fatores de emissão, internacionalmente reconhecidos e utilizados em inventários, além de referências técnicas.

No Brasil, o Programa Brasileiro GHG Protocol, através da sua ferramenta, disponibiliza, por default, uma série de fatores de emissão para uso no País. Outras entidades, usualmente ligadas à área ambiental ou a determinados setores da indústria, calculam e divulgam fatores com foco mais específico. Pelo princípio da precisão, deve-se utilizar no Inventário o fator de emissão disponível, de fonte reconhecida, que reflita o mais precisamente possível a situação inventariada. Alguns fatores flutuam ao longo do tempo, como, por exemplo, o da energia elétrica adquirida da rede do país, outros estão sujeitos a mudanças na metodologia de cálculo, bem como novos fatores, mais precisos, que podem surgir ao longo do tempo, resultantes de considerações regionalizadas, setoriais, ou até novas metodologias científicas.

Diante dos princípios recomendados, os fatores de emissão, utilizados na ferramenta de cálculo, tiveram base nas atividades reconhecidas e avaliadas no inventário e sua determinação foi dada pelos guias e diretrizes para inventários de emissão do IPCC e do PBGHG Protocol.

### 6.5.1 Fatores de Emissão para o Consumo de Combustíveis Fósseis - Fontes Estacionárias (Fixas)

Os tipos de GEE emitidos na queima de combustíveis são CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Neste estudo foram utilizados os fatores de emissão disponibilizados pela própria ferramenta de cálculo da metodologia do Programa Brasileiro GHG Protocol, e correlacionando-se aos equipamentos e máquinas utilizadas e seus respectivos combustíveis, conforme representados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Fatores de emissão por utilização de combustíveis fósseis – fontes estacionárias

TIPO DE COMBUSTÍVEL	UNIDADE	FATOR DE EMISSÃO (kg CO <sub>2</sub> /unid.)	FATOR DE EMISSÃO (kg CH <sub>4</sub> /unid.)	FATOR DE EMISSÃO (kg N <sub>2</sub> O/unid.)
Gasolina Automotiva	L	2,2	0,0001	0,00019
Etanol Anidro	L	1,6	0,00007	0,000013
Óleo Diesel	L	2,6	0,00011	0,000021

Fonte: Ferramenta *GHG Protocol* (2020)

### 6.5.2 Fatores de Emissão para o Consumo de Combustíveis Fósseis - Fontes Móveis – Transporte Rodoviário

De acordo com nota técnica da Ferramenta de cálculo do PBGHG Protocol, os fatores de emissão de CO<sub>2</sub> para o uso de gasolina, só contempla as emissões da Gasolina A (pura) presente na Gasolina Comum (que também contém Etanol Anidro em sua mistura), já os fatores de emissão de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O levam em conta as emissões da Gasolina Comum (mistura de Gasolina A com Etanol Anidro).

Os fatores de emissão de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O para o uso de óleo diesel contemplam as emissões da mistura de óleo diesel que é comercializada no Brasil, ou seja, composta por óleo diesel derivado de petróleo e biodiesel, em proporções definidas pela legislação brasileira.

Na Tabela 4, estão registrados alguns fatores de emissão e que foram correlacionados aos respectivos combustíveis utilizados para fretes e transportes, durante a execução da obra, e utilizados neste estudo.

**Tabela 4** - Fatores de emissão por utilização de combustíveis fósseis – fontes móveis

TIPO DE COMBUSTÍVEL	UNIDADE	FATOR DE EMISSÃO (kg CO <sub>2</sub> /unid.)	FATOR DE EMISSÃO (kg CH <sub>4</sub> /unid.)	FATOR DE EMISSÃO (kg N <sub>2</sub> O/unid.)
Gasolina Automotiva	L	2,212	0,0008	0,00026
Etanol Anidro	L	1,526	0,0002	0,0001
Óleo Diesel	L	2,603	0,0001	0,00014
Gás Natural (GNV)	m <sup>3</sup>	1,999	0,0034	0,00011
Gasolina de Aviação	L	2,251	0	0,00006
Querosene de Aviação	L	2,517	0	0,00007
Biodiesel	L	2,431	0,0003	0,00002

Fonte: Ferramenta *GHG Protocol* (2020)

### 6.5.3 Fatores de Emissão para o Consumo de Combustíveis Fósseis - Fontes Móveis – Transporte Aéreo

As emissões aéreas são originadas pela combustão do combustível de aviação (querosene e gasolina de aviação), provenientes dos motores das aeronaves e que também dependem do número e tipo de operações da aeronave; os tipos e eficiência dos motores da aeronave; do combustível usado; a duração do voo; a configuração de energia; o tempo gasto em cada etapa do voo; e, em menor grau, a altitude em que os gases de exaustão são emitidos (IPCC, 2006b).

O Programa Brasileiro de GHG Protocol, a partir de pesquisas e estudos relacionados a emissões em modal de transporte aéreo (viagens de negócios) adota, para fins de cálculos, os fatores de emissão do DEFRA (*Department for Environment, Food and Rural Affairs*, em português Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais do Reino Unido), que se diferenciam entre voos de passageiros e de carga.

No presente Estudo de Caso, foram consideradas apenas as emissões por voos de passageiros a negócio.

Os fatores de emissão desenvolvidos e estimados pelo DEFRA (2020), utilizam as seguintes premissas de dados: a grande variedade de aeronaves para voos de curta (doméstico), média ou longa duração; a média de capacidade de assentos (um avião de classe executiva, em comparação a um de classe econômica, mais compacto

e com mais assentos, menos passageiros poderão viajar, portanto, cada passageiro assume uma parcela maior das emissões e carga transportada nos serviços de passageiros); fatores de carga e as respectivas proporções de passageiros por quilômetro e taxas de ocupação para voos de curta, média e longa distância (voos internacionais) (DEFRA, 2020). Também é recomendado, em atualização aos inventários de GEE, utilizar um fator de aumento de 8%, fator este adotado também pelo PBGHG Protocol, considerando-se aumentar as distâncias do grande círculo (*GCD - Great Circle Distances*) para voos entre aeroportos, levando em consideração as trajetórias de voo indiretas (tráfego intenso) e atrasos, etc.

Na Tabela 5, são apresentados os fatores de emissão que devem ser associados aos cálculos de emissões de acordo com o ano, o tipo de voo e a distância. O fator de correção de 8% já está incluído nos fatores de emissão para o ano de 2020 (DEFRA, 2020).

**Tabela 5** - Fatores de emissão para aviação civil - transporte de passageiros, 2019 e 2020

VOO	DISTÂNCIA AÉREA	ACRÉSCIMO PARA REFLETIR A ROTA REAL	FATOR DE EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> (Kg.CO <sub>2e</sub> / passageiro.km) ANO 2019	FATOR DE EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> (Kg.CO <sub>2e</sub> / passageiro.km) ANO 2020
DOMÉSTICO - CURTA	d ≤ 500 km	8%	0,1236	0,1184
MÉDIA DISTÂNCIA	500 < d ≤ 3700 km	8%	0,0768	0,0754
LONGA DISTÂNCIA	d > 3700 km	8%	0,0949	0,0925

Fonte: Adaptado DEFRA (2020)

#### 6.5.4 Fatores de Emissão para a Geração de Resíduos

De acordo com as diretrizes do IPCC, um dos principais fatores que influenciam as emissões de CH<sub>4</sub> no tratamento e disposição de resíduos sólidos é a composição dos respectivos resíduos, pois diferentes tipos contêm diferentes quantidades de Carbono Orgânico Degradável (COD) e carbono fóssil, e variam para diferentes frações dos resíduos.

O COD refere-se ao teor de carbono de cada componente do resíduo que degrada, como papéis e papelões, folhas, madeiras e matéria orgânica total, entre outros. Devido à falta de um padrão nacional para o fator correspondente à participação percentual do peso úmido de cada componente do resíduo, são utilizados os valores padronizados pelo IPCC (2006). Nesse sentido, o COD contido em cada

material residual passa a ser o principal parâmetro avaliado e adotado, com base na metodologia citada, e em conformidade a Tabela 6 (IPCC, 2006a).

**Tabela 6** - Percentual de COD para diferentes tipos de resíduo

<b>RESÍDUOS</b>	<b>CARBONO ORGÂNICO DEGRADÁVEL COD (%)</b>
Madeiras e Resíduos de Madeira	43
Papel / Papelão	40
Borracha e Couro	39
Têxteis	24
Fralda	
Resíduos de Jardinagem	20
Resíduos Orgânicos	15
Resíduos Clínicos	15
Lodo de Esgoto	5
Resíduos de Demolição e Construção	4
Plástico	0
Metal	
Vidro	
Outros Resíduos Inertes	

Fonte: IPCC (2006a)

Os resíduos que podem conter COD e carbono fóssil, devem ser considerados para fins de estimativa de emissão de resíduos. Conforme observado, resíduos destinados à incineração, reciclagem ou de entulhos de construção e demolição e outros similares, possuem baixíssimo ou inexistente porcentagens de COD e por consequência, baixa ou nula emissão de GEE, porém, apesar comumente inertes, podem conter algum COD na madeira e algum carbono fóssil em plásticos ou outros materiais presentes. Resíduo inerte, em condições anaeróbicas, não liberam CH<sub>4</sub> como produto de sua decomposição.

### 6.5.5 Fatores de Emissão para o Consumo de Energia

As Emissões Indiretas de Escopo 2 são as emissões resultantes do consumo de energia elétrica adquirida pelo Sistema Interligado Nacional<sup>16</sup> (SIN). O Ministério

<sup>16</sup> SIN - O Sistema Interligado Nacional foi criado em 1998 pelo Ministério das Minas e Energia, tem coordenação e controle constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte, que agrupa o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do

da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) relata e publica mensalmente o fator de emissão de CO<sub>2</sub> para a geração de energia elétrica das fontes conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Assim, se todos os consumidores de energia elétrica do SIN calculassem as suas emissões multiplicando a energia consumida por esse Fator de Emissão, o somatório corresponderia às emissões do SIN. Portanto, este deve ser utilizado quando o objetivo for quantificar as emissões da energia elétrica que está sendo gerada em determinado momento e serve, assim, para inventários em geral, corporativos ou de outra natureza.

O cálculo do fator de emissão considera todas as unidades geradoras e o número de dias em que geraram energia. Desta forma é calculado a média das emissões da geração, levando em consideração todas as usinas que estão gerando energia e não somente aquelas que estejam funcionando na margem. Assim, quanto maior for a geração de energia por fontes fósseis (usinas térmicas), maior será o fator de emissão do sistema e isto varia de acordo com épocas de chuva e seca no Brasil.

No Quadro 3 a seguir, estão registrados todos os fatores médios de emissão para o ano de 2020 e utilizados para o cálculo das emissões de energia elétrica nos meses de efetivo consumo.

**Quadro 3** - Fatores Médios de Emissão de CO<sub>2</sub> Grid Mês/Ano - Sistema Interligado Nacional (SIN)

Fator Médio Mensal (tCO <sub>2</sub> /MWh)												Fator Médio Anual (tCO <sub>2</sub> /MWh)	
2019	MÊS											ANO - 2019	
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	0,0750
	0,0355	0,0667	0,0530	0,0514	0,0482	0,0426	0,0906	0,1070	0,1024	0,1040	0,1078	0,0913	
Fator Médio Mensal (tCO <sub>2</sub> /MWh)												Fator Médio Anual (tCO <sub>2</sub> /MWh)	
2020	MÊS											ANO - 2020	
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	0,0617
	0,0916	0,0558	0,0384	0,0296	0,0358	0,0491	0,0400	0,0414	0,0329	0,0961	0,1191	0,1109	

Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI (2020)

## 6.6 METODOLOGIA DE CÁLCULOS DAS EMISSÕES

Como conceito geral, o Inventário de Emissões de GEE é basicamente realizado através do monitoramento de um determinado conjunto de variáveis denominadas dados de atividade (DA<sub>i</sub>), que são grandezas terminantes de emissões

---

Brasil, composto por um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e proprietários múltiplos, estatais e privados, que possibilitam o suprimento do mercado consumidor.



de GEE. Suas quantidades são medidas em um período, em geral o ano, sendo expressas em (quantidade / ano). Uma vez medidos, os dados da atividade são multiplicados por Fatores de Emissão (FE<sub>i</sub>) e expressos em (tCO<sub>2e</sub> / unidade) do dado de atividade, resultando-se na quantidade de emissões de GEE ocorrida num determinado período. O inventário é consolidado através do somatório de todas as contribuições individuais, por escopo, dos gases emitidos para cada atividade.

A quantificação das emissões de cada fonte é feita em conformidade a Equação Conceitual (1).

$$E_i = DA_i * FE_i \quad \text{Eq. Base para Estimar as Emissões de GEE (1)}$$

Onde:

$E_i$  = Emissão de GEE da fonte (i);

$DA_i$  = Dado de Atividade da fonte (i), é a variável determinante de emissões de GEE que será efetivamente medida na fonte (i), resultando em determinada quantidade por unidade de tempo;

$FE_i$  = Fator de Emissão de GEE adotado para a fonte (i), expresso em tCO<sub>2e</sub> / unidade da atividade.

Consolidados os levantamentos de dados das atividades e respectivos fatores de emissão, são estabelecidos os cálculos por fontes emissoras e separados por Escopos. Esta metodologia de cálculo varia entre as diversas equações e parâmetros, preferencialmente de acordo com a realidade nacional, com fins de avaliar a evolução da gestão das emissões de GEE ao longo do tempo e através de um índice de intensidade de emissões.

### **6.6.1 Cálculo de Emissões para o Consumo de Combustíveis Fósseis**

As diretrizes gerais especificam que há uma distinção entre as fontes “Combustão Móvel” e “Combustão Estacionária” (Fixas) e estas fontes podem estar presentes tanto no Escopo 1 quanto no Escopo 3 de um inventário, e as respectivas quantidades de emissões são calculadas aplicando-se diretamente os fatores de emissões referenciados para cada combustível.

### 6.6.1.1 Cálculo de Emissões para Consumo de Combustíveis Fósseis – Fontes Estacionárias (Fixas)

Em geral, as emissões de cada gás de efeito estufa de fontes estacionárias são calculadas multiplicando o consumo de combustível pelo fator de emissão correspondente, conforme Equação (2), considerando-se também o potencial de aquecimento global do respectivo GEE.

$$E_{GEE} = \text{Consumo de Combustível} * FE_{GEE} \quad \text{Eq. Cálculo Emissões Fontes Fixas (2)}$$

Onde:

$E_{GEE}$  = Emissões de Gases de efeito estufa por tipo de combustível em CO<sub>2</sub>e (t);

Consumo de Combustível = Quantidade de Combustível na unidade específica (i);

FE = Fator de Emissão de um determinado GEE por tipo de combustível (kg/un).

### 6.6.1.2 Cálculo de Emissões para Consumo de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis

A categoria de origem móvel (Transporte Rodoviário), inclui todos os tipos de veículos leves, como automóveis e caminhões leves e veículos pesados, como reboques, tratores, ônibus, além de outros. Esses veículos operam com vários tipos de combustíveis gasosos e líquidos.

De acordo com IPCC (2006b), as fontes móveis produzem emissões diretas de gases de efeito estufa de (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) pela combustão de vários tipos de combustíveis, bem como vários outros poluentes, como o monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis não metano, dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), além de material particulado e óxidos de nitrato (NO<sub>x</sub>), que causam ou contribuem para a poluição do ar.

A metodologia permite o cálculo de emissões por fontes móveis de duas formas, através do consumo de combustível (representado pelo combustível adquirido) e pela quilometragem rodada.

Para estimar a quantidade de combustível a partir dos dados de distância percorrida, foi utilizada a Equação (3).

$$E = \sum [ V * D * C ] \quad \text{Eq. Cálculo da Quantidade de Combustível (3)}$$

Onde:

E = Combustível Estimado – Total de Combustível na unidade específica (i);

V = Número de Veículos por tipo e combustível;

D = Distância percorrida (Km);

C = Consumo médio de combustível (l / km) por veículos e tipo de combustível.

O valor para as emissões de cada gás de efeito estufa, para os respectivos combustíveis, foram obtidos multiplicando-se os quilômetros percorridos e o respectivo fator de emissão, também considerando-se o potencial de aquecimento global de acordo com o respectivo GEE. Para este fim, utilizou-se a Equação (4).

$$E = (D * FE_a) / 1000 \quad \text{Eq. Cálculo Emissões Fontes Móveis (4)}$$

Onde:

E = Emissões de GEE por combustíveis em fontes móveis CO<sub>2e</sub> (t);

D = Distância percorrida pela fonte móvel;

FE<sub>a</sub> = Fator de Emissão de CO<sub>2</sub> em kg/km; (a) = tipo de combustível;

1000 = Conversão de (kg) para tonelada (t).

#### 6.6.1.3 Cálculo de Emissões para o Consumo de Combustíveis Fósseis - Fontes Móveis – Transporte Aéreo

Compreendem as emissões da aviação civil internacional e doméstica, abrangendo-se decolagens e pousos, bem como do uso comercial civil de aeronaves, incluindo-se: tráfego regular e fretado de passageiros e carga, taxiamento aéreo e aviação geral.

As viagens aéreas de colaboradores a trabalho são geralmente registradas por trechos deslocados. Os cálculos são feitos por voo e consideram todas as

movimentações com origem ou destino em aeródromos, portanto, é necessário identificar e separar os trechos por distâncias aéreas percorridas.

Em conformidade a metodologia adotada pelo Programa Brasileiro GHG *Protocol* para o cálculo das respectivas emissões, multiplica-se a distância total, considerando-se o tipo de voo (curto, médio, longo), pelo seu respectivo fator de emissão, conforme descrita pela Equação (5).

$$E_{CO_2e} = (D_p * FE) / 1000 \quad \text{Eq. Cálculo de Emissões – Fontes Móveis-Aéreas (5)}$$

Onde:

$E_{CO_2e}$  = Emissões de CO<sub>2e</sub> (t);

$D_p$  = Distância Percorrida (km)

FE = Fator de Emissão (kg GEE/passageiro.km);

1000 = Conversão de (kg) para tonelada (t).

### 6.6.2 Cálculo de Emissões para a Geração de Resíduos

A metodologia utilizada para esta quantificação, tem dentre seus vários parâmetros o Carbono Orgânico Degradável (COD), contido nos diferentes materiais e que varia de acordo com o resíduo avaliado, que será revertido em emissões de metano, se predominada a atividade anaeróbica. Portanto, resulta em emissões do GEE metano (CH<sub>4</sub>), a disposição e decomposição de matéria orgânica presente nos resíduos sólidos e que são transportados e depositados em aterros sanitários, vazadouros ou encaminhados para incineração. O CH<sub>4</sub> gerado, como resultado da degradação de material orgânico, em condições anaeróbicas, e suas emissões, podem ser estimadas usando-se as Equações (6), (7) e (8) a seguir.

$$FE = (((DOC * DOC_f * MCF * F) - R) * (1 - OX)) * FC \quad \text{Eq. do FE de Resíduos (6)}$$

$$E_{CH_4} = FE * M \quad \text{Eq. Cálculo das Emissões de CH}_4 \text{ (7)}$$

$$E_{CO_2e} = E_{CH_4} * 25 \quad \text{Eq. Cálculo das Emissão em CO}_2e \text{ (8)}$$

Onde:

FE = Fator de Emissão ( $t\text{CH}_4 / t$  resíduo);

DOC = (COD) Fração Degradável no Resíduo sob condições anaeróbias ( $t\text{C}/\text{resíduo}$ );

DOCf = Fração de Carbono Orgânico Degradável – (Fração do DOC que realmente degrada), considerando-se fatores, como: temperatura, umidade, pH, composição gravimétrica, dentre outros. Devido ao processo de degradação anaeróbia ser incompleto, só se degrada uma parte do carbono potencialmente degradável. O valor sugerido pelo IPCC (2006) e adotado pelo MCTIC (2016) é de 50%, ou seja, considera-se que metade do carbono não seja emitida ou parte do carbono organicamente degradável irá se degradar muito tardiamente;

MCF = Fator de Correção de Metano - Varia com o local de disposição, em função das condições de anaerobiose. No caso de simples vazadouros ou lixões, será adotado (0,4) para células menores que cinco metros e (0,8) para aqueles com células maiores que cinco metros, condição aproximada de aterro controlado. Para aterros sanitários, situação em que há uma disposição planejada de resíduos, este fator será (1,0), considerando-se que 100% dos resíduos estarão em condições de anaerobiose e (0,5) para condições de semiaerobiose. Quando não houver informações sobre as condições dos locais de disposição, o IPCC (2006) recomenda que se adote o fator (0,6);

F = Fração de metano por volume no gás gerado no aterro pelo resíduo;

R = Fração de metano recuperado – O metano recuperado (R) refere-se à parcela recuperada do biogás para queima em *flares* ou aproveitada para fins energéticos, o que reduz ainda mais as emissões líquidas. Ao ser queimado, o  $\text{CH}_4$  se transforma em  $\text{CO}_2$ ;

OX = Fator de Oxidação – Está relacionado à fração dos resíduos e dos gases que sofre queima espontânea nos locais de disposição, portanto não gerando metano. Será utilizado o valor padronizado pelo IPCC (2006) para esta variável conforme a condição anaeróbia da massa de resíduo aterrada, ou seja, 0% para lixões e 10% em aterros sanitários, ou seja, aterros sanitários bem gerenciados tendem a ter taxas de oxidação mais altas do que locais de despejo não gerenciados;

FC = Fração de conversão metano/carbono ( $\text{CH}_4/\text{C}$ ) = (16/12);

M = Massa de resíduos (t);

ECH<sub>4</sub> = Emissão de metano (tCH<sub>4</sub>);

ECO<sub>2e</sub> = Emissão de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2e</sub>).

Para o desenvolvimento do cálculo de emissões para a geração de resíduos, foram utilizados os parâmetros sugeridos pelo IPCC 2006, conforme Tabela 7.

**Tabela 7** - Parâmetros utilizados para o cálculo das emissões

PARÂMETROS	
DOCf	0,5
OX	0
	0,1
F	0,5
FC	1,33
MCF - ATERRO	
NÃO CONTROLADO - < 5m	0,4
NÃO CONTROLADO - > 5m	0,8
CONTROLADO - ANAERÓBICO	1
CONTROLADO - SEMI-AERÓBICO	0,5
NÃO CATEGORIZADO	0,6

Fonte: IPCC (2006a)

Sendo considerado para este estudo que:

- O aterro sanitário não recupera metano (R=0);
- Para a fração de metano no aterro (F), foi adotado o *default* das diretrizes do IPCC (2006a) que define como sendo 50%, ou seja, igual a (0,5);
- Também por default, foram adotados os valores recomendados pelo IPCC (2006a) para o Fator de Oxidação (OX)=0,1; para o (DOCf) = 0,5 e (MCF)=1.

### 6.6.3 Cálculos de Emissões por Consumo de Energia

Geralmente o consumo de energia elétrica levantado está na unidade (kWh), no entanto a unidade do fator de emissão é tCO<sub>2e</sub> por (MWh), logo se faz necessária a conversão de (kWh) para (MWh) antes do cálculo das emissões.

A Equação (9) calcula as emissões da energia elétrica consumida:

$$\text{Emissão}(\text{tCO}_2/\text{mês}) = E_{AD} * FE \quad \text{Eq. Cálculo das Emissões Por Uso de Energia (9)}$$

Onde:

$E_{AD}$  = Energia Adquirida no mês (MWh/mês);

FE = Fator de Emissão Médio do grid brasileiro no referido mês ( $\text{tCO}_2/\text{MWh}$ ).

#### **6.6.4 Emissões Pela Obtenção e Aplicação de Materiais de Construção**

Para a elaboração do inventário e contabilização das emissões pela utilização de diferentes materiais da construção civil, foi adotado a metodologia e ferramenta de inventário elaborada por Lobo (2010). Sua pesquisa abrangeu a análise energética através da abordagem de ACV, em todas suas etapas, desde a extração de matéria-prima, incluindo-se os processos de fabricação de materiais, atividades de execução, até o transporte em todas suas etapas. De forma objetiva, este método consistiu em calcular a energia embutida e as emissões de  $\text{CO}_2$  a partir de uma planilha de serviços e insumos para edificações até a etapa de conclusão da obra, incluindo-se extração de matéria-prima e transporte de materiais. Para este último, Lobo (2010) considerou, através de literatura técnica, uma parcela de consumo atribuída ao transporte entre 5% e 6% da Energia Embutida Inicial e assim, a partir dos consumos energéticos estabelecidos, poder realizar estimativas de geração de  $\text{CO}_2$  pelas atividades de transportes.

A partir da equação base para cálculo das emissões de uma planilha de serviços e respectivos quantitativos, o autor obteve como resultado o desenvolvimento de um banco de dados, em conformidade a realidade nacional, aplicados as tabelas de composição para os diferentes serviços de obras civis e diversos materiais aplicados em obra.

Esta mesma ferramenta também foi adotada por Flizikowski (2012) e França (2016), mostrando-se totalmente aplicável em obras de construção civil.

Demais fatores de emissão, utilizados, também foram obtidos na literatura, conforme indicados no APÊNDICE I, na coluna de referência.

### 6.6.5 Totalização das Emissões por Escopo

A quantificação das emissões foi realizada individualmente, de acordo com o tipo de escopo e consolidada através da sua totalização, representada pela Equação (10).

Emissão Total (tCO<sub>2e</sub>) = Escopo 1 + Escopo 2 + Escopo 3 Eq. Emissões Totais (10)  
Onde:

Escopo 1 = Fontes de Emissão - Escopo 1 (tCO<sub>2e</sub>)

Escopo 2 = Fontes de Emissão - Escopo 2 (tCO<sub>2e</sub>)

Escopo 3 = Fontes de Emissão - Escopo 3 (tCO<sub>2e</sub>)

## 6.7 ADEQUAÇÃO E APLICAÇÃO DA FERRAMENTA NA QUANTIFICAÇÃO E CÁLCULO DAS EMISSÕES

Nesta etapa foi feita a adequação e aplicação da ferramenta de cálculo para a atividade do setor de construção civil, para uma determinada obra, com a finalidade de validar sua eficiência na proposta de se contabilizar as emissões de CO<sub>2e</sub> e delimitadas por seus respectivos escopos. Cabe ressaltar que os dados e quantitativos foram, na sua maioria, cedidos pela empresa executora da obra (denominado Prédio Administrativo do MN), objeto deste estudo de caso, portanto, se restringe as emissões desta obra e não da empresa.

### 6.7.1 Identificação e Quantificação dos Escopos

De acordo com o princípio da Integralidade, todas as fontes referentes aos Escopos 1, 2 e 3, já caracterizadas anteriormente através do Quadro 2 e delimitadas de acordo com a Figura 57, foram determinadas, quantificadas e incluídas no Inventário, conforme demonstrado na sequência.



### 6.7.1.1 Escopo 1 – Emissões Diretas

Para este escopo, que engloba fontes de propriedade ou controladas pela empresa, abrangeu-se as emissões pela queima de combustíveis fósseis originados dentro dos limites organizacionais definido.

#### – Consumo de Combustíveis Fósseis – Fontes Estacionárias (Fixas) e Móveis

Foram considerados os consumos de combustíveis adquiridos para equipamentos e máquinas estacionárias (fixos), que operaram no canteiro de obras, e fontes móveis derivadas da frota de veículos que atuaram em benefício das atividades na obra e fazem parte da logística da empresa, conforme quantificação na Tabela 8.

**Tabela 8** - Consumo de Combustíveis Fontes Estacionárias e Móveis

<b>EQUIPAMENTOS</b>	<b>COMBUSTÍVEL</b>	<b>CONSUMO (L)</b>
<b>FONTES ESTACIONÁRIAS</b>		
Gerador de Energia Portátil	Diesel	124,00
<b>Total de Diesel:</b>		<b>124,00</b>
Makitão	Gasolina	207,00
Máquina Alisadora de Piso e Concreto	Gasolina	25,00
Régua Vibratória	Gasolina	11,00
Vibrador	Gasolina	320,00
<b>Total de Gasolina:</b>		<b>563,00</b>
<b>FONTES MÓVEIS</b>		
Retroescavadeira Caterpillar 416E	Diesel	314,10
Caminhão Munck Vw 24.250	Diesel	787,30
<b>Total de Diesel:</b>		<b>1.101,40</b>
Carro de Passeio	Gasolina	491,85
<b>Total de Gasolina:</b>		<b>491,85</b>

Fonte: Dimensional Engenharia Ltda (2020)

### 6.7.1.2 Escopo 2 – Emissões Indiretas de GEE da Energia Adquirida

Segundo especificações e Nota Técnica do PBGHG Protocol (2019), para muitas organizações, a energia adquirida representa uma das principais fontes de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a oportunidade mais significativa de reduzi-las. Nos inventários de GEE, as emissões associadas à energia adquirida por uma organização, sendo esta comprada ou trazida para dentro de seus limites organizacionais, devem ser contabilizadas neste Escopo.

#### – Consumo de Energia

Neste escopo, portanto, foram considerados todos os consumos mensais de energia elétrica (KWh), adquiridos para suprir a demanda do canteiro de obras (iluminação e operação de máquinas e equipamentos) durante a execução dos serviços. A eletricidade foi proveniente da distribuidora local, através de ligação provisória (01 ponto), e cuja as quantidades foram aferidas a partir da leitura do medidor instalado no canteiro de obra. A seguir, através da Tabela 9, são apresentados os consumos mensais durante o período de efetivo funcionamento do canteiro de obras.

**Tabela 9** - Consumo Mensal de Energia Elétrica

<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>Consumo (KWh)</b>
<b>2020</b>	Março	100
	Abril	583
	Maio	211
	Junho	330
	Julho	586
	Agosto	586
	Setembro	429
	Outubro	168
<b>TOTAL</b>		<b>2.993,00</b>

Fonte: Dimensional Engenharia Ltda (2020)

### 6.7.1.3 Escopo 3 – Outras Emissões Indiretas

Este escopo, conforme já definido anteriormente, contempla as fontes de emissão indiretas que possam ser atribuídas as atividades da empresa, porém não controladas pela mesma. Apesar de ser de relato opcional ou mais flexível, em conformidade as diretrizes do PBGHG Protocol, que implica em decisão quanto à sua inclusão e conteúdo das categorias de emissões, e na busca em assegurar os princípios de relevância e integralidade ao inventário, para que reflita o máximo de exatidão nas respectivas emissões e assim determinar quais categorias deste escopo tem mais representação, foram consideradas as categorias a seguir.

#### – Consumo de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis – Transporte Aéreo

Foi considerada viagem aérea feita pelo responsável técnico da empresa, com a finalidade de verificação e contratação dos módulos habitacionais junto ao fabricante. Módulos estes, utilizados na estruturação e construção do prédio objeto de estudo, e onde foi considerado o trecho percorrido entre Rio de Janeiro e São Paulo, em voo doméstico de curta distância, conforme DEFRA (2020).

A seguir, pela da Tabela 10, são estabelecidas as referências para embasar o cálculo das emissões por esta fonte.

**Tabela 10** - Deslocamentos Aéreos Realizados

VOO	DISTÂNCIA AÉREA PERCORRIDA (Km)	NÚMERO DE TRECHOS VOADOS	DISTÂNCIA TOTAL (km)
Rio de Janeiro / São Paulo (ida e volta) GIG - GRU	336	2	672

Fonte: Dimensional Engenharia Ltda (2020)

#### – Consumo de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis – Transporte Rodoviário de Resíduos

Nesta categoria, inclui-se o serviço contratado junto a empresa terceirizada, para transporte e disposição dos resíduos, bem como a respectiva quantificação do combustível utilizado, considerando-se carga e transporte até seu destino final, conforme descrito na Tabela 11 a seguir.

**Tabela 11** - Consumo de Combustível no Transporte de Resíduos

CARGA / OBRA	DISTÂNCIA ATÉ O DESTINO (Km)	Nº DE VIAGENS	TOTAL (Km)	TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO (Litros)
Av. Bartolomeu de Gusmão nº 875, São Cristóvão – RJ	23,50	3	141,00	41,47
	22,50	11	495,00	145,59
	25,10	1	50,20	14,76
<b>TOTAL</b>		<b>15,00</b>	<b>686,20</b>	<b>201,82</b>

Fonte: Dimensional Engenharia Ltda (2020)

– Consumo de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis – Fretes

Para esta categoria foram considerados os fretes e a quantidade de combustível referente ao transporte rodoviário de máquinas e equipamentos adquiridos ou utilizados para a execução de serviços ou ainda de apoio as instalações do canteiro de obras, bem como de estruturas incorporadas a construção. Estes foram contabilizados em destaque e dispostos no APÊNDICE III.

