



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

FLAVIA MELO MENEZES

INVENTÁRIO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO
ESTUFA NO SETOR QUÍMICO BRASILEIRO:
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA NA BAHIA

PEI

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial

**SALVADOR
2018**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

FLAVIA MELO MENEZES

**INVENTÁRIO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO
ESTUFA NO SETOR QUÍMICO BRASILEIRO:
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA NA BAHIA**

Salvador

2018

FLAVIA MELO MENEZES

**INVENTÁRIO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO
ESTUFA NO SETOR QUÍMICO BRASILEIRO:
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA NA BAHIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Engenharia Industrial, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia – UFBA, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial.

Orientador: Prof. Dr. José Célio Silveira Andrade
Coorientador: Prof. Dr. Armando Hirohumi Tanimoto

Salvador
2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Menezes, Flavia Melo

Inventário das emissões de gases de efeito estufa
no setor químico brasileiro: estudo de caso em uma
empresa na Bahia / Flavia Melo Menezes. -- Salvador,
2018.

188 f. : il

Orientador: José Célio Silveira Andrade.

Coorientador: Armando Hirohumi Tanimoto.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Industrial) -- Universidade Federal da
Bahia, Escola Politécnica, 2018.

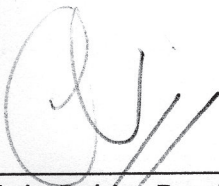
1. Mudanças climáticas. 2. Gases de efeito estufa.
3. Inventário de emissões. 4. Indústria química. 5.
Bahia. I. Andrade, José Célio Silveira. II. Tanimoto,
Armando Hirohumi . III. Título.

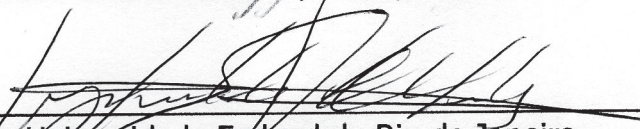
“INVENTÁRIO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO SETOR QUÍMICO BRASILEIRO: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA NA BAHIA”.

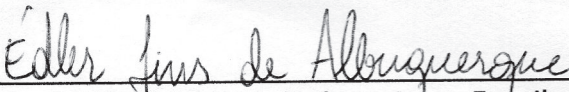
FLAVIA MELO MENEZES


Dissertação submetida ao corpo docente do programa de pós-graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

Examinada por:

Prof. Dr. Jose Celio Silveira Andrade 
Doutor em Administração, pela Universidade Federal da Bahia, Brasil, 2000

Prof. Dr. Jorge Juan Soto Delgado 
Doutor em Planejamento Energético, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2007

Prof. Dr. Édler Lins de Albuquerque 
Doutor em Engenharia Química, pela Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 2007

Dr. Fábio Augusto Andrade 
Manufacturing Integration Leader – Cristal

Salvador, BA - BRASIL
Maio/2018

A

Fábio pelo companheirismo, apoio e motivação.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o auxílio de várias mãos.

Primeiro, gostaria de agradecer à Deus, fonte da vida.

Agradeço à minha família por todo apoio e incentivo recebido, especialmente a Newton, meu pai, pela confiança depositada.

Agradeço aos meus orientadores José Celio Andrade e Armando Tanimoto pela paciência, e contribuições que viabilizaram a construção desta dissertação.

Grata à Gloria Meyberg pela contribuição nos cálculos de perdas energéticas.

Gratidão à Empresa pela abertura de portas, assim como a todos aqueles que se dispuseram gentilmente para a realização deste estudo por meio de auxílio no levantamento de dados ou compartilhando conhecimento sobre o processo produtivo da Empresa: Ilvio Rocha, Zoltan Filho, Mário André Santos, Márcia Guimarães, Henrique Martin, Vilmar Oliveira, Fernando Soares, Jorge Lemos, Jefferson Mascarenhas, Lauriene Costa, Moisés Santos, Arnóbio Mota, Jorge Luciano Freire, Antônio Reinaldo Santos, Rodrigo Dantas, Roberto Siqueira, Pedro Anísio, Luciana Duarte, Márcia Alonso, Fábio Souza, Adelmo Bitencur, Robson Mauro e para todos que colaboraram de alguma forma com este trabalho. Agradecimento especial à equipe formada por Argemiro Marinho, Geiza Oliveira e Fábio Augusto Andrade que foram meus guias no levantamento de dados na Empresa desde o início do projeto, assim como na disposição para compartilhar conhecimentos sobre a Empresa que pudessem agregar ao trabalho. Agradeço em especial também a Joslana Inocêncio, por todo o suporte e informação para a análise de viabilidade do projeto estudado.

Grata às minhas amigas Priscilla Pereira e Cássia Ribeiro, pelo apoio e informações fornecidas.

Por fim, e não menos importante, agradeço aos funcionários do PEI, especialmente à Tatiana Reis, pelo convívio e apoio prestados durante o mestrado.

Climate change is the defining challenge of our time. Together, you can lead by example and demonstrate that a sustainable, clean energy economy is the ticket to long-term prosperity for all

H. E. Ban Ki-moon.

MENEZES, Flavia Melo. Inventário das emissões de gases de efeito estufa no setor químico brasileiro: estudo de caso em uma empresa na Bahia. 187 f. il. 2018. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

RESUMO

Em 2016, o Acordo de Paris entrou em vigor, hoje ratificado por mais de 178 países, com o compromisso de limitar o aumento da temperatura global até 2°C em 2100. Apesar de o Brasil ter se comprometido em reduzir 37% das emissões até 2025 e 43% até 2030 em comparação a 2005, a economia brasileira não tem sido direcionada para sua descarbonização. Por sua vez, o setor privado pode contribuir com cerca de 60% da meta global de redução de emissões (WAY CARBON, 2016), e o primeiro passo é contabilizar as emissões de GEE referente às suas atividades. Esta contabilização, no entanto, deve considerar a cadeia de valor da empresa inventariante, a fim que os resultados gerados possam subsidiar oportunidades potenciais de redução de GEE. Assim, este trabalho teve como objetivo geral contabilizar e analisar as emissões de GEE da cadeia de valor de uma empresa química localizada na Bahia (Indústria Química X - IQX), a fim de identificar pelo menos uma ação de redução de GEE que apresentasse viabilidade técnica, ambiental e econômica. A contabilização das emissões foi realizada por meio de inventário elaborado por escopos segundo o *GHG Protocol*, método mais adotado no mundo pelas empresas. As emissões dos escopos 1 e 2 foram contabilizadas, assim como sete das quinze categorias do escopo 3. Dentre as categorias de escopo 3, somente duas categorias não tiveram seus dados de atividade coletados, apesar da não aplicabilidade segundo o *GHG Protocol*. Verificou-se que 70% das maiores fontes emissoras da IQX foram provenientes da cadeia de valor da empresa, e representaram cerca de 63% das suas emissões totais em 2014. As emissões indiretas e diretas devido à aquisição de gás natural e seu uso nas caldeiras, respectivamente, representaram juntas 45% das emissões da IQX, o que motivou a busca bibliográfica por medidas de eficiência energética para fins de redução de emissões de GEE. Algumas medidas foram identificadas da literatura, contudo apenas uma teve sua viabilidade técnica definida no âmbito deste estudo. Esta medida consistiu na renovação de isolamento térmico e purgadores em uma linha de vapor de alta pressão. Ela apresentou viabilidade ambiental e econômica para implantação, respectivamente, por meio da redução de 6,5 mil tCO_{2e} entre emissões diretas e indiretas, e pelos indicadores econômicos: *payback* de 1 ano, TIR de 99% e VPL de R\$1,7 milhões. Concluiu-se que por meio da contabilização e análise das emissões da cadeia de valor de uma empresa é possível contribuir para o cumprimento da meta nacional de redução de GEE por meio de pelo menos uma ação viável. Contudo, recomendam-se melhorias na contabilidade das emissões, assim como maiores estudos para verificar a viabilidade técnica, ambiental e econômica de medidas de eficiência energética levantadas na literatura para implantação na IQX a fim de promover redução progressiva de suas emissões de GEE.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, Gases de efeito estufa, Inventário de emissões, Indústria química, Bahia.

MENEZES, Flávia Melo. Inventory of greenhouse gas emissions in the Brazilian chemical sector: a case study in a company in Bahia. 187 p. il. 2018. Masters dissertation – Polytechnic School, Federal University of Bahia, Salvador, 2018.

ABSTRACT

In 2016, the Paris Agreement entered into force, now ratified by more than 178 countries, with a commitment to limit the global temperature increase to 2°C by 2100. Although Brazil has committed to reducing emissions by 37% by 2025 and 43% by 2030 compared to 2005, the Brazilian economy has not been directed towards its decarbonisation. In turn, the private sector can contribute about 60% of the global emission reduction target (WAY CARBON, 2016), and the first step is to account for GHG emissions related to its activities. This accounting, however, must consider the value chain of the reporting company, so that the results generated can subsidize potential GHG reduction opportunities. Thus, the main objective of this work was to account for and analyze the GHG emissions of a chemical company located in Bahia (Chemical Industry X - IQX), in order to identify at least one GHG reduction action that presented technical, environmental and economic feasibility. The emission accounting was carried out by means of an inventory elaborated according to the GHG Protocol, the most adopted method in the world by companies. The emissions of scopes 1 and 2 were counted, as well as seven of the fifteen categories of scope 3. Among the categories of scope 3, only two categories did not have their activity data collected, despite the non-applicability according to the GHG Protocol. It was verified that 70% of IQX's largest emitting sources came from the company's value chain, which accounted for about 63% of its total emissions in 2014. Indirect and direct emissions due to the acquisition of natural gas and its use in boilers, respectively, represented together 45% of IQX emissions, which motivated the bibliographic research for energy efficiency measures, in order to reduce its GHG emissions. Some measures were identified from the literature, however only one had its technical feasibility defined in the scope of this study. This measure consisted in the retrofit of thermal insulation and steam traps in a high-pressure steam line. It presented environmental and economic feasibility, respectively, through the reduction of 6,500 tCO_{2e} considering direct and indirect emissions, and the economic indicators: 1 year payback, 99% IRR and NPV of R\$ 1.7 million. It was concluded that through the accounting and analysis of emissions in a company's value chain, it is possible to contribute to the achievement of the national GHG reduction target through at least one viable action. However, improvements in emission accounting are recommended, as well as further studies to verify technical, environmental and economic feasibility of energy efficiency measures raised in the literature for implementation at IQX, in order to promote progressive reduction of its GHG emissions.

Keywords: Climate change, Greenhouse gases, Emissions inventory, Chemical industry, Bahia-Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2 - Distribuição anual de registros de desastres naturais e prejuízos totais.	22
Figura 1 - Eventos extremos ocorridos no mundo entre os anos de 2011 e 2015.	23
Figura 3 – Fluxograma simplificado do processo produtivo da IQX.	56
Figura 4 – Escopos e categorias de fontes de GEE segundo a metodologia <i>GHG Protocol</i> . .	59
Figura 5 – Árvore de decisão para definir o método de cálculo das emissões do escopo 2....	69
Figura 6 – Árvore de decisão para definir o método de cálculo das emissões dos bens e serviços adquiridos.	73
Figura 7 – Locação das emissões do processo de reciclagem ao longo da cadeia de valor. ...	79
Figura 8 - Emissões de GEE da IQX (tCO _{2e}): escopos 1 e 2.	141
Figura 9 - Emissões de GEE da IQX (%): escopos 1 e 2.	142
Figura 10 - Emissões de GEE da IQX (tCO _{2e}): escopo 3.	143
Figura 11 - Emissões de GEE da IQX (%): escopo 3.	143
Figura 12 - Emissões de GEE da IQX (%): escopos 1, 2 e 3.	145
Figura 13 - Emissões de GEE da IQX (%): categorias dos escopos 1, 2 e 3.	146
Figura 14 - Emissões de GEE da IQX (tCO _{2e}): principais fontes.	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos das empresas ao elaborar o inventário de GEE.	34
Quadro 2 - Gestão de GEE por meio de inventário corporativo.	35
Quadro 3 - Gestão de GEE por meio de inventário corporativo no setor químico.	36
Quadro 4 - Escopos e categorias de emissão de GEE do <i>GHG Protocol</i>	41
Quadro 5 - Ações de eficiência energética e substituição de combustíveis implementadas por indústrias químicas.	46
Quadro 6 - Ações de inovação implementadas por indústrias químicas.....	50
Quadro 7 - Produtos inovadores fornecidos pelas indústrias químicas para diversos setores	51
Quadro 8 - Limites organizacionais segundo a metodologia <i>GHG Protocol</i>	58
Quadro 9 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões de fontes de combustão estacionária	61
Quadro 10 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões de fontes de combustão móvel.	62
Quadro 11 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões de fontes fugitivas (equipamentos RAC e extintores).	64
Quadro 12 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões de tratamento/ disposição de efluentes líquidos.....	67
Quadro 13 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões do escopo 02 (método baseado na localização).....	70
Quadro 14 - Lista das categorias do escopo 3.....	71
Quadro 15 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes à categoria de bens e serviços adquiridos.	72
Quadro 16 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes à categoria de bens de capital adquiridos.....	74
Quadro 17 - Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2 (categoria 3).....	75
Quadro 18 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes à categoria de combustível e energia.	75

Quadro 19 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes ao transporte rodoviário pelo método de distância percorrida e idade da frota.	77
Quadro 20 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes ao transporte hidroviário pelo método por distância percorrida e transporte de carga.	78
Quadro 21 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes aos resíduos aterrados.	81
Quadro 22 - Contabilização do transporte de funcionários ao longo da cadeia de valor.	82
Quadro 23 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes ao transporte aéreo de funcionários para fins de negócios.	83
Quadro 24 - Empresas cujos dados foram utilizados como referência na análise dos resultados da contabilização das emissões da IQX.	89
Quadro 25 - Critérios de avaliação dos fatores de emissões de GEE do <i>GHG Protocol</i>	91
Quadro 26 - Dados de atividade das fontes estacionárias.	100
Quadro 27 - Emissões de GEE nas fontes estacionárias.	101
Quadro 28 - Dados de atividade das fontes móveis.	102
Quadro 29 - Emissões de GEE nas fontes móveis.	103
Quadro 30 - Carga, recarga e recuperação de dióxido de carbono (CO ₂) em extintores.	104
Quadro 31 - Consumo mensal de eletricidade.	105
Quadro 32 - Bens de consumo adquiridos e fatores de emissão respectivos.	106
Quadro 33 - Serviços adquiridos e fatores de emissão respectivos.	107
Quadro 34 - Bens de capital adquiridos e fatores de emissão respectivos.	110
Quadro 35 - Combustível e energia consumidos e fatores de emissão respectivos.	111
Quadro 36 - Dados de atividade do transporte hidroviário de bens de consumo adquiridos.	113
Quadro 37 - Emissões de GEE do serviço de transporte hidroviário de bens de consumo adquiridos.	114
Quadro 38 - Dados de atividade dos transportes rodoviários de bens de consumo adquiridos.	114
Quadro 39 - Emissões de GEE dos serviços de transporte rodoviário de bens de consumo adquiridos.	115
Quadro 40 - Dados de atividade dos serviços de transporte de cargas e pessoas na instalação industrial.	116
Quadro 41 - Emissões de GEE dos serviços de transporte de cargas e pessoas na instalação industrial.	117

Quadro 42 - Dados de atividade dos serviços de transporte de produtos vendidos.	118
Quadro 43 - Emissões de GEE dos serviços de transporte de produtos vendidos.	120
Quadro 44 - Dados de atividade do serviço de transporte hidroviário de produtos vendidos.	123
Quadro 45 - Emissões de GEE do serviço de transporte hidroviário de produtos vendidos.	123
Quadro 46 - Dados de atividade dos serviços de transporte de resíduos.	125
Quadro 47 - Emissões de GEE dos serviços de transporte de resíduos.	125
Quadro 48 - Dados de atividade do transporte aéreo de funcionários para fins de negócios.	126
Quadro 49 - Emissões de GEE do transporte aéreo de funcionários para fins de negócios..	129
Quadro 50 - Dados de atividade do deslocamento dos funcionários casa-trabalho-casa.....	134
Quadro 51 - Emissões de GEE do deslocamento dos funcionários casa-trabalho-casa.....	137
Quadro 52 - Resumo do inventário das emissões de GEE da IQX.....	140
Quadro 53 - Fontes emissoras da categoria <i>Bens e serviços adquiridos</i> da IQX.....	144
Quadro 54 - Fontes emissoras da categoria <i>Combustível e energia</i> da IQX.....	144
Quadro 55 – Emissões totais e indicador de intensidade da IQX e empresas de referência.	147
Quadro 56 - Classificação dos dados de emissão utilizados no inventário da IQX segundo o <i>GHG Protocol</i>	153
Quadro 57 - Uso de dados primários no cálculo das emissões de escopo 3 pelas empresas de referência.	155
Quadro 58 - Medidas de eficiência em sistemas de vapor.	157
Quadro 59 - Análise econômica das espessuras dos isolamentos térmicos.	164
Quadro 60 - Fluxo de caixa da ação de redução de GEE selecionada.	167

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
CDP	<i>Carbon Disclosure Project</i> (Projeto de Divulgação de Carbono)
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEFIC	<i>European Chemical Industry Council</i> (Conselho Europeu da Indústria Química)
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COP	<i>Conference of the Parties</i> (Conferência das Partes)
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
dwt	<i>Dead Weight Tonnage</i> (Tonelada de peso morto) – capacidade de carga de um navio graneleiro.
Equipe Focal	Equipe formada pelos setores da IQX: Meio Ambiente e Produção/ Integração da Manufatura.
ETA	Estação de tratamento de água.
Fer. Intersetorial	Ferramenta de estimativa de gases de efeito estufa para fontes emissoras intersetoriais
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GEE	Gases de efeito estufa
<i>GHG Protocol</i>	<i>Greenhouse Gas Protocol: A Corporate and a Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard.</i>
GJ	Gigajoule (unidade de energia)
GWP	<i>Global warming potential</i> (Potencial de aquecimento global)
HFCs	Hidrofluorcarbonos

ICCA	<i>International Council of Chemical Associations</i> (Conselho Internacional de Associações Químicas)
IEA	<i>International Energy Agency</i> (Agência Internacional de Energia)
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas)
IQX	Indústria Química X - estudo de caso.
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização internacional de normalização)
kWh	Quilowattthora (unidade de energia)
MWh	Megawattthora (unidade de energia)
N ₂ O	Óxido nitroso
NDC	<i>Nationally Determined Contribution</i> (Contribuição Nacionalmente Determinada)
NF ₃	Trifluoreto de nitrogênio
OECD	<i>Organisation for Economic Cooperation and Development</i> (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico)
OEF	<i>Organisation Environmental Footprint</i> (Pegada Ambiental Corporativa)
p.km	número de passageiros (p) x distância percorrida (quilômetros - km)
PBGHGP	Programa Brasileiro GHG Protocol.
PFCs	Perfluorcarbonos
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima.
RAC	Equipamentos de refrigeração e ar condicionado.
SF ₆	Hexafluoreto de enxofre
tCH ₄	Tonelada de metano
tCO ₂	Tonelada de dióxido de carbono
tCO _{2e}	Tonelada de dióxido de carbono equivalente
t.km	carga transportada (tonelada – t) x distância percorrida (quilômetros - km)
tN ₂ O	Tonelada de óxido nitroso
T&D	Atividades de transporte e distribuição de produtos ou serviços

TEU	<i>Twenty-foot equivalent unit</i> (unidade equivalente a vinte pés) – capacidade de carga de um navio porta-container.
TIR	Taxa interna de retorno
TJ	Terajoule (unidade de energia)
TMA	Taxa mínima de atratividade
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SEEG	Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa.
UF	Unidade funcional
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> (Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas)
UNGC	<i>United Nations Global Compact</i> (Pacto Global das Nações Unidas)
VPL	Valor presente líquido
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i> (Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável)
WMO	<i>World Meteorological Organization</i> (Organização Meteorológica Mundial)
WRI	<i>World Resources Institute</i> (Instituto dos Recursos Mundiais)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVO	27
2	REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1	ESTRATÉGIAS EMPRESARIAIS PARA GESTÃO DAS EMISSÕES DE GEE.....	29
2.1.1	Pegada de carbono.....	30
2.1.2	Inventário de GEE.....	31
2.1.2.1	Metodologias de contabilidade de carbono	37
2.2	ESTRATÉGIAS EMPRESARIAIS PARA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE.....	43
2.2.1	Eficiência energética e substituição de combustíveis.....	44
2.2.2	Inovação tecnológica e substituição de matérias-primas	48
2.2.3	Outras estratégias de redução de GEE	52
3	METODOLOGIA	54
3.1	ESTUDO DE CASO: INDÚSTRIA QUÍMICA X	55
3.2	CONTABILIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE.....	57
3.2.1	Limite organizacional.....	58
3.2.2	Limite operacional.....	58
3.2.3	Ano-base.....	59
3.2.4	Fontes emissoras e cálculo das emissões de GEE.....	59
3.2.4.1	Escopo 01.....	60
3.2.4.2	Escopo 02.....	68
3.2.4.3	Escopo 03.....	70

3.2.5	Relato das emissões de GEE.	87
3.3	ANÁLISE DA CONTABILIZAÇÃO DAS EMISSÕES E PROPOSTA DE AÇÕES DE REDUÇÃO DE GEE.	89
3.3.1	Análise dos resultados da contabilização das emissões.	89
3.3.2	Proposta das ações de redução de GEE.	91
3.4	ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL DA AÇÃO DE REDUÇÃO DE GEE SELECIONADA.	92
3.4.1	Estimativa da perda de energia no sistema de distribuição de vapor.	92
3.4.1.1	Estimativa da perda de energia por purgadores de vapor ineficientes.	94
3.4.1.2	Estimativa de perda de energia devido à degradação do isolamento térmico.	94
3.4.2	Estimativa do impacto ambiental da ação de redução de GEE selecionada.	96
3.5	ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA AÇÃO DE REDUÇÃO DE GEE SELECIONADA.	97
3.5.1	Fluxo de caixa	97
3.5.2	Indicadores de viabilidade econômica	98
3.5.2.1	Tempo de retorno.	98
3.5.2.2	Valor presente líquido (VPL).	99
3.5.2.3	Taxa interna de retorno (TIR).	99
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
4.1	CONTABILIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE	100
4.1.1	Escopo 01.	100
4.1.1.1	Categoria 01: combustão estacionária.	100
4.1.1.2	Categoria 02: combustão móvel.	102
4.1.1.3	Categoria 03: emissões fugitivas.	103
4.1.2	Escopo 02.	104
4.1.3	Escopo 03.	105
4.1.3.1	Categoria 01: bens e serviços adquiridos.	105

4.1.3.2	Categoria 02: bens de capital	109
4.1.3.3	Categoria 03: atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2.	111
4.1.3.4	Categoria 04: transporte e distribuição à montante.	112
4.1.3.5	Categoria 05: resíduos gerados nas operações.	124
4.1.3.6	Categoria 06: viagens a negócios.	126
4.1.3.7	Categoria 07: deslocamento de funcionários.	133
4.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA CONTABILIZAÇÃO DAS EMISSÕES E PROPOSTA DE AÇÕES DE REDUÇÃO DE GEE.....	141
4.2.1	Análise dos resultados da contabilização das emissões.	141
4.2.1.1	Limitações dos resultados da contabilização das emissões.	150
4.2.2	Proposta de ações de redução de GEE.....	156
4.3	ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL DA AÇÃO DE REDUÇÃO DE GEE SELECIONADA.	160
4.3.1	Estimativa da perda de energia no sistema de distribuição de vapor.....	161
4.3.1.1	Estimativa da perda de energia pelos purgadores de vapor	162
4.3.1.2	Estimativa de perda de energia devido à degradação do isolamento térmico.....	162
4.3.2	Estimativa do impacto ambiental da ação de redução de GEE selecionada.	164
4.4	ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA AÇÃO DE REDUÇÃO DE GEE SELECIONADA.	165
4.4.1	Fluxo de caixa	167
4.4.2	Indicadores de viabilidade econômica	168
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS	169
	REFERÊNCIAS	174
	APÊNDICE A – CÁLCULO DA ESPESSURA ECONÔMICA DO ISOLAMENTO TÉRMICO.....	186
	APÊNDICE B – FLUXO DE CAIXA DA AÇÃO DE REDUÇÃO DE GEE SELECIONADA	188

1 INTRODUÇÃO

O contexto atual do planeta Terra demanda das empresas uma postura mais responsável e comprometida com o meio ambiente. Ela é percebida por meio da maior exigência dos órgãos reguladores e fiscalizadores, organizações não governamentais, consumidores, além do próprio mercado. Essa situação global tem motivado mudanças nas empresas para atender a essas expectativas e se manterem competitivas no mercado.

Tudo começou com a criação da máquina a vapor na Inglaterra no século XVIII que deu início à Revolução Industrial. Com o advento deste equipamento foi possível produzir uma quantidade maior de produtos, a um custo menor, aumentando assim o lucro das empresas. O aumento da produtividade, no entanto, refletiu-se em maior consumo de matérias-primas e em maior geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Como a natureza e seus recursos eram tidos como abundantes, a questão ambiental não era considerada relevante na época.

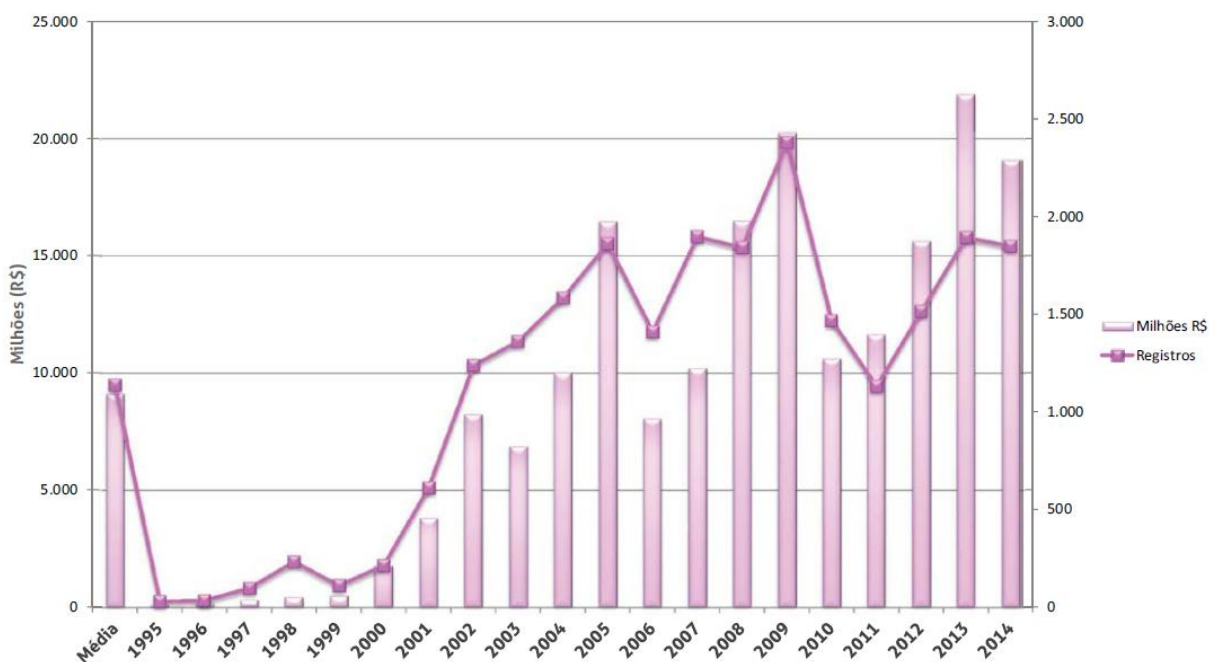
Contudo, conforme a terceira Lei de Isaac Newton, toda ação gera uma reação. Apesar de esta ser uma lei que trata do efeito físico de uma ação, ela pode facilmente ser aplicada em outros setores. Na produção industrial, por exemplo, observa-se que o desenvolvimento tecnológico, por meio dos processos produtivos, de um lado tem extraído recursos naturais do meio ambiente e, por outro lado, tem despejado resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Esse desgaste provocado na natureza a uma velocidade maior do que o tempo necessário para sua recomposição pode levar a sérias consequências para o planeta e para o modo de vida que estamos acostumados hoje. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC) afirma que existe 95% de probabilidade de atividades antrópicas estarem provocando o aquecimento global, por meio de emissões de gases de efeito estufa (GEE) (IPCC, 2013).

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (*World Meteorological Organization* – WMO), muitos eventos meteorológicos e climáticos extremos, registrados no período de 2011

a 2015, foram mais prováveis em decorrência de alterações climáticas antropogênicas (WMO, 2016). Trata-se do período de cinco anos mais quente registrado, onde destacaram-se alguns eventos de grande impacto: seca do Leste Africano em 2010-2012 que provocou cerca de 258 mil mortes; inundações no Sudeste Asiático em 2011, que mataram 800 pessoas e causaram mais de US\$40 bilhões em prejuízos econômicos; ondas de calor na Índia e no Paquistão em 2015, que custaram mais de 4.100 vidas; e o furacão Sandy em 2012, que causou US\$67 bilhões de prejuízo nos Estados Unidos (WMO, 2016). Alguns eventos extremos ocorridos no período estudado, assim como sua relação com as mudanças climáticas são apresentados na figura 1.

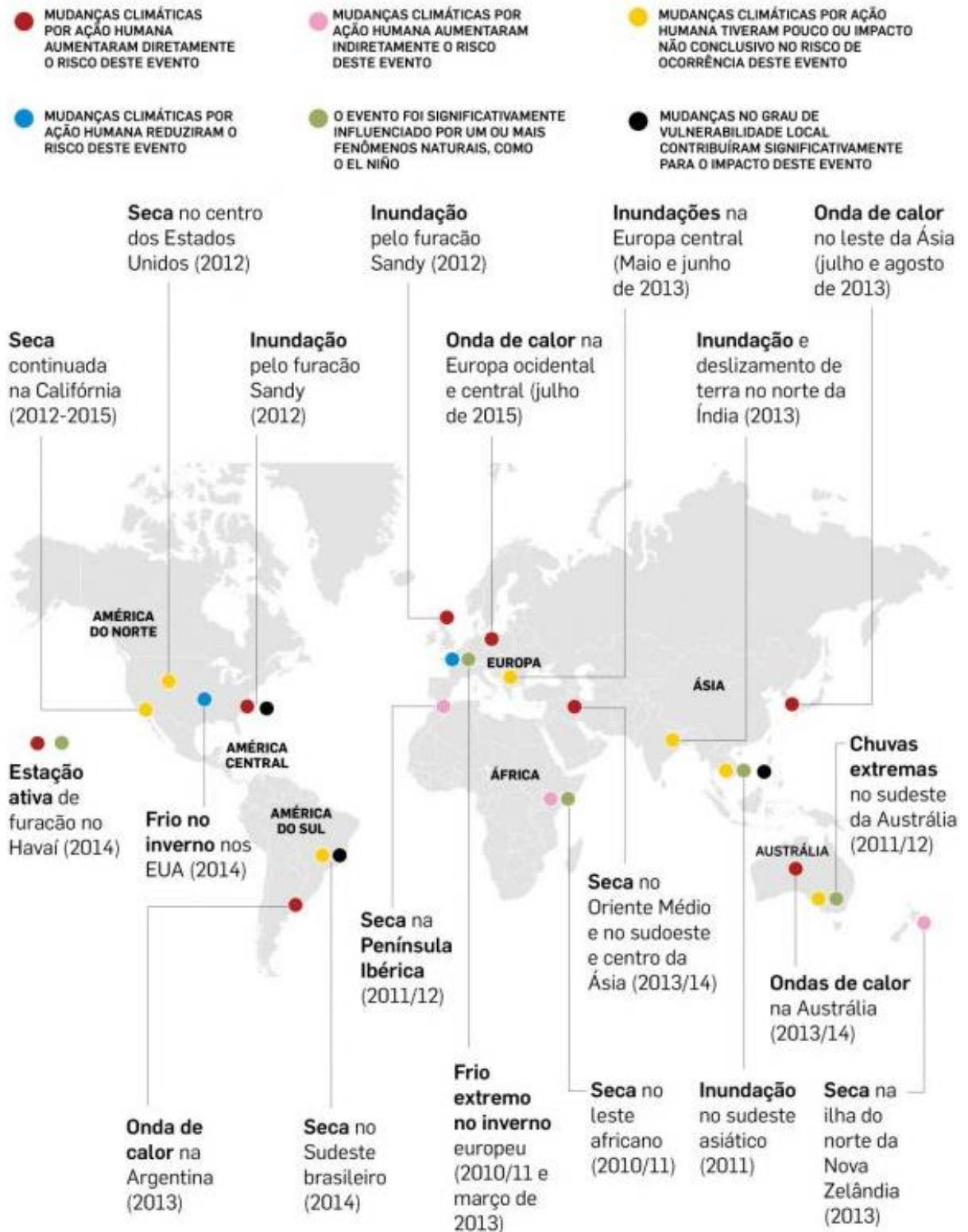
No Brasil, o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais apresenta diversos eventos que ocorreram nas últimas duas décadas nos municípios brasileiros, sendo aqueles de maior frequência: estiagens e secas, enxurradas, inundações e vendavais (UFSC/CEPED, 2012). Entre os anos de 1995 e 2014, os desastres naturais resultaram em perdas anuais superiores a R\$9 bilhões, o que indica que a recorrência destes eventos no Brasil resulta em uma soma de danos e prejuízos relevante (UFSC/CEPED, 2016). Na figura 2, observa-se uma tendência de crescimento na ocorrência destes eventos. No entanto, ressalva-se que a evolução das tecnologias para registros destes eventos também pode ter influenciado nesta tendência.

Figura 1 - Distribuição anual de registros de desastres naturais e prejuízos totais.



Fonte: UFSC/CEPED, 2016.

Figura 2 - Eventos extremos ocorridos no mundo entre os anos de 2011 e 2015.



Fonte: WMO, 2016 *apud* GIRARDI, 2016.

Segundo o IPCC (2014), se esforços adicionais não forem realizados para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, a expectativa é que o crescimento das emissões globais persista,

impulsionado pelo crescimento da população mundial e pela atividade econômica. Neste cenário, o aumento da temperatura média global para 2100 será de 3,7°C a 4,8°C acima da temperatura média do período pré-industrial (1850-1900). Ele afirma ainda que um aumento de temperatura maior ou igual a 4°C pode provocar impactos graves e generalizados em biomas ameaçados, extinção de muitas espécies, altos riscos para a segurança alimentar, e impactos ambientais irreversíveis.

Por outro lado, um aumento da temperatura global menor do que 2°C, apesar de apresentar alguns riscos, é considerado razoável pelo IPCC (2014). Ele é factível, por meio da redução de 40% a 70% de emissões antropogênicas de GEE até 2050, comparados à 2010, e aproximadamente 100% de redução até 2100 (IPCC, 2014). Apesar de demandarem grandes desafios tecnológicos, econômicos, sociais e institucionais, reduções substanciais podem ser realizadas por meio de: mudanças nos padrões de consumo e no estilo de vida, adoção de medidas de eficiência energética, maior uso de energia de baixo carbono, e aumento dos sumidouros de carbono (IPCC, 2014).

Isso é possível, uma vez que existe um esforço internacional para o enfrentamento das mudanças climáticas. Na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada em 1992, alguns países uniram-se em um tratado internacional para analisar o que poderiam fazer cooperativamente para limitar o aumento da temperatura média global e a mudança climática resultante (UNFCCC, 2017). Este tratado denominou-se **Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas** (*United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*). A fim de tomar decisões sobre ações e metas de combate às mudanças climáticas, os Estados-Partes da UNFCCC reúnem-se anualmente na **Conferência das Partes** (*Conference of the Parties - COP*).

Na 21ª COP (COP-21), países desenvolvidos e em desenvolvimento adotaram o **Acordo de Paris**, com a meta de limitar o aumento da temperatura global até abaixo de 2°C em relação aos níveis pré-industriais para este século. Ele entrou em vigor em novembro de 2016, após a ratificação de 74 países (59% das emissões globais de GEE), e hoje apresenta 178 ratificações (UNFCCC, 2018). A fim de atingir a meta estabelecida, os compromissos iniciais de redução de emissão assumidos pelos governos (*Nationally Determined Contributions - NDCs*) precisarão ser avaliados a cada cinco anos para a definição de metas nacionais mais ambiciosas (UNFCCC, 2015). Inicialmente, o Brasil se comprometeu a reduzir 37% de suas emissões até 2025, e 43% até 2030 em comparação a 2005 (BRASIL, 2015). A redução das emissões de

GEE urge, uma vez que as temperaturas globais já ultrapassaram a marca de 1°C acima da temperatura média da era pré-industrial (WMO, 2016).

Os países concordaram que devem realizar grandes reduções nas emissões até 2050, a fim de limitar o aumento da temperatura global para abaixo de 2°C na COP-21 (UNFCCC, 2015). No Brasil, a **Política Nacional sobre Mudança do Clima** (PNMC) visa reduzir as emissões antrópicas de gases de efeito estufa por meio de planos setoriais (BRASIL, 2009). O **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação** (Plano Indústria) estabelece a meta inicial de redução de emissões de GEE de 5% para 2020, referente ao valor projetado, e visa atendê-la através da ação conjunta dos setores público e privado, principalmente por meio da otimização no uso de energia e recursos naturais (BRASIL, 2013). Contudo, o *World Resources Institute* (WRI, 2017) afirma que a governança da PNMC não tem orientado a economia brasileira para a sua descarbonização, uma vez que o sistema de medição, relato e verificação de emissões, assim como o sistema de monitoramento das metas de redução das emissões ainda não foram implementados. Afirma-se ainda que os planos setoriais de mitigação e adaptação estão com seus processos de revisão atrasados, apresentando metas de redução das emissões defasadas com relação àquelas prometidas junto ao Acordo de Paris.

Dessa forma, apesar da importância do governo federal na mobilização nacional para redução das emissões, ele não é o único ator neste processo. Governos estaduais e municipais, sociedade civil e setor privado também são importantes na busca de soluções para redução das emissões, assim como realização de supervisão independente e de investimentos em tecnologia e infraestrutura de baixo carbono (WRI, 2017). Estimativas apontam que o setor privado pode contribuir com cerca de 60% da meta global de redução de emissões acordada em Paris (WAY CARBON, 2016). As soluções da indústria química podem permitir reduções significativas de emissões devido a sua abrangência, uma vez que o setor químico fornece produtos que são utilizados na fabricação de cerca de 95% de todos os produtos a nível mundial (CEFIC, 2017). Portanto, trata-se de um agente importante para o alcance das metas nacional e global de redução das emissões de GEE.

Segundo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD, 2013), a ação corporativa frente às mudanças climáticas oferece a oportunidade para as empresas aumentarem sua eficiência, desenvolverem novos produtos e encontrarem novas oportunidades de mercado. A nível global, entre 1990 e 2015, o setor químico apresentou estabilização nas suas emissões

de GEE, concomitantemente com o aumento de 85% da sua produção, o que evidencia a geração de oportunidades de negócio através da gestão corporativa de GEE (CEFIC, 2017). Logo, enfrentar as mudanças climáticas pode ser um bom negócio!

Segundo o **Pacto Global das Nações Unidas** (*United Nations Global Compact - UNGC*), a gestão de emissões de GEE por uma empresa possui algumas etapas (UNGC, 2010). Inicialmente, ela contabiliza e relata suas emissões regularmente ao longo dos anos. Em seguida, ela define objetivos de redução de GEE, a partir do qual mapeia e implementa projetos de redução de GEE, a fim de alcançar um progresso mensurável ao longo do tempo. Por fim, na medida em que persegue sua estratégia climática, ela inspira e lidera outras empresas a gerirem suas próprias emissões de GEE. Portanto, a contabilização das emissões de GEE por uma empresa é o primeiro passo para a gestão de suas emissões.

A contabilização das emissões de GEE pode considerar emissões diretas provenientes da atividade produtiva da empresa, assim como aquelas indiretas referentes às diversas atividades presentes em toda cadeia de valor do produto. Downie e Stubbs (2013), WRI e WBCSD (2011), e Huang, Weber e Matthews (2009) afirmam que as maiores oportunidades de redução de emissões de GEE encontram-se na cadeia de valor do produto. Portanto, a contabilização das emissões deve considerar toda a cadeia de valor do produto a fim de que estas informações possam subsidiar oportunidades potenciais de redução de GEE. O **Conselho Internacional de Associações Químicas** (*International Council of Chemical Associations – ICCA*) (2017a) enfatiza que ações conjuntas de todos os parceiros da cadeia de valor dos produtos químicos com redução mensuradas são imprescindíveis para o desenvolvimento do potencial do setor em evitar emissões de GEE. Estima-se que o uso dos produtos químicos gere o dobro da economia de GEE frente à redução das emissões em seus próprios processos produtivos (ICCA, 2012).

No Brasil, as emissões de GEE do setor industrial totalizaram cerca de 187 mil tCO_{2e} em 2016, apresentando um aumento de 20% com relação às emissões de 2005, sendo elas provenientes de processos físico-químicos (51%), queima de combustíveis (38%) e tratamento de efluentes líquidos (11%) (SEEG; OC, 2017). Deste valor, a indústria química representou 10%, cujo 80% das emissões foi proveniente da queima de combustíveis (SEEG/OC, 2017). A **Associação Brasileira da Indústria Química** (ABIQUIM) afirma que o tema é relevante para o setor, e recomenda a contabilização e relato dos GEE a fim de que as empresas possam gerenciar suas emissões (ABIQUIM, 2014). Além da possibilidade de oportunidades de negócio, o **Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável** (*World Business Council For*

Sustainable Development – WBCSD) (WBCSD, 2013) afirma que a gestão das emissões pelo setor químico é importante, pois os custos de energia estão cada dia maiores, assim como as demandas das partes interessadas referente aos impactos ambientais corporativos.

Diante deste contexto, o presente estudo busca responder à seguinte questão: como contabilizar as emissões de GEE, considerando a cadeia de valor de uma empresa brasileira e identificando ações de mitigação viáveis, a fim de que o setor industrial possa contribuir para o cumprimento da meta nacional de redução de emissões?

Para responder essa questão foi feito um estudo de caso em uma planta industrial de uma empresa química localizada na Bahia, denominada neste trabalho de **Indústria Química X (IQX)**.

1.1 OBJETIVO

Este estudo possui como objetivo geral contabilizar e analisar as emissões de GEE da cadeia de valor de uma empresa química localizada na Bahia, a fim de identificar pelo menos uma ação de redução de GEE que apresentasse viabilidade técnica, ambiental e econômica, por meio do cumprimento dos objetivos específicos:

- a) contabilizar as emissões de GEE da cadeia de valor da empresa química localizada na Bahia;
- b) analisar os resultados da contabilização das emissões e propor ações de redução de GEE;
- c) verificar a viabilidade ambiental da ação de redução de GEE selecionada;
- d) verificar a viabilidade econômica da ação de redução de GEE selecionada.

O presente estudo possui a seguinte estrutura. Ele apresenta na seção dois: referencial teórico sobre estratégias empresariais para a gestão e redução das emissões de GEE. Em seguida na seção três, apresenta o estudo de caso, a metodologia utilizada na: contabilização das emissões de GEE, análise de seus resultados e proposta de ações de redução; assim como os métodos utilizados para a verificação da viabilidade ambiental e econômica da ação de redução selecionada. Os resultados são apresentados e discutidos na seção quatro, onde é apresentado o

perfil das emissões fruto da contabilização realizada, sua análise incluindo limitações, levantamento e análise de ações de redução de GEE quanto à sua viabilidade técnica, e verificação e discussão das viabilidades ambiental e econômica da ação de redução de GEE selecionada. Finalmente, na seção cinco, na conclusão do estudo são apresentadas recomendações para a gestão de emissões de GEE na cadeia de valor da empresa química de forma que o setor possa contribuir para o cumprimento da meta nacional de redução de emissões de carbono.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ESTRATÉGIAS EMPRESARIAIS PARA GESTÃO DAS EMISSÕES DE GEE

Segundo a Way Carbon (2017), uma estratégia de gestão das emissões de GEE costuma incluir atividades para: monitorar e reduzir emissões de GEE; avaliar e gerenciar riscos climáticos; desenhar estratégias para explorar oportunidades de negócio; e comunicar resultados de maneira transparente. Dessa forma, a fim de que uma empresa possa monitorar as suas emissões de GEE e ter uma gestão eficaz com relação às mudanças climáticas, é imprescindível saber como ela se relaciona com este tema, e o primeiro passo nesse sentido é conhecer o seu perfil de emissões de gases de efeito estufa. Por meio da identificação das fontes emissoras e a quantificação de suas respectivas emissões de GEE, é possível traçar estratégias de monitoramento e metas de redução. Ao longo do tempo, a tendência é que a organização se apodere cada vez mais de suas possibilidades perante o tema, por meio de uma estrutura de monitoramento mais precisa e de metas de redução mais ambiciosas, agregando valor aos seus negócios e, conseqüentemente, aumentando seus lucros a longo prazo.

O perfil de emissões de uma empresa/produto/serviço costuma ser específico, de acordo com seu processo produtivo, contudo, algumas fontes de GEE são comuns. A Way Carbon (2016) cita algumas semelhanças a seguir. O dióxido de carbono (CO_2) é geralmente emitido em processos de combustão, como ocorre em motores e caldeiras. O metano (CH_4) é proveniente principalmente de processos biológicos, como o tratamento de efluentes líquidos, assim como durante a queima de combustíveis fósseis, em menor volume. Já o óxido nitroso (N_2O) pode ser emitido na produção de ácido adípico, e em processos biológicos de nitrificação/denitrificação. As emissões de GEE provenientes da atividade industrial podem ser conhecidas por meio da aplicação de uma das abordagens de contabilização: pegada de carbono ou inventário corporativo.

2.1.1 Pegada de carbono

Atualmente, a pegada de carbono é um dos indicadores de desempenho ambiental mais utilizado no mundo (NAVARRO; PUIG; FULLANA-I-PALMER, 2017). Ela é a quantificação das emissões de GEE, que estão direta ou indiretamente associadas a uma atividade produtiva, acumuladas ao longo das etapas do ciclo de vida de insumos, produtos, tecnologias e organizações (ANDRADE, 2010; ESTRELA, 2011). Ela costuma ser aferida em termos de dióxido de carbono equivalente (CO_2e), permitindo a avaliação da contribuição destes atores para a mudança climática (ANDRADE, 2010). Trata-se de uma unidade universal indicadora do potencial de aquecimento global (*Global Warming Potential* - GWP) de cada GEE, expresso em termos do GWP de dióxido de carbono, a fim de possibilitar a soma dos resultados das emissões dos diversos GEE em um resultado único (WRI; WBCSD, 2004). Os gases de efeito estufa geralmente considerados são: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6), trifluoreto de nitrogênio (NF_3), hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs).

A pegada de carbono costuma ser o resultado de uma **Avaliação do Ciclo de Vida** (ACV) restrita à categoria de impacto das **mudanças climáticas** (NAVARRO; PUIG; FULLANA-I-PALMER, 2017; SANTOS, 2015). Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2001), ACV é uma metodologia utilizada para avaliar os aspectos ambientais associados a um produto ao longo do seu ciclo de vida. O impacto das emissões de GEE é um dos aspectos ambientais que pode ser avaliado por meio da ACV nas etapas do ciclo de vida de um produto: extração das matérias-primas, produção, distribuição, consumo e disposição final; além da reciclagem e reuso quando se aplicarem (IBCT, 2017; NAGAL, 2010). A ACV avalia os aspectos ambientais, considerando a interdependência entre todas as etapas do ciclo de vida, e estimando os impactos ambientais cumulativos resultantes delas (USEPA, 2006). Contudo, ela considera apenas os impactos referentes às atividades produtivas de cada etapa (MARTINEZ-BLANCO, INABA e FINKBEINER, 2015). Por fim, a ACV fornece uma visão abrangente do impacto ambiental de um produto, sem discriminar as emissões de GEE que são provenientes direta e indiretamente da empresa cujo produto é avaliado (NAGAL, 2010).

O termo **pegada de carbono** também pode se referir a um inventário corporativo, que é uma representação do impacto de uma organização sobre a mudança climática ao longo de um determinado tempo, em termos de GEE emitidos direta ou indiretamente pela mesma (TCR,

2016). Nele, as emissões provenientes tanto das atividades produtivas quanto das atividades administrativas da organização inventariante, além daquelas originárias nas empresas presentes na sua cadeia de valor são quantificadas e apresentadas de forma desagregada em escopos. Segundo Nagal (2010), a contabilização via escopos é importante, pois ela evita a inclusão múltipla de mesmas fontes emissoras em inventários mais abrangentes: municipais, estaduais e nacionais. Além disso, Navarro, Puig e Fullana-I-Palmer (2017) afirmam que a partir de inventários corporativos é possível estimar a pegada de carbono do produto da empresa inventariante com precisão.

Dessa forma, a realização de um inventário corporativo mostra-se mais vantajosa perante à elaboração de uma ACV, devido à:

- a) abrangência de todas atividades corporativas (produtivas e administrativas) na avaliação do seu impacto ambiental referente às mudanças climáticas.
- b) apresentação desagregada do resultado em emissões diretas e indiretas de GEE, evitando a dupla contabilização das emissões em inventários mais abrangentes;
- c) possibilidade da estimativa da pegada de carbono do produto, um dos indicadores por meio do qual uma empresa pode monitorar seu impacto nas mudanças climáticas, além de comparar seu desempenho com o *benchmarking* do setor ao longo dos anos.

2.1.2 Inventário de GEE

A Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2009) define o inventário de emissões como um raio-X de uma empresa, setor econômico, cidade, estado ou país para se determinar fontes de gases de efeito estufa em suas atividades, e quantificar as emissões de GEE lançadas na atmosfera de forma organizada, com base em padrões e protocolos. Na NDC junto ao **Acordo de Paris**, o Brasil (2015) se comprometeu em adotar o inventário como abordagem metodológica para estimar e contabilizar suas emissões antrópicas de GEE. Segundo Pachón (2014), inventários nacionais de gases de efeito estufa auxiliam governos a elaborar políticas públicas para a redução de emissões, contudo a incerteza de grande escala foi um dos fatores que colaborou para o aparecimento de inventários corporativos. A FGV (2009) orienta que a elaboração deste inventário seja um processo contínuo, a fim de permitir o acompanhamento da evolução dos

esforços de redução das emissões ao longo dos anos pelas organizações.

Metodologias reconhecidas adotam a estrutura por escopos para organização das emissões em inventários corporativos (WRI; WBCSD, 2004; ISO, 2015a). Os GEE quantificados em um inventário são normalmente organizados em três escopos. O escopo 01 refere-se às emissões diretas provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização inventariante. O escopo 02 contém os GEE emitidos pelas empresas responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica/térmica consumida pela empresa inventariante. Por fim, o escopo 03 engloba todas as demais emissões indiretas oriundas de fontes que não pertencem ou que não são controladas pela organização inventariante, ou seja, emissões referentes à sua cadeia de valor. Contudo, a quantificação das emissões de GEE de uma empresa inventariante não costuma ser fruto de medições, mas da solução de algoritmos.