A seguir, conforme Tabela 12, a quantificação do combustível adquirido para o serviço.

**Tabela 12** - Consumo de Combustível em Fretes

FRETES - TRANSPORTE RODOVIÁRIO (MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS)	DISTÂNCIA ATÉ O DESTINO (Km)	Nº DE VIAGENS	TOTAL (Km)	TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO (Litros)
Equip. de Ar Condicionado	513,00	1	1026,00	97,71
Retroescavadeira	34,60	4	276,80	88,41
Conteineres - Aluguel	8,60	6	103,20	30,35
Módulos Habitacionais	408,00	6	4896,00	1840,00
<b>TOTAL</b>		<b>17</b>	<b>6.302,00</b>	<b>2.056,47</b>

Fonte: Dimensional Engenharia Ltda (2020)

Não foram contabilizadas, para efeito de inventário, as emissões provenientes dos transportes dos materiais (fretes) utilizados em obra, apesar de contabilizados e dispostos em planilha também através do APÊNDICE III, devido à ferramenta elaborada por Lobo (2010) e utilizada neste estudo, para a qual já contabiliza todas as etapas de transporte até a conclusão da obra, evitando-se assim introduzir duplicidade ao inventário.

– Geração de Resíduos

Esta categoria resulta dos resíduos gerados e contabilizados de acordo com os MTR (Manifestos de Transporte de Resíduos) emitidos e obtidos junto a empresa durante o período de obra, que contabiliza as emissões pelo processo referentes a disposição e tratamento dos resíduos sólidos, realizado em instalações controladas por terceiros. Por se tratar de uma atividade de construção civil, prevaleceu os quantitativos para os resíduos de construção civil e de madeira (como componente de formas, escoramentos, entre outros). A quantificação dos resíduos e sua tipologia estão representadas no Quadro 4.

**Quadro 4** - Quantidade Gerada de Resíduos

<b>RESÍDUOS E REJEITOS GERADOS</b>		
<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	<b>RESÍDUOS</b>	<b>QUANT. (Kg)</b>
MTR N° 1904902559	Madeiras e Resíduos de Madeira	3.500,00
MTR nº 1905210306		3.500,00
MTR nº 1905342094		3.500,00
<b>TOTAL</b>		<b>10.500,00</b>
MTR nº 1904902561	Resíduos de Construção Civil	8.500,00
MTR nº 1904992728		5.000,00
MTR nº 1904992752		5.000,00
MTR nº 1905109283		5.000,00
MTR nº 1905210293		5.000,00
MTR nº 1905210297		5.000,00
MTR nº 1905342047		5.000,00
MTR nº 1905109355		2.775,00
MTR nº 1905109456		2.775,00
<b>TOTAL</b>		<b>44.050,00</b>
MTR nº 1904902563	Plástico	750,00
<b>TOTAL</b>		<b>750,00</b>
RECICLAGEM	Resíduos de Metais	4.000,00
<b>TOTAL</b>		<b>4.000,00</b>
MTR nº 1904992602	Papel e Cartão	550,00
<b>TOTAL</b>		<b>550,00</b>
<b>TOTAL GERAL</b>		<b>59.850,00</b>

Fonte: Dimensional Engenharia Ltda. (2020)

– Quantificação Pela Obtenção e Aplicação de Materiais de Construção

Estas quantificações são provenientes da fabricação e aplicação dos diferentes materiais de construção, utilizados durante a etapa de obra, e foram considerados os serviços e insumos levantados junto a empresa construtora e dispostos em uma planilha de quantitativos através do APÊNDICE I. Esta planilha foi elaborada em função da utilização da ferramenta elaborada por Lobo (2010), que disponibiliza os fatores de emissão em função dos diferentes insumos e serviços, inerentes a atividade de construção civil.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta fase, em conformidade e seguindo-se as etapas conceituais finais e metodológicas, propostas para a realização de inventários de emissões de GEE, os resultados das emissões foram compilados por escopo e apresentados conforme a seguir e de acordo com a especificidade de cada.

### 7.1 ESCOPO 1 – EMISSÕES DIRETAS

Para este escopo, que engloba fontes estacionárias e móveis de propriedade ou controladas pela empresa, abrangeu-se as emissões pela queima de combustíveis fósseis originados dentro dos limites organizacionais definidos.

#### 7.1.1 Emissões de Combustíveis Fósseis – Fontes Estacionárias (Fixas) e Móveis

O consumo de combustíveis por fontes estacionárias e móveis, utilizados no transcorrer da obra, resultou em emissão total da ordem de 5,647 tCO<sub>2e</sub>, referentes ao consumo de óleo diesel e gasolina, conforme demonstrado na Tabela 13.

**Tabela 13** - Totalização de Emissões Por Fontes Estacionárias e Móveis

EQUIPAMENTOS	COMBUSTÍVEL	CONSUMO (L)	FATOR DE EMISSÃO (kg.CO <sub>2e</sub> /L)	FATOR DE EMISSÃO (kg.CH <sub>4</sub> /L)	FATOR DE EMISSÃO (kg.N <sub>2</sub> O/L)	TOTAL EM tCO <sub>2e</sub>
<b>FONTES ESTACIONÁRIAS</b>						
Gerador de Energia Portátil	Diesel	124,00	2,6	0,00011	0,000021	0,324
<b>Total de Diesel:</b>		<b>124,00</b>				<b>0,324</b>
Makitão	Gasolina	207,00	2,2	0,0001	0,00019	0,468
Máquina Alisadora de Piso e Concreto	Gasolina	25,00	2,2	0,0001	0,00019	0,056
Réguas Vibratórias	Gasolina	11,00	2,2	0,0001	0,00019	0,025
Vibrador	Gasolina	320,00	2,2	0,0001	0,00019	0,723
<b>Total de Gasolina:</b>		<b>563,00</b>				<b>1,272</b>
<b>EMISSÃO EM tCO<sub>2e</sub></b>						<b>1,595</b>
<b>FONTES MÓVEIS</b>						
Retroescavadeira Caterpillar 416E	Diesel	314,10	2,603	0,0001	0,00014	0,831
Caminhão Munck Vw 24.250	Diesel	787,30	2,603	0,0001	0,00014	2,084
<b>Total de Diesel:</b>		<b>1.101,40</b>				<b>2,916</b>
Carro de Passeio	Gasolina	491,85	2,212	0,0008	0,00026	1,136
<b>Total de Gasolina:</b>		<b>491,85</b>				<b>1,136</b>
<b>EMISSÃO EM tCO<sub>2e</sub></b>						<b>4,052</b>
<b>TOTAL DE EMISSÃO EM tCO<sub>2e</sub></b>						<b>5,647</b>

Fonte: Autor (2021)

Individualmente, as fontes fixas e móveis foram responsáveis, respectivamente, por 1,595 tCO<sub>2e</sub> e 4,052 tCO<sub>2e</sub> das emissões de GEE. As fontes fixas e respectivos consumos podem ser creditados a operacionalidade na execução dos serviços no canteiro de obras, enquanto que nas fontes móveis se observa, pelos resultados, um protagonismo inerente a peculiaridade da construção modular, com processos construtivos de predominância *off-site*, em que prevalecem no canteiro equipamentos móveis de movimentação e transporte para a montagem dos elementos construtivos do prédio.

## 7.2 ESCOPO 2 – EMISSÕES INDIRETAS DE GEE PELA ENERGIA ADQUIRIDA

A partir dos dados de consumo de energia elétrica, disponibilizados pela empresa, e sob abordagem dos limites organizacionais e controle operacional, foram calculadas as emissões referentes ao período do inventário estabelecido. Foram utilizados os fatores de emissão mensais do Sistema Interligado Nacional (SIN) listados na Tabela 9 e aplicados através da Equação (9) para a obtenção dos resultados (Tabela 14).

**Tabela 14** - Emissões Geradas Pelo Consumo de Energia Elétrica em (tCO<sub>2e</sub>)

ANO	MÊS	*KWh	**FATOR (tCO <sub>2e</sub> /MWh)	***EMISSÃO (tCO <sub>2e</sub> )
2020	Março	100	0,0384	<b>0,0038</b>
	Abril	583	0,0296	<b>0,0173</b>
	Maio	211	0,0358	<b>0,0076</b>
	Junho	330	0,0491	<b>0,0162</b>
	Julho	586	0,04	<b>0,0234</b>
	Agosto	586	0,0414	<b>0,0243</b>
	Setembro	429	0,0329	<b>0,0141</b>
	Outubro	168	0,0961	<b>0,0161</b>
<b>TOTAL (tCO<sub>2e</sub>)</b>				<b>0,123</b>

Fonte: \*Dimensional Engenharia Ltda., \*\*MCTI/SIN (2020), \*\*\*Autor (2021)

As variações observadas nos fatores de emissão mensal, ao longo do ano do inventário, se devem à variação da participação de usinas termelétricas na matriz energética brasileira para o atendimento do sistema em períodos hidrológicamente desfavoráveis (sazonalidade) ou até para complementação às oscilações de geração, carga ou mesmo restrições operativas.

As emissões para o do Escopo 2 resultou na emissão total de 0,123 tCO<sub>2e</sub>, para o período executivo de obra entre março e outubro de 2020 e essencialmente nas fases de montagem e operacionalização do canteiro de obras.

### 7.3 ESCOPO 3 – OUTRAS EMISSÕES INDIRETAS

Em observância as recomendações e diretrizes do *GHG Protocol*, quanto a metodologia de relato deste escopo, foram contabilizadas e relatadas na sequência as emissões pelos respectivos grupos de fontes.

Ressalta-se ainda, conforme relatado anteriormente, a peculiaridade do Setor de Construção Civil e a relevância deste escopo tanto em termos de emissões de GEE, quanto para o destaque no resultado final do inventário.

#### 7.3.1 Emissões de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis – Transporte Aéreo

Por se tratar de uma obra de menor complexidade e área construída, a ocorrência de viagens foram restritas a relatada, de curta distância e, portanto, sua contribuição é considerada de menor relevância em termos de resultado de emissões de GEE, conforme demonstrado pela Tabela 15, contabilizando-se 0,080 tCO<sub>2e</sub>.

**Tabela 15** - Emissões Por Viagem a Negócios em Aeronaves

VOO	DISTÂNCIA AÉREA PERCORRIDA (Km)	NÚMERO DE TRECHOS VOADOS	DISTÂNCIA TOTAL (km)	FATOR DE EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> (Kg.CO <sub>2e</sub> / passageiro.km) ANO 2020	EMISSÕES TOTAIS EM tCO <sub>2e</sub>
Rio de Janeiro / São Paulo (ida e volta) GIG - GRU	336	2	672	0,1184	0,0796
<b>TOTAL EMISSÃO EM tCO<sub>2e</sub></b>					<b>0,080</b>

Fonte: Autor (2021)

#### 7.3.2 Emissões de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis – Transporte Rodoviário de Resíduos

As emissões para esta categoria resultam do transporte dos resíduos produzidos, e em função dos Manifestos de Transporte de Resíduos e seus respectivos locais de destinação e tratamento. De acordo com a Tabela 16 a seguir, obteve-se o total de emissão de 0,534 tCO<sub>2e</sub>.



**Tabela 16** - Emissões Por Transporte Rodoviário de Resíduos

TRANSPORTE DE RESÍDUOS (CARGA / OBRA ATÉ O DESTINO)	TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO (Litros)	FATOR DE EMISSÃO (kg.CO <sub>2e</sub> /L)	FATOR DE EMISSÃO (kg.CH <sub>4</sub> /L)	FATOR DE EMISSÃO (kg.N <sub>2</sub> O/L)	TOTAL EM tCO <sub>2e</sub>
	201,82	2,603	0,0001	0,00014	0,534
<b>TOTAL DE EMISSÃO EM tCO<sub>2e</sub></b>					<b>0,534</b>

Fonte: Autor (2021)

### 7.3.3 Emissões de Combustíveis Fósseis – Fontes Móveis – Fretes

Conforme já relatado, a utilização de combustíveis fósseis e o cálculo das respectivas emissões para o transporte rodoviário (fretes), apesar de sua relevância em termos quantitativos, conforme observado pelo APÊNDICE III, está restrito ao transporte de equipamentos, máquinas e instalações de apoio ao canteiro, uma vez que a ferramenta utilizada Lobo (2010) já comporta as emissões para o transporte de materiais. As emissões para esta categoria foram, de acordo com a Tabela 17, quantificadas em 5,444 tCO<sub>2e</sub>.

**Tabela 17** - Emissões Por Transporte Rodoviário – Fretes

FRETES - TRANSPORTE RODOVIÁRIO (MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS)	DIESEL CONSUMIDO (Litros)	FATOR DE EMISSÃO (kg.CO <sub>2e</sub> /L)	FATOR DE EMISSÃO (kg.CH <sub>4</sub> /L)	FATOR DE EMISSÃO (kg.N <sub>2</sub> O/L)	TOTAL EM tCO <sub>2e</sub>
Equip. de Ar Condicionado	97,71	2,603	0,0001	0,00014	0,259
Retroescavadeira	88,41				0,234
Contêineres - Aluguel	30,35				0,080
Módulos Habitacionais	1840,00				4,871
<b>TOTAL DE EMISSÃO EM tCO<sub>2e</sub></b>					<b>5,444</b>

Fonte: Autor (2021)

### 7.3.4 Emissões Pela Geração de Resíduos

Estas emissões também foram consideradas indiretas, uma vez que os resíduos sólidos produzidos foram destinados para tratamento e/ou disposição em instalações de propriedades de terceiros. Portanto, foram considerados os resíduos gerados no transcorrer da execução da obra em estudo, prevalecendo-se, conforme Tabela 18, os resíduos provenientes de madeira, e com maior destaque, com cerca de 73,70% do total gerado, os resíduos de construção (entulho), que apesar da sua composição ser predominantemente de materiais inertes, as diretrizes do IPCC 2006

estabelecem um percentual de teor de carbono, considerando-se a presença de restos de madeira e outros materiais.

**Tabela 18** - Quantidade de Resíduos Gerados e Emissões Geradas

COMPOSIÇÃO DO RESÍDUO	ANO 2020	PERCENTUAL	QUANT. (M)(t)	COD (DOC)
A - Papéis/papelão	A / Total [%]	0,92%	0,55	0,4
B - Resíduos têxteis	B / Total [%]	0	0	0,24
C - Resíduos alimentares	C / Total [%]	0	0	0,15
D - Madeira	D / Total [%]	17,54%	10,5	0,43
E - Resíduos de jardim e parque	E / Total [%]	0	0	0,2
F - Fraldas	F / Total [%]	0	0	0,24
G - Borracha e couro	G / Total [%]	0	0	0,39
H - Lodo de esgoto	H / Total [%]	0	0	0,05
I - Resíduos de Construção (Entulho)	I / Total [%]	73,70%	44,05	0,04
Outros materiais inertes	[%]	7,84%		
<b>DOC - Carbono Orgânico Degradável no ano</b>	<b>[tC/t res]</b>	<b>0,1086</b>		
<b>Emissões de CH<sub>4</sub></b>	<b>[tCH<sub>4</sub>/ano]</b>	<b>1,94</b>		
<b>Emissões em CO<sub>2</sub>e</b>	<b>[tCO<sub>2</sub>e/ano]</b>	<b>48,61</b>		

Fonte: Autor (2021)

Apesar de contabilizados resíduos plásticos e de metal, estes foram desconsiderados, uma vez que metodologia considera como resíduos recicláveis.

O principal GEE para gestão dos resíduos sólidos é o Metano (CH<sub>4</sub>), que tem um potencial 25 vezes maior que o CO<sub>2</sub> de causar danos ao meio ambiente, segundo os valores referentes ao GWP disponíveis no (AR4). Portanto, os resíduos apresentaram emissões de metano da ordem de 1,94 tCH<sub>4</sub>, o que corresponde a 48,61 tCO<sub>2</sub>e, conforme apresentado na Tabela 18, além do percentual e a massa de resíduos gerados em toneladas.

### 7.3.5 Emissões Pela Obtenção e Aplicação de Materiais de Construção

Tais emissões, são decorrentes das atividades de extração, fabricação e transporte dos materiais aplicados na obra em estudo e analisadas, em sua maioria, segundo ferramenta desenvolvida por Lobo (2010), na qual foi adotada uma planilha eletrônica, com cerca de 2.619 composições de serviços e 5.201 insumos, para as diferentes atividades de construção civil, com as respectivas emissões em (CO<sub>2</sub>e).

A planilha consolidada com as quantidades de materiais e serviços utilizados em cada atividade na obra, com as suas respectivas emissões calculadas, encontra-se de forma completa no APÊNDICE I.

Também foi incluído no APÊNDICE I, em forma de estudo comparativo, na respectiva coluna de dados, o levantamento dos materiais, a identificação dos serviços e respectivas emissões, considerando-se a utilização de metodologia de uma construção convencional para a mesma planta arquitetônica.

A seguir, através da Tabela 19, as emissões calculadas e totalizadas por atividade, nas duas condições construtivas (Modular e Convencional), alcançaram respectivamente os valores de 402,46 tCO<sub>2</sub>e e 491,50 tCO<sub>2</sub>e.

Observa-se, de forma comparativa, que a Construção Modular, método construtivo utilizado efetivamente para a obra executada e objeto deste estudo, apresentou em percentual um valor menor para as emissões provenientes dos materiais de construção, cerca de 22,12%.

**Tabela 19** - Totalização de Emissões Oriundas de Materiais e Serviços de Construção Civil

DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS / ATIVIDADES	*TOTAL Kg.CO <sub>2</sub> e	(%)	**TOTAL Kg.CO <sub>2</sub> e	(%)
PROJETOS	64,28	0,02	64,28	0,01
CANTEIRO DE OBRA	1.010,58	0,25	1.010,58	0,21
MOVIMENTO DE TERRA	3.618,96	0,90	3.618,96	0,74
INFRA E SUPRAESTRUTURA	247.361,65	61,46	323.022,63	65,72
ESTRUTURA METÁLICA	42.084,89	10,46	0,00	0,00
ALVENARIA / VEDAÇÃO E DIVISÓRIAS	16.781,78	4,17	65.253,89	13,28
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	11.572,28	2,88	11.572,28	2,35
LÓGICA E TELEFONIA	1.426,12	0,35	1.426,12	0,29
REDE HIDRÁULICA E ESGOTO	30.650,86	7,62	30.650,86	6,24
PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	4.525,46	1,12	4.525,46	0,92
ESQUADRIAS	18.449,27	4,58	18.449,27	3,75
VIDROS	1.154,87	0,29	1.154,87	0,23
REVESTIMENTOS	9.809,44	2,44	22.967,91	4,67
BANCADAS E DIVISÓRIAS EM PEDRAS	0,54	0,00	0,54	0,00
PINTURA	3.526,78	0,88	2.573,58	0,52
COBERTURA	9.721,02	2,42	4.516,05	0,92
SERVIÇOS COMPLEMENTARES	634,98	0,16	634,98	0,13
LIMPEZA	62,50	0,02	62,50	0,01
<b>TOTAL DE EMISSÃO EM tCO<sub>2</sub>e</b>	<b>402,46</b>	<b>100,00</b>	<b>491,50</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2021), \* Sistema Construtivo Modular, \*\* Sistema Construtivo Convencional

Importa ressaltar que os serviços ou etapas consideradas comuns as duas metodologias construtivas, tiveram os mesmos quantitativos em termos de emissões,

uma vez que foram considerados serviços comuns a ambas metodologias construtivas. Observa-se pela Figura 58, que a metodologia Construtiva Modular, de acordo com os resultados obtidos para as emissões de GEE, nas diferentes etapas construtivas e ordenadas segundo sua relevância, tem suas maiores contribuições nos serviços das etapas construtivas de Infra e Supraestrutura (247,36 tCO<sub>2</sub>e); Estrutura metálica (Módulos Habitacionais) com 42,08 tCO<sub>2</sub>e e Rede Hidrossanitárias (30,65 tCO<sub>2</sub>e). Estas três etapas de serviços correspondem a 79,54% das emissões totais contabilizadas e demonstra e confirma o protagonismo e prevalência dos serviços e insumos mais utilizados nas respectivas etapas de obra, como: concreto (aço e cimento); estrutura metálica (aço) e instalações (materiais plásticos/PVC). Conforme já citado, a produção e o transporte do cimento e do aço se destacam frente ao ranking de emissões, principalmente neste elo da cadeia construtiva.

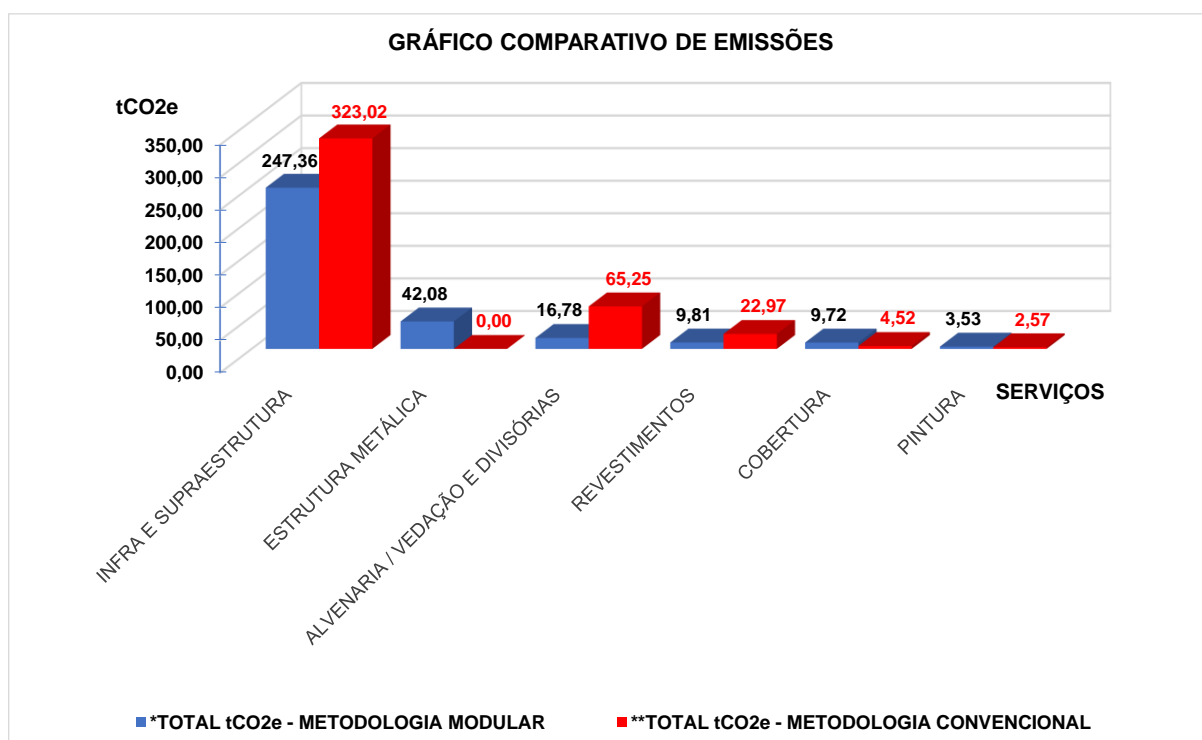


**Figura 58** - Emissões Por Atividade de Construção  
Fonte: Autor (2021)

Apesar da relevância das emissões provenientes do cimento e aço, outros serviços e respectivos materiais apresentaram valores significativos, e demonstra que as emissões de todos os materiais incorporados a construção, são significativas e devem ser contabilizadas.

### 7.3.5.1 Comparativo de Emissões entre Metodologias Construtivas

Um dos objetivos específicos deste estudo, é estabelecer uma relação comparativa de emissões entre os métodos construtivos propostos, especialmente entre as etapas de maior relevância, que se diferenciam ou na sua quantidade ou no tipo de materiais ou insumos que integram determinados serviços, conforme demonstrado pelo gráfico a seguir, através da Figura 59.



**Figura 59** - Gráfico Comparativo de Emissões Entre Métodos Construtivos  
Fonte: Autor (2021)

Conforme também citado, em termos quantitativos totais de emissões, a concepção construtiva modular alcançou um valor menor comparado a construção convencional, entretanto, alguns serviços tiveram quantitativos maiores de emissões. Este fato pode ser explicado, associando-se os respectivos serviços aos fatores de emissão e a relevância de cada um, frente a metodologia construtiva, conforme a seguir:

- Para o serviço de Infra e Superestrutura, prevaleceu a maior quantidade de concreto armado (cimento e aço) utilizado na versão construtiva convencional, determinando-se inclusive maiores cargas para a fundação e estrutura, em conformidade a concepção estrutural, onde foi considerado laje de piso e de

teto em concreto armado, e com emissões que totalizaram cerca de 323,02 tCO<sub>2</sub>e, enquanto que para a Construção Modular, foi considerado apenas a fundação e laje de piso em concreto armado, contabilizando-se emissões de 247,36 tCO<sub>2</sub>e. No contexto do serviço de Estrutura Metálica, de forma inversa, predomina a estrutura de aço dos Módulos Habitacionais, que contabiliza para a Construção Modular emissões de cerca de 42,08 tCO<sub>2</sub>e, uma vez que este serviço não ocorreu na versão proposta para a Construção Convencional. Entretanto, mesmo somando-se as emissões referentes a Infra/Superestrutura e Estrutura Metálica, o valor ainda seria menor comparado a Construção Convencional, com cerca de 289,44 tCO<sub>2</sub>e;

- No serviço de Alvenarias e Vedação / Divisórias, prevaleceu as emissões pelos materiais em blocos de tijolo cerâmico (65,25 tCO<sub>2</sub>e) em relação as divisórias em *drywall* (16,78 tCO<sub>2</sub>e), compostos por guias, montantes, gesso acartonado e materiais isolantes, evidenciando-se assim a maior relevância e energia embutida na extração da matéria prima e produção de blocos, através da calcinação de carbonatos presentes na argila (por exemplo, xisto e barro) e aditivos, que são aquecidos em fornos em alta temperatura e que resulta na emissão de óxidos e CO<sub>2</sub> (COSTA, 2012);
- Nas emissões provenientes dos Revestimentos pela concepção de Construção Convencional, prevalece as emissões pelo maior uso do insumo cimento, que está presente nas argamassas utilizadas nas paredes de alvenaria e tetos (9,81 tCO<sub>2</sub>e), enquanto que pela Construção Modular, as divisórias internas foram executadas em gesso acartonado e o fechamento externo (face interior em gesso acartonado e exterior em chapa metálica trapezoidal), totalizando-se emissões de 22,97 tCO<sub>2</sub>e;
- Nas emissões originadas pela execução da Cobertura na Construção Modular, de 9,72 tCO<sub>2</sub>e, observa-se a predominância do uso do insumo (aço), tanto na estrutura metálica utilizada para a estruturação do telhado, como componente da telha metálica isotérmica (faces), se comparado a Convencional, que utiliza estruturação em madeira e telha em fibrocimento, o que resultou numa quantidade menor de emissões (4,52 tCO<sub>2</sub>e);
- Para os serviços de Pintura, as emissões variaram apenas em função dos quantitativos das diferentes áreas revestidas em tinta e do tipo de tinta. A construção modular contabilizou áreas maiores de pintura, como por exemplo

o telhado, conforme observado pela planilha (APÊNDICE I), portanto, registrando-se emissões de cerca de 3,53 tCO<sub>2</sub>e em comparação as emissões da Construção Convencional, de 2,57 tCO<sub>2</sub>e.

### 7.3.6 Emissões Totais Pelo Escopo 3

De forma objetiva, de acordo com a Tabela 20 e pelos resultados obtidos que integram o Escopo 3, verifica-se em relação as fontes de emissão que as emissões pela utilização de materiais aplicados durante a execução da obra têm a maior representatividade e importância dentro do escopo, com a contribuição de 402,46 tCO<sub>2</sub>e, o que representa cerca de 88,04% das emissões de um total de 457,128 tCO<sub>2</sub>e.

**Tabela 20** - Totalização das Emissões do Escopo 3

<b>ESCOPO 3</b>		
<b>FONTES DE EMISSÕES</b>	<b>tCO<sub>2</sub>e</b>	<b>%</b>
USO DE COMBUSTÍVEIS	6,058	1,33
GERAÇÃO DE RESÍDUOS	48,61	10,63
USO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	402,46	88,04
<b>TOTAL DE EMISSÕES</b>	<b>457,128</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2021)

## 7.4 TOTALIZAÇÃO DAS EMISSÕES

Como etapa final, em conformidade as etapas conceituais estabelecidas pela metodologia para a realização de inventários, foi feita a totalização das emissões geradas para cada escopo em (tCO<sub>2</sub>e) e definido a sua respectiva representatividade em percentual, conforme demonstrado pelo Quadro 5.

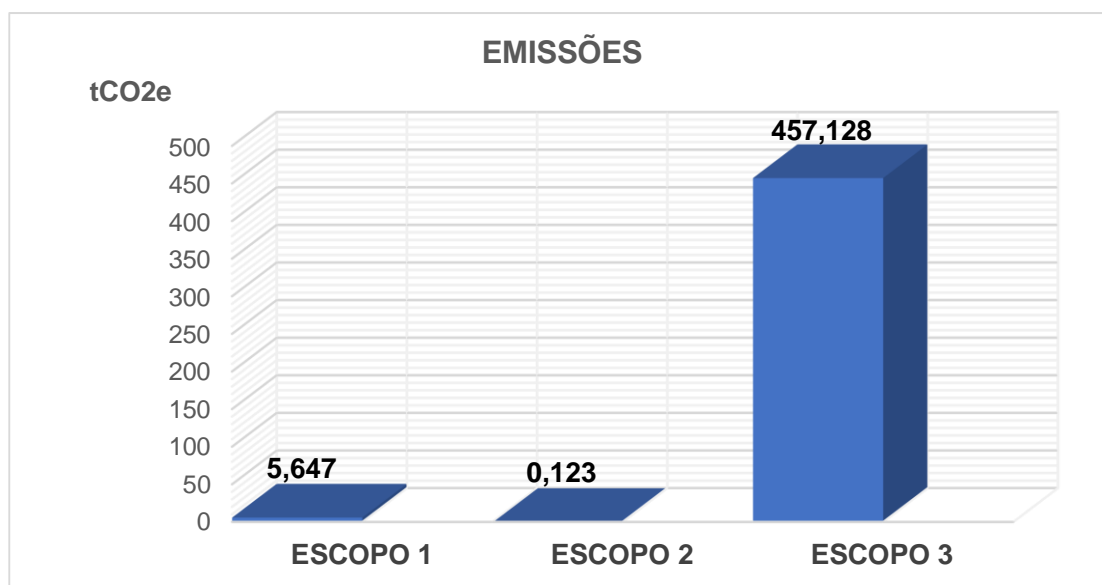
**Quadro 5** - Totalização das Emissões Por Escopo

<b>TOTALIZAÇÃO DAS EMISSÕES</b>		
<b>ESCOPO</b>	<b>tCO<sub>2</sub>e</b>	<b>%</b>
ESCOPO 1	5,647	1,22
ESCOPO 2	0,123	0,03
ESCOPO 3	457,128	98,75
<b>TOTAL</b>	<b>462,90</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Autor (2021)

O inventário consolidado, para a obra em estudo, apresentou o total de emissões de 462,90 tCO<sub>2</sub>e, sendo 5,647 tCO<sub>2</sub>e para o Escopo 1 (1,22%); 0,123 tCO<sub>2</sub>e para o Escopo 2 (0,03%) e 457,128 tCO<sub>2</sub>e para o Escopo 3 (98,75%).

Os resultados obtidos demonstram que 98,75% das emissões totais correspondem ao Escopo 3, conforme observado através da representação gráfica da Figura 60.



**Figura 60** - Emissões em tCO<sub>2</sub>e Por Escopo  
Fonte: Autor (2021)

Os resultados reafirmam e evidenciam o protagonismo do Escopo 3 em empreendimentos de construção civil, onde conclui-se concentrar os maiores grupos de fontes de emissão e que resultam do processo de fabricação, em todas suas fases, de materiais de construção e produtos derivados, principalmente pela utilização do aço e o cimento, conforme registrado pelo Sinduscon-SP (2013) e corroboradas na literatura através da comparação de dados e inventários, através dos resultados das pesquisas de Flizikowski (2012) com 99,90%; Maciel (2016) 96,95% e França (2016) com 96,40%, em que se registram percentuais coerentes e aproximados entre si.

O protagonismo do Escopo 3 também pode ser evidenciado através do Registro Público de Emissões do PBGHG Protocol, para o ano de 2019 (ciclo 2020), através de empresas do setor, as quais registram em seus inventários percentuais para os respectivos escopos relativamente próximos ao deste estudo e ao relatado pela literatura, conforme demonstrado no Quadro 6 a seguir. Os percentuais alcançaram, respectivamente, 97,12% (MRV Engenharia) e 90,10% (Construtora Norberto



Odebrecht). Portanto, apesar de sua quantificação ser opcional e até flexibilizada para a atividade de construção civil, se mostra de extrema importância considerar e detalhar ao máximo este escopo.

**Quadro 6** - Registro de Emissões Por Escopo em Empresas do Setor

<b>REGISTRO DE EMISSÕES POR ESCOPO</b>			
<b>EMPRESA</b>	<b>ESCOPO</b>	<b>EMISSÕES (tCO<sub>2</sub>e)</b>	<b>%</b>
MRV ENGENHARIA	ESCOPO 1	6.739,383	2,31
	ESCOPO 2	1.647,617	0,57
	<b>ESCOPO 3</b>	<b>282.917,201</b>	<b>97,12</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>291.304,201</b>	<b>100,00</b>
NORBERTO ODEBRECHT	ESCOPO 1	24.855,989	9,04
	ESCOPO 2	2.377,448	0,86
	<b>ESCOPO 3</b>	<b>247.730,044</b>	<b>90,10</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>274.963,481</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Adaptado pelo autor (2021) – Registro Público de Emissões (2020)

Considerando-se o total de GEE emitido de 462,90 tCO<sub>2</sub>e, para a realização do empreendimento (obra), e com o total de área construída de 620,03 m<sup>2</sup>, pode-se estabelecer uma relação estimativa de emissão da ordem de 0,75 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> de área construída pelo método Construtivo Modular, em conformidade as especificações propostas. Se considerado apenas a parcela creditada ao Escopo 3, a relação estimativa passa a ser aproximadamente de 0,74 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>, ratificando-se assim a maior relevância deste escopo na atividade de construção civil, conforme já citado.

Esta mesma relação de emissão por área construída, também poderá ser utilizada para se estabelecer uma estimativa global de emissões para o conjunto de prédios a serem realizados para a conclusão da implantação do Campus Anexo do MN – UFRJ, uma vez que também se utilizará a mesma metodologia construtiva.

#### **7.4.1 Comparação dos Resultados**

Em comparação dos resultados, considerando-se que as emissões para o Escopo 1 e 2 são de menor relevância e alcançaram cerca de 1,25% do total de emissões; que o Escopo 3, para o Método Construtivo Modular, obteve o percentual de 98,75% das emissões totais, sendo que 88,04% destas emissões são provenientes exclusivamente pela utilização de materiais; e associando-se os resultados somente por esta fonte de emissão na utilização do Método Construtivo Convencional, obtém-

se a estimativa de emissão de 0,79 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> de área construída, que equivale a aproximadamente 5,33% a mais de emissões em relação ao Método Construtivo Modular, ou seja, mesmo contabilizando-se os Escopos 1 e 2 do Método Construtivo Modular, ainda assim, este se mostra com menor potencial de emissões de GEE, se comparado ao “Convencional”.

Numa análise mais objetiva e imediata, pode-se considerar que a pequena diferença entre os valores obtidos para as emissões (0,04 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> ou 40 KgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>) e a respectiva diferença em percentual, considerando-se os dois métodos construtivos, não teria tanta relevância, porém, se esta relação estimativa por metro quadrado construído for projetada para obras de maior porte em termos de área construída e complexidade, a diferença passa a ter uma intensidade bastante significativa.

Com o objetivo de analisar as emissões registradas neste estudo (0,75 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>), foram também avaliados e comparados dados de outros inventários na literatura nacional, com a utilização da mesma metodologia de cálculo para o inventário, onde obteve-se uma variação considerável entre os mesmos. Flizikowski (2012), em análise as emissões de GEE para a ampliação de um shopping de cerca de 60.457,92 m<sup>2</sup>, relatou emissões de 1,97 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> construído. França (2016), com apenas a fase inicial de construção (Infra e Superestrutura), 0,25 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>. Lobo (2010), em estudo referente a construção de edificação para abrigar uma biblioteca e espaço multimídia, com área construída de 184,00 m<sup>2</sup>, registrou 0,57 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>. Todas estas obras, com características convencionais de construção.

De acordo com Sanquetta et al. (2013), pode-se atribuir como fatores principais para as diferenças encontradas em relação a totais de emissões, em diferentes literaturas nacionais: a tipologia variada de construção; o método construtivo; a metodologia e ferramenta de contabilização; a não inclusão de todos os materiais aplicados a edificação; bem como a contabilização de emissões apenas de determinada fase da construção.

Em contrapartida, Maciel (2016) avaliou as emissões de GEE de obra de características similares a este estudo, com elementos e componentes modulares, para a construção de um prédio administrativo, com 10.987,00 m<sup>2</sup>, e reportou emissões de 0,83 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>, portanto, aproximando-se bastante do valor encontrado e relatado neste estudo, demonstrando-se assim como coerente e comparável o valor estimativo de emissão por metro quadrado construído.

Na literatura internacional, destaca-se o resultado de estudo de caso segundo Pervez et al. (2021), também comparativo de emissões, entre metodologias construtivas modular e convencional, para construções de mesma tipologia executadas em Karachi, no Paquistão, país também considerado em desenvolvimento como o Brasil. O resultado estabelece também uma redução das emissões favorável a Construção Modular, com cerca de (46,9%). A relação estimativa de emissões para a área construída de 23,62 m<sup>2</sup> foi de 0,15 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>. Este estudo também contabiliza as emissões incorporadas aos materiais de construção, tanto pela metodologia modular (75%), como pela metodologia convencional (83,35%) em relação as emissões totais, identificando-se valores próximos dos encontrados na literatura nacional e aos resultados deste estudo de caso, ou seja, com desempenho favorável também a metodologia construtiva modular, e evidenciando-se também quantidades mais significativas de emissões devido ao uso de materiais de construção mais intensivos em carbono (tijolo, concreto e cimento) utilizados na construção convencional.

Na mesma direção, estudo de caso na China, na cidade de Shenzhen, apesar de condições geográficas regionais e metodologias construtivas diferentes, também produziu resultados que demonstraram que a construção pré-fabricada ou modular, no caso (sistema de aço leve pré-fabricado e o sistema de concreto pré-fabricado), em comparação com uma construção convencional de tipologia construtiva semelhante, produz menos emissões de GEE por metro quadrado construído, com o primeiro obtendo-se cerca 0,336 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> e o segundo com 0,368 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>. Os resultados também indicaram as emissões incorporadas de materiais de construção como a principal fonte de emissões de GEE, com aproximadamente 85% (MAO et al., 2013).

Fufa et al. (2019), em seus estudos na Noruega, mostram ser possível alcançar construções “livres de fósseis e/ou livre de emissões”. Esses dois termos dependem da definição inicial de quais atividades de construção ocorrerão em um canteiro de obras. Um canteiro de obras dito livre de fósseis, não utiliza nenhum combustível fóssil nas suas atividades de construção, seja *off-site* ou *on-site*. Para tal, os autores identificaram aspectos de grande importância, como: Conhecimento prévio sobre os locais de construção; identificação e implementação de estratégias de projeto; compartilhamento de conhecimento e experiência entre empreiteiros e fornecedores relacionadas a soluções e tecnologias alternativas, bem como de escolhas dos

métodos de construção. Todos são critérios que influenciam os resultados e o nível de ambições para atingir as metas nacionais e globais de redução de emissões.

## 7.5 INCERTEZAS EM RELAÇÃO AO INVENTÁRIO

A exatidão, como um dos princípios gerais do *GHG Protocol*, determina que seja assegurado através da aplicação de dados apropriados, de fatores de emissão ou estimativas, que a quantificação de emissões de GEE não esteja subestimada ou superestimada, de forma a reduzir o viés e as incertezas ao mínimo possível. Este princípio é corroborado também pelas diretrizes do IPCC, quando reconhece que podem existir algumas incertezas decorrentes de omissões ou contagem dupla, ou outros erros conceituais, ou de compreensão incompleta de processos que podem levar a imprecisões nas estimativas desenvolvidas a partir de determinados modelos. Portanto, a redução das incertezas implica numa maior precisão.

Ainda segundo *GHG Protocol*, as incertezas associadas com os inventários GEE podem ser categorizadas, de forma geral, em incerteza científica e incerteza estimativa. Incerteza científica surge quando a emissão real e/ou o processo de remoção deixou de ilustrar a realidade da empresa. Como exemplo significativo, os valores do potencial aquecimento global (GWP) usados para combinar estimativas para vários GEE. A incerteza estimativa ocorre sempre que as emissões de GEE são quantificadas e dividem-se em dois tipos: incerteza modelo (referentes às equações matemáticas) e de parâmetros (associado com os parâmetros de entrada, como dados da atividade, dados das fontes e fatores de emissão). No caso dos dados de entrada, as incertezas ocorrem por causa de equipamentos com erros ou erro humano na hora do registro. Para o caso de fatores de emissão, se registra os limites e erros, também refletindo-se nos resultados dos inventários.

No contexto da metodologia adotada ao presente inventário, considerou-se as incertezas modelo de parâmetro, ou seja, durante o processo de coleta de dados para aplicação da ferramenta, além de dados estimados. Entretanto, devido à baixa representatividade dos Escopos 1 e 2, com respectivamente 1,22% e 0,03%, e sendo o Escopo 3 (98,75%) com sua maior representatividade relativo à aplicação de materiais e estes associados a uma extensa e complexa planilha de quantitativos, as incertezas foram consideradas presumidamente baixas, a ponto de não comprometer os resultados.

## 8. AÇÕES DE MITIGAÇÃO

Um número crescente de países, estados e cidades, têm adotado políticas que tratam de mudança do clima e para tal fazem uso de variados tipos de instrumentos para implementar ações de mitigação. No que se refere ao objetivo de se reduzir emissões de gases de efeito estufa, a experiência na elaboração dessas políticas evidencia que nenhum instrumento isolado é satisfatório para lidar com a ampla gama de fontes e setores emissores e, ao mesmo tempo, atingir objetivos de redução ambiciosos a um custo razoável. A missão é ambiciosa e não se pode dispensar nenhum mecanismo existente, seja por meio de legislações e regulações, campanhas de conscientização, educação, investimento em pesquisa e tecnologia ou por meio de um sistema de comércio de emissões ou de tributação sobre o carbono.

### 8.1 MERCADO DE CRÉDITO CARBONO ATUAL

O mercado mundial de carbono é atualmente uma realidade e tem contribuído para a implementação de projetos que objetivam a redução de emissões de GEE nos mais diversos setores, assim como tem ajudado para que os GEE, representados pelo carbono, tornem-se ativos econômicos ao invés de passivos ambientais.

A regulação dos mercados de carbono foi um dos principais objetivos e dos tópicos mais debatidos da 25ª edição da Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP25), ocorrida em 2019, entretanto, por falta de consenso o tema acabou de fora do texto final. Muitas delegações nacionais consideraram melhor não ter acordo do que firmar um pacto ruim. Desta forma, ficou excluída a discussão sobre um quadro regulatório para um sistema de mercado de carbono, sob o qual países que emitiram menos possam vender créditos de CO<sub>2</sub> a países mais emissores. Este acordo será discutido novamente na próxima edição da COP25 e prevê a criação de diretrizes para o Fundo Verde do Clima para que, pela primeira vez, o órgão destine recursos às perdas dos países mais vulneráveis a fenômenos climáticos extremos. Essa era a principal reivindicação dos pequenos países insulares, que sofrem diariamente com os efeitos do aquecimento global. O documento também pede que os países desenvolvidos aloquem recursos financeiros para ajudar os países em desenvolvimento.

### 8.1.1 Preço do Carbono no Mercado Mundial

O preço do carbono é cada vez mais reconhecido como um instrumento essencial para fornecer de maneira econômica transição para sociedades de baixo carbono. Colocar um preço na poluição do carbono, como meio de reduzir as emissões e direcionar o investimento para opções mais limpas, tem sido um impulso crescente entre países e empresas. Muitos governos associam e traduzem como custos externos, que são pagos indiretamente pela população, aqueles provocados pelas fontes de emissões de carbono e que causam ou produzem prejuízos diretos, como exemplo: danos a agricultura, custos com saúde devido a alterações climáticas ou a propriedades devido a inundações e aumento do nível do mar. Desta forma, “colocar um preço no carbono” é transferir simplesmente para o preço do carbono e aos respectivos responsáveis o ônus por estes danos, ao invés de determinar ações diretas dos mesmos para reduzi-los. Na prática, o preço do carbono emite um sinal econômico e assim os poluidores decidem por si se devem interromper sua atividade poluidora, reduzir as emissões ou continuar poluindo e pagando por isso. Também permite que empresas do setor privado, agências governamentais e outras partes interessadas, levem em consideração o custo das emissões de gases de efeito estufa para tomada de decisões cotidianas. Dessa maneira, o objetivo ambiental, de forma geral, é alcançado de maneira mais flexível e de menor custo para a sociedade. O preço do carbono também estimula a tecnologia limpa e a inovação do mercado, que alimenta novos fatores de crescimento econômico com baixo teor de carbono (WORLD BANK, 2019).

Existem dois tipos principais de preço do carbono: **Sistemas de Comércio de Emissões** ou *Emissions Trading Systems (ETS)* e **Impostos sobre o Carbono** ou *Carbon Tax*:

- **ETS** – Também chamado de sistema de *cap-and-trade*, este limita o nível total de emissões de gases de efeito estufa e permite que as indústrias com baixas emissões vendam suas permissões extras para emissores maiores. Ao criar oferta e demanda por permissões de emissão, o ETS estabelece um preço de mercado para as emissões de gases de efeito estufa. O limite ajuda a garantir que as reduções de emissões necessárias ocorram para manter os emissores (agregados) dentro de seu orçamento de carbono previamente alocado. No

caso de os emissores reduzirem suas emissões abaixo do patamar ou sob um sistema de linha de base e crédito (***baseline-and-credit***), estes recebem créditos por essas reduções de emissão e podem vender a outros emissores.

- **Imposto sobre o carbono** - Define diretamente um preço do carbono, expressas em uma unidade monetária por tonelada de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2e</sub>), definindo uma taxa sobre as emissões de GEE ou, mais comumente, sobre o teor de carbono dos combustíveis fósseis. É diferente do ETS, pois o resultado da redução de emissão de um imposto sobre o carbono não é predefinido, mas o preço do carbono sim.

Em linhas gerais, os sistemas de comércio consistem na negociação de títulos em um mercado denominado *Emissions Trading Systems* (ETS), a partir de certificados enviados às empresas que estabelecem um limite de emissões previamente acordado. O sistema de tributação (*Carbon Tax*), nascido na década de 1990, nos países nórdicos (Finlândia, Noruega, Islândia e Dinamarca), tem como princípio a cobrança de imposto a partir de um preço fixo sobre cada unidade de emissão da empresa.

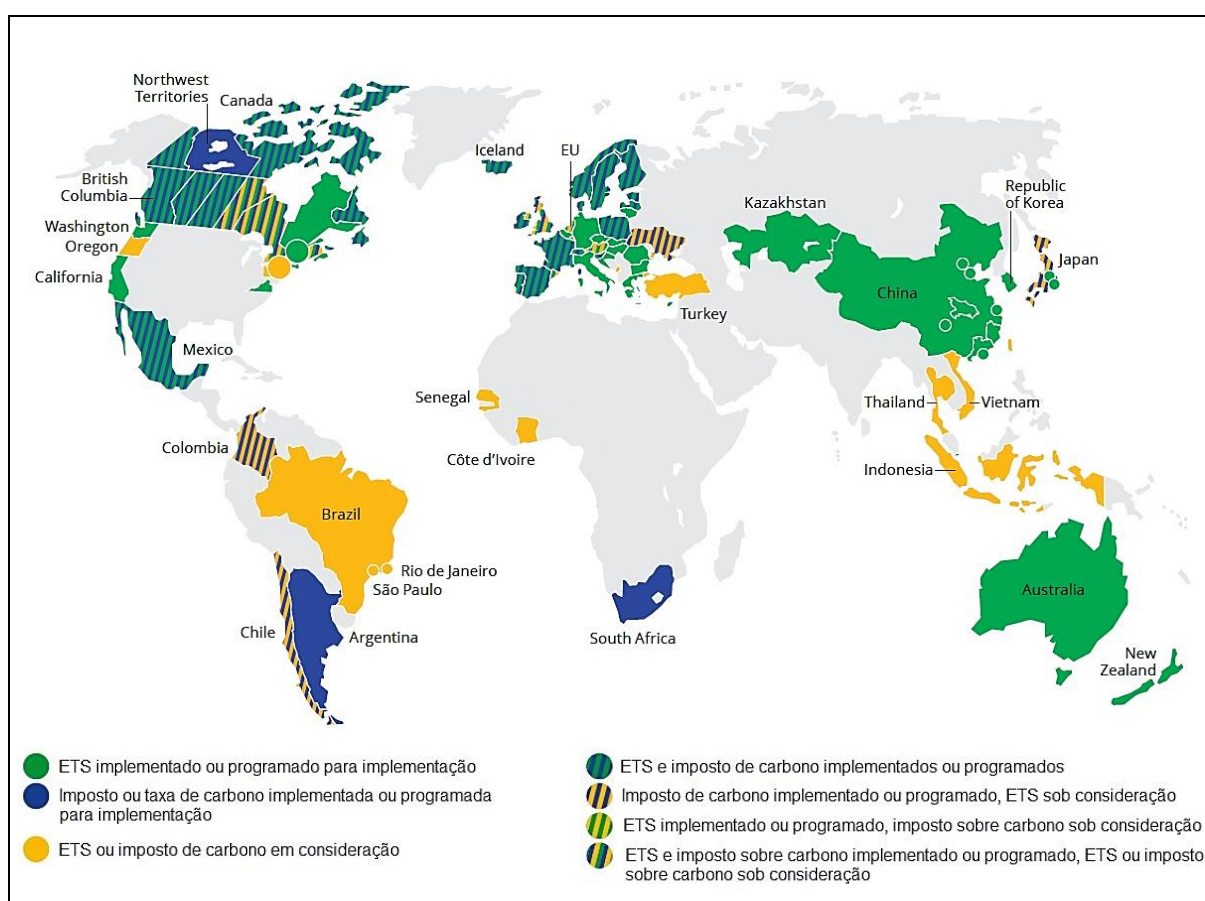
Através do Quadro 7, pode-se se conferir as principais características dos dois principais sistemas:

**Quadro 7** - Comparativo Entre a Taxação e o Mercado de Carbono

IMPOSTO SOBRE CARBONO (TAXAÇÃO DE CARBONO)	ETS - SISTEMAS DE COMÉRCIO DE EMISSÕES ( MERCADO CARBONO)
Instrumento baseado em PREÇO: alíquota em \$/tCO <sub>2</sub> com baixa flexibilidade para redução de custos de <i>compliance</i> do sistema.	Instrumento baseado em QUANTIDADE: limite de emissões de CO <sub>2e</sub> com metas absolutas ou de intensidade, sendo estabelecidas por fonte/agente econômico. O tipo mais comum é o <i>Cap and Trade</i> .
Mais aplicável para agentes econômicos com atividades mais pulverizadas (exemplo: transporte e agricultura).	Permite o estabelecimento de permissões de emissões que podem ser leiloadas, vendidas ou distribuídas gratuitamente entre os agentes econômicos, a partir de critérios estabelecidos. Estas transações geram custos que devem ser contabilizados para a manutenção do mercado.
Privilegia a redução de emissões de GEE do agregado da economia.	Mais aplicável para agentes econômicos com atividades mais concentradas (exemplo: indústria e energia).
De mais fácil implementação, já que pode aproveitar a estrutura institucional e administrativa existente no governo para tributação.	Permite o uso de créditos de carbono para compensação de emissões de GEE.
Fornecer sinais mais claros para investidores no longo prazo.	Necessário criação de estrutura administrativa e de fiscalização por parte do governo para implementação.
O uso das receitas pode ser para reinvestimento em novas tecnologias de redução de emissões ou uso social.	Desafios para o estabelecimento da liquidez do mercado e controle da flutuação de preços.

Fonte: CNI - Confederação Nacional da Indústria, 2020 - A Precificação de Carbono e os Impactos na Competitividade da Cadeia de Valor da Indústria.

De acordo com *World Bank* (2020), cerca de 46 países e 32 cidades, estados e províncias já utilizam mecanismos de precificação de carbono ou planejamento para implementá-los no futuro. Existem 61 iniciativas de precificação de carbono local ou programado para implementação, consistindo em 31 ETS e 30 com impostos sobre carbono. Juntos, os instrumentos de precificação de carbono, atualmente em vigor, cobrem cerca de 22% das emissões globais de GEE, o que representa um volume anual de 12 GtCO<sub>2</sub>e. É um aumento em comparação com 2019, em que 20% das emissões globais de GEE foram cobertas por ETS e impostos sobre o carbono implementados ou programados para implementação, conforme mapa resumo da Figura 61.



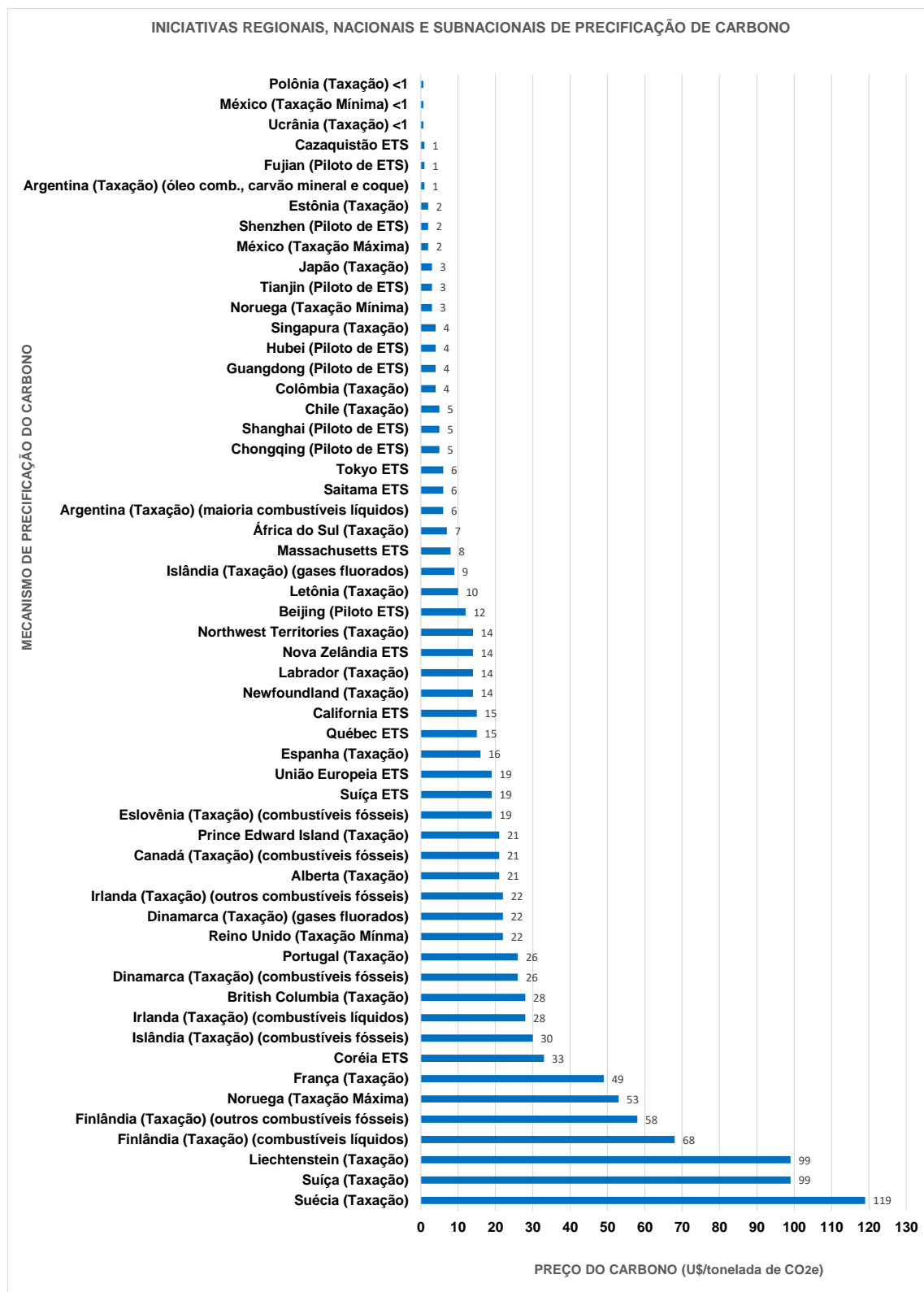
**Figura 61** - Mapa Resumo das Iniciativas Regionais, Nacionais e Subnacionais de Precificação de Carbono Implementadas, Programadas para Implementação e Sob Consideração (ETS e imposto sobre carbono).

Fonte: Adaptado de *WORLD BANK* (2020)

Por outro lado, os efeitos provenientes da Pandemia de COVID-19 também impactaram sobremaneira os mercados de preços de carbono, com quedas acentuadas, resultado da desaceleração da economia a nível mundial e em destaque



os setores aéreos e marítimos. As restrições do COVID-19 também atrasaram as principais reuniões, principalmente a COP 26, que estava originalmente agendada para novembro de 2020, agora adiada para 2021.



**Figura 62** - Preços de Carbono no Mercado Mundial (ETS e imposto sobre carbono).  
Fonte: Adaptado de *WORLD BANK* (2020)

Em análise a Figura 62, destaca-se a predominância de mecanismos de impostos ou taxação direta nos países europeus e de mercados de carbono nas regiões asiáticas, americanas e Oceania. Os preços do carbono aumentaram em muitas jurisdições, mas ainda variam de menos de US\$ 1 / tCO<sub>2</sub>e a US\$ 119 / tCO<sub>2</sub>e, com quase metade das emissões cobertas com preço inferior a US\$ 10 / tCO<sub>2</sub>e. Valor considerado baixo frente as metas de redução, de maneira econômica, das emissões e de temperatura do Acordo de Paris, os quais deveriam variar respectivamente de pelo menos US\$ 40–80 / tCO<sub>2</sub>e até 2020 e US\$ 50–100 / tCO<sub>2</sub>e até 2030. Cerca de 88% dos mecanismos apresentados possuem um preço de carbono abaixo dos US\$ 40 / tCO<sub>2</sub>e, sendo que os maiores preços de carbono, ou seja, acima de 40 US\$, são praticados pela Suíça, alguns países nórdicos (Suécia, Finlândia e Noruega) e França.

Entre os menores valores praticados pode-se destacar os mercados regionais asiáticos. A variabilidade entre os preços é explicada pelas especificidades de cada nação. Foram arrecadados, em 2019, US\$ 45 bilhões em receitas de preços de carbono, sendo mais da metade destinada a projetos ambientais ou de desenvolvimento.

Ainda conforme *World Bank* (2020), em 2018 e 2019, o número de iniciativas de precificação do carbono aumentaram em todo o mundo e os sistemas existentes foram fortalecidos, porém, longe ainda das metas e objetivos do Acordo de Paris, apesar de muitos países já estarem implicitamente precificando carbono através de outras políticas, como impostos sobre combustíveis ou ajustes nas políticas de subsídios aos combustíveis fósseis.

### **8.1.2 Mercado de Crédito Carbono no Brasil**

Os Créditos de Carbono são certificados emitidos em função de projetos que reduzam ou absorvam, através de metodologias comprovadas, a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa.

Segundo *World Bank* (2020), o Ministério da Economia, em 23 de dezembro de 2019, anunciou avanços nas discussões sobre o preço do carbono no Brasil. Como parte de um processo mais amplo de consulta às partes interessadas, os participantes da reunião, que incluíram representantes do governo, do setor privado e de organizações internacionais, comprometeram-se a acelerar os estudos sobre a

criação de um sistema de precificação de carbono baseado no comércio nacional de emissões de gases de efeito estufa.

O Brasil, como país em desenvolvimento, apesar de grande emissor, não assumiu meta em Quioto, visto ter uma baixa responsabilidade histórica de emissões se comparado a países que tiveram suas respectivas industrializações séculos antes e, portanto, os projetos baseados no Brasil só participaram como fornecedores de “créditos de carbono” do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), chamados Reduções Certificadas de Emissões – RCE, dando-se início ao Mercado de Carbono no país (WAYCARBON, 2018).

As metas estabelecidas no Protocolo de Quioto se aplicam apenas aos países desenvolvidos listados no Anexo B do Protocolo (correspondente ao Anexo I da Convenção). O MDL permite aos países desenvolvidos investir em projetos de redução de emissões de GEE em países não listados no Anexo I, oportunizando-se os chamados créditos de carbonos, cujo o interesse reside no fato de que os custos marginais de abatimento das emissões nos países em desenvolvimento serem menores que em seus próprios territórios. Essas reduções certificadas, além de viabilizar aos países Anexo I o atendimento de suas metas de redução das emissões, asseguram aos países em desenvolvimento a implementação de projetos de tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento (LOUREIRO, 2019).

Segundo o CBEDS (2018), o Brasil é um dos principais participantes da criação e regulamentação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) definido no Protocolo de Quioto e ocupa o terceiro lugar na provisão de créditos, com cerca de 339 atividades de projeto. Conforme estabelecido pelo Protocolo de Quioto, todos os projetos MDL, além de registrados no âmbito da UNFCCC para receberem a certificação de redução de emissões e gerar créditos de carbono, devem ser submetidos à validação e verificação/certificação por uma Entidade Operacional Designada – EOD<sup>17</sup>, ou seja, verificada de forma independente por terceiros, com o

---

<sup>17</sup> Entidade qualificada pela Conferência das Partes, por recomendação do Conselho Executivo do MDL, para validar projetos de MDL propostos ou verificar e certificar reduções de GEE resultantes do projeto. Para atuar no Brasil, a EOD deve, adicionalmente, ser reconhecida pela Autoridade Nacional Designada brasileira e estar plenamente estabelecida no País.

objetivo de definir as reduções de emissões efetivamente alcançadas pelo projeto e contribuir assim para o contexto do mercado regulado de carbono.

A NDC<sup>18</sup> brasileira é uma dentre as que consideraram a utilização de mecanismos de mercado, o que torna o Brasil, ao lado de China e Índia, um dos maiores emissores de GEE a declarar essa possibilidade em sua contribuição nacional. Conforme texto da NDC brasileira, o país conserva a posição de utilizar os mecanismos que venham a ser estabelecidos sob o Acordo de Paris, além de submeter a transferência de unidades derivadas de resultados de mitigação alcançados no território brasileiro ao consentimento prévio e formal do Governo Federal. O período coberto pela NDC brasileira se dá após 2020 e sua implementação ocorrerá em ciclos sucessivos de cinco anos, ou seja, estes ciclos, para fins de previsibilidade dos agentes econômicos, resultarão em compromisso de mitigação no ano de 2025 e com contribuição indicativa para 2030, o que possibilita um melhor monitoramento das ações de mitigação. Apesar das metas nacionais de redução de emissões serem amplamente alcançadas pela redução das emissões de uso do solo, esta vantagem de mitigação tende a diminuir até 2025. No Brasil, as emissões de processos industriais correspondem a menos de 2% do seu total, e as emissões de energia representam cerca de 6%, portanto, o setor industrial contribui com menos se comparado com o de mudança do uso do solo, que tem emissões muito mais representativas. Assim, a partir de 2030, quando as emissões de processos industriais e energia certamente estiverem em discussão, novas metas deverão ser consideradas (CEBDS, 2018).