A emissão calculada é produto, em sua maioria, de um algoritmo simples que envolve dois parâmetros: **dado de atividade** e **fator de emissão**. O **dado de atividade** é uma medida quantitativa de uma atividade geradora de emissões de GEE, como por exemplo, litros de combustível consumido (WRI; WBCSD, 2011). O **fator de emissão** considera as emissões provenientes da produção de uma unidade funcional do produto/serviço foco da atividade de interesse, como por exemplo, um quilo de CO₂ emitido por litro de combustível consumido. Ambos parâmetros, por sua vez, podem ter diferentes níveis de qualidade a depender de sua referência.

Dados de atividade e **fatores de emissão** podem ser provenientes de dados primários ou dados secundários. Dados primários são aqueles referentes a atividades específicas da organização inventariante ou da sua cadeia de valor, que podem ser obtidos através de: leituras de medidores, registros de compras, contas de prestadoras de serviços, monitoramento direto, balanço de massa, estequiometria, dentre outros (WRI; WBCSD, 2011). Dados secundários são aqueles que não se referem a atividades específicas da organização inventariante ou da sua cadeia de valor, e que podem incluir: dados médios da indústria (ex.: de bancos de dados, estatísticas governamentais, literatura científica e associações industriais), dados financeiros, e outros dados genéricos (WRI; WBCSD, 2011). Em geral, as empresas utilizam dados secundários para atividades não prioritárias, ou para aquelas cujos dados primários estão indisponíveis (WRI; WBCSD, 2011). Diante disso, Nagal (2010) constata que os inventários apresentam, na verdade, uma estimativa das emissões de GEE, uma vez que diversos pressupostos devem ser assumidos para possibilitar a realização dos cálculos, tais como: escolha e uso de fatores de

emissão, abrangência geográfica dos fatores, coleta e manipulação de dados, e ponderações na carência deles.

Contudo, a representação fiel das emissões de GEE de uma empresa por meio de seus esforços técnicos e contábeis é imprescindível para a credibilidade de seu inventário corporativo, que pode ser garantido por meio do atendimento aos princípios de qualidade (WRI; WBCSD, 2004):

- a) relevância: o inventário de GEE deve refletir as emissões da empresa e atender às necessidades dos tomadores de decisão;
- b) integralidade: todas as fontes de emissão de GEE devem ser registradas e comunicadas, dentro do limite estabelecido;
- c) consistência: as metodologias utilizadas devem ser consistentes e permitir comparações ao longo do tempo;
- d) transparência: as metodologias, ferramentas de cálculo, fontes de dados e suposições relevantes devem ser informadas e documentadas, permitindo a rastreabilidade das informações.
- e) exatidão: a quantificação de emissões de GEE deve possuir o mínimo de incerteza e assegurar aos tomadores de decisão a integridade da informação comunicada.

Segundo Chan (2006), um inventário de emissões bem elaborado é uma ferramenta poderosa, de usos múltiplos, utilizado por órgãos reguladores, formuladores de política, grupos da sociedade civil e outras partes interessadas na arena ambiental. O quadro 1 apresenta os diversos objetivos que as empresas podem alcançar a partir da elaboração do inventário de emissões.

Nota-se que os objetivos associados ao aumento da credibilidade de uma empresa e conseqüentemente uma boa imagem corporativa, só é possível se houver a publicação do seu inventário. A FGV (2009) afirma que a prestação de contas às partes interessadas é importante, pois garante a transparência dos dados, um dos princípios de qualidade citados. Segundo a *Way Carbon* (2016), diversas empresas incluem o aumento de reputação e lealdade à marca, assim como a construção de relacionamentos com fornecedores, clientes e investidores dentre os benefícios da realização de um inventário.

Quadro 1 - Objetivos das empresas ao elaborar o inventário de GEE.

Autor(es)	Objetivos
SUNDIN e RANGA-NATHAN (2002) TCR (2016) WAY CARBON (2016) WRI e WBCSD (2004)	Gestão dos riscos de GEE e identificação de oportunidades de redução <ul style="list-style-type: none"> • Identificar riscos associados às limitações de GEE no futuro; • Identificar oportunidades de redução de GEE menos custosa; • Estabelecer metas de redução de GEE, medindo e comunicando os progressos; • Desenvolvimento de processos e produtos inovadores; • <i>Benchmarking</i> interno/ externo.
TCR (2016) WAY CARBON (2016) WRI e WBCSD (2004)	Relatórios públicos e participação em programas voluntários de GEE <ul style="list-style-type: none"> • Elaborar relatórios voluntários de emissões de GEE de grupos de interesse e medir o progresso em relação às metas de redução de emissões de GEE (ex. <i>Global Reporting Initiative – GRI</i>); • Participar de programas de registro de GEE de ONG's (ex. <i>Climate Neutral Network, WWF</i>); • Participar de programas de registro de GEE de governos (ex. <i>Canadian Voluntary Challenge Registry, Australian GHG Office</i>); • Obter selos ambientais e certificação de GEE;
SUNDIN e RANGANATHAN (2002) WRI e WBCSD (2004)	Participar em programas de relatórios obrigatórios governamentais a nível nacional, regional e local. <ul style="list-style-type: none"> • Diretrizes (ex. <i>European Integrated Pollution Prevention and Control Regulation, European Pollutant Emissions Register</i>); • Exigências nacionais ou locais de relatórios de emissão (ex. <i>Canadian National Pollutant Release Inventory</i>).
WRI e WBCSD (2004)	Participar em mercados de GEE <ul style="list-style-type: none"> • Apoio a programas comerciais internos de GEE; • Participação em programas de comercialização de troca de permissões; • Cálculo de taxas de GEE/ carbono;
WRI e WBCSD (2004)	Ser reconhecido pela ação voluntária pioneira <ul style="list-style-type: none"> • Providenciar informações para caracterizar procedimentos de referência e/ ou crédito por ações pioneiras.

Fonte: Elaboração própria.

A gestão de GEE via elaboração de inventários é uma prática comum, conforme pode ser evidenciada pelos trabalhos científicos apresentados no quadro 2. Neles, são representados alguns setores da sociedade que traçaram seu perfil de emissões, a partir do qual propuseram medidas de redução de GEE, como: Leripio et al (2012) que propuseram ações de redução de até 49% das emissões, Vásquez et al (2015), com ações de até 20% de redução, e Wang, Zhu e Geng (2013), com ações de reduções mínimas de 15%. Dentre as organizações que contabilizaram suas emissões de escopo 03, as universidades foram as únicas cujas emissões deste escopo representaram mais da metade das emissões totais.

Quadro 2 - Gestão de GEE por meio de inventário corporativo.

Trabalho técnico/ científico	Tipo de empresa/ instituição	Método(s)	Resultados por escopo		
			01	02	03
Alvarez e Rubio (2015)	Setor de serviços	<i>GHG Protocol</i> e ISO 14064-1	62%	27%	11%
Guereca, Torres e Noyola (2013)	Universidade	<i>GHG Protocol</i>	5%	42%	53%
Gupta e Singh (2012)	Estação de tratamento de esgoto	<i>GHG Protocol</i>	7%	93%	-
Inakollu, Morin e Keefe (2017)	Indústria de produtos de fibra óptica	<i>GHG Protocol</i>	7%	91%	2%
Klein-Banai, Theis e Banai (2010)	Universidade	<i>GHG Protocol</i>	65%	17%	18%
Lai (2014)	Setor hoteleiro	<i>GHG Protocol</i> e ISO 14064-1	4%	90%	6%
Lee (2011)	Indústria automotiva	<i>GHG Protocol</i>	21%	79%	-
Ozawa-Meida et al (2013)	Universidade	<i>GHG Protocol</i>	6%	15%	79%
Santos et al (2015)	Empresa de saneamento básico	<i>GHG Protocol</i>	90%	9,4%	0,6%
Thurston e Eckelman (2011)	Universidade	<i>GHG Protocol</i>	19%	5%	76%
Vásquez et al (2015)	Universidade	<i>GHG Protocol</i>	16%	16%	68%
Wang, Zhu e Geng (2013)	Indústria química	<i>GHG Protocol</i>	90%	10%	-
Wu, Mao e Zeng (2015)	Sistema de abastecimento de água	<i>GHG Protocol</i>	0%	96%	4%

Fonte: Elaboração própria.

Contudo, nota-se que apenas um trabalho científico do setor químico foi apresentado, pois a maioria deles adotou a ACV para contabilização das emissões de GEE, cujo resultado é a pegada de carbono que apresenta as emissões diretas e indiretas de forma agregada, e não separadas por escopo. Diante desta limitação, complementou-se este levantamento com informações de algumas indústrias químicas, coletadas por meio do *Questionário sobre Mudanças Climáticas do Carbon Disclosure Project (CDP)*, cujas respostas das empresas são publicadas no seu portal eletrônico. O CDP é uma organização sem fins lucrativos que opera um sistema de coleta e divulgação de dados sobre as emissões de gases de efeito estufa, dentre outros temas, de mais de duas mil empresas (CDP, 2017a). Em 2017, ele realizou um estudo sobre as empresas químicas que estão mais preparadas para atuar em uma economia de baixo carbono, a partir do qual selecionou-se as dez melhores empresas, cujos inventários são apresentados no quadro 3 (CDP, 2017b, 2017c). Nele, observa-se que as emissões de escopo 03 representam mais da metade das emissões totais em 60% das empresas. Contudo, esta proporção pode ser maior, uma vez que 40% delas ainda não contabilizaram todas as emissões provenientes de sua cadeia de valor (empresas sem destaque no quadro 3).

Quadro 3 - Gestão de GEE por meio de inventário corporativo no setor químico.

Indústria Química	Segmento ¹	Método(s)	Resultados por escopo		
			01	02	03
Akzo Nobel	Produtos específicos	<i>GHG Protocol</i>	6%	18%	76%
Basf	Produtos diversos	<i>GHG Protocol</i>	11%	5%	83%
Braskem	Petroquímica	<i>GHG Protocol</i>	33%	3%	64%
DuPont	Produtos diversos	<i>GHG Protocol</i>	34%	49%	17%
Evonik	Produtos específicos	<i>GHG Protocol</i>	17%	22%	61%
Koninklijke DSM	Produtos específicos	<i>GHG Protocol</i>	4%	4%	91%
Johnson Matthey	Produtos específicos	<i>GHG Protocol</i>	1%	2%	98%
LG Chem	Petroquímica	Outro ²	51%	38%	11%
PPG	Produtos específicos	<i>GHG Protocol</i>	49%	51%	-
Sumitomo Chemical	Produtos diversos	Outro ³	42%	22%	36%

Fonte: Elaboração própria com base em CDP (2017c).

1: Segundo documento do CDP (2017b), intitulado *Catalyst for change: which chemical companies are prepared for the low carbon transition?*

2: *Korea GHG and Energy Target Management System Operating Guidelines*.

3: *Japan Ministry of Environment, Act on the Rational Use of Energy; Japan Ministry of the Environment, Law Concerning the Promotion of the Measures to Cope with Global Warming, Superseded by Revision of the Act on Promotion of Global Warming Countermeasures (2005 Amendment)*.

No Brasil, apesar da elaboração do inventário ser majoritariamente voluntária, é uma boa prática sua realização, de forma que a atividade produtiva seja compatível com regulações futuras, uma vez que alguns estados brasileiros despontam com essa exigência regulatória. Nos estados de Rio de Janeiro e São Paulo, a apresentação de inventários de GEE consta como requisito para processos de licenciamento ambiental, cujo foco principal é o setor industrial (INEA, 2012; CETESB, 2012). O estado de Minas Gerais, por sua vez, incentiva a gestão dos GEE pelas empresas, beneficiando aquelas que comprovarem a redução de emissões ao longo dos anos, com a extensão do prazo de licenças operacionais (MINAS GERAIS, 2014). Santos (2015) afirma que, considerando as metas nacionais para redução de GEE e marcos regulatórios estaduais, há uma tendência dos demais órgãos ambientais brasileiros exigirem a apresentação de inventários de GEE como requisito para o licenciamento ambiental.

2.1.2.1 Metodologias de contabilidade de carbono

A partir de uma revisão bibliográfica, Stechemesser e Guenther (2012, p.17) definem a contabilidade corporativa de carbono como, o “conhecimento voluntário ou obrigatório de emissões de GEE diretas e indiretas, sua avaliação em termos físicos e monetários, sua auditoria, assim como elaboração de relatórios para fins internos e externos”. Segundo Schaltegger e Csutora (2012), a contabilidade de carbono tem um papel cada vez maior nas organizações, pois ela oferece subsídios para a tomada de decisão na gestão de carbono, ao: atender às atuais e futuras regulações, mapear as oportunidades de redução de emissões, gerir os riscos climáticos, participar de mercados de carbono, aumentar a competitividade, além de evidenciar seu engajamento na busca pela solução deste desafio global.

Nesse contexto, métodos robustos para calcular, relatar e rastrear emissões são essenciais para uma gestão efetiva das emissões de GEE, uma vez que metodologias consistentes fornecem credibilidade nas estimativas e proporcionam agregação e comparação entre processos/ unidades/ empresas (RITTER et al 2004 citado por CHAN, 2006). Brander (2015) cita a existência de cinco métodos de contabilidade de carbono para o âmbito organizacional, cujas principais características são:

- a) *Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard* (WRI; WBCSD, 2004): fornece diretrizes para elaboração de inventário de GEE de uma empresa;
- b) *Greenhouse Gas Protocol: Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard* (WRI; WBCSD, 2011): complementa o *Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard*, a fim de ajudar às organizações a compreender o impacto das emissões de sua cadeia de valor;
- c) ISO 14064-1:2006 (ABNT, 2007): especifica os princípios e requisitos quanto à concepção, desenvolvimento, gestão e reporte de inventários de GEE a nível organizacional;
- d) ISO 14069:2013 (ABNT, 2015): complementa a norma ISO 14064-1:2006, descrevendo os princípios, conceitos e métodos relativos à quantificação e comunicação das emissões diretas e indiretas de GEE de uma organização;

- e) *Organisation Environmental Footprint (OEF)* (EUROPEAN COMMISSION, 2013): modela e quantifica os impactos ambientais físicos dos fluxos de materiais/ energia e das suas emissões resultantes, bem como dos fluxos de resíduos associados às atividades da organização, numa perspectiva de ciclo de vida.

Segundo SGS (2011), a norma ISO 14064:2006 e o *Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)* foram lançados como solução para a falta de clareza e consistência em uma variedade de abordagens elaboradas por governos e organizações para prestar contas a respeito das emissões de GEE. O *GHG Protocol*, contudo, foi a primeira metodologia aceita globalmente para a contabilidade de carbono e é documento-base em programas e iniciativas internacionais: *Carbon Disclosure Project (CDP)*, *Global Reporting Initiative (GRI)*, *The Climate Registry*, e *World Wide Fund for Nature (WWF)*, além das próprias metodologias ISO 14064-1, ISO 14069 e OEF (EUROPEAN COMMISSION, 2010; SCHALTEGGER e CSUTORA, 2012). O *GHG Protocol* atualmente é a metodologia mais utilizada por empresas e instituições em todo o mundo para entender, quantificar e gerenciar suas emissões de GEE (EUROPEAN COMMISSION, 2010; SANTOS et al, 2015; WIEDMANN e BARRETT, 2011). Trata-se de uma metodologia que detalha seus requisitos e orientações, e disponibiliza ferramentas de cálculo intersetoriais e setoriais, facilitando a elaboração do inventário de GEE pelas empresas.

As normas ISO 14064-1:2006/ ISO 14069:2013 apresentam grande semelhança com o *GHG Protocol*, com algumas diferenças relevantes. Ambas metodologias apresentam critérios para a delimitação da abrangência do inventário, por meio de parâmetros similares para a definição dos limites organizacional e operacional. Contudo, apesar das normas ISO apresentarem instruções detalhadas para a elaboração do inventário de GEE, descrevendo as fontes emissoras que devem ser consideradas em cada categoria; os métodos de cálculo e os fatores de emissão não são claramente definidos. Elas orientam sobre os métodos de cálculo existentes, e relacionam bancos de dados de fatores reconhecidos; contudo, fica a critério da organização inventariante definir qual deles utilizar em cada categoria. O *GHG Protocol*, por sua vez, sistematiza a contabilização das emissões, por meio de ferramentas de cálculo que apresentam métodos e fatores de emissão pré-definidos para cada categoria. Dessa forma, esclarece-se sobre os dados de atividade necessários, assim como assegura-se a procedência, tratamento e atualização dos fatores de emissão utilizados, garantindo a qualidade dos resultados obtidos. Por fim, a verificação por terceiros é obrigatória pelas normas ISO, o que pode demandar um custo adicional para a empresa inventariante.

Metodologia mais recente de âmbito global, a OEF buscou as melhores práticas das metodologias existentes e evoluiu em outros pontos. Além da contribuição às mudanças climáticas, ela considera também outros critérios de desempenho ambiental o que, segundo Pelletier et al (2014), evita o deslocamento de impactos ambientais não intencional das soluções implementadas. Ela permite a comparabilidade entre empresas do mesmo setor devido à restrição dos limites organizacionais e operacionais. A exigência da abordagem de todas as emissões indiretas, e a verificação de terceira parte, contudo, pode onerar o inventário em tempo, recursos humanos e financeiro para as empresas. No entanto, esta metodologia ainda se encontra em construção, uma vez que estão sendo desenvolvidas regras setoriais com o objetivo de torná-la mais fácil e menos onerosa para as empresas, por meio do fornecimento de ferramentas de cálculo e procedimentos mais simplificados (PELLETIER et al, 2014).

Dessa forma, no futuro, a OEF pode ser a melhor metodologia para elaborar o inventário de GEE das empresas, principalmente devido ao estabelecimento das condições necessárias para a comparabilidade entre empresas do mesmo setor. Contudo, atualmente, o *GHG Protocol* é a metodologia que possui a melhor relação custo/ benefício para as empresas, uma vez que disponibiliza de forma gratuita documentos com instruções detalhadas, ferramentas de cálculo e canais de comunicação, além de ser aceita em diversos programas e iniciativas de interesse das organizações em todo o mundo.

2.1.2.1.1 *Greenhouse Gas Protocol*

A credibilidade do *Greenhouse Gas Protocol* origina-se no processo de desenvolvimento que se baseou nos princípios de inclusão e transparência entre mais de 350 participantes de diversos setores da sociedade (SUNDIN; RANGANATHAN, 2002). Ele é fruto de uma parceria entre empresas, Organizações Não Governamentais (ONGs), governos, e outras entidades, reunidas pelo **Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável** (*World Business Council for Sustainable Development* - WBCSD) e pelo **Instituto dos Recursos Mundiais** (*World Resources Institute* - WRI) (WRI; WBCSD, 2004).

O *GHG Protocol* usa uma estrutura flexível baseada no processo de contabilização *bottom-up*, ou seja, as emissões são calculadas no nível das fontes emissoras de GEE e podem ser agregadas ou desagregadas por instalação, unidade de negócio etc. (SUNDIN; RANGANATHAN, 2002

citado por CHAN, 2006). Em 2008, o *Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard* foi adaptado ao contexto nacional pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas e WRI, denominando-se **Programa Brasileiro GHG Protocol** (PBGHGP). Segundo as especificações do PBGHGP, a metodologia para contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos é constituída por cinco etapas, descritas a seguir (FGV; WRI, 2008).

2.1.2.1.1.1 Etapa 01: Definição dos limites organizacionais.

Segundo o *GHG Protocol*, a empresa deve escolher entre os limites organizacionais: controle financeiro, controle operacional e participação societária, que representam abordagens distintas na consolidação das emissões de GEE. Nas abordagens de controle financeiro ou controle operacional, a empresa deve incluir no inventário 100% das emissões de fontes que estejam sob seu controle. Já na abordagem de participação societária, a empresa deve incluir todas as fontes que ela seja proprietária parcial ou integralmente. Esta distinção é importante para evitar tanto a duplicidade na contagem de emissões, quanto a falta de registro de alguma emissão no inventário, ao se consolidar as emissões das unidades empresariais de uma mesma organização, assim como na comparação entre inventários de empresas parceiras.

2.1.2.1.1.2 Etapa 02: Definição dos limites operacionais

Etapa que envolve a identificação das emissões diretas e indiretas associadas às operações da empresa, por meio da definição dos escopos e suas respectivas categorias de emissão que serão considerados no inventário. O *GHG Protocol* considera três escopos, cujas categorias são apresentadas no quadro 4. A contabilização de emissões de GEE dos escopos 1 e 2 é obrigatória, e opcional para o escopo 3.

Quadro 4 - Escopos e categorias de emissão de GEE do *GHG Protocol*

Escopo	Categoria de emissão	
	Nº	Nome
1	1	Combustão estacionária
	2	Combustão móvel
	3	Emissões fugitivas
	4	Emissões de processos industriais
	5	Emissões agrícolas e de mudança no uso do solo
	6	Resíduos sólidos e efluentes líquidos
2	-	Energia adquirida
3	1	Bens e serviços adquiridos
	2	Bens de capital adquiridos
	3	Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2
	4	Transporte e distribuição à montante
	5	Resíduos gerados nas operações
	6	Viagens a negócios
	7	Deslocamento de funcionários
	8	Bens arrendados à montante
	9	Transporte e distribuição à jusante
	10	Processamento de produtos vendidos
	11	Uso de bens e serviços vendidos
	12	Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos
	13	Bens arrendados à jusante
	14	Franquias
	15	Investimentos

Fonte: Adaptado do *GHG Protocol* (WRI; WBCSD, 2004; 2011).

Como o escopo 3 é muito abrangente, o WRI e o WBCSD elaboraram o guia complementar *GHG Protocol: Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard*. O estabelecimento de limites operacionais abrangentes possibilita uma gestão efetiva de GEE, por meio de: identificação e compreensão dos riscos e oportunidades associados às emissões da cadeia de valor, identificação de oportunidades de redução de GEE, e engajamento de parceiros no gerenciamento de GEE (WRI; WBCSD, 2011).

2.1.2.1.1.3 Etapa 03: Monitoramento das emissões de GEE

A fim de que a empresa possa monitorar suas emissões de GEE ao longo do tempo, faz-se necessário a escolha do ano-base de seu inventário. Este pode ser um ano específico ou a média de alguns anos no qual estejam disponíveis dados das emissões de GEE provenientes das atividades da empresa. A escolha do ano-base é essencial para o estabelecimento de metas de redução de GEE, uma vez que possibilita a comparação das emissões ao longo do tempo.

2.1.2.1.1.4 Etapa 04: Identificação e cálculo das emissões de GEE

Nessa etapa, busca-se identificar e calcular as emissões de GEE conforme os seguintes passos:

- a) identificar as fontes de emissão: por meio da categorização das fontes de GEE, segundo os limites organizacionais e operacionais definidos;
- b) escolher a abordagem de cálculo: mensuração direta, cálculo estequiométrico ou fatores de emissão de GEE. Apesar de apresentarem maiores incertezas, utiliza-se geralmente os fatores de emissão de GEE devido ao menor custo de execução;
- c) coletar dados de atividades da empresa e escolher fatores de emissão: fatores de emissão específicos, por fonte ou unidade, são preferíveis aos genéricos;
- d) aplicar ferramentas de cálculo: o *GHG Protocol* disponibiliza ferramentas intersetoriais e algumas setoriais para o cálculo das emissões de GEE. A empresa pode utilizar métodos próprios, contudo, eles devem ser mais precisos do que as ferramentas do *GHG Protocol*, assim como deve estar em conformidade com a mesma;
- e) compilar dados no nível corporativo: reunir e resumir dados de emissão de GEE de toda a empresa através da abordagem: centralizada ou descentralizada. Na centralizada, as unidades empresariais relatam os dados de atividade para o nível corporativo, onde as emissões são calculadas. Já na descentralizada, as unidades coletam os dados, calculam suas emissões de GEE, e relatam seus resultados para o nível corporativo.

2.1.2.1.1.5 Etapa 05: Relato das emissões de GEE

Seguindo os princípios de contabilidade e relatoria financeira, as empresas devem produzir inventários que sejam tão relevantes, completos, consistentes, transparentes e exatos quanto possível. A fim de estimular a participação das organizações ao **Programa Brasileiro GHG Protocol**, as empresas podem iniciar publicando inventários parciais (nível bronze), evoluir para inventários completos (nível prata), e finalmente realizar inventários verificados por terceiros (nível ouro).

Ressalta-se que as emissões de dióxido de carbono (CO₂) resultantes da combustão de biomassa devem ser reportadas separadamente dos escopos 1, 2 e 3 (FGV; WRI, 2008). Isso ocorre pois, quando a biomassa é queimada, a quantidade de CO₂ liberada na atmosfera é equivalente àquela removida por ela durante o seu crescimento, por meio da fotossíntese. O mesmo não ocorre com os GEE metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), portanto, eles são relatados normalmente nos escopos 1, 2 e 3 do inventário corporativo.

O PBGHGP contabiliza cerca de mil inventários publicados referentes a 216 empresas em todo o Brasil atualmente (FGV, 2017). A elaboração do inventário corporativo segundo o *GHG Protocol* é recomendada pelo **Plano Indústria** (BRASIL, 2013), pelas resoluções estaduais do Rio de Janeiro (INEA, 2012) e de São Paulo (CETESB, 2012) para fins de licenciamento ambiental, assim como por associações setoriais, a exemplo da ABIQUIM (2014).

2.2 ESTRATÉGIAS EMPRESARIAIS PARA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE

Segundo a Contribuição Nacionalmente Determinada (*Nationally Determined Contributions* – NDC) brasileira, o governo incentivará o setor industrial a “promover novos padrões de tecnologias limpas e ampliar medidas de eficiência energética e de infraestrutura de baixo carbono” a fim de reduzir suas emissões de GEE (BRASIL, 2015). O CEBDS (2017) interpretou a proposta da NDC para o setor industrial, como dividida em dois macro-aspectos: **tecnologias de baixo carbono**, que concentram medidas de mitigação nos processos produtivos; e **infraestrutura para a indústria do futuro**, que se caracteriza por oportunidades externas às instalações industriais. Este trabalho restringir-se-á às **tecnologias de baixo carbono**, uma vez que são aquelas cujas empresas tem maior controle, e, portanto, poder de

ação. Elas englobam as estratégias de redução de GEE (CEBDS, 2017): eficiência energética e substituição de combustíveis, inovação tecnológica e substituição de matéria-prima.

Segundo o DECHEMA (2017), os processos de produção na indústria química são complexos, uma vez que envolve centenas de processos químicos que são usados para fabricar milhares de produtos químicos, intermediários e polímeros. Dessa forma, realizou-se um levantamento bibliográfico das ações de redução de GEE que fossem preferencialmente transversais às indústrias químicas, ilustrado com medidas implantadas por algumas empresas que são referência na área. O DECHEMA (2017), por sua vez, fornece uma análise detalhada sobre as oportunidades e desafios das opções técnicas disponíveis para a redução de GEE nas indústrias químicas produtoras de amônia, metanol, etileno, propileno, cloro e aromáticos (benzeno, tolueno e xileno); responsáveis por grande parte das emissões de GEE do setor químico.

A fim de ilustrar as ações de redução de GEE levantadas, dados coletados do *Questionário sobre Mudanças Climáticas* (CDP, 2017c) das cinco melhores empresas posicionadas no estudo realizado pelo CDP (2017b) foram considerados: Akzo Nobel, Basf, DuPont, Johnson Matthey e Koninklijke DSM. A base de dados do CDP (2017c) foi utilizada para o levantamento de suas respectivas ações de redução de GEE, que apresentaram uma redução média de 8% nas emissões de escopos 1 e 2, e 18% nas emissões de escopo 3 referente aos três últimos anos. Essas reduções foram logradas por meio da implementação de mais de 1.800 projetos nas empresas, sendo que cerca de 1.200 projetos em eficiência energética e substituição de combustíveis, e 600 em inovação tecnológica e substituição de matéria-prima, além de medidas de contenção em viagens a negócio.

2.2.1 Eficiência energética e substituição de combustíveis

As principais oportunidades de mitigação das emissões oriundas dos processos produtivos estão relacionadas à melhoria de eficiência energética, uma vez que elas geralmente apresentam investimentos não muito elevados, prazos de retorno relativamente rápidos e custos de abatimento negativos. (CEBDS, 2017; IEA, 2009). Chevron (2006) afirma que a eficiência energética é a fonte de energia mais barata, confiável e disponível assim como uma das formas mais fáceis de reduzir as emissões de GEE (CHAN, 2006). Um processo produtivo eficiente em termos energéticos fabrica o produto desejado, em volume e qualidade originais, com uma

demanda mínima de energias térmica e elétrica. Existem diversas formas de melhorar a eficiência energética dos processos produtivos, e ações técnico-operacionais abarcam a maioria delas (PBMC, 2014): melhoria do processo de combustão, processos de recuperação de calor, recuperação de calor em sistemas de vapor, integração energética de processos, e recuperação de calor em fornos.

Segundo DECHEMA (2017), a adoção de medidas de eficiência energética tem potencial de redução entre 20 a 30 MtCO₂ só na indústria química europeia, e incluem: melhorias incrementais, integração avançada de calor e avanços adicionais. Afirma-se que grande parte das melhorias incrementais ocorrem em plantas existentes, por meio da implantação de pequenos avanços tecnológicos, tais como: sistemas catalíticos mais seletivos, melhoria do desempenho das caldeiras, níveis mais altos de integração do calor, melhoria nas condições operacionais do sistema, dentre outros. Integração avançada de calor inclui, por sua vez, soluções técnicas avançadas para a otimização adicional da integração de calor, por meio de: bombas de calor, absorção de calor e refrigeração, e Ciclos Orgânicos de Rankine (DECHEMA, 2017). Por fim, avanços adicionais são representados por dispositivos intensivos de mistura, transferência de calor e transferência de massa, que incluem trocadores de calor avançados, misturadores e equipamentos de separação aprimorados, e equipamentos híbridos integrados (DECHEMA, 2017).

O uso de eletricidade em equipamentos movidos a motor, como: compressores, bombas ou ventiladores, representa cerca de 60% do consumo elétrico do setor industrial (IEA, 2009). Segundo o IEA (2009), a otimização de sistemas de motores pode resultar em ganhos de eficiência energética de 20% a 25%, por meio de: (i) uso de motores de alta eficiência, (ii) dimensionamento adequado do motor para os requisitos de carga, e (iii) uso de unidades de velocidade ajustável para harmonizar velocidade e torque com os requisitos de carga. Afirma-se ainda que os motores de alta eficiência usam materiais de melhor qualidade, e são produzidos com maior precisão, tornando-se muito mais eficientes do que os motores convencionais.

Segundo DECHEMA (2017), a indústria química europeia conseguiu desacoplar seu consumo energético da sua produção, propiciando uma redução de emissões de GEE em cerca de 59% desde 1990. Ele ainda afirma que isto foi possível uma vez que a intensidade energética (GJ/t produto) da indústria química reduziu em cerca de 56% neste período, enquanto que sua produção aumentou em 78%. O quadro 5 apresenta as ações de eficiência energética (EE) e substituição de combustíveis (SC) implementadas pelas indústrias químicas selecionadas do

banco de dados do CDP, assim como suas respectivas reduções de GEE e indicadores econômicos.

Quadro 5 - Ações de eficiência energética e substituição de combustíveis implementadas por indústrias químicas.

Nº	Descrição da ação	Redução das emissões (tCO _{2e} /ano)	Economia (US\$/ano)	Tempo de retorno
1	EE: diversos projetos visando a excelência operacional.	320.000	35.200.000	1-3 anos
2	EE: 150 medidas que resultaram em economias de combustível, eletricidade, vapor, água de refrigeração etc. Elas incluíram modificações de processos químicos, integração energética, implementação de sistemas de controle de processo, e práticas de conservação de energia.	175.000	26.432.000 ¹	1-3 anos
3	EE: 130 medidas individuais que resultaram em economias de combustível, eletricidade, vapor, água de resfriamento etc., através da melhoria do uso integrado do calor de processo, e criação de um sistema de cogeração a gás natural.	140.000	19.376.000 ¹	1-3 anos
4	SC: compra de vapor produzido a partir de madeira recuperada.	100.000	6.798.400 ¹	4-10 anos
5	EE: 200 medidas individuais que resultaram em economias de combustível, eletricidade, vapor, água de refrigeração etc., através da otimização do controle da planta, implantação de sistemas de gerenciamento de energia (ISO 50.001) e otimização de vapor e condensado.	90.000	12.656.000 ¹	1-3 anos
6	EE: diversos projetos visando a excelência operacional.	36.880	11.040.000	1-3 anos
7	SC: contrato de 100% de energia renovável para fornecimento de energia elétrica.	25.611	1.655.752 ²	<1 ano
8	EE: redução do uso de: vapor, eletricidade, gás, água, matérias-primas.	22.000	1.680.000 ¹	1-3 anos
9	EE: mudanças de iluminação, melhorias na eficiência do motor, dentre outros.	15.300	2.550.000	1-3 anos
10	EE: diversos projetos visando a excelência operacional.	10.000	2.576.000 ¹	<1 ano
11	EE: substituição de compressor de ar, melhoria da recuperação de calor, substituição de resfriador e substituição de iluminação.	9.000	1.904.000 ¹	1-3 anos
12	EE: desde melhorias operacionais e de manutenção até substituição de equipamentos (refrigeradores), e substituição de unidade de destilação de estágio único por unidade de dois estágios no processo de hidrocolóides.	8.200	2.576.000 ¹	1-3 anos
13	SC: substituição da caldeira de propano por caldeira elétrica.	7.170	560.000 ¹	4-10 anos
14	EE: projetos em equipamentos elétricos e requisitos de vapor.	6.300	881.000	1-3 anos

Nº	Descrição da ação	Redução das emissões (tCO _{2e} /ano)	Economia (US\$/ano)	Tempo de retorno
15	SC: compra de vapor produzido a partir de biomassa.	5.200	67.200 ¹	<1 ano
16	EE: instalação do sistema de condicionamento de combustível <i>Maxsys</i> , melhorando a eficiência do queimador de gás.	4.632	631.140 ²	1-3 anos
17	EE: modernização de caldeiras e equipamentos a vapor.	3.500	170.000	1-3 anos
18	EE: otimização de <i>spray dryers</i> e análise integrada dos sistemas de ar comprimido.	3.200	1.344.000 ¹	<1 ano
19	SC: aquisição de energia eólica e solar.	3.000	1.120.000 ¹	4-10 anos
20	EE: eletrodos mais eficientes implementados em planta de clorato.	3.000	448.000 ¹	4-10 anos
21	EE: instalação de luzes LED, substituição de compressores de ar e substituição do gerador de vapor por modelos mais eficientes.	2.918	554.289 ²	4-10 anos
22	EE: melhores taxas de produção, menos rejeições e maior controle de processo.	1.574	211.595 ²	1-3 anos
23	EE: redução do uso de energia durante o tempo de inatividade, além de revisão da configuração e controle dos processos, principalmente em secadores e fornos.	1.086	301.504 ²	1-3 anos
24	EE: melhoria do isolamento da tubulação e instalação de cortinas de plástico nas portas de doca de carregamento.	783	5.051 ²	4-10 anos
25	EE: aumento do controle do processo.	702	169.544 ²	1-3 anos
26	EE: redução do consumo de diesel devido a projetos diversos.	488	138.033 ²	<1 ano
27	EE: substituição de iluminação de halogenetos metálicos por LED.	399	7.998 ²	1-3 anos
28	EE: redução do uso de energia (eletricidade e gás natural) dos secadores durante o tempo de inatividade.	391	35.105 ²	<1 ano
29	EE: reuso da água residual quente para reduzir o uso de água bruta e vapor.	318	51.093 ²	<1 ano
30	EE: redução do consumo do gás natural no sistema de redução de COV.	227	29.438 ²	<1 ano
31	EE: otimização de processos e melhoria do rendimento de reação química.	162	247.082 ²	<1 ano
32	EE: instalação de sensores de presença para iluminação e ar-condicionado.	74	23.840 ²	<1 ano
33	SC: Instalação de painéis solares.	27	2.810 ²	16-20 anos

Fonte: Adaptado de CDP (2017c).

1: Valor original em euros, convertido a dólares americanos segundo cotação do Banco Central do Brasil em 30/06/15 (€1 = US\$1,12), ponto médio do período considerado nos relatórios do CDP consultados (BCB, 2017).

2: Valor original em libras esterlinas, convertido a dólares americanos segundo cotação do Banco Central do Brasil em 30/06/15 (£1 = US\$1,57), ponto médio do período considerado nos relatórios do CDP consultados (BCB, 2017).

Observa-se que praticamente todas as ações de redução de GEE implementadas e relatadas pelas indústrias químicas referem-se à melhoria da eficiência energética. Dentre elas, algumas empresas optaram por relatar um conjunto de ações empreendidas, enquanto outras relataram

ações separadamente. Os conjuntos de ações em eficiência energética representaram as maiores reduções de GEE (36.880 – 320.000 tCO_{2e}), assim como as maiores economias financeiras (11 – 35 milhões de dólares americanos), com tempo de retorno relativamente pequeno (1-3anos). As demais ações relatadas, por sua vez, compreendem cerca de 70% das informações coletadas e descrevem melhor as medidas de eficiência energéticas adotadas pelas empresas, sendo possível ter uma ideia da relação entre as medidas implementadas e seus respectivos benefícios ambientais e financeiros. Dessa forma, essas ações tiveram reduções de GEE e economias financeiras variadas, onde se destacaram aquelas cujo tempo de retorno foi menor do que 1 ano. Dentre elas, destacam-se as ações transversais: otimização de *spray dryers* e análise integrada dos sistemas de ar comprimido, reuso do fluxo de água quente para reduzir o uso de água bruta e a produção de vapor, e instalação de sensores de presença para iluminação e ar-condicionado.

A partir do quadro 5, nota-se que as medidas de substituição de combustíveis fósseis por biomassa tiveram uma participação muito pequena dentre as ações de redução de GEE adotadas pelas indústrias químicas analisadas. IEA (2009) realiza uma análise sobre a adoção desta estratégia pelas empresas, que apesar de oferecer grandes oportunidades de redução de emissões, apresenta alguns obstáculos. Segundo este estudo, os recursos disponíveis de biomassa são limitados, o que pode gerar concorrência entre os diversos setores (industrial, energia e transportes) para seu uso. Esta demanda, por sua vez, pode provocar um aumento de preço da biomassa, criando barreiras econômicas para sua aquisição. Dessa forma, o IEA (2009) aponta para a necessidade do desenvolvimento e uso de culturas de alto rendimento, gestão hídrica, manejo do solo e políticas de uso do solo a fim de garantir a sustentabilidade da aquisição e uso da biomassa como combustível pelos diversos setores, e assim viabilizar o aumento da adoção desta estratégia pelas indústrias.

2.2.2 Inovação tecnológica e substituição de matérias-primas

A inovação tecnológica é definida por Brasil (2006a) como a “concepção de novo produto ou processo de fabricação, bem como a agregação de novas funcionalidades ou características ao produto ou processo que implique em melhorias incrementais e ganho efetivo de qualidade ou produtividade, resultando em maior competitividade no mercado”. Assim, as inovações tecnológicas podem ser pontuais ou promover uma completa reconfiguração da indústria, podendo trazer consigo alguns desafios: adaptação de novas tecnologias, custos maiores, e

riscos técnicos e operacionais (CEBDS, 2017). Diante do exposto, a substituição de matérias-primas convencionais por aquelas ambientalmente mais amigáveis pode ser considerada como uma medida de inovação, uma vez que agrega nova característica ao produto, implicando em melhorias, como a redução da pegada de carbono do produto. Portanto, decidiu-se apresentar ambas ações de redução de GEE em conjunto: inovação tecnológica e substituição de matérias-primas.

A substituição de matérias-primas por aquelas ambientalmente mais amigáveis, promove a redução das emissões de GEE por meio de algumas de suas características, tais como: ser renovável, possuir maior poder calorífico, dispensar o tratamento térmico, ser reciclada, reduzir o consumo de insumos, possuir maior teor do elemento de interesse, ou não emitir GEE em reações químicas (CEBDS, 2017). Esta estratégia é utilizada por diversas empresas, por meio de ações como: substituição de solventes por soluções aquosas nas resinas de revestimento e tintas, reduzindo as emissões em até 50%; fabricação de bioquímicos e biocombustíveis; e produção de refrigerantes de baixo teor de carbono para múltiplos usos: veículos a motor e ar condicionado, refrigeração comercial e recuperação de calor residual (CDP, 2017c).

O reaproveitamento de subproduto (recurso e energia) de outras empresas é uma forma de substituição de matérias-primas, uma vez que ele pode ser considerado menos intenso em carbono, comparado com a opção convencional. A simbiose industrial promove esta troca de subprodutos entre empresas, tornando o sistema mais eficiente no consumo energético e de recursos. Algumas empresas utilizam esta estratégia, a exemplo da BASF e Kemira (CEFIC, 2017). Na BASF, a interligação dos fluxos de energia e infraestrutura entre plantas industriais reduziu as emissões em mais de 3,8 milhões de tCO_{2e}. A Kemira utiliza subprodutos da Covestro como matéria-prima na fabricação de coagulantes à base de alumínio, além de subprodutos de outras indústrias nos demais processos produtivos, representando 27% dos insumos de toda empresa.

O quadro 6 apresenta os benefícios ambientais e econômicos de ações de melhoria da eficiência no uso de recursos, por meio de diversos projetos.

Quadro 6 - Ações de inovação implementadas por indústrias químicas

Nº	Descrição da ação	Redução das emissões (tCO _{2e} /ano)	Economia (US\$/ano)	Tempo de retorno
1	160 projetos que levam a uma redução da demanda de matéria-prima, dentre outros: melhoria do controle da coluna de destilação resultando no aumento da produção de destilação; melhoria do processo de coluna de extração agitada reduzindo perdas de agente de lavagem; reciclagem de matéria-prima gasosa, através de um compressor para gás não reagido de torre de lavagem; melhoria da reciclagem de matéria-prima não reagida de uma água residual através do ajuste do valor do pH.	200.000	53.760.000 ¹	<1 ano
2	170 projetos que reduzem o consumo de matérias-primas, dentre outros: otimização do catalisador que melhora a seletividade, reduzindo o consumo de matéria-prima; implementação de controle preditivo que aumenta a estabilidade da planta e reduz o consumo de matéria-prima; e introdução de análises em linha em um processo de destilação, que reduz as perdas de solventes.	170.000	35.504.000 ¹	<1 ano
3	250 projetos que resultaram na redução do uso da matéria-prima, através da melhoria do processo de filtração que aumentou a recuperação do produto, e redução da quantidade de produto químico necessário para regenerar um catalisador, por exemplo.	100.000	61.600.000 ¹	<1 ano
4	Implantação de nova tecnologia de eletrólise em fábrica de cloro.	32.000	5.600.000 ¹	4-10 anos

Fonte: Adaptado de CDP (2017c).

1: Valor original em euros, convertido a dólares americanos segundo cotação do Banco Central do Brasil em 30/06/15 (€1 = US\$1,12), ponto médio do período considerado nos relatórios do CDP consultados (BCB, 2017).

A inovação tecnológica no setor químico não só representa a redução das emissões de GEE nos seus processos produtivos, mas também promove essas reduções em outros setores por meio de produtos inovadores. O CEFIC (2017) destaca a evolução do uso de GTE e compósitos no setor de transportes. O GTE é uma tecnologia tradicionalmente cara que utiliza calor residual para gerar eletricidade. Ele recentemente teve seu custo de produção reduzido em até 70% pela Evonik, propiciando o aumento de sua aplicação no setor. A adoção de compósitos em veículos, por sua vez, gera uma redução de peso entre 15% a 25% para compósitos reforçados com fibra de vidro, e entre 25-40% para compósitos reforçados com fibra de carbono, evitando a emissão de cerca de 8 milhões de tCO₂ por ano em veículos, considerando apenas a União Europeia. O quadro 7 apresenta alguns produtos fornecidos pela indústria química para diversas aplicações nos setores de construção civil, transportes, indústria, energia e agricultura; cujo uso entre 2007 e 2013 evitou a emissão de mais de 565 milhões de tCO_{2e}.

Quadro 7 - Produtos inovadores fornecidos pelas indústrias químicas para diversos setores

Setor	Produtos inovadores
Construção Civil	<ul style="list-style-type: none"> – Isolamento térmico, tubulação, barreiras de ar e materiais de vedação que melhoraram o desempenho energético dos edifícios; – Materiais de isolamento duráveis e de alto desempenho para paredes, telhados e tubos, bem como selantes de alto desempenho e materiais para janelas; – Produtos utilizados na iluminação LED; – Revestimento com novas tecnologias de cura.
Transportes	<ul style="list-style-type: none"> – Biocombustíveis avançados, combustíveis sintéticos renováveis, eletricidade renovável, geradores termoelétricos (GTE) e materiais compósitos; – Sistemas de bateria de lítio recarregáveis, ferramentas elétricas e tecnologias móveis que evitam o uso de combustíveis fósseis; – Borrachas sintéticas e sílica que melhoram o desempenho dos pneus, diminuindo o consumo de combustível dos veículos; – Revestimento marítimos que reduzem o consumo de combustível; – Aditivos de combustível que melhoram o desempenho do motor; – Revestimento automotivo que reflete a luz infravermelha, reduzindo a temperatura interna em até 4°C.
Indústria	<ul style="list-style-type: none"> – Enzima que requer dez vezes menos peróxido de hidrogênio no uso, reduzindo as emissões em mais de 80%; – Revestimento antirreflexo que aumenta a produção de energia de painéis solares; – Catalisadores secundários que convertem óxido nítrico em nitrogênio, reduzindo em 80% as emissões de N₂O das plantas do ácido nítrico e caprolactama;
Energia	<ul style="list-style-type: none"> – Pastas de metalização fotovoltaica que aumentam a potência de painéis solares; – Lingotes de silício, gás semicondutor e materiais de vedação para painéis solares; – Óleos de engrenagens, resinas e materiais de revestimento para turbinas eólicas; – Produto que encapsula os principais componentes do gerador nas turbinas eólicas, protegendo-os do calor extremo provocado pela geração de eletricidade; – Sistemas de epóxi e outros materiais para a produção de pás de rotor eólico; – Materiais de junção para a construção das bases de turbinas eólicas; – Condutores de alta temperatura com base em óxido de cobre de ítrio e bário, que transmite eletricidade a baixas temperaturas, com perdas mínimas de energia.
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> – Inibidor de nitrificação garantindo que o amônio contido em fertilizantes seja metabolizado mais lentamente pelas bactérias no solo, reduzindo as emissões de óxido nítrico através diminuição da frequência de fertilização;

Fonte: Adaptado de CDP (2017c), CEFIC (2017) e ICCA (2017a).

Tratam-se de novos produtos que requerem investimentos para sua concepção e produção, contudo, eles promovem retorno financeiro para as empresas, além do ambiental. Em 2016, investimentos equivalentes a até 90% da verba de inovação das indústrias químicas foram destinados para concepção de produtos inovadores, que por sua vez representaram de 13% a 59% do faturamento das vendas, alcançando até US\$ 2,5 bilhões de receita anual (CDP, 2017c). Investimentos no desenvolvimento de produtos inovadores e eficiência energética realizados pela Johnson Matthey, por exemplo, aumentaram suas receitas de vendas em 167%, frente a um aumento de apenas 29% nas emissões e 33% no consumo energético em cerca de 10 anos (CDP, 2017c).

O IEA (2013a) cita um dos maiores obstáculos para o êxito dessas novas tecnologias: estima-

se que mais de 3.000 boas ideias devam ser testadas em laboratório para produzir um sucesso comercial (Stevens e Burley, 1997). Ele afirma ainda que o desenvolvimento de políticas públicas que promovam incentivos financeiros para as empresas é um meio de superar esse obstáculo, uma vez que permite a sobrevivência das soluções mais promissoras a este processo de seleção. Além do mais, este financiamento consistente ao longo do tempo proporciona progressos constantes, melhora a confiabilidade do produto desenvolvido, assim como mantém a equipe detentora do conhecimento (IEA, 2013a). Outros caminhos para o desenvolvimento de novos produtos incluem a parceria das empresas com instituições públicas de pesquisa (universidades), assim como organizações não governamentais.

2.2.3 Outras estratégias de redução de GEE

A inovação na indústria química, entretanto, não precisa se restringir à tecnologia, ou seja, a melhorias nos processos e produtos; ela pode ir além, ampliando seu portfólio de negócio! Segundo a CEFIC (2017), o aluguel de produtos químicos é um serviço inovador onde as empresas vendem produtos químicos não pelo volume, mas pelo desempenho. Dessa forma, maximiza-se a eficiência do uso dos produtos por meio da melhoria do seu desempenho, ao mesmo tempo em que se reduz o seu consumo, devido a uma demanda menor para cumprir uma determinada função. Empresas que limpam superfícies metálicas, por exemplo, chegam a reduzir o consumo de solventes em até 80% por meio deste modelo de negócio (CEFIC, 2017). Trata-se de uma estratégia cujo benefício econômico pode envolver tanto a redução de custo nos processos produtivos pelo aumento da eficiência, quanto o aumento de receita pelas vendas.

A inovação pode ocorrer também extramuros, ou seja, nas áreas de influência da empresa. Em UNGC (2010) é citado o caso de duas empresas que empreenderam neste tipo de inovação: Nokia e Saint-Gobain. A Nokia, fabricante finlandesa de telefones celulares, publicou um documento que descreve como as empresas de telecomunicações podem reduzir suas pegadas de carbono, consolidando sua liderança na transição para uma economia de baixo carbono. A Saint-Gobain, uma empresa que fornece materiais para o setor de construção civil e industrial, ajudou a criar regimes regulatórios na França e na Alemanha para edifícios eficientes em energia através de um novo sistema de diagnóstico de desempenho, que além de melhorar a qualidade de vida de mais de 140 milhões de pessoas, gerou lucro aos seus acionistas.

As estratégias de redução de emissões variam quanto a sua viabilidade de implantação, entre aquelas cujo retorno econômico é mais rápido (ex. projetos de eficiência energética), e aquelas que demandam maiores investimentos e tempo de desenvolvimento (ex. inovações tecnológicas). Portanto, aspectos regulatórios e políticos são importantes para potencializar a implementação das ações mais simples, assim como viabilizar a adoção daquelas mais arrojadas nas empresas. Diante do contexto político-regulatório brasileiro, e visto que o retorno nos negócios é positivo para as indústrias químicas, cujas estratégias são voltadas para uma economia de baixo carbono, o setor químico brasileiro poderia agir extramuros. Uma parceria com o governo, aparelhando-o sobre suas demandas e dificuldades na implementação das estratégias de redução das emissões, assim como meios para viabilizá-las, seria benéfico para ambos os lados.