Além do Mercado Regulado, a comercialização de créditos de carbono pode-se efetivar também pelo chamado Mercado Voluntário e são geralmente referenciados como *Verification of Emission Reduction* – VER (em português Verificação de Redução de Emissões - VRE), que não estão vinculadas às metas regulatórias do Protocolo de Quioto, portanto não podem ser utilizados para cumprirem as metas dos países (Anexo I), entretanto, a motivação pelos compradores se pauta em fatores, como: preocupação com o gerenciamento de seus impactos em relação às mudanças

---

<sup>18</sup> A NDC é o principal compromisso internacional do Brasil na área de mudança do clima. Foi apresentada na Assembleia Geral da ONU em setembro de 2016, e estabelece o compromisso de redução de 37% das emissões de GEE nacionais até 2025 (equivalente à emissão de 1.346 milhões tCO<sub>2</sub>e) e de 43% até 2030 (equivalente à emissão de 1.208 milhões tCO<sub>2</sub>e), com base nos níveis registrados em 2005 (CEBDS, 2018).

do clima, na sua imagem e reputação junto ao mercado, nos interesses em inovações tecnológicas para redução de GEE e principalmente na necessidade de se adequarem e se prepararem para regulações futuras e/ou planos de venda de créditos, com a finalidade de lucro nas respectivas comercializações (IBRI, 2009). O Brasil, em 2019, foi o sétimo país a comercializar o maior número de créditos de carbono no mercado voluntário, com a venda de cerca de 5 milhões de toneladas, e nos três primeiros lugares ficaram Índia (23 milhões), Estados Unidos (14 milhões) e China (10 milhões). Também no contexto das iniciativas e discussões internacionais o Brasil avança, a nível interno, em relação a precificação de emissões e de instrumentos políticos e econômicos, que têm como meta regular a quantidade de GEE, como no caso da PMR (*Partnership for Market Readiness*) e da PMI (*Partnership for Market Implementation*) (WAYCARBON, 2021).

Segundo o Ministério da Economia (2020), o Projeto PMR Brasil, aprovado em setembro de 2014 e implementado efetivamente em 2016, tem por objetivo discutir a inclusão da precificação de emissões e sua regulação de preços e quantidades, ou por meio de impostos ou do mercado regulado de carbono, no pacote de instrumentos voltados à implementação da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) no período pós-2020. Este projeto faz parte do programa do Banco Mundial, pelo qual fornece suporte para a implementação de políticas de mitigação das mudanças climáticas, incluindo-se instrumentos de precificação de carbono, a fim de aumentar a escala da mitigação de GEE, com foco nos seguintes setores: energia (geração elétrica e combustíveis); os sete subsetores do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação na Indústria de Transformação (siderurgia, cimento, alumínio, química, cal, vidro e papel e celulose); Florestas e a agropecuária (pecuária de corte). Esses setores foram selecionados, tomando-se como base análises do perfil econômico e de emissões do país. As atividades do PMR, no país, são coordenadas por um Comitê Executivo composto pelo Ministério da Fazenda; pela Coordenação-Geral de Meio Ambiente e Mudanças Climáticas da Secretaria de Política Econômica (COMAC/SPE), pelo Banco Mundial e por um Comitê Consultivo, que acompanha as atividades, composto por representantes de entidades do setor privado, da sociedade civil e de órgãos do Governo Federal. Como resultado do Projeto PMR Brasil, e em consonância não só a conjuntura atual para o cumprimento da NDC brasileira, como também pelo esforço contínuo em aprimorar a estrutura regulatória e fomentar a competitividade e o desenvolvimento nacionais, destacou-se como instrumento de

precificação do carbono os “Sistemas de Comércio de Emissões” (SCE), que representam uma classe de instrumentos de mercado custo-efetivos, que dão liberdade aos agentes econômicos para escolherem a melhor forma de cumprir com a regulação, sendo norteados pelos princípios de liberdade e eficiência. Estes também vêm sendo cada vez mais adotados ao redor do mundo e considerados como de “melhor prática” entre os países desenvolvidos, na busca pelo cumprimento das metas climáticas e transição suave para uma economia de baixo carbono.

Ainda conforme a *WayCarbon* (2021), no início de 2021, em continuação a esta política, entrou em operação a PMI, sucessora do PMR, com a finalidade de avançar na implantação de instrumentos de precificação de carbono, associados ao desenvolvimento interno. Dentre outras atividades, incluem-se: formulação de políticas de mitigação de acordo com as NDC; aumentar a capacidade de coleta e gestão de dados de GEE; geração e gestão de conhecimento; aprimorar a estrutura existente de Medição, Relato e Verificação (MRV) e desenvolvimento de uma estrutura institucional para precificação de carbono, além de auxiliar os países na operacionalização do Artigo 6º do Acordo de Paris, com fins de alcançar uma mitigação geral das emissões globais e facilitar a cooperação internacional nos mercados de carbono, promovendo-se a convergência dos instrumentos nacionais de precificação do carbono. Esta parceria também prevê meta de capitalização de US\$ 250 milhões para contribuir com a meta do Acordo de Paris em limitar o aquecimento global a 1,5°C.

No caso brasileiro, segundo EPE (2020), por conservar uma matriz elétrica e majoritariamente renovável, a expectativa é que os setores produtivos, em especial o setor de energia e o setor industrial, que usa energia elétrica como insumo, possam se beneficiar dos instrumentos de precificação. Este diferencial, que pode-se traduzir em vantagem competitiva e definida pelo diferencial de intensidade de carbono na matriz em relação a outros países, poderá repercutir como um atrativo de investimentos de acordo com os desenhos de mercado de carbono implementados pelo Artigo 6º do Acordo de Paris. Ou seja, além dos benefícios ambientais diretos, a precificação de carbono pode criar espaço fiscal para os governos na direção do desenvolvimento sustentável, bem como gerar diversas oportunidades de negócios associadas à implementação de um mercado de carbono, seja por meio do leilão de permissões ou por meio de um tributo sobre o carbono.

## 8.2 AÇÕES DE MITIGAÇÃO COM BASE NO INVENTÁRIO

Com objetivo de redução das emissões de carbono e com base inicial nas informações do inventário de GEE, pode-se verificar no processo de construção, quais etapas apresentam maiores emissões de GEE e demonstram maior possibilidade de ação e, possível, melhoria no processo, buscando-se a redução das emissões de carbono da empresa. Através da análise crítica das informações do inventário, levando-se em consideração as maiores fontes de emissão de GEE, seria possível desenvolver metas para redução das emissões, a curto, médio e longo prazo.

Como ações concretas e objetivas, iniciais, referencia-se:

- Substituição de matérias-primas;
- Utilização de materiais de construção e insumos, comprovadamente, de menor poder de emissões de carbono;
- Reciclagem interna ao canteiro de obras, com a recuperação de matérias primas e insumos, evitando-se o desperdício com o reaproveitamento destes materiais;
- Reciclagem externa, com revenda de material para cooperativas ou empresas que realizam reciclagem (formar parcerias com empresas recicladoras);
- Implementação de um programa de redução do consumo de combustíveis fósseis, com metas estabelecidas e monitoradas periodicamente, considerando-se, se possível, a utilização de biocombustível no lugar de combustíveis fósseis; aquisição de veículos mais leves e eficientes; otimização e planejamento de trajetos, principalmente em relação a fretes por aquisição de materiais;
- Implementação de ações que estimulem o uso mais eficiente da energia, evitando-se desperdícios e propiciando-se substituição de equipamentos obsoletos ou menos eficientes energeticamente.

## 9. CONCLUSÕES

O principal escopo do trabalho, foi estudar através de inventário uma construção com fins administrativos, localizada no Campus externo da UFRJ – Rio de Janeiro – RJ, através de uma metodologia modular industrializada. Com base na pesquisa e nos resultados, conclui-se que:

- No aspecto construtivo e a nível de industrialização, o prédio executado pode ser considerado de ciclo aberto, uma vez que seus componentes e elementos são originados de um mercado comum e compatíveis entre si, e também classificado como uma construção modular híbrida, já que seu projeto, conceitualmente, utiliza uma abordagem combinada entre elementos 2D e 3D e outros materiais aplicados;
- É possível adequar e aplicar a ferramenta e metodologia GHG Protocol para inventários de emissões de GEE para a atividade de construção civil, inclusive em metodologias construtivas diferentes;
- A emissão total no inventário de GEE, para a obra avaliada e executada durante o ano de 2020, foi de 462,90 tCO<sub>2</sub>e para uma área total construída de 620,03 m<sup>2</sup>. Estes dados resultaram em uma emissão e relação estimativa de 0,75 tCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> de área construída pelo método Construtivo Modular. A relação estimada varia quando comparado a valores reportados na literatura, principalmente em função da tipologia da obra, método construtivo e tipos de materiais aplicados, entretanto, o resultado mostra-se compatível quando em obra de características similares;
- Os resultados evidenciam o protagonismo do Escopo 3, com 98,75% das emissões totais, sendo estes de predominância significativa de materiais de construção aplicados na obra, portanto, apesar de constituído por fontes indiretas e de relato opcional, este escopo deve ser considerado de extrema relevância para o gerenciamento de emissões na atividade de construção civil;
- As maiores contribuições em termos de emissões foram nas etapas construtivas de Infra e Supraestrutura; Estrutura Metálica (módulos habitacionais) e Rede Hidrossanitárias, com 79,54%, atribuindo-se e confirmando-se a prevalência de insumos como, cimento, aço e materiais plásticos / PVC, independentemente do tipo de metodologia adotada;



- Estabelecendo-se uma relação comparativa para as emissões, entre os métodos construtivos propostos, a Construção Modular apresentou contribuição percentual de 22,12% menos de emissões provenientes dos materiais de construção. Este diferencial foi atribuído as etapas de: Infra e Supraestrutura; Estrutura Metálica (módulos habitacionais); Alvenarias / Vedação e Divisórias: Revestimentos; Cobertura e Pintura, sinalizando-se com isso, que a escolha prévia de determinados componentes e elementos que integram a construção, são de suma importância no contexto de redução total das emissões por esta fonte;
- Dos resultados obtidos de emissões totais, é possível parametrizar e estabelecer relações estimativas de emissões por metro quadrado construído para obras de mesma tipologia e que utilizem sistema construtivo modular similar;
- Em decorrência também desta pesquisa, pôde-se deduzir que a aplicação do Programa Brasileiro GHG Protocol, como diagnóstico, a nível de inventários para emissões de GEE, em unidades e grupos que integram diferentes setores de atividade, em especial o Setor de Construção, se mostra ainda bastante deficitário, deixando clara a falta de adesão e engajamento do Setor quanto a quantificação, gerenciamento e reporte de suas emissões pela plataforma de Registro Público de Emissões, apesar de ser esta uma ação voluntária, ou seja, em contraposição de um mercado que visa, cada vez mais, e busca em organizações, evidências de responsabilidade e comprometimento ambiental;
- Em proposta a ações mitigadoras, tendo-se como base o inventário, pode-se salientar a importância da compatibilização prévia de fatores que envolvam a utilização de novas tecnologias e sistemas construtivos e materiais e insumos, comprovadamente com menor poder de emissões de carbono, e economicamente possíveis de aplicação aos setores de atividade de construção civil;
- O resultado da pesquisa também oferece indicadores para se fomentar, a nível institucional UFRJ, através de seu corpo técnico e responsáveis pela elaboração de projetos, a aderirem as adequações em favor de concepções construtivas de baixa emissão de GEE.

## 10.RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Trabalhos futuros sobre emissões de GEE, no âmbito da construção civil, podem ser diversificados ou aprofundados e temas podem ser desenvolvidos no intuito de obtenção de novos resultados, através de estudos:

- Sobre emissões de GEE para outros sistemas construtivos modulares;
- Comparativos, a nível de emissão de GEE, entre diferentes sistemas construtivos modulares ou entre os mais utilizados a nível estadual ou nacional;
- Referentes aos fatores de emissão de GEE, empregados para os diferentes elementos e componentes construtivos, gerando-se um banco de dados, a serem utilizados na integralização das fontes e atividades emissoras no contexto do sistema industrializado modular;
- Que explorem novas tecnologias e materiais de construção, com o viés da redução das emissões por estas fontes emissoras, fomentando-se assim o emprego de materiais alternativos;
- Comparativos referentes ao desempenho e durabilidade dos materiais entre sistemas construtivos convencionais e industrializados.

## 11. REFERÊNCIAS

ABDI - AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da Construção Industrializada, Conceitos e Etapas, Volume 1: Estrutura e Vedação**, 2015. Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/manual-construcao.pdf>>. Acesso em: 24/05/2020.

AIA – *THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS - Design for Modular Construction: An Introduction for Architects* – National Institute of BUILDING SCIENCES, 2019. Disponível em: <<https://www.aia.org/resources/6119840-modular-and-off-site-construction-guide>>. Acesso em: 24/05/2020.

AIE – AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA, **O impacto da crise dos Covid-19 no progresso das energias limpas**, AIE, Paris. Disponível em: <<https://www.iea.org/articles/the-impact-of-the-covid-19-crisis-on-clean-energy-progress>>. Acesso em: 16/06/2020.

ALVES, E. B. B. M. **Inventário e neutralização de emissões de gases de efeito estufa: avaliação e desenvolvimento de software de cálculo**. 2018. 153 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/20701/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 08/01/2020.

ASBEA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - **Guia Boas Práticas em BIM – Fascículo I**, 2013. Disponível em: <<http://www.asbea.org.br/userfiles/manuais/a607fdeb79ab9ee636cd938e0243b012.pdf>>. Acesso em: 25/04/2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.575-1: 2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1- Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.873: 2010 – Coordenação modular para edificações**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9062: 2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, 2017.

BARBOSA, L.; QUALHARINI, E. **A Influência da Coordenação Modular na Produção de Construções Dotadas de Processos de Automação**, 2005.

Disponível em:

<<http://www.geocities.ws/luisgreno/TEXTOS/inluenciacoordenacaomodular.pdf>>.

Acesso em: 26/05/2020.

BARBOSA, G. de O.; GALDINO, L. R. N.; SOUZA, L. B. de; RODRIGUES, L. M. S.; ARAÚJO, M. E. C.; & GONZAGA, G. B. M. (2018). **CONTAINER NA CONSTRUÇÃO CIVIL: RAPIDEZ, EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE NA EXECUÇÃO DA OBRA**. Caderno De Graduação - Ciências Exatas E Tecnológicas - UNIT -

ALAGOAS, 4(2), 101. Disponível em:

<<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5205>>. Acesso em: 05/12/2020.

BRANCO Jr.; A. S., LIRA; J. S. M. M.; SPOSTO R. M. **Energia e Emissões de CO2 de Sistema de Vedação Vertical em Drywall** [*Energy and CO2 emissions of vertical sealing system in drywall*]. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [S. l.], v. 14, n. 2, 2018. doi: 10.5216/reec.v14i2.47781.

BUCKERIDGE, M. S. (2007). **Mudanças climáticas, biodiversidade e sociedade: como a teoria de redes pode ajudar a compreender o presente e planejar o futuro?** Revista Multiciência. Campinas, Edição no. 8, Mudanças Climáticas, Maio 2007. Disponível em: <<http://www.mobilizadores.org.br/wp-content/uploads/2014/05/mudanas-climticas-biodiversidade-e-sociedade.pdf>>.

Acesso em: 07/10/2019.

CALDAS, L. R. **Avaliação do Ciclo de Vida Energético e de Emissões de CO2 de uma Edificação Habitacional Unifamiliar de Light Steel Framing**. Dissertação de

Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-09A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 174p, 2016.

CBCS - CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; PNUMA – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE; MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas**. Versão 1, 2014, 111p. Disponível em: <[http://www.cbcs.org.br/\\_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Políticas%20Publicas.pdf](http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/MMA-Pnuma/Aspectos%20da%20Construcao%20Sustentavel%20no%20Brasil%20e%20Promocao%20de%20Políticas%20Publicas.pdf)>. Acesso em: 18/04/2020.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - **Energia nas Construções Uma Contribuição do Setor à Redução de Emissões e de Uso de Fontes Renováveis de Energia**. Brasília-DF, maio de 2017. Disponível em: <[https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Energia\\_na\\_Construcao\\_2017-1.pdf](https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Energia_na_Construcao_2017-1.pdf)>. Acesso em: 18/04/2020.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - **Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H** – MINISTÉRIO DAS CIDADES – Secretaria Nacional de Habitação, 2018  
Disponível em: <<https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Programa-Brasileiro-de-Qualidade-e-Produtividade-do-Habitat.pdf>>. Acesso em: 26/05/2020.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Precificação de Carbono: O que o setor empresarial precisa saber para se posicionar**. 2018. Disponível em: <<http://cebds.org/wp-content/uploads/2018/06/cebds.org-port-guiaprecificacao-web.pdf>>. Acesso em: 18/04/2020. Acesso em: 04/02/2021.

CIRQUEIRA, C. B. R. P. **A Coordenação Modular como Ferramenta de Projeto de Arquitetura e Levantamento de Componentes Normalizados no Mercado da Construção Civil do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília, UnB, Brasília, DF – Brasil, 2015.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - **A Precificação de Carbono e os Impactos na Competitividade da Cadeia de Valor da Indústria**. Brasília, 2020. Disponível em:

<<https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2020/1/precificacao-de-carbono-e-os-impactos-na-competitividade-da-cadeia-de-valor-da-industria/>>. Acesso em: 21/06/2020.

COSTA, B. L. C. **Quantificação das Emissões de CO<sub>2</sub> Geradas na Produção de Materiais Utilizados na Construção Civil no Brasil**. Dissertação de Mestrado – UFRJ/COPPE/Programa de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 2012.

DEFRA – *Department for Environment Food & Rural Affairs*. **UK Government conversion factors for Company Reporting**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2020>>. Acesso em: 14/01/2020.

DESSAI, S.; van der SLUIJS, J. P. **Uncertainty and Climate Change Adaptation - A Scoping Study**. Report NWS-E-2007-198-ISBN 978-90-8672-025-5. *Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation - Department of Science Technology and Society, Utrecht University, 2007*.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética - **Plano Decenal de Expansão de Energia 2020**. Ministério de Minas e Energia, 2020. Disponível em:

<<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-51/topico-88/Sum%C3%A1rio%20Executivo%20do%20PDE%202020.pdf#search=2020>>. Acesso em: 18/04/2020.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética – **Nota Técnica - Precificação de Carbono: Riscos e Oportunidades para o Brasil**. Ministério de Minas e Energia, 2020. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-549/NT%20EPE-DEA-GAB-014-2020%20-%20Precifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20C\\_final\\_05012021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-549/NT%20EPE-DEA-GAB-014-2020%20-%20Precifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20C_final_05012021.pdf)>. Acesso em: 10/02/2021.

FGV – FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS - **PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL**. Disponível em: <<https://ghgprotocolbrasil.com.br/o-programa-brasileiro-ghg-protocol?locale=pt-br>>. Acesso em: 25/09/2018.

FGV – EASP - Sistema de Comércio de Emissões SCE - **Relatório Final do Ciclo 2017**. Disponível em: <<http://gvces.com.br/sistema-de-comercio-de-emissoes-sce-relatorio-final-do-ciclo-2017?locale=pt-br>>. Acesso em: 25/09/2018.

FGVces – Fundação Getulio Vargas (EAESP) / *World Resources Institute (WRI)* - **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol, Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa**, segunda edição, 2017. Disponível em: <<http://ghgprotocolbrasil.com.br/especificacoes-e-notas-tecnicas-do-programa-brasileiro-ghg-protocol/?locale=pt-br>>. Acesso em: 04/07/2020.

FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - **Cartilha Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa /SENAI**. Departamento Regional do Estado do Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/publicacoes/manuais-e-cartilhas/cartilha-inventario-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa.htm>>. Acesso em: 26/08/2019.

FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, **Construção Civil: Desafios 2020**, julho 2014. Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/construcao-civil/desafios.htm>>. Acesso em: 26/05/2020.

FLIZIKOWSKI, L.C. **Estimativa de Emissões de Dióxido de Carbono na Construção Civil e Neutralização com Espécies Florestais: Um Estudo de Caso**. 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

FRANÇA, M. L. **Estimativa das Emissões de Gases do Efeito Estufa e Proposta de Mitigação dos Impactos Ambientais Gerados por um Empreendimento da Construção Civil: Um Estudo de Caso** - 2016.110 f. Dissertação (Mestrado) –

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Rio de Janeiro, 2016.

FREY, B. (2015). ***THE BUSINESS CASE FOR RESPONSIBLE CORPORATE ADAPTATION: Strengthening Private Sector and Community Resilience***. UN Global Compact – *Caring for Climate Report* – 96p.

FREIRE, P. H. V. **Tecnologia e Sustentabilidade – A Matriz da Construção Sustentável e o Uso de Containers na Construção Civil**. Dissertação de Mestrado Profissional. Centro Universitário Teresa D'Ávila – UNIFATEA, Lorena, São Paulo, 2018.

GONÇALVES, C. J. P. **Construção Modular: Análise Comparativa de Diversas Soluções**. 2013 – Departamento de engenharia Civil. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro - Portugal. Disponível em:  
<[https://ria.ua.pt/bitstream/10773/11666/1/disserta%  
c3%a7%c3%a3o.pdf](https://ria.ua.pt/bitstream/10773/11666/1/disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf)>. Acesso em: 28/11/2020.

**GESTÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA - GUIA DE AÇÕES PARA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS** - ABNT/BID, 2016. Disponível em:  
<[http://www.abntonline.com.br/sustentabilidade/Documentos/ghg/METODOLOGIA\\_GuiaDeAcoes.pdf](http://www.abntonline.com.br/sustentabilidade/Documentos/ghg/METODOLOGIA_GuiaDeAcoes.pdf)>. Acesso em: 25/09/2018.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO-SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – **Resolução INEA/PRES N° 65 de 14 de dezembro de 2012** - Dispõe Sobre a Apresentação de Plano de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa para fins de Licenciamento Ambiental no Estado do Rio de Janeiro. Disponível em:  
<[http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwff/mda2/~edisp/inea\\_006664.pdf](http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwff/mda2/~edisp/inea_006664.pdf)>. Acesso em: 26/09/2018.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – **Resolução INEA/PRES N°**



**64 de 12 de dezembro de 2012** - Dispõe Sobre a Apresentação de Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa para fins de Licenciamento Ambiental no Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/RESOLU%C3%87%C3%83O-INEA-N%C2%BA-64-Invent%C3%A1rio-de-emiss%C3%B5es-de-Gases-de-Efeito-Estufa-GEE.pdf>>. Acesso em: 02/08/2020.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S, F. **Introdução à Coordenação Modular da Construção no Brasil: Uma Abordagem Atualizada**. Porto Alegre: ANTAC, 2007. (Coleção Habitare / FINEP, 9). Acesso em: 26/05/2020.

GROSSMAN, D. **GEO-5 para o Setor de Negócios: Impactos de um Meio Ambiente em Mudança Sobre o Setor Corporativo**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, 2013.

GUIA DE IMPLEMENTAÇÃO GESTÃO DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) - SEBRAE. Disponível em: <<http://abnt.org.br/paginampe/biblioteca/files/upload/anexos/pdf/4ee5b810af4a3aee073ab89f0a573a1a.pdf>>. Acesso em: 25/09/2018.

GUIA METODOLÓGICO PARA INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GEE NA ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO – INSTITUTO ETHOS, 2013. Disponível em: <[https://www.ethos.org.br/wp-content/uploads/2019/03/guia\\_metodologico.indd\\_.pdf](https://www.ethos.org.br/wp-content/uploads/2019/03/guia_metodologico.indd_.pdf)>. Acesso em: 10/10/2020.

GUIA PPVC - ***Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) - Prefabricated Prefinished Volumetric Construction***. Disponível em: <[https://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-buildsg/ppvc\\_guidebook.pdf?sfvrsn=1a7b4580\\_2](https://www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-buildsg/ppvc_guidebook.pdf?sfvrsn=1a7b4580_2)>. Acesso em: 22/11/2020.

GVR – ***GRAND VIEW RESEARCH – Relatório de Análise de Tendências, Participação e Tamanho do Mercado de Construção Modular por Tipo (permanente, realocável), por Aplicação (residencial, comercial, industrial, de saúde), por Região e Previsões de Segmento, 2019-2025***, Setembro 2019.

Disponível em: <<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/modular-construction-market>>. Acesso em: 24/05/2020.

HOUGHTON, J.T. ***Global Warming The Complete Briefing third edition, Cambridge, 2004.*** Disponível em: <<http://www.gci.org.uk/Documents/Global-Warming-the-Complete-Briefing.pdf>>. Acesso em: 05/10/2019.

IBICT - INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA – CNI. **Desenvolvimento Sustentável e Avaliação do Ciclo de Vida.** Brasília, 2014.

IBRI - Instituto Brasileiro de Relações com Investidores. **O Mercado de Carbono.** Cadernos IBRI. Série Sustentabilidade (2009). Disponível em: <[http://www.ibri.com.br/Upload/Arquivos/IBRI\\_Caderno\\_1.pdf](http://www.ibri.com.br/Upload/Arquivos/IBRI_Caderno_1.pdf)>. Acesso em: 06/02/2021.

ICLEI - Programa Cidades Sustentáveis, 2016: **Guia de Ação Local pelo Clima.** Disponível em: <<http://sams.iclei.org/pt/solucoes/publicacoes.html>>. Acesso em: 04/09/2019.

IEA / UNEP - *Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations Environment Programme (2019): 2019 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector.* Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>>. Acesso em: 18/04/2020.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Greenhouse Gas Inventory Reference Manual.** 2006.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE.

**Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Greenhouse Gas Inventory.** Vol. 5, *Chapter 2 (tab 2.4 / 2.5). Waste.* 2006a. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>>. Acesso em: 08/01/2021.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), 2017. Disponível em: <<http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=9>>. Acesso em: 25/06/2019.

IPCC – *INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE.*

**Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Greenhouse Gas Inventory.** Vol. 2, *Chapter 3, Energy – Mobile Combustion.* 2006b. Disponível em: <[https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)>. Acesso em: 15/01/2021.

IPCC - *INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Organization.* Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml>>. Acesso em: 23/09/2018.

IPCC, 2013: Resumo para Decisores. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribuição o Grupo de Trabalho I para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova Iorque, NI, EUA. Acesso em: 18/05/2020.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponível em:

<[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_full.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf)>. Acesso em: 10/04/2020.

LOBO, F. H. R. **Inventário de Emissão Equivalente de Dióxido de Carbono e Energia Embutida na Composição de Serviços em Obras Públicas: Estudo de Caso no Estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LOUREIRO, S. M. **Mitigação das Emissões dos Gases de Efeito Estufa pela Implementação de Políticas Públicas de Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas no Brasil e no Estado e na Cidade do Rio de Janeiro**. Tese (doutorado) – Programa de Planejamento Energético Rio de Janeiro - UFRJ/COPPE, 2019.

MACIEL, M. A. D.; ANDREAZZI, M. A.; JUNIOR, C. B.; LIZAMA, M. L. A. P.; GONÇALVES, J. E. **Emissões de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil**. Revista da Universidade Vale do Rio Verde ISSN: 1517-0276 / EISSN: 2236-5362 Vol. 16 | n. 1 | Ano 2018. doi: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v16i1.3755>

MACIEL, M. A. D. **Levantamento de Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Obra da Indústria da Construção Civil em Maringá/PR**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Limpas do Centro Universitário de Maringá - UNICESUMAR, 2016.

MAO, C.; SHEN, Q.; SHEN, L.; TANG, L. **Comparative Study of Greenhouse Gas Emissions Between Off-Site Prefabrication and Conventional Construction Methods: Two case studies of residential projects**. *Energy and Buildings*, Volume 66, 2013, Pages 165-176, ISSN 0378-7788. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.033>

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES - MCTIC - **Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**- 4ª edição – 2017. Disponível em:

<[https://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2018/10/11/Estimativas\\_4ed.pdf](https://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2018/10/11/Estimativas_4ed.pdf)>. Acesso em: 17/04/2020.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA – ME – Projeto PMR Brasil - **Partnership for Market Readiness (PMR)** - 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/pmr/partnership-for-market-readiness-pmr>>. Acesso em: 06/03/2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA – Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/informma/item/13030-noticia-acom-2015-10-1216.html>>. Acesso em: 20/09/2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA – Contribuição Nacionalmente Determinada (**intended Nationally Determined Contribution – INDC**). Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80108/BRASIL%20iNDC%20portugues%20FINAL.pdf>>. Acesso em: 05/09/2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA – Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/clima/category/70-mudancas-do-clima.html>>. Acesso em: 25/09/2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA – **Política Nacional sobre Mudança do Clima**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima>>. Acesso em: 26/09/2018.

MBI - *MODULAR BUILDING INSTITUTE*. Disponível em: <<https://www.modular.org/>>. Acesso em: 24/05/2020.

NASA - *GLOBAL CLIMATE CHANGE* – **Temperatura global - Última Anomalia Média Anual: 2019**. Disponível em: <<https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>>. Acesso em: 10/02/2020.

NEUDING, Ricardo Gustav. **Emissões de Carbono na Construção Civil**. 2009. Disponível em: <<http://www.atapart.com.br/artigos/detail/3>>. Acesso em: 22/05/2020.

OLIVEIRA, M.J.; CARNEIRO, C.D.R.; VECCHIA, F.A.S., BAPTISTA, G.M.M. 2017. **Ciclos Climáticos e Causas Naturais das Mudanças do Clima**. Terræ Didática, 13(3):149-184. Disponível em: <[https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v13\\_3/PDF13\\_3/td13-3-171-1.pdf](https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v13_3/PDF13_3/td13-3-171-1.pdf)>. Acesso em: 01/04/2020.

PBMC, 2014: **Base científica das mudanças climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas [Ambrizzi, T., Araujo, M. (eds.)]. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp. ISBN: 978-85-285-0207-7. Disponível em: <[http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/RAN1\\_completo\\_vol1.pdf](http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/RAN1_completo_vol1.pdf)>. Acesso em: 25/03/2020.

PERVEZ, H.; ALI, Y.; PETRILLO, A. **A Quantitative Assessment of Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Conventional and Modular Construction: A Case of Developing Country**. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126210 - April 2021.

PLANO DIRETOR UFRJ 2020 – **Atualização Contextualizada**. Disponível em: <<https://ufrj.br/planodiretor>>. Acesso em: 08/10/2018.

POLÍTICA NACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – **Legislações por Estado**. Disponível em: <<https://blog.waycarbon.com/2016/08/politica-nacional-de-mudancas-climaticas-estados/>>. Acesso em: 26/09/2018.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. Disponível em: <<https://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>>. Acesso em: 25/09/2018.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA) - Disponível em: <<http://web.unep.org/regions/brazil/other/mudan%C3%A7a-do-clima>>. Acesso em: 19/08/2019.

REIS, D. C. **Ferramenta de Apoio ao Desenvolvimento de Projetos no Âmbito da Sustentabilidade na Construção**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015. doi:10.11606/D.102.2015.tde-25092015-165940. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-25092015-165940/pt-br.php>>. Acesso em: 10/10/2019.

RUSILO, C. L.; MAÑAS, V. A. **GHG Protocol no Contexto Ambiental Brasileiro: Histórico e Tendências**. Sustentabilidade Ambiental nas Organizações, 2010. XIII SEMEAD – Seminários em Administração. ISSN 2177-3866.

SANTOS, M. R.; GONÇALVES, A. C.; NETO, G. C. O.; SHIBAO, F. Y. **Logística Reversa e os Ganhos Ambientais na Reutilização de Contêineres**. XIX Engema - Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, ISSN: 2359-1048, dezembro 2017.

SINDUSCON – SP – **Guia Metodológico para Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil** – Setor Edificações, 2013.

SANQUETTA, C. R.; FLIZIKOWSKI, L. C.; CORTE, A. P.; MOGNON, F.; & MAAS, G. (2013). **Estimativa das Emissões de Gases de Efeito Estufa em uma Obra de Construção Civil com a Metodologia GHG Protocol**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16.

*THE WORLD BANK – IBRD - IDA* - Banco Mundial – BIRF AIF. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/en/news/feature/2019/12/20/year-in-review-2019-in-charts>>. Acesso em: 30/03/2020.

FUFA, M. S.; WIKA, K. M.; MELLEGÅRDA, S.; ANDRESEN, I. **Lessons Learnt From the Design and Construction Strategies of Two Norwegian Low Emission Construction Sites**. *OP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 352, 1st Nordic conference on Zero Emission and Plus Energy Buildings 6–7 November 2019, Trondheim, Norway*. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/352/1/012021>.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/air-pollution-linked-huge-reduction-intelligence>>. Acesso em: 08/10/2018.