A trajetória que leva a uma economia de baixo carbono não é curta nem reta, mas todo esforço é válido para alcançá-la. A indústria química possui algumas estratégias de redução das emissões, que por sua vez se desdobram em uma série de projetos, do mais simples ao mais complexo. Contudo, a fim de que uma empresa vislumbre como ela poderia agir na transição para uma economia de baixo carbono, ela deve primeiramente contabilizar suas emissões. Conhecendo o seu perfil de emissão ao longo da sua cadeia de valor é possível traçar metas de redução, que norteariam o levantamento das ações de redução possíveis, a fim de identificar aquelas viáveis de serem implementadas. Entre as dez indústrias químicas mais preparadas para a transição para uma economia de baixo carbono segundo o CDP (2017b), oito delas utilizam o *GHG Protocol* para contabilizar suas emissões. Ademais, grandes indústrias químicas e o WBCSD elaboraram um documento que fornece esclarecimentos adicionais a partir desta metodologia, incentivando sua adoção pelas empresas do setor (WBCSD, 2013).

3 METODOLOGIA

Segundo Silva (2005), existem várias formas de classificar uma pesquisa: de acordo com sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Assim, este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa aplicada, quanto à sua natureza; quantitativa e qualitativa, quanto à forma de abordagem do problema; e com relação aos procedimentos técnicos utilizados: revisão bibliográfica e estudo de caso.

O presente trabalho apresenta ambas abordagens: quantitativa e qualitativa. Segundo Diógenes, Figueiredo e Pimenta (2012), a abordagem quantitativa caracteriza-se pela formulação de hipóteses, definições de variáveis, quantificação por meio da coleta de dados e de informações, e utilização de tratamentos estatísticos. A vertente qualitativa, por sua vez, é utilizada quando se busca descrever a complexidade de determinado problema, procurando levar em consideração todos os componentes que compõe uma situação, suas interações, numa visão holística (Diógenes, Figueiredo e Pimenta, 2012). Logo, este estudo compreende ações quantitativas e qualitativas pois, ele não se resume em identificar e quantificar as emissões de GEE de uma empresa química, mas também visa situá-las na cadeia de valor de seu produto, buscando despertar a sua parcela de responsabilidade ao longo de toda a cadeia, considerando uma visão holística, ou seja, não apenas do processo produtivo em si.

Os procedimentos técnicos utilizados foram de pesquisa bibliográfica e de estudo de caso. A revisão bibliográfica é o meio pelo qual o pesquisador pode realizar um mapeamento dos conhecimentos e iniciativas existentes e previamente desenvolvidos na área de interesse (CAPPARELLI, 2010). Já o estudo de caso, Yin (2001) afirma que se trata de uma estratégia de pesquisa que pode ser utilizada para descrever e testar propostas reais de um fenômeno gerencial, cujo pesquisador tem pouco ou nenhum controle. Por meio do estudo de caso, foi possível contribuir com a geração de conhecimento a respeito do perfil de emissões de GEE de uma empresa química e ações de redução de emissões respectivas, e através da pesquisa bibliográfica analisou-se os resultados, comparando-os com relatórios técnicos e estudos presentes na literatura científica.

A fim de alcançar o objetivo proposto, este estudo foi realizado conforme as etapas descritas a seguir. Os dados da **Indústria Química X** foram coletados para realização desta pesquisa por meio de documentos, reuniões presenciais, e-mails e contatos telefônicos, sempre por intermédio da equipe formada pelos setores: **Meio Ambiente** e **Produção/Integração da**

Manufatura (Equipe Focal). Os setores contatados pela **Equipe Focal** para coleta de dados foram: Produção e Utilidades, Manutenção e Confiabilidade, Transportes, Elétrica e Instrumentação, Contabilidade, Logística e Importação, Logística e Expedição, Projetos, Automação e Controle de Processo, dentre outros.

3.1 ESTUDO DE CASO: INDÚSTRIA QUÍMICA X

Nesta seção, pretende-se descrever os processos que ocorrem na **Indústria Química X**, assim como suas principais entradas e saídas. As informações aqui relatadas foram fornecidas pela **Equipe Focal**, por meio dos documentos: **Processo de produção do produto final** (sem data), **Fluxograma de bloco** (sem data) e **Fluxograma do tratamento de água** (sem data); e-mail (18/02/2016); verbalmente em reunião presencial realizada em 30/07/15, e juntamente com o **Setor de Produção e Utilidades** em 09/09/16.

A **IQX** é constituída de duas unidades: principal e auxiliar. Na unidade principal ocorre a fabricação do produto químico, enquanto que na auxiliar se realiza a captação da água utilizada no processo produtivo. Ela produz uma substância química inorgânica a partir de um minério, cujo processo é composto pelas seguintes etapas:

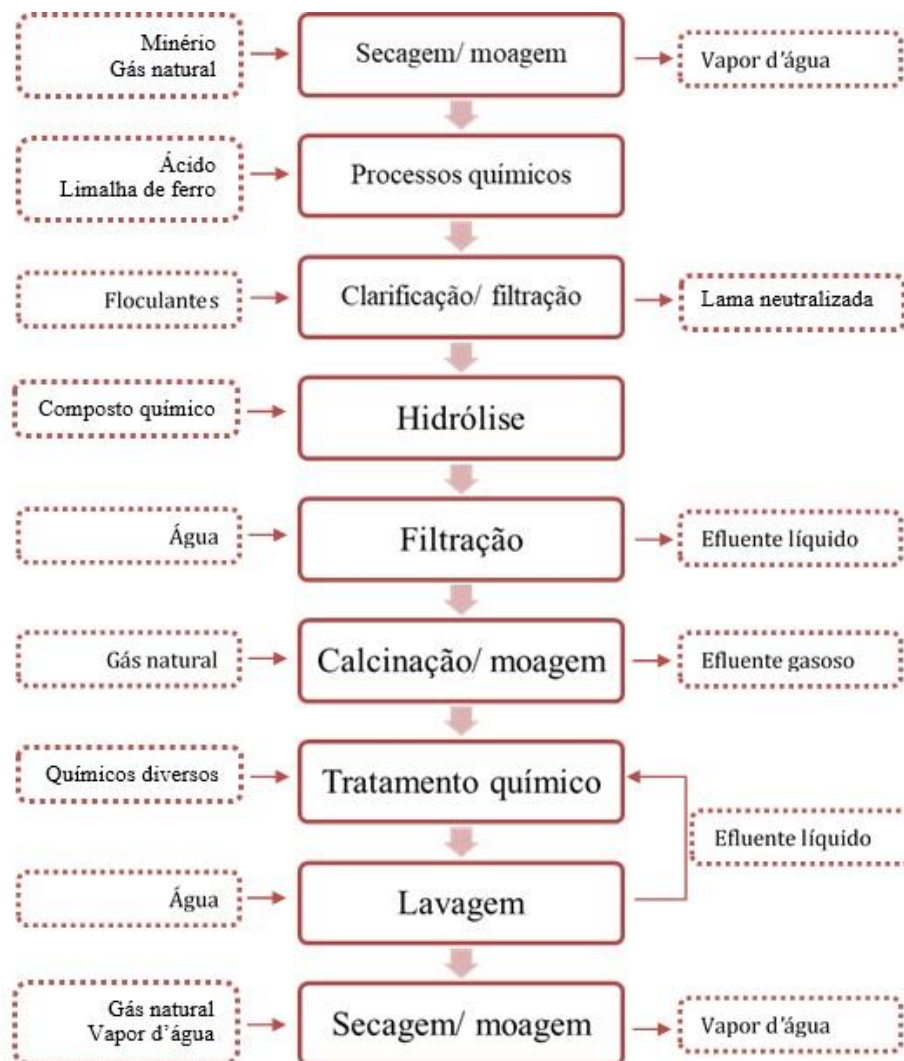
- a) secagem/moagem: o minério passa por secagem para a retirada da umidade e em seguida é encaminhado à moagem, onde o tamanho das partículas é reduzido;
- b) processos químicos: o minério seco e moído é atacado por um ácido, e tratado quimicamente para criar condições para remoção de impurezas;
- c) clarificação/filtração: as impurezas do minério quimicamente tratado são retiradas por meio de floculação/decantação e filtração;
- d) hidrólise: as partículas que dão origem à substância química inorgânica tornam-se insolúveis por meio da adição de um composto químico.
- e) filtração: separação da substância química inorgânica do meio aquoso e das substâncias solúveis por filtros a vácuo.
- f) calcinação/moagem: a substância inorgânica insolúvel, formada no processo de

hidrólise e separada na filtração, é transformada no produto final por meio de adição de calor, seguida de moagem para reduzir o tamanho das partículas;

- g) tratamento químico: o produto resultante da moagem pode ser considerado um produto final, contudo a fim de atender uma variedade maior de aplicações, é necessário um tratamento complementar, por meio da adição de químicos diversos.
- h) lavagem: o produto químico tratado é lavado e filtrado para a retirada de sais solúveis.
- i) secagem/moagem: o produto químico é secado para a retirada de água pela adição de calor, e em seguida é novamente moído a fim de atender especificações do produto final.

As principais entradas e saídas ao longo do processo produtivo são apresentadas na figura 3.

Figura 3 – Fluxograma simplificado do processo produtivo da IQX.



Fonte: Elaboração própria.

Dentre os principais insumos do processo produtivo encontra-se a água, que é utilizada sob a forma líquida e de vapor. A água utilizada no processo produtivo é produzida pela própria empresa, que capta a água bruta e a trata a nível de potabilidade, assim como a desmineraliza para geração de vapor. O tratamento de potabilidade da água envolve as etapas de: cloração, coagulação/floculação, decantação e filtração. Um dos principais insumos da estação de tratamento de água é o sulfato de alumínio utilizado na coagulação, enquanto que sua principal saída é o lodo, material decantado na etapa de decantação. O tratamento de desmineralização da água envolve etapas catiônicas e aniônicas para a retirada de sais. As resinas catiônicas e aniônicas são os insumos principais neste tratamento, assim como as principais saídas, quando elas se saturam de íons.

As atividades administrativas da **Indústria Química X** gerenciam e dão suporte aos processos produtivo e de tratamento de água. Elas consomem principalmente água e material de escritório, e suas saídas principais são resíduos sólidos e efluente líquido.

Em 2015, a **IQX** elaborou sua pegada de carbono referente ao ano de 2014, contudo, a fim de conhecer melhor o seu perfil de emissões entre fontes diretas e indiretas de GEE, ela optou por realizar um inventário corporativo. A partir deste conhecimento, ela vislumbra uma melhor gestão de suas emissões com foco na redução, para fins de criação de oportunidade de atendimento a mercados mais exigentes, assim como ser proativa perante futuras regulações ambientais.

3.2 CONTABILIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE

Segundo a revisão bibliográfica apresentada, adotou-se a metodologia *GHG Protocol* para a contabilização das emissões de GEE da **Indústria Química X**. A fim de se ter uma visão holística de sua influência sobre às mudanças climáticas, considerou-se suas atividades industrial e administrativa no inventário corporativo.

3.2.1 Limite organizacional.

Segundo o *GHG Protocol*, existem três limites organizacionais: controle operacional, controle financeiro e participação societária. Eles são apresentados no quadro 8.

Quadro 8 - Limites organizacionais segundo a metodologia *GHG Protocol*.

Tipo de consolidação	Descrição
Participação societária	As emissões de GEE são contabilizadas de acordo com a participação societária da empresa no capital da operação, uma vez que ela é a extensão dos direitos que a empresa possui em relação aos riscos e recompensas decorrentes de uma operação.
Controle financeiro	Emissões de GEE provenientes de fontes sobre as quais a empresa possui controle financeiro. Portanto, as emissões de operações nas quais a empresa possui participação societária, mas não possui controle financeiro são excluídas.
Controle operacional	Emissões de GEE provenientes de fontes sobre as quais a empresa possui controle operacional. Portanto, as emissões de operações nas quais a empresa possui participação societária, mas não possui controle operacional são excluídas.

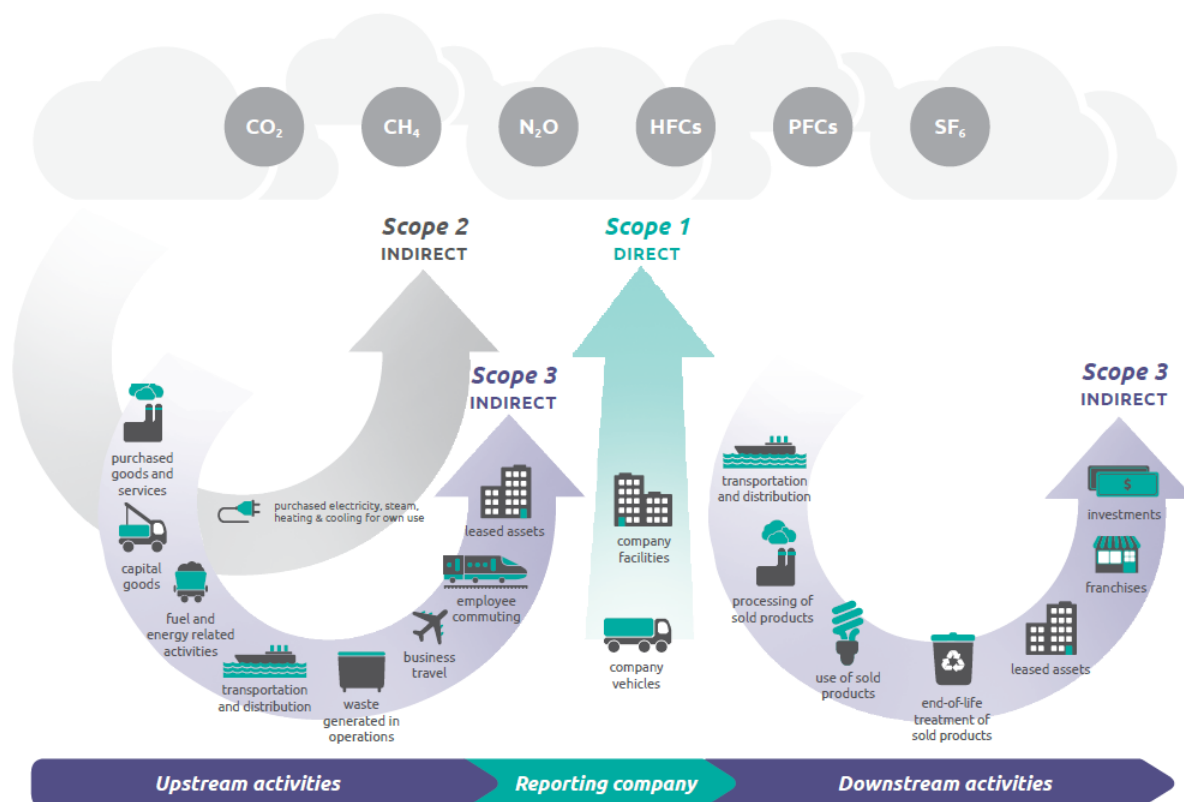
Fonte: WRI; WBCSD, 2011.

Definiu-se o controle operacional como limite organizacional para o inventário da **Indústria Química X**. Dessa forma, todas as fontes emissoras de GEE operadas por ela foram consideradas.

3.2.2 Limite operacional.

O presente estudo considerou os três escopos da metodologia *GHG Protocol* no inventário de emissões de GEE da **Indústria Química X**. O escopo 3 foi considerado de forma integral, a fim de avaliar sua relevância nas emissões totais de GEE, assim como o potencial de redução das emissões apontado pela literatura técnico-científica. Uma visão geral da relação entre os escopos e atividades geradoras das emissões diretas e indiretas ao longo da cadeia de valor de um produto é ilustrada na figura 4. Estas atividades serão detalhadas a seguir, quando os escopos e respectivas categorias forem apresentados.

Figura 4 – Escopos e categorias de fontes de GEE segundo a metodologia *GHG Protocol*.



Fonte: WRI; WBCSD, 2011.

3.2.3 Ano-base

A fim de monitorar suas emissões de GEE ao longo do tempo, definiu-se o ano de 2014 como ano-base para a realização do inventário corporativo da **Indústria Química X**. Este ano foi escolhido como ano-base pois trata-se do período em que os dados de atividade mais atualizados da **IQX** estavam disponíveis, quando o presente estudo teve início em 2015.

3.2.4 Fontes emissoras e cálculo das emissões de GEE.

Cada escopo e categoria de emissões do PBGHGP apresenta uma descrição das respectivas fontes emissoras possíveis, a partir da qual foi possível identificá-las na **Indústria Química X**, por meio de *brainstorming* realizado em reuniões presenciais com a **Equipe Focal**. Em seguida,

os dados da atividade corporativa para o cálculo das emissões de GEE foram identificados com o auxílio das ferramentas disponibilizadas pelo PBGHGP. A partir desta ciência, foi possível coletá-los para a realização dos cálculos de GEE nos diversos setores da **IQX**, com o intermédio da **Equipe Focal**. Os dados de atividade utilizados foram do tipo primário, ou seja, específicos da **IQX** e de seus parceiros da cadeia de valor. Dados secundários foram utilizados para os fatores de emissão nas categorias de emissão, uma vez que se assumiu que não haveriam dados primários, ou que eles seriam de qualidade inferior aos dados secundários disponíveis devido à incipiente experiência brasileira na realização de inventários corporativos. Os fatores de emissão de abrangência nacional foram adotados preferencialmente, perante aqueles de abrangência global nos cálculos. Optou-se pela abordagem centralizada para consolidação dos dados de atividade e emissões de GEE da **IQX**, por se tratar de uma única unidade produtiva.

3.2.4.1 Escopo 01.

Segundo o limite organizacional definido para o inventário corporativo, o escopo 01 deverá conter todos os gases de efeito estufa que são emitidos diretamente pela empresa, ou seja, por todas as atividades que estão sob seu controle operacional (FGV; WRI, 2008).

3.2.4.1.1 Categoria 01: Combustão estacionária.

Trata-se de categoria que comporta as emissões resultantes da queima de combustíveis em fontes estacionárias, tais como caldeiras, fornos, queimadores, turbinas, aquecedores, incineradores, motores etc. (FGV, 2016). A fim de calcular as emissões de GEE resultantes do uso de combustíveis nestas fontes, a “Ferramenta de estimativa de gases de efeito estufa para fontes intersetoriais” (**Ferramenta Intersetorial**) utiliza a equação (01), cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 9 (FGV; WRI, 2017).

$$Emissões (tCO_{2e}) = C \cdot D \cdot PC \cdot FE \cdot GWP \cdot 10^{-9} \quad (01)$$

Quadro 9 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões de fontes de combustão estacionária

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência ²
C	Consumo do combustível no ano inventariado	Unidade funcional (UF) ¹	Indústria Química X
D	Densidade do combustível	Kg/UF	BEN (2016); IPCC (2006)
PC	Poder calorífico do combustível	GJ/t	BEN (2016); IPCC (2006)
FE	Fator de emissão	kgCO ₂ /TJ	IPCC (2006); MCT (2010)
		kgCH ₄ /TJ	IPCC (2006)
		kgN ₂ O/TJ	IPCC (2006)
GWP	Potencial de aquecimento global	kgCO _{2e} /kgCH ₄	IPCC (2013)
		kgCO _{2e} /kgN ₂ O	IPCC (2013)

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

1: Refere-se à unidade de medida física (ex. litros, kg) ou financeira (ex. R\$, US\$) do produto adquirido.

2: A referência do parâmetro varia de acordo com o combustível consumido. As fontes de referência dos parâmetros estão relacionadas na Ferramenta Intersetorial.

Ressalta-se que a equação (01) é composta por diversos parâmetros, dentre os quais apenas o dado de atividade da empresa (C) não se encontra previamente imputado na **Ferramenta Intersetorial**. A fim de defini-lo, foi necessário identificar o tipo de combustível e sua quantidade consumida respectiva em cada fonte estacionária da **IQX** no ano de 2014. As emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis em todas as fontes estacionárias da **Indústria Química X** no ano de 2014 compõe a emissão total desta categoria.

3.2.4.1.2 Categoria 02: Combustão móvel.

Emissões de GEE resultantes da queima de combustíveis em equipamentos móveis, como por exemplo: caminhões, carros, trens, aviões, navios etc. (FGV, 2016). A **Ferramenta Intersetorial** apresenta métodos para o cálculo das emissões provenientes do transporte no modal rodoviário, ferroviário, hidroviário e aéreo.

Os métodos de cálculo para o transporte rodoviário são realizados por meio de: (i) tipo e ano de fabricação da frota de veículos utilizados, assim como tipo de combustível consumido; (ii)

apenas tipo de combustível consumido; e (iii) distância percorrida e idade da frota (FGV; WRI, 2017). No terceiro método, estima-se o consumo de combustível e conseqüentemente calcula suas emissões, a partir de uma distância percorrida por um determinado tipo e idade de veículo. No segundo método, as emissões são calculadas a partir do tipo e quantidade de combustível consumido. O primeiro método é uma junção dos dois métodos anteriores, em que tanto as informações do combustível consumido quanto o tipo e idade de veículo são utilizadas no cálculo das emissões. Portanto, a diferença entre os métodos está na precisão do cálculo das emissões, que é maior no primeiro método e menor no último.

A **Ferramenta Intersetorial** apresenta o método por tipo de combustível consumido para os transportes ferroviário, hidroviário e aéreo, em que as emissões são calculadas de acordo com o tipo e quantidade de combustível consumido no ano inventariado (FGV; WRI, 2017).

A **Indústria Química X** possui emissões diretas de GEE apenas pelo uso de transporte rodoviário, que foram calculadas por meio do método por tipo de combustível consumido. Neste método, a **Ferramenta Intersetorial** utiliza a equação (02) para calcular as emissões, cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 10.

$$Emissões (tCO_{2e}) = C \cdot FE \cdot GWP \cdot 10^{-3} \quad (02)$$

Quadro 10 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões de fontes de combustão móvel.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência ²
C	Consumo do combustível no ano inventariado	Unidade funcional (UF) ¹	Indústria Química X
FE	Fator de emissão	kgCO ₂ /UF	IPCC (2006); MCT (2010); MMA (2014)
		kgCH ₄ /UF	IPCC (2006); MCT (2010)
		kgN ₂ O/UF	IPCC (2006); MCT (2010)
GWP	Potencial de aquecimento global	kgCO _{2e} /kgCH ₄	IPCC (2013)
		kgCO _{2e} /kgN ₂ O	IPCC (2013)

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

1: UF - unidade funcional - refere-se à unidade de medida física (ex. litros, kg) do combustível consumido.

2: A referência do parâmetro varia de acordo com o combustível consumido. As fontes de referência dos parâmetros estão relacionadas na Ferramenta Intersetorial.

Ressalta-se que a equação (02) é composta por alguns parâmetros, dentre os quais apenas o dado de atividade da empresa (C) não se encontra previamente imputado na **Ferramenta**

Intersetorial. A fim de defini-lo, foi necessário identificar o tipo de combustível e sua quantidade consumida em cada fonte móvel da **IQX** no ano de 2014. As emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis em todas as fontes móveis da **Indústria Química X** no ano de 2014, compõe a emissão total desta categoria.

3.2.4.1.3 Categoria 03: Emissões fugitivas.

Segundo o PBGHGP, tratam-se de emissões geralmente não intencionais, provenientes de vazamentos durante a manutenção/operação de: extintores de incêndio, equipamentos elétricos, equipamentos de refrigeração e ar condicionado (RAC) etc. (FGV, 2016). A **Ferramenta Intersetorial** apresenta métodos para o cálculo das emissões fugitivas provenientes da utilização de equipamentos RAC, extintores de incêndio, utilização de hexafluoreto de enxofre (SF₆) e trifluoreto de nitrogênio (NF₃) (FGV; WRI, 2017).

Existem três metodologias para o cálculo das emissões fugitivas provenientes da utilização de equipamentos RAC e extintores de incêndio, por meio de: estágio do ciclo de vida, balanço de massa, e triagem (FGV; WRI, 2017). A primeira metodologia utiliza os seguintes dados para o cálculo das emissões fugitivas, referente ao GEE utilizado nos equipamentos: valores de carga em equipamentos novos e durante a manutenção, valor recuperado no descarte final, além da capacidade total dos equipamentos novos e descartados. Na metodologia por balanço de massa, subteme-se que existe armazenamento local do GEE utilizado nos equipamentos, e empregando-se a variação no estoque, quantidade de gás comprado e vendido, assim como mudanças de capacidade no cálculo das emissões fugitivas. Por fim, a metodologia por triagem utiliza dados do equipamento: tipo e quantidade de unidades novas, em operação e dispensadas, para realizar uma estimativa das emissões fugitivas por meio de taxas de vazamento padronizadas. Destaca-se que dentre as metodologias citadas, a primeira apresenta o menor grau de incerteza, orientando-se o uso do método por triagem apenas para indicar a relevância destas emissões fugitivas ($\geq 5\%$ das emissões totais) devido ao seu alto grau de incerteza (FGV; WRI, 2017).

Como a **Indústria Química X** não possui armazenamento local dos GEE utilizados nos extintores de incêndio ou nos equipamentos RAC, optou-se por utilizar o primeiro método para o cálculo destas emissões fugitivas. Neste método, a **Ferramenta Intersetorial** utiliza a

equação (03) para o cálculo das emissões, cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 11.

$$Emissões (tCO_{2e}) = [(C_N - CP_N) + R_E + (CP_D - R_D)] \cdot GWP \cdot 10^{-3} \quad (03)$$

Quadro 11 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões de fontes fugitivas (equipamentos RAC e extintores).

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fonte de referência
C _N	Quantidade de gás utilizada para carregar os equipamentos novos.	kgGEE	Indústria Química X
CP _N	Capacidade dos equipamentos novos.	kgGEE	Indústria Química X
R _E	Quantidade de gás utilizado na manutenção de equipamentos existentes.	kgGEE	Indústria Química X
CP _D	Capacidade dos equipamentos dispensados.	kgGEE	Indústria Química X
R _D	Quantidade de gás recuperado dos equipamentos dispensados.	kgGEE	Indústria Química X
GWP	Potencial de aquecimento global	kgCO _{2e} /kgGEE	IPCC (2013)

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

Ressalta-se que, com exceção do potencial de aquecimento global (GWP), todos os parâmetros da equação (03) são dados de atividade da **Indústria Química X**. A equação retrata as emissões fugitivas possíveis nas etapas do ciclo de vida de extintores de incêndio ou equipamentos RAC que podem ocorrer no ano inventariado. No caso de equipamentos novos, a diferença entre sua capacidade e a quantidade de gás utilizada para carregá-los implica na existência de emissões fugitivas. Algo semelhante ocorre em equipamentos dispensados, em que a diferença entre sua capacidade e a quantidade de gás recuperada, indica que houve emissões fugitivas.

O hexafluoreto de enxofre (SF₆) e trifluoreto de nitrogênio (NF₃) são gases que apresentam aplicações específicas. O SF₆ é um gás utilizado como isolador elétrico, assim como na produção de magnésio e semicondutores (SEPA, 2017). O NF₃ é utilizado principalmente na fabricação de semicondutores, painéis de cristal líquido (LCD) e células fotovoltaicas (UNFCCC, 2010). Logo, como nenhum deles se aplica ao negócio da **IQX**, eles não foram considerados no seu inventário corporativo.

Portanto, as emissões de GEE desta categoria foram compostas pelas emissões fugitivas provenientes do uso de equipamentos RAC e extintores de incêndio na **Indústria Química X** no ano de 2014.

3.2.4.1.4 Categoria 04: Emissões de processos industriais.

Emissões que não sejam de combustão, resultantes de transformações físicas ou químicas de materiais, a exemplo da produção de cimento, cal, vidro, amônia, ácido nítrico, magnésio etc. (FGV, 2016). O processo produtivo da **Indústria Química X** apresenta efluente gasoso e vapor d'água como saídas das etapas de calcinação/ moagem e secagem/ moagem respectivamente. O vapor d'água é uma substância naturalmente presente na atmosfera que não oferece nenhum risco ao meio ambiente. O efluente gasoso, apesar de possuir alguns gases ácidos, não apresenta nenhum gás de efeito estufa. Ele sofre amplo tratamento a fim de atender às legislações ambientais, por meio de lavagem hídrica, precipitação eletrostática e oxidação úmida. Segundo Andrade (2007), os gases têm sua temperatura reduzida nas torres de lavagem, e seguem para os precipitadores eletrostáticos, onde partículas carregadas eletricamente (SO_3) são retidas. O efluente gasoso dos precipitadores eletrostáticos prossegue para a oxidação úmida por sua vez, onde o SO_2 é adsorvido.

A **Fundação de Pesquisa da Água** (*Water Research Foundation*) apresenta as possíveis fontes de emissões de GEE de uma estação de tratamento de água: energia elétrica, combustão estacionária, combustão móvel, materiais de construção, serviços de manutenção, ozonização e disposição do lodo (WRF, 2013). Dentre elas, apenas a ozonização refere-se ao tratamento químico da água. Como o processo de desinfecção da água da **IQX** ocorre pela adição de cloro, infere-se que não há emissão de GEE no processo de tratamento de água. As demais fontes emissoras de GEE citadas são tratadas em suas respectivas categorias.

Logo, como nenhuma fonte de emissão referente aos processos industriais foi identificada, esta categoria não foi incluída no inventário corporativo da **Indústria Química X**.

3.2.4.1.5 Categoria 05: Emissões agrícolas e de mudança no uso do solo.

Emissões não mecânicas de atividades de agricultura, pecuária ou de mudanças do solo, a exemplo de: fermentação entérica; cultivo do arroz; drenagem e preparo do solo; queima prescrita da vegetação nativa etc. (FGV, 2016). Como as atividades de agricultura, pecuária ou de mudanças do solo estão fora do escopo de atuação da **Indústria Química X**, esta categoria

não foi incluída no seu inventário corporativo.

3.2.4.1.6 Categoria 06: Resíduos sólidos e efluentes líquidos.

Emissões de GEE provenientes do tratamento de resíduos sólidos e de efluentes líquidos, decorrentes de: decomposição em aterros sanitários, incineração de resíduos, tratamento biológico de efluentes etc. (FGV, 2016). A **Ferramenta Intersetorial** apresenta método para o cálculo das emissões provenientes da compostagem anaeróbica e da disposição em aterro dos resíduos sólidos. A **Indústria Química X** gera lodo, lama, efluente líquido e resíduos sólidos em suas operações industrial e administrativa.

O lodo, rejeito da etapa de decantação do processo de tratamento de água, é utilizado para fins agrícolas no cinturão verde da **IQX**, conforme informado pelo **Setor de Meio Ambiente**. A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº375 afirma que “para fins de utilização agrícola, o lodo de esgoto ou produto derivado será considerado estável se a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais for inferior a 0,70” (BRASIL, 2006b). O lodo da estação de tratamento de água possui uma relação de 0,49 entre sólidos voláteis e totais caracterizando-o como estável, segundo contato por e-mail com o **Setor de Meio Ambiente** realizado em 05/02/16. A estabilização do lodo significa que sua matéria orgânica está biodegradada, ou seja, convertida em produtos inertes como gás carbônico e água (MALTA, 2001; VON SPELING, 1996). Dessa forma, o lodo da ETA disposto no cinturão verde da **IQX** provavelmente não emitirá GEE devido à sua estabilização biológica.

A lama é a principal saída da etapa de clarificação/ filtração do processo produtivo. Ela é neutralizada com cal hidratada e posteriormente encaminhada ao aterro sanitário da Central de Tratamento de Efluentes (Cetrel), segundo informações passadas por e-mail (26/08/15) pelo **Setor de Meio Ambiente**. Este tratamento pode ser ilustrado pela reação química: $H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (ALTHAUS et al, 2007). Devido às substâncias que a originam informadas neste mesmo e-mail, trata-se de um material inorgânico, portanto, que não emite nenhum gás de efeito estufa em seu tratamento.

O efluente líquido da **Indústria Química X**, composto pelos efluentes líquidos industrial e o sanitário, é disposto no mar via emissário submarino após remoção de sólidos segundo a

Equipe Focal em reunião presencial (30/07/15). O efluente líquido industrial é gerado na etapa de filtração do processo produtivo. Segundo **Setor de Meio Ambiente** em contato via e-mail (18/09/17), ele possui uma natureza predominantemente inorgânica, portanto, seu tratamento/ disposição não gera gases de efeito estufa. O efluente líquido sanitário é proveniente das atividades administrativas, e a degradação biológica de seus componentes orgânicos podem gerar GEE: metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), e óxido nitroso (N₂O). Segundo o IPCC (2006d), as emissões de CO₂ não devem ser consideradas nos inventários por serem provenientes da decomposição de biomassa (biogênicas). O mesmo afirma que a disposição de efluentes líquidos no oceano por meio de emissários submarinos pode propiciar a decomposição anaeróbica da matéria orgânica, e conseqüentemente a geração de metano e óxido nitroso.

Como a **Ferramenta Intersetorial** apresenta método para o cálculo das emissões de GEE apenas de estações de tratamento anaeróbico, utilizou-se metodologia do IPCC (2006d) para estimativa das emissões de emissários submarinos. O documento não apresenta metodologia de cálculo para as emissões de óxido nitroso, contudo, a equação (04) pode ser utilizada para o cálculo das emissões de metano do efluente sanitário industrial, cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 12.

$$Emissões (tCO_{2e}) = [\sum_j (B_0 \cdot MCF_j) \cdot (TOW - S) - R] \cdot GWP \quad (04)$$

Quadro 12 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões de tratamento/ disposição de efluentes líquidos.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência
B ₀	Capacidade máxima de produção de metano	tCH ₄ / tDBO	IPCC (2006d)
MCF ¹	Fator de correção do metano	-	IPCC (2006d)
TOW	Matéria orgânica total	tDBO/ ano	IPCC (2006d); Indústria Química X
S	Matéria orgânica removida como lodo	tDBO/ ano	Indústria Química X
R	Quantidade de metano recuperada	tCH ₄ / ano	Indústria Química X
GWP	Potencial de aquecimento global	tCO _{2e} /tCH ₄	IPCC (2013)

Fonte: Adaptado de IPCC (2006d).

1: Parâmetro definido a partir da escolha do tipo de tratamento/ disposição do efluente líquido.

O valor do fator de correção do metano (MCF) para disposição dos efluentes líquidos em oceano, rios e lagos varia entre 0 e 0,2 (IPCC, 2006d). Santos (2015) elaborou o inventário corporativo da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A (EMBASA), empresa de

saneamento da região onde se localiza a **IQX**, e considerou o MCF nulo para o cálculo das emissões provenientes de emissários submarinos. Em contato telefônico (26/01/18), ela esclareceu que essas emissões foram consideradas irrelevantes devido à rápida diluição do efluente nos oceanos. Isso é coerente com o fato de que a variação do MCF ocorre entre a disposição dos efluente líquidos em oceano, rios e lagos, e dentre eles, o oceano apresenta o maior volume de água para diluição. Partindo da mesma premissa, considerou-se que o tratamento e disposição dos efluentes sanitários da **IQX** não emitem GEE.

Os resíduos sólidos gerados pelas atividades administrativas são tratados por terceiros, portanto, suas emissões foram contabilizadas no escopo 03, categoria 5: *resíduos gerados nas operações*.

Diante do exposto, apesar da existência de resíduos sólidos e efluentes líquidos provenientes das atividades da **Indústria Química X**, ela não apresenta nenhuma fonte emissora de GEE nesta categoria.

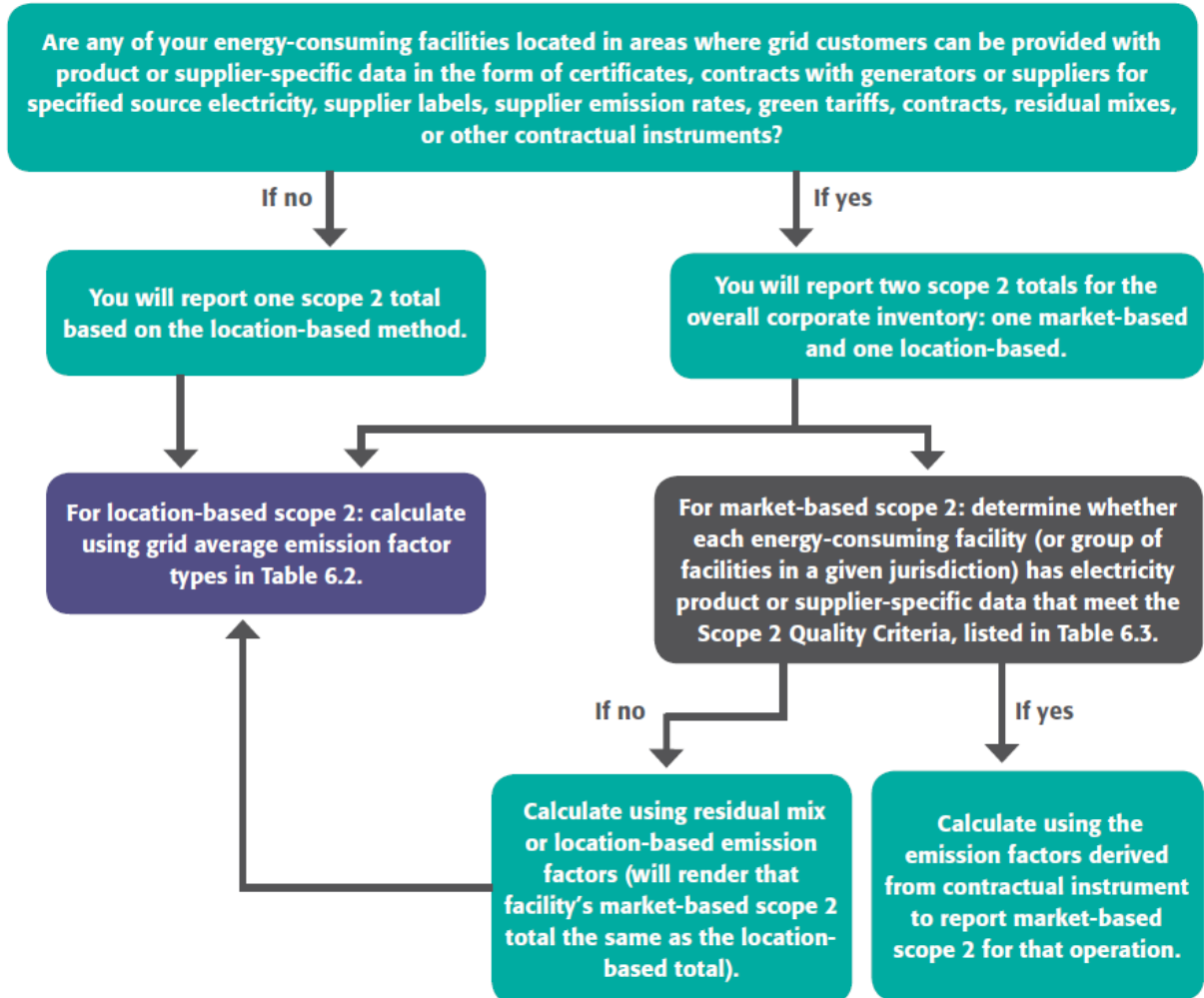
3.2.4.2 Escopo 02.

Categoria de emissão indireta que inclui gases de efeito estufa provenientes da geração da energia elétrica, vapor, calor ou refrigeração adquiridos pela empresa inventariante (WRI, 2015). Dentre as diversas energias citadas, a **Indústria Química X** consome apenas energia elétrica proveniente de terceiros, cujas emissões indiretas podem ser calculadas por meio de metodologia baseada na localização ou no mercado. O método baseado na localização reflete a intensidade média das emissões das redes em que ocorre o consumo de eletricidade, por meio do uso de fatores de emissão de geração de energia média de locais geográficos definidos (WRI, 2015). O método baseado no mercado reflete as emissões referentes ao fornecedor/produto de eletricidade da empresa inventariante, como por exemplo: fornecedor de eletricidade varejista, gerador específico, produto elétrico diferenciado ou compra de certificados de energia (WRI, 2015).

Conforme árvore de decisão apresentada na figura 5, como as instalações consumidoras de energia da **IQX** não estão localizadas em áreas onde os clientes da rede elétrica possuem dados do produto ou fornecedor de eletricidade sob a forma de certificados, contratos, taxas de emissão, tarifas verdes, misturas residuais ou qualquer outro instrumento contratual, o método

baseado na localização deve ser usado para calcular suas emissões de escopo 2.

Figura 5 – Árvore de decisão para definir o método de cálculo das emissões do escopo 2



Fonte: WRI, 2015.

Segundo método baseado na localização, as emissões de GEE da **IQX** foram calculadas utilizando-se a equação (05), cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 13. Como fatores de emissões locais ou regionais não estão disponíveis na área geográfica onde a **IQX** está localizada, fatores de emissão nacionais foram utilizados.

$$Emissões (tCO_{2e}) = C \cdot 10^{-3} \cdot FE \quad (05)$$

Quadro 13 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões do escopo 02 (método baseado na localização).

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência ¹
C	Consumo de eletricidade em 2014	kWh	Indústria Química X
FE	Fator de emissão nacional	tCO ₂ /MWh	MCTI (2016)

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

1: A referência do parâmetro varia de acordo com o combustível consumido. A fonte de referência do parâmetro está presente na Ferramenta Intersetorial.

Ressalta-se que a equação (05) é simples, apresentando apenas dois parâmetros, um dos quais é o dado de atividade da empresa (C). As emissões de GEE provenientes do consumo de energia elétrica nos processos produtivos da **Indústria Química X** no ano de 2014, compõe a emissão total desta categoria.

3.2.4.3 Escopo 03.

Segundo o limite organizacional definido pela **Indústria Química X** para seu inventário corporativo, o escopo 3 deverá conter todos os gases de efeito estufa que são emitidos indiretamente pela empresa, ou seja, por todas as atividades que não estão sob seu controle operacional; com exceção do consumo de energia elétrica e térmica, consideradas no escopo 2. O escopo 3 é formado por 15 categorias de fontes emissoras, o qual o PBGHGP orienta o uso do método *GHG Protocol Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard* (Padrão do Escopo 3) para contabilização e relato das emissões da cadeia de valor. As emissões de escopo 3 são classificadas em *upstream* (a montante) e *downstream* (a jusante) com base nas transações financeiras da organização inventariante - a primeira refere-se às emissões relacionadas aos bens e serviços comprados ou adquiridos, e a última àquelas relacionadas aos bens e serviços vendidos (WRI; WBCSD, 2011).

Segundo o **Padrão do Escopo 3** (WRI; WBCSD, 2011), as emissões a montante são aplicáveis a todos os tipos de produtos adquiridos, contudo a aplicabilidade das categorias a jusante depende do tipo de produto vendido pela empresa inventariante: final ou intermediário.

Produtos finais são bens e serviços que são consumidos pelo usuário final na sua forma atual, enquanto que produtos intermediários são insumos para a produção de outros bens ou serviços que exigem processamento, transformação ou inclusão adicional em outro produto antes de serem utilizados pelo consumidor final (WRI; WBCSD, 2011). Nos casos em que o uso final de produtos intermediários vendidos seja desconhecido, tornando inviável uma estimativa confiável das emissões a jusante associadas aos seus vários processamentos e usos finais, as organizações inventariantes podem justificar a exclusão das emissões a jusante das categorias 9, 10, 11 e 12 do seu inventário corporativo (WRI; WBCSD, 2011). Comparou-se as pegadas de carbono do produto intermediário fabricado pela IQX e do seu produto final mais provável utilizando dados da base *Ecoinvent v.3* (WERNET et al, 2016), e a diferença entre elas resultou em 5%, o que indica a baixa relevância das emissões à jusante da IQX. O quadro 14 apresenta as categorias do escopo 3, onde aquelas aplicáveis à **IQX** são destacadas.

Quadro 14 - Lista das categorias do escopo 3

Nº	Classificação	Categoria do escopo 3
1	Montante	Bens e serviços adquiridos
2		Bens de capital adquiridos
3		Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2
4		Transporte e distribuição
5		Resíduos gerados nas operações
6		Viagens a negócios
7		Deslocamento de funcionários
8		Bens arrendados
9	Jusante	Transporte e distribuição
10		Processamento de produtos vendidos
11		Uso de bens e serviços vendidos
12		Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos
13		Bens arrendados
14		Franquias
15		Investimentos

Fonte: Adaptado de Padrão do Escopo 3 (WRI; WBCSD, 2011).

3.2.4.3.1 Categoria 01: bens e serviços adquiridos.

Esta categoria inclui todas as emissões a montante (extração, produção e transporte) de produtos (bens e serviços) comprados ou adquiridos pela empresa inventariante, até o ponto de recepção da mesma (WRI; WBCSD, 2011). O *GHG Protocol* não apresenta uma ferramenta para o cálculo das emissões desta categoria. Diante disso, realizou-se o cálculo em ferramenta própria utilizando a equação (06), cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 15.

$$Emissões (tCO_{2e}) = C \cdot FE \cdot 10^{-3} \quad (06)$$

Quadro 15 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes à categoria de bens e serviços adquiridos.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência
C	Produto adquirido em 2014	Unidade funcional (UF) ¹	Indústria Química X
FE	Fator de emissão	kgCO _{2e} /UF	(diversas) ²

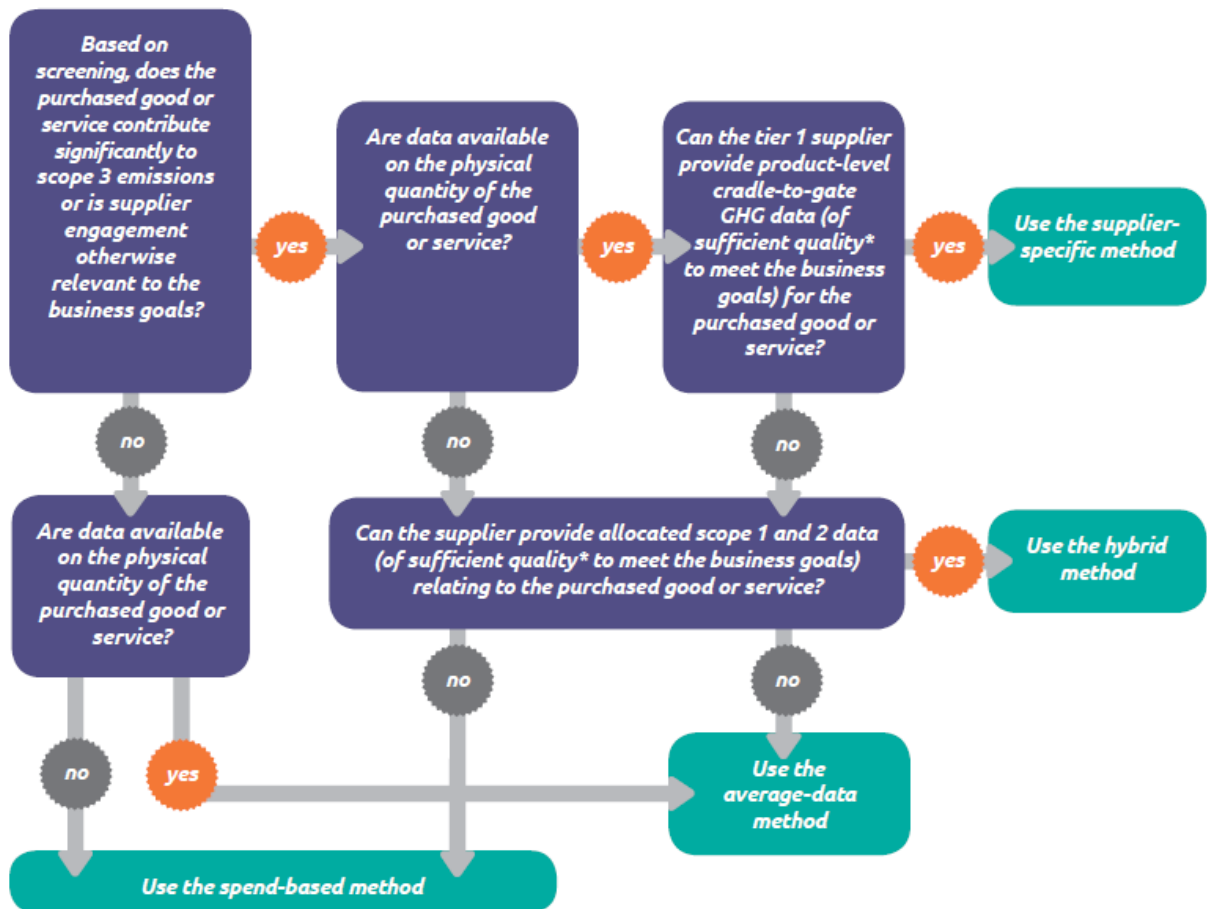
Fonte: Elaboração própria.

1: Refere-se à unidade de medida física (ex. litros, kg) ou econômica (ex. R\$, US\$) do produto adquirido.

2: Os fatores de emissões e suas fontes respectivas são apresentados na seção de resultados.

Ressalta-se que a equação (06) é simples, apresentando apenas dois parâmetros, um dos quais é o dado de atividade da empresa (C). Segundo a árvore de decisão apresentada na figura 6, o método de cálculo deve ser escolhido conforme o tipo de dado disponível. Devido à elaboração e publicação incipiente de inventários corporativos no Brasil, assumiu-se que dados primários (específicos dos fornecedores da **IQX**) são inexistentes, adotando-se dados secundários para os fatores de emissão. Considerando a possibilidade do levantamento de dados físicos referente aos bens de consumo adquiridos, e de dados econômicos para os serviços adquiridos, adotou-se o método dos dados médios (*average-data method*) e o método baseado em gastos (*spend-based method*) para o cálculo de suas emissões respectivas.

Figura 6 – Árvore de decisão para definir o método de cálculo das emissões dos bens e serviços adquiridos.



Fonte: WRI; WBCSD, 2013.

Em ambos os métodos citados, os fatores de emissão foram provenientes de dados secundários, levantados em organizações responsáveis por bases de dados de ciclo de vida, indicadas pelo *GHG Protocol* (WRI; WBCSD, 2017). As emissões de GEE provenientes da aquisição de todos os produtos pela **Indústria Química X** no ano de 2014, compõe a emissão total desta categoria.

3.2.4.3.2 Categoria 02: bens de capital adquiridos.

Todas as emissões a montante (extração, produção, transporte) dos bens de capital comprados ou adquiridos pela empresa inventariante, até o ponto de recepção da mesma devem ser incluídas nesta categoria (WRI; WBCSD, 2011). Segundo o **Padrão do Escopo 3**, bens de capital são produtos finais que possuem uma vida prolongada e são utilizados pela empresa para fabricar um produto, fornecer um serviço, ou vender, armazenar e entregar mercadorias, por

exemplo: equipamentos, máquinas, instalações e veículos. O *GHG Protocol* não apresenta uma ferramenta para o cálculo das emissões para esta categoria. Diante disso, realizou-se o cálculo em ferramenta própria utilizando a equação (07), cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 16.

$$Emissões (tCO_{2e}) = C \cdot FE \cdot 10^{-3} \quad (07)$$

Quadro 16 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes à categoria de bens de capital adquiridos.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência
C	Bem de capital adquirido em 2014	Unidade funcional (UF) ¹	Indústria Química X
FE	Fator de emissão	kgCO _{2e} /UF	(diversas) ²

Fonte: Elaboração própria.

1: Refere-se à unidade de medida física (ex. litros, kg) ou econômica (ex. R\$, US\$) do bem de capital adquirido.

2: Os fatores de emissões e suas fontes respectivas são apresentados na seção de resultados.

Ressalta-se que a equação (07) apresenta apenas dois parâmetros, um dos quais é o dado de atividade da empresa (C). Adotou-se a mesma premissa que a categoria anterior, e, portanto, utilizou-se o método dos dados médios, cujos dados secundários para os fatores de emissão foram levantados a partir das instituições indicadas pelo *GHG Protocol* (WRI; WBCSD, 2017). As emissões de GEE provenientes da aquisição de todos os bens de capital pela **Indústria Química X** no ano de 2014, compõe a emissão total desta categoria.

3.2.4.3.3 Categoria 03: atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2.

Emissões relativas à extração, produção e transporte de combustíveis e energia comprados e consumidos pela organização inventariante no ano inventariado (WRI; WBCSD, 2011). O quadro 17 apresenta as atividades emissoras de GEE que devem ser consideradas nesta categoria, assim como sua aplicabilidade.

Quadro 17 - Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2 (categoria 3).

Atividade	Descrição	Aplicabilidade
Emissões a montante de combustíveis adquiridos	Emissões provenientes da extração, produção e transporte de combustíveis consumidos pela empresa inventariante.	Usuários finais de combustíveis
Emissões a montante da eletricidade adquirida	Emissões provenientes da extração, produção e transporte de combustíveis consumidos na geração de eletricidade, vapor, aquecimento e resfriamento que são consumidos pela empresa inventariante.	Usuários finais de eletricidade, vapor, aquecimento e resfriamento
Perdas T&D	Emissões provenientes da geração de eletricidade, vapor, aquecimento e resfriamento que são perdidos em um sistema de transporte e distribuição.	Usuários finais de eletricidade, vapor, aquecimento e resfriamento
Geração de eletricidade comprada que é vendida para usuários finais	Emissões provenientes da geração de eletricidade, vapor, aquecimento e resfriamento que são comprados pela empresa inventariante e vendida a usuários finais.	Empresas de serviços públicos e varejistas de energia

Fonte: Adaptado de Padrão do Escopo 3 (WRI; WBCSD, 2011).

Como o *GHG Protocol* não apresenta uma ferramenta para o cálculo das emissões desta categoria, realizou-se o cálculo em ferramenta própria. A equação (08) foi utilizada, cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 18.

$$Emissões (tCO_2e) = C \cdot FE \cdot 10^{-3} \quad (08)$$

Quadro 18 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes à categoria de combustível e energia.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência
C	Combustível e energia adquiridos em 2014	Unidade funcional (UF) ¹	Indústria Química X
FE	Fator de emissão	kgCO _{2e} /UF	(diversas) ²

Fonte: Elaboração própria.

1: Refere-se à unidade de medida física (ex. litros, kg) ou econômica (ex. R\$, US\$) do combustível/ energia adquirido.

2: Os fatores de emissões e suas fontes respectivas são apresentados na seção de resultados.

Ressalta-se que esta equação apresenta apenas dois parâmetros, um dos quais é o dado de atividade da empresa (C). Seguindo a mesma premissa adotada anteriormente, utilizou-se dados secundários (método dos dados médios) para os fatores de emissão nos cálculos, que foram levantados a partir das instituições indicadas pelo *GHG Protocol* (WRI; WBCSD, 2017). As

emissões de GEE provenientes da aquisição de todos os combustíveis e energia pela **Indústria Química X** no ano de 2014 não inclusos nos Escopos 1 e 2, compõe a emissão total desta categoria.

3.2.4.3.4 Categoria 04: transporte e distribuição à montante.

Emissões provenientes de: (i) serviços de transporte e distribuição de produtos comprados ou adquiridos, exceto combustíveis e produtos energéticos (ver categoria 3), pela organização inventariante em veículos que não são de propriedade nem operados pela mesma; (ii) outros serviços terceirizados de transporte e distribuição contratados pela empresa inventariante (incluindo logística de entrada e saída); e (iii) transporte e distribuição de terceiros entre as instalações da mesma (WRI; WBCSD, 2011).

A **Ferramenta Intersetorial** apresenta métodos para o cálculo das emissões provenientes do transporte rodoviário, ferroviário, hidroviário e aéreo. Os métodos de cálculo para o modal rodoviário são os mesmos descritos na *seção 3.1.4.1.2 Categoria 02: combustão móvel*, além do método por distância percorrida e peso de carga transportada para caminhões e veículos de carga (FGV; WRI, 2017). Os modais ferroviário e hidroviário apresentam, além do método por tipo de combustível consumido, o método por distância percorrida e transporte de carga, a partir da seleção da concessionária, e tipo e tamanho do navio respectivamente (FGV; WRI, 2017). Já o transporte aéreo apresenta os métodos: por tipo de combustível consumido, e de acordo com aeroportos de origem e destino e carga transportada (FGV; WRI, 2017).

A **IQX** apresentou emissões provenientes dos modais rodoviário e hidroviário. As emissões do transporte rodoviário foram calculadas seguindo as metodologias por tipo de combustível consumido, e por distância percorrida e idade da frota, de acordo com os dados disponíveis. No primeiro método, a **Ferramenta Intersetorial** utiliza a equação (02) apresentada na *seção 3.1.4.1.2 Categoria 02: combustão móvel*. No segundo método, as emissões são calculadas a partir da equação (09), cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 19.

$$Emissões (tCO_{2e}) = (C/M) \cdot FE \cdot GWP \cdot 10^{-3} \quad (09)$$

Quadro 19 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes ao transporte rodoviário pelo método de distância percorrida e idade da frota.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência ²
C	Distância percorrida pelo veículo	km	Indústria Química X
M	Consumo médio de combustível por tipo de veículo	km/UF ¹	MMA (2014)
FE	Fator de emissão	kgCO ₂ /UF ¹	MMA (2014)
		kgCH ₄ /UF ¹	IPCC (2006)
		kgN ₂ O/UF ¹	IPCC (2006)
GWP	Potencial de aquecimento global	kgCO _{2e} /kgCH ₄	IPCC (2013)
		kgCO _{2e} /kgN ₂ O	IPCC (2013)

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

1: UF - unidade funcional - refere-se à unidade de medida física (ex. litros, m³) do combustível consumido.

2: A referência do parâmetro varia de acordo com o combustível consumido. As fontes de referência dos parâmetros estão relacionadas na Ferramenta Intersetorial.

Ressalta-se que, as equações 2 e 9 são compostas por alguns parâmetros, dentre os quais apenas o dado de atividade da empresa (C) não está definido na **Ferramenta Intersetorial**. A fim de defini-lo, na primeira metodologia, foi necessário identificar o tipo e quantidade de combustível consumido em cada fonte móvel, e para o segundo método, os dados referentes ao tipo de veículo e distância percorrida foram necessários para o cálculo das emissões.

As emissões do transporte hidroviário foram calculadas conforme o método por distância percorrida e transporte de carga. Neste método, as emissões são calculadas a partir da equação (10), cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 20. Ressalta-se que além dos parâmetros citados, deve-se definir o tipo de navio utilizado no transporte, assim como seu tamanho para que seja feita a alocação adequada dos fatores de emissão pela **Ferramenta Intersetorial**.

$$Emissões (tCO_{2e}) = D \cdot C \cdot FE \cdot GWP \cdot 10^{-3} \quad (10)$$

Quadro 20 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes ao transporte hidroviário pelo método por distância percorrida e transporte de carga.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência ¹
D	Distância percorrida pelo navio	km	Indústria Química X
C	Carga transportada pelo navio	t	Indústria Química X
FE	Fator de emissão	kgCO ₂ /t.km	DEFRA (2015)
		kgCH ₄ / t.km	DEFRA (2015)
		kgN ₂ O/ t.km	DEFRA (2015)
GWP	Potencial de aquecimento global	kgCO _{2e} /kgCH ₄	IPCC (2013)
		kgCO _{2e} /kgN ₂ O	IPCC (2013)

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

1: A referência do parâmetro varia de acordo com o combustível consumido. As fontes de referência dos parâmetros estão relacionadas na Ferramenta Intersetorial.

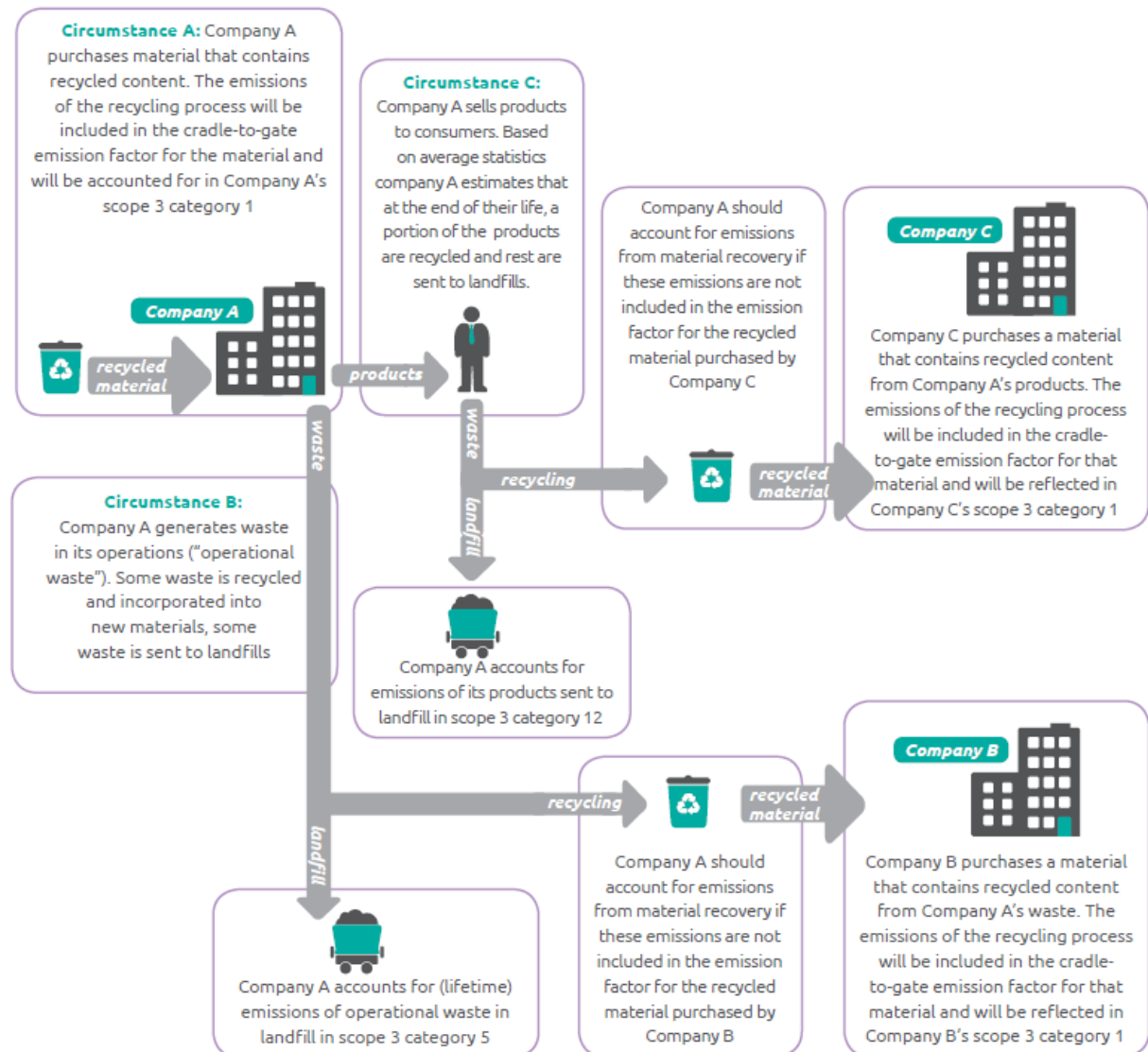
As emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis em todas as fontes móveis referente aos serviços de transporte e distribuição de produtos comprados, assim como outros serviços de transporte contratados pela **Indústria Química X** pelos modais rodoviários e hidroviários no ano de 2014, compõe a emissão total desta categoria.

3.2.4.3.5 Categoria 05: resíduos gerados nas operações.

Emissões de escopo 1 e 2 do tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos e efluentes líquidos decorrentes das operações da organização inventariante, realizados em instalações controladas por terceiros (WRI; WBCSD, 2011). Alguns exemplos de tratamento e disposição final de resíduos sólidos são: reciclagem, incineração, compostagem e disposição em aterro. Eles geram principalmente os gases de efeito estufa: metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), e parcelas menores de óxido nitroso (N₂O). Como o CO₂ é proveniente da decomposição de biomassa sobretudo, ele não é considerado em inventários devido à fonte biogênica (IPCC, 2006c). Além das emissões provenientes do tratamento/ disposição dos resíduos, a organização inventariante pode incluir as emissões do transporte de resíduos em veículos operados por terceiros (WRI; WBCSD, 2013).

O processo de reciclagem apresenta dupla funcionalidade na cadeia de valor: ele pode ser caracterizado tanto como um processo de tratamento de resíduos sólidos, como de fabricação de produtos novos reciclados. Dessa forma, as emissões do processo de reciclagem de um material podem ser contabilizadas tanto pela empresa geradora dos resíduos, quanto pela empresa consumidora do bem reciclado. Contudo, isso conduziria a uma dupla contabilização, uma vez que as emissões de escopo 1 e 2 do processo de reciclagem não devem ser consideradas de forma múltipla nos inventários de empresas presentes na sua cadeia de valor. O *GHG Protocol* elaborou um quadro esquemático (ver figura 7) em que orienta onde as emissões de reciclagem devem ser contabilizadas ao longo da cadeia de valor a fim de evitar a dupla contabilização, considerando as situações possíveis (WRI; WBCSD, 2013).

Figura 7 – Locação das emissões do processo de reciclagem ao longo da cadeia de valor.



Fonte: WRI; WBCSD, 2013.

Segundo o *GHG Protocol*, as emissões do processo de reciclagem não devem ser contabilizadas pela empresa geradora de resíduos, caso elas sejam consideradas no fator de emissão do bem reciclado utilizado pela empresa consumidora (WRI; WBCSD, 2013). Sabe-se que as empresas optam por consumir bens reciclados em seus processos produtivos, dentre outros, devido ao seu impacto ambiental menor. Portanto, quando uma empresa adquire um bem de consumo reciclado, naturalmente ela considerará o processo de reciclagem, uma vez que ele confere ao bem um fator de emissão menor do que o fator de emissão padrão. Logo, esta orientação promove uma relação ganha-ganha entre as empresas geradoras de materiais recicláveis e consumidoras de bens reciclados. As emissões decorrentes do tratamento/ disposição de resíduos sólidos recicláveis são anuladas para as empresas geradoras. Enquanto que a apropriação destas emissões é benéfica para as empresas consumidoras, pois elas propiciam um fator de emissão menor do bem de consumo adquirido. Portanto, trata-se de uma orientação que estimula a adoção do processo de reciclagem em todas as empresas, uma vez que promove a redução da sua pegada de carbono de uma forma ou de outra. Seguindo a orientação do *GHG Protocol*, as emissões provenientes dos processos de reciclagem ao qual alguns resíduos sólidos da **IQX** foram destinados em 2014, não foram contabilizadas.

A **Ferramenta Intersetorial** apresenta método para o cálculo das emissões de GEE provenientes da compostagem anaeróbica e da disposição em aterro dos resíduos sólidos urbanos (RSU). A **IQX** apresentou emissões provenientes apenas da disposição dos resíduos sólidos em aterro. Como as emissões de N_2O provenientes da disposição de resíduos em aterros são irrelevantes, somente as emissões de CH_4 são consideradas no inventário (IPCC, 2006c). A equação (11) é utilizada para o cálculo das emissões de metano, cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 21.

Observa-se que apesar de apenas um parâmetro ser proveniente de dado de atividade da **IQX**, outros são indiretamente dependentes. A fim de definir o parâmetro DOC, é necessário estabelecer a composição do RSU entre: papéis/ papelão, resíduos têxteis, resíduos alimentares, madeira, resíduos de jardim e parque, fraldas, e borracha e couro (FGV; WRI, 2017). Os parâmetros MCF e OX são definidos segundo o tipo de aterro ao qual o resíduo é destinado. Enquanto que o parâmetro R é definido pela existência ou não de recuperação do metano no local da disposição.

$$Emissões (tCO_{2e}) = W \cdot DOC \cdot 0,5 \cdot MCF \cdot 0,5 \cdot \frac{16}{12} \cdot (1 - OX) \cdot (1 - R) \cdot GWP \quad (11)$$

Quadro 21 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes aos resíduos aterrados.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência
W	Quantidade de resíduo sólido	tRSU	Indústria Química X
DOC ¹	Carbono orgânico degradável	tC/tRSU	IPCC (2006c)
MCF ²	Fator de correção do metano	-	IPCC (2006c)
OX ²	Fator de oxidação do metano	-	IPCC (2006c)
16/12	Razão do peso entre metano e carbono	tCH ₄ /tC	IPCC (2006c)
R	Recuperação do metano	%	IPCC (2006c)
GWP	Potencial de aquecimento global	tCO _{2e} /tCH ₄	IPCC (2013)

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017) e IPCC (2006c).

1: DOC – Média ponderada do carbono orgânico degradável considerando tipo e quantidade de resíduos (IPCC, 2006c).

2: Parâmetros definidos a partir da escolha do tipo de aterro no qual o RSU é disposto.

As emissões do transporte de resíduos também foram contabilizadas. A **Ferramenta Intersetorial** não apresenta nenhum método de cálculo para essas emissões nesta categoria. Contudo, a partir dos métodos de cálculo disponibilizados para a *Categoria 04: transporte e distribuição*, foi possível calcular as emissões do transporte dos resíduos. Utilizou-se a equação (07), cujos parâmetros, unidades e fontes de referência foram apresentados no quadro 18.

As emissões de GEE provenientes da disposição e transporte dos resíduos sólidos gerados em 2014 pela **Indústria Química X** compõe a emissão total desta categoria.

3.2.4.3.6 Categoria 06: viagens a negócios.

Emissões do transporte de funcionários para atividades referentes aos negócios da organização inventariante, realizado em veículos operados por terceiros, tais como: aeronaves, trens, ônibus, automóveis de passageiros e embarcações (WRI; WBCSD, 2011). Elas incluem as emissões de escopo 1 e escopo 2 das empresas de transporte. A distinção dos diversos tipos de transporte de funcionários na cadeia de valor da organização inventariante é apresentada no quadro 22.

Quadro 22 - Contabilização do transporte de funcionários ao longo da cadeia de valor.

Atividade	Escopo e categoria das emissões
Emissões de transporte em veículos controlados pela empresa inventariante.	Escopo 01 (veículos que usam combustíveis) e Escopo 02 (veículos que usam eletricidade)
Emissões do transporte de funcionários para atividades relacionadas aos negócios em veículos controlados por terceiros.	Escopo 03, categoria 6 (Viagens a negócio)
Emissões do transporte de empregados de ida e retorno do trabalho	Escopo 03, categoria 7 (Deslocamento de funcionários)
Emissões de veículos arrendados operados pela empresa relatora não incluídas no escopo 1 ou escopo 2	Escopo 03, categoria 8 (Bens arrendados à montante)

Fonte: Adaptado de WRI e WBCSD (2013).

A **Ferramenta Intersetorial** apresenta métodos para o cálculo das emissões provenientes de viagens em: aeronave, trem e metrô, ônibus e automóvel. Nas viagens aéreas, as emissões são calculadas de acordo com os aeroportos de origem e destino, ou distância percorrida (FGV; WRI, 2017). O método de cálculo das emissões em viagens de trem, metrô ou ônibus é de acordo com a distância percorrida (FGV; WRI, 2017). Já os métodos de cálculo das emissões referentes às viagens em automóvel são os mesmos descritos na *seção 3.1.4.1.2 Categoria 02: combustão móvel*.

A **IQX** apresentou emissões provenientes apenas de viagens aéreas, que foram calculadas de acordo com os aeroportos de origem e destino. Neste método, a **Ferramenta Intersetorial** utiliza a equação (12) para o cálculo das emissões de GEE, cujos parâmetros, unidades e fontes de referência são apresentados no quadro 23.

Ressalta-se que na equação (12), metade dos parâmetros refere-se a dados de atividade da empresa (C e P). A distância percorrida é estabelecida por meio da identificação dos aeroportos de origem e destino de cada trecho aéreo. Já o número de passageiros/ trechos pode ser definido pelo número de passageiros em um mesmo voo, ou pela quantidade de trajetos realizados considerando os mesmos aeroportos de origem e destino. As emissões de GEE provenientes de todas viagens aéreas realizadas em 2014 pelos funcionários da **Indústria Química X** compõe a emissão total desta categoria.

$$Emissões (tCO_{2e}) = C \cdot P \cdot FE \cdot GWP \cdot 10^{-3} \quad (12)$$

Quadro 23 - Parâmetros da equação de cálculo das emissões referentes ao transporte aéreo de funcionários para fins de negócios.

Parâmetro	Descrição	Unidade	Fontes de referência ¹
C	Distância percorrida pela aeronave	km	Indústria Química X
P	Número de passageiros/ trechos	p	Indústria Química X
FE	Fator de emissão	kgCO ₂ /p.km	DEFRA (2016)
		kgCH ₄ / p.km	DEFRA (2016)
		kgN ₂ O/ p.km	DEFRA (2016)
GWP	Potencial de aquecimento global	kgCO _{2e} /kgCH ₄	IPCC (2013)
		kgCO _{2e} /kgN ₂ O	IPCC (2013)

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

1: A referência do parâmetro varia de acordo com o combustível consumido. As fontes de referência dos parâmetros estão relacionadas na Ferramenta Intersetorial.

3.2.4.3.7 Categoria 07: deslocamento de funcionários.

Emissões provenientes do deslocamento de funcionários entre suas residências e seus locais de trabalho em meios de transporte não operados pela organização inventariante. (WRI; WBCSD, 2011). Elas incluem as emissões de escopo 1 e 2 dos serviços de transporte terceirizados.

A **Ferramenta Intersetorial** apresenta métodos para o cálculo das emissões provenientes do deslocamento dos funcionários em transporte público ou veículos particulares. O cálculo das emissões em deslocamentos via transporte público é realizado a partir do número de passageiros, distância percorrida por trecho, dias trabalhados por ano, e tipo de veículo: metrô/ trem urbano, e ônibus municipal/ viagem (FGV; WRI, 2017). Em deslocamentos realizados em veículos particulares, os métodos de cálculo disponibilizados são semelhantes àqueles descritos na seção 3.1.4.1.2 *Categoria 02: combustão móvel*. A diferença consiste na obtenção dos dados de distância percorrida e combustíveis consumidos, que são calculados por meio da multiplicação da média diária desses parâmetros, com a quantidade de dias trabalhados no ano (FGV; WRI, 2017).

A **IQX** apresentou emissões provenientes apenas de deslocamentos realizados em veículos

particulares, que foram calculadas de acordo com o método por distância percorrida e idade da frota segundo dados disponíveis. Neste método, a **Ferramenta Intersetorial** utiliza a equação (07) apresentada na *seção 3.1.4.3.4 Categoria 04: transporte e distribuição*. Trata-se de uma equação cujo apenas o dado de atividade da empresa (C) não está definido na Ferramenta, referente à distância percorrida. A fim de defini-lo, conforme mencionado anteriormente, é necessário saber a distância média percorrida diariamente assim como o número de dias trabalhados no ano. A seleção do tipo e idade de veículo utilizado é importante para a definição dos fatores de emissão a serem utilizados nos cálculos. As emissões de GEE provenientes dos deslocamentos de todos funcionários da **Indústria Química X** realizados em 2014, entre suas residências e local de trabalho, compõe a emissão total desta categoria.

3.2.4.3.8 Categoria 08: bens arrendados (a organização como arrendatária).

Emissões provenientes da operação de bens arrendados pela organização inventariante (arrendatária), que não foram incluídas nos escopos 1 e 2 da mesma (WRI; WBCSD, 2011). A fim de realizar esta contabilização, é importante conhecer os dois tipos de arrendamento considerados no *GHG Protocol*: mercantil e operacional. O arrendamento operacional permite ao locatário a operação do ativo arrendado. O arrendamento mercantil, além de permitir a operação do ativo, oferece ao locatário os riscos e benefícios relativos à propriedade do ativo (WRI; WBCSD, 2011). Observa-se que em ambos os casos o locatário tem controle operacional do bem arrendando, portanto, para empresas que adotam o limite organizacional de controle operacional esta categoria não se aplica, uma vez que as emissões referentes ao uso de combustível e de energia adquiridos já foram contabilizadas no escopo 1 e 2, respectivamente (WRI; WBCSD, 2011). Portanto, esta categoria não foi incluída no inventário da **Indústria Química X**, pois adotou-se o controle operacional como limite organizacional.

3.2.4.3.9 Categoria 09: Transporte e distribuição à jusante.

Emissões provenientes do transporte e distribuição de produtos vendidos entre a empresa e o consumidor final, em veículos e instalações não pertencentes ou controladas pela organização inventariante (WRI; WBCSD, 2013). A **Indústria Química X** produz um químico

intermediário e vende, por sua vez, a outras empresas cujos produtos também são intermediários, apresentando uma cadeia de valor potencialmente extensa. Dessa forma, a fim de levantar dados de trajetos percorridos por serviços de transporte e distribuição até o consumidor final do produto químico da IQX, seria necessário primeiro ter um conhecimento integral da sua cadeia de valor à jusante, por meio do levantamento das empresas e pontos de venda dos respectivos produtos finais de interesse. Neste primeiro momento, este esforço talvez não compensasse, uma vez que as emissões contabilizadas nesta categoria por empresas químicas de referência, segundo o CDP (2017b), representaram apenas cerca de 1% de suas emissões de GEE (CDP, 2017b; 2017c). Portanto, conforme orientação do *GHG Protocol*, devido ao baixo conhecimento da cadeia de valor à jusante do produto intermediário fabricado pela IQX, as emissões desta categoria não foram contabilizadas no seu inventário corporativo (WRI; WBCSD, 2011).

3.2.4.3.10 Categoria 10: Processamento de produtos vendidos.

Emissões provenientes do processamento de produtos intermediários vendidos por terceiros subsequente à venda pela organização inventariante e antes do uso pelo consumidor final (WRI; WBCSD, 2013). O *GHG Protocol* afirma ainda que essas emissões de escopo 3 incluem as emissões de escopo 1 e 2 de parceiros da cadeia de valor a jusante da organização inventariante. Assim como na *Categoria 09: Transporte e distribuição a jusante*, a fim realizar o levantamento dos dados necessários para o cálculo das emissões de GEE nesta categoria, primeiro seria necessário a identificação de todas as empresas presentes na cadeia de valor a jusante da IQX. Assim como na categoria anterior, este esforço não compensaria na elaboração de um inventário inicial, uma vez que as emissões contabilizadas nesta categoria por empresas químicas de referência segundo o CDP representam 0% aproximadamente de suas emissões de GEE totais em sua maioria (CDP, 2017b; 2017c). Portanto, conforme orientação do *GHG Protocol* e do *WBCSD Chemical Sector Greenhouse Gas (GHG) Working Group*, devido ao baixo conhecimento da cadeia de valor a jusante do produto intermediário fabricado pela IQX, as emissões desta categoria não foram contabilizadas no seu inventário corporativo (WBCS, 2013; WRI; WBCSD, 2011).

3.2.4.3.11 Categoria 11: *Uso de bens e serviços vendidos.*

Emissões provenientes do uso de bens e serviços vendidos pela empresa relatora no ano de referência, que incluem as emissões do escopo 1 e 2 dos usuários finais (WRI; WBCSD, 2011). O químico produzido pela **Indústria Química X** é inorgânico, e, portanto, não emite nenhum GEE durante o seu uso, uma vez que ele é incorporado ao produto final na maioria das vezes. Diante desta característica, mesmo que todos os produtos finais resultantes do processamento deste produto fossem identificados, eles não gerariam GEE durante seu uso. Portanto, esta categoria não apresentaria nenhuma emissão de GEE, sendo excluída do inventário corporativo da **IQX**.

3.2.4.3.12 Categoria 12: *Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos.*

Emissões provenientes da eliminação e tratamento de resíduos dos produtos vendidos no ano de referência pela organização inventariante ao fim da sua vida útil, que se referem às emissões de escopo 1 e 2 de empresas de gerenciamento de resíduos (WRI; WBCSD, 2011). Enfatiza-se que no caso de produtos vendidos serem intermediários, a organização inventariante deve contabilizar as emissões resultantes da eliminação do produto intermediário, e não do respectivo produto final (WRI; WBCSD, 2013). A exclusão desta categoria do inventário corporativo da **Indústria Química X**, justifica-se de forma similar à *Categoria 11: Uso de bens e serviços vendidos*. A **IQX** produz um químico inorgânico, portanto, sua eliminação não resulta na geração de nenhum GEE.

3.2.4.3.13 Categoria 13: *bens arrendados (a organização como arrendadora).*

Emissões da operação dos bens de propriedade da organização inventariante (arrendadora) e arrendados a outras entidades no ano inventariado, não incluídas nos escopos 1 e 2 da mesma (WRI; WBCSD, 2011). Em ambos os tipos de arrendamento citados (mercantil e operacional), o locador não tem controle operacional, portanto, as emissões associadas à combustão do combustível e utilização da energia elétrica adquirida dos bens arrendados são de escopo 3 para

organizações cujo limite organizacional é de controle operacional (WRI; WBCSD, 2011). A **Indústria Química X** não possui nenhum bem arrendado à terceiros, logo, esta categoria foi excluída do seu inventário.

3.2.4.3.14 Categoria 14: franquias

Emissões da operação de franquias não incluídas no escopo 1 ou no escopo 2 da organização franqueadora inventariante, ou seja, de empresas que concedem licenças a outras entidades para vender ou distribuir seus bens ou serviços em troca de pagamentos, como royalties pelo uso de marcas registradas por exemplo (WRI; WBCSD, 2011). A **Indústria Química X** não é uma empresa franqueadora, portanto, esta categoria de emissões não foi incluída no seu inventário.

3.2.4.3.15 Categoria 15: investimentos.

Emissões dos escopos 1 e 2 das entidades a cujo os investimentos da organização inventariante se destinam. Segundo o *GHG Protocol* (WRI; WBCSD, 2011), devem relatar aquelas empresas que apresentam os investimentos do tipo: investimento de capital, investimento de dívida e financiamento de projetos. Ele afirma ainda que se aplica principalmente a empresas que investem visando o lucro, assim como aquelas que prestam serviços financeiros. O **Setor de Produção e Integração da Manufatura** informou em contato telefônico realizado em 24/05/2017 que a empresa não realizou nenhum tipo de investimento em 2014. Portanto, esta categoria não foi incluída no seu inventário.

3.2.5 Relato das emissões de GEE.

Segundo o *GHG Protocol* (WRI; WBCSD, 2004; 2011), as organizações inventariantes devem informar publicamente as seguintes informações em seus relatórios de emissões de GEE no primeiro ano de realização do inventário:

- a) descrição da organização e dos limites do inventário
- escolha do limite organizacional e abordagem de consolidação dos dados;
 - escolha do limite operacional, incluindo lista das atividades consideradas e justificando aquelas excluídas;
 - escolha do ano base;
- b) informações sobre as emissões de GEE
- emissões totais dos escopos 1, 2 e 3;
 - relato dos dados de emissão separado por escopo e categoria;
 - emissões totais dos gases de efeito estufa: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆ e NF₃ em toneladas de dióxido de carbono equivalente;
 - emissões biogênicas de CO₂ relatadas separadamente;
 - descrição dos tipos, fontes e qualidade dos dados de atividade, fatores de emissão e GWP utilizados para calcular as emissões;
 - metodologias utilizadas para calcular as emissões;
 - porcentagem de emissões do escopo 3 calculada usando dados obtidos de fornecedores ou outros parceiros de cadeia de valor.

A organização inventariante deve se esforçar para criar um relatório tão relevante, transparente, preciso, consistente e completo quanto possível (WRI; WBCSD, 2004; 2011). Os requisitos apresentados compõem o mínimo exigido para relato do inventário de GEE segundo o *GHG Protocol*. Eles podem sofrer variação de acordo com os requisitos exigidos pelo programa de GEE almejado, assim como para fins de gestão interna. A princípio, o inventário de GEE da **Indústria Química X** será relatado para fins de gestão interna, no formato de seu interesse.

3.3 ANÁLISE DA CONTABILIZAÇÃO DAS EMISSÕES E PROPOSTA DE AÇÕES DE REDUÇÃO DE GEE.

3.3.1 Análise dos resultados da contabilização das emissões.

Os resultados da contabilização das emissões da **Indústria Química X** foram analisados perante resultados de algumas empresas do setor químico. Tomou-se como referência as dez melhores indústrias químicas segundo o estudo realizado pelo CDP (2017b), intitulado *Catalyst for change: which chemical companies are prepared for the low carbon transition?*. Tratam-se de empresas que são consideradas referência mundial no âmbito de ações voltadas à economia de baixo carbono, presentes em diversos segmentos do setor químico. Estes, por sua vez, apresentam centenas de rotas operacionais, tornando-se um desafio identificar empresas cujos contextos operacionais sejam similares. Dessa forma, apesar de algumas empresas selecionadas trabalharem com produtos químicos similares àquele da IQX, elas possuem porte bem maior. Portanto, a fim de refinar as características deste grupo de empresas ao contexto operacional da IQX, incluiu-se a Kemira, uma empresa que possui uma classificação muito boa dentre aquelas respondentes aos questionários do CDP referente às questões climáticas (CDP, 2017c).

Denominou-se **empresas de referência** este grupo de indústrias químicas, apresentadas de forma sucinta no quadro 24.

Quadro 24 - Empresas cujos dados foram utilizados como referência na análise dos resultados da contabilização das emissões da IQX.

Indústria química	Segmento ¹	Visão geral do portfólio
AkzoNobel	Produtos específicos	Tintas, revestimentos e produtos químicos especiais
Basf	Produtos diversos	Produtos químicos, materiais de desempenho, materiais e soluções funcionais, soluções agrícolas, e petróleo e gás.
Braskem	Petroquímica	Resinas termoplásticas (polietileno, polipropileno e cloreto de polivinil) e petroquímicos básicos (etileno, propileno, butadieno etc).
DuPont	Produtos diversos	Soluções para capitalizar áreas de crescente demanda global - permitindo alimentos mais seguros e nutritivos; criando materiais de alto desempenho e eficientes para uma ampla gama de indústrias; e fornecendo cada vez mais materiais e combustíveis baseados em fontes renováveis.

Indústria química	Segmento ¹	Visão geral do portfólio
Evonik	Produtos específicos	Segmento nutrição e cuidados produz químicos especiais, para aplicações em bens de consumo, alimentação animal e saúde; segmento de eficiência de recursos fornece soluções amigáveis ao meio ambiente e eficientes em termos energéticos; segmento de materiais de desempenho fornece materiais poliméricos e intermediários para indústrias de borracha e plásticos.
Kemira	Produtos específicos	Produtos químicos que melhoram a qualidade de produtos, processos e eficiência de recursos nos segmentos de Papel e Celulose, Óleo e Gás e Tratamento de Água .
Koninklijke DSM	Produtos específicos	Soluções inovadoras que nutrem, protegem e melhoram o desempenho em mercados globais, tais como suplementos alimentares e dietéticos, cuidados pessoais, dispositivos médicos, automotivos, tintas, eletroeletrônicos, proteção de vida, energia alternativa e materiais biológicos.
Johnson Matthey	Produtos específicos	Autocatalisadores, sistemas de controle de poluição e catalisadores de óleo diesel, catalisadores e componentes para células de combustível, baterias para veículos elétricos, catalisadores e tecnologias para processos químicos, produtos químicos finos, catalisadores químicos e ingredientes farmacêuticos ativos, e refinação e fabricação de metais preciosos
LG Chem	Petroquímica	Materiais básicos e produtos químicos (petroquímicos), TI e materiais eletrônicos (polarizadores de LCD), solução de energia (bateria de lítio-íon, bateria de alta capacidade para veículos PHEV), materiais avançados (materiais de exibição e bateria recarregável) e outros produtos (proteção de culturas, sementes e fertilizantes).
PPG	Produtos específicos	Tintas, revestimentos e produtos químicos especiais
Sumitomo Chemical	Produtos diversos	Diversos produtos nos setores: petroquímica e plásticos, energia e materiais funcionais, químicos relacionados à TI, agricultura, e produtos farmacêuticos.

Fonte: Elaboração própria com base em CDP (2017c).

1: Segundo CDP (2017b).

Inicialmente, a apresentação e análise dos resultados da contabilização das emissões da **IQX** foi feita segundo os escopos e suas respectivas categorias. As emissões totais e por categoria dos escopos do inventário foram apresentadas e analisadas considerando: aqueles obrigatórios segundo o *GHG Protocol* (escopos 1 e 2), apenas o escopo 3, e todos os escopos. Em seguida, indicadores absolutos e de intensidade foram calculados para fins de monitoramento das emissões pela **IQX** e comparação com os resultados das **empresas de referência**. Os indicadores absolutos apresentaram as emissões dos escopos individualmente, e as emissões agregadas dos escopos 1 e 2, e dos três escopos, em termos de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_{2e}). Os indicadores de intensidade apresentam essas emissões normalizadas por uma unidade de negócio (número de funcionários, quantidade de produto, receita etc.), de forma que permitisse a comparação do resultado das emissões totais entre empresas.

Dentre as principais categorias do inventário, realizou-se uma Análise de Pareto a partir de suas respectivas fontes emissoras, a fim de identificar aquelas que apresentam maior potencial de redução de GEE. Segundo Campos (1992), trata-se de um gráfico por meio do qual é possível separar os problemas entre os poucos vitais e os muito triviais. A Análise de Pareto sugere que na maioria das situações, poucas fontes de problemas irão representar as maiores oportunidades de melhoria (SANTOS e LUCK, 2011).

Por fim, as limitações presentes no cálculo das emissões de GEE da **Indústria Química X** foram apresentadas, principalmente aquelas limitações referentes aos dados de atividade e aos fatores de emissão. Ambos dados de emissão foram avaliados segundo os critérios do *GHG Protocol* (WRI; WBCSD, 2011): tecnologia utilizada no processo produtivo representada no fator de emissão, tempo de publicação, abrangência geográfica, integralidade e confiabilidade; conforme apresentado no quadro 25. A qualidade dos fatores de emissão utilizados nos cálculos foi definida e analisada de forma geral por categoria, assim como individualmente nas fontes emissoras mais relevantes segundo a Análise de Pareto realizada.

Quadro 25 - Critérios de avaliação dos fatores de emissões de GEE do *GHG Protocol*.

Qualidade	Tecnologia empregada	Abrangência geográfica	Atualização
Muito boa	Mesma tecnologia	Mesma localização	< 3 anos
Boa	Tecnologia similar	Localização similar	< 6 anos
Razoável	Tecnologia diferente	Localização diferente	< 10 anos
Pobre	Tecnologia desconhecida	Localização desconhecida	> 10 anos ou ano desconhecido.

Fonte: Adaptado de WRI e WBCSD (2011).

3.3.2 Proposta das ações de redução de GEE.

As ações de redução de emissões de GEE foram levantadas a partir da literatura técnico-científica, e expostas e discutidas com a **Equipe Focal** da **Indústria Química X** em reunião presencial realizada em 19/05/2016. A partir do *brainstorming* realizado nesta reunião, as ações de redução foram analisadas quanto à sua viabilidade técnica. Aquela que apresentou viabilidade técnica definida foi selecionada para fins de análise de sua viabilidade ambiental e econômica.

3.4 ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL DA AÇÃO DE REDUÇÃO DE GEE SELECIONADA.

A ação de redução de GEE selecionada visa melhorar a eficiência energética da tubulação principal do sistema de vapor de 19 bar da **Indústria Química X**. Considerou-se uma vida útil de 10 anos após a implantação da ação de redução de GEE, uma vez que a taxa de depreciação para instalações de distribuição em aço é de 10% por ano (BRASIL, 2017). A análise da viabilidade ambiental foi realizada por meio da estimativa do ganho energético proporcionado pela ação de redução, e sua consequente redução de GEE. A melhoria da eficiência energética na operação desta tubulação pode ser alcançada por meio da substituição de purgadores ineficientes e isolamentos degradados, por equipamentos novos. Logo, estimou-se o ganho energético desta ação por meio da estimativa das perdas energéticas devido à ineficiência dos purgadores de vapor e à degradação dos isolamentos térmicos. A tonelada de fluxo de vapor perdido foi considerada como unidade de referência da energia perdida estimada, a fim de viabilizar as análises ambiental e econômica, conforme descrito nas seções a seguir.

3.4.1 Estimativa da perda de energia no sistema de distribuição de vapor.

Em sistemas abertos com fluxo constante, como é o caso de sistemas de distribuição de vapor, é possível estimar a perda de energia a partir do princípio de conservação de energia (CEB, FUPAI / EFFICIENTIA, 2005a). Segundo Çengel e Cimbala (2007), apesar da energia total de um sistema compressível simples consistir nas energias: interna (u), cinética (e_c) e potencial (e_p), o fluido entrando e saindo de um volume de controle possui também a energia de escoamento (P/ρ). Esta energia somada à energia interna resulta na entalpia do fluido. Çengel e Cimbala (2007) afirmam ainda que utilizando a entalpia em vez da energia interna, o trabalho do escoamento é automaticamente considerado. Considerando as perdas energéticas do vapor devido ao atrito na tubulação desprezíveis, e escoamento de regime permanente, a variação da energia total de um sistema de distribuição de vapor pode ser representada pela equação (13):

$$\dot{Q} = \dot{\Delta H} + \dot{\Delta E}_p + \dot{\Delta E}_c \quad (13)$$

Onde:

- a) \dot{Q} : taxa de variação da energia total (J/h)
- b) $\dot{\Delta H}$: taxa de variação de entalpia (J/h);
- c) $\dot{\Delta E}_p$: taxa de variação de energia potencial (J/h);
- d) $\dot{\Delta E}_c$: taxa de variação de energia cinética (J/h);

No trecho analisado do sistema de vapor, as variações de energia cinética e potencial podem ser consideradas insignificantes. A energia cinética não varia no trecho em questão, uma vez que o diâmetro da tubulação é constante. A variação da energia potencial pode ser considerada desprezível, pois a cota da tubulação varia apenas cerca de 2,5% em relação ao seu comprimento total. Logo, a variação de energia total do sistema equivale à variação de entalpia específica do vapor, conforme descrito na equação (14):

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot (h_f - h_i) \quad (14)$$

Onde:

- a) \dot{Q} : taxa de variação da energia total (J/h)
- b) \dot{m} : vazão mássica do vapor (kg/h);
- c) h_f : entalpia específica do vapor na condição final (J/kg);
- d) h_i : entalpia específica do vapor na condição inicial (J/kg).

Esta expressão resulta no valor da perda de calor total de um sistema de distribuição de vapor, que pode representar perdas energéticas pelo isolamento térmico, purgadores de vapor e vazamentos diversos (CEB, FUPAI / EFFICIENTIA, 2005b). Segundo **Setor de Manutenção e Confiabilidade da Indústria Química X** em reunião presencial (03/11/16), os vazamentos de vapor na tubulação principal de 19 bar podem ser considerados desprezíveis. Portanto, neste caso, a equação (14) resulta na quantidade de energia perdida por meio do isolamento térmico e purgadores de vapor.

3.4.1.1 Estimativa da perda de energia por purgadores de vapor ineficientes

A fim de identificar e quantificar vazamentos de vapor, os fabricantes dos purgadores de vapor podem ser contatados, pois prestam serviços com instrumentos específicos para esse fim (CEB, FUPAI / EFFICIENTIA, 2005a). Assim, a **Indústria Química X** contratou as empresas *Spirax Sarco Industry and Commerce* (Spirax Sarco) e *Techsol Industry, Commerce and Services* (Techsol) para avaliar as condições de operação de seus purgadores de vapor, em diferentes momentos (SPIRAX SARCO, 2006; TECHSOL, 2016). A Spirax Sarco (2006) usou o analisador de vibração ultrassônica UP-100 na inspeção de purgadores de vapor. Trata-se de um transmissor eletromecânico, que converte a vibração mecânica em um sinal elétrico audível de pequena intensidade que identifica a condição do purgador de vapor (SPIRAX SARCO, 2006). A avaliação da Techsol, por sua vez, apresentou dados atualizados sobre as condições de operação dos purgadores de vapor, embora não tenha quantificado os vazamentos de vapor (TECHSOL, 2016).

3.4.1.2 Estimativa de perda de energia devido à degradação do isolamento térmico

O isolamento térmico de uma tubulação de vapor é uma superfície cilíndrica que conduz calor, portanto, ele permite a perda de energia para o ambiente mesmo sendo novo. Dessa forma, estimou-se a perda de energia devido à degradação do isolamento térmico na tubulação principal de 19 bar do sistema de distribuição de vapor da **IQX**, por meio da diferença entre o fluxo de calor que ocorre pelo isolamento degradado, e a perda de energia esperada por um isolamento novo.

3.4.1.2.1 Estimativa de perda de energia pelo isolamento térmico degradado

A energia perdida pelo isolamento térmico degradado foi estimada pela diferença entre a perda de energia total no sistema, conforme disposto na *seção 3.4.1 Estimativa da perda de energia no sistema de distribuição de vapor*, e a energia perdida pelos purgadores de vapor. Todavia, faz-se necessário igualar as unidades a fim de calcular esta diferença, e neste estudo optou-se

por trabalhar com a energia em termos de fluxo de vapor. A fim de realizar a conversão de unidades, estimou-se a quantidade de energia necessária para a produção de 1kg/h de vapor, por meio da equação (14) e das condições iniciais e finais de pressão e temperatura de produção. As variações de energia cinética e potencial foram consideradas desprezíveis frente à variação da entalpia no processo de produção de vapor. A partir da quantidade total de calor perdida no sistema de distribuição (\dot{Q}_t), a energia necessária para a produção de 1kg/h de vapor (\dot{Q}_v) pode ser comparada, resultando na vazão mássica de vapor (\dot{m}_t) equivalente à energia total perdida, conforme a equação (15):

$$\dot{m}_t = \frac{\dot{Q}_t}{\dot{Q}_v} \cdot \dot{m}_v \quad (15)$$

Onde:

- a) \dot{m}_t : vazão mássica de vapor (kg/h);
- b) \dot{Q}_t : taxa de variação da energia total devido a perdas no sistema (kJ/h)
- c) \dot{Q}_v : taxa de variação de energia necessária para a produção de 1kg/h de vapor (kJ/h)
- d) \dot{m}_v : vazão mássica de vapor produzido de referência: 1 (kg/h).

3.4.1.2.2 *Estimativa de perda de energia pelo isolamento térmico novo*

A equação que descreve a condução de calor em superfícies cilíndricas foi utilizada para estimar a taxa de emissão de calor pelo isolamento térmico novo. Contudo, algumas considerações foram feitas para fins de simplificação nos cálculos devido à ausência de dados (KRUCZEK, 2013): a resistência à condução da parede do tubo e a resistência convectiva entre o vapor e a parede interna do tubo foram consideradas insignificantes. Consequentemente, assumiu-se que a temperatura da superfície interna do isolamento térmico era a mesma que a temperatura do vapor, permitindo a estimativa da taxa de emissão de calor através da equação (16):

$$\dot{Q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot l \cdot (T_s - T_e)}{\ln(r_e/r_i)} \quad (16)$$

Onde:

- a) \dot{Q} : taxa de transferência de calor pelo isolamento térmico novo (kJ/h);
- b) k : condutividade térmica do isolamento (kJ/m.h.°C);
- c) l : comprimento da tubulação (m);
- d) T_s : temperatura do vapor (°C);
- e) T_e : temperatura da superfície externa do isolamento (°C);
- f) r_e : raio externo do isolamento (m);
- g) r_i : raio interno do isolamento (m).

Aplicando-se a equação (15), encontra-se a vazão mássica de vapor equivalente à energia emitida pelo isolamento térmico novo. A diferença entre as perdas energéticas pelo isolamento degradado e pelo isolamento novo resulta na energia perdida devido à degradação do isolamento térmico da tubulação de 19 bar do sistema de distribuição de vapor da **Indústria Química X**.

3.4.2 Estimativa do impacto ambiental da ação de redução de GEE selecionada.

A ação de melhoria de eficiência energética teve como foco principal a redução de GEE, contudo, outros benefícios ambientais também foram levantados por meio de revisão bibliográfica. A fim de estimar a redução de GEE, utilizou-se dados da **Indústria Química X** de consumo de gás natural na produção do vapor.

3.5 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA AÇÃO DE REDUÇÃO DE GEE SELECIONADA.

O estudo de viabilidade econômica foi realizado com base em dois fatores principais: o custo evitado a partir do ganho energético devido à implementação da ação de redução de GEE, e o investimento inicial necessário. Esta avaliação envolveu a construção de um fluxo de caixa, a partir do qual foi possível calcular e analisar os indicadores econômicos.

3.5.1 Fluxo de caixa

O fluxo de caixa apresenta o movimento de recursos ao longo do tempo, ou seja, entradas e saídas de caixa. Um dos aspectos mais importantes na análise de investimentos é a estimativa dos valores que compõem o fluxo de caixa (ASSAF NETO, 1992). A **Indústria Química X** forneceu os dados de referência para produção de vapor, custo total, custo variável e custo fixo; a quantidade estimada de vapor economizada pelo projeto de eficiência energética foi o resultado dos cálculos apresentados na Seção 3.4; e o investimento inicial foi estimado com base em valores comerciais e de referência praticados pela **IQX**. O fluxo de caixa foi construído por meio da utilização das equações (17) e (18):

$$S_i = T_r - Vd_i - Fd_i \quad (17)$$

Onde:

- h) S_i : saldo do fluxo de caixa no ano i (R\$);
- i) T_r : custo total de referência (R\$);
- j) Fd_i : custo fixo depois do investimento no ano i (R\$);
- k) Vd_i : custo variável depois do investimento no ano i (R\$), descrito pela equação (18):

$$Vd_i = \frac{(P_r - E_i)}{(P_r - E_{i-1})} \times Vd_{i-1} \quad (18)$$

Onde:

- a) P_r : produção de vapor de referencia (t);
- b) E_i : economia de vapor depois da implementação do projeto no ano i (t);
- c) E_{i-1} : economia de vapor depois da implementação do projeto no ano $i - 1$ (t);
- d) Vd_{i-1} : custo variável depois do investimento no ano $i - 1$ (R\$).