UNEP - United Nations Environment Program - **The Sustainable Buildings and Climate Initiative (SBCI) - Common Carbon Metric for Measuring Energy Use & Reporting Greenhouse Gas Emissions from Building Operations**, 2012.

Disponível em: <<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7922>>. Acesso em: 10/10/2018.

VARELA, M. X. **A Casa Modular Vista na Perspetiva do Engenheiro Mecânico**.

2015 – Departamento de Engenharia Mecânica. Dissertação de Mestrado.

Universidade de Aveiro - Portugal. Disponível em:

<<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/16421/1/Tese.pdf>>. Acesso em: 10/10/2020.

VELLOSO, J. G. **Diretrizes para Construções em Madeira no Sistema**

**Plataforma**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/94066>>. Acesso em: 19/11/2020.

USGCRP, 2018: **Impacts, Risks, and Adaptation in the United States: Fourth National Climate Assessment, Volume II** [Reidmiller, D.R., C.W. Avery, D.R.

Easterling, K.E. Kunkel, K.L.M. Lewis, T.K. Maycock, and B.C. Stewart (eds.)]. U.S.

Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 1515 pp. doi:

10.7930/NCA4.2018. Disponível em:

<[https://nca2018.globalchange.gov/downloads/NCA4\\_2018\\_FullReport.pdf](https://nca2018.globalchange.gov/downloads/NCA4_2018_FullReport.pdf)>. Acesso em: 23/02/2020.

TAKATA, L.T. **Tecnologia e Concepção de Sistemas Estruturais Híbridos de Concreto para Edifícios de Múltiplos Pavimentos no Brasil**. Tese (Doutorado).

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia Programa de Pós-graduação em

Estruturas e Construção Civil. Universidade Federal de São Carlos, 2017. Acesso

em: 28/11/2020.



THE WORLD BANK. ***State and Trends of Carbon Pricing 2020***. Washington DC, May 2020. Disponível em:  
<<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33809>>. Acesso em:  
28/05/2020.

THE WORLD BANK. ***Pricing Carbon***. Disponível em:  
<<https://www.worldbank.org/en/programs/pricing-carbon>>. Acesso em: 28/05/2020.

WALTER, A. (2007): ***As Mudanças climáticas e a Questão de Energia***. Revista Multiciência, Edição n°. 08. Disponível em: <<http://www.mobilizadores.org.br/wp-content/uploads/2014/05/as-mudanas-climticas-e-a-questo-energtica.pdf>>. Acesso em: 28/03/2020.

WAYCARBON – ***Warming Stripes – A Representação da Mudança do clima***, 2019. Disponível em: <<https://blog.waycarbon.com/2019/07/warming-stripes-a-representacao-do-clima/>>. Acesso em: 30/07/2019.

WAYCARBON – ***Compensação de Carbono***, 2018. Disponível em:  
<<https://blog.waycarbon.com/2018/05/compensacao-de-gee/>>. Acesso em:  
06/02/2021.

## APÊNDICES

## APÊNDICE I – PLANILHA DE QUANTITATIVOS - BASE PARA O INVENTÁRIO DOS GEE PARA O ESTUDO DE CASO E RESPECTIVAS EMISSÕES

OBRA: PRÉDIO MODULAR - ADMINISTRAÇÃO DO MUSEU NACIONAL LOCAL: AV. BARTOLOMEU DE GUSMÃO Nº 875, SÃO CRISTOVÃO – RIO DE JANEIRO							
PLANILHA QUANTITATIVA DE SERVIÇOS E INSUMOS - FATORES DE EMISSÃO - ESCOPO 3							
ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN	QUANT.	FATOR DE EMISSÃO Kg.CO2e/UN	FONTES	*TOTAL Kg.CO2e	**TOTAL Kg.CO2e
<b>1</b> <b>PROJETOS - CONTROLE TECNOLÓGICO</b>							
<b>1.1</b> <b>PROJETOS</b>							
1.1.1	31088 - ELABORACAO DE PROJETO ESTRUTURAL	UN	1	0		0,00	0,00
1.1.2	41877 - ELABORAÇÃO DE PROJETO E PAGINAÇÃO DE PISO DE CONCRETO	UN	1	0		0,00	0,00
1.1.3	36423 - ELABORAÇÃO DE PROJETO DE SEGURANCA DE INCENDIO E PANICO	UN	1	0		0,00	0,00
1.1.4	41700 - MONTAGEM DE PROCESSO E ACOMPANHAMENTO PARA APROVACAO DE PROJETO COM OBTENÇÃO DO LAUDO DE EXIGENCIAS JUNTO AO CBMERJ	UN	1	0		0,00	0,00
1.1.5	41691 - ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICA, ESPECIAIS, HIDROSSANITÁRIAS E SPDA	UN	1	0		0,00	0,00
1.1.6	PROJETO "AS BUILT" ARQUITETURA	UN	5	0		0,00	0,00
<b>1.2</b> <b>CONTROLE TECNOLÓGICO</b>							
1.2.1	CONTROLE TECNOLÓGICO DE OBRAS EM CONCRETO ARMADO CONSIDERANDO APENAS O CONTROLE DO CONCRETO E CONSTANDO DE COLETA, MOLDAGEM E CAPEAMENTO DE CORPOS DE PROVA, TRANSPORTE ATÉ 50KM, ENSAIOS DE RESISTENCIA A COMPRESSAO AOS 28 DIAS E "SLUMP TEST", MEDIDO POR M3 DE CONCRETO COLOCADO NAS FORMAS = 40 UN	M3	0,063	1020,25	Lobo (2010)	64,28	64,28
<b>SUBTOTAL</b>						<b>64,28</b>	<b>64,28</b>
<b>2</b> <b>SERVIÇOS PRELIMINARES / TÉCNICOS</b>							
2.1	36569 - SERVIÇO DE ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TECNICA	UN	2	0		0,00	0,00
2.2	25424 - SERVIÇOS DE CONSULTORIA E GESTAO OCUPACIONAL (PCMSO, PPRA, PCMAT)	UN	142	0		0,00	0,00
2.3	21839 - APÓLICE SEGURO GARANTIA	UN	2	0		0,00	0,00
2.4	26359 - SEGURO DE RESPONSABILIDADE CIVIL	UN	1	0		0,00	0,00
2.5	26628 - CONSULTORIA E IMPLANTAÇÃO DE SOFTWARE	UN	1	0		0,00	0,00
2.6	40754 - PERFURAÇÃO DO TERRENO EM SOLO INCLUSIVE ENSAIO DE SPT	UN	50	0		0,00	0,00
2.7	24003 - MOBILIZAÇÃO DE EQUIPE DE SONDAEM SPT	UN	1		INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO		
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>3</b> <b>CANTEIRO DE OBRA</b>							
3.1	41886 - ALUGUEL DE CONTEINER VESTIÁRIO/SANITÁRIO ACOPLADO	MÊS	9				
3.2	35252 - ALUGUEL DE CONTEINER REFEITORIO ACOPLADO	MÊS	9				
3.3	21732 - ALUGUEL DE CONTEINERS ESCRITÓRIO, COM SANITÁRIO E ISOLAMENTO TÉRMICO (COM BOA CONSERVAÇÃO)	MÊS	9				
3.4	21734 - ALUGUEL DE CONTEINER PARA DEPÓSITO	MÊS	9				
3.5	36504 - ALUGUEL DE GERADOR DE 6,5 KVA	MÊS	6				
3.6	23321 - SERVIÇO DE LIGAÇÃO PROVISÓRIA DE OBRA DE ENERGIA ELÉTRICA, INCLUINDO APROVAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DE PROJETO NA CONCESSIONÁRIA E MONT. DO PADRÃO NO CANT.	UN	1	0		0,00	0,00
3.7	40191 - SERVIÇO DE LIGAÇÃO PROVISÓRIA DE ESGOTO INCLUINDO APROVACAO E ACOMPANHAMENTO DE PROJETO PELA CONCESSIONARIA	UN	1	0		0,00	0,00
3.8	LOCAÇÃO DA OBRA, COM USO DE EQUIPAMENTOS TOPOGRAFICOS, INCLUSIVE TOPOGRAFO E NIVELADOR TOPOGRAFICOS, INCLUSIVE TOPOG	M2	830,41	0,04173471	Lobo (2010)	34,66	34,66
3.9	33947 - SERVIÇO DE LIGAÇÃO DE AGUA INCLUINDO APROVACAO E ACOMPANHAMENTO DE PROJETO ATE A INSTALAÇÃO DO HIDROMETRO PELA CONCESSIONARIA	UN	1	4,35	Lobo (2010)	4,35	4,35
3.10	36849 - MOVIMENTACAO DE CARGA / DESCARGA CAMINHÃO TRUCK	UN	2				
3.11	29691 - LOCAÇÃO DE CAMINHÃO MUNCK VW 24.250 PATR. CMU 1363 (SEQUIP)	MÊS	4				
3.12	37032 - TRANSPORTE DE CONTEINER 6 00X2,44X2,55M	UN	12				
3.13	29621 - LOCAÇÃO DE RETROESCAVADEIRA CATERPILLAR 416E PATR. REV 1422 (SEQUIP)	MÊS	3				
3.14	21812 - POSTE DE CONCRETO ARMADO 6M	UN	1	62,37045	Lobo (2010)	62,37	62,37
3.15	39692 - CABEÇOTE DE ALUMINIO PARA ELETRODUTO 90° X 50MM	UN	1	0,73544926	Lobo (2010)	0,74	0,74
3.16	42125 - PLACA DE OBRA MODELO BNDES - 3,60X1,80M	UN	1	18,821894	Lobo (2010)	18,82	18,82
3.17	41880 - PLACA DE OBRA MODELO PREFEITURA RJ - 200X100CM	UN	1	7,324622	Lobo (2010)	7,32	7,32
3.18	42695 - ARAME GALVANIZADO N10	KG	5	2,25	Lobo (2010)	11,25	11,25
3.19	42650 - SARRAFO, DIMENSÕES 4,5X2CM, COM 3 METROS	M	18	0,032576	Lobo (2010)	0,59	0,59
3.20	37115 - ABRAÇADEIRA PERFURADA COM PARAFUSO PARA POSTE	M	1	0,076476	Lobo (2010)	0,08	0,08
3.21	19116 - PREGO 18X30 COM CABEÇA	KG	20	2,31	Lobo (2010)	46,20	46,20
3.22	19459 - PREGO 17X27 COM CABEÇA	KG	20	2,31	Lobo (2010)	46,20	46,20
3.23	21615 - SARRAFO DE PINUS, 2ª CATEGORIA, DIMENSÃO: 0,05 X 3,00M, E = 23MM = 400 UN	M	1200	0,026338	Lobo (2010)	31,61	31,61
3.24	41790 - SERRA SABRE COM VELOCIDADE VARIÁVEL - 1000W	UN	1				
3.25	21508 - PERNA DE PINUS, 2ª CATEGORIA, DIMENSÃO: 3" X 3", L = 3,00M	M	40	0,116442	Lobo (2010)	4,66	4,66
3.26	21664 - TABUA DE PINUS 2ª CATEGORIA 0,30 X 3,00M, E = 23MM = 100 UN	M	300	0,15595	Lobo (2010)	46,79	46,79
3.27	30336 - DIESEL COMUM	L	1225				
3.28	12793 - FRETE - RODOVIÁRIO	UN	8				
3.29	21398 - TAPUME EM TELHA METALICA TRAPEZOIDAL NA COR BRANCA ESP.: 0,43 MM (2,00 X 1,00) = 70 UN	KG	476	1,46	Maciel (2016)	694,96	694,96
<b>SUBTOTAL</b>						<b>1.010,58</b>	<b>1.010,58</b>

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN	QUANT.	FATOR DE EMISSÃO Kg.CO2e/UN	FONTE	*TOTAL Kg.CO2e	**TOTAL Kg.CO2e
4	<b>MOVIMENTO DE TERRA</b>						
4.1	<b>ESCAVAÇÃO E ATERRO</b>						
4.1.1	22064 - ATERRO EM BICA CORRIDA	M3	228	15,87263	Lobo (2010)	3.618,96	3.618,96
4.1.2	ATERRO MANUAL DE VALAS COM SOLO ARGILLO-ARENOSO E COMPACTAÇÃO MECANIZADA. AF_05/2016	M3	62,56				INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO
4.1.3	RETIRADA DE ENTULHO DE OBRA COM CACAMBA DE AÇO TIPO CONTAINER COM 5M3 DE CAPACIDADE, INCLUSIVE CARREGAMENTO, TRANSPORTE E DESCARREGAMENTO. CUSTO POR UNIDADE DE CACAMBA E INCLUI A TAXA PARA DESCARGA EM LOCAIS AUTORIZADOS	M3	80,55				INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO
4.1.4	VOLUME ESCAVAÇÕES DE POÇOS DE VISITA - INST. HIDROSANITÁRIA	M3	39,93				INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO
4.1.5	ESCAVAÇÃO MECANIZADA - TOTAL - VALAS ATÉ h=4,00m	M3	100,98				INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO
4.1.6	REATERRO VOLUME DE REATERRO NA FUNDAÇÃO C/EMPOLAMENTO	M3	77,62				INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO
4.1.7	VOLUME DE BOTA FORA COM EMPOLAMENTO	M3	63,75				INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO
					<b>SUBTOTAL</b>	<b>3.618,96</b>	<b>3.618,96</b>
5	<b>INFRA E SUPRAESTRUTURA</b>						
5.1	<b>ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO</b>						
5.1.1	35076 - MADEIRITE PLASTIFICADO 2,20 X 1,10 -14 MM = 25 UN	M2	60,5	0,016513	Lobo (2010)	1,00	0,00
5.1.2	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_06/2017	M2	288,739	12,09	Lobo (2010)	3.490,85	0,00
5.1.3	33779 - SARRAFO DE PINUS 15CM X 2,5CM X 3M	M	210	0,051983	Lobo (2010)	10,92	10,92
5.1.4	21508 - PERNA DE PINUS, 2ª CATEGORIA, DIMENSÃO: 3" X 3", L = 3,00M	M	800	0,116442	Lobo (2010)	93,15	93,15
5.1.5	21435 - BARRA DE AÇO CA-50, Ø 6,3 MM X 12M	KG	1500	2,568567	Lobo (2010)	3.852,85	0,00
5.1.6	21436 - BARRA DE AÇO CA-50, Ø 8,0 MM X 12M	KG	1500	2,568567	Lobo (2010)	3.852,85	0,00
5.1.7	21437 - BARRA DE AÇO CA-50, Ø 10,0 MM	KG	1500	2,321683	Lobo (2010)	3.482,52	0,00
5.1.8	22328 - BARRA DE AÇO CA-60, Ø 5 MM X 12M	KG	500	2,321683	Lobo (2010)	1.160,84	0,00
5.1.9	13270 - BARRA DE AÇO CA-25 Ø 12,5MM	KG	450	2,321683	Lobo (2010)	1.044,76	0,00
5.1.10	13285 - BARRA DE AÇO CA-60 Ø 6MM (NBR7480)	KG	702	2,321683	Lobo (2010)	1.629,82	0,00
5.1.11	42061 - TELA SOLDADA NERVURADA Q159 PAINEL -10 X 10CM DIMENSAO 2,45 X 6,00M = 120 UN	M2	1760	0,998324	Lobo (2010)	1.757,05	0,00
5.1.12	42002 - TELA TELCON Q-396 - PAINEL 2,45 X 6,00M = 10 UN	M2	147	1,432703	Lobo (2010)	210,61	0,00
5.1.13	36486 - TELA SOLDADA NERVURADA Q503 PAINEL -10 X 10CM DIMENSAO 2,45 X 6,00M = 10 UN	M2	147	1,432703	Lobo (2010)	210,61	0,00
5.1.14	14103 - BRITA 1	M3	15	15,5517	Lobo (2010)	233,28	0,00
5.1.15	14108 - PÓ DE PEDRA	M3	23	15,87263	Lobo (2010)	365,07	0,00
5.1.16	22098 - CIMENTO CP III - SACO 50KG = 50 UN	KG	2500	1,840696	Lobo (2010)	4.601,74	0,00
5.1.17	14090 - AREIA LAVADA	M3	12	5,998112	Lobo (2010)	71,98	0,00
5.1.18	LONA PLÁSTICA SIMPLES (200µ) = 197 M²	KG	19,7	0,615	Costa (2012)	12,12	0,00
5.1.19	42075 - PRE-LAJE TRELICADA VÃO 2,40M, LARGURA 25CM.= 375 UN	M2	225	144,7	Lobo (2010)	32.557,50	0,00
5.1.20	42074 - PRE-LAJE TRELICADA VÃO 2,34M, LARGURA 25CM = 113 UN	M2	66,1	144,7	Lobo (2010)	9.564,67	0,00
5.1.21	22427 - ALUGUEL DE FORMA METALICA COM REVESTIMENTO FENOLICO E ESCORAMENTO	M2	3				INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO
5.1.22	24755 - ESPAÇADOR PLÁSTICO CIRCULAR RAIADO - EPR - 40 PARA VERGALHÃO DIAMETRO10 A 16 MM = 1000 UN	KG	6	0,615	Costa (2012)	3,69	0,00
5.1.23	CONCRETO USINADO CONVENCIONAL - FCK 10MPA BRITA 1	M3	41,58	511,48	Lobo (2010)	21.269,07	0,00
5.1.24	CONCRETO USINADO CONVENCIONAL FCK 30MPA BRITA 1	M3	64,44	1020,25	Lobo (2010)	65.748,35	0,00
5.1.25	CONCRETO USINADO, FCK 30 MPA, BOMBEAVEL, SLUMP 11 +- 1	M3	90,31	1020,25	Lobo (2010)	92.136,35	0,00
5.1.26	26664 - SERVIÇO DE LANÇAMENTO, ESPALHAMENTO, ADENSAMENTO, NIVELAMENTO A LASER E SARRAFEAMENTO DE PISO DE CONCRETO COM ACABAMENTO LISO	M2	853,8	0		0,00	0,00
5.1.27	SERVIÇO - VERGAS / CONTRAVERGAS PARA ESQUADRIAS	UN	277	0		0,00	0,00
5.1.28	BARRO DE AÇO CA-50, Ø 8,0 MM 12M (VERGAS E CONTRAVERGAS)	KG	271,68	2,568567	Lobo (2010)	0,00	697,83
5.1.29	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_06/2017 - VERGA E CONTRAVERGAS CONSIDERANDO	M2	68,78	12,09	Lobo (2010)	0,00	831,55
5.1.30	CONCRETO FCK 13,5 MPA P/ VERGA E CONTRAVERGAS	M3	15,13	511,48	Lobo (2010)	0,00	7.739,57
5.1.31	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_06/2017 - PARA ESTRUTURA DE CONCRETO	M2	1692,1	12,09	Lobo (2010)	0,00	20.457,49
5.1.32	ARMADURA AÇO CA-50 - (VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÃO)	KG	21885,10	2,87	Lobo (2010)	0,00	62.810,24
5.1.33	ARMADURA AÇO CA 60 - (VIGAS, PILARES E LAJES)	KG	1507,80	2,74	Lobo (2010)	0,00	4.131,37
5.1.34	LONA PLÁSTICA SIMPLES (200µ) = 2793,86 M²	KG	279,38	0,615	Costa (2012)	0,00	171,82
5.1.35	ESPAÇADOR PLÁSTICO CIRCULAR RAIADO - EPR - 40 PARA VERGALHÃO DIAMETRO10 A 16 MM = 1000 UN	KG	18,00	0,615	Costa (2012)	0,00	11,07
5.1.36	CONCRETO USINADO, IMPORTADO, ESTRUTURAL FCK 25 MPA - FUNDAÇÃO	M3	62,50	1020,25	Lobo (2010)	0,00	63.765,50
5.1.37	CONCRETO USINADO, IMPORTADO, ESTRUTURAL FCK 30 MPA - VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÃO	M3	158,00	1020,25	Lobo (2010)	0,00	161.199,18
5.1.38	CONCRETO MAGRO NÃO ESTRUTURAL P/ LASTRO- PREPARO C/BETONEIRA	M3	2,61	422,58	Lobo (2010)	0,00	1.102,94
					<b>SUBTOTAL</b>	<b>247.361,65</b>	<b>323.022,63</b>
6	<b>ESTRUTURA METÁLICA</b>						
6.1	<b>ESTRUTURA METÁLICA MÓDULOS HABITACIONAIS</b>						
6.1.1	34946 - FORNECIMENTO DE SERVIÇO DE METALURGIA, MATERIAIS, FRETE MONTAGEM	UN	2	0		0,00	0,00
6.1.2	35260 - SERVIÇO DE MONTAGEM DE MÓDULOS CONTAINER	UN	35	0		0,00	0,00
6.1.3	41951 - MÓDULO HABITACIONAL VB60 PD 3,14M ÚTIL - 34 UN - COMPOSTO POR (02 CHASSIS / 04 PILARES-PRUMO / TETO EM CHAPA (24 PÇ)) - AÇO	KG	20947,4	1,83	Caldas (2016)	38.333,74	0,00
6.2	<b>ESTRUTURA METÁLICA COBERTURA</b>						

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN	QUANT.	FATOR DE EMISSÃO Kg.CO2e/UN	FONTE	*TOTAL Kg.CO2e	**TOTAL Kg.CO2e
6.2.1	42069 - FORNECIMENTO E MONTAGEM DE COBERTURA EM ESTRUTURA METÁLICA CONFECCIONADA EM PERFIL "U"	UN	2	0		0,00	0,00
6.2.2	PERFIL DE AÇO U100X50X3,04 - CAIXA DUPLA SOLDADA - 5197(Kg)	M	574	1,65599	Lobo (2010)	950,54	0,00
6.2.3	PERFIL DE AÇO U100X50X3,04 - 6920 (Kg)	M	1527	1,65599	Lobo (2010)	2.528,70	0,00
6.2.4	PERFIL DE AÇO U100X50X4,76 - 868 (Kg)	M	126	1,65599	Lobo (2010)	208,65	0,00
6.2.5	PERFIL DE AÇO U100X50X4,76 - DUPLO I UNIÃO SOLDADA -101 (Kg)	M	8	1,65599	Lobo (2010)	13,25	0,00
6.2.6	42373 - PERFIL ALUMINIO SUPERIOR 2131 C/ 6,0 METROS = 20PÇ	KG	28	1,786	Maciel (2016)	50,01	0,00
<b>SUBTOTAL</b>						<b>42.084,89</b>	<b>0,00</b>
7	<b>ALVENARIA - VEDAÇÃO E DIVISÓRIAS</b>						
7.1	PAREDES EM DRYWALL (ÁREA SECA) - RF - COM MIOLO EM LÂ DE ROCHA, GUIAS E MONTANTES E ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO	M2	1601,86	9,2419	Maciel (2016)	14.804,27	0,00
7.2	PAREDES EM DRYWALL (ÁREA MOLHADA) - RU - COM MIOLO EM LÂ DE ROCHA, GUIAS E MONTANTES E ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO	M2	136,26	9,6251	Maciel (2016)	1.311,54	0,00
7.3	CHAPA TRAPEZOIDAL EM AÇO = 388,43 M²	KG	1530,41	0,084	Maciel (2016)	128,55	0,00
7.4	42691 - CHAPA EM DRYWALL ST - 7 UN	M2	20,16	7,2808	Maciel (2016)	146,78	0,00
7.5	42712 - CHAPA EM DRYWALL ST - FECHAMENTO VERTICAL, ATE 20CM = 7M	M2	1,4	7,2808	Maciel (2016)	10,19	0,00
7.6	42710 - CHAPA EM DRYWALL ST - FECHAMENTO VERTICAL, ATE 40CM = 5,2M	M2	2,08	7,2808	Maciel (2016)	15,14	0,00
7.7	MANTA FOIL - INTERIOR DRYWALL = 1093,51 M²	KG	132,31	1,655	Maciel (2016)	218,97	0,00
7.8	42428 - SUPORTE DE CARGA 40X20 - MADEIRA PLASTIFICADA = 50 UN	M2	4	0,01415	Lobo (2010)	0,06	0,00
7.9	42433 - PARAFUSO GN13 METAL/METAL PONTA AGULHA - 09 CX	UN	900	0,162518	Lobo (2010)	146,27	0,00
7.10	42434 - PARAFUSO GN-25 PONTA AGULHA	CX	33		Lobo (2010)	0,00	0,00
7.11	ALVENARIA EM BLOCO CERÂMICO COMUM (9x14x19cm) =1738,13 M³	UN	52144	1,251417	Lobo (2010)	0,00	65.253,89
<b>SUBTOTAL</b>						<b>16.781,78</b>	<b>65.253,89</b>
8	<b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>						
8.1	<b>ILUMINAÇÃO - TOMADAS E ALIMENTADORES</b>						
8.1.1	15369 - CABO FLEXIVEL 2,5MM 750V AMARELO	M	2400	0,659894	Lobo (2010)	1.583,75	1.583,75
8.1.2	15386 - CABO FLEXIVEL 2,5MM 750V AZUL	M	2100	0,659894	Lobo (2010)	1.385,78	1.385,78
8.1.3	15370 - CABO FLEXIVEL 2,5MM 750V BRANCO	M	1500	0,659894	Lobo (2010)	989,84	989,84
8.1.4	15389 - CABO FLEXIVEL 2,5MM 750V PRETO	M	1500	0,659894	Lobo (2010)	989,84	989,84
8.1.5	15400 - CABO FLEXIVEL 2,5MM 450/750V VERDE/AMARELO	M	1200	0,659894	Lobo (2010)	791,87	791,87
8.1.6	15400 - CABO FLEXIVEL 2,5MM 450/750V VERDE/AMARELO	M	900	0,659894	Lobo (2010)	593,90	593,90
8.1.7	15372 - CABO FLEXIVEL 4,0MM 750V AZUL	M	600	1,058391	Lobo (2010)	635,03	635,03
8.1.8	42187 - CABO FLEXIVEL 4,0MM 750V AMARELO	M	200	1,058391	Lobo (2010)	211,68	211,68
8.1.9	15373 - CABO FLEXIVEL 4,0MM 750V BRANCO	M	200	1,058391	Lobo (2010)	211,68	211,68
8.1.10	15374 - CABO FLEXIVEL 4,0MM 750V PRETO	M	200	1,058391	Lobo (2010)	211,68	211,68
8.1.11	36210 - CABO DE COBRE RIGIDO 1KV - 16MM² ANTICHAMA PRETO	M	30	4,227782	Lobo (2010)	126,83	126,83
8.1.12	16044 - UNIDUT RETO DE 3/4	UN	7	2,36544	Lobo (2010)	16,56	16,56
8.1.13	16046 - UNIDUT CONICO CURTO DE 3/4"	UN	180	2,36544	Lobo (2010)	425,78	425,78
8.1.14	16069 - SEALTUBO REVESTIDO 3/4	M	25	3,845007	Lobo (2010)	96,13	96,13
8.1.15	16311 - TAMPAO P/CONDULETE 3/4	UN	150	0,16896	Lobo (2010)	25,34	25,34
8.1.16	16683 - BUCHA DE NYLON S8 C/ PARAFUSO	UN	300	0,004718	Lobo (2010)	1,42	1,42
8.1.17	21981 - CORDOALHA DE COBRE NU, 16 MM²	M	2	4,23	Lobo (2010)	8,46	8,46
8.1.18	21994 - ELETRODUTO PVC RÍGIDO, 1"	M	36	2,72	Lobo (2010)	97,92	97,92
8.1.19	32285 - ELETRODUTO DE PVC 3/4"	M	6	2,21	Lobo (2010)	13,26	13,26
8.1.20	42544 - ELETRODUTO CORRUGADO 3/4"	M	72	2,21	Lobo (2010)	159,12	159,12
8.1.21	42546 - ELETRODUTO RÍGIDO 1.1/4"	M	48	3,23	Lobo (2010)	155,04	155,04
8.1.22	42547 - CONECTOR BOX RETO 1"	UN	40	2,36544	Lobo (2010)	94,62	94,62
8.1.23	42548 - CONECTOR BOX RETO 1.1/4"	UN	45	2,36544	Lobo (2010)	106,44	106,44
8.1.24	39701 - CONECTOR CUNHA PARA CONDUTOR DE 50/16MM²	UN	1	0,03	Lobo (2010)	0,03	0,03
8.1.25	41674 - CAIXA DE PASSAGEM STEAK 10X10	UN	11	0,943616	Lobo (2010)	10,38	10,38
8.1.26	42192 - LUVA DE CANALETA 105x50 DLP EVOLUTIVA	UN	150	0,047181	Lobo (2010)	7,08	7,08
8.1.27	42198 - PLACA 1 POSTO PARA CANALETA DLP EVOLUTIVA	UN	71	0,047181	Lobo (2010)	3,35	3,35
8.1.28	42200 - PLACA 3 POSTOS PARA CANALETA DLP EVOLUTIVA	UN	5	0,047181	Lobo (2010)	0,24	0,24
8.1.29	42195 - DERIVAÇÃO PLANA 105MM PARA CANALETA 105X50 DLP EVOLUTIVA	UN	20	0,047181	Lobo (2010)	0,94	0,94
8.1.30	42196 - COTOVELO 90° PARA CANALETA 105X50 DLP EVOLUTIVA	UN	42	0,047181	Lobo (2010)	1,98	1,98
8.1.31	42199 - PLACA 2 POSTOS PARA CANALETA DLP EVOLUTIVA	UN	108	0,047181	Lobo (2010)	5,10	5,10
8.1.32	42201 - CAVILHA FIXA RAP DLP E	UN	1020	0,047181	Lobo (2010)	48,12	48,12
8.1.33	42189 - TAMPA FLEXIVEL 65 DLP EVOLUTIVA	UN	150	0,047181	Lobo (2010)	7,08	7,08
8.1.34	42194 - TAMPA DE EXTREMIDADE PARA CANALETA 105X50 DLP EVOLUTIVA	UN	94	0,047181	Lobo (2010)	4,44	4,44
8.1.35	42191 - COTOV INTE DLP E	UN	40	0,047181	Lobo (2010)	1,89	1,89
8.1.36	42188 - CANALETA 105X50 2M DLP E = 150 UN	M	300	0,471808	Lobo (2010)	141,54	141,54
8.1.37	42202 - INTERRUPTOR SIMPLES 10A 250V B.AUTOMATI 1M BRANCA	UN	2	0,047181	Lobo (2010)	0,09	0,09
8.1.38	42203 - INTERRUPTOR SIMPLES 10A 250V B.PARAFUSO 1M BRANCA	UN	11	0,047181	Lobo (2010)	0,52	0,52
8.1.39	42204 - INTERRUPTOR SIMPLES 10A 4X2 BRANCA	UN	24	0,047181	Lobo (2010)	1,13	1,13
8.1.40	42205 - SUPORTE 4X2	UN	2	0,047181	Lobo (2010)	0,09	0,09
8.1.41	42206 - TOMADA 2PT 10A 250V B.AUTOMATICO 1M BRANCA	UN	15	0,047181	Lobo (2010)	0,71	0,71
8.1.42	42209 - TOMADA 2PT 20A 4X2 BRANCA	UN	4	0,047181	Lobo (2010)	0,19	0,19
8.1.43	42210 - PLACA 2 POSTOS SEPARADOS 4X2 BRANCA	UN	3	0,047181	Lobo (2010)	0,14	0,14
8.1.44	42211 - PLACA PARA MOVEL 1 POSTO BRANCA	UN	15	0,047181	Lobo (2010)	0,71	0,71