3.5.2 Indicadores de viabilidade econômica

Vários indicadores podem ser utilizados para analisar a viabilidade econômica de um projeto. Os indicadores usados neste estudo foram: tempo de retorno, valor presente líquido (VPL), e taxa interna de retorno (TIR).

3.5.2.1 Tempo de retorno

O tempo de retorno é considerado um indicador econômico primário, porque não considera o valor do dinheiro ao longo do tempo. No entanto, ainda é um indicador usado atualmente pelas empresas. Refere-se ao tempo necessário para o retorno do investimento, de acordo com a equação (19) (ASHRAE, 2007):

$$n = \frac{\text{Investimento}}{\text{Economia anual média}} \quad (19)$$

3.5.2.2 Valor presente líquido (VPL)

O VPL é considerado um critério rigoroso de avaliação de um projeto. Corresponde à soma algébrica dos saldos do fluxo de caixa atualizado pela taxa mínima de atratividade (TMA) ao longo do tempo, subtraído do investimento inicial (BRUNI; FAMÁ, 2004). A TMA é uma taxa de juros de referência que representa o valor mínimo que o investidor concorda em ganhar ao realizar o investimento. Assim, um projeto será economicamente viável se apresentar um VPL positivo (BARROS et al, 2015). Considerando que todos os investimentos são feitos no início do projeto, o cálculo do VPL é realizado usando a equação (20):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+TMA)^t} - I \quad (20)$$

Onde:

- a) VPL: valor presente líquido;
- b) S: saldo do fluxo de caixa;
- c) n: número total de anos;
- d) t: ano analisado;
- e) I: investimento.

3.5.2.3 Taxa interna de retorno (TIR)

A TIR de um projeto pode ser definida como a taxa de juros que torna o VPL igual a zero. Um projeto é economicamente viável quando a TIR é maior do que a taxa mínima de atratividade definida pelo investidor (BARROS et al, 2015; CEB, FUPAI / EFFICIENTIA, 2005a). O cálculo do TIR pode ser feito usando a equação (21):

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+TIR)^t} - I \quad (21)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, os resultados alcançados por meio da implementação da metodologia descrita são apresentados e discutidos.

4.1 CONTABILIZAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE

As emissões de GEE diretas e indiretas resultantes das atividades administrativas e operacionais da **Indústria Química X** são detalhadas por escopo e categoria de emissões nas seções a seguir.

4.1.1 Escopo 01.

As emissões de GEE provenientes de atividades controladas pela **Indústria Química X** são descritas nas seções a seguir.

4.1.1.1 Categoria 01: combustão estacionária.

Na **Indústria Química X**, foram identificadas algumas fontes estacionárias emissoras de GEE: caldeiras aquotubulares, secadores de minério, calcinadores, *spray driers*, fogão industrial e bombas de resposta a emergência. O quadro 26 apresenta os dados de atividade referentes a cada fonte estacionária identificada.

Quadro 26 - Dados de atividade das fontes estacionárias.

Registro	Descrição da fonte	Combustível	Quantidade	Unidade
01CE01	Secador de minério 01	Gás Natural Seco	182.494	m ³
01CE02	Secador de minério 02	Gás Natural Seco	182.494	m ³
01CE03	Calcinador 01	Gás Natural Seco	2.993.114	m ³
01CE04	Calcinador 02	Gás Natural Seco	3.495.766	m ³

Registro	Descrição da fonte	Combustível	Quantidade	Unidade
01CE05	Calcinador 03	Gás Natural Seco	2.770.392	m ³
01CE06	Spray drier 01	Gás Natural Seco	1.529.235	m ³
01CE07	Spray drier 02	Gás Natural Seco	1.557.827	m ³
01CE08	Caldeira aquotubular 01	Gás Natural Seco	0	m ³
01CE09	Caldeira aquotubular 02	Gás Natural Seco	5.761.846	m ³
01CE10	Caldeira aquotubular 03	Gás Natural Seco	8.686.006	m ³
01CE11	Fogão industrial	Gás Natural Seco	65.383	m ³
01CE12	Bombas de resposta à emergência	Óleo Diesel (comercial)	1.760	litros

Fonte: Elaboração própria.

As informações de consumo de gás natural e óleo diesel foram provenientes de medições documentadas passadas verbalmente em reunião presencial realizada no dia 30/07/15 com a **Equipe Focal**, e por e-mail enviado pelo **Setor de Meio Ambiente** em 16/09/15, respectivamente. A partir destes dados foi possível calcular as emissões relativas à *categoria 01: combustão estacionária* por meio da equação (01). Ressalta-se, que o óleo diesel (comercial) é uma composição entre o óleo diesel (puro – indefinido: S10 ou S500) e o biodiesel (FGV; WRI, 2017). Dessa forma, para a realização do cálculo dos GEE emitidos pela queima de óleo diesel (comercial), foi necessário calcular a proporção de cada componente previamente à equação (01). O resultado das emissões de GEE para esta categoria é apresentado no quadro 27, totalizando 56 mil tCO_{2e}.

Quadro 27 - Emissões de GEE nas fontes estacionárias.

Combustível	Emissões			
	tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
Gás natural Seco	5,6 x 10 ⁴	1	0,1	5,6 x 10 ⁴
Óleo Diesel (comercial)	4	0	0,1	4
TOTAL	5,6 x 10⁴	1	0,1	5,6 x 10⁴

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

4.1.1.2 Categoria 02: combustão móvel.

Na **Indústria Química X**, foram identificadas as fontes móveis emissoras de GEE: veículos de passeio, ambulância e viatura de brigada de emergência. O quadro 28 apresenta os dados de atividade referentes a cada fonte móvel identificada.

Quadro 28 - Dados de atividade das fontes móveis.

Registro	Descrição da fonte	Combustível	Quantidade	Unidade
01CM01	Veículos de passeio	Gasolina automotiva (comercial)	15.805	litros
01CM02	Veículo de passeio	Óleo Diesel (comercial)	1.407	litros
01CM03	Ambulância	Óleo Diesel (comercial)	1.009	litros
01CM04	Viatura da Brigada de Emergência	Óleo Diesel (comercial)	903	litros

Fonte: Elaboração própria.

As informações de consumo dos combustíveis nos veículos de passeio foram provenientes de medições reportadas nos documentos *Resumo de consumo de combustível* (2014; 2015) disponibilizados pelo **Setor de Transportes**. O consumo de óleo diesel realizado pela ambulância e viatura da brigada de emergência foi estimado a partir de dados referentes ao ano de 2015, uma vez que estes dados se encontravam agregados com o consumo de óleo diesel e gasolina de outros veículos/ equipamentos em 2014. A partir da coleta de todos os dados de atividade necessários foi possível calcular as emissões relativas à *categoria 02: combustão móvel* por meio da equação (02). Ressalta-se que a gasolina automotiva (comercial) é composta pela gasolina automotiva (pura) e o etanol anidro (FGV; WRI, 2017). Dessa forma, para a realização do cálculo dos GEE emitido, tanto pela queima de óleo diesel (comercial), quanto pela gasolina automotiva (comercial), foi necessário primeiramente calcular a proporção de cada componente, antes de prosseguir para a equação (02). O resultado das emissões de GEE para esta categoria é apresentado no quadro 29, totalizando 36 tCO_{2e}.

Quadro 29 - Emissões de GEE nas fontes móveis.

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
01CM01	Veículos de passeio	26	1 x 10 ⁻²	3 x 10 ⁻³	27
01CM02	Veículos de passeio	3,4	2 x 10 ⁻⁴	2 x 10 ⁻⁴	3,5
01CM03	Ambulância	2,5	2 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁻⁴	2,5
01CM04	Viatura da Brigada de Emergência	2,2	1 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁻⁴	2,3
TOTAL		34	1 x 10⁻²	4 x 10⁻³	36

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

4.1.1.3 Categoria 03: emissões fugitivas.

Na **Indústria Química X**, foram identificadas como fontes de emissões fugitivas de GEE, equipamentos RAC e extintores de incêndio.

Em 2014, os equipamentos RAC utilizaram os gases refrigerantes R-410A e R-22. O R-410A é um gás composto em 50% pelo GEE pentafluoretano (HFC-125) e 50% pelo GEE difluormetano (HFC-32) (FRIGELAR, 2015a). Já o R-22 é sinônimo do gás clorodifluormetano (HCFC-22), que apesar de provocar a destruição da camada de ozônio, não é um GEE, e por isso não foi considerado como uma emissão fugitiva no inventário corporativo da **IQX** (FRIGELAR, 2015b). Segundo e-mail enviado pelo **Setor de Ar Condicionado** em 09/09/15, não houve carga, recarga ou recuperação do gás R-410A nos equipamentos RAC em 2014. Logo, as emissões fugitivas de GEE referentes ao uso de gases refrigerantes foi nula.

As emissões fugitivas provenientes dos extintores de incêndio foram calculadas a partir dos dados de carga, recarga e recuperação de CO₂ em 2014. As informações coletadas sobre este equipamento foram fornecidas pelo **Setor de Meio Ambiente** que relatou via e-mails (16/09/15; 07/10/15) o seguinte: (i) a cada cinco anos, os extintores são recarregados após teste hidrostático, (ii) seis extintores foram condenados em 2014, sendo quatro de seis quilos e dois de quatro quilos de capacidade, e (iii) não houve a aquisição de extintores novos em 2014. Apesar dos extintores da **IQX** não terem sido recarregados em 2014, houve emissão fugitiva ao longo do ano, e afim de estimá-la, dados dos extintores que realizaram teste hidrostático em

2012 foram utilizados como referência. Em 2012, extintores com capacidade total de 2.249kg de CO₂ foram retirados para teste hidrostático, cuja quantidade de CO₂ retirada deles para o teste foi de 1.963kg, de forma que a diferença entre estes valores equivale à emissão fugitiva ao longo dos cinco anos de intervalo deste procedimento. A partir destes dados disponibilizados pelo **Setor de Meio Ambiente** via e-mail (07/10/15), pode-se fazer uma estimativa das emissões fugitivas devido à manutenção e descarte dos extintores de incêndio da **Indústria Química X**, conforme apresentado no quadro 30.

Quadro 30 - Carga, recarga e recuperação de dióxido de carbono (CO₂) em extintores.

Extintores novos		Ext. existentes	Extintores dispensados	
Carga (kg)	Capacidade (kg)	Recarga (kg)	Capacidade (kg)	Recuperação (kg)
-	-	57	37	-

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

As emissões fugitivas dos extintores de incêndio foram calculadas por meio da equação (03), que resultou em menos de 0,1 tCO_{2e}. Este valor representa as emissões totais da **IQX** para esta categoria.

4.1.2 Escopo 02.

A **Indústria Química X** apresenta apenas emissões indiretas de GEE referente à aquisição de energia elétrica, uma vez que produz internamente a energia térmica consumida. A energia elétrica consumida nas atividades industrial e administrativa são gerenciadas em conjunto pela **IQX** em ambas unidades: principal e auxiliar. O quadro 31 apresenta os dados de consumo mensal de energia elétrica em 2014.

As informações referentes ao consumo de energia elétrica das unidades principal e auxiliar da **IQX** foram provenientes de medições documentadas passadas verbalmente em reuniões presenciais realizadas nos dias 30/07/15 e 26/11/15 com a **Equipe Focal** respectivamente. O consumo de energia elétrica mensal da unidade auxiliar foi proveniente da média do consumo em 2014 de 47.650 kWh. A partir destes dados, foi possível calcular as emissões relativas ao escopo 02 por meio da equação (05). A **Indústria Química X** emitiu indiretamente cerca de 7,5 mil tCO_{2e} referente ao consumo de energia elétrica em 2014.

Quadro 31 - Consumo mensal de eletricidade.

Registro	Descrição da fonte	Eletricidade comprada (MWh)											
		jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
02EI01	Unidade principal	4699	4309	4514	4774	4596	4426	4652	4790	4752	4554	4407	4587
02EI02	Unidade auxiliar	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Fonte: Elaboração própria.

4.1.3 Escopo 03.

As emissões de GEE indiretas, ou seja, aquelas provenientes de atividades não controladas pela **Indústria Química X** são descritas nas seções a seguir, excluindo as emissões referentes à aquisição de energia elétrica.

4.1.3.1 Categoria 01: bens e serviços adquiridos.

Os bens de consumo adquiridos puderam ser identificados a partir da planilha eletrônica *Entrada de insumos e mercadorias* (2014) e do documento *Relatório de movimento de pesagem* (2014) disponibilizados pelo **Setor de Contabilidade** e **Setor de Logística e Importação** respectivamente. O primeiro apresenta dados de despesa referentes aos bens (consumo e capital) e serviços comprados pela **IQX** em 2014. No *Relatório de movimento de pesagem*, consta o peso de quase todos os bens adquiridos pela **IQX** no ano inventariado. Como o Padrão do Escopo 3 orienta a priorização do uso de dados físicos para o cálculo das emissões por meio da aplicação do método dos dados médios, optou-se por utilizar o documento *Relatório de movimento de pesagem* (2014) como fonte de referência. Assumiu-se irrelevante as emissões de bens de consumo cujo peso representou até 0,01% do peso total dos bens adquiridos, excluindo-as do inventário. Dessa forma, cerca de 99% dos bens de consumo adquiridos em peso foram considerados no inventário. O quadro 32 apresenta os bens de consumo adquiridos pela **Indústria Química X** em 2014 e seus fatores de emissão respectivos.

Quadro 32 - Bens de consumo adquiridos e fatores de emissão respectivos.

Registro	Descrição da fonte	Quantidade (toneladas)	Fator de emissão (tCO_{2e}/t)	Referência (Base de dados)
03BS01	Ácido sulfúrico	161.392	0,086	Frischknecht et al (2005) (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS02	Ilmenita	52.248	0,236	Wernet et al (2016) (<i>Ecoinvent v.3</i>)
03BS03	Escória	14.940	1,31	Frischknecht et al (2005) (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS04	Hidróxido de sódio	7.518	1,13	Frischknecht et al (2005) (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS05	Limalha de ferro	4.490	0,03	IPCC (2006b)
03BS06	Ácido clorídrico	2.797	1,18	Frischknecht et al (2005) (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS07	Cal hidratada II	2.674	0,75	Frischknecht et al (2005) (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS08	Sulfato de alumínio líquido	1.269	0,46	Frischknecht et al (2005) (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS09	Alumina hidratada	1.260	0,698	Wernet et al (2016) (<i>Ecoinvent v.3</i>)
03BS10	<i>Pallets</i> de madeira	1.015	0,61 ¹	Adaptado de Wernet et al (2016) / (<i>Ecoinvent v.3</i>)
03BS11	Silicato de sódio	880	0,95	Frischknecht et al (2005) (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS12	Perlita ativada	712	1,74	Frischknecht et al (2005) (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS13	Óxido de titânio	533	1,74	Frischknecht et al (2005) (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS14	Saco Colombi	377	1,06	ADEME (2017) (<i>Bilan GES</i>)
03BS15	Hipoclorito de sódio (12%)	331	0,886	Wernet et al (2016) (<i>Ecoinvent v.3</i>)
03BS16	Trimetilolpropano	314	1,83	Frischknecht et al (2005) (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS17	Cal hidratada I	138	0,89 ²	Adaptado de Frischknecht et al (2005) / (<i>Ecoinvent v.2</i>)
03BS18	Brita	132	0,0102	Wernet et al (2016) (<i>Ecoinvent v.3</i>)
03BS19	Alumínio em pó	104	1,7	IPCC (2006b)
03BS20	Big Bag	90	2	ADEME (2017) (<i>Bilan GES</i>)

Registro	Descrição da fonte	Quantidade (toneladas)	Fator de emissão (tCO_{2e}/t)	Referência (Base de dados)
03BS21	Pirofosfato de tetrasódico	83	2,58	Wernet et al (2016) (Ecoinvent v.3)
03BS22	Cloro líquido	55	1,21	Wernet et al (2016) (Ecoinvent v.3)
03BS23	Óxido de zinco	38	1,65	Wernet et al (2016) (Ecoinvent v.3)

Fonte: Elaboração própria.

1: Valor resultante da divisão entre o fator de emissão original (8,48 kgCO_{2e}/ unidade) e o peso de cada *pallet* (14 kg/unidade – fonte: Setor de Meio Ambiente da IQX).

2: Valor resultante da multiplicação entre o fator de emissão original (0,75 kgCO_{2e}/ kg de Cal hidratada II) e a proporção da composição de cal hidratada entre o tipo I e tipo II: 0,95/0,8 – fonte: Fichas de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) de ambos produtos fornecidas pelo Setor de Meio Ambiente da IQX.

Os serviços adquiridos foram identificados a partir da planilha eletrônica *Entrada de insumos e mercadorias* (2014) que apresenta, dentre outros, esta despesa realizada pela **IQX** em 2014. Como as bases de dados disponíveis para fatores de emissão de referência econômica são mais desatualizados do que aqueles de referência física, a fim de diminuir a incerteza dos cálculos, aqueles serviços que representaram menos de 1% do gasto total em serviços foram excluídos. Logo, aproximadamente 80% de todos os serviços adquiridos foram considerados no inventário. Os fatores de emissão de todos os serviços foram provenientes da base de dados *Economic Input-Output Life Cycle Assessment (EIO-LCA) US 2002 Producer Model* (CMUGDI, 2017). O quadro 33 apresenta os serviços adquiridos pela **Indústria Química X** em 2014 e seus fatores de emissão respectivos.

Quadro 33 - Serviços adquiridos e fatores de emissão respectivos.

Registro	Descrição da fonte	Quantidade (R\$)	Fator de emissão (tCO_{2e}/M US\$)
03BS24	Serviço de consultoria	5.986.970	129
03BS25	Serviço de caldeiraria	3.102.099	1.490
03BS26	Serviços arquitetura construção civil	2.512.630	186
03BS27	Serviço mão-obra terceiros materiais	2.244.124	NE ¹
03BS28	Serviço marítimos e submarinos	1.522.598	NE ¹
03BS29	Serviço de segurança patrimonial	1.484.465	159
03BS30	Serviço ensacamento pigmento	1.264.839	NE ¹
03BS31	Serviço detalhamento projeto consultoria técnica	1.221.861	143
03BS32	Serviços diversos para SSMA	1.106.615	143

Registro	Descrição da fonte	Quantidade (R\$)	Fator de emissão (tCO_{2e}/M US\$)
03BS33	Serviço revestimentos borracha	1.083.251	243
03BS34	Serviço de elétrica	996.605	243
03BS35	Serviço de locação de andaime	881.829	245
03BS36	Serviço de limpeza mão de obra	704.985	491
03BS37	Serviço manut rede telecomunicação	584.838	213
03BS38	Serviço medicina trab enfermagem	562.579	243
03BS39	Serviço de tratamento de superfície e pintura industrial	504.696	243
03BS40	Serviço de andaimes para manutenção, paradas e projetos	496.979	245
03BS41	Serviço de transporte de taxi	495.727	1.870
03BS42	Serviços isolamento térmico	451.093	243
03BS43	Serviço assent tijolos rft calcinadores	445.000	243
03BS44	Serviço de lavanderia	428.556	323
03BS45	Serviço rev fibra vidro	403.907	243
03BS46	Serviço de impressão gráfica diversas	395.681	546
03BS47	Serviço caldeiraria no calcinador	391.125	1.490

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados *EIO-LCA US 2002 Producer Model* (CMUGDI, 2017).

1: NE - Não encontrado nas bases de dados de acesso gratuito, dentre aquelas indicadas pelo *GHG Protocol* (WRI; WBCSD, 2017).

Os fatores de emissão levantados na base *US 2002 Producer Model* utilizam valores econômicos em termos de um milhão de dólares. A fim de transformar essa unidade monetária em reais, sua cotação foi levantada no Banco Central do Brasil para o ano de 2014, ano-base do inventário da **IQX**. Neste ano, realizou-se uma média a partir da cotação do último dia de cada mês, que correspondeu a cerca de 2,36 reais/dólar (BCB, 2017).

A partir dos dados apresentados, foi possível calcular as emissões relativas à *categoria 01: bens e serviços adquiridos* por meio da equação (06), que resultou em 71 mil tCO_{2e} aproximadamente, sendo 67 mil tCO_{2e} provenientes da aquisição de bens de consumo, e 4 mil tCO_{2e} de serviços.

4.1.3.2 Categoria 02: bens de capital.

Os dados referentes aos bens de capital adquiridos foram levantados a partir da planilha eletrônica *Entrada de insumos e mercadorias* (2014). A partir da relação de bens de capitais para fins industriais elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, os bens de capitais da **Indústria Química X** foram identificados no documento citado (IBGE, 2017). Conforme o método dos dados médios, buscou-se por fatores de emissão de dimensões físicas, contudo, conseguiu-se levantar apenas 1/3 dos fatores necessários. Segundo o *GHG Protocol* (ver figura 5), quando não há dados de dimensões físicas disponíveis, opta-se pelo método baseado em gastos para o cálculo das emissões. Apesar de ser menos preciso que o método anterior, ele possibilita o uso de fatores de emissão de ordem econômica, o que potencializa o êxito no levantamento dos fatores de emissão, uma vez que amplia a gama de instituições responsáveis por banco de dados de ciclo de vida indicadas pelo *GHG Protocol* (WRI; WBCSD, 2017).

Dessa forma, os fatores de emissão aplicáveis aos bens de capitais da **IQX** foram identificados principalmente nas bases de dados: *Economic Input-Output Life Cycle Assessment (EIO-LCA) US 2002 Producer Model* (CMUGDI, 2017) e *Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan* (3EID) (KEISUKE; MORIGUCHI, 2012). Observou-se que a base de dados 3EID apresentou fatores de emissões bem maiores em comparação a outras bases de dados pesquisadas: *Bilan GES* (ADEME, 2017) e *Ecoinvent v.3* (WERNET ET AL, 2016). Dessa forma, priorizou-se o uso dos fatores da base *US 2002 Producer Model*, e para aqueles bens de capital cujos fatores ela não abarcava, utilizou-se dados da 3EID. O quadro 34 apresenta os dados referentes aos bens de capital adquiridos pela **Indústria Química X** em 2014 e seus fatores de emissão respectivos.

Os fatores de emissão levantados utilizam valores econômicos como referência que variam conforme base de dados: um milhão de dólares (*US 2002 Producer Model*) ou um milhão de ienes (3EID). A fim de transformar essas unidades monetárias em reais, a cotação de ambas moedas foi levantada no Banco Central do Brasil para o ano de 2014. Neste ano, realizou-se uma média a partir da cotação do último dia de cada mês, que correspondeu a cerca de 2,36 reais/dólar e R\$ 22.138,00/ milhão de ienes (BCB, 2017). A partir dos dados apresentados, foi possível calcular as emissões relativas à *categoria 02: bens de capital* por meio da equação (07), que resultou em aproximadamente 420 tCO_{2e}.

Quadro 34 - Bens de capital adquiridos e fatores de emissão respectivos.

Registro	Descrição da fonte	Quantidade (R\$)	Fator de emissão (tCO₂e/UF)¹	Referência (Base de dados)
03BC01	Micronizador	1.002.863	633	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC02	Motores diversos	112.306	644	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC03	Medidor de vazão	105.514	440	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC04	Tubos de aço carbono diversos	58.592	2.030	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC05	Transmissor diversos	41.540	609	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC06	Máquina de lavar	30.100	567	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC07	Balança diversas	26.700	414	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC08	Motores elétricos	23.390	660	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC09	Parafusadeira industrial	14.489	15	Keisuke e Moriguchi (2012) (3EID)
03BC10	Motovibrador	9.910	644	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC11	Talha diversas	6.917	633	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC12	Furadeira industrial	4.340	15	Keisuke e Moriguchi (2012) (3EID)
03BC13	Propulsora pneumática	3.740	644	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC14	Empilhadeira	3.354	644	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC15	Transportador de correia	2.621	747	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC16	Tacômetro digital	500	440	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)
03BC17	Esmerilhadeira industrial	150	15	Keisuke e Moriguchi (2012) (3EID)
03BC18	Máquina de solda eletrônica	100	602	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002)

Fonte: Elaboração própria.

1: UF - Unidade funcional: M US\$ ou M iene.

4.1.3.3 Categoria 03: atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2.

Na **Indústria Química X**, as seguintes atividades se aplicaram: (i) extração, produção e transporte de combustível consumido, (ii) extração, produção e transporte de combustíveis utilizados na geração de eletricidade e vapor consumidos, e (iii) geração de eletricidade e vapor consumidos nos sistemas de transporte e distribuição. Os dados referentes a essas atividades foram coletados da **Ferramenta Intersetorial**, após seu preenchimento com os dados de atividade necessários para o cálculo das emissões de GEE nas categorias que envolvem consumo de combustível e energia e se aplicaram à **IQX**. Elas incluíram as categorias de escopo 01: combustão estacionária e combustão móvel; escopo 02: energia elétrica; e escopo 3: transporte e distribuição a montante, viagens a negócio e deslocamento de funcionários. O quadro 35 apresenta os dados referentes aos combustíveis e energia consumidos pela **Indústria Química X** em 2014 e seus fatores de emissão respectivos.

A partir dos dados apresentados, foi possível calcular as emissões relativas à *categoria 03: atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2* por meio da equação (08), que resultou em 58 mil tCO_{2e}.

Quadro 35 - Combustível e energia consumidos e fatores de emissão respectivos.

Registro	Descrição da fonte	Quantidade (UF)	Fator de emissão (kgCO _{2e} /UF ¹)	Referência (Base de dados)
03CE01	Gás natural (WTT ²)	27.224.557 m ³	1,96 ³	BAHIAGÁS (2017); Wernet et al (2016) (<i>Ecoinvent v.3</i>)
03CE02	Gás natural (perdas em T&D)	27.224.557 m ³	0,070 ⁴	IPCC (2006a; 2013)
03CE03	Óleo diesel	1.687.061 litros	0,5527	DEFRA (2016)
03CE04	Biodiesel	101.351 litros	0,6216	DEFRA (2016)
03CE05	Gasolina automotiva	29.357 litros	0,4504	DEFRA (2016)
03CE06	Etanol anidro	9.786 litros	0,4	Wernet et al (2016) (<i>Ecoinvent v.3</i>)
03CE07	Óleo pesado (navio graneleiro)	138.344.493 t.km	0,0054	DEFRA (2016)
03CE08	Óleo pesado (navio porta-container)	3.782.415 t.km	0,0059	DEFRA (2016)
03CE09	Gás liquefeito de petróleo (GLP)	23.360 kg	0,3697	DEFRA (2016)

Registro	Descrição da fonte	Quantidade (UF)	Fator de emissão (kgCO _{2e} /UF ¹)	Referência (Base de dados)
03CE10	Querosene de aviação	1.550.416 p.km	0,0190	DEFRA (2016)
03CE11	Energia elétrica (WTT combustíveis)	55.107.650 kWh	0,0105	DEFRA (2016)
03CE12	Energia elétrica (perdas em T&D)	55.107.650 kWh	0,0139 ⁵	COELBA (2016); MCTIC (2017).

Fonte: Elaboração própria.

1: UF – Unidade funcional, que neste caso são os valores físicos: quilos, litros, metros cúbicos, kWh etc.

2: WTT – *Well-to-tank emissions*: emissões provenientes da extração, transformação e transporte do combustível antes da sua combustão (DEFRA, 2016).

3: Valor resultante da multiplicação entre o fator de emissão original (0,516 kgCO_{2e}/ kg) e a massa específica do gás natural (3,8 kg/m³ – fonte: BAHIAGÁS, 2017).

4: Valor resultante da multiplicação entre o fator de emissão original (0,0025 kgCH₄/m³) e o potencial de aquecimento global (GWP) do metano (28 kgCO_{2e}/kgCH₄ – fonte: IPCC, 2013).

5: Valor resultante da multiplicação entre o fator de emissão original (0,1355 kgCO_{2e}/ kWh) e o percentual referente às perdas técnicas em 2014 no transporte e distribuição de energia elétrica (10,25% – fonte: COELBA, 2016).

4.1.3.4 Categoria 04: transporte e distribuição à montante.

Na **Indústria Química X**, foram identificadas fontes emissoras desta categoria, referente a: serviços de transporte e distribuição de produtos comprados pela organização inventariante em veículos que não são operados pela mesma; e outros serviços terceirizados de transporte e distribuição contratados pela empresa inventariante.

4.1.3.4.1 *Serviços de transporte e distribuição de produtos comprados ou adquiridos.*

Os serviços de transporte referentes aos produtos adquiridos puderam ser identificados a partir do documento *Relatório de movimento de pesagem* (2014). Neste documento consta, além do peso de quase todos os bens adquiridos pela **Indústria Química X** no ano inventariado, seus respectivos fornecedores. A partir da identificação dos produtos comprados pela **IQX** na categoria 01, seus respectivos serviços de transportes foram levantados. O serviço de transporte dos bens de consumo apresenta apenas o modal rodoviário, com exceção da escória. Como ela é proveniente da Europa, antes do trajeto rodoviário na Bahia, realiza-se um trajeto hidroviário

que cruza o Oceano Atlântico segundo informações fornecidas pela **Equipe Focal** em reunião presencial (02/09/15). Serviços de transporte compartilhados, ou seja, aqueles que realizam o transporte de produtos para outros destinos além da **IQX** utilizando o mesmo veículo, não foram considerados, devido à dificuldade de estimar a parcela de emissões que caberia à **IQX**. Dessa forma, apenas foram considerados no inventário as emissões provenientes de serviço de transporte cativo à empresa, ou seja, daquele cujo total da carga do produto transportado, desde sua origem (fornecedor), fosse entregue à **IQX**. Esta exclusão representou uma perda insignificante, uma vez que o transporte de apenas cerca de 1,2% dos insumos em peso não foi considerado. Segundo **Setor de Logística e Importação** em reunião presencial (18/02/16), nem sempre o navio que transporta a escória é cativo, contudo, fizemos esta simplificação para fins de cálculo das emissões. O quadro 36 apresenta os dados de atividade referentes ao trajeto hidroviário do serviço de transporte da escória.

Quadro 36 - Dados de atividade do transporte hidroviário de bens de consumo adquiridos.

Registro	Descrição da fonte	Tipo de navio	Tamanho	Distância percorrida	Carga transportada
03TDU01	Transporte de escória	Cargueiro (graneleiro)	0 a 9.999 dwt	18.520 km	7.470 t

Fonte: Elaboração própria.

A partir do documento *Relatório de movimento de pesagem* (2014), observou-se que foram entregues dois carregamentos de escória em 2014, nos meses de julho e agosto. Segundo **Setor de Produção e Integração da Manufatura** em e-mail enviado em 22/09/15, a distância do trajeto hídrico foi de 9.260km, portanto, consideramos o dobro desta distância nos cálculos. A carga transportada considerada foi a média das cargas de escória transportadas em julho e agosto. O tipo de navio foi definido juntamente com o **Setor de Logística e Importação** em reunião presencial (18/02/16), e o tamanho foi aquele coerente com o peso médio da carga transportada considerando um navio cativo. A partir da coleta de todos os dados de atividade necessários foi possível calcular estas emissões por meio da equação (10), que resultou em 4 mil tCO_{2e} conforme apresentado no quadro 37.

Uma vez em território brasileiro, a escória é transportada via modal rodoviário para a **Indústria Química X**. O modal rodoviário também é utilizado para o transporte dos demais insumos adquiridos pela **IQX**, cujos dados de atividade são apresentados no quadro 38.

Quadro 37 - Emissões de GEE do serviço de transporte hidroviário de bens de consumo adquiridos.

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03TD01	Transporte de escória	4040	6,1 x 10 ⁻²	1 x 10 ⁻¹	4068
TOTAL		4040	6,1 x 10⁻²	1 x 10⁻¹	4068

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

Quadro 38 - Dados de atividade dos transportes rodoviários de bens de consumo adquiridos.

Registro	Descrição da fonte	Tipo da frota	Distância (km)
03TD02	Transporte de escória	Caminhão pesado a diesel	28.145
03TD03	Transporte de ilmenita	Caminhão pesado a diesel	1.525.440
03TD04	Transporte de silicato de sódio	Caminhão pesado a diesel	53.200
03TD05	Transporte de ácido clorídrico	Caminhão pesado a diesel	5.740
03TD06	Transporte de hidróxido de alumínio	Caminhão pesado a diesel	65.800
03TD07	Transporte de limalha de ferro	Caminhão pesado a diesel	330.000
03TD08	Transporte de hidróxido de sódio	Caminhão pesado a diesel	12.420
03TD09	Transporte de ácido sulfúrico	Caminhão pesado a diesel	151.760
03TD10	Transporte de cal hidratada CH-II	Caminhão semipesado a diesel	54.400
03TD11	Transporte de sulfato de alumínio	Caminhão pesado a diesel	1.890
03TD12	Transporte de <i>pallet</i>	Caminhão médio a diesel	6.610

Fonte: Elaboração própria.

A distância percorrida foi resultado da multiplicação entre a distância unitária (fornecedor – **Indústria Química X**) e o número de viagens realizado em 2014. Assim como no transporte hidroviário da escória, a partir do documento *Relatório de movimento de pesagem* (2014), foi possível quantificar o número de viagens anuais para todos os insumos. O trajeto percorrido em cada serviço de transporte foi quantificado a partir de dados informados pelo assessor da diretoria por e-mail (22/09/15), com exceção da distância para os fornecedores dos *pallets*. Segundo o documento *Relatório de movimento de pesagem* (2014), eles foram fornecidos por cinco empresas distintas em 2014, contudo, duas delas representaram aproximadamente 80% dos *pallets* comprados. Os dados de distância unitária e tipo de caminhão utilizado por essas empresas foram levantados a partir de contato telefônico com o **Setor de Logística e Expedição**

realizado em 23/03/16. Os tipos de caminhão utilizados no transporte dos demais bens de consumo foram definidos na reunião presencial realizada com o **Setor de Logística e Importação** em (18/02/16). A partir da coleta de todos os dados de atividade necessários foi possível calcular as emissões de GEE por meio da equação (09), que resultou em 1,6 mil tCO_{2e} conforme apresentado no quadro 39.

Quadro 39 - Emissões de GEE dos serviços de transporte rodoviário de bens de consumo adquiridos.

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03TD02	Transporte de escória	20,33	1,7 x 10 ⁻³	8,4 x 10 ⁻⁴	20,60
03TD03	Transporte de ilmenita	1.102	9,2 x 10 ⁻²	4,6 x 10 ⁻²	1.116
03TD04	Transporte de silicato de sódio	38,42	3,2 x 10 ⁻³	1,6 x 10 ⁻³	38,93
03TD05	Transporte de ácido clorídrico	4,15	3,4 x 10 ⁻⁴	1,7 x 10 ⁻⁴	4,20
03TD06	Transporte de hidróxido de alumínio	47,52	3,9 x 10 ⁻³	2,0 x 10 ⁻³	48,15
03TD07	Transporte de limalha de ferro	238,33	2,0 x 10 ⁻²	9,9 x 10 ⁻³	241,51
03TD08	Transporte de hidróxido de sódio	8,97	7,5 x 10 ⁻⁴	3,7 x 10 ⁻⁴	9,09
03TD09	Transporte de ácido sulfúrico	109,6	9,1 x 10 ⁻³	4,6 x 10 ⁻³	111,1
03TD10	Transporte de cal hidratada CH-II	39,29	3,3 x 10 ⁻³	1,6 x 10 ⁻³	39,81
03TD11	Transporte de sulfato de alumínio	1,36	1,1 x 10 ⁻⁴	5,7 x 10 ⁻⁵	1,38
03TD12	Transporte de palete	2,90	4,0 x 10 ⁻⁴	2,0 x 10 ⁻⁴	2,96
TOTAL		1.613	1,3 x 10⁻¹	6,7 x 10⁻²	1.634

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

Os serviços de transporte dos bens de capital adquiridos pela **IQX** em 2014 não foram considerados, pois tratam-se de transporte compartilhado em sua maioria segundo **Setor de Logística e Importação**, em contato telefônico realizado em 20/04/2017. Comparando os bens de capital com os bens de consumo em termos de emissões de GEE, pode-se ter uma noção de sua relevância. Observa-se que suas emissões equivalem a menos de 1% das emissões de GEE provenientes dos bens de consumo. Portanto, provavelmente o montante das emissões provenientes de seus serviços de transporte é desprezível.

4.1.3.4.2 *Outros serviços terceirizados de transporte e distribuição contratados pela empresa inventariante.*

Outros serviços terceirizados de transporte e distribuição foram contratados pela **Indústria Química X** em 2014 para fins de: transporte de cargas e pessoas na instalação industrial, e transporte do produto vendido.

Os serviços referentes ao transporte de cargas e pessoas na instalação industrial foram identificados por meio do uso da técnica *brainstorming* em reunião presencial realizada com a **Equipe Focal** (02/09/15). O quadro 40 apresenta os dados de atividade referentes ao serviço de transporte de cargas e pessoas na instalação industrial.

Quadro 40 - Dados de atividade dos serviços de transporte de cargas e pessoas na instalação industrial.

Registro	Descrição da fonte	Combustível	Quantidade	Unidade
03TD13	Pá-carregadeira	Óleo Diesel (comercial)	40 x 10 ³	litros
03TD14	Empilhadeira	Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	23.360	quilos
03TD15	Caminhão <i>munck</i>	Óleo Diesel (comercial)	2.949	litros
03TD16	Veículos de passeio	Gasolina Automotiva (comercial)	23.338	litros

Fonte: Elaboração própria.

As informações de consumo dos combustíveis dos veículos de passeio e do caminhão *munck* foram provenientes de medições reportadas nos documentos *Resumo de consumo de combustível* (2014; 2015) disponibilizados pelo **Setor de Transporte** respectivamente. O consumo de óleo diesel do caminhão *munck* foi estimado a partir de dados referentes ao ano de 2015, uma vez que em 2014 estes dados se encontravam agregados com o consumo de óleo diesel e gasolina de outros veículos/ equipamentos. Os dados de consumo de combustível da pá-carregadeira e da empilhadeira em 2014 foram fornecidos via e-mail pelo **Setor de Produção e Integração da Manufatura** em 24/02/16. Não foi possível o levantamento do consumo de combustível do caminhão poliguindaste e caçamba, e por isso eles não foram considerados. A partir da coleta dos dados de atividade, foi possível calcular as emissões de GEE por meio da equação (02), que resultou em 218 tCO_{2e} conforme apresentado no quadro 41.

Quadro 41 - Emissões de GEE dos serviços de transporte de cargas e pessoas na instalação industrial.

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03TD13	Pá-carregadeira	98	6 x 10 ⁻³	5 x 10 ⁻³	100
03TD14	Empilhadeira	69	7 x 10 ⁻²	2 x 10 ⁻⁴	71
03TD15	Caminhão <i>munck</i>	7,3	4 x 10 ⁻⁴	4 x 10 ⁻⁴	7,4
03TD16	Veículos de passeio	39	2 x 10 ⁻²	5 x 10 ⁻³	40
TOTAL		213	9 x 10⁻²	1 x 10⁻²	218

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

Outros serviços de transporte contratados pela empresa inventariante inclusos nesta categoria são aqueles referentes aos produtos vendidos (logística de saída). Os transportes cujos produtos se destinaram às cidades brasileiras apresentaram modal rodoviário, enquanto que os produtos destinados para Argentina foram transportados em hidrovias.

Os serviços de transporte rodoviário dos produtos foram levantados a partir da planilha eletrônica *Entregas* (2014), disponibilizado pelo **Setor de Logística e Importação**. As entregas dos produtos aos clientes foram realizadas de duas formas: direta, ou intermediadas pelo centro de distribuição (CD) terceirizado localizado em Mauá, São Paulo. A fim de contabilizar cada tipo de entrega, o **Setor de Logística e Importação** sinalizou as transportadoras que realizaram a entrega dos produtos a partir do centro de distribuição. Estes serviços de transporte foram realizados em caminhões com capacidades para 12,5t e 25t do produto vendido. Após o levantamento de todos os trajetos que partiram do centro de distribuição, contabilizou-se o trajeto da fábrica na Bahia até o CD em Mauá, que resultou em 139 carretas de 25 toneladas. Os trajetos diretos da fábrica na Bahia para os clientes ocorreram em 1.615 carretas de 25t. A relação dos transportes dos produtos vendidos realizados diretamente a partir da **Indústria Química X** e via CD são apresentados no quadro 42, assim como seus dados de atividade necessários para o cálculo das emissões de GEE.

Quadro 42 - Dados de atividade dos serviços de transporte de produtos vendidos.

Registro	Descrição da fonte	Tipo da frota	Distância (km)
03TD17	Transporte BA-BA: Camaçari	Caminhão pesado a diesel	2.184
03TD18	Transporte BA-BA: Simões Filho	Caminhão pesado a diesel	10.491
03TD19	Transporte BA-BA: Vitória da Conquista	Caminhão pesado a diesel	36.501
03TD20	Transporte BA-PE: Cabo de Santo Agostinho	Caminhão pesado a diesel	2.217
03TD21	Transporte BA-PE: Carpina	Caminhão pesado a diesel	5.649
03TD22	Transporte BA-PE: Jaboatão dos Guararapes	Caminhão pesado a diesel	17.342
03TD23	Transporte BA-PE: Recife	Caminhão pesado a diesel	40.969
03TD24	Transporte BA-PI: Demerval Lobão	Caminhão pesado a diesel	1.202
03TD25	Transporte BA-PB: Campina Grande	Caminhão pesado a diesel	43.248
03TD26	Transporte BA-CE: Sobral	Caminhão pesado a diesel	1.278
03TD27	Transporte BA-MG: Contagem	Caminhão pesado a diesel	16.536
03TD28	Transporte BA-MG: Montes Claros	Caminhão pesado a diesel	2.988
03TD29	Transporte BA-RJ: Rio de Janeiro	Caminhão pesado a diesel	8.210
03TD30	Transporte BA-RJ: Três Rios	Caminhão pesado a diesel	44.486
03TD31	Transporte BA-PR: Colombo	Caminhão pesado a diesel	19.112
03TD32	Transporte BA-SC: Joinville	Caminhão pesado a diesel	157.752
03TD33	Transporte BA-RS: Cachoeirinha	Caminhão pesado a diesel	46.500
03TD34	Transporte BA-RS: Esteio	Caminhão pesado a diesel	3.117
03TD35	Transporte BA-RS: Novo Hamburgo	Caminhão pesado a diesel	56.448
03TD36	Transporte BA-RS: São Leopoldo	Caminhão pesado a diesel	6.256
03TD37	Transporte BA-RS: Triunfo	Caminhão pesado a diesel	3.173
03TD38	Transporte BA-SP: Arujá	Caminhão pesado a diesel	29.776
03TD39	Transporte BA-SP: Bauru	Caminhão pesado a diesel	4.106
03TD40	Transporte BA-SP: Campinas	Caminhão pesado a diesel	3.936
03TD41	Transporte BA-SP: Cerquilha	Caminhão pesado a diesel	28.672
03TD42	Transporte BA-SP: Cotia	Caminhão pesado a diesel	44.396
03TD43	Transporte BA-SP: Diadema	Caminhão pesado a diesel	41.895
03TD44	Transporte BA-SP: Franco da Rocha	Caminhão pesado a diesel	2.942
03TD45	Transporte BA-SP: Guarulhos	Caminhão pesado a diesel	338.256
03TD46	Transporte BA-SP: Itatiba	Caminhão pesado a diesel	18.468
03TD47	Transporte BA-SP: Itupeva	Caminhão pesado a diesel	22.828

Registro	Descrição da fonte	Tipo da frota	Distância (km)
03TD48	Transporte BA-SP: Jacareí	Caminhão pesado a diesel	14.130
03TD49	Transporte BA-SP: Jandira	Caminhão pesado a diesel	16.072
03TD50	Transporte BA-SP: Mauá	Caminhão pesado a diesel	286.665
03TD51	Transporte BA-SP: Osasco	Caminhão pesado a diesel	72.818
03TD52	Transporte BA-SP: Pindamonhangaba	Caminhão pesado a diesel	18.210
03TD53	Transporte BA-SP: Rio Claro	Caminhão pesado a diesel	27.636
03TD54	Transporte BA-SP: Salto	Caminhão pesado a diesel	19.181
03TD55	Transporte BA-SP: Santana do Parnaíba	Caminhão pesado a diesel	5.964
03TD56	Transporte BA-SP: São Bernardo do Campo	Caminhão pesado a diesel	451.096
03TD57	Transporte BA-SP: São Carlos	Caminhão pesado a diesel	17.469
03TD58	Transporte BA-SP: São Paulo	Caminhão pesado a diesel	235.620
03TD59	Transporte BA-SP: Sumaré	Caminhão pesado a diesel	19.048
03TD60	Transporte BA-SP: Suzano	Caminhão pesado a diesel	35.010
03TD61	Transporte SP-RJ: São Gonçalo	Caminhão médio a diesel	2.814
03TD62	Transporte SP-RJ: Três Rios	Caminhão médio a diesel	448
03TD63	Transporte SP-RJ: Rio de Janeiro	Caminhão médio a diesel	904
03TD64	Transporte SP-RS: Gravataí	Caminhão pesado a diesel	1.145
03TD65	Transporte SP-RS: Esteio	Caminhão pesado a diesel	3.531
03TD66	Transporte SP-RS: Novo Hamburgo	Caminhão pesado a diesel	1.195
03TD67	Transporte SP-RS: Novo Hamburgo	Caminhão médio a diesel	1.195
03TD68	Transporte SP-SC: Joinville	Caminhão pesado a diesel	3.927
03TD69	Transporte SP-SC: Joinville	Caminhão médio a diesel	561
03TD70	Transporte SP-SP: Cotia	Caminhão médio a diesel	156
03TD71	Transporte SP-SP: Diadema	Caminhão médio a diesel	20
03TD72	Transporte SP-SP: Franco da Rocha	Caminhão médio a diesel	150
03TD73	Transporte SP-SP: Guarulhos	Caminhão pesado a diesel	185
03TD74	Transporte SP-SP: Guarulhos	Caminhão médio a diesel	185
03TD75	Transporte SP-SP: Jacareí	Caminhão médio a diesel	192
03TD76	Transporte SP-SP: Jandira	Caminhão médio a diesel	83
03TD77	Transporte SP-SP: Mauá	Caminhão pesado a diesel	120
03TD78	Transporte SP-SP: Osasco	Caminhão médio a diesel	67
03TD79	Transporte SP-SP: Pindamonhangaba	Caminhão pesado a diesel	162

Registro	Descrição da fonte	Tipo da frota	Distância (km)
03TD80	Transporte SP-SP: São Bernardo do Campo	Caminhão pesado a diesel	1.309
03TD81	Transporte SP-SP: São Paulo	Caminhão pesado a diesel	78
03TD82	Transporte SP-SP: São Paulo	Caminhão médio a diesel	182
03TD83	Transporte SP-SP: Suzano	Caminhão pesado a diesel	30
03TD84	Transporte BA-SP: Mauá (CD)	Caminhão pesado a diesel	274.803

Fonte: Elaboração própria.

A distância percorrida foi resultado da multiplicação entre a distância unitária (**IQX** /CD – destino final) e o número de viagens necessárias para a realização do transporte do produto, que foi contabilizado a partir da planilha *Entregas* (2014). As viagens foram contabilizadas a partir do número de carretas, considerando uma carreta inteira quando ela transportou metade da carga para dois destinos situados no mesmo Estado. Dados da distância unitária dos serviços de transporte foram estimados utilizando o *Google Maps* (2016). O tipo de caminhão utilizado foi definido pelo **Setor de Logística e Importação** via contato por e-mail (28/01/16). A partir da coleta dos dados de atividade necessários, foi possível calcular as emissões de GEE por meio da equação (09), que resultou em 1,9 mil tCO_{2e} conforme apresentado no quadro 43.

Quadro 43 - Emissões de GEE dos serviços de transporte de produtos vendidos.