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN	QUANT.	FATOR DE EMISSÃO Kg.CO2e/UN	FONTE	*TOTAL Kg.CO2e	**TOTAL Kg.CO2e
8.1.45	DISJUNTOR 16A MONOPOLAR	UN	40	0,555339	Lobo (2010)	22,21	22,21
8.1.46	DISJUNTOR 16A BIPOLAR	UN	32	1,110678	Lobo (2010)	35,54	35,54
8.1.47	DISJUNTOR 20A MONOPOLAR	UN	12	0,555339	Lobo (2010)	6,66	6,66
8.1.48	DISJUNTOR 25A BIPOLAR	UN	6	1,110678	Lobo (2010)	6,66	6,66
8.1.49	DISJUNTOR 125A TRIPOLAR	UN	2	2,961808	Lobo (2010)	5,92	5,92
8.1.50	DISJUNTOR 200A TRIPOLAR	UN	1	2,961808	Lobo (2010)	2,96	2,96
8.1.51	42208 - TOMADA 2PT 20A 250V B.PARAFUSO 1M BRANCA	UN	324	0,047181	Lobo (2010)	15,29	15,29
8.1.52	TOMADAS DE AR CONDICIONADO 220VA	UN	32	0,047181	Lobo (2010)	1,51	1,51
8.1.53	TOMADA NA MESA COM 3 PONTOS	UN	3	0,047181	Lobo (2010)	0,14	0,14
8.1.54	42380 - QUADRO ELETRICO DE SOBREPOR - QDL2 - C/96 DISJ+BARR+GERAL	UN	1	10,01195	Lobo (2010)	10,01	10,01
8.1.55	42381 - QUADRO ELETRICO DE SOBREPOR - QDL2 - - C/96 DISJ+BARR+GERAL	UN	1	10,01195	Lobo (2010)	10,01	10,01
8.1.56	15127 - BOX RETO ALUMINIO 2"	UN	3	2,36544	Lobo (2010)	7,10	7,10
8.1.57	42435 - FITA METÁLICA C/ 30M	M	90	0,076476	Lobo (2010)	6,88	6,88
8.1.58	42441 - PINO LISO AÇAO INDIRETA 1/4 X 28 C/ARR CONICA 23MM	UN	810	0,256857	Lobo (2010)	208,05	208,05
8.1.59	15575 - CAIXA PARA DISJUNTOR TIPO CDJ 3	UN	1	0,471808	Lobo (2010)	0,47	0,47
8.1.60	42327 - CAIXA CONDULETE TIPO X - 3/4" 4"x2" COM TAMPA CEGA	UN	65	2,36544	Lobo (2010)	153,75	153,75
8.1.61	42328 - ELETRODUTO LEVE 3/4" C/ 3.00 METROS = 50 UN	M	450	2,210312	Lobo (2010)	994,64	994,64
8.1.62	42637 - LUMINARIA DE SOBREPOR REDONDA, LED INTEGRADO 24W - 6500K, EM ALUMINIO, DIFUSOR POLIESTILENO LEITOSO, PINTURA ELETROSTATICA BRANCA	UN	110	0,674032	Lobo (2010)	74,14	74,14
8.1.63	42638 - LUMINARIA DE SOBREPOR RETANGULAR, LED INTEGRADO 36W - 6500K, CORPO PLASTICO ABS, DIFUSOR POLIESTILENO LEITOSO.	UN	31	0,674032	Lobo (2010)	20,89	20,89
8.1.64	LUMINÁRIAS TIPO ARANDELA	UN	8	0,674032	Lobo (2010)	5,39	5,39
8.1.65	LUMINÁRIAS DE EMERGÊNCIA	UN	6	0,674032	Lobo (2010)	4,04	4,04
8.1.66	42219 - ARRUELA PRESSAO 3/8" ZB (1 emb.100 pcs) =10UN	UN	1000	0,023217	Lobo (2010)	23,22	23,22
8.1.67	42222 - ARRUELA LISA 3/8" ZB (1 emb.100 pcs) = 10UN	UN	1000	0,023217	Lobo (2010)	23,22	23,22
8.1.68	42224 - PORCA SEXT. ALTA 3/8" ZB (1 emb.100 pcs) = 10UN	UN	1000	0,023217	Lobo (2010)	23,22	23,22
8.1.69	42553 - CURVA HORIZONTAL PERFURADA 150 X 100 - 90 GRAUS = 4UN	KG	6	0,29784	Lobo (2010)	1,79	1,79
8.1.70	42554 - TE HORIZONTAL PERFURADO 150 X 100 - 90 GRAUS = 4UN	KG	8,4	0,29784	Lobo (2010)	2,50	2,50
8.1.71	42555 - JUNÇÃO -TALA - FUNDO 150mm = 30UN	KG	8,1	0,29784	Lobo (2010)	2,41	2,41
8.1.72	42556 - TERMINAL DE FECHAMENTO 150X100mm = 4UN	KG	3	0,29784	Lobo (2010)	0,89	0,89
8.1.73	42557 - TERMINAL FECHAMENTO PERFURADA 150 X 100 = 3UN	KG	5,4	0,29784	Lobo (2010)	1,61	1,61
8.1.74	42559 - CURVA HORIZ. LISA 250x100-90GRAUS = 4UN	KG	6,72	0,29784	Lobo (2010)	2,00	2,00
8.1.75	42560 - TE HORIZ. LISO 250x100-90GRAUS = 2UN	KG	6,3	0,29784	Lobo (2010)	1,88	1,88
8.1.76	42561 - JUNCAO/TALA - FUNDO 250 = 30UN	KG	22,5	0,29784	Lobo (2010)	6,70	6,70
8.1.77	42562 - TERMINAL FECHAMENTO 250x100 = 4UN	KG	7,56	0,29784	Lobo (2010)	2,25	2,25
8.1.78	42563 - CURVA DE INVERSAO LISA 250x100 = 2UN	KG	4,32	0,29784	Lobo (2010)	1,29	1,29
8.1.79	42212 - PERFILADO ACO 1,25 PERF. 38x38x 6mts-CH18 = 12UN	M2	8,21	3,57408	Lobo (2010)	29,34	29,34
8.1.80	42213 - ELETROCALHA LISA"U" 300x100 mmx3mt CH.18 = 31UN	M2	46,5	3,57408	Lobo (2010)	166,19	166,19
8.1.81	42558 - ELETROCALHA LISA"U" 250x100 mmx3mtCH.18 =31UN	M2	41,85	3,57408	Lobo (2010)	149,58	149,58
8.1.82	42550 - ELETROCALHA PERFURADA"U" 150 X 100mm X 3mts CH.18=33UN	M2	49,5	3,57408	Lobo (2010)	176,92	176,92
8.1.83	42221 - BARRA ROSCADA - VERGALHAO 3/8" x 3000mm = 40UN	KG	69,6	2,321683	Lobo (2010)	161,59	161,59
8.1.84	42216 - JUNCAO/TALA - LAT. E FUNDO 100 =180UN	KG	43,2	0,29784	Lobo (2010)	12,87	12,87
8.1.85	42217 - JUNCAO/TALA - FUNDO 300 = 30UN	KG	21,6	0,29784	Lobo (2010)	6,43	6,43
8.1.86	42218 - TERMINAL FECHAMENTO 300x100	KG	4,8	0,29784	Lobo (2010)	1,43	1,43
8.1.87	42223 - CURVA DE INVERSAO LISA 300x100	KG	4,8	0,29784	Lobo (2010)	1,43	1,43
8.1.88	42214 - CURVA HORIZ. LISA 300x100-90GRAUS= 4UN	KG	9,6	0,29784	Lobo (2010)	2,86	2,86
8.1.89	42215 - TE HORIZ. LISO 300x100-90GRAUS	KG	19,2	0,29784	Lobo (2010)	5,72	5,72
8.1.90	42549 - SAÍDA HORIZONTAL PARA ELETRODUTO 1"= 40UN	KG	4,8	0,29784	Lobo (2010)	1,43	1,43
8.1.91	42220 - SAIDA HORIZ. P/ ELETRODUTO 1 x 1/4	KG	11,76	0,29784	Lobo (2010)	3,50	3,50
					<b>SUBTOTAL</b>	<b>11.572,28</b>	<b>11.572,28</b>
<b>9</b>	<b>LÓGICA E TELEFONIA</b>						
9.1	42461 - PACTH PANEL 24 PORTAS CAT 5E	UN	6	0		0,00	0,00
9.2	41668 - CABO UTP CAT5E FURUKAWA	UN	17	1,102577	Lobo (2010)	18,74	18,74
9.3	41673 - CONECTOR RJ-45 CAT5e - FURUKAWA	UN	250	0,047181	Lobo (2010)	11,80	11,80
9.4	42314 - CÂMERA VIP D VF-IP DOME HD,LENTE VARIFOCAL,IP66	UN	11	0		0,00	0,00
9.5	42462 - TOMADA DADOS LCS2 RJ45 CAT 5E 1M BRANCA	UN	260	0,047181	Lobo (2010)	12,27	12,27
9.6	16473 - DVR 16 CANAIS	UN	1	0		0,00	0,00
9.7	42315 - HD PURPLE - 6TB	UN	1	0		0,00	0,00
9.8	30953 - RACK FECHADO, 800 X 600 X 44U	UN	1	0		0,00	0,00
9.9	42544 - ELETRODUTO CORRUGADO 3/4"	M	600	2,210312	Lobo (2010)	1.326,19	1.326,19
9.10	42545 - ELETRODUTO CORRUGADO 3"	M	12	4,760672	Lobo (2010)	57,13	57,13
					<b>SUBTOTAL</b>	<b>1.426,12</b>	<b>1.426,12</b>
<b>10</b>	<b>REDE HIDRÁULICA E ESGOTO</b>						
<b>10.1</b>	<b>INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS DE ÁGUA FRIA</b>						
10.1.1	42551 - TUBO DE AÇO GALVANIZADO PARA ÁGUA 4"	M	6	23,40725	Lobo (2010)	140,44	140,44
10.1.2	42329 - TE FERRO GALVANIZADO 4"	UN	1	0,029784	Lobo (2010)	0,03	0,03
10.1.3	42330 - BUCHA REDUÇÃO FERRO GALVANIZADO 4"x3"	UN	2	0,029784	Lobo (2010)	0,06	0,06
10.1.4	42408 - REGISTRO DE GAVETA 1510 11/4"	UN	10	0,295672	Lobo (2010)	2,96	2,96
10.1.5	42409 - REGISTRO DE GAVETA 1510 1"	UN	16	0,295672	Lobo (2010)	4,73	4,73

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN	QUANT.	FATOR DE EMISSÃO Kg.CO2e/UN	FONTE	*TOTAL Kg.CO2e	**TOTAL Kg.CO2e
10.1.6	42410 - TUBO PVC SOLD. 32 mm x6m = 12UN	M	72	0,188723	Lobo (2010)	13,59	13,59
10.1.7	42411 - TUBO PVC SOLD. 20 mm x 6m = 1UN	M	6	0,141542	Lobo (2010)	0,85	0,85
10.1.8	42412 - TUBO PVC SOLD. 25 mm x 6m = 94UN	M	564	0,188723	Lobo (2010)	106,44	106,44
10.1.9	42413 - JOELHO PVC 90 SOLD.32 mm	UN	6	0,235904	Lobo (2010)	1,42	1,42
10.1.10	42414 - JOELHO PVC 90 SOLD.25mm	UN	120	0,235904	Lobo (2010)	28,31	28,31
10.1.11	42415 - TE PVC SOLD. 25mm	UN	40	0,235904	Lobo (2010)	9,44	9,44
10.1.12	42416 - TE PVC SOLD. REDUÇÃO 25 X 20mm	UN	1	0,235904	Lobo (2010)	0,24	0,24
10.1.13	42417 - BUCHA PVC SOLD. CURTA 25X20mm	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
10.1.14	42418 - JOELHO PVC 90 SOLD.20mm	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
10.1.15	42419 - ADESIVO PVC 850G =2UN	KG	1,7	4,623718	Lobo (2010)	7,86	7,86
10.1.16	42422 - BUCHA DE REDUÇÃO PVC SOLDÁVEL 50X25	UN	64	0,235904	Lobo (2010)	15,10	15,10
10.1.17	42423 - JOELHO DE REDUÇÃO PVC SOLDÁVEL 90° 25X20	UN	34	0,235904	Lobo (2010)	8,02	8,02
10.1.18	42420 - BOMBA CENTRIFUGA 1/4 CV MONOFÁSICA 110/220V SUC REC DE 1/3	UN	2	0		0,00	0,00
10.1.19	42644 - BOMBA D'ÁGUA SUBMERSIVEL, POTENCIA 1CV, VAZAO 22 M/H3, SAIDA Ø2".	UN	1	0		0,00	0,00
10.1.20	42421 - AUTOMÁTICO DE BÓIA PARA BOMBA SUP / INF 15/25A	UN	2	0		0,00	0,00
10.1.21	VALVULA SOLENOIDE 25 mm	UN	3	0		0,00	0,00
10.1.22	42407 - CAIXA D'ÁGUA POLIETILENO 2000L	UN	4	1415,42	Lobo (2010)	5.661,68	5.661,68
					<b>SUBTOTAL</b>	<b>6.002,10</b>	<b>6.002,10</b>
10.2	<b>INSTALAÇÕES ÁGUAS PLUVIAIS E ESGOTO</b>						
10.2.1	TUBO PVC ESGOTO DN 32MM	M	128,61	3,066752	Lobo (2010)	394,41	394,41
10.2.2	TUBO PVC ESGOTO DN 40MM.	M	92,27	3,066752	Lobo (2010)	282,97	282,97
10.2.3	TUBO PVC ESGOTO DN 75MM	M	18,6	3,302656	Lobo (2010)	61,43	61,43
10.2.4	TUBO PVC ESGOTO DN 150MM	M	141,05	3,774464	Lobo (2010)	532,39	532,39
10.2.5	17292 - TUBO PVC 100MM SÉRIE R - 6 METROS	UN	15	3,5754	Lobo (2010)	53,63	53,63
10.2.6	17163 - JUNCAO PVC ESGOTO 100MM	UN	1	0,235904	Lobo (2010)	0,24	0,24
10.2.7	17199 - LUVA PVC ESGOTO DE CORRER 100	UN	14	0,235904	Lobo (2010)	3,30	3,30
10.2.8	17200 - LUVA PVC ESGOTO DE CORRER 150	UN	12	0,235904	Lobo (2010)	2,83	2,83
10.2.9	17288 - JOELHO 90° PVC ESGOTO 100MM SR	UN	14	0,235904	Lobo (2010)	3,30	3,30
10.2.10	17290 - REDUCAO EXCENTRICA PVC ESGOTO 150X100MM SR	UN	12	0,235904	Lobo (2010)	2,83	2,83
10.2.11	17336 - TE DE INSPECAO PVC ESGOTO SR 100MM	UN	12	0,235904	Lobo (2010)	2,83	2,83
10.2.12	21754 - JOELHO PVC ESGOTO - 100 MM - 45°	UN	25	0,235904	Lobo (2010)	5,90	5,90
10.2.13	22088 - SOLUÇÃO LIMPADORA 1L	UN	1	0	Lobo (2010)	0,00	0,00
10.2.14	42419 - ADESIVO PVC 850G =2UN	KG	1,7	4,623718	Lobo (2010)	7,86	7,86
10.2.15	RALO SINFONADO COM 3 ENTRADAS 100X100X50	UN	5	2,35904	Lobo (2010)	11,80	11,80
10.2.16	RALO SINFONADO COM TAMPA CEGA	UN	1	2,35904	Lobo (2010)	2,36	2,36
10.2.17	42643 - CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO DE 7.500 LITROS	UN	2	9907,8	Lobo (2010)	19.815,60	19.815,60
10.2.18	BOMBA SUBMERSIVEL DANCOR 2063 POT 1CV	UN	1	0	Lobo (2010)	0,00	0,00
10.2.19	21405 - ANEL E TAMPAS DE CONCRETO Ø0,60 X 0,30 X 0,05M = 55UN	UN	55	2,688571	Lobo (2010)	147,87	147,87
10.2.20	42094 - ANEL E TAMPAS DE CONCRETO Ø1,20X0,30X0,08M = 7UN	UN	7	5,377142	Lobo (2010)	37,64	37,64
10.2.21	14420 - CAIXA DE GORDURA DUPLA DE CONCRETO 60 CM	UN	1	4,481443	Lobo (2010)	4,48	4,48
10.2.22	CAIXA DE AREIA EM CONCRETO C/TAMPAS EM CA	UN	20	143,2103816	Lobo (2010)	2.864,21	2.864,21
10.2.23	RALO HEMISFÉRICO PVC	UN	12	0,1	Lobo (2010)	1,20	1,20
10.2.24	42073 - FORNECIMENTO E MONTAGEM DAS CALHAS METÁLICAS PARA COBERTURA COM CONECTORES DE DESCIDA E DESENVOLVIMENTO DE 40	M	97,9	4,184671	Lobo (2010)	409,68	409,68
					<b>SUBTOTAL</b>	<b>24.648,76</b>	<b>24.648,76</b>
11	<b>PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO</b>						
11.1	<b>CANALIZAÇÃO PREVENTIVA E REDE DE SPRINKLERS</b>						
11.1.1	42500 - TUBO CPVC, LINHA FIRE, Ø 28MM	M	219	0,188723	Lobo (2010)	41,33	41,33
11.1.2	42323 - DETECTOR DE FUMAÇA ENDEREÇAVEL	UN	45	0	Lobo (2010)	0,00	0,00
11.1.3	42505 - TUBO CPVC LINHA FIRE Ø 89MM	M	36	0,330266	Lobo (2010)	11,89	11,89
11.1.4	42504 - TUBO CPVC, LINHA FIRE, Ø 73MM	M	51	0,306675	Lobo (2010)	15,64	15,64
11.1.5	42503 - TUBO CPVC, LINHA FIRE, Ø 54MM	M	15	0,235904	Lobo (2010)	3,54	3,54
11.1.6	42501 - TUBO CPVC, LINHA FIRE, Ø 35MM	M	9	0,188723	Lobo (2010)	1,70	1,70
11.1.7	42502 - TUBO CPVC, LINHA FIRE, Ø 42MM	M	9	0,188723	Lobo (2010)	1,70	1,70
11.1.8	42349 - ADAPTADOR PARA BICO TIGREFIRE 1" x 1/2"	UN	90	0,047181	Lobo (2010)	4,25	4,25
11.1.9	42520 - CONECTOR MACHO, LINHA FIRE, Ø 3"	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
11.1.10	42509 - TE CPVC, LINHA FIRE, Ø 2 1/2" x 1"	UN	24	0,235904	Lobo (2010)	5,66	5,66
11.1.11	42510 - TE CPVC, LINHA FIRE, Ø 3" x 1"	UN	17	0,235904	Lobo (2010)	4,01	4,01
11.1.12	42506 - TE CPVC, LINHA FIRE, Ø 1 1/4" x 1"	UN	1	0,235904	Lobo (2010)	0,24	0,24
11.1.13	42507 - TE CPVC, LINHA FIRE, Ø 1 1/2" x 1"	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
11.1.14	42508 - TE CPVC, LINHA FIRE, Ø 2" x 1"	UN	6	0,235904	Lobo (2010)	1,42	1,42
11.1.15	42511 - TE CPVC, LINHA FIRE, Ø 1"	UN	38	0,235904	Lobo (2010)	8,96	8,96
11.1.16	42512 - JOELHO 90 CPVC, LINHA FIRE, Ø 1 1/4"	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
11.1.17	42513 - JOELHO 90 CPVC, LINHA FIRE, Ø 3"	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
11.1.18	42514 - JOELHO 90 CPVC, LINHA FIRE, Ø 1"	UN	54	0,235904	Lobo (2010)	12,74	12,74
11.1.19	42515 - REDUCAO CPVC, LINHA FIRE, Ø 3" x 2 1/2"	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
11.1.20	42516 - REDUCAO CPVC, LINHA FIRE, Ø 2 1/2" x 2"	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
11.1.21	42517 - REDUCAO CPVC, LINHA FIRE, Ø 2" x 1 1/2"	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
11.1.22	42518 - REDUCAO CPVC, LINHA FIRE, Ø 1 1/4" x 1"	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
11.1.23	42519 - ADESIVO PARA TUBO CPVC, LINHA FIRE 175G =10UN	KG	1,75	4,623718	Lobo (2010)	8,09	8,09

ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN	QUANT.	FATOR DE EMISSÃO Kg.CO2e/UN	FONTE	*TOTAL Kg.CO2e	**TOTAL Kg.CO2e
11.1.24	42522 - REDUCAO CPVC, LINHA FIRE, Ø 1 1/2" x 1 1/2"	UN	2	0,235904	Lobo (2010)	0,47	0,47
11.1.25	42358 - BICO DE SPRINKLER PADRÃO Ø 1/2" (15MM) ROSCA BSP	UN	90	0		0,00	0,00
11.1.26	13198 - CENTRAL DE ALARME DE INCENDIO	UN	1	0		0,00	0,00
11.1.27	13197 - ACIONADOR MANUAL DE ALARME DE INCENDIO	UN	3	0		0,00	0,00
11.1.28	42326 - CABO AF CONTROL 1P x 1,5mm	M	300	0,395606	Lobo (2010)	118,68	118,68
11.1.29	13199 - EXTINTOR AGUA PRESSURIZADA	UN	3	0		0,00	0,00
11.1.30	42350 - EXTINTOR PO QUIMICO ABC 6KG	UN	3	0		0,00	0,00
11.1.31	42325 - AVISADOR VISUAL E SONORO	UN	3	0		0,00	0,00
11.1.32	41614 - PLACA DE SINALIZAÇÃO - SAÍDA	UN	4	0		0,00	0,00
11.1.33	42352 - PLACA DE SINALIZAÇÃO 224x224	UN	6	0		0,00	0,00
<b>SUBTOTAL</b>						<b>244,09</b>	<b>244,09</b>
11.2	<b>SPDA</b>						
11.2.1	34347 - BARRA CHATA DE ALUMINIO 7/8" X 1/8" X 3M = 95,8M	KG	18,2	1,655	Maciel (2016)	30,12	30,12
11.2.2	BARRAS CHATAS DE ALUMÍNIO 5/8"X1/8"X3M =84M	KG	11,42	1,655	Maciel (2016)	18,90	18,90
11.2.3	CURVAS 90º BARRA CHATA ALUM. 5/8"X1/8" =42M	UN	5,71	1,655	Maciel (2016)	9,45	9,45
11.2.4	22659 - CONECTOR PARA HASTE DE ATERRAMENTO DE PÁRA - RAIOS, Ø 5/8"	UN	15	0,029732	Lobo (2010)	0,45	0,45
11.2.5	42388 - PARAFUSO DE ALUMÍNIO CAB. CHATA 1/4"X7/8"	UN	300	0,162518	Lobo (2010)	48,76	48,76
11.2.6	42438 - PINO PARA AÇO	UN	20	0,256857	Lobo (2010)	5,14	5,14
11.2.7	42389 - PORCA ALUMÍNIO SEXT.1/4"	UN	300	0,023217	Lobo (2010)	6,97	6,97
11.2.8	42390 - PARAFUSO INOX AUTOAT.4,2X32mm	UN	300	0,162518	Lobo (2010)	48,76	48,76
11.2.9	42392 - MINI CAPTOR BR AL. 7/8"X1/8"X300mm = 18UN	KG	1,03	1,655	Maciel (2016)	1,70	1,70
11.2.10	22652 - TERMINAL COMPRESSÃO PARA CABO DE COBRE NÚ 35 MM²	UN	20	0,029732	Lobo (2010)	0,59	0,59
11.2.11	15030 - CABO COBRE NÚ # 50MM² P/P.RAIOS	M	270	13,22	Lobo (2010)	3.569,40	3.569,40
11.2.12	15029 - CABO COBRE NÚ # 35MM² P/P.RAIOS	M	35	9,25	Lobo (2010)	323,75	323,75
11.2.13	42391 - CAIXA DE INSPECAO ATERRAMENTO PVC 300X300mm	UN	28	2,35904	Lobo (2010)	66,05	66,05
11.2.14	32239 - HASTE DE ATERRAMENTO Ø5/8" X 2,40M	UN	14	10,81	Lobo (2010)	151,34	151,34
<b>SUBTOTAL</b>						<b>4.281,37</b>	<b>4.281,37</b>
12	<b>ESQUADRIAS</b>						
12.1	42098 - JANELA TIPO - MAXIM-AR SHED COM BANDEIRA ARTICULADA, EM ALUMINIO COM PINTURA ELETROSTATICA COR PRETA, DIMENSOES 500X1000MM = 52 UN	M2	26	162,8942189	Lobo (2010)	4.235,25	4.235,25
12.2	41757 - JANELA DE CORRER 2 FOLHAS EM ALUMÍNIO PRETO C/ VIDRO INCOLOR 4MM MED 1200 X 1000MM = 31 UN	M2	37,2	162,8942189	Lobo (2010)	6.059,66	6.059,66
12.3	41758 - JANELA DE CORRER 2 FOLHAS EM ALUMÍNIO PRETO C/VIDRO INCOLOR 4MM MED.900 X 1400mm = 02 UN	M2	2,52	162,8942189	Lobo (2010)	410,49	410,49
12.4	42097 - JANELA BASCULANTE COM 03 BANDEIRAS ARTICULADAS, EM ALUMINIO COM PINTURA ELETROSTATICA COR PRETA, DIMENSOES 1130X1000MM = 05 UN	M2	5,65	162,8942189	Lobo (2010)	920,35	920,35
12.5	42112 - ESQUADRIA EM ALUMINIO COM PINTURA ELETROSTATICA COR PRETA - PARA VIDRO LAMINADO INCOLOR ESPESSURA 10MM, DIMENSOES 7660X3220MM.	M2	24,67	162,8942189	Lobo (2010)	4.018,60	4.018,60
12.6	41846 - MARCO PARA AR CONDICIONADO 740 X 400 = 31UN	M2	9,18	162,8942189	Lobo (2010)	1.495,37	1.495,37
12.7	42107 - PORTA CORTA FOGO DE ABRIR 02 FOLHAS, INT/EXT, COM BARRA ANTI-PANICO, PINTURA COR CINZA, FECHADURA EXTERNA, DIMENSOES 1600X2100MM	UN	4	70,22	Maciel (2016)	280,88	280,88
12.8	PORTA DE ABRIR 1 FOLHA - GRADIL 0,9X2,1 - COMPLETO	UN	1	6,333388	Lobo (2010)	6,33	6,33
12.9	42311 - REBITE HERMÉTICO 4,0 X 15MM -500PÇS = 4PCT	KG	0,422	0,046434	Lobo (2010)	0,02	0,02
12.10	42180 - KIT PORTA PRONTA MADEIRA, INTERNA, 80 X 210 X 3, PAREDE DE 75MM, BATENTE RU, FECHADURA AROUCA OU SIMILAR, ABERTURA A ESQUERDA	UN	19	23,31828	Lobo (2010)	443,05	443,05
12.11	42181 - KIT PORTA PRONTA MADEIRA, INTERNA, 60 X 210 X 3, PAREDE DE 95MM, BATENTE RU, FECHADURA AROUCA OU SIMILAR, ABERTURA A ESQUERDA	UN	3	21,90016	Lobo (2010)	65,70	65,70
12.12	42182 - KIT PORTA PRONTA MADEIRA, INTERNA, 80 X 210 X 3, PAREDE DE 95MM, BATENTE RU, FECHADURA AROUCA OU SIMILAR, ABERTURA A DIREITA	UN	11	23,31828	Lobo (2010)	256,50	256,50
12.13	42307 - KIT PORTA PRONTA CORRER, INTERNA, DIMENSOES 80 X 210 X 3, PAREDE DE 80MM	UN	1	23,31828	Lobo (2010)	23,32	23,32
12.16	42099 - CAIXILHO PARA AR CONDICIONADO, EM AÇO GALVANIZADO 2MM COM PINTURA ELETROSTATICA COR CINZA, DIMENSOES 620X465MM = 31UN	M	67,27	0,259121	Lobo (2010)	17,43	17,43
12.17	42100 - CONTRA MARCO, EM AÇO GALVANIZADO 2MM COM PINTURA ELETROSTATICA COR PRETA, DIMENSOES 1170X1200MM = 31UN	M	146,94	0,259121	Lobo (2010)	38,08	38,08
12.18	42101 - CONTRA MARCO, EM AÇO GALVANIZADO 2MM COM PINTURA ELETROSTATICA COR PRETA, DIMENSOES 1170X1040MM = 3UN	M	13,26	0,259121	Lobo (2010)	3,44	3,44
12.19	42375 - PERFIL GAXETA SD-274 EM BORRACHA EPDM = 250M X20MM	M2	5	0,117	Maciel (2016)	0,59	0,59
12.20	42113 - GRADIL EM TELA LOSANGULAR 3" PLASTIFICADA COM ESTRUTURA EM TUBOS GALVANIZADOS DE 2", COR PRETO, DIMENSÕES 7500X3220MM, INCLUSIVE PORTÃO DE ACESSO = 2UN	M2	24,15	7,213951752	Lobo (2010)	174,22	174,22
<b>SUBTOTAL</b>						<b>18.449,27</b>	<b>18.449,27</b>
13	<b>VIDROS</b>						
13.1	CORTINA DE VIDRO PARA ESQUADRIA EM ALUMINIO COM PINTURA ELETROSTATICA COR PRETA - VIDRO LAMINADO INCOLOR ESPESSURA 10MM, DIMENSOES 7660X3220MM.	M2	24,67	19,13455	Lobo (2010)	472,05	472,05
13.2	VIDRO INCOLOR 4MM PARA JANELAS, DE ACORDO COM AS MEDIDAS DE PROJETO	M2	71,37	9,567275	Lobo (2010)	682,82	682,82
<b>SUBTOTAL</b>						<b>1.154,87</b>	<b>1.154,87</b>
14	<b>REVESTIMENTOS</b>						
14.1	<b>PISOS</b>						
14.1.1	CONCRETO LISO DESEMPENADO - MÁQ. ALISADORA DE CONCRETO	M2	540,11		INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO		



ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN	QUANT.	FATOR DE EMISSÃO Kg.CO2e/UN	FONTE	*TOTAL Kg.CO2e	**TOTAL Kg.CO2e	
14.1.2	42303 - PISO CERAMICO 11,5X11,5 cm	M2	23,93	0,113118	Lobo (2010)	2,71	2,71	
14.1.3	42485 - ARGAMASSA ACII PORCELANATO INT/EXT 20KG - KOBKOLL CINZA	KG	270	1,89	Lobo (2010)	510,30	510,30	
14.1.4	42487 - REJUNTE CINZA CHUMBO	KG	40	0,00383	Lobo (2010)	0,15	0,15	
14.1.5	42304 - PISO CERAMICO 45X45 cm	M2	36,5	0,113118	Lobo (2010)	4,13	4,13	
14.1.6	42635 - SOLEIRA EM GRANITO, BRANCO ITAUNA. DIMENSOES 0,86X0,08X0,02 METROS = 04 UN	M2	0,28	0,059258	Lobo (2010)	0,02	0,02	
14.2	<b>PAREDES</b>							
14.2.1	42305 - REVESTIMENTO CERAMICO - AZULEJO 20X20 cm	M2	142,8	0,140246	Lobo (2010)	20,03	20,03	
14.2.2	42485 - ARGAMASSA ACII PORCELANATO INT/EXT 20KG - KOBKOLL CINZA	KG	639	1,89	Lobo (2010)	1.207,71	1.207,71	
14.2.3	42487 - REJUNTE CINZA CHUMBO	KG	50	0,00383	Lobo (2010)	0,19	0,19	
14.2.4	PAINÉL METÁLICO EXTERNO -TRAPEZOIDAL ESP. 0,43 mm = 388 M²	KG	1319,20	1,46	Maciel (2016)	1.926,03	0,00	
14.2.5	42374 - PARAFUSO AUTO-PERFURANTE EM AÇO CARBONO 12x38mm	UN	410	0,162518	Lobo (2010)	66,63	0,00	
14.2.6	42497 - PAINEL WALL 1200X2500MM, ESPESSURA 40MM = 07 UN	M2	21	0,10616	Lobo (2010)	2,23	0,00	
14.2.7	CHAPISCO PAREDE INTERNO	M2	1738,13	4,51	Lobo (2010)	0,00	7.838,97	
14.2.8	EMBOÇO PAREDE INTERNA, ARG MISTA, E=20mm	M2	1738,13	2,27	Lobo (2010)	0,00	3.943,82	
14.2.9	REBOCO PAREDE INTERNA, ARG PRÉ-FABRICADA E=5mm	M2	1738,13	0,03	Lobo (2010)	0,00	46,93	
14.2.10	CHAPISCO PAREDE EXTERNO	M2	738,10	4,51	Lobo (2010)	0,00	3.328,83	
14.2.11	EMBOÇO PAREDE EXTERNA, ARG MISTA, E= 20mm	M2	738,10	2,27	Lobo (2010)	0,00	1.674,75	
14.2.12	REBOCO PAREDE EXTERNA, ARG PRÉ-FABRICADA E=5mm	M2	738,10	0,03	Lobo (2010)	0,00	19,93	
14.3	<b>FORROS E TETOS</b>							
14.3.1	FORRO EM CHAPA METÁLICA PINTADO NA COR BRANCA = 423,66 M²	KG	1440,44	1,46	Maciel (2016)	2.103,04	0,00	
14.3.2	FORRO SUPERIOR EM PAINEL CHAPA METÁLICA EXTERNA (MESMA CHAPA DO PAINEL DA FACHADA) = 423,66 M²	KG	1440,44	1,46	Maciel (2016)	2.103,04	0,00	
14.3.3	LÃ DE ROCHA PARA INTERIOR FORRO - (0.05X1,20X8) m = 32Kg/M³	KG	677,85	1,438	Maciel (2016)	974,75	0,00	
14.3.4	MANTA FOIL (ALUMINIZADA) PARA INTERIOR DO FORRO = 423,66 M²	KG	51,26	1,655	Maciel (2016)	84,84	0,00	
14.3.5	42127 - FOLHA DE ISOPOR - 1000X120X5 MM = 250 UN	KG	150	3,62	Maciel (2016)	543,00	0,00	
14.3.6	42128 - FOLHA DE ISOPOR - 1000X210X20 MM = 120 UN	KG	72	3,62	Maciel (2016)	260,64	0,00	
14.3.7	CHAPISCO NO TETO - LAJE DE CONCRETO ARMADO	M2	642,00	4,51	Lobo (2010)	0,00	2.895,42	
14.3.8	EMBOÇO NO TETO - LAJE DE CONCRETO ARMADO - ARG MISTA, E= 20mm	M2	642,00	2,27	Lobo (2010)	0,00	1.456,70	
14.3.9	REBOCO NO TETO - LAJE DE CONCRETO ARMADO - ARG PRÉ-FABRICADA E=5mm	M2	642,00	0,03	Lobo (2010)	0,00	17,33	
						<b>SUBTOTAL</b>	<b>9.809,44</b>	<b>22.967,91</b>
15	<b>BANCADAS E DIVISÓRIAS EM PEDRAS</b>							
15.1	42631 - LAVATORIO EM GRANITO, BRANCO ITAUNA, PARA CUBA OVAL EMBUTIR 49X32,5CM, COM FRONTISPICIO E SAIA. DIMENSOES 1,40X0,50 METROS = 01 UN	M2	0,7	0,132625	Lobo (2010)	0,09	0,09	
15.2	42632 - LAVATORIO EM GRANITO, BRANCO ITAUNA, PARA CUBA OVAL EMBUTIR 49X32,5CM, COM FRONTISPICIO E SAIA. DIMENSOES 0,70X0,50 METROS = 02 UN	M2	0,7	0,132625	Lobo (2010)	0,09	0,09	
15.3	42633 - DIVISORIA EM GRANITO, BRANCO ITAUNA, POLIMENTO NOS 2 LADOS. DIMENSOES 0,80X0,40 METROS = 02 UN	M2	0,64	0,059258	Lobo (2010)	0,04	0,04	
15.4	42630 - BANCADA EM GRANITO, BRANCO ITAUNA, PARA CUBA INOX NUM.2, COM FRONTISPICIO E SAIA. DIMENSOES 4,60X0,60 METROS = 01 UN	M2	2,4	0,132625	Lobo (2010)	0,32	0,32	
						<b>SUBTOTAL</b>	<b>0,54</b>	<b>0,54</b>
16	<b>PINTURA</b>							
16.1	<b>INTERNA / EXTERNA</b>							
16.1	42664 - SERVIÇO DE PINTURA ESMALTE, SOBRE PORTAS DE MADEIRA, COM RETOQUE DE MASSA = 2 DEMÃOS = 34UN	M2	147,5	1,088664216	Lobo (2010)	160,58	160,58	
16.2	42698 - SERVIÇO DE PINTURA ESMALTE COR CINZA MEDIO, SEM MASSA, SOBRE P.C.F.(PORTA CORTA FOGO) = 2 DEMÃOS	M2	3,36	0,867963636	Lobo (2010)	2,92	2,92	
16.3	42484 - PINTURA ACRILICA BRANCA FOSCA COM REPASSE DE MASSA PVA SOBRE PAREDES INTERNAS DE DRYWALL	M2	1606,31	0,842700626	Lobo (2010)	1.353,64	0,00	
16.4	42067 - SERVIÇO PINTURA ESMALTE EM FORRO METALICO INTERNO	M2	423,66	0,9216	Lobo (2010)	390,45	0,00	
16.5	42067 - SERVIÇO PINTURA ESMALTE EM TELHA METALICA - COBERTURA	M2	996,099	0,9216	Lobo (2010)	918,00	0,00	
16.6	PINTURA ESMALTE S/ PAINÉL METÁLICO EXTERNO -TRAPEZOIDAL ESP. 0,43 mm	M2	738,10	0,9216	Lobo (2010)	680,23	0,00	
16.7	PINTURA ESMALTE EM GRADIL EM TELA LOSANGULAR 3" PLASTIFICADA COM ESTRUTURA EM TUBOS GALVANIZADOS DE 2", COR PRETO, DIMENSÕES 7500X3220MM, INCLUSIVE PORTÃO DE ACESSO L=0,90m x h=2,10m	M2	24,15	0,867963636	Lobo (2010)	20,96	20,96	
16.8	SERVIÇO DE PINTURA ACRILICA FOSCA, COR BRANCA, COM REPASSE DE MASSA, SOBRE FECHAMENTOS VERTICAIS DO TELHADO	M2	19	0,842700626	Lobo (2010)	0,00	16,01	
16.9	SERVIÇO DE PINTURA ACRILICA FOSCA, COR BRANCA, COM REPASSE DE MASSA, E PREPARO PARA PINTURA ACRILICA EM PAREDES INT., EXT. E TETO	M2	2816,08	0,842700626	Lobo (2010)	0,00	2.373,11	
						<b>SUBTOTAL</b>	<b>3.526,78</b>	<b>2.573,58</b>
17	<b>COBERTURA</b>							
17.1	42072 - MONTAGEM DA COBERTURA EM POLICARBONATO E TELHAS SOBRE A ESTRUTURA, EXCLUSIVE FORNECIMENTO DE MATERIAL	UN	2	0		0,00	0,00	
17.2	42376 - PERFIL GAXETA SD-1619 EM BORRACHA EPDM = 150 M X 80MM	M2	12	0,117	Maciel (2016)	1,40	0,00	
17.3	42308 - TELHA TRAPEZOIDAL METÁLICA ISOTÉRMICA = 730,84 M²	M2	730,84	11,81	Maciel (2016)	8.631,22	0,00	
17.4	42309 - ACABAMENTO ESPECIAL PARA TELHA TRAPEZOIDAL 30MM = 54 M	KG	73,44	1,46	Maciel (2016)	107,22	0,00	
17.5	42312 - PERFIL ESPECIAL PARA TELHA TRAPEZOIDAL 0,43MM = 89,1 M²	KG	302,94	1,46	Maciel (2016)	442,29	0,00	
17.6	42370 - PARAFUSO DE FIXAÇÃO DE TELHA SANDUICHE	UN	3200	0,162518	Lobo (2010)	520,06	0,00	

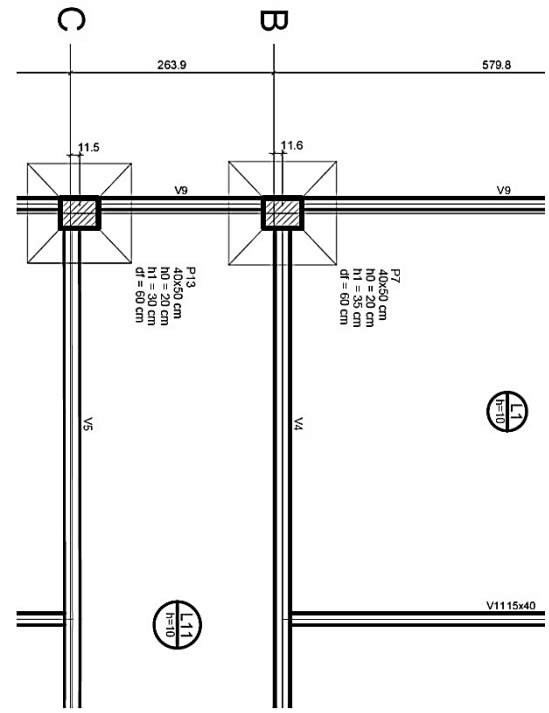
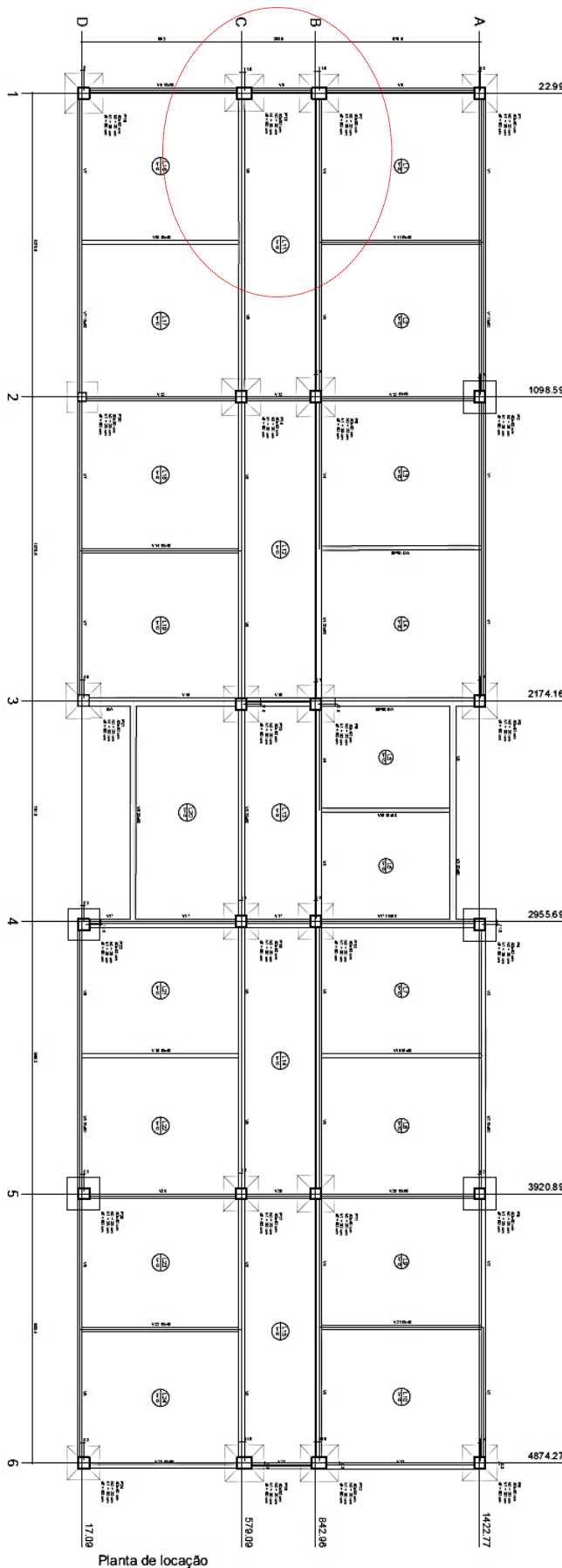
ITEM	DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS	UN	QUANT.	FATOR DE EMISSÃO Kg.CO2e/UN	FONTE	*TOTAL Kg.CO2e	**TOTAL Kg.CO2e
17.7	42372 - POLICARBONATO CHAPA COMPACTA CRISTAL 6,0x2050x6000 = 9 PÇ	M2	110,7	0,170024	Lobo (2010)	18,82	0,00
17.8	ESTRUTURA DE MADEIRA EM PONTALETE S/(PAREDE/LAJE) PARA TELHA FIBROCIMENTO - VÃO 12 A 15 M	M2	730,84	1,023159781	Lobo (2010)	0,00	747,77
17.9	TELHA DE FIBROCIMENTO ONDULADA E=8MM	M2	730,84	4,805243	Lobo (2010)	0,00	3.511,86
17.10	CUMEEIRA UNIVERSAL Lu=1050mm, PARA TELHA ONDULADA	PÇ	54	4,748577	Lobo (2010)	0,00	256,42
<b>SUBTOTAL</b>						<b>9.721,02</b>	<b>4.516,05</b>
18	<b>SERVIÇOS COMPLEMENTARES</b>						
18.1	<b>APARELHOS E METAIS</b>						
18.1.1	42361 - BACIA SANITARIA SIFON. PARA CAIXA ACOPLADA EM LOUÇA, ANEL DE VEDAÇÃO, ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO E LIGAÇÃO - COMPLETA	CJ	3	95,01	Lobo (2010)	285,03	285,03
18.1.2	42362 - BACIA SANITARIA SIFON. PARA CAIXA ACOPLADA EM LOUÇA - PNE, ANEL DE VEDAÇÃO, ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO E LIGAÇÃO - COMPLETA	CJ	1	95,01	Lobo (2010)	95,01	95,01
18.1.3	26467 - CUBA OVAL DE EMBUTIR 49 X 32,5 76117 - BRANCO	UN	3	12,92875	Lobo (2010)	38,79	38,79
18.1.4	19621 - LAVATORIO DE LOUÇA C/COLUNA SUSPensa, INCLUSIVE ACESSORIOS DE FIXAÇÃO E LIGAÇÃO- COMPLETA	CJ	1	35,66	Lobo (2010)	35,66	35,66
18.1.5	26477 - MICTORIO 08280 - BRANCO - COMPLETO	CJ	3	14,02	Lobo (2010)	42,06	42,06
18.1.6	CUBA INOX NUM.2	CJ	1	106,1710062	Lobo (2010)	106,17	106,17
18.1.7	PAPELEIRA LOUÇA	UN	4	0,129288	Lobo (2010)	0,52	0,52
18.1.8	42359 - TORNEIRA PARA LAVATÓRIO CR 1/2"	UN	1	0,58	Lobo (2010)	0,58	0,58
18.1.9	28815 - TORNEIRA PARA LAVATORIO BANCADA CR 1/2"	UN	3	0,58	Lobo (2010)	1,74	1,74
18.1.10	28816 - TORNEIRA LONGA CROMADA PARA PIA	UN	1	0,69	Lobo (2010)	0,69	0,69
18.2	<b>ACESSÓRIOS</b>						
18.2.1	42363 - BARRA SEGURANÇA PARA LAVATORIO U ALUMINIO 680X220X480MM CROMADO L= 90 CM, ACCESS. FIX.	UN	1	3,134272	Lobo (2010)	3,13	3,13
18.2.2	18533 - BARRA DE APOIO 800MM REF. 1111-SAF-800 - L= 100 CM, ACCESS. FIX.	UN	2	3,482525	Lobo (2010)	6,97	6,97
18.2.3	13255 - CORRIMAO DUPLO TUBULAR GALVANIZADO 1.1/2" =7M	M	7	2,66269	Lobo (2010)	18,64	18,64
<b>SUBTOTAL</b>						<b>634,98</b>	<b>634,98</b>
19	<b>MOBILIÁRIO FIXO / EQUIPAMENTOS</b>						
19.1	38434 - AR CONDICIONADO JANELA 12.000 BTU'S	UN	31	0		0,00	0,00
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
20	<b>LIMPEZA / RETIRADA DE ENTULHO E DESMOBILIZAÇÃO</b>						
20.1	LIMPEZA GERAL DURANTE O PERÍODO DE OBRA	M2	620,03	0,1008		62,50	62,50
20.2	42137 - SERVIÇO DE COLETA, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DE RESIDUO DE ENTULHO DE OBRA COM CAÇAMBA DE 5M³	T	59,85		INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO		
20.3	42135 - SERVIÇO DE COLETA, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DE RESIDUO RECICLAVEL DE OBRA COM CAÇAMBA DE 5M³	UN	5		INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO		
20.4	42136 - SERVIÇO DE COLETA, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DE RESIDUO DE MADEIRA DE OBRA COM CAÇAMBA DE 5M³	UN	5		INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO		
20.5	42137 - SERVIÇO DE COLETA, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DE RESIDUO DE ENTULHO DE OBRA COM CAÇAMBA DE 5M³	UN	10		INCLUÍDO EM OUTRO ESCOPO		
<b>SUBTOTAL</b>						<b>62,50</b>	<b>62,50</b>
21	<b>GERENCIAMENTO DE OBRAS / FISCALIZAÇÃO</b>						
21.1	<b>EQUIPE DA CONTRATADA</b>						
21.1.1	ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA PLENO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÊS	11	0		0,00	0,00
21.1.2	ENCARREGADO GERAL DE OBRAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÊS	11	0		0,00	0,00
21.1.3	MESTRE DE OBRAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÊS	11	0		0,00	0,00
21.1.4	ALMOXARIFE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÊS	11	0		0,00	0,00
21.1.5	AUXILIAR TÉCNICO DE ENGENHARIA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÊS	11	0		0,00	0,00
21.1.6	ENGENHEIRO ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	MÊS	5	0		0,00	0,00
21.1.7	SERVICO DE VIGILANCIA COM VIGIA DE OBRA, PARA 1 POSTO, CONSIDERANDO APENAS O CUSTO APOS A JORNADA NORMAL DE TRABALHO. O CUSTO INCLUI VIGILANCIA AOS SABADOS, DOMINGOS E FERIADOS	MÊS	11	0		0,00	0,00
21.2	<b>RELATORIOS DE OBRA</b>						
21.2.1	RELATORIO FINAL DE OBRAS OU SERVICOS DE ENGENHARIA, INCLUINDO DESENHOS TAMANHO A-1 EM "AUTOCAD FOR WINDOWS", REGISTRO FOTOGRAFICO DOS SERVICOS COM FOTOS (10X15)CM ACOMPANHADAS DE LEGENDAS E INDICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO, INFORMAÇÕES CONTRATUAIS, PLANILHA ORÇAMENTARIA E DESCRIÇÃO DO ESCOPO DOS SERVICOS, REALIZADOS, TODOS COM TEXTO EM "WORD FOR WINDOWS", CONFORME RECOMENDAÇÕES E ESPECIFICAÇÕES DO ORGAO CONTRATANTE. O RELATORIO DEVERA SER APRESENTADO EM DUAS VIAS (ORIGINAL E COPIA) ENCADERNADAS E ACOMPANHADAS DE COPIA DIGITALIZADA E ARMAZENADA EM "DVD ROM".	UN	1	0		0,00	0,00
<b>SUBTOTAL</b>						<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>TOTALIZAÇÃO DE CO2 EQUIVALENTE EM (KG)</b>						<b>402.456,24</b>	<b>491.504,75</b>
<b>TOTALIZAÇÃO DE CO2 EQUIVALENTE EM TONELADAS (t)</b>						<b>402,46</b>	<b>491,50</b>

\* Coluna referente a contabilização das emissões referentes ao Sistema Construtivo Modular.

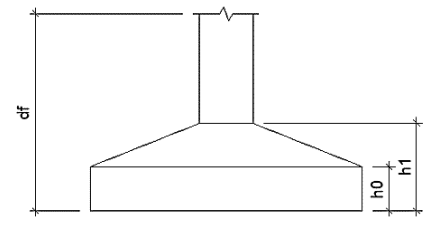
\*\* Coluna referente a versão para contabilização das emissões, adotando-se o Sistema Construtivo "Convencional".

**Serviços exclusivos do Sistema Construtivo Convencional.**

APÊNDICE II – PLANTA DE LOCAÇÃO - FUNDAÇÃO - SIMULAÇÃO / ESTUDO



EM DETALHE (P7) E (P13)



	Vigas	Pilares	Lajes	Fundações	Total	
Peso total + 10% (kg)	CA50	4440.7	1711.1	3803.9	11929.4	21885.1
	CA60	934.5	404.4	169.0		1507.8
	<b>Total</b>	<b>5375.2</b>	<b>2115.5</b>	<b>3972.9</b>	<b>11929.4</b>	<b>23393.0</b>
Volume concreto (m³)	C-25			62.5		62.5
	C-30	71.2	14.9	62.3	9.5	158.0
	<b>Total</b>	<b>71.2</b>	<b>14.9</b>	<b>62.3</b>	<b>72.0</b>	<b>220.5</b>
Área de forma (m²)	896.5	147.4	622.7	25.4	1692.1	
Consumo de aço (kg/m³)	75.5	141.7	63.8	165.6	106.1	

CONSUMO DE MATERIAL PARA A ESTRUTURA

Cargas verticais:  
 Peso próprio = 546.93 tf  
 Adicional = 134.45 tf  
 Acidental = 238.03 tf  
 Total = 919.41 tf  
 Área aproximada = 1344.61 m²  
 Relação = 683.78 kgf/m²

## APÊNDICE III – FRETES DE MATERIAIS APLICADOS NA OBRA

ESCOPO 3 - FRETES DE MATERIAIS APLICADOS NA OBRA - COMBUSTÍVEL - FONTES MÓVEIS - TRANSPORTE RODOVIÁRIO						
MATERIAL / EQUIPAMENTO	FORNECEDOR	LOCAL DE CARGA	DISTÂNCIA ATÉ OBRA (km)	Nº DE VIAGENS	TOTAL (km)	TOTAL DE DIESEL CONSUMIDO (litros)
Telhas da cobertura	Kingspan-boesite	BR-101- Condeia Araquari, SC, Cep 89245-000	993,00	4	7.944,00	872,97
Chapas das paredes externas	Grupo Mbp	Estrada Manoel Coutinho de Carvalho, 3380 , Barra do Pirai,RJ, Cep 27110-025	127,00	1	254,00	24,19
Estrutura Metálica da cobertura	Alufer Serralheria	Av Dep. Luis Fernando Linhares, 503 - Morro do Demétrio,Miracema, RJ - Cep: 28460-000	274,00	6	3.288,00	361,52
Marcos de aço	Alufer Serralheria	Av Dep. Luis Fernando Linhares, 503 - Morro do Demétrio,Miracema, RJ - Cep: 28460-000	274,00	2	1.096,00	104,38
Janelas Maxitr-Ar - sited	Alufer Serralheria	Av Dep. Luis Fernando Linhares, 503 - Morro do Demétrio,Miracema, RJ - Cep: 28460-000	274,00	4	2.192,00	208,76
Porta-borrão - Cobertura	Day Brasil	Av Prefeito João Vilela-Obos Quêro,2253-Jardim BevalBauer- SP- Cep: 06422-122	468,00	1	916,00	87,24
Pré-laje	Engelje	Av Nilo Peganha, Lote 17, 18, 19 E 20 - Vila São João, São João de Meriti, RJ - Cep: 25560-520	29,30	4	234,40	41,86
Concreto	Polimix - Concreto	Rua Carlos Seidl, 1388, Caju, RJ, Cep 20931-005	5,10	34	346,80	102,00
Janelas de alumínio	Inovar Tec. Eq. de Alumínio	Rua Públio Pimentel, 463, Americanaopolis, São Paulo,Cep 04408-000	475,00	2	1.900,00	180,95
Portas de madeira	Wpatral construçoes Steel Frame	Rua Bela, 1174- São Cristóvão, RJ, Cep 20930-380	4,60	1	9,20	0,88
Chapas de gesso acartonado	Gypsum	Rua Darcy Pereira, 777- Santa Cruz-RJ, Cep 23565-190	64,60	2	258,40	46,14
Perfis de aço drywall	Easy	R. Nerval de Gouveia, 133 - Quintino Bocaiuva, RJ, Cep 21.311-325	12,20	2	48,80	4,65
Lã de rocha	Easy	R. Nerval de Gouveia, 133 - Quintino Bocaiuva, RJ, Cep 21.311-325	12,20	2	48,80	4,65
Equip. de Ar condicionado	Du fio	Rodovia Dary Santos, 800 -Lote 1b ,Jardim Asteca, Vila Velha -ES,Cep- 29104-491	513,00	1	1.026,00	97,71
Material elétrico - Canalais	Eletronax Mat. Elétrico	Av Professor José de Souza Herdy, 602, Jardim 25 de Agosto, Duque de Caxias RJ, Cep: 25071-202	19,90	1	39,80	3,79
Material elétrico - Eletrocalhas	Elétrica KVA	Rua Dr. Valdir de Souza Medeiros, 420, Parque Duque - Duque de Caxias - RJ,Cep 25065-595	19,00	2	76,00	7,24
Tubos CPVC fine	So cabos	Rua do Alho, 1065 - Penha Circular, Rio de Janeiro - RJ, 21011-000	440,00	1	880,00	83,81
Material hidráulico - tubos/conexões	Fornilider e-commerce	Rua do Alho, 1065 - Penha Circular, Rio de Janeiro - RJ, 21011-000	19,20	1	38,40	3,66
Material hidráulico - calhas d água	Fornilider e-commerce	Rua do Alho, 1065 - Penha Circular, Rio de Janeiro - RJ, 21011-002	19,20	1	38,40	3,66
Material SPDA	Eletronax Mat. Elétrico	Av Professor José de Souza Herdy, 602, Jardim 25 de Agosto, Duque de Caxias RJ, Cep: 25071-202	19,90	1	39,80	3,79
Material de pintura	Ipanje Pinturas Especializadas	Rua, Araruama 265, Freguesia - Jaconaraquá RJ, Cep 22145-210	20,40	2	81,60	7,77
Louças e Metais	Arnoedo Mat. Construção	Estrada do Pontal 843, Recreio dos Bandeirantes, RJ - Cep 22.790-877	44,10	1	88,20	8,40
Piso Cerâmico	Charubá Mat. Construção	Rodovia Presidente Dutra, 11500, Belfort Roxo, RJ,Cep 26130-364	37,50	1	75,00	7,14
Bancos de granito	Granitos R2	Rua Heloisa Torres, 242 -Mongilos, São Gonçalo, RJ - Cep 24.726-075	42,90	1	85,80	8,17
Cimento	Volcanitum Cimentos S.A	Rua Francisco Sousa 1590, Condoril - RJ, Cep 21010-410	17,20	2	68,80	6,55
Areia	Pedreira Tamoi	Estrada da Ilgiação, SN, Taquara-RJ,Cep 22713-470	26,00	2	104,00	18,57
Madeira	Nova Eco Rio Comercio de Madeiras E Fijeli	Rua Maria Do Carmo, 129 - Penha Circular - CEP 21210-250, - Rio de Janeiro/RJ	34,10	4	272,80	48,71
Forma metálica	Scarfon Brasil Locação de Bens Moveis S A	Estrada da Pedra, 178, Santa Cruz -RJ-Cep 23520-241	63,80	1	127,60	12,15
Pré-moldados (Caixas)	Acacia do Brasil Armatos de Cimento	Av Deputado Luiz Fernando Linhares,503 - Centro, Miracema, RJ - Cep 2846-000	274,00	1	548,00	52,19
Serralheria	Alufer Serralheria	Estrada da Ilgiação, SN, Taquara, RJ, Cep 22713-470	28,00	4	208,00	37,14
Resíduo de asfalto	Pedreira Tamoi	Av Professor José de Souza Herdy, 602, Jardim 25 de Agosto, Duque de Caxias RJ, Cep: 25071-202	19,90	1	39,80	3,79
Equip. contra incêndio	Eletronax Mat. Elétrico	Av Brigadeiro Lima e Silva, 591 - Duque de Caxias RJ, Cep 25071-181	17,00	1	34,00	3,24
Material de lógica	Telmar Security e Telefonía Ltda	Rua Alan Katdec 31, Engenho Novo, RJ- Cep 26187-590	5,10	1	10,20	0,97
Quadros elétricos	Celis Equip. e Serviços	Percia Professor São Paulo 30, Engenho da Rainha, RJ,Cep-20766-550	11,90	6	142,80	25,50
Bica corda	Polimix - Agregados	Rua Geltrino 536, Santa Cruz da Serra, Cep: 25240-170	34,80	4	278,80	81,41
Retrosscavadeira	Deposito - Empresa Dimensional	Rua Luiz Ferreira 61, Rio de Janeiro, Cep: 21042-021	8,60	6	103,20	30,35
Contêineres - Aluquel	Contêiner Rio	Rua Sisa, 261 - Cidade Industrial Saetê, Guarulhos- São Paulo-Cep-07221-430	408,00	6	4.896,00	1.440,00
Módulos	Grupo Vardap Brasil					
			TOTAL	122	28.001,40	4.051,33

## APÊNDICE IV – PUBLICAÇÃO DE ARTIGO E CERTIFICAÇÃO

Journal of Physics: Conference Series

---

**PAPER • OPEN ACCESS**

### Estimation of greenhouse gas emissions in civil construction for a modular construction on the campus of the Federal University of Rio de Janeiro, Brazil

To cite this article: A A Ribeiro and C S Guimarães 2021 *J. Phys.: Conf. Ser.* **1938** 012025

View the [article online](#) for updates and enhancements.



**The Electrochemical Society**  
Advancing solid state & electrochemical science & technology

The ECS is seeking candidates to serve as the  
**Founding Editor-in-Chief (EIC) of ECS Sensors Plus,**  
a journal in the process of being launched in 2021

The goal of ECS Sensors Plus, as a one-stop shop journal for sensors, is to advance the fundamental science and understanding of sensors and detection technologies for efficient monitoring and control of industrial processes and the environment, and improving quality of life and human health.

*Nomination submission begins: May 18, 2021*



## Estimation of greenhouse gas emissions in civil construction for a modular construction on the campus of the Federal University of Rio de Janeiro, Brazil

A A Ribeiro<sup>1</sup>, and C S Guimarães<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

E-mail: claudinei@poli.ufrj.br

**Abstract.** The civil construction industry is recognized as one of the activities with the greatest environmental impact on the planet, in addition to being responsible for about 10% to 20% of emissions in the extraction of raw materials and manufacture of products for this segment. The main objective of this work was to estimate greenhouse gas emissions for the construction of an administrative building at the Federal University of Rio de Janeiro, Brazil, using the modular constructive method. The methodology used to inventory emissions was structured in the Brazilian greenhouse gas protocol program, the method most used worldwide by companies and governments for conducting greenhouse gas inventories. The research was also developed by simulating its construction by the “Conventional” method using construction materials, a source of great relevance in the literature. Based on the results of the inventory, the total greenhouse gas emission was estimated at 462.90 tCO<sub>2e</sub> for the construction of the project, with a built area of 620.03 m<sup>2</sup>, which resulted in the emission of 0.75 tCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> of built area. Comparatively, this constructive method presented 22.12% less emissions when compared to the conventional method. This result allows, as a mitigation action, the possibility of proposing the implementation of new technologies and constructive methods that propitiate the reduction of greenhouse gas emissions.

### 1. Introduction

Climate change has been pointed out, today, as one of the greatest challenges of humanity [1]. According to the United Nations Environment Program, we are experiencing a scenario of climatic urgencies and working on these issues means guaranteeing the quality of life in our society [2]. Thus, the issue of climate change is no longer just a scientific curiosity and one of many environmental concerns and has become the main environmental issue of our time and the biggest challenge for environmental regulators. As the causes of climate change are related to the increase in those obtained from greenhouse gases (GHG), the consumption of fossil fuels, industrial production, deforestation and forest degradation [3]. In this context, the scientific community has been focusing heavily on the study of related themes, categorized, for example, as conditions of the future climate, to project the impacts produced, to think of the best solutions for the reduction of the categories. Thus, as the climate issue advances in world politics, legal and marketing requirements increase, and some companies are already preparing for the trend of Brazilian laws that are increasingly restrictive in relation to GHG information [4].

Ranked among one of the main current emerging economies, Brazil faces the challenge of establishing low-carbon economic development standards, and the realization of the GHG incentive is



Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution 3.0 licence](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/). Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI.

Published under licence by IOP Publishing Ltd

the initial action of entrepreneurs who want to contribute to the issue of climate change in order to minimize the negative effects. Several states and municipalities already have enacted laws to regulate climate change policy, and all these laws and bills include the realization of a GHG Inventory to determine goals and objectives for limiting information. By taking inventory of GHG, an organization obtains to identify its most relevant sources and to adopt capable measures to reduce or compensate its impacts. According to data from the United Nations, the Civil Construction Industry is recognized as one of the activities with the greatest environmental impact on the planet.

According to data from the United Nations, the Civil Construction Industry is recognized as one of the activities with the greatest environmental impact on the planet. This activity extracts 30% of materials from the natural environment, generates 25% of solid waste, consumes 40% of all energy and 25% of water, and occupies 12% of the land, therefore, the civil construction sector also has an important role in reduction of GHG emissions in the atmosphere and can contribute significantly. From appropriate inventories, it is possible to implement objective actions and analyze new solutions for projects, in the case of civil constructions, from the definition of the architectural party, to the complementary projects, as well as the inclusion of new technologies and construction methods, in order to promote the reduction of emissions [5]

## 2. Methodology

To prepare the inventory, the structuring, specifications, and technical notes of the GHG protocol tool (Brazilian GHG Protocol program) [6] was used, and the respective emission factors were made available and based on publications such as Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Department for Environment, Food and rural Affairs (DEFRA), United States Environmental Protection Agency (US EPA), among others, to verify and validate the applicability of the proposed method through its use in this case study. The inventory was also developed according to the norms and principles of the Brazilian GHG Protocol program. In addition to the methodology, its conceptual steps were also followed, which include: definition of the organizational and operational limits of the inventory; selection of the calculation methodology and emission factors; the collection and compilation of data from activities that emit GHGs; the calculation of emissions; and the preparation and consolidation of the inventory.

### 2.1. Organizational limits

Engineering and Construction activities, unlike most industries, emission activities take place in facilities that have limited activity time and correspond to the works contracts. Therefore, for the organizational limits, the modular construction for the administrative building of the national museum was considered, which is part of the implementation project of the campus annex to the national museum of the Federal University of Rio de Janeiro, located in the State of Rio de Janeiro, southeastern region of the Brazil and located according to geographic coordinates (22°54'29.1"S 43°13'40.3"W).

*2.1.1. Construction description: administrative building of the national museum.* The building is basically made up of the union of 34 metallic habitable modules, separated into four groups by a corridor and a central patio, in a total area of 620.03 m<sup>2</sup>. The modules consist of chassis, pillars, roof, trapezoidal steel plate for external sealing (facades) and roof, as shown in the three-dimensional (3D) isometric view of Figure 1. Among the main characteristics and advantages of the modular construction system, we can mention: high production speed (off-site); shorter lead time; flexibility; reuse and portability; eco-efficiency and sustainability.

Study by GVR-Grand View Research (2019) indicate that the global modular construction market was valued in the year 2018 at \$112.3 billion and held the largest share of the construction segment (64.4%) and is expected to show a compound annual growth rate (CAGR) of 6.5% for the period 2019 - 2025, reaching approximately \$174.5 billion [7].



**Figure 1.** Isometric and panoramic construction view.

## 2.2. Operational limits

The definition of operational limits corresponds to the identification of sources of GHG emissions that were effectively quantified and included in the inventory. The emission sources were classified as direct or indirect emissions and defined, according to the methodology applied, in three scopes (scope 1, scope 2, and scope 3), defined below and which included: the consumption of fossil fuels used in own- or third-party equipment and transportation; the acquisition of electricity; the generation and disposal of solid waste and the consumption of construction materials used in the construction site and the fossil fuels used in the respective transportation.

*2.2.1. Scope 1 (direct greenhouse gases emissions).* Includes emissions through fuel consumption from sources owned or controlled by the company and includes own or leased equipment to operate under its management. In this category were considered, therefore, the fixed and mobile equipment that operated at the construction site and transport, such as owned or leased vehicles.

*2.2.2. Scope 2 (indirect greenhouse gases emissions from purchased energy).* considers emissions from the generation of electricity or thermal energy acquired by the company and used in its activities. In this scope, all monthly electricity consumption (KWh) purchased to meet the demand of the construction site (lighting and operation of machinery and equipment) was considered.

*2.2.3. Scope 3 (other indirect emissions).* Are a consequence of the company's activities but occur in sources that are not owned or controlled by the company; although the GHG protocol methodology indicates that this scope is optional or flexible, according to the literature and the methodological guide by "Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP)" [8], the peculiarity of the civil construction sector indicates that scope 3 comprises an extremely significant portion of a construction site's GHG emissions, i.e., it is where the largest groups of emission sources are found.

## 2.3. Reference period and base year of the inventory

The data for the present inventory were determined for the period of construction of the building, established by contract and in line with the executive work schedule that covered the year 2020. According to the General Standards, the Inventory must be determined permanently and with periodicity annual, or more frequent if the company so wishes, however, for inventories of works, the methodological guide SindusCon-SP [8] recommends that it be calculated throughout the executive period of the work, being the object of a closing at the end of it, totaling the GHG emissions of the work from its beginning until delivery for use.



#### 2.4. Emission factors

Emission factors are coefficients that, combined with activity data, allow the quantification of GHG emissions by a certain unit of the activity, and that if adopted in a standardized way would provide an increase in the level of precision of calculations and estimates [9]. Given the recommended principles, the emission factors used in the calculation tool were based on the activities recognized and evaluated in the inventory and their determination was given by the guides and guidelines for emission inventories of the IPCC and the Brazilian GHG protocol program. In this context, we highlight the IPCC guidelines [10], the United Nation (UN) scientific arm for climate change, which maintains and publishes a large bank of emission factors, internationally recognized and used in inventories, in addition to technical references. In Brazil, the PBGHG protocol, through its tool, also provides, by default, a series of emission factors for use in the country.

Consolidated the survey of activity data and respective emission factors, calculations were established by emitting sources and separated by Scopes. This calculation methodology varied between the various equations and parameters, preferably according to the national reality, in order to assess the evolution of the management of GHG emissions over time and through an index of intensity of emissions.

### 3. Results and discussions

In this phase, in accordance and following the final conceptual and methodological steps of the GHG Protocol, proposed for carrying out GHG emission inventories, the emission results were compiled by Scope and presented as follows and according to the specificity of each.

#### 3.1. Scope 1: direct emissions

This scope includes stationary and mobile sources owned or controlled by the construction company, and emissions from the burning of fossil fuels originated within the defined organizational limits were covered. The consumption of fuels by stationary and mobile sources, used in the course of the work, resulted in a total emission of 5.647 tCO<sub>2e</sub>, referring to the consumption of diesel oil and gasoline, as presented in Table 1.

**Table 1.** Totalization of emissions from stationary and mobile sources.

Equipment	Fuel	Consumption (L)	Total tCO <sub>2e</sub>
Stationary sources	Diesel	124.00	0.324
	Gasoline	563.00	1.272
	Emission tCO <sub>2e</sub>		1.595
Mobile fonts	Diesel	1101.40	2.916
	Gasoline	491.85	1.136
	Emission tCO <sub>2e</sub>		4.052
Total emission tCO <sub>2e</sub>			5.647

#### 3.2. Scope 2: indirect greenhouse gases emissions from purchased energy

From the electricity consumption data, made available by the company, and under the approach of organizational limits and operational control, the total emissions for the established inventory period were calculated. The monthly emission factors of the National Interconnected System (SIN) [11] were used, listed, and applied to obtain the results, as shown in Table 2. Emissions for scope 2 resulted in a total emission of 0.123 tCO<sub>2e</sub>, for the executive construction period between March and October 2020 and essentially in the construction and operational phases of the construction site.

The variations observed in the monthly emission factors are due to the variation in the participation of thermoelectric plants in the Brazilian energy matrix to serve the system in hydrologically unfavorable periods (seasonality) or even to complement generation oscillations, load, or even operational restrictions.

**Table 2.** Emissions generated by the consumption of electricity (tCO<sub>2e</sub>).

Year	Month	KWh	Factor (tCO <sub>2e</sub> /MWh)	Emission (tCO <sub>2e</sub> )
2020	March	100	0.0384	0.0038
	April	583	0.0296	0.0173
	May	211	0.0358	0.0076
	June	330	0.0491	0.0162
	July	586	0.0400	0.0234
	August	586	0.0414	0.0243
	September	429	0.0329	0.0141
	October	168	0.0961	0.0161
	Total (tCO <sub>2e</sub> )			0.1230

### 3.3. Scope 3: other indirect emissions

Objectively, and through the results obtained that make up scope 3 (Table 3), it can be seen, in relation to emission sources, that the use of construction materials applied during the execution of the work has the greatest representativeness and importance within the scope, with a contribution of 402.46 tCO<sub>2e</sub>, which represents about 88.04% of the emissions of a total of 457.128 tCO<sub>2e</sub>.

**Table 3.** Total scope 3 emissions.

Emission sources	tCO <sub>2e</sub>	%
By using fuels	6.058	1.33
Waste generation	48.610	10.63
Use of building materials	402.460	88.04
Total emissions	457.128	100.00

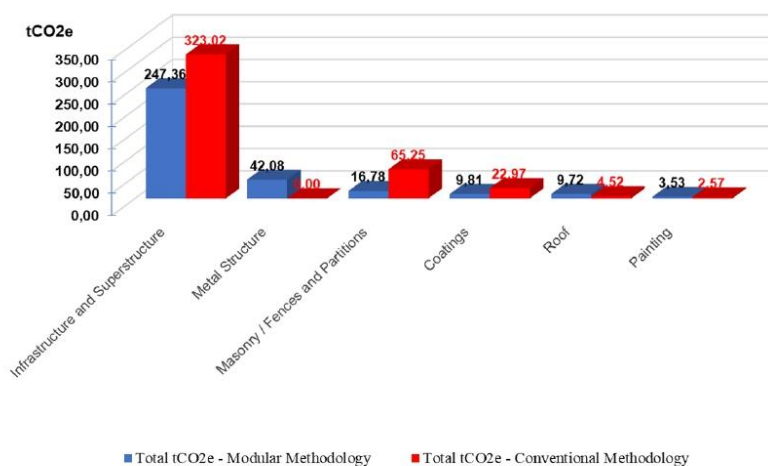
One of the specific objectives of this study was to establish a comparative relationship of emissions between the modular and the conventional building methods, especially for the use of construction materials and between the most relevant stages, which differ either in their quantity or in the type of materials or inputs that make up certain services. The calculated and totalized emissions per activity, in both conditions, reached the values of 402.46 tCO<sub>2e</sub> and 491.50 tCO<sub>2e</sub>, respectively. This difference represents a percentage of 22.12% in favor of the modular construction method.

The study and the results obtained for the GHG emissions show that the modular construction methodology, in the different construction stages, and ordered according to their relevance, has its greatest contributions in the services of the infra and superstructure stages (247.36 tCO<sub>2e</sub>); metallic structure (housing modules) with 42.08 tCO<sub>2e</sub> and hydro-sanitary installations (30.65 tCO<sub>2e</sub>). These three stages of services correspond to 79.54% of the total emissions accounted. This result highlights the prominence and prevalence of the most used services and inputs in the respective work stages and main link in the construction chain, such as concrete (steel and cement); metallic structure (steel) and installations (plastic materials/PVC).

In comparative and total emission terms, despite the modular construction method reaching a lower value, compared to conventional construction, some services had higher emission levels, as represented by the graph in Figure 2. This fact can be explained by associating the respective services and respective construction materials to the emission factors and the relevance of each one in view of the proposed construction methodology for the construction.

For the Infra and superstructure service, the largest amount of reinforced concrete (cement and steel) used in the conventional construction version prevailed, in contrast to the steel structure by the modular method. The internal partitions and the external closings, the emissions resulting from the use of ceramic brick blocks prevailed, in relation to the drywall and metallic sheet partitions of the modular construction, which also determines a greater use of mortar and consequently more cement.

In the emissions originated by the execution of the Roof, in modular construction, the predominance of the use of the material (steel) is observed, both in the metallic structure used for the structuring of the roof, as a component of the isothermal metallic tile (faces), when compared to conventional, which uses structure in wood and tile in fiber cement, and which resulted in a lower amount of emissions. For the painting, the emissions varied only according to the quantity of the different areas covered.

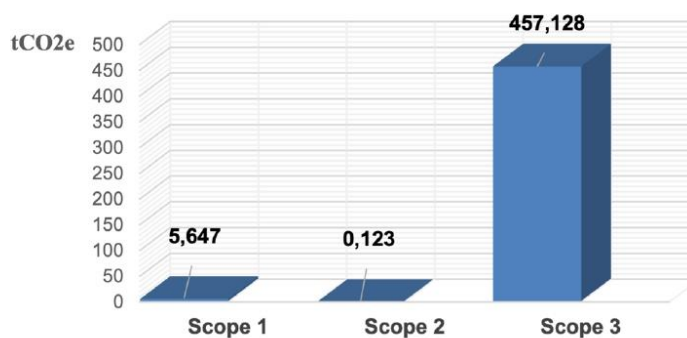


**Figure 2.** Comparative graph of emissions between construction methods according to their activities.

#### 3.4. Totalization of emissions and consolidation of the inventory

The consolidated inventory, for the construction under study, presented a total emission of 462.90 tCO<sub>2</sub>e, being 5.647 tCO<sub>2</sub>e for scope 1; 0.123 tCO<sub>2</sub>e for scope 2 and 457.128 tCO<sub>2</sub>e for scope 3, as observed through the graphical representation of Figure 3.

The results obtained show that 98.75% of the total emissions correspond to Scope 3. Therefore, this scope concentrates the largest groups of emission sources, which result from the manufacturing process, in all its phases, of construction materials and derived products, mainly using steel and cement.



**Figure 3.** Emissions in tCO<sub>2</sub>e by scope.

#### 4. Conclusions

In the constructive aspect and in terms of industrialization, the built building can be considered an open cycle, as its components and elements originated from a common market and are compatible with each other and classified as modular hybrid construction. In a comparative relation, it was estimated that the modular construction method, presented about 22% less emissions from construction materials than the conventional method, signaling with this, that the previous choice of certain components and elements that integrate the construction, are extremely important in the context of total emission reduction by this source and as a significant mitigating action.

#### References

- [1] WayCarbon 2019 *A Representação da Mudança do Clima* (São Paulo: WayCarbon)
- [2] United Nations Environment Programme 2012 *Carbon Metric for Measuring Energy Use and Reporting Greenhouse Gas Emissions from Building Operation* (Kenya: United Nations Environment Programme) Consulted on: <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7922>
- [3] Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) 2017 *Monitoramento do Território: Mudanças Climáticas* (São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)
- [4] Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) 2017 *Cartilha Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa* (Rio de Janeiro: Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro)
- [5] Maciel M A D 2018 Emissões de gases de efeito estufa na construção civil *Revista da Universidade Vale do Rio Verde* **16** 1-10
- [6] World Resources Institute (WRI) and World Business Council (WBCSD) 2004 *The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol). A Corporate Accounting and Reporting Standard* (United States of America: World Resources Institute and World Business Council) Consulted on: <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>
- [7] Grand View Research (GVR) 2019 *Modular Construction Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Permanent, Relocatable), By Application (Residential, Commercial, Industrial, Healthcare), By Region, And Segment Forecasts, 2019 – 2025* (San Francisco: Grand View Research) Consulted on: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/modular-construction-market>
- [8] Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP) 2013 *Guia Metodológico para Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Construção Civil Setor Edificações* (São Paulo: Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo) Consulted on: [https://www.aecweb.com.br/ent/cont/n/guia-metodologico-para-inventarios-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa\\_74\\_7367](https://www.aecweb.com.br/ent/cont/n/guia-metodologico-para-inventarios-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa_74_7367)
- [9] Alves E B B M 2018 *Inventário e Neutralização de Emissões de Gases de Efeito Estufa: Avaliação e Desenvolvimento de Software de Cálculo* (Viçosa: Universidade Federal de Viçosa)
- [10] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2006 *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Hayama: Intergovernmental Panel on Climate Change) Consulted on: [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer\\_2006GLs.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf)
- [11] Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) 2020 *Clima. Fator Médio - Inventários Corporativos* (Brazil: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações) Consulted on: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao\\_corporativos.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html)

17/06/2021

IV WMSSE



Colombia, 17 de June de 2021

## CERTIFICATION

The chairman of IV Workshop on Modeling and Simulation for Science and Engineering (IV WMSSE) certifies that research work titled:

### **ESTIMATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN CIVIL CONSTRUCTION FOR A MODULAR CONSTRUCTION ON THE CAMPUS OF THE FEDERAL UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO**

Corresponding to the speaker **CLAUDINEI GUIMARÃES** was presented at the IV WMSSE conference, held in oral remote presentation.

For its constancy, is signed in Bucaramanga, Colombia, March 16 de 2021.

**ELY DANNIER V. NIÑO**  
Chairman IV WMSSE Conference

NIT : 900974223-1



✉ [foristom@gmail.com](mailto:foristom@gmail.com)

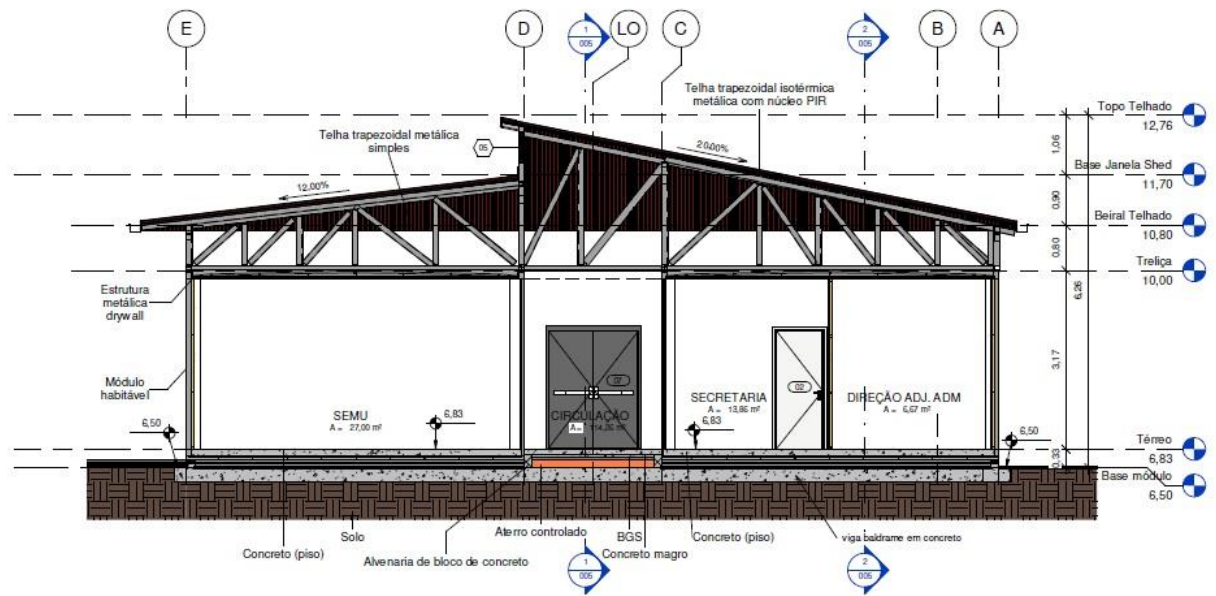


Bucaramanga, Colombia.

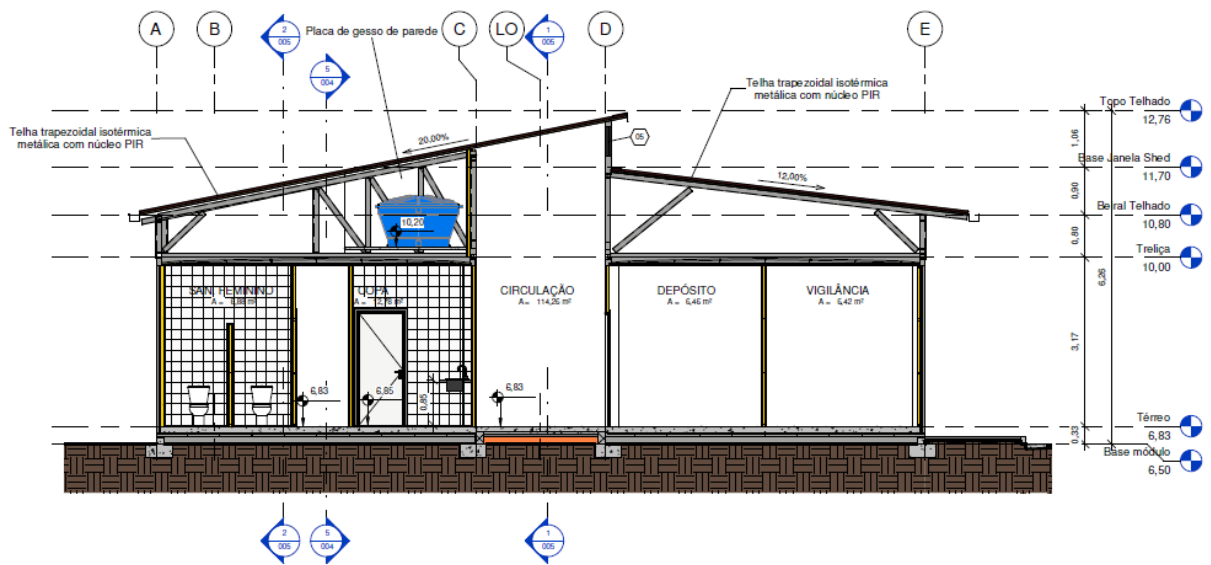
**ANEXOS**



ANEXO II – CORTES



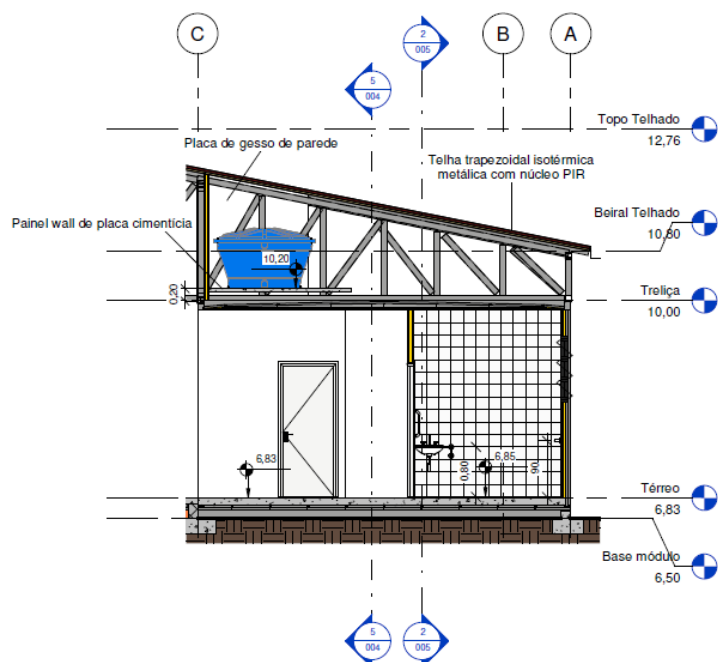
1 Corte 1  
1 : 50



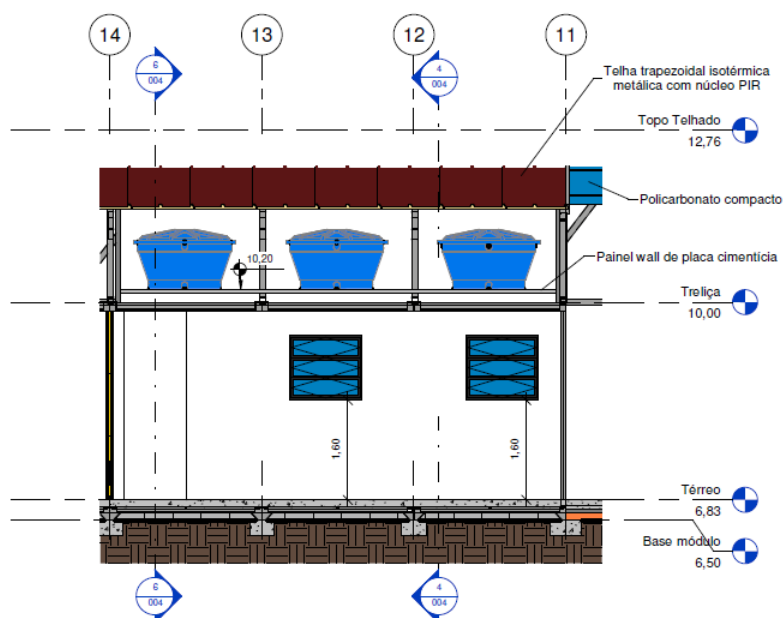
4 Corte 4  
1 : 50



## ANEXO III – CORTES TRANSVERSAIS

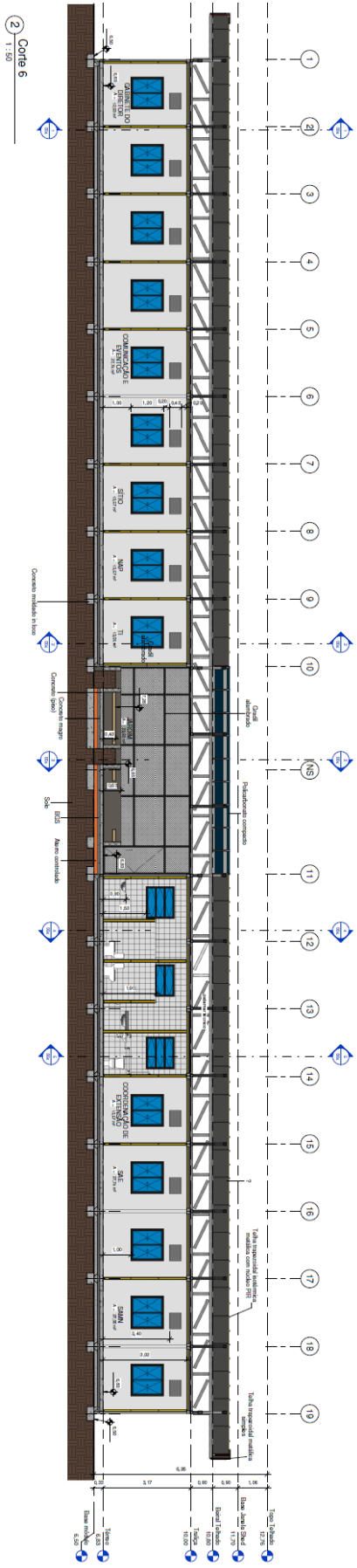
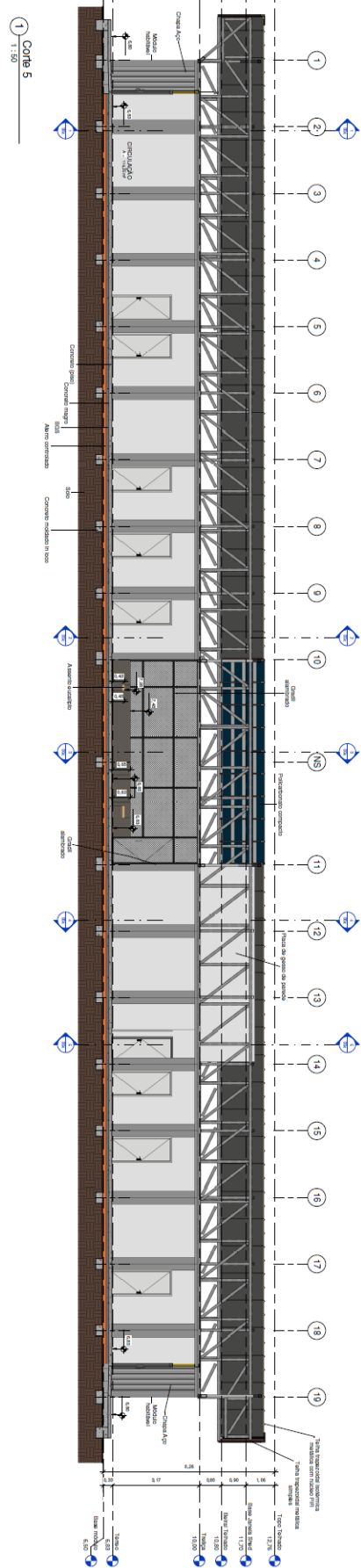


6 Corte 8  
1:50



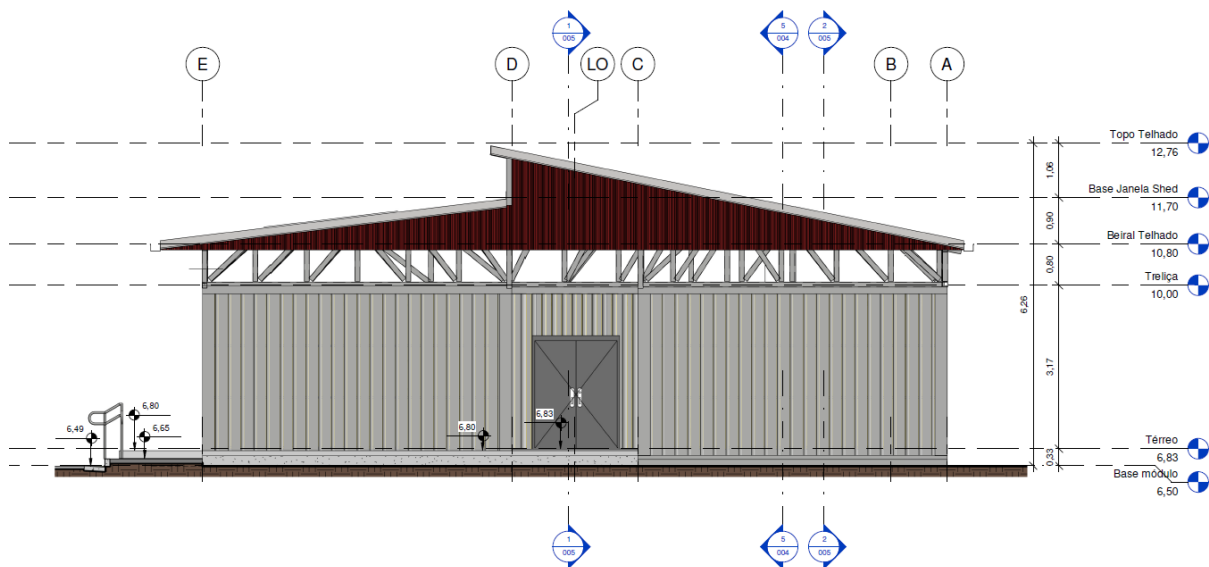
5 Corte 7  
1:50

ANEXO IV – CORTES LONGITUDINAIS

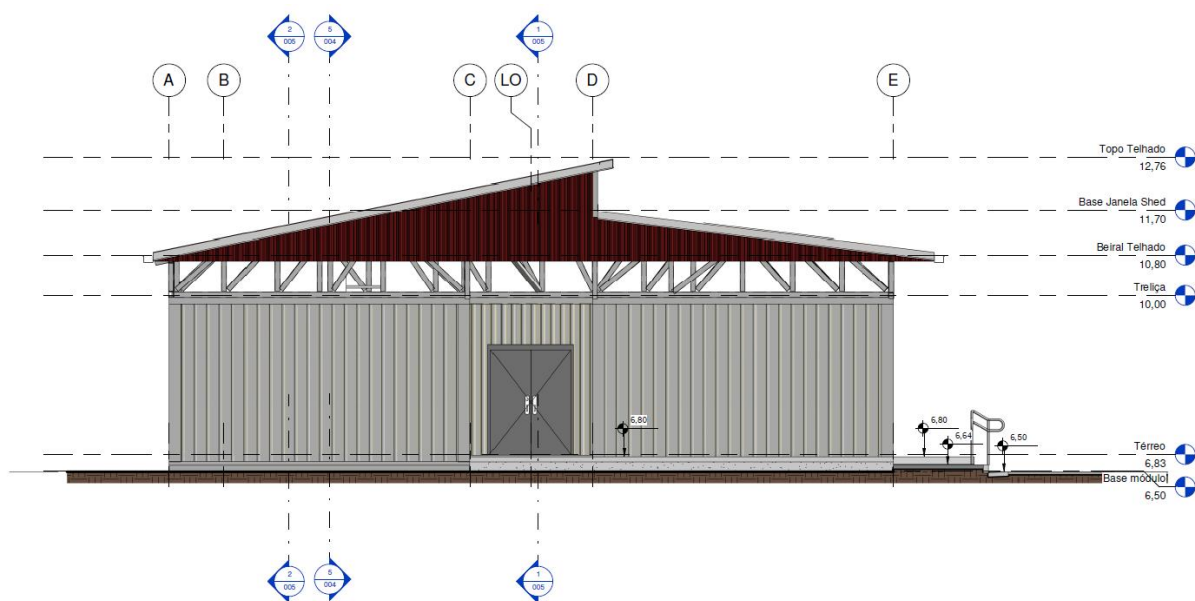




## ANEXO VI – FACHADAS LATERAIS E VISTA ISOMÉTRICA



1 Fachada Lat. Direita  
1 : 50



2 Fachada Lat. Esquerda  
1 : 50



1 Vista isométrica frontal