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03TD17	Transporte BA-BA: Camaçari	1,6	1,3 x 10 ⁻⁴	6,6 x 10 ⁻⁵	1,6
03TD18	Transporte BA-BA: Simões Filho	7,6	6,3 x 10 ⁻⁴	3,1 x 10 ⁻⁴	7,7
03TD19	Transporte BA-BA: Vitória da Conquista	26	2,2 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻³	27
03TD20	Transporte BA-PE: Cabo de Santo Agostinho	1,6	1,3 x 10 ⁻⁴	6,7 x 10 ⁻⁵	1,6
03TD21	Transporte BA-PE: Carpina	4,1	3,4 x 10 ⁻⁴	1,7 x 10 ⁻⁴	4,1
03TD22	Transporte BA-PE: Jaboatão dos Guararapes	13	1,0 x 10 ⁻³	5,2 x 10 ⁻⁴	13
03TD23	Transporte BA-PE: Recife	30	2,5 x 10 ⁻³	1,2 x 10 ⁻³	30
03TD24	Transporte BA-PI: Demerval Lobão	0,87	7,2 x 10 ⁻⁵	3,6 x 10 ⁻⁵	0,88
03TD25	Transporte BA-PB: Campina Grande	31	2,6 x 10 ⁻³	1,3 x 10 ⁻³	32
03TD26	Transporte BA-CE: Sobral	0,92	7,7 x 10 ⁻⁵	3,8 x 10 ⁻⁵	0,94
03TD27	Transporte BA-MG: Contagem	12	9,9 x 10 ⁻⁴	5,0 x 10 ⁻⁴	12

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03TD28	Transporte BA-MG: Montes Claros	2,2	1,8 x 10 ⁻⁴	9,0 x 10 ⁻⁵	2,2
03TD29	Transporte BA-RJ: Rio de Janeiro	5,9	4,9 x 10 ⁻⁴	2,5 x 10 ⁻⁴	6,0
03TD30	Transporte BA-RJ: Três Rios	32	2,7 x 10 ⁻³	1,3 x 10 ⁻³	33
03TD31	Transporte BA-PR: Colombo	14	1,1 x 10 ⁻³	5,7 x 10 ⁻⁴	14
03TD32	Transporte BA-SC: Joinville	114	9,5 x 10 ⁻³	4,7 x 10 ⁻³	115
03TD33	Transporte BA-RS: Cachoeirinha	34	2,8 x 10 ⁻³	1,4 x 10 ⁻³	34
03TD34	Transporte BA-RS: Esteio	2,3	1,9 x 10 ⁻⁴	9,4 x 10 ⁻⁵	2,3
03TD35	Transporte BA-RS: Novo Hamburgo	41	3,4 x 10 ⁻³	1,7 x 10 ⁻³	41
03TD36	Transporte BA-RS: São Leopoldo	4,5	3,8 x 10 ⁻⁴	1,9 x 10 ⁻⁴	4,6
03TD37	Transporte BA-RS: Triunfo	2,3	1,9 x 10 ⁻⁴	9,5 x 10 ⁻⁵	2,3
03TD38	Transporte BA-SP: Arujá	22	1,8 x 10 ⁻³	8,9 x 10 ⁻⁴	22
03TD39	Transporte BA-SP: Bauru	3,0	2,5 x 10 ⁻⁴	1,2 x 10 ⁻⁴	3,0
03TD40	Transporte BA-SP: Campinas	2,8	2,4 x 10 ⁻⁴	1,2 x 10 ⁻⁴	2,9
03TD41	Transporte BA-SP: Cerquilha	21	1,7 x 10 ⁻³	8,6 x 10 ⁻⁴	21
03TD42	Transporte BA-SP: Cotia	32	2,7 x 10 ⁻³	1,3 x 10 ⁻³	32
03TD43	Transporte BA-SP: Diadema	30	2,5 x 10 ⁻³	1,3 x 10 ⁻³	31
03TD44	Transporte BA-SP: Franco da Rocha	2,1	1,8 x 10 ⁻³	8,8 x 10 ⁻⁵	2,2
03TD45	Transporte BA-SP: Guarulhos	244	2,0 x 10 ⁻²	1,0 x 10 ⁻²	248
03TD46	Transporte BA-SP: Itatiba	13	1,1 x 10 ⁻³	5,5 x 10 ⁻⁴	14
03TD47	Transporte BA-SP: Itupeva	16	1,4 x 10 ⁻³	6,8 x 10 ⁻⁴	17
03TD48	Transporte BA-SP: Jacareí	10	8,5 x 10 ⁻⁴	4,2 x 10 ⁻⁴	10
03TD49	Transporte BA-SP: Jandira	12	9,6 x 10 ⁻⁴	4,8 x 10 ⁻⁴	12
03TD50	Transporte BA-SP: Mauá	207	1,7 x 10 ⁻²	8,6 x 10 ⁻³	210
03TD51	Transporte BA-SP: Osasco	53	4,4 x 10 ⁻³	2,2 x 10 ⁻³	53
03TD52	Transporte BA-SP: Pindamonhangaba	13	1,1 x 10 ⁻³	5,5 x 10 ⁻⁴	13
03TD53	Transporte BA-SP: Rio Claro	20	1,7 x 10 ⁻³	8,3 x 10 ⁻⁴	20
03TD54	Transporte BA-SP: Salto	14	1,2 x 10 ⁻³	5,8 x 10 ⁻⁴	14
03TD55	Transporte BA-SP: Santana do Parnaíba	4,3	3,6 x 10 ⁻⁴	1,8 x 10 ⁻⁴	4,4
03TD56	Transporte BA-SP: São Bernardo do Campo	326	2,7 x 10 ⁻²	1,4 x 10 ⁻²	330
03TD57	Transporte BA-SP: São Carlos	13	1,0 x 10 ⁻³	5,2 x 10 ⁻⁴	13
03TD58	Transporte BA-SP: São Paulo	170	1,4 x 10 ⁻²	7,1 x 10 ⁻³	172

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03TD59	Transporte BA-SP: Sumaré	14	1,1 x 10 ⁻³	5,7 x 10 ⁻⁴	14
03TD60	Transporte BA-SP: Suzano	25	2,1 x 10 ⁻³	1,1 x 10 ⁻³	26
03TD61	Transporte SP-RJ: São Gonçalo	1,2	1,7 x 10 ⁻⁴	8,4 x 10 ⁻⁵	1,3
03TD62	Transporte SP-RJ: Três Rios	0,20	2,7 x 10 ⁻⁵	1,3 x 10 ⁻⁵	0,20
03TD63	Transporte SP-RJ: Rio de Janeiro	0,40	5,4 x 10 ⁻⁵	2,7 x 10 ⁻⁵	0,41
03TD64	Transporte de produto SP-RS: Gravataí	0,83	6,9 x 10 ⁻⁵	3,4 x 10 ⁻⁵	0,84
03TD65	Transporte de produto SP-RS: Esteio	2,6	2,1 x 10 ⁻⁴	1,1 x 10 ⁻⁴	2,6
03TD66	Transporte SP-RS: Novo Hamburgo	0,86	7,2 x 10 ⁻⁵	3,6 x 10 ⁻⁵	0,87
03TD67	Transporte SP-RS: Novo Hamburgo	0,52	7,2 x 10 ⁻⁵	3,6 x 10 ⁻⁵	0,54
03TD68	Transporte SP-SC: Joinville	2,8	2,4 x 10 ⁻⁴	1,2 x 10 ⁻⁴	2,9
03TD69	Transporte SP-SC: Joinville	0,25	3,4 x 10 ⁻⁵	1,7 x 10 ⁻⁵	0,25
03TD70	Transporte SP-SP: Cotia	0,07	9,4 x 10 ⁻⁶	4,7 x 10 ⁻⁶	0,07
03TD71	Transporte SP-SP: Diadema	0,01	1,2 x 10 ⁻⁶	6,0 x 10 ⁻⁶	0,01
03TD72	Transporte SP-SP: Franco da Rocha	0,07	9,0 x 10 ⁻⁶	4,5 x 10 ⁻⁶	0,07
03TD73	Transporte SP-SP: Guarulhos	0,13	1,1 x 10 ⁻⁵	5,6 x 10 ⁻⁶	0,14
03TD74	Transporte SP-SP: Guarulhos	0,08	1,1 x 10 ⁻⁵	5,6 x 10 ⁻⁶	0,08
03TD75	Transporte SP-SP: Jacareí	0,08	1,2 x 10 ⁻⁵	5,8 x 10 ⁻⁶	0,09
03TD76	Transporte SP-SP: Jandira	0,04	5,0 x 10 ⁻⁶	2,5 x 10 ⁻⁶	0,04
03TD77	Transporte SP-SP: Mauá	0,09	7,2 x 10 ⁻⁶	3,6 x 10 ⁻⁶	0,09
03TD78	Transporte SP-SP: Osasco	0,03	4,0 x 10 ⁻⁶	2,0 x 10 ⁻⁶	0,03
03TD79	Transporte SP-SP: Pindamonhangaba	0,12	9,7 x 10 ⁻⁶	4,9 x 10 ⁻⁶	0,12
03TD80	Transporte SP-SP: São Bernardo do Campo	0,95	7,9 x 10 ⁻⁵	3,9 x 10 ⁻⁵	0,96
03TD81	Transporte SP-SP: São Paulo	0,06	4,7 x 10 ⁻⁶	2,3 x 10 ⁻⁶	0,06
03TD82	Transporte SP-SP: São Paulo	0,08	1,1 x 10 ⁻⁵	5,5 x 10 ⁻⁶	0,08
03TD83	Transporte SP-SP: Suzano	0,02	1,8 x 10 ⁻⁶	9,0 x 10 ⁻⁷	0,02
03TD84	Transporte BA-SP: Mauá (CD)	195	1,6 x 10 ⁻²	8,2 x 10 ⁻³	198
TOTAL		1.856	1,5 x 10⁻¹	7,7 x 10⁻²	1.881

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

O modal hidroviário foi utilizado para transportar os produtos vendidos da **Indústria Química X** do Porto de Aratu na Bahia para Buenos Aires, Argentina. O quadro 44 apresenta os dados

de atividade referentes ao trajeto hidroviário do serviço de transporte de produtos vendidos.

Quadro 44 - Dados de atividade do serviço de transporte hidroviário de produtos vendidos.

Registro	Descrição da fonte	Tipo de navio	Tamanho	Distância percorrida	Carga transportada
03TD85	Transporte de produto Brasil-Argentina	Cargueiro (porta containers)	1.000-1.999 TEU	157.458 km	24 t

Fonte: Elaboração própria.

A distância percorrida foi calculada por meio da multiplicação da distância unitária e número de viagens realizadas. A distância entre os portos é de 3.423 km (1.848 milhas náuticas), segundo **Setor de Logística e Importação** por contato via e-mail (01/02/16), a qual foi percorrida 46 vezes em 2014 conforme planilha eletrônica *CPU Freight* (2014), fornecida pelo setor. Nesta mesma planilha, consta que a carga total transportada ao longo do ano foi de 1.105 toneladas, o que resulta em uma carga média de 24t por viagem. O tipo e o tamanho do navio foram definidos via contato telefônico (01/02/16) com o **Setor de Logística e Importação**. A partir da coleta dos dados de atividade necessários, foi possível calcular as emissões de GEE por meio da equação (10), que resultou em 122 tCO_{2e} conforme apresentado no quadro 45.

Quadro 45 - Emissões de GEE do serviço de transporte hidroviário de produtos vendidos.

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03TD85	Transporte de produto Brasil-Argentina	121	2,0 x 10 ⁻³	3 x 10 ⁻³	122
TOTAL		121	2,0 x 10⁻³	3 x 10⁻³	122

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

A emissões relativas à *categoria 04: transporte e distribuição (a montante)* totalizaram em 7,9 mil tCO_{2e} aproximadamente, sendo 5,7 mil tCO_{2e} provenientes do transporte de produtos adquiridos e 2,2 mil tCO_{2e} de outros serviços de transportes terceirizados pela **Indústria Química X** em 2014.

4.1.3.5 Categoria 05: resíduos gerados nas operações.

A **Indústria Química X** gerou 122 toneladas de resíduos sólidos urbanos em 2014 segundo planilha *Relatório de movimento de pesagem* (2014). A composição deste resíduo, assim como o local de disposição foram informados via e-mail (10/03/16) e reunião presencial (18/02/16) com o **Setor de Meio Ambiente e Equipe Focal**, respectivamente. Em contato telefônico com o aterro sanitário realizado em 10/03/16, foi possível levantar os demais dados necessários para o cálculo das emissões provenientes da disposição dos resíduos sólidos da **IQX**. Dentre as opções dispostas na **Ferramenta Intersetorial**, o aterro sanitário ao qual o resíduo é destinado foi classificado como semi-aeróbio manejado, em que não há recuperação de metano. A partir da coleta dos dados de atividade necessários, foi possível calcular as emissões de GEE por meio da equação (11), que resultou em 140 tCO_{2e}.

As emissões referentes aos serviços de transporte dos resíduos gerados pela **IQX** realizados em 2014 também foram consideradas nesta categoria. Considerou-se os serviços de transporte referentes a todos os resíduos cuja representação em peso fosse maior do que 0,01% do total de resíduos transportados em 2014. Os dados referentes aos tipos de resíduos e quantidade transportada foram provenientes da planilha *Relatório de movimento de pesagem* (2014). Como apenas os transportes cativos foram considerados, os resíduos cujos transportes foram compartilhados, foram excluídos. Essa perda foi irrelevante, uma vez que eles representaram menos de 1% do total de resíduos gerados pela **Indústria Química X** em 2014. O quadro 46 apresenta os dados de atividade referentes aos serviços terceirizados de transporte de resíduos.

A distância percorrida foi resultado da multiplicação entre a distância unitária (**IQX** – destino final) e o número de viagens realizado em 2014, que foi quantificável a partir do documento *Relatório de movimento de pesagem* (2014). Dados da distância unitária dos serviços de transporte foram estimados em reunião presencial (23/03/2016) com a **Equipe Focal**, com exceção de resíduo de pigmento, cujo destino foi identificado no *Google Maps* (2016). O tipo de caminhão utilizado no transporte dos resíduos foi definido junto à **Equipe Focal** na mesma reunião (23/03/2016). A partir da coleta dos dados de atividade necessários foi possível calcular as emissões de GEE por meio da equação (09), que resultou em 20 tCO_{2e} conforme apresentado no quadro 47.

Quadro 46 - Dados de atividade dos serviços de transporte de resíduos.

Registro	Descrição da fonte	Tipo da frota	Distância (km)
03RS01	Transporte da lama neutralizada	Caminhão semipesado a diesel	21.420
03RS02	Transporte de entulho	Caminhão pesado a diesel	504
03RS03	Transporte de lodo da ETA	Caminhão médio a diesel	13
03RS04	Transporte de sucata de aço carbono	Caminhão leve a diesel	1.240
03RS05	Transporte de sucata de madeira	Caminhão leve a diesel	276
03RS06	Transporte de sucata de <i>pallet</i>	Caminhão leve a diesel	236
03RS07	Transporte de sucata de <i>big bag</i>	Caminhão leve a diesel	720
03RS08	Transporte de sucata de papelão	Caminhão leve a diesel	600
03RS09	Transporte de sucata de plástico	Caminhão leve a diesel	1.160
03RS10	Transporte de resíduo de pigmento	Caminhão pesado a diesel	2.879

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 47 - Emissões de GEE dos serviços de transporte de resíduos.

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03RS01	Transporte da lama neutralizada	15	1,3 x 10 ⁻³	6,4 x 10 ⁻⁴	16
03RS02	Transporte de entulho	0,36	3,0 x 10 ⁻⁵	1,5 x 10 ⁻⁵	0,37
03RS03	Transporte de lodo da ETA	5,7 x 10 ⁻³	7,8 x 10 ⁻⁷	3,9 x 10 ⁻⁷	5,8 x 10 ⁻³
03RS04	Transporte de sucata de aço carbono	0,54	7,4 x 10 ⁻⁵	3,7 x 10 ⁻⁵	0,56
03RS05	Transporte de sucata de madeira	0,12	1,7 x 10 ⁻⁵	8,3 x 10 ⁻⁶	0,12
03RS06	Transporte de sucata de <i>pallet</i>	0,10	1,4 x 10 ⁻⁵	7,1 x 10 ⁻⁶	0,11
03RS07	Transporte de sucata de <i>big bag</i>	0,32	4,3 x 10 ⁻⁵	2,2 x 10 ⁻⁵	0,32
03RS08	Transporte de sucata de papelão	0,26	3,6 x 10 ⁻⁵	1,8 x 10 ⁻⁵	0,27
03RS09	Transporte de sucata de plástico	0,51	7,0 x 10 ⁻⁵	3,5 x 10 ⁻⁵	0,52
03RS10	Transporte de resíduo de pigmento	2,1	1,7 x 10 ⁻⁴	8,6 x 10 ⁻⁵	2,1
TOTAL		20	1,7 x 10⁻³	8,7 x 10⁻⁴	20

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

As emissões relativas à *categoria 05: resíduos gerados nas operações* totalizaram em cerca de 160 tCO_{2e}, sendo 140 tCO_{2e} provenientes da degradação dos resíduos sólidos em aterro sanitário, e 20 tCO_{2e} dos serviços de transporte dos resíduos gerados pela IQX em 2014.

4.1.3.6 Categoria 06: viagens a negócios.

Na **Indústria Química X**, foram identificadas viagens a negócios de funcionários em aeronaves. Os trajetos aéreos realizados pelos funcionários em 2014 foram fornecidos pela **Equipe Focal** via e-mail (06/07/16). O quadro 48 apresenta os dados de atividade referentes aos trajetos aéreos das viagens a negócio.

Quadro 48 - Dados de atividade do transporte aéreo de funcionários para fins de negócios.

Registro	Aeroporto de origem	Aeroporto de destino	Nº passageiros/ trechos
03VN01	BPS	SSA	1
03VN02	BSB	CGH	3
03VN03	BSB	CWB	1
03VN04	BSB	REC	1
03VN05	BSB	SDU	1
03VN06	BSB	SSA	18
03VN07	BSB	THE	1
03VN08	BSL	FRA	4
03VN09	BSL	LHR	3
03VN10	BWI	CLT	3
03VN11	BWI	JFK	1
03VN12	BWI	MIA	7
03VN13	CDG	GRU	1
03VN14	CDG	PEK	1
03VN15	CGH	BSB	1
03VN16	CGH	FLN	1
03VN17	CGH	GIG	1
03VN18	CGH	SDU	3
03VN19	CGH	SSA	53
03VN20	CLE	JFK	1
03VN21	CLE	MIA	4
03VN22	CLT	BWI	1
03VN23	CLT	COM	3
03VN24	CNF	SSA	7

Registro	Aeroporto de origem	Aeroporto de destino	Nº passageiros/ trechos
03VN25	CPH	LIS	1
03VN26	CPV	SSA	3
03VN27	CWB	SSA	1
03VN28	DOH	GRU	7
03VN29	DOH	PER	2
03VN30	DXB	GRU	3
03VN31	DXB	PEK	1
03VN32	FOR	SSA	1
03VN33	FRA	BSL	6
03VN34	FRA	GIG	4
03VN35	FRA	LIS	2
03VN36	GIG	CNF	1
03VN37	GIG	POA	1
03VN38	GIG	SSA	22
03VN39	GRU	CDG	1
03VN40	GRU	DOH	2
03VN41	GRU	DXB	3
03VN42	GRU	FRA	6
03VN43	GRU	IAD	1
03VN44	GRU	JPA	1
03VN45	GRU	LHR	1
03VN46	GRU	MIA	1
03VN47	GRU	NAT	1
03VN48	GRU	POA	1
03VN49	GRU	RAO	1
03VN50	GRU	SSA	134
03VN51	GYN	PMW	1
03VN52	IAD	CLE	1
03VN53	IAD	GRU	1
03VN54	JED	DOH	2
03VN55	JFK	BWI	2
03VN56	JFK	GRU	2

Registro	Aeroporto de origem	Aeroporto de destino	Nº passageiros/ trechos
03VN57	JPA	GIG	1
03VN58	JPA	GRU	1
03VN59	JPA	SSA	29
03VN60	LHR	BSL	1
03VN61	LHR	GRU	3
03VN62	LHR	LIS	1
03VN63	LIS	CPH	1
03VN64	LIS	FRA	2
03VN65	LIS	LHR	1
03VN66	LIS	SSA	6
03VN67	LIS	VLC	2
03VN68	COM	GRU	2
03VN69	COM	MIA	2
03VN70	MCZ	SSA	4
03VN71	MIA	BWI	8
03VN72	MIA	CLE	3
03VN73	MIA	CLT	1
03VN74	MIA	GIG	4
03VN75	MIA	GRU	1
03VN76	MIA	JFK	2
03VN77	MIA	REC	1
03VN78	MIA	SSA	7
03VN79	NAT	GRU	1
03VN80	NAT	SSA	1
03VN81	PEK	CDG	1
03VN82	PEK	DXB	1
03VN83	PER	DOH	5
03VN84	PMW	AUX	1
03VN85	POA	GRU	1
03VN86	RAO	GYN	1
03VN87	REC	MIA	1
03VN88	REC	SSA	19

Registro	Aeroporto de origem	Aeroporto de destino	Nº passageiros/ trechos
03VN89	SDU	BSB	1
03VN90	SDU	SSA	1
03VN91	SSA	BPS	1
03VN92	SSA	BSB	20
03VN93	SSA	CGH	8
03VN94	SSA	CNF	6
03VN95	SSA	CPV	5
03VN96	SSA	FOR	1
03VN97	SSA	GIG	13
03VN98	SSA	GRU	166
03VN99	SSA	JPA	24
03VN100	SSA	LIS	7
03VN101	SSA	MCZ	4
03VN102	SSA	MIA	12
03VN103	SSA	REC	20
03VN104	SSA	SAO	1
03VN105	SSA	VCP	5
03VN106	THE	BSB	1
03VN107	VCP	SSA	5
03VN108	VLC	LIS	2

Fonte: Elaboração própria.

A partir da coleta dos dados de atividade necessários foi possível calcular estas emissões por meio da equação (12), que resultou em 148 tCO_{2e} conforme apresentado no quadro 49.

Quadro 49 - Emissões de GEE do transporte aéreo de funcionários para fins de negócios.

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO₂	tCH₄	tN₂O	tCO_{2e}
03VN01	Trajeto BPS - SSA	0,06	1 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁶	0,06
03VN02	Trajeto BSB - CGH	0,2	1 x 10 ⁻⁶	7 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN03	Trajeto BSB - CWB	0,1	4 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁶	0,1
03VN04	Trajeto BSB - REC	0,2	7 x 10 ⁻⁷	5 x 10 ⁻⁶	0,2

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03VN05	Trajeto BSB - SDU	0,08	4 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁶	0,08
03VN06	Trajeto BSB - SSA	2	8 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	2
03VN07	Trajeto BSB - THE	0,1	5 x 10 ⁻⁷	4 x 10 ⁻⁶	0,1
03VN08	Trajeto BSL - FRA	0,2	4 x 10 ⁻⁶	6 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN09	Trajeto BSL - LHR	0,2	1 x 10 ⁻⁶	7 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN10	Trajeto BWI - CLT	0,2	7 x 10 ⁻⁷	5 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN11	Trajeto BWI - JFK	0,04	8 x 10 ⁻⁷	1 x 10 ⁻⁵	0,04
03VN12	Trajeto BWI - MIA	0,9	4 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁵	1
03VN13	Trajeto CDG - GRU	0,9	4 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁵	1
03VN14	Trajeto CDG - PEK	0,8	3 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁵	0,8
03VN15	Trajeto CGH - BSB	0,08	3 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁶	0,08
03VN16	Trajeto CGH - FLN	0,07	1 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁶	0,07
03VN17	Trajeto CGH - GIG	0,05	1 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁶	0,05
03VN18	Trajeto CGH - SDU	0,2	3 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN19	Trajeto CGH - SSA	7	3 x 10 ⁻⁵	2 x 10 ⁻⁴	7
03VN20	Trajeto CLE - JFK	0,07	3 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁶	0,07
03VN21	Trajeto CLE - MIA	0,7	3 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,7
03VN22	Trajeto CLT - BWI	0,05	2 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁶	0,05
03VN23	Trajeto CLT - COM	0,2	9 x 10 ⁻⁷	6 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN24	Trajeto CNF - SSA	0,6	3 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,6
03VN25	Trajeto CPH - LIS	0,2	1 x 10 ⁻⁶	7 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN26	Trajeto CPV - SSA	0,2	8 x 10 ⁻⁷	6 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN27	Trajeto CWB - SSA	0,2	7 x 10 ⁻⁷	5 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN28	Trajeto DOH - GRU	8	3 x 10 ⁻⁵	3 x 10 ⁻⁴	8
03VN29	Trajeto DOH - PER	2	7 x 10 ⁻⁶	6 x 10 ⁻⁵	2
03VN30	Trajeto DXB - GRU	4	1 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁴	4
03VN31	Trajeto DXB - PEK	0,6	2 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,6
03VN32	Trajeto FOR - SSA	0,09	4 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁶	0,09
03VN33	Trajeto FRA - BSL	0,3	6 x 10 ⁻⁶	9 x 10 ⁻⁶	0,3
03VN34	Trajeto FRA - GIG	4	2 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁴	4
03VN35	Trajeto FRA - LIS	0,3	1 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁵	0,3

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03VN36	Trajeto GIG - CNF	0,05	1 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁶	0,05
03VN37	Trajeto GIG - POA	0,1	4 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁶	0,1
03VN38	Trajeto GIG - SSA	2	1 ,E-05	7 x 10 ⁻⁵	2
03VN39	Trajeto GRU - CDG	0,9	4 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁵	1
03VN40	Trajeto GRU - DOH	2	9 x 10 ⁻⁶	8 x 10 ⁻⁵	2
03VN41	Trajeto GRU - DXB	4	1 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁴	4
03VN42	Trajeto GRU - FRA	6	2 x 10 ⁻⁵	2 x 10 ⁻⁴	6
03VN43	Trajeto GRU - IAD	0,8	3 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,8
03VN44	Trajeto GRU - JPA	0,2	9 x 10 ⁻⁷	6 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN45	Trajeto GRU - LHR	1	4 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁵	1
03VN46	Trajeto GRU - MIA	0,7	3 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,7
03VN47	Trajeto GRU - NAT	0,2	9 x 10 ⁻⁷	6 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN48	Trajeto GRU - POA	0,08	3 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁶	0,08
03VN49	Trajeto GRU - RAO	0,04	8 x 10 ⁻⁷	1 x 10 ⁻⁶	0,04
03VN50	Trajeto GRU - SSA	20	8 x 10 ⁻⁵	5 x 10 ⁻⁴	20
03VN51	Trajeto GYN - PMW	0,06	3 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁶	0,06
03VN52	Trajeto IAD - CLE	0,05	2 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁶	0,05
03VN53	Trajeto IAD - GRU	0,8	3 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,8
03VN54	Trajeto JED - DOH	0,2	1 x 10 ⁻⁶	7 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN55	Trajeto JFK - BWI	0,09	2 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁶	0,09
03VN56	Trajeto JFK - GRU	2	6 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	2
03VN57	Trajeto JPA - GIG	0,2	8 x 10 ⁻⁷	5 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN58	Trajeto JPA - GRU	0,2	9 x 10 ⁻⁷	6 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN59	Trajeto JPA - SSA	2	9 x 10 ⁻⁶	6 x 10 ⁻⁵	2
03VN60	Trajeto LHR - BSL	0,08	3 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁶	0,08
03VN61	Trajeto LHR - GRU	3	1 x 10 ⁻⁵	9 x 10 ⁻⁵	3
03VN62	Trajeto LHR - LIS	0,1	6 x 10 ⁻⁷	4 x 10 ⁻⁶	0,1
03VN63	Trajeto LIS - CPH	0,2	1 x 10 ⁻⁶	7 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN64	Trajeto LIS - FRA	0,3	1 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁵	0,3
03VN65	Trajeto LIS - LHR	0,1	6 x 10 ⁻⁷	4 x 10 ⁻⁶	0,1
03VN66	Trajeto LIS - SSA	4	2 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁴	4

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03VN67	Trajeto LIS - VLC	0,2	7 x 10 ⁻⁷	5 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN68	Trajeto COM - GRU	1	5 x 10 ⁻⁶	4 x 10 ⁻⁵	1
03VN69	Trajeto COM - MIA	0,09	2 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁶	0,09
03VN70	Trajeto MCZ - SSA	0,3	5 x 10 ⁻⁶	9 x 10 ⁻⁶	0,3
03VN71	Trajeto MIA - BWI	1	5 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁵	1
03VN72	Trajeto MIA - CLE	0,5	2 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,5
03VN73	Trajeto MIA - CLT	0,09	4 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁶	0,09
03VN74	Trajeto MIA - GIG	3	1 x 10 ⁻⁵	9 x 10 ⁻⁵	3
03VN75	Trajeto MIA - GRU	0,7	3 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,7
03VN76	Trajeto MIA - JFK	0,3	1 x 10 ⁻⁶	1 x 10 ⁻⁵	0,3
03VN77	Trajeto MIA - REC	0,6	2 x 10 ⁻⁵	2 x 10 ⁻⁵	0,6
03VN78	Trajeto MIA - SSA	4	2 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁴	4
03VN79	Trajeto NAT - GRU	0,2	9 x 10 ⁻⁷	6 x 10 ⁻⁶	0,2
03VN80	Trajeto NAT - SSA	0,07	3 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁶	0,08
03VN81	Trajeto PEK - CDG	0,8	3 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁵	0,8
03VN82	Trajeto PEK - DXB	0,6	2 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,6
03VN83	Trajeto PER - DOH	5	2 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁴	5
03VN84	Trajeto PMW - AUX	0,05	1 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁶	0,05
03VN85	Trajeto POA - GRU	0,08	3 x 10 ⁻⁷	2 x 10 ⁻⁶	0,08
03VN86	Trajeto RAO - GYN	0,05	2 x 10 ⁻⁷	1 x 10 ⁻⁶	0,05
03VN87	Trajeto REC - MIA	0,6	2 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,6
03VN88	Trajeto REC - SSA	1	5 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁵	1
03VN89	Trajeto SDU - BSB	0,08	4 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁶	0,08
03VN90	Trajeto SDU - SSA	0,1	5 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁶	0,1
03VN91	Trajeto SSA - BPS	0,06	1 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁶	0,06
03VN92	Trajeto SSA - BSB	2	9 x 10 ⁻⁶	6 x 10 ⁻⁵	2
03VN93	Trajeto SSA - CGH	1	5 x 10 ⁻⁶	3 x 10 ⁻⁵	1
03VN94	Trajeto SSA - CNF	0,5	2 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,5
03VN95	Trajeto SSA - CPV	0,3	1 x 10 ⁻⁶	9 x 10 ⁻⁶	0,3
03VN96	Trajeto SSA - FOR	0,09	4 x 10 ⁻⁷	3 x 10 ⁻⁶	0,09
03VN97	Trajeto SSA - GIG	1	6 x 10 ⁻⁶	4 x 10 ⁻⁵	1

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03VN98	Trajeto SSA - GRU	21	1 x 10 ⁻⁴	7 x 10 ⁻⁴	21
03VN99	Trajeto SSA - JPA	2	7 x 10 ⁻⁶	5 x 10 ⁻⁵	2
03VN100	Trajeto SSA - LIS	5	2 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁴	5
03VN101	Trajeto SSA - MCZ	0,3	5 x 10 ⁻⁶	9 x 10 ⁻⁶	0,3
03VN102	Trajeto SSA - MIA	8	3 x 10 ⁻⁵	2 x 10 ⁻⁴	8
03VN103	Trajeto SSA - REC	1	5 x 10 ⁻⁶	4 x 10 ⁻⁵	1
03VN104	Trajeto SSA - SAO	0,1	6 x 10 ⁻⁷	4 x 10 ⁻⁶	0,1
03VN105	Trajeto SSA - VCP	0,6	3 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,7
03VN106	Trajeto THE - BSB	0,1	5 x 10 ⁻⁷	4 x 10 ⁻⁶	0,1
03VN107	Trajeto VCP - SSA	0,6	3 x 10 ⁻⁶	2 x 10 ⁻⁵	0,7
03VN108	Trajeto VLC - LIS	0,1	7 x 10 ⁻⁷	5 x 10 ⁻⁶	0,2
TOTAL		146	6 x 10⁻⁴	5 x 10⁻³	148

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

4.1.3.7 Categoria 07: deslocamento de funcionários.

Na **Indústria Química X**, fontes emissoras referentes ao deslocamento de funcionários do horário administrativo e do horário de turno foram identificadas. Como ela fornece o transporte para o deslocamento de seus funcionários por meio da contratação de empresas terceirizadas, considerou-se que todos utilizam este transporte, apesar de existirem algumas exceções. Os serviços de transporte casa-trabalho-casa dos funcionários foram identificados a partir de planilhas eletrônicas disponibilizadas pelo **Setor de Transporte: Sem nome – ADM (2014)** e **Sem nome – Turno (2014)**.

Nestes documentos, constam os roteiros realizados pelos ônibus (administrativo) e vans (turno), com os respectivos pontos de parada, a partir do qual as distâncias diárias foram estimadas por meio do *Google Maps* (2016). Os itinerários percorridos por ambos veículos foram discriminados entre *padrão* e *garagem*. Considerou-se percurso *padrão* aquele de apanha/ entrega dos funcionários em suas residências, e o percurso *garagem* aquele referente ao trajeto entre a garagem do ônibus/ van até o 1º ponto de parada, e do o último ponto de parada até a

garagem. Enquanto os roteiros **padrão** são realizados duas vezes diariamente, os itinerários **garagem** (garagem – 1º ponto/ último ponto – garagem) são realizados uma vez no roteiro administrativo e três vezes no roteiro de turno, segundo **Setor de Transporte**. O quadro 50 apresenta os dados de atividade referentes ao deslocamento de funcionários da **Indústria Química X**.

Quadro 50 - Dados de atividade do deslocamento dos funcionários casa-trabalho-casa.

Registro	Descrição da fonte	Tipo da frota	Nº dias de trabalho	Distância diária (km)
03DF01	Adm: Roteiro A padrão	Ônibus rodoviário a diesel	229	116
03DF02	Adm: Roteiro A garagem	Ônibus rodoviário a diesel	229	33
03DF03	Adm: Roteiro B padrão	Ônibus rodoviário a diesel	229	98
03DF04	Adm: Roteiro B garagem	Ônibus rodoviário a diesel	229	36
03DF05	Adm: Roteiro C padrão	Ônibus rodoviário a diesel	229	114
03DF06	Adm: Roteiro C garagem	Ônibus rodoviário a diesel	229	10
03DF07	Adm: Roteiro D padrão	Ônibus rodoviário a diesel	229	92
03DF08	Adm: Roteiro D garagem	Ônibus rodoviário a diesel	229	64
03DF09	Adm: Roteiro E padrão	Ônibus rodoviário a diesel	229	124
03DF10	Adm: Roteiro E garagem	Ônibus rodoviário a diesel	229	16
03DF11	Adm: Roteiro F padrão	Ônibus rodoviário a diesel	229	102
03DF12	Adm: Roteiro F garagem	Ônibus rodoviário a diesel	229	30
03DF13	Adm: Roteiro G padrão	Ônibus rodoviário a diesel	229	144
03DF14	Adm: Roteiro G garagem	Ônibus rodoviário a diesel	229	129
03DF15	Adm: Roteiro H padrão	Ônibus rodoviário a diesel	229	102
03DF16	Adm: Roteiro H garagem	Ônibus rodoviário a diesel	229	36
03DF17	Turno: Roteiro 1 Turma A padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	116
03DF18	Turno: Roteiro 1 Turma A garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	18
03DF19	Turno: Roteiro 1 Turma B padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	122
03DF20	Turno: Roteiro 1 Turma B garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	86
03DF21	Turno: Roteiro 1 Turma C padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	136
03DF22	Turno: Roteiro 1 Turma C garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	29
03DF23	Turno: Roteiro 1 Turma D padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	110
03DF24	Turno: Roteiro 1 Turma D garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	65

Registro	Descrição da fonte	Tipo da frota	Nº dias de trabalho	Distância diária (km)
03DF25	Turno: Roteiro 1 Turma E padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	128
03DF26	Turno: Roteiro 1 Turma E garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	107
03DF27	Turno: Roteiro 2 Turma A padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	100
03DF28	Turno: Roteiro 2 Turma A garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	87
03DF29	Turno: Roteiro 2 Turma B padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	74
03DF30	Turno: Roteiro 2 Turma B garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	77
03DF31	Turno: Roteiro 2 Turma C padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	96
03DF32	Turno: Roteiro 2 Turma C garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	60
03DF33	Turno: Roteiro 2 Turma D padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	102
03DF34	Turno: Roteiro 2 Turma D garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	86
03DF35	Turno: Roteiro 2 Turma E padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	100
03DF36	Turno: Roteiro 2 Turma E garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	65
03DF37	Turno: Roteiro 3 Turma A padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	104
03DF38	Turno: Roteiro 3 Turma A garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	78
03DF39	Turno: Roteiro 3 Turma B padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	96
03DF40	Turno: Roteiro 3 Turma B garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	86
03DF41	Turno: Roteiro 3 Turma C padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	96
03DF42	Turno: Roteiro 3 Turma C garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	81
03DF43	Turno: Roteiro 3 Turma D padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	106
03DF44	Turno: Roteiro 3 Turma D garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	79
03DF45	Turno: Roteiro 3 Turma E padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	98
03DF46	Turno: Roteiro 3 Turma E garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	76
03DF47	Turno: Roteiro 4 Turma A padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	92
03DF48	Turno: Roteiro 4 Turma A garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	94
03DF49	Turno: Roteiro 4 Turma B padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	72
03DF50	Turno: Roteiro 4 Turma B garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	145
03DF51	Turno: Roteiro 4 Turma C padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	106
03DF52	Turno: Roteiro 4 Turma C garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	118

Registro	Descrição da fonte	Tipo da frota	Nº dias de trabalho	Distância diária (km)
03DF53	Turno: Roteiro 4 Turma D padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	108
03DF54	Turno: Roteiro 4 Turma D garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	117
03DF55	Turno: Roteiro 4 Turma E padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	100
03DF56	Turno: Roteiro 4 Turma E garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	119
03DF57	Turno: Roteiro 5 Turma A padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	92
03DF58	Turno: Roteiro 5 Turma A garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	71
03DF59	Turno: Roteiro 5 Turma B padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	110
03DF60	Turno: Roteiro 5 Turma B garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	60
03DF61	Turno: Roteiro 5 Turma C padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	88
03DF62	Turno: Roteiro 5 Turma C garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	82
03DF63	Turno: Roteiro 5 Turma D padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	96
03DF64	Turno: Roteiro 5 Turma D garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	53
03DF65	Turno: Roteiro 5 Turma E padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	100
03DF66	Turno: Roteiro 5 Turma E garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	59
03DF67	Turno: Roteiro 6 Turma A padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	32
03DF68	Turno: Roteiro 6 Turma A garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	317
03DF69	Turno: Roteiro 6 Turma B padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	38
03DF70	Turno: Roteiro 6 Turma B garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	319
03DF71	Turno: Roteiro 6 Turma C padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	34
03DF72	Turno: Roteiro 6 Turma C garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	323
03DF73	Turno: Roteiro 6 Turma D padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	36
03DF74	Turno: Roteiro 6 Turma D garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	319
03DF75	Turno: Roteiro 6 Turma E padrão	Veículo comercial leve a diesel	365	34
03DF76	Turno: Roteiro 6 Turma E garagem	Veículo comercial leve a diesel	365	319

Fonte: Elaboração própria.

A seleção do tipo de veículo na **Ferramenta Intersetorial** foi realizada segundo descrição do **Setor de Transporte** apresentada nos e-mails enviados em 29/06 e 26/07/16. O mesmo informou ainda que o roteiro de turno opera todos os dias do ano, enquanto que o administrativo,

apenas nos dias úteis. O número de dias úteis trabalhados em 2014 foi estimado a partir de um calendário padrão, considerando feriados nacionais e locais, assim como um dia de folga por mês, conforme orientação em contato telefônico com a **Equipe Focal** realizado em 01/12/17 (WEBCID, 2017). A partir da coleta dos dados de atividade necessários, foi possível calcular as emissões de GEE por meio da equação (09), que resultou em 788 tCO_{2e} conforme apresentado no quadro 51.

Quadro 51 - Emissões de GEE do deslocamento dos funcionários casa-trabalho-casa.

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03DF01	Adm: Roteiro A padrão	22	1,6 x 10 ⁻³	8,0 x 10 ⁻⁴	22
03DF02	Adm: Roteiro A garagem	6,2	4,6 x 10 ⁻⁴	2,3 x 10 ⁻⁴	6,3
03DF03	Adm: Roteiro B padrão	18	1,3 x 10 ⁻³	6,7 x 10 ⁻⁴	19
03DF04	Adm: Roteiro B garagem	6,8	5,0 x 10 ⁻⁴	2,5 x 10 ⁻⁴	6,9
03DF05	Adm: Roteiro C padrão	21	1,6 x 10 ⁻³	7,8 x 10 ⁻⁴	22
03DF06	Adm: Roteiro C garagem	1,9	1,4 x 10 ⁻⁴	6,8 x 10 ⁻⁵	1,9
03DF07	Adm: Roteiro D padrão	17	1,3 x 10 ⁻³	6,3 x 10 ⁻⁴	17
03DF08	Adm: Roteiro D garagem	12	8,7 x 10 ⁻⁴	4,4 x 10 ⁻⁴	12
03DF09	Adm: Roteiro E padrão	23	1,7 x 10 ⁻³	8,5 x 10 ⁻⁴	24
03DF10	Adm: Roteiro E garagem	2,9	2,1 x 10 ⁻⁴	1,1 x 10 ⁻⁴	3,0
03DF11	Adm: Roteiro F padrão	19	1,4 x 10 ⁻³	7,0 x 10 ⁻⁴	19
03DF12	Adm: Roteiro F garagem	5,5	4,1 x 10 ⁻⁴	2,0 x 10 ⁻⁴	5,6
03DF13	Adm: Roteiro G padrão	27	2,0 x 10 ⁻³	9,9 x 10 ⁻⁴	27
03DF14	Adm: Roteiro G garagem	24	1,8 x 10 ⁻³	8,8 x 10 ⁻⁴	24
03DF15	Adm: Roteiro H padrão	19	1,4 x 10 ⁻³	7,0 x 10 ⁻⁴	19
03DF16	Adm: Roteiro H garagem	6,8	5,0 x 10 ⁻⁴	2,5 x 10 ⁻⁴	6,9
03DF17	Turno: Roteiro 1 Turma A padrão	9,9	5,1 x 10 ⁻⁴	8,5 x 10 ⁻⁴	10
03DF18	Turno: Roteiro 1 Turma A garagem	1,5	7,8 x 10 ⁻⁵	1,3 x 10 ⁻⁴	1,6
03DF19	Turno: Roteiro 1 Turma B padrão	10	5,3 x 10 ⁻⁴	8,9 x 10 ⁻⁴	11
03DF20	Turno: Roteiro 1 Turma B garagem	7,4	3,8 x 10 ⁻⁴	6,3 x 10 ⁻⁴	7,5
03DF21	Turno: Roteiro 1 Turma C padrão	12	6,0 x 10 ⁻⁴	9,9 x 10 ⁻⁴	12
03DF22	Turno: Roteiro 1 Turma C garagem	2,5	1,3 x 10 ⁻⁴	2,1 x 10 ⁻⁴	2,5
03DF23	Turno: Roteiro 1 Turma D padrão	9,4	4,8 x 10 ⁻⁴	8,0 x 10 ⁻⁴	9,6

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03DF24	Turno: Roteiro 1 Turma D garagem	5,5	2,8 x 10 ⁻⁴	4,7 x 10 ⁻⁴	5,7
03DF25	Turno: Roteiro 1 Turma E padrão	11	5,6 x 10 ⁻⁴	9,3 x 10 ⁻⁴	11
03DF26	Turno: Roteiro 1 Turma E garagem	9,1	4,7 x 10 ⁻⁴	7,8 x 10 ⁻⁴	9,4
03DF27	Turno: Roteiro 2 Turma A padrão	8,5	4,4 x 10 ⁻⁴	7,3 x 10 ⁻⁴	8,7
03DF28	Turno: Roteiro 2 Turma A garagem	7,4	3,8 x 10 ⁻⁴	6,3 x 10 ⁻⁴	7,6
03DF29	Turno: Roteiro 2 Turma B padrão	6,3	3,2 x 10 ⁻⁴	5,4 x 10 ⁻⁴	6,5
03DF30	Turno: Roteiro 2 Turma B garagem	6,6	3,4 x 10 ⁻⁴	5,6 x 10 ⁻⁴	6,7
03DF31	Turno: Roteiro 2 Turma C padrão	8,2	4,2 x 10 ⁻⁴	7,0 x 10 ⁻⁴	8,4
03DF32	Turno: Roteiro 2 Turma C garagem	5,2	2,6 x 10 ⁻⁴	4,4 x 10 ⁻⁴	5,3
03DF33	Turno: Roteiro 2 Turma D padrão	8,7	4,5 x 10 ⁻⁴	7,4 x 10 ⁻⁴	8,9
03DF34	Turno: Roteiro 2 Turma D garagem	7,3	3,8 x 10 ⁻⁴	6,3 x 10 ⁻⁴	7,5
03DF35	Turno: Roteiro 2 Turma E padrão	8,5	4,4 x 10 ⁻⁴	7,3 x 10 ⁻⁴	8,7
03DF36	Turno: Roteiro 2 Turma E garagem	5,6	2,9 x 10 ⁻⁴	4,8 x 10 ⁻⁴	5,7
03DF37	Turno: Roteiro 3 Turma A padrão	8,9	4,6 x 10 ⁻⁴	7,6 x 10 ⁻⁴	9,1
03DF38	Turno: Roteiro 3 Turma A garagem	6,7	3,4 x 10 ⁻⁴	5,7 x 10 ⁻⁴	6,8
03DF39	Turno: Roteiro 3 Turma B padrão	8,2	4,2 x 10 ⁻⁴	7,0 x 10 ⁻⁴	8,4
03DF40	Turno: Roteiro 3 Turma B garagem	7,4	3,8 x 10 ⁻⁴	6,3 x 10 ⁻⁴	7,5
03DF41	Turno: Roteiro 3 Turma C padrão	8,2	4,2 x 10 ⁻⁴	7,0 x 10 ⁻⁴	8,4
03DF42	Turno: Roteiro 3 Turma C garagem	6,9	3,5 x 10 ⁻⁴	5,9 x 10 ⁻⁴	7,1
03DF43	Turno: Roteiro 3 Turma D padrão	9,1	4,6 x 10 ⁻⁴	7,7 x 10 ⁻⁴	9,3
03DF44	Turno: Roteiro 3 Turma D garagem	6,8	3,5 x 10 ⁻⁴	5,8 x 10 ⁻⁴	6,9
03DF45	Turno: Roteiro 3 Turma E padrão	8,4	4,3 x 10 ⁻⁴	7,2 x 10 ⁻⁴	8,6
03DF46	Turno: Roteiro 3 Turma E garagem	6,5	3,3 x 10 ⁻⁴	5,5 x 10 ⁻⁴	6,6
03DF47	Turno: Roteiro 4 Turma A padrão	7,9	4,0 x 10 ⁻⁴	6,7 x 10 ⁻⁴	8,0
03DF48	Turno: Roteiro 4 Turma A garagem	8,0	4,1 x 10 ⁻⁴	6,9 x 10 ⁻⁴	8,2
03DF49	Turno: Roteiro 4 Turma B padrão	6,2	3,2 x 10 ⁻⁴	5,3 x 10 ⁻⁴	6,3
03DF50	Turno: Roteiro 4 Turma B garagem	12	6,4 x 10 ⁻⁴	1,1 x 10 ⁻³	13
03DF51	Turno: Roteiro 4 Turma C padrão	9,0	4,6 x 10 ⁻⁴	7,7 x 10 ⁻⁴	9,3
03DF52	Turno: Roteiro 4 Turma C garagem	10	5,2 x 10 ⁻⁴	8,6 x 10 ⁻⁴	10
03DF53	Turno: Roteiro 4 Turma D padrão	9,2	4,7 x 10 ⁻⁴	7,9 x 10 ⁻⁴	9,4
03DF54	Turno: Roteiro 4 Turma D garagem	10	5,1 x 10 ⁻⁴	8,5 x 10 ⁻⁴	10

Registro	Descrição da fonte	Emissões			
		tCO ₂	tCH ₄	tN ₂ O	tCO _{2e}
03DF55	Turno: Roteiro 4 Turma E padrão	8,5	4,4 x 10 ⁻⁴	7,3 x 10 ⁻⁴	8,7
03DF56	Turno: Roteiro 4 Turma E garagem	10	5,2 x 10 ⁻⁴	8,7 x 10 ⁻⁴	10
03DF57	Turno: Roteiro 5 Turma A padrão	7,9	4,0 x 10 ⁻⁴	6,7 x 10 ⁻⁴	8,0
03DF58	Turno: Roteiro 5 Turma A garagem	6,0	3,1 x 10 ⁻⁴	5,2 x 10 ⁻⁴	6,2
03DF59	Turno: Roteiro 5 Turma B padrão	9,4	4,8 x 10 ⁻⁴	8,0 x 10 ⁻⁴	9,6
03DF60	Turno: Roteiro 5 Turma B garagem	5,2	2,6 x 10 ⁻⁴	4,4 x 10 ⁻⁴	5,3
03DF61	Turno: Roteiro 5 Turma C padrão	7,5	3,9 x 10 ⁻⁴	6,4 x 10 ⁻⁴	7,7
03DF62	Turno: Roteiro 5 Turma C garagem	7,0	3,6 x 10 ⁻⁴	6,0 x 10 ⁻⁴	7,2
03DF63	Turno: Roteiro 5 Turma D padrão	8,2	4,2 x 10 ⁻⁴	7,0 x 10 ⁻⁴	8,4
03DF64	Turno: Roteiro 5 Turma D garagem	4,5	2,3 x 10 ⁻⁴	3,9 x 10 ⁻⁴	4,6
03DF65	Turno: Roteiro 5 Turma E padrão	8,5	4,4 x 10 ⁻⁴	7,3 x 10 ⁻⁴	8,7
03DF66	Turno: Roteiro 5 Turma E garagem	5,0	2,6 x 10 ⁻⁴	4,3 x 10 ⁻⁴	5,1
03DF67	Turno: Roteiro 6 Turma A padrão	2,7	1,4 x 10 ⁻⁴	2,3 x 10 ⁻⁴	2,8
03DF68	Turno: Roteiro 6 Turma A garagem	27	1,4 x 10 ⁻³	2,3 x 10 ⁻³	28
03DF69	Turno: Roteiro 6 Turma B padrão	3,2	1,7 x 10 ⁻⁴	2,8 x 10 ⁻⁴	3,3
03DF70	Turno: Roteiro 6 Turma B garagem	27	1,4 x 10 ⁻³	2,3 x 10 ⁻³	28
03DF71	Turno: Roteiro 6 Turma C padrão	2,9	1,5 x 10 ⁻⁴	2,5 x 10 ⁻⁴	3,0
03DF72	Turno: Roteiro 6 Turma C garagem	28	1,4 x 10 ⁻³	2,4 x 10 ⁻³	28
03DF73	Turno: Roteiro 6 Turma D padrão	3,1	1,6 x 10 ⁻⁴	2,6 x 10 ⁻⁴	3,2
03DF74	Turno: Roteiro 6 Turma D garagem	27	1,4 x 10 ⁻³	2,3 x 10 ⁻³	28
03DF75	Turno: Roteiro 6 Turma E padrão	2,9	1,5 x 10 ⁻⁴	2,5 x 10 ⁻⁴	3,0
03DF76	Turno: Roteiro 6 Turma E garagem	27	1,4 x 10 ⁻³	2,3 x 10 ⁻³	28
TOTAL		772	4,5 x 10⁻²	5,5 x 10⁻²	788

Fonte: Adaptado da Ferramenta Intersetorial (FGV; WRI, 2017).

Portanto, considerando todas as categorias dos escopos 1, 2 e 3 segundo o *GHG Protocol*, a **Indústria Química X** emitiu 203 mil tCO_{2e} em 2014. O quadro 52 apresenta seu inventário de forma resumida, apresentando as categorias com suas respectivas emissões ou justificativa de exclusão do inventário.

Quadro 52 - Resumo do inventário das emissões de GEE da IQX.

Escopo	Categoria do escopo	Emissões (tCO_{2e})	Justificativa da exclusão
1	1. Combustão estacionária	56.000	
1	2. Combustão móvel	36	
1	3. Emissões fugitivas	0,1	
1	4. Emissões de processos industriais	-	O processo produtivo da IQX não emite GEE.
1	5. Emissões agrícolas e de mudança no uso do solo	-	A IQX não realiza este tipo de atividade.
1	6. Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	O lodo, lama e efluente líquido gerados no processo produtivo da IQX não emitem GEE em seus respectivos tratamentos.
2	Energia adquirida	7.500	
3	1. Bens e serviços adquiridos	71.000	
3	2. Bens de capital adquiridos	420	
3	3. Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2.	58.000	
3	4. Transporte e distribuição à montante	7.900	
3	5. Resíduos gerados nas operações	160	
3	6. Viagens a negócios	148	
3	7. Deslocamento de funcionários	788	
3	8. Bens arrendados à montante	-	Não se aplica, pois, adotou-se o controle operacional como limite organizacional.
3	9. Transporte e distribuição à jusante	-	Não calculado devido à limitação de tempo para levantamento de dados dispersos.
3	10. Processamento de produtos vendidos	-	Não calculado devido à limitação de tempo para levantamento de dados dispersos.
3	11. Uso de bens e serviços vendidos	-	Não se aplica, pois, o produto químico da IQX é inorgânico e incorporado ao produto final.
3	12. Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos	-	Não se aplica, pois, o produto químico da IQX é inorgânico.
3	13. Bens arrendados à jusante	-	A IQX não possui nenhum bem arrendado à terceiros.
3	14. Franquias	-	A IQX não possui franquias.
3	15. Investimentos	-	A IQX não realizou investimentos em 2014.

Fonte: Elaboração própria.

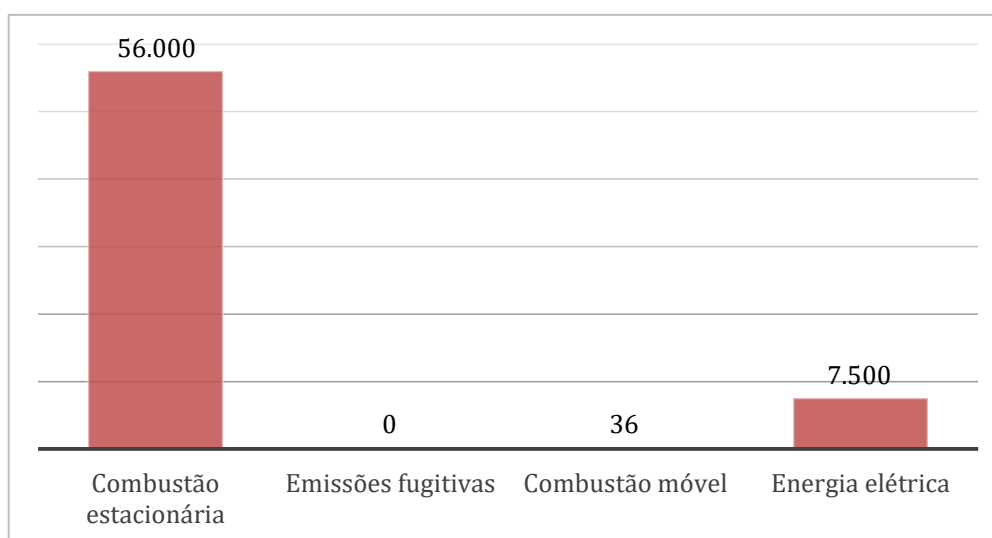
4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA CONTABILIZAÇÃO DAS EMISSÕES E PROPOSTA DE AÇÕES DE REDUÇÃO DE GEE

Uma análise dos resultados do inventário da **Indústria Química X** foi realizada, a partir do qual foi possível propor ações de redução de GEE direcionadas para as principais fontes emissoras.

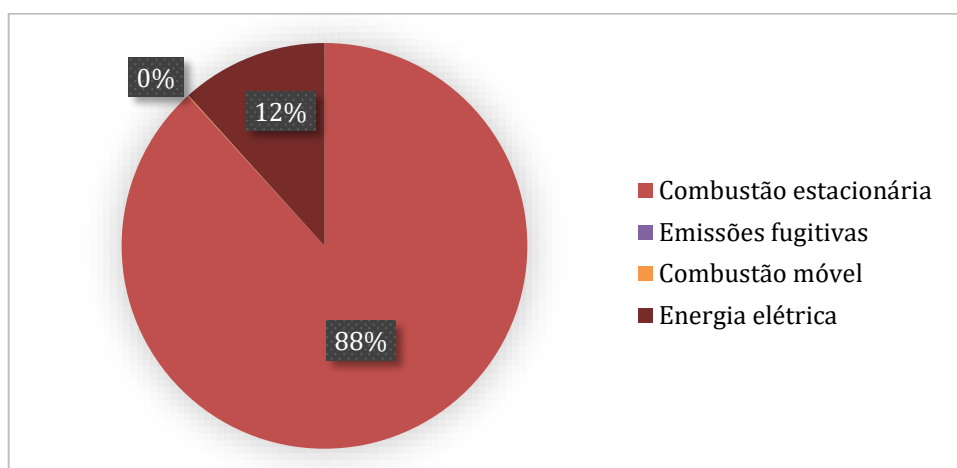
4.2.1 Análise dos resultados da contabilização das emissões.

O inventário segundo o *GHG Protocol* compreende 22 categorias de emissão considerando os escopos 1, 2 e 3 de forma integral. Contudo, a **Indústria Química X** contabilizou apenas metade dessas categorias, uma vez que as demais não se aplicam ao seu negócio. Grande parte das categorias excluídas do seu inventário foi de escopo 3, ou seja, de emissões indiretas. Considerando as emissões de escopo 1 e 2, cuja a contabilidade das emissões é obrigatória, segundo o *GHG Protocol*, ela apresentou o perfil de emissões apresentado nas figuras 8 e 9. Observa-se que a categoria de combustão estacionária representou 88% das emissões de GEE, devido principalmente à combustão do gás natural. Em seguida, encontra-se as emissões indiretas decorrentes do consumo de energia elétrica com 12%.

Figura 8 - Emissões de GEE da IQX (tCO_{2e}): escopos 1 e 2.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 9 - Emissões de GEE da IQX (%): escopos 1 e 2.

Fonte: Elaboração própria.

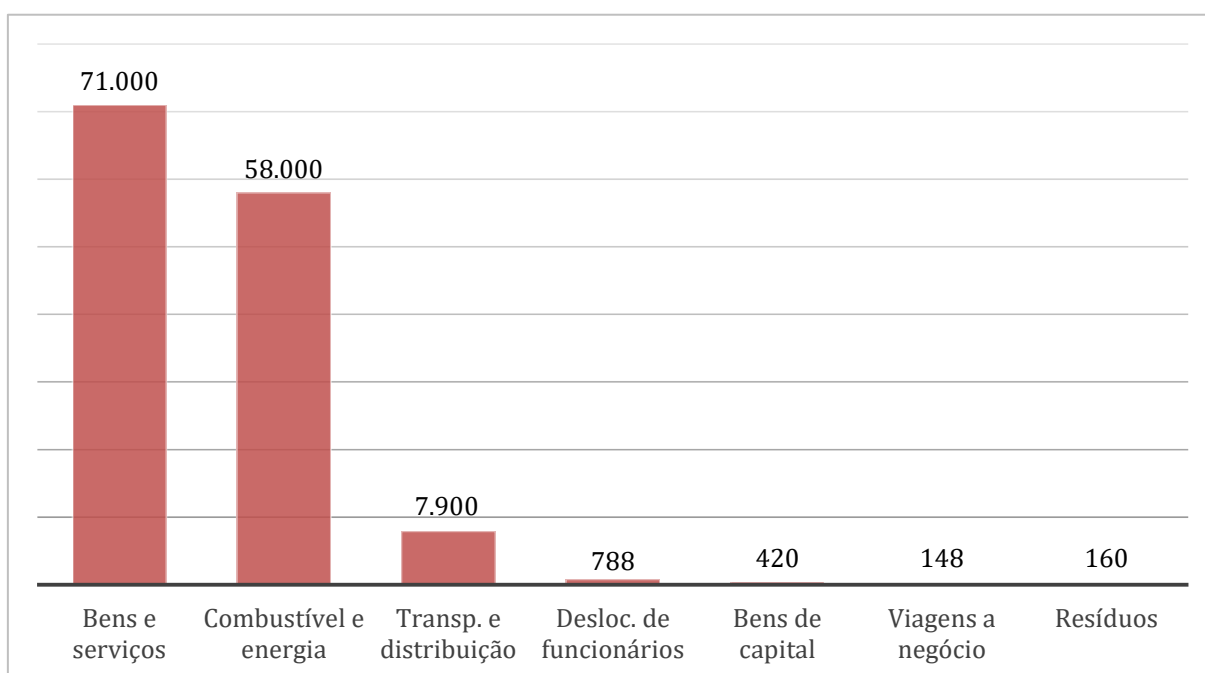
O CDP (2017c) disponibiliza os dados das **empresas de referência** por meio do relatório de respostas das empresas ao *Questionário sobre Mudanças Climáticas* com o seguinte nível de agregação: escopo 1 (categorias agregadas), escopo 2, e escopo 3 (categorias desagregadas). Apesar do questionário do CDP possibilitar a desagregação das emissões por categoria do escopo 1, nenhuma empresa relatou estes dados. Portanto, a fim de levantar informações sobre como estas emissões estariam distribuídas nas categorias do escopo 1, outros relatórios e sites corporativos foram consultados.

Apesar das emissões referente aos escopos 1 e 2 terem uma representatividade média equivalente dentre as **empresas de referência**: 48% e 52% respectivamente; notam-se alguns pontos em comum com o perfil de emissões da **IQX**. A Johnson Matthey (2017) afirma que a queima de gás natural é sua principal fonte de emissão direta. A Basf (2017) relata que cerca de 50% de suas emissões de escopo 1 e 2 resultaram da geração de vapor e eletricidade, ou seja, da combustão estacionária. A combustão (estacionária) de carvão e gás natural compreendeu 72% aproximadamente das emissões diretas da Evonik (2017). Segundo Kemira (2018), a combustão estacionária é sua principal fonte de emissão direta, cujo uso de gás natural representou mais de 80% dos combustíveis utilizados para este finalidade. Mais de 90% das emissões de escopo 1 e 2 da Braskem foi devido à combustão estacionária (FGV, 2017). Portanto, observa-se que a combustão estacionária é a principal categoria emissora dos escopos 1 e 2 em algumas indústrias químicas; e o gás natural, um dos principais combustíveis utilizados para este fim.

As emissões indiretas de escopo 3 aplicáveis à **Indústria Química X** são apresentadas nas

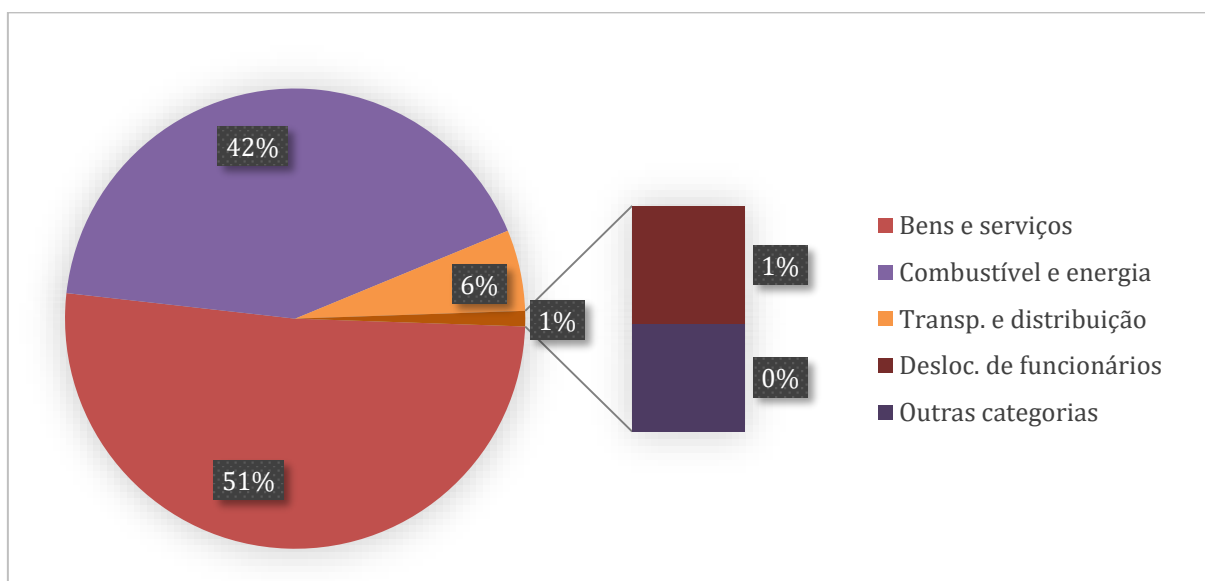
figuras 10 e 11 de acordo com sua categoria. *Bens e serviços adquiridos* destaca-se como a principal categoria emissora, representando mais de 50% das emissões de escopo 3. Em seguida, a categoria *Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2 (Combustível e energia)* representa 42% dessas emissões indiretas. Juntas, as duas categorias compreendem mais de 90% das emissões de escopo 3 da *Indústria Química X*.

Figura 10 - Emissões de GEE da IQX (tCO_{2e}): escopo 3.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 11 - Emissões de GEE da IQX (%): escopo 3.



Fonte: Elaboração própria.

No entanto, observa-se que enquanto as emissões indiretas da categoria de *Bens e serviços adquiridos* é representada por alguns insumos e serviços adquiridos pela **Indústria Química X** (ver quadro 53), as emissões indiretas provenientes do gás natural consumido na combustão estacionária representa mais de 90% da categoria *Combustível e energia* (ver quadro 54).

Quadro 53 - Fontes emissoras da categoria *Bens e serviços adquiridos* da IQX.

Registro	Descrição da fonte	Emissão (tCO _{2e})	Emissão (%)
03BS03	Escória	19.600	27%
03BS01	Ácido sulfúrico	14.000	19%
03BS02	Ilmenita	12.300	17%
03BS04	Hidróxido de sódio líquido	8.500	12%
03BS06	Ácido clorídrico	3.300	5%
03BS07	Cal hidratada II	2.000	3%
03BS26	Serviço de caldeiraria	2.000	3%
03BS12	Perlita ativada	1.240	2%
03BS13	Óxido de titânio	928	1%
03BS09	Alumina hidratada	880	1%
03BS11	Silicato de sódio	840	1%
-	Outras fontes	5.900	9%

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 54 - Fontes emissoras da categoria *Combustível e energia* da IQX.

Registro	Descrição da fonte	Emissão (tCO _{2e})	Emissão (%)
03CE01	Gás natural (WTT ¹)	53.000	91%
03CE02	Gás natural (perdas em T&D)	1.900	4%
03CE03	Óleo diesel	930	2%
03CE12	Energia elétrica (perdas em T&D)	770	1%
03CE07	Óleo pesado (navio graneleiro)	740	1%
03CE11	Energia elétrica (WTT combustíveis)	580	1%
-	Outras fontes	140	0%

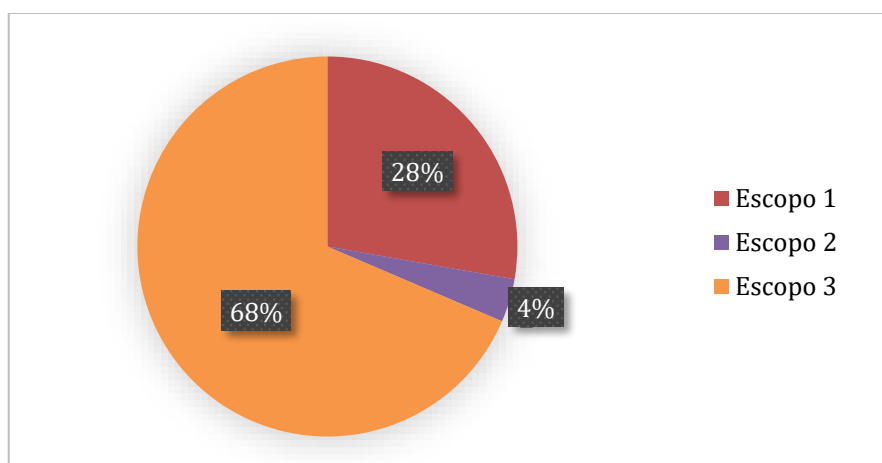
Fonte: Elaboração própria.

1: WTT – *Well-to-tank emissions*: emissões provenientes da extração, transformação e transporte do combustível antes da sua combustão (DEFRA, 2016).

Apesar da distribuição variada das emissões de escopo 3 devido à diversidade dos negócios no setor químico, a categoria de *Bens e serviços adquiridos* foi a mais representativa (36% - 53%) na maioria das **empresas de referência**, assim como na **IQX**. Diversas empresas apresentaram emissões relevantes nas categorias de *Uso de bens e serviços vendidos* (19% - 86%) e *Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos* (14% - 37%). Apesar do *GHG Protocol* não exigir a contabilidade dessas emissões pelo setor químico, algumas empresas vão além na elaboração do seu inventário, demonstrando sua liderança no tema. Contudo, mesmo que a **IQX** considerasse essas categorias no seu inventário, suas emissões seriam nulas, uma vez que seu produto é inorgânico e seu uso não emite GEE. As emissões da categoria *Combustível e energia* destacou-se na Kemira e na DuPont, representando 14% e mais de 90% de suas respectivas emissões indiretas de escopo 3.

O escopo 3 da **Indústria Química X** representa 68% de suas emissões, conforme apresentado na figura 12. Assim como ela, as emissões de escopo 3 da maioria das **empresas de referência** representam mais da metade de suas emissões (61% - 98%). Considerando os três escopos, dentre as dez **empresas de referência**, aquela que apresenta o perfil de emissões mais parecido com o da **IQX** é aquela da Braskem, uma empresa química brasileira.

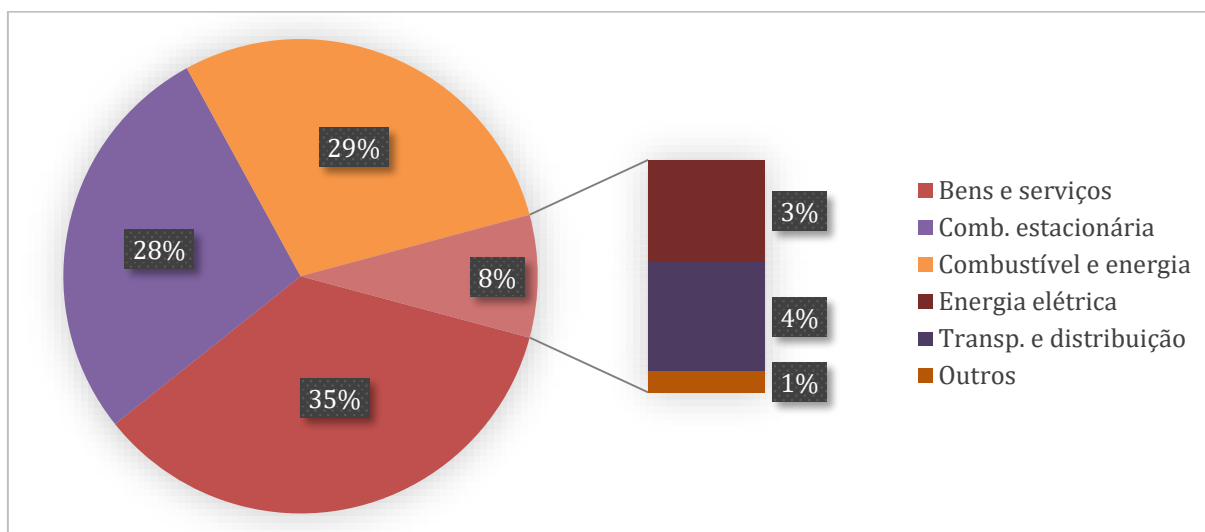
Figura 12 - Emissões de GEE da IQX (%): escopos 1, 2 e 3.



Fonte: Elaboração própria.

Contudo, nota-se que as emissões do escopo 1 também são representativas, e considerando que as emissões da categoria de combustão estacionária representam quase a sua totalidade, decidiu-se por analisar como as emissões da **IQX** estão distribuídas nas categorias, considerando os três escopos do inventário (ver figura 13).

Figura 13 - Emissões de GEE da IQX (%): categorias dos escopos 1, 2 e 3.



Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que apenas três categorias representam mais de 90% das emissões da **Indústria Química X**: *Bens e serviços*, *Combustão estacionária* e *Combustível e energia*. Considerando todas as categorias do inventário, a maioria das **empresas de referência** apresentaram a categoria *Bens e Serviços* como uma das mais representativas (23% - 45%), seguida das emissões de escopo 2 (22% - 51%) em seis delas, enquanto que as emissões de escopo 1 foram relevantes (17% - 42%) para metade das empresas. Apesar de não ter sido possível analisar os dados desagregados do escopo 1 por categoria, vimos que as emissões da combustão estacionária são representativas em algumas delas. As emissões da categoria *Combustível e energia* só é representativa para DuPont (16%), cuja maior categoria emissora encontra-se no escopo 2 (49%). Esta categoria, por sua vez, compreende as emissões indiretas da aquisição e consumo de energia elétrica e térmica. Nas **empresas de referência** cujas emissões de escopo 2 foram representativas, a energia elétrica representou mais da metade da aquisição energética.

A partir da elaboração do primeiro ano de inventário, é possível realizar o monitoramento das emissões de GEE e seu respectivo impacto ambiental ao longo do tempo. As empresas podem monitorar suas emissões por meio de indicadores absolutos e de intensidade (CDP, 2016). As **empresas de referência** utilizam as seguintes métricas para normalizar os seus indicadores de intensidade: tonelada de produto, receita e número de funcionários. Os últimos parâmetros são utilizados por apenas algumas delas, enquanto que o primeiro é utilizado pela maioria, principalmente por aquelas que contabilizaram suas emissões considerando todos as categorias de escopo 3 aplicáveis. Dessa forma, optou-se por utilizar o indicador de intensidade considerando o peso do produto para normalizar as emissões da **Indústria Química X**.

A **IQX** emitiu nos escopos 1, 2 e 3, respectivamente cerca de: 56.036 tCO_{2e}, 7.500 tCO_{2e} e 138.416 tCO_{2e} em 2014. Estes valores resultaram em emissões de 63.536 tCO_{2e} de escopos 1 e 2, e emissões de 201.952 tCO_{2e} considerando os três escopos. O valor das emissões geradas por ela é bem menor do que aquelas provocadas pelas **empresas de referência**, que apresentam uma emissão média dos escopos 1 e 2 de cerca de 8 milhões de tCO_{2e}, e considerando todos os escopos, aproximadamente 31 milhões de tCO_{2e}. Isto sinaliza que a **IQX** possui um porte menor do que as **empresas de referência**, e enfatiza a importância do uso de indicadores de intensidade para fins de comparação das emissões entre empresas. O quadro 55 apresenta as emissões totais e os indicadores de intensidade da **IQX** e das **empresas de referência**.

Quadro 55 – Emissões totais e indicador de intensidade da **IQX** e empresas de referência.

Escopo	Emissões (tCO _{2e})		Indicador (tCO _{2e} / t produto)	
	IQX	Emp. ref.	IQX ¹	Emp. ref.
1 + 2	64 mil	8 milhões	1,3	1,2 ²
1 + 2 + 3	202 mil	31 milhões	4,2	4,0

Fonte: Elaboração própria.

1: Produção em 2014: 48.115 toneladas de produto (Pegada de Carbono da **IQX**, 2015).

2: 90% dos indicadores de intensidade das empresas de referência situaram-se abaixo deste valor.

Considerando que a produção da **IQX** foi de 48.115 toneladas em 2014, a partir da planilha *Pegada de Carbono da IQX (2015)* disponibilizada pela **Equipe Focal** em reunião presencial (30/07/15), pode-se calcular o indicador de intensidade de suas emissões. A partir das emissões dos escopos 1 e 2, o indicador resultou em 1,3 tCO_{2e}/ t produto, enquanto que considerando os três escopos, ele resultou em 4,2 tCO_{2e}/ t produto. As **empresas de referência** apresentaram indicadores de intensidade entre 0,4 - 4,3 tCO_{2e}/ tonelada de produto considerando as emissões dos escopos 1 e 2. Esta variação se justifica pela diversidade de produtos fornecidos por elas. Entretanto, cerca de 90% dos indicadores situaram-se abaixo de 1,2 tCO_{2e}/ t produto. Trata-se de um valor menor do que o indicador da **IQX**, o que sugere que suas emissões estão relativamente altas e possuem potencial de redução.

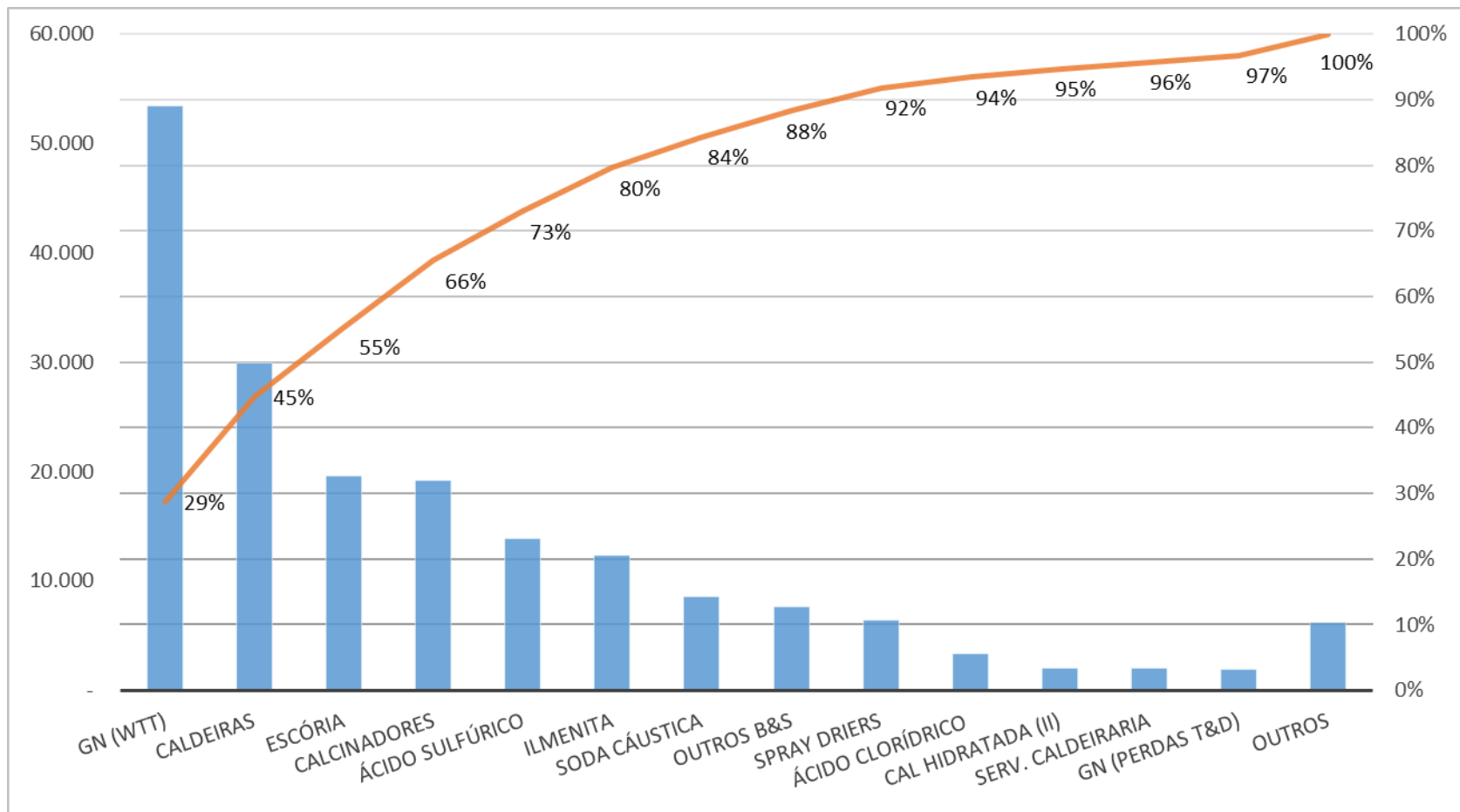
As **empresas de referência** apresentaram indicadores entre 0,7 e 9,8 tCO_{2e}/ t produto, com média de 4,0 tCO_{2e}/ t produto, considerando as emissões dos três escopos do inventário. O indicador de intensidade da **IQX** situa-se um pouco acima da média apresentada pelas empresas. Além disso, enquanto as emissões de escopo 3 das **empresas de referência**

representam 12 categorias em média, as emissões da **Indústria Química X** representam apenas 7 categorias neste indicador. Portanto, nota-se que a **IQX** possui uma emissão maior por categoria do que a média apresentada pelas **empresas de referência**, o que sugere um potencial de redução de emissões, principalmente no escopo 3.

A partir do acesso à planilha *Pegada de Carbono da IQX (2015)*, foi possível comparar os resultados obtidos por esta ferramenta setorial e aqueles provenientes da elaboração do inventário segundo a metodologia *GHG Protocol*. A pegada de carbono realizada pela **IQX** em 2014, resultou em um indicador de intensidade de 3,4 tCO_{2e}/t produto considerando categorias de emissões diretas e indiretas: matéria-prima e insumos, água, eletricidade, combustível e resíduos. Esta ferramenta resulta em um indicador de intensidade de carbono que em comparação com a metodologia *GHG Protocol*, representaria apenas uma categoria de emissões direta (*Combustão estacionária*), o escopo 2, e apenas três categorias de emissões indiretas (*Bens e serviços adquiridos, Transporte e distribuição à montante e Resíduos gerados nas operações*). Logo, apesar de ser um indicador de intensidade menor do que aquele resultante do presente estudo, ele apresenta menor quantidade de categorias consideradas, assim como superestima algumas emissões. As emissões indiretas decorrente do consumo de eletricidade foram superestimadas devido ao uso de fator de emissão global em detrimento do fator de emissão nacional. Outra superestimativa ocorreu na contabilização das emissões provenientes do uso da água pois, uma vez que a empresa produz sua própria água, não deveria ter sido contabilizada como sendo produzida por terceiros. Portanto, apesar do indicador de intensidade resultar em um valor menor do que aquele apresentado no presente estudo, ele incorpora diferenças inerentes à metodologia utilizada, assim como representa um número de categorias bem menor do que aquelas consideradas no presente estudo.

A contabilização das emissões de todas as categorias aplicáveis dos escopos 1, 2 e 3 da **IQX**, propiciou que os indicadores de intensidade e absolutos retratassem o impacto que suas atividades provocam no meio ambiente. Logo, estes dados fornecem um ponto de partida para que a **IQX** possa agir de forma consciente perante o aquecimento global. A Akzo Nobel utiliza este dado, por exemplo, como referência para o monitoramento da eficiência no uso de recursos e energia nos seus processos produtivos (AKZONOBEL, 2017). Logo, a fim de identificar as fontes emissoras que apresentam maior potencial de redução de GEE na **IQX**, realizou-se a Análise de Pareto. As fontes emissoras das principais categorias do inventário foram consideradas nesta análise: *Bens e serviços* (escopo 3), *Combustão estacionária* (escopo 1) e *Combustível e energia* (escopo 3); conforme apresentado na figura 14.

Figura 14 - Emissões de GEE da IQX (tCO_{2e}): principais fontes.



Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que as fontes emissoras mais representativas são aquelas referentes às categorias de *Combustão estacionária*, e *Bens e serviços*; exceto o gás natural (GN - WTT). Caldeiras, calcinadores e *spray driers* emitem diretamente GEE devido à combustão estacionária do gás natural. Escória, ácido sulfúrico, ilmenita e hidróxido de sódio (soda cáustica), emitem indiretamente GEE devido à extração, produção e transporte necessários prévio ao seu consumo pela **IQX**. O gás natural (WTT), por sua vez, também emite indiretamente GEE devido às emissões provocadas pelo processo de extração/ transporte/ produção para sua fabricação prévia ao consumo pela **IQX**. Nota-se que a aquisição e consumo do gás natural representam cerca de 45% das emissões da **Indústria Química X**. Este dado representa um norte no tocante às estratégias de redução de GEE, uma vez que sinaliza que uma ação de redução com fins de otimizar o uso do gás natural pela **IQX** resultaria em uma diminuição da emissão de GEE tanto no escopo 1 (*Combustão estacionária*), como no escopo 3 (*Combustível e energia*).

4.2.1.1 Limitações dos resultados da contabilização das emissões.

Uma vez que o inventário de emissões da **Indústria Química X** englobou as categorias aplicáveis dos três escopos, suas limitações referem-se principalmente aos dados de atividade e fatores de emissão.

4.2.1.1.1 Dados de atividade.

Inicialmente, o *GHG Protocol* sugere a contabilização das emissões de pelo menos 80% das fontes emissoras, a partir do qual pode ser aumentado à medida que a organização inventariante e seus fornecedores ganham experiência na gestão de GEE (WRI; WBCSD, 2011). Todas as fontes emissoras identificadas foram consideradas nas categorias de escopo 1 e 2, e na maioria das categorias do escopo 3: *Bens de capital adquiridos*, *Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2*, *Resíduos gerados nas operações*, *Viagens a negócios* e *Deslocamento de funcionários*. Apenas as categorias *Bens e serviços adquiridos* e *Transporte e distribuição à montante* não consideraram todas as fontes

identificadas, englobando cerca de 99% delas. Considerou-se desprezível (fonte provável de menos de 1% das emissões totais da categoria), as emissões provenientes do uso de veículos particulares próprios no deslocamento dos funcionários para o trabalho em *Deslocamento de funcionários*. Portanto, observa-se que nas categorias em que um limiar foi estabelecido, todos superaram o limite recomendado pelo *GHG Protocol* em um primeiro levantamento de dados para a realização do inventário corporativo.

Contudo, pontua-se que nem todas as fontes emissoras puderam ser identificadas. Na categoria *Bens e serviços adquiridos*, utilizou-se como referência o *Relatório de movimento de pesagem* que apesar de considerar grande parte dos bens de consumo adquiridos, não abrange todos. A fim de identificar os demais bens, seria necessário o levantamento individual deles por meio de notas de compra. Isto não compensaria neste primeiro momento, pois seria um trabalho que demandaria muito tempo para pouco retorno. Além disso, a falta de detalhamento de uma rubrica que contabiliza a aquisição de combustíveis pela **Indústria Química X** impossibilitou a identificação de possíveis fontes emissoras, principalmente nas categorias *Combustão móvel e Transporte e distribuição a montante*. Nela, encontram-se valores de gasolina e diesel comprados para fins diversos em veículos e equipamentos. Em 2014, ela somou a quantia de 10,5 mil litros de combustível o que equivale a cerca de 21% da aquisição dos mesmos em 2014 pela **IQX**. Apesar disso, algumas fontes emissoras desta rubrica puderam ser identificadas, e tiveram suas emissões estimadas com base no consumo em 2015, totalizando aproximadamente 6 mil litros. Logo, retirando este valor, cerca de 4,5 mil litros (9%) de combustível adquiridos restariam sem identificação de suas fontes de consumo. Dessa forma, apesar do valor ser representativo em relação à aquisição destes combustíveis, ele não é relevante sob o enfoque ambiental, pois estima-se que ele representaria menos de 0,01% das emissões de GEE da **IQX**.

Segundo os critérios de avaliação do *GHG Protocol*, os dados de atividade podem ser classificados como **muito bons** (WRI; WBCSD, 2011). Todos os dados de atividade utilizados referem-se às instalações e operações da **IQX**, coletados ao longo de todo o ano inventariado de forma a nivelar eventuais flutuações.

4.2.1.1.2 Fatores de emissão.

A utilização de dados secundários em fatores de emissão para o cálculo das emissões nas categorias dos escopos 2 e 3 é considerada uma prática comum na elaboração dos inventários. Segundo o *GHG Protocol* (WRI; WBCSD, 2011), seu uso é importante pois permite que as empresas compreendam a relevância entre as atividades emissoras, identifiquem *hotspots* (pontos de interesse), priorizem os esforços de coleta de dados primários, engajamento de fornecedores e esforços de redução de GEE. Trata-se do primeiro inventário realizado para a contabilização de GEE da **Indústria Química X**, portanto, dados secundários foram utilizados em todos os fatores de emissões indiretas (escopos 2 e 3). O *GHG Protocol* apresenta alguns critérios de qualidade para fatores de emissão (quadro 25), que foram utilizados para avaliar a qualidade dos dados utilizados no inventário da **IQX**, conforme apresentado no quadro 56 (WRI; WBCSD, 2011).

As categorias do escopo 1 e 2 utilizaram fatores referentes à queima de combustíveis, com exceção das emissões fugitivas, o que lhe conferem um alto grau de qualidade dos resultados obtidos, devido ao menor grau de incerteza dos fatores. O escopo 3 apresentou fatores de emissão de boa qualidade na maioria de suas categorias. *Bens e serviços*, e *Bens de capital* foram as únicas categorias que apresentaram fatores de emissão de qualidade razoável, devido ao desconhecimento da tecnologia representada pelo fator, assim como pela sua defasagem.

Avaliou-se também a qualidade dos fatores de emissão das fontes mais relevantes do inventário segundo a Análise de Pareto realizada: caldeiras, calcinadores e *spray driers*, fontes da categoria de *Combustão estacionária* (escopo 1); escória, ácido sulfúrico, ilmenita, hidróxido de sódio, fontes da categoria de *Bens e serviços*; e gás natural (WTT), fonte de *Combustível e energia*. Como dito anteriormente, os fatores de emissões referentes à queima de combustíveis são de qualidade relativamente alta, o que confere às fontes de emissão da *Combustão estacionária* um resultado de melhor qualidade dentre as fontes relevantes. Em seguida, o gás natural (WTT) apresenta a segunda melhor qualidade de resultado, uma vez que na composição do seu fator de emissão, adotou-se a densidade do gás natural utilizado pela **IQX**, que foi disponibilizado pela distribuidora local. Por último, os fatores de emissão das fontes de *Bens e serviços* possuem qualidades variadas devido à defasagem e abrangências geográficas diversas. Todas as fontes emissoras relevantes utilizam fatores de emissão de base de dados de *softwares* de ACV, com exceção das fontes emissoras da categoria *Combustão estacionária*.

Quadro 56 - Classificação dos dados de emissão utilizados no inventário da IQX segundo o *GHG Protocol*.

Escopo/ Categoria	Fontes emissoras	Tecnologia	Tempo ²	Abrangência geográfica	Confiabilidade	Fontes de referência dos dados utilizados
1.1 Combustão estacionária	todas as fontes	combustão	4-8 anos	Brasileira/ Mundial	órgãos nacionais e internacionais	BEN (2016); MCT (2010); IPCC (2006); IPCC (2013)
1.2 Combustão móvel	todas as fontes	combustão	1-8 anos	Brasileira/ Mundial	órgãos nacionais e internacionais	MCT (2010); MMA (2014); IPCC (2006); IPCC (2013)
1.3 Emissões fugitivas	todas as fontes	cálculo	<1ano	Local	organização inventariante	Indústria Química X
2.1 Energia elétrica e térmica adquirida	todas as fontes	combustão	<1ano	Brasileira	órgão nacional	MCTIC (2017)
3.1 Bens e serviços adquiridos	Escória	tec. similar	9 anos	Mundial	Base de dados de ACV: Simapro	Frischknecht et al (2005) (Ecoinvent v.2)
3.1 Bens e serviços adquiridos	Ácido sulfúrico	tec. diferente	9 anos	Européia	Base de dados de ACV: Simapro	Frischknecht et al (2005) (Ecoinvent v.2)
3.1 Bens e serviços adquiridos	Ilmenita	tec. similar	<1ano	Australia	Base de dados de ACV: Simapro	Wernet et al (2016) (Ecoinvent v.3)
3.1 Bens e serviços adquiridos	Hidróxido de sódio	tec. similar	9 anos	Européia	Base de dados de ACV: Simapro	Frischknecht et al (2005) (Ecoinvent v.2)
3.1 Bens e serviços adquiridos	demais fontes	diversos e desconhecidas	1-9 anos	Mundial/ Outros	Base de dados de ACV: Simapro	ADEME (2017) (Bilan GES); Frischknecht et al (2005) (Ecoinvent v.2); IPCC (2006); Wernet et al (2016) (Ecoinvent v.3)
3.2 Bens de capital adquiridos	todas as fontes	desconhecida	> 10 anos	Estados Unidos/ Japão	órgão nacional/ outros	CMUGDI (2017) (EIO-LCA US 2002); Keisuke e Moriguchi (2012) (3EID)
3.3 Combustível e energia ¹	gás natural (WTT)	tec. similar	<1ano	Local/ Mundial	distribuidora local/ Base de dados de ACV: Simapro	BAHIAGÁS (2017); Wernet et al (2016) (Ecoinvent v.3)
3.3 Combustível e energia ¹	demais fontes	diversos	1-8 anos	Local/ Brasileira/ Mundial	órgãos locais, nacionais e internacionais	COELBA (2016); DEFRA (2016); IPCC (2006a; 2013); MCTIC (2017); Wernet et al (2016) (Ecoinvent v.3).
3.4 Transporte e distribuição a montante	todas as fontes	combustão	1-8 anos	Brasileira/ Mundial/ Outros	órgãos nacionais e internacionais	DEFRA (2015); MMA (2014); IPCC (2006); IPCC (2013)
3.5 Resíduos gerados nas operações	todas as fontes	decomposição	1-8 anos	Mundial	órgão internacional	IPCC (2006d); IPCC (2013)
3.6 Viagens a negócios	todas as fontes	tec. similar	<1ano	Mundial/ Outros	órgãos nacionais e internacionais	DEFRA (2016); IPCC (2013)
3.7 Deslocamento de funcionários	todas as fontes	combustão	1-8 anos	Brasileira/ Mundial	órgãos nacionais e internacionais	MMA (2014); IPCC (2006); IPCC (2013)

Legenda da qualidade dos dados: 1. Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 3

2. Referente ao ano de referência do inventário: 2014.

Muito boa
Boa
Razoável
Pobre

Fonte: Elaboração própria.

Bases de dados de *softwares* de ACV são utilizadas como fontes de fatores de emissão para realização de inventário em diversas empresas, principalmente nas atividades de escopo 3. Dentre as **empresas de referência**, AkzoNobel, Koninklijke DSM, Johnson Matthey, Basf e Evonik utilizam estas bases. Contudo, deve-se ter o cuidado na alocação destes fatores nos inventários, uma vez que eles representam diversas tecnologias e abrangências geográficas para uma mesma atividade produtiva. Apesar disso, não existem muitos fatores de emissão cuja abrangência é brasileira, e a adoção de fatores de abrangência global ou de outro país é necessária. Isso, no entanto, pode gerar um erro maior nas estimativas das emissões, uma vez que a matriz energética difere entre um país e outro, mesmo considerando tecnologias iguais ou similares. Pode-se citar o exemplo do produto da **IQX**, cujo o fator de emissão respectivo da base de dados do *software* de ACV é 5,99 tCO_{2e}/t produto, valor cerca de 43% maior do que aquele calculado no presente trabalho. Portanto, dados primários devem ser buscados a fim de diminuir esta incerteza, que no caso da **IQX**, refere-se às categorias: *Bens e serviços* e *Combustível e energia*.

Segundo o *GHG Protocol* (2011), as empresas devem procurar melhorar a qualidade dos dados do inventário ao longo do tempo, substituindo dados de menor qualidade por aqueles de maior qualidade à medida que eles se tornam disponíveis. Entretanto, as **empresas de referência** realizam inventários de GEE a cerca de 8 anos, e a adoção de dados primários no cálculo das emissões do escopo 3 ainda não ocorre de forma integral, conforme apresentado no quadro 57. Observa-se o uso de dados primários principalmente nas categorias consideradas relevantes em seus inventários, ou naquelas em que as informações estão disponíveis. Destaca-se que apenas 20% das **empresas de referência** utilizam dados primários, mesmo que parcialmente, para o cálculo das emissões nas categorias relevantes para a **IQX**.

Nas categorias *Transporte e distribuição a montante* e *Deslocamento de funcionários* o cálculo das emissões provenientes do uso de veículos para transporte de pessoas e materiais possui alguns pontos de melhoria. Apesar de ele considerar o consumo médio de combustível por tipo e ano de fabricação do veículo, não há nenhum tipo de correção nos fatores utilizados referente à deterioração do veículo segundo sua quilometragem rodada. A metodologia utilizada, por sua vez, considerou uma estimativa da distância percorrida pelos veículos como dado de entrada no cálculo. Trata-se de uma abordagem válida, contudo menos precisa do que aquela que utiliza o consumo de combustível para o cálculo das emissões. A coleta de dados primários com as empresas parceiras poderia contribuir para este fim.

Quadro 57 - Uso de dados primários no cálculo das emissões de escopo 3 pelas empresas de referência.

Nº	Categoria do escopo 3	Percentual médio de uso de dados primários em fatores de emissão	Percentual das empresas
1	Bens e serviços adquiridos	55%	20%
2	Bens de capital adquiridos	-	-
3	Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2.	96%	20%
4	Transporte e distribuição à montante	35%	20%
5	Resíduos gerados nas operações	10%	10%
6	Viagens a negócios	92%	40%
7	Deslocamento de funcionários	78%	40%
8	Bens arrendados à montante	85%	20%
9	Transporte e distribuição à jusante	57%	30%
10	Processamento de produtos vendidos	-	-
11	Uso de bens e serviços vendidos	70%	10%
12	Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos	-	-
13	Bens arrendados à jusante	-	-
14	Franquias	-	-
15	Investimentos	100%	10%

Fonte: Adaptado de CDP (2017c).

Por fim, a ausência de informações sobre as causas e a magnitude das incertezas nas estimativas de emissões é uma limitação que abrange ambos parâmetros: dados de atividade e fatores de emissão. Segundo o **Programa Brasileiro GHG Protocol** (FGV; WRI, 2008), ela é uma estimativa quantitativa da diferença provável ou percebida quanto ao valor relatado, aliada a uma descrição qualitativa das causas prováveis desta diferença. Contudo, o PBGHGP afirma ainda que o conhecimento referente à contabilização das emissões de GEE melhora com a experiência no cálculo e relato dos dados, culminando em um inventário corporativo rigoroso e completo. Ele recomenda, no entanto, que as empresas concentrem seus recursos nas emissões mais significativas na cadeia de valor, a fim de coletar dados de melhor qualidade para atividades prioritárias, permitindo que elas estabeleçam metas de redução mais eficazes, e acompanhem e demonstrem reduções de GEE ao longo do tempo (WRI; WBCSD, 2011).

4.2.2 Proposta de ações de redução de GEE.

A partir da realização da Análise de Pareto, notou-se que a aquisição de gás natural e seu consumo nas caldeiras representam fontes emissoras com potencial de redução de GEE, uma vez que compõe cerca de 45% das emissões da **Indústria Química X**. Dessa forma, ações de redução com fins de otimizar o uso do gás natural pelas caldeiras na **IQX**, resultaria em uma diminuição de GEE tanto no escopo 1 (*Combustão estacionária*), quanto no escopo 3 (*Combustível e energia*). Dentre as estratégias de redução de emissões de GEE apresentadas na revisão bibliográfica, aquela que melhor se aplica é a estratégia de *Eficiência energética e substituição de combustíveis*. No Brasil, a eficiência energética é um grande desafio, uma vez que seu progresso nesta área está estagnado desde a última década segundo o *American Council for an Energy-Efficient Economy* (ACEEE, 2016). Ele afirma ainda que o Brasil apresenta o segundo pior nível de eficiência energética entre os 23 países maiores consumidores de energia do mundo. Portanto, por mais simples que sejam, projetos de eficiência energética devem ser encorajados e implementados no solo brasileiro.

Segundo o IEA (2013a), a maioria das medidas de eficiência energética implementadas nas indústrias químicas foram impulsionadas por melhorias tecnológicas, integração energética e aumento dos custos de energia. Ele afirma ainda que uma grande parte do uso de energia pela indústria é na forma de calor, para o qual o vapor é geralmente o meio de transporte de energia (IEA, 2009). No Brasil, cerca de 90% do combustível fóssil utilizado pela indústria química está associado à produção de vapor, o que representa um consumo de mais de 4 milhões de toneladas de óleo equivalente segundo o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2005; BRASIL, 2016). No entanto, cerca de 20% desse combustível pode ser economizado em sistemas a vapor, onde um terço das oportunidades de eficiência energética estão localizadas em seu sistema de distribuição (CEB; FUPAI / EFFICIENTIA, 2005b).

O quadro 58 apresenta algumas medidas de eficiência energética para um sistema de vapor, com suas respectivas economias potenciais e investimento necessário, assim como seu grau de adoção por países membros ou não da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organisation for Economic Cooperation and Development - OECD*). Tratam-se de melhorias nas condições operacionais do sistema em sua maioria, como a garantia do bom funcionamento de purgadores de vapor, de bom estado do isolamento térmico, redução de excesso de ar no sistema, retorno do condensado, isolamento térmico de tubulações, válvulas e

acessórios, dentre outros.

Quadro 58 - Medidas de eficiência em sistemas de vapor.

Item	Economia (%)	Investimento (USD/ GJ vapor)	Adoção em países OECD (%)	Adoção em países não-OECD (%)
Purgadores de vapor	5	1	50	25
Isolamentos térmicos	5	1	75	25
Redução da água de alimentação	5	10	75	50
Redução de excesso de ar	2	5	100	50
Transferência de calor	1-2	-	75	50
Retorno de condensado	10	10	75	50
Recompressão de vapor	0-20	30	10	0
Redução do vapor flash	0-10	10	50	25
Condensador de ventilação	1-5	40	25	10
Redução de ciclos curtos	0-5	20	75	50
Isolamento de válvulas e acessórios	1-3	5	50	25

Fonte: Adaptado de IEA (2009).

Observa-se que em países que não são membros da OECD, a adoção das medidas de eficiência energética ainda é limitada, o que sugere um potencial de economia energética e consequentemente melhora dos níveis de emissões de GEE por meio de sua implantação. Segundo DECHEMA (2017), os maiores déficits de integração energética encontram-se principalmente em processos produtivos de baixa a média escala que ocorrem em bateladas, onde de 20 a 50% da energia utilizada é perdida como gases de escape, água de refrigeração e perdas de calor em equipamentos e produtos. A **IQX** apresenta o perfil citado e localiza-se em um país que não é membro da OECD (2018), o que supõe que essas medidas de eficiência energética podem proporcioná-la um bom potencial de redução de GEE. Diante deste contexto, considerando o sistema de vapor da **IQX**, a **Equipe Focal** sinalizou que a tubulação principal do sistema de 19 bar poderia apresentar perdas de calor devido às condições operacionais de seu isolamento térmico e purgadores vapor, cuja renovação seria tecnicamente viável.

Segundo o IEA (2009), em sistemas de vapor, as caldeiras de vapor podem ter uma eficiência de até 85%, mas geralmente apresentam uma eficiência menor, principalmente devido aos baixos fatores de carga e manutenção precária. Afirma-se ainda que as principais opções de melhoria da eficiência são a substituição da caldeira de vapor por um sistema de cogeração ou uma bomba de calor. A cogeração é um sistema integrado que recupera o calor por meio da produção de energia elétrica, podendo alcançar uma eficiência de mais de 90% (IPCC, 2007

citado por IEA, 2009). O uso de bombas de calor permite, por sua vez, que se utilize o fornecimento de energia elétrica de fonte renovável ou de baixo custo para o reaquecimento do vapor a níveis operacionais. A cogeração não promove a redução do uso de combustível nas caldeiras, apenas aumenta sua eficiência energética, permitindo que a empresa gere a própria energia elétrica, e diminua seu consumo da eletricidade proveniente da rede de distribuição nacional. Dessa forma, somente o uso de bombas de calor foram analisadas como possível ação de redução de GEE para a **IQX**, uma vez que elas promovem a redução da queima de combustível nas caldeiras.

Estima-se que cerca de 35% do uso final de energia para o calor na indústria química é para geração de vapor a temperaturas de até 200°C, que podem ser obtidas por bombas de calor e *upgrade* de vapor residual por recompressão mecânica, o que gera uma economia potencial de energia de 50%, além de 15% a 20% de redução na demanda de vapor (TNO e ECN 2016 *apud* DECHEMA, 2017). Trata-se de uma tecnologia viável por meio de simbiose industrial com o setor elétrico em momentos em que há excedente de energia renovável, beneficiando ambos lados: o setor elétrico, por meio da flexibilização do fornecimento de energia elétrica; e a indústria, que reduz seus custos devido aos preços menores de energia (DECHEMA, 2017). A **IQX** recebe energia elétrica diretamente da concessionária local, que por sua vez distribui a eletricidade proveniente de um *mix* de fontes diversas, sendo, portanto, um pacote fechado de fornecimento de energia. Dessa forma, um meio de viabilizar tecnicamente esta estratégia de redução de emissões poderia ser a partir do investimento pela **IQX** em infraestrutura necessária (painéis solares/ turbinas eólicas) para geração da própria energia elétrica renovável. Trata-se, portanto, de uma ação de redução de viabilidade técnica indefinida, uma vez que seria necessário um estudo mais aprofundado no assunto para maior detalhamento deste projeto.

Segundo o IEA (2009), a integração do processo produtivo oferece oportunidades de economia de energia tanto a nível de processo (ex. sistemas de vapor) quanto a nível da planta industrial. Ela pode ser alcançada por meio da integração energética, assim como de fluxos materiais, utilizando subprodutos de outras empresas como matérias-primas, por exemplo. A integração energética pode ser realizada através do uso de calor residual da própria empresa ou de terceiros, além da *Tecnologia Pinch*, uma metodologia que visa minimizar a demanda de energia pelos processos químicos, otimizando a troca de calor entre os diversos fluxos térmicos (IEA, 2009). Estima-se que o potencial de economia total pela integração energética do processo seja de até 10%, cujo em grande parte são provenientes de melhorias a nível de processo, como em sistemas de vapor por exemplo (Martin et al., 2000; IEA, 2007 *apud* IEA, 2009). A integração

energética é aplicável a **IQX**, uma vez que ela possui um sistema de vapor para provimento de calor ao seu processo produtivo. Contudo, trata-se de uma estratégia ampla para qual seria necessário um estudo minucioso do sistema de vapor, a fim de identificar as medidas de eficiência energética necessárias para a melhoria da sua integração energética, assim como suas respectivas viabilidades técnicas.

A eficiência energética pode ser aprimorada através da melhoria nos sistemas de vapor, mas ainda maiores reduções nas emissões podem ser alcançadas por meio da gestão da demanda de vapor (IEA, 2009). O IEA (2009) afirma ainda que nas últimas décadas, a indústria química desenvolveu com sucesso novos catalisadores e rotas de processo que reduziram significativamente o uso de vapor. Tratam-se de avanços no processo catalítico, que por meio de reações químicas mais seletivas diminuem a demanda de energia nas operações de separação/purificação, fluxos de reciclagem, emissões de GEE, assim como outras emissões geradas a partir de tratamento de resíduos (IEA, 2013b). Portanto, trata-se de uma estratégia que melhora a eficiência energética do processo produtivo como um todo, assim como seus níveis de emissões. Assim como cerca de 90% dos processos químicos existentes, o processo produtivo da **IQX** envolve o uso de catalisadores (IEA, 2013a). A fim de verificar a viabilidade técnica da implantação de melhorias no processo catalítico, primeiramente seria necessário um estudo abrangente do seu processo produtivo para identificar as oportunidades de melhoria.

Além das estratégias aqui citadas de eficiência energética, a implantação de um sistema de gestão de energia (SGE) segundo os requisitos da norma ABNT NBR ISO 50.0001, habilita as empresas a “seguir uma abordagem sistemática para atendimento da melhoria contínua de seu desempenho energético, incluindo eficiência energética, uso e consumo de energia” (ABNT, 2011). Por meio de um sistema de gestão de energia, é possível identificar diversas oportunidades de melhoria de eficiência energética, desde as simples às mais complexas, uma vez que as questões energéticas da empresa são monitoradas e geridas de forma abrangente e minuciosa. A implantação do SGE em uma empresa promove um processo de melhoria contínua do seu desempenho energético, culminando em níveis de excelência em eficiência energética. Contudo, para que o sistema de gestão de energia seja implantado na **IQX**, é necessário que todos os requisitos da norma ABNT NBR ISO 50.0001 sejam atendidos, e essa execução demanda tempo e planejamento.

Nos setores químico e petroquímico, uma vez alcançado níveis altos de eficiência energética no processo produtivo, o uso de matérias-primas alternativas será crucial para maiores reduções

nas emissões de GEE (IEA, 2009). A substituição de combustíveis fósseis por biomassa para a redução das emissões na geração de calor é uma estratégia muito interessante, uma vez que todo o CO₂ emitido na sua queima é anulado, devido à absorção deste gás durante o seu crescimento orgânico. A **IQX** utiliza gás natural como combustível na produção de vapor. O Brasil é apenas 70% autossuficiente no fornecimento de gás natural, sendo que o restante é proveniente da Bolívia (ANP, 2017). Segundo a *International Paper* (IP, 2015), as reservas *offshore* de gás natural provavelmente possuirão um preço maior do que o gás extraído das reservas atuais devido à distância e a profundidade das reservas no oceano. Trata-se, portanto, de uma ação com grande potencial de redução das emissões de GEE para a **IQX**, contudo, um estudo sobre a disponibilidade de excedente de biomassa na região é necessário a fim de torná-la viável.

Portanto, observa-se que existem diversas ações de redução de GEE no âmbito da estratégia *Eficiência energética e substituição de combustíveis*. A maioria das ações, no entanto, demandam maiores estudos para fins de análise da viabilidade técnica de sua execução, além daquelas cujas medidas de eficiência energética ainda precisam ser identificadas por se tratarem de ações amplas, como é o caso da melhoria da integração energética e do processo catalítico. Logo, apenas a melhoria das condições operacionais da tubulação principal do sistema de vapor de 19 bar apresentou viabilidade técnica definida devido à sua baixa complexidade. Apesar de ser uma ação de redução relativamente simples, ela tem o poder de ser replicada em todo o sistema de distribuição do vapor nas tubulações que apresentarem condições operacionais insatisfatórias, gerando melhorias contínuas de eficiência energética e consequentemente redução progressiva das emissões de GEE.

4.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL DA AÇÃO DE REDUÇÃO DE GEE SELECIONADA.

A partir das informações fornecidas pela **Equipe Focal e Setor de Automação e Controle de Processo**, em reuniões presenciais realizadas em 19/05/16 e 09/11/16 respectivamente, foi possível descrever o sistema de vapor da **Indústria Química X**. Ele opera todos os dias do ano de forma contínua, e possui as seguintes etapas: geração, distribuição e uso final. O vapor é gerado em caldeiras aquotubulares, que produzem 11,5 kg de vapor para cada metro cúbico de gás natural consumido. Ele sai das caldeiras a uma temperatura de 400°C e a uma pressão de 40bar. Em seguida, passa por válvulas de redução, que o transformam em vapor superaquecido

com uma pressão de 19bar e temperatura de 290°C e vapor saturado de 2,5bar de pressão. Nestas condições, o vapor é distribuído para uso final em várias áreas, sem retorno do condensado. Segundo Kruczek (2013), os parâmetros dos sistemas de vapor podem ser considerados constantes ao longo do ano no setor industrial.

Segundo a **Equipe Focal** (reunião presencial, 19/05/16), a tubulação principal que opera a 19 bar transporta vapor de alta pressão do seu local de produção até a área de micronização. Segundo **Setor de Projetos da IQX** (reunião presencial, 21/09/16), ela possui 8 polegadas de diâmetro e 310 metros de comprimento. Contudo, a válvula de redução de pressão encontra-se apenas após os 20 metros iniciais da tubulação conforme informado pelo **Setor de Produção e Utilidades** em reunião presencial (21/09/16). Além disso, acessórios e acidentes de linha podem equivaler a até 10% do comprimento em tubulações com mais de 100 metros segundo a Spirax Sarco (2018). Portanto, excluindo o trecho da tubulação anterior à válvula de redução da pressão e considerando o comprimento equivalente de acessórios/ acidentes de linha, o comprimento total da tubulação de 8” para fins de cálculo da perda de energia resultou em 319 metros.

4.3.1 Estimativa da perda de energia no sistema de distribuição de vapor.

Segundo o **Setor de Automação e Controle de Processo da Indústria Química X**, em reunião presencial realizada em 09/09/16, o vapor transportado pela tubulação principal de 19 bar apresenta uma variação de 39°C de temperatura, considerando dados coletados na válvula de redução de pressão (290°C) e no *header* localizado na área de micronização (251°C) – final desta tubulação. Considerando estes dados, os valores da entalpia específica nas condições inicial (3003,96 kJ/kg) e final (2910,02 kJ/kg) foram calculadas segundo norma industrial da *International Association for the Properties of Water and Steam* (PEACE SOFTWARE, 2018). A vazão mássica do vapor foi estimada em 11,64 t/h segundo dados levantados da avaliação realizada pela Spirax Sarco (2006). A partir destes dados, a variação da energia total referente à perda de calor do sistema para o ambiente pode ser calculada por meio da equação (14), que resultou em cerca de 1 GJ/h. Conforme citado na *seção 3.4.1 Estimativa da perda de energia no sistema de distribuição de vapor*, este valor representa as perdas energéticas em purgadores e isolamentos térmicos dispostos ao longo da tubulação.

4.3.1.1 Estimativa da perda de energia pelos purgadores de vapor

O **Setor de Manutenção e Confiabilidade** da **IQX** informou em reunião presencial (03/08/16) que a **Indústria Química X** utiliza purgadores de vapor principalmente dos tipos: mecânico e termodinâmico. A partir da análise realizada pela Techsol (2016), observou-se que quatro dos seis purgadores de vapor da tubulação de 19 bar estavam ineficientes: dois apresentaram vazamento de vapor, e dois estavam fora de operação. Em sistemas de vapor em que não foi realizada manutenção adequada há 3 ou 5 anos, espera-se que entre 15% e 30% dos purgadores de vapor apresentem defeitos, como o escape de vapor (CEB, FUPAI / EFFICIENTIA, 2005a). Considerando que os purgadores não tenham recebido manutenção adequada há mais de dez anos, seu estado encontra-se dentro do esperado, uma vez que 67% deles apresentaram algum tipo de defeito. A partir dos dados levantados pela avaliação da Spirax Sarco (2006), foi possível estimar a taxa média de vazamento de vapor em 33 toneladas de vapor/ purgador.mês. Portanto, a perda de vapor total estimada pelos purgadores da tubulação de 19 bar é de 800 toneladas de vapor/ ano aproximadamente.

4.3.1.2 Estimativa de perda de energia devido à degradação do isolamento térmico

O sistema de distribuição de vapor da **Indústria Química X** emprega principalmente lã de rocha, mas também lã de vidro como isolamento térmico nas tubulações de vapor segundo informado pelo **Setor de Manutenção e Confiabilidade** da **IQX** em reunião presencial (03/08/16). Dentre eles, adotou-se isolamentos fabricados em lã de vidro para o cálculo da perda de energia em isolamentos novos, devido à facilidade de acesso a informações técnico-comerciais de representação local de um fabricante.

4.3.1.2.1 Estimativa de perda de energia pelo isolamento térmico degradado

Conforme descrito na *seção 3.4.1.2.1*, a fim de encontrar a perda de energia pelo isolamento térmico degradado, faz-se necessário converter a unidade da quantidade de energia total perdida no sistema em termos de fluxo de vapor. Em reuniões realizadas em 09/09/16 e 09/11/16, a

Equipe Focal e o **Setor Automação e Controle de Processo**, respectivamente, informaram dados de temperatura e pressão das condições inicial (1bar; 27°C) e final (40bar; 400°C) do processo produtivo do vapor. A partir destes dados, foi possível calcular a quantidade de energia necessária para a produção de 1kg/h de vapor por meio da equação (14), que resultou em cerca de 3 MJ/h. Dessa forma, o fluxo de vapor equivalente à perda de energia total foi calculado utilizando a equação (15), que resultou em 353 kg/h ou 3,1 mil toneladas de vapor/ano. Subtraindo deste montante o fluxo de vapor devido a vazamento nos purgadores, a perda de energia pelo isolamento térmico degradado foi estimada, resultando em cerca de 2,3 mil toneladas de vapor anuais.

4.3.1.2.2 *Estimativa de perda de energia pelo isolamento térmico novo*

Conforme descrito na *seção 3.4.1.2.2*, a equação (16) foi utilizada para o cálculo da perda de energia pelo isolamento térmico novo. Contudo, os parâmetros: condutividade térmica do isolamento (k), temperatura da superfície externa do isolamento (T_e) e raio externo do isolamento (r_e) dependem da espessura do isolamento térmico escolhida. Nas condições operacionais da tubulação principal do sistema de 19 bar, o fabricante recomenda o uso de isolamento térmico de 150mm de espessura. Entretanto, quanto maior for a espessura do isolamento térmico, maior será o investimento necessário para aquisição e instalação deste material, apesar da taxa de emissão de calor ser menor. Dessa forma, realizou-se uma análise econômica a fim de verificar qual espessura apresentaria o melhor custo-benefício para a **Indústria Química X**, considerando o valor monetário da energia perdida pelo isolamento térmico, assim como aquele necessário para aquisição e instalação do material na tubulação de vapor. O quadro 59 apresenta o resultado desta análise, cujos cálculos são apresentados no Apêndice A por não serem foco do presente estudo.

O isolamento em tubo bipartido de espessura de 100mm foi escolhido para o cálculo da perda de calor em isolamento novo por apresentar menor custo total dentre as opções analisadas. O isolamento térmico desta espessura possui os seguintes parâmetros, segundo catálogo comercial (ISOVER, 2010): condutividade térmica ($k = 0,051 \text{ kcal/m.h.}^\circ\text{C}$) e temperatura da superfície externa ($T_e = 30^\circ\text{C}$). A partir da aplicação da equação (16) determinou-se a perda de calor pelo isolamento novo em cerca de 172 MJ/h, o que equivale à 485 toneladas de vapor anuais. Logo,

a energia perdida devido à degradação do isolamento térmico foi definida através da diferença entre as perdas energéticas pelo isolamento degradado e pelo isolamento novo, que resultou em aproximadamente 1,8 mil toneladas de vapor anuais. Assim, purgadores de vapor ineficientes e a degradação do isolamento térmico geram uma perda anual de aproximadamente 2,6 mil toneladas de vapor na **Indústria Química X**.

Quadro 59 - Análise econômica das espessuras dos isolamentos térmicos.

Nº	Tipo de isolamento	Espessura (mm)	Custo da perda de calor (R\$)	Custo do investimento (R\$)	Custo total (R\$)
1	Tubo bipartido	50	128.490	387.991	516.482
2	Tubo bipartido	63,5	107.794	396.756	504.550
3	Tubo bipartido	75	95.617	401.242	496.859
4	Tubo bipartido	100	78.089	417.289	495.379
5	Tubo bipartido	50	75.716	491.667	567.383
	Manta	75			
6	Tubo bipartido	75	72.824	500.159	572.983
	Manta	50			

Fonte: Elaboração própria.

4.3.2 Estimativa do impacto ambiental da ação de redução de GEE selecionada.

Um projeto de eficiência energética em sistemas de distribuição de vapor gera alguns benefícios ambientais, dentre eles: redução da emissão de gases provenientes da combustão do gás natural e redução de consumo de água. Fruto do consumo das principais matérias-primas na produção de vapor, a redução da emissão de GEE e do consumo de água foram estimadas.

A água é um recurso indispensável na produção de vapor, e na **Indústria Química X**, todo vapor gerado é consumido ou descartado ao longo do seu processo produtivo. Então, uma vez implementada a ação de redução de GEE, o consumo de água seria reduzido de forma equivalente ao ganho energético na produção de vapor, ou seja, em 17 mil toneladas de água. Além disso, a **IQX** considera 5% de resíduos de água nas caldeiras, o que representaria 872 toneladas. A produção de água desmineralizada para a produção de vapor, por sua vez, utiliza água na regeneração de algumas unidades operacionais na ordem de 0,24m³/ m³ de água desmineralizada produzida. Isso representaria o consumo adicional de 4,4 mil toneladas de

água. Assim, considerando todos os usos e consumos de água na produção de vapor, seriam economizados um total de 23 mil toneladas de água ao longo da vida útil da ação de redução de GEE, contribuindo para aumentar a disponibilidade hídrica no local.

O gás natural é uma das principais matérias-primas para a produção de vapor na **IQX**, onde são consumidos 87 m³ deste combustível para cada tonelada de vapor produzido. O uso de gás natural, no entanto, gera gases de efeito estufa que contribuem para o aumento do aquecimento global. Assim, através da implementação deste projeto, seria possível evitar o uso de cerca de 1,5 x 10⁶ m³ de gás natural, o que representaria uma redução na emissão total de cerca de 6,5 mil toneladas de dióxido de carbono equivalente, sendo 3,5 mil tCO_{2e} de emissões diretas, contribuindo na redução do aquecimento global. Além disso, a redução de emissões diretas de GEE pode gerar créditos de carbono negociáveis, que por sua vez podem ser incorporados ao fluxo de caixa. No entanto, esse fator não foi considerado na avaliação econômica deste projeto, uma vez que os custos deste processo não foram levantados. A redução da queima de gás natural gera também a diminuição da emissão de óxidos de nitrogênio, substâncias nocivas à saúde humana e ao meio ambiente devido à formação de chuva ácida e *smog* fotoquímico, por exemplo.

Esta ação de redução de GEE promoveria também um benefício regulatório, uma vez que o CONAMA (BRASIL, 2006c) regula a emissão de óxidos de nitrogênio decorrentes da combustão externa do gás natural para produção de calor. Portanto, por meio desta ação de redução para o caso da **Indústria Química X**, ilustra-se uma oportunidade através da qual a Indústria Química Brasileira proporcionaria algumas melhorias para o meio ambiente, assim como se beneficiaria no âmbito regulatório, podendo ser reconhecida pelos órgãos ambientais durante o processo de renovação da licença operacional.

4.4 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA AÇÃO DE REDUÇÃO DE GEE SELECIONADA.

A viabilidade econômica foi analisada por meio da estimativa do ganho energético, assim como dos investimentos necessários para a implantação da ação de redução de GEE, que incluem: a aquisição de materiais (isolamentos térmicos e purgadores) e contratação de serviços para a instalação dos equipamentos novos (andaime/ plataforma elevatória e mão-de-obra).

A fim de sanar a perda de vapor decorrente de vazamentos em purgadores de vapor, novos dispositivos devem ser adquiridos para substituir aqueles ineficientes. De acordo com a TECHSOL (2016), o investimento total seria de aproximadamente R\$ 4,8 mil para aquisição de purgadores de vapor novos.

Novos isolamentos térmicos de espessura de 100mm devem ser adquiridos para substituir aqueles que se encontram degradados. Portanto, segundo representante comercial (e-mail, 11/10/16), o custo unitário deste isolamento é de R\$145,80/m, o que resulta em um investimento total de R\$ 46,7 mil.

Chapas de alumínio liso podem ser usadas para a proteção mecânica do isolamento térmico. Com base em valores comerciais adotados pela **IQX** segundo **Setor de Projetos** (reunião presencial, 09/11/16), este item foi estimado em aproximadamente 26 mil reais.

A tubulação de vapor está localizada a uma altura de cerca de 10 metros. Para realizar a desmontagem e montagem de isolamento térmico, uma infraestrutura adequada para alcançá-la é necessária. Algumas tecnologias estão disponíveis para esta finalidade, como andaimes e plataformas elevatórias. O andaime pode ser utilizado em toda a extensão da tubulação estudada, enquanto que a plataforma elevatória só teria acesso a cerca de 145 metros da tubulação. Como o custo do aluguel da plataforma elevatória é menor do que o custo do aluguel do andaime, considerou-se o uso da plataforma elevatória nos 145 metros acessíveis a ele, enquanto que o andaime foi considerado para acesso ao restante da tubulação. Assim, a partir da estimativa de custos de plataformas elevatórias e andaimes fornecidos pelo **Setor de Projetos** da **IQX** em reuniões presenciais realizadas em 09/11/16 e 28/03/17 respectivamente, o investimento em plataformas elevatórias resultou em R\$12,3 mil, enquanto que o investimento em andaime resultou em cerca de 204,7 mil reais.

O investimento em mão-de-obra, por sua vez, foi calculado considerando valores de referência fornecidos pelo **Setor de Projetos** da **IQX** (reunião presencial, 28/03/17), resultando em aproximadamente R\$127,4 mil, para a realização dos serviços de desmontagem/montagem de isolamento térmico e purgadores de vapor, e instalação de chapas de alumínio.

Portanto, o investimento total necessário para a implantação da ação de redução de GEE selecionada, considerando a aquisição de purgadores de vapor, isolamento térmico, proteção mecânica, andaime/ plataforma elevatória e mão-de-obra é de aproximadamente R\$ 422,1 mil.

4.4.1 Fluxo de caixa

Após a implantação do projeto, estimou-se a variação de alguns parâmetros considerados no cálculo do fluxo de caixa ao longo da vida útil do projeto: custo variável, custos de produção e economia de vapor. A melhoria da eficiência energética do sistema de vapor reduzirá a demanda pela sua produção, e conseqüentemente gerará uma diminuição do custo variável. Além disso, simulou-se a variação dos custos de produção de vapor devido à inflação, adotando-se o Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI) dos últimos cinco anos: 7% (FGV, 2018). A perda progressiva de economia de vapor após a implantação do projeto também foi considerada, devido à degradação de isolamento térmico e purgadores de vapor ao longo dos dez anos do projeto. A partir dessas considerações, aplicou-se as equações (17) e (18) para fins de construção do fluxo de caixa (Apêndice B), cujos resultados são apresentados no quadro 60.

Quadro 60 - Fluxo de caixa da ação de redução de GEE selecionada.

Ano	Fluxo de caixa (R\$)
0	(422.099,80)
1	408.588,59
2	428.446,00
3	439.725,49
4	440.473,96
5	428.461,04
6	401.146,64
7	355.645,15
8	288.685,76
9	196.568,76
10	75.117,35

Fonte: Elaboração própria.

4.4.2 Indicadores de viabilidade econômica

Os indicadores de viabilidade do projeto foram calculados utilizando as equações (19) a (21), a partir dos resultados do fluxo de caixa. Os resultados são apresentados e discutidos abaixo.

Com base na estimativa da economia de vapor e no investimento inicial, o tempo de retorno resultou em 1,0 ano. De acordo com os critérios da **Indústria Química X**, o projeto de eficiência energética é considerado economicamente viável, pois esse indicador é inferior a 2 anos.

A taxa mínima de atratividade adotada pela **IQX** para avaliação econômica de projetos é de 12% ao ano. A partir deste parâmetro, foi possível calcular o VPL e a TIR. O VPL resultou em cerca de R\$ 1,7 milhões positivos, e a TIR em 99% ao ano, ou seja, em mais de 8 vezes a TMA. Ambos indicadores confirmam a viabilidade econômica do projeto apontada pelo tempo de retorno, quantificando os benefícios econômicos da sua implantação.

Em comparação com os projetos de eficiência energética levantados da base de dados do CDP (2017c), a ação de redução de GEE selecionada obteve bons resultados. Ela quase se enquadrava na faixa de menor tempo de retorno entre os projetos (< 1 ano), e apresentou uma economia anual de cerca de R\$346 mil. Considerando a cotação de R\$ 2,36/ US\$ do Banco Central do Brasil (BCB, 2017), este valor equivale a cerca de US\$ 147 mil/ano. Trata-se de um valor 62% maior aproximadamente do que a média apresentada por projetos de eficiência energética similares cujo tempo de retorno é menor do que um ano: US\$ 91 mil/ano.

Portanto, os resultados desta análise de viabilidade econômico-ambiental indicam que a ação de redução de GEE selecionada pode ser a “ponta de um *iceberg*” e que provavelmente o sistema de vapor da **Indústria Química X** apresenta um grande potencial de redução de GEE por meio de melhorias na sua eficiência energética. Segundo o IEA (2009), a falta de conhecimento das oportunidades de eficiência energética em seus processos produtivos é a principal restrição que as empresas enfrentam quanto à adoção de medidas de melhoria de eficiência energética. Claro, uma vez que não se conhece o que precisa ser melhorado, nada pode ser feito. Portanto, o caminho a trilhar nesta direção consiste em realizar uma análise mais aprofundada das ações de redução de GEE apresentadas, a fim de que outras medidas de eficiência energética possam ser identificadas e analisadas quanto à sua viabilidade econômica e ambiental para implantação.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

O presente estudo cumpriu com o seu objetivo, no momento em que contabilizou e analisou as emissões da cadeia de valor de uma empresa química localizada na Bahia, identificando uma oportunidade de redução de GEE que tivesse viabilidade técnica, ambiental e econômica. Dessa forma, apesar dos baixos incentivos governamentais para auxiliar as indústrias no cumprimento da meta nacional de redução de emissões de GEE (WRI, 2017), o setor químico pode contribuir para este objetivo por meio da construção e análise do seu perfil de emissões, a partir do qual se pode levantar e analisar ações de redução quanto à sua viabilidade, implantando, portanto, aquelas viáveis. Acredita-se que o governo brasileiro, eventualmente, se organizará na sua estratégia política a fim de orientar às empresas no enfrentamento às mudanças climáticas, começando pela implementação integral das políticas públicas vigentes.

Ressalta-se que o enfoque no impacto que as atividades organizacionais provocam nas mudanças climáticas não implica no deslocamento de impactos ambientais (*trade-off*), uma vez que este cuidado deve ser tomado na implantação de projetos de redução de GEE, cuja viabilidade ambiental deve ser assegurada. Logo, o inventário corporativo mostrou-se um instrumento eficaz para o conhecimento do perfil de emissões de uma indústria química, uma vez que permite conhecer as emissões diretas e indiretas referentes às suas atividades, a partir do qual obtêm-se indicadores absolutos e de intensidade que retratam de forma fidedigna as atividades produtivas de uma empresa. Tratam-se de instrumentos essenciais para o monitoramento das emissões geradas por uma empresa ao longo do ano, assim como para o acompanhamento de seu progresso na área, e comparações com as melhores práticas do setor.

A elaboração do inventário por meio da utilização da metodologia *GHG Protocol* possibilitou, por sua vez, acesso a materiais de consulta de âmbito orientativo e prático de amplo acesso ao público, além de ferramentas de cálculo. Este material, elaborado de forma clara e objetiva, esclareceu sobre as informações necessárias e sua organização para a elaboração do inventário corporativo, auxiliando na construção do mesmo. Como sua elaboração envolve a coleta de dados de atividade de diversos setores de uma indústria química, assim como de sua cadeia de valor, esta é a parte mais dispendiosa em tempo e recursos, por se caracterizar como uma nova rotina. Naturalmente, realizada ao longo dos anos, a construção de inventário será incorporada às rotinas industriais, que por meio do uso de planilhas eletrônicas padronizadas proporcionará a otimização do uso dos recursos necessários para esta finalidade.

O inventário corporativo de emissões de GEE do estudo de caso (**Indústria Química X**) apresentou qualidade satisfatória de forma geral, apresentando dados de atividades muito bons e fatores de emissão de boa qualidade segundo o *GHG Protocol*. Contudo, ele resultou em indicadores de intensidade maiores do que aqueles apresentados pelas **empresas de referência**, apesar de considerar um número menor de categorias emissoras. Isso demonstra que há espaço para melhorias tanto a nível de contabilização das emissões no inventário, quanto na adoção de ações de redução de GEE pela empresa. Portanto, na elaboração de futuros inventários, recomenda-se que sejam incorporados:

- a) os transportes compartilhados nas categorias: *Transporte e distribuição à montante e Resíduos gerados nas operações* (1% do transporte de resíduos).
- b) as fontes emissoras das categorias: *Bens e serviços adquiridos* (1% bens de consumo e 20% dos serviços adquiridos, além das fontes que não foram identificadas), *Transporte e distribuição à montante* (transporte dos 1,2% de insumos em peso) e *Deslocamento de funcionários* (<1% referente ao transporte de funcionários em veículos particulares próprios).
- c) dados primários para fatores de emissão da categoria: *Bens e serviços adquiridos*.
- d) dados físicos para fatores de emissão da categoria: *Bens de capital adquiridos*.
- e) a quantidade de combustível consumido por trecho para o cálculo de GEE das fontes emissoras caracterizadas como transportes rodoviários nas categorias: *Transporte e distribuição à montante e Deslocamento de funcionários*,
- f) dados de consumo de gasolina e diesel em veículos e equipamentos da **IQX** desagregados, a fim de melhorar a qualidade dos dados das categorias *Combustão móvel e Transporte e distribuição a montante*; assim como identificar novas fontes emissoras, provavelmente nas categorias *Combustão estacionária e Combustão móvel*.
- g) as categorias: *Transporte e distribuição à jusante e Processamento de produtos vendidos*.

Contudo, o inventário resulta em estimativas que incorporam incertezas, principalmente devido à utilização de fatores de emissão cuja abrangência geográfica é mundial. Portanto, uma oportunidade de melhoria para a metodologia *GHG Protocol* seria a inserção da incerteza no

resultado das estimativas das emissões realizadas em suas ferramentas de cálculo, a fim de que ela também possa ser monitorada ao longo dos anos. Uma vez que o contexto atual indica um aumento das emissões de GEE no tempo, há uma tendência de que novas empresas sejam motivadas ou obrigadas a realizarem inventários corporativos, a partir do qual fatores de emissão de abrangência geográfica brasileira e local sejam disponibilizados, proporcionando a melhoria da qualidade dos inventários corporativos em todo território nacional.

Nesta linha de raciocínio, observa-se que as emissões indiretas provenientes da categoria *Bens e Serviços adquiridos* representaram cerca de 23-45% dos inventários corporativos nas **empresas de referência** (CDP, 2017c). No presente estudo, fontes desta categoria representaram seis das dez maiores fontes emissoras da **IQX** em 2014. Esta importância ocorre não só pelas emissões que ocorrem em si no processo de fabricação e transporte dos bens de consumo adquiridos, mas também pela qualidade dos dados utilizados. Dados secundários possuem incertezas maiores do que dados primários. Portanto, a simples substituição de fatores de emissão que utilizam dados secundários por fatores de emissão provenientes de dados primários pode gerar uma redução das emissões no inventário corporativo de uma empresa. Logo, uma empresa, por meio de suas estratégias corporativas de gestão de GEE pode incentivar fornecedores-chave a realizarem seus inventários corporativos. Assim, amplia-se a disponibilidade de dados primários não só para uso da organização inventariante, mas também para outras empresas-cliente deste fornecedor.

Nota-se que as emissões de GEE provenientes do uso de veículos para o transporte de materiais e pessoas estão presentes em diversas categorias do *GHG Protocol: Combustão móvel, Transporte e distribuição a montante, Transporte e distribuição a jusante e Deslocamento de funcionários*. Contudo, nenhuma metodologia de cálculo da **Ferramenta Intersetorial** apresenta uma correção das emissões provenientes do uso de um veículo referente à sua deterioração, de acordo com a quilometragem rodada. Dessa forma, recomenda-se a inclusão de fatores existentes, ou o seu estudo a fim de que a quantidade de GEE emitida pelos diversos veículos utilizados na cadeia de valor das empresas seja melhor estimada.

A elaboração do inventário corporativo é uma etapa crucial para o progresso no âmbito do enfrentamento às mudanças climáticas pelas indústrias químicas, mas não é o suficiente. O estabelecimento de metas e a implantação de ações de redução de GEE são imprescindíveis para que a contribuição do setor químico seja efetiva. Dentre as estratégias de redução de GEE apresentadas neste trabalho, as medidas de eficiência energética, devido à sua transversalidade,

podem ser aplicadas e replicadas em empresas de diversos segmentos do setor químico. Tratam-se de medidas que abrangem desde simples medidas de melhorias operacionais, até aquelas que envolvem aquisição de equipamentos sofisticados. Essa diversificação é sadia, uma vez que permite que empresas do setor realizem melhorias gradativas, colhendo benefícios ambientais e econômicos progressivos, fruto da existência do desacoplamento entre faturamento e emissões. Dessa forma, as empresas químicas consolidam-se em um mercado cada vez mais consciente, ao mesmo tempo em que promove a melhoria ambiental local, nacional e mundial, uma vez que emissões de GEE não se limitam às fronteiras políticas.

O inventário da **IQX** resultou em 45% das emissões de GEE provenientes da aquisição do gás natural e do seu consumo nas caldeiras. Este resultado indicou que medidas de eficiência energética no sistema de vapor da empresa fossem priorizadas, uma vez que elas promoveriam a redução das emissões diretas e indiretas de GEE, respectivamente na categoria de *Combustão estacionária* (escopo 1) e na categoria de *Combustível e energia* (escopo 3). A partir de uma revisão bibliográfica, algumas medidas de eficiência energética foram levantadas e brevemente discutidas quanto à sua viabilidade técnica. Recomendou-se uma análise mais detalhada daquelas que apresentassem maior potencial de implantação para definição de sua viabilidade técnica, e assim expandir a melhoria da eficiência energética na **IQX**. Quanto à viabilidade econômica, o custo marginal de abatimento pode auxiliar na identificação das iniciativas de redução de emissões mais rentáveis. Ele é calculado por meio da divisão entre o custo do projeto (investimento menos economia) e as emissões de GEE economizadas ao longo da vida útil do projeto (CDP, 2016). Além disso, recomenda-se incluir também o custo-benefício do cadastro e comercialização dos créditos de carbono na análise econômica de futuros projetos.

Portanto, conforme afirmado pelo ICCA (2017b), é uma realidade que “a indústria química tem um papel único nas mudanças climáticas, tanto como consumidor de energia quanto como fornecedora de soluções práticas que economizam energia e mitigam os efeitos da mudança climática”. Diante disso, o amadurecimento das empresas do setor no tema levará a cada uma responsabilizar-se por suas emissões de GEE, a partir do qual buscará (IEA, 2013a): identificar oportunidades viáveis de redução de GEE; promover a colaboração com o meio acadêmico e laboratórios governamentais; compartilhar as melhores práticas para a promoção da eficiência energética e redução de emissões de GEE; e acelerar investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento. Apesar de haver possibilidades de se buscar ações viáveis de redução de GEE atualmente, a ação isolada do setor industrial alcançará um limite, a partir do qual parcerias público-privadas serão importantes para potencializá-las (CEFIC, 2017).

Conclui-se que existem metodologias que disponibilizam orientação e ferramentas suficientes para que as empresas do setor químico brasileiro elaborem seus inventários corporativos, a partir do qual possam levantar medidas de ação de redução de GEE que sejam viáveis, e portanto, cuja implantação independe de incentivos governamentais. Exemplificou-se com a estratégia de redução de GEE: *Eficiência energética*, onde o campo de melhorias ainda é amplo, e portanto, ações viáveis no âmbito técnico, ambiental e econômico ainda estão disponíveis para serem identificadas e adotadas pela empresa. Incentivos governamentais notoriamente motivariam o progresso nesta área, mais a precariedade deles não constitui a principal limitação no Brasil. As empresas são constituídas de pessoas, e cabe a elas refletirem sobre a realidade que se espera para um futuro próximo. Mostrou-se que o aquecimento global é uma realidade e que ele possui alguma influência em eventos climáticos extremos. Uma vez que existem possibilidades para que as empresas do setor químico contribuam no enfrentamento às mudanças climáticas, o que se espera ocorrer para uma tomada de atitude? Para as pessoas, seres humanos da mais alta gestão ao operador, que dedicam horas de suas vidas nas organizações, fica a reflexão.

REFERÊNCIAS

ABIQUIM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. **Programa de atuação responsável: histórico de desempenho em 2013**. São Paulo: ABIQUIM, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR ISO 14064-1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa**. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR ISO 50001: Sistemas de gestão da energia — Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR ISO 14069: Quantificação e elaboração de relatórios de emissões de gases de efeito estufa para as organizações – Orientação para a aplicação da ABNT NBR ISO 14064-1**. Rio de Janeiro, 2015.

ACEEE – AMERICAN COUNCIL FOR AN ENERGY-EFFICIENT ECONOMY. **The 2016 International Energy Efficiency Scorecard**. Washington DC: ACEEE. 2016. Available: <http://aceee.org/research-report/e1602>. Access: 3rd April, 2017.

ADEME – AGENCE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA MAITRISE DE L'ENERGIE. **BILAN GES: Centre de ressources sur les bilans de gaz à effet de serre**. Disponível em: < <http://bilans-ges.ademe.fr/fr/accueil> >. Acesso em: 14 out. 2017.

AKZO NOBEL. **Relatório institucional ano-base 2016**. 2017. Disponível em: < <http://report.akzonobel.com/2016/ar/> >. Acesso em: 02 fev. 2018.

ALVAREZ, S.; RUBIO, A. Carbon Footprint in Green Public Procurement: a case study in the services sector. **Journal of Cleaner Production**, v.93, p.159-166, 2015.

ANDRADE, F. A. A. **Análise do desempenho do processo de calcinação de uma planta de TiO₂ com os critérios de Produção mais Limpa**. Universidade Federal da Bahia - UFBA, Salvador, 2007. Disponível em: <http://teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art97.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2018.

ANDRADE, R.T.G. **A pegada de carbono como um dos indicadores de sustentabilidade para medição da responsabilidade socioambiental empresarial: um estudo de caso na unidade sede da Petrobras em Natal-RN**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2010.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. **Oportunidades no mercado de gás natural no Brasil**. 2017. Disponível em: < http://www.anp.gov.br/wwwanp/images/Palestras/Decio-Oddone_08-11-2017_RJ.pdf >. Acesso em: 11 mar. 2018.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Handbook 2007: HVAC Applications**. Atlanta: ASHRAE, 2007.

ASSAF NETO, Alexandre. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. **Cad. estud.**, São Paulo, n. 6, p. 01-16, Out. 1992. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-92511992000300001> >. Acesso em: 11 fev. 2018.

ALTHAUS, H. J.; CHUDACOFF, M.; HISCHIER, R.; JUNGBLUTH, N.; OSSES, M.; PRIMAS, A. **Life Cycle Inventories of Chemicals**. Ecoinvent report, n. 8, v. 2. EMPA Dubendorf, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dubendorf, CH, 2007.

BAHIAGÁS – COMPANHIA DE GÁS DA BAHIA. **Massa específica gás natural**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por flaviamelomenezes@gmail.com em: 07 jul. 2017.

BARROS, M. C. C.; MARQUES, J. A.; SILVA, R. R.; SILVA, F. F.; COSTA, L. T.; GUIMARÃES, G. S.; et al. Economic feasibility of crude glycerin use for finished lambs in confinement. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 1, p. 443-452, jan./fev. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n1p443> >. Acesso em: 11 fev. 2018.

BASF. **BASF Report 2016: economic, environmental and social performance**. 2017. Disponível em: < <http://report.basf.com/2016/en/> >. Acesso em: 02 fev. 2018.

BCB – BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Conversão de Moedas**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp> >. Acesso em: 15 out. 2017.

BRANDER, M. Transposing lessons between different forms of consequential greenhouse gas accounting: lessons for consequential life cycle assessment, project-level accounting and policy-level accounting. **Journal of Cleaner Production**, v.112, p.4247-4256, 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Balanço de Energia Útil – BEU 2005. 2005.

_____. Decreto nº 5.798 de 7 junho de 2006. **Regulamenta os incentivos fiscais às atividades de pesquisa tecnológica e desenvolvimento de inovação tecnológica**. Diário Oficial da União, Brasília, 2006a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2006/decreto/d5798.htm. Acesso em 10 ago. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº375, de 29 de agosto de 2006. **Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados**. Brasília, 2006b. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf> . Acesso em 30 nov. 2017.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº382, de 26 de dezembro de 2006. **Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas**. Brasília, 2006c. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res38206.pdf> . Acesso em 01 mar. 2018.

_____. Lei Federal nº 12.187 de 29 dezembro de 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2009/lei/12187.htm . Acesso em 07 ago. 2017.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC). **Plano setorial de**

mitigação e adaptação à mudança do clima para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na indústria de transformação. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/planos-setoriais-de-mitigacao-e-adaptacao>. Acesso em 09 ago. 2017.

_____. Ministério das Relações Exteriores (MRE). **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** 2015. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf. Acesso em 29 jul. 2017.

_____. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanço Energético Nacional, 2016 – ano base 2015.** Rio de Janeiro: EPE. 2016. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>. Acesso em: 20 mar. 2017.

_____. **Instrução Normativa RFB nº1700, de 14 de março de 2017.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 mar. 2017. Seção 1, p. 23. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=anotado&idAto=81268#1706802>. Acesso em: 20 mar. 2017.

BRASIL, R.F. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** 2015. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf. Acesso em 10 ago. 2017.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **Matemática Financeira: com HP 12C e Excel.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

CAMPOS, V.F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês) / Vicente Falconi Campos.** Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Otoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.

CAPPARELLI, H.F. **Sistema de gestão ambiental e Produção mais Limpa: análise de práticas e interação dos sistemas.** Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, 2010.

CDP – CARBON DISCLOSURE PROJECT. **Orientações às empresas respondentes sobre mudanças climáticas em nome dos investidores e membros da cadeia de abastecimento 2017.** 2016. Disponível em: < <https://www.cdp.net/en/guidance/guidance-for-companies> >. Acesso em: 02 fev. 2018.

_____. **What we do.** 2017a. Disponível em: < <https://www.cdp.net/en/info/about-us> >. Acesso em: 19 jan. 2018.

_____. **Catalyst for change: which chemical companies are prepared for the low carbon transition?** 2017b. Disponível em: < <https://www.cdp.net/en/articles/media/major-chemical-companies-innovating-in-low-carbon-products-but-failing-to-meet-paris-agreement-goals> >. Acesso em: 19 jan. 2018.

_____. **Search and view company and city responses.** 2017c. Disponível em: < <https://www.cdp.net/en/research> >. Acesso em: 21 jan. 2018.

CEB, FUPAI/ EFFICIENTIA – CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/ EFFICIENTIA. **Eficiência energética no uso do vapor**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005a.

_____. **Eficiência energética no uso do vapor: manual prático**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005b.

CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Oportunidades e desafios das metas da NDC brasileira para o setor empresarial - Setor industrial**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://cebds.org/publicacoes/opportunidade-e-desafios-das-metas-da-ndc-brasileira-para-o-setor-empresarial/#.WY-zgRumQzIU>. Acesso em 10 ago. 2017.

CEFIC – EUROPEAN CHEMICAL INDUSTRY COUNCIL. **Chemistry Can: accelerating Europe towards a sustainable future**. Bruxelas, 2017. Disponível em: <https://chemistrycan.com/>. Acesso em 11 jan. 2018.

ÇENGEL, Y.A.; CIMBALA, J.M. **Mecânica dos Fluidos: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 2007.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Decisão de Diretoria nº254 de 22 de Agosto de 2012. **Dispõe sobre os critérios para a elaboração do inventário de emissões de gases de efeito estufa no Estado de São Paulo e dá outras providências**.

CHAN, W.N. **Quantificação e redução de emissões de gases de efeito estufa em uma refinaria de petróleo**. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2006.

CMUGDI – CARNEGIE MELLON UNIVERSITY GREEN DESIGN INSTITUTE. **Economic Input-Output Life Cycle Assessment (EIO-LCA) US 2002 (428 sectors) Producer model**. 2017. Disponível em: < <http://www.eiolca.net/> >. Acesso em: 25 out. 2017.

COELBA – COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA. **Perdas de energia na transmissão e distribuição**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por flaviamelomenezes@gmail.com em: 01 set. 2016.

DECHEMA - GERMAN SOCIETY FOR CHEMICAL ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY. **Low carbon energy and feedstock for the European chemical industry**. Frankfurt, 2017. Disponível em: http://dechema.de/Low_carbon_chemical_industry.html . Acesso em 09 mar. 2018.

DEFRA – DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT FOOD & RURAL AFFAIRS. **UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting: full set**. 2016. Disponível em: < <https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting> >. Acesso em: 25 nov. 2017.

DIÓGENES, V. H. D.; FIGUEIREDO, L. M.; PIMENTA, H. C. D. Aplicação da Produção mais Limpa no setor de turismo: um estudo de caso em um hotel de Natal/RN. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, n.1, p.141-156, jan.-mar. 2012.

DOWNIE, J.; STUBBS, W. Evaluation of Australian companies' scope 3 greenhouse gas emissions assessments. **Journal of Cleaner Production**, v.56, p.156-163, 2013.

ESTRELA, D.A. **Quantificação da Pegada de Carbono da Empresa Vestas Portugal**. Dissertação (mestrado). Universidade do Porto, Porto, 2011.

EUROPEAN COMMISSION. **Company GHG Emissions Reporting: a study on methods and initiatives**. Bruxelas: European Commission, 2010.

_____. **Commission Recommendation of 9 April 2013 on the Use of Common Methods to Measure and Communicate the Life Cycle Environmental Performance of Products and Organisations**. Bruxelas: European Commission, 2013.

EVONIK. **Creating the exceptional: sustainability report 2016**. 2017. Disponível em: <<http://corporate.evonik.com/en/responsibility/cr-at-evonik/cr-strategy/pages/default.aspx>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA EAESP. **Guia para elaboração de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa**. São Paulo: FGV, 2009.

_____. IBRE – BRAZILIAN INSTITUTE OF ECONOMICS. **Relatório IGP-DI**. Disponível em: <http://portalibre.fgv.br>. Acesso em: 01 mar. 2018.

_____. CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA EAESP. **Nota técnica: Classificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 1 nas respectivas categorias de fontes de emissão – versão 1.0**. 2016. São Paulo: FGV, 2009. Disponível em: <<http://ghgprotocolbrasil.com.br/especificacoes-e-notas-tecnicas-do-programa-brasileiro-ghg-protocol/?locale=pt-br>>. Acesso em 10 set. 2017.

_____. CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA EAESP. **Registro Público de Emissões – Programa Brasileiro GHG Protocol**. Disponível em <<http://registropublicodeemissoes.com.br/>>. Acesso em 29 ago. 2017.

FGV; WRI – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA EAESP); WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol**. 2008. Disponível em: <<http://ghgprotocolbrasil.com.br/especificacoes-e-notas-tecnicas-do-programa-brasileiro-ghg-protocol/?locale=pt-br>>. Acesso em 10 set. 2017.

_____. **Ferramenta de estimativa de gases de efeito estufa para fontes intersetoriais**. Ferramenta v2017.3. 2017. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>>. Acesso em: 28 out. 2017.

FRIGELAR. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) – EOS 410A**. 2015a. Disponível em: <www.eos.com.br/wp-content/uploads/2015/09/FISPQ-R-410A.pdf>. Acesso em: 08 set. 2017.

_____. **Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) – EOS 22**. 2015b. Disponível em: <www.eos.com.br/wp-content/uploads/2015/09/FISPQ-R-22.pdf>. Acesso em: 08 set. 2017.

FRISCHKNECHT, R. et al. The ecoinvent database: Overview and methodological framework. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.10, p.3-9, 2005.

GIRARDI, G. Eventos extremos estão cada vez mais relacionados às mudanças climáticas. **Estadão Jornal Digital**, 08 nov. 2016. Sustentabilidade. Disponível em: < <http://sustentabilidade.estadao.com.br>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

GUERECA, L.P.; TORRES, N.; NOYOLA, A. Carbon Footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. **Journal of Cleaner Production**, v.42, p.396-403, 2013.

GUPTA, D.; SINGH, S.K. Greenhouse gas emissions from wastewater treatment plants: a case study of Noida. **Journal of Water Sustainability**, v.2, n.2, p.131-139, 2012.

HUANG, Y. A.; WEBER, C. L.; MATTHEWS, H.S. Categorization of scope 3 emissions for streamlined enterprise carbon footprinting. **Environ Sci Technol**, v.43, p.8509-8515, 2009.

IBCT – INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Avaliação do Ciclo de Vida**. Disponível em: < <http://acv.ibict.br/acv/o-que-e-o-acv/>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Industrial Mensal Produção Física – Índices Especiais de Bens de Capital**. Notas Metodológicas. Disponível em: < https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/industria/pimpf/br_bk/notas_metodologicas.shtm >. Acesso em: 15 out. 2017.

ICCA - INTERNATIONAL COUNCIL OF CHEMICAL ASSOCIATIONS. **Towards Global Sustainability – Rio+20 Vision Shared by Chemical Industry**. 2012. Disponível em: < <https://www.icca-chem.org/wp-content/uploads/2015/08/Towards-Global-Sustainability-Rio20-Vision-Shared-by-Chemical-Industry.pdf> >. Acesso em 17 jan. 2018.

_____. **The Essential Role of Chemicals – Quantifying the Global Potential**. 2017a. Disponível em: < https://www.icca-chem.org/wp-content/uploads/2017/11/Ecofys-tryptique_PP.pdf >. Acesso em 17 jan. 2018.

_____. **ICCA Perspective on COP-22**. 2017b. Disponível em: < https://www.icca-chem.org/wp-content/uploads/2016/11/Icca_perspectives-Cop22_200dpi_V4.pdf >. Acesso em 22 mar. 2018.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy technology transitions for industry: strategies for the next industrial revolution**. Paris, 2009. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/industry2009.pdf> >. Acesso em 10 mar. 2018.

_____. **Technology roadmap: energy and GHG reductions in the chemical industry via catalytic processes**. Paris, 2013a. Disponível em: < https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Chemical_Roadmap_2013_Final_WEB.pdf >. Acesso em 20 mar. 2018.

_____. **Energy and GHG reductions in the chemical industry via catalytic processes: annexes**. Paris, 2013b. Disponível em: < <https://www.iea.org/media/freepublications/technologyroadmaps/TechnologyRoadmapCatalyticProcessesAnnexes.pdf> >. Acesso em 20 mar. 2018.

INAKOLLU, S; MORIN, R.; KEEFE, R. Carbon footprint estimation in fiber optics industry: a case study of OFC Fitel, LLC. **Sustainability**, v.9, 2017.

INEA – INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DO RIO DE JANEIRO. Resolução nº64 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.**

IP - INTERNATIONAL PAPER DO BRASIL LTDA. **Caldeira de biomassa: autossuficiência energética e sustentabilidade do negócio.** Prêmio FIESP – Mérito Ambiental 2015. Disponível em: < <http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=192787> >. Acesso em: 11 mar. 2018.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Volume 2: Energy. Chapter 4: Fugitive emissions. IGES: Japan, 2006a. Disponível em: < <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> >. Acesso em: 08 set. 2017.

_____. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Volume 3: Industrial Processes and Product Use. Chapter 4: Metal Industry Emissions. IGES: Japan, 2006b. Disponível em: < <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol3.html> >. Acesso em: 14 out. 2017.

_____. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Volume 5: Waste. Chapter 3: Solid Waste Disposal. IGES: Japan, 2006c. Disponível em: < <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html> >. Acesso em: 27 nov. 2017.

_____. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Volume 5: Waste. Chapter 6: Wastewater Treatment and Discharge. IGES: Japan, 2006d. Disponível em: < <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html> >. Acesso em: 27 nov. 2017.

_____. Climate Change 2013: Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [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, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

_____. **Climate Change 2014: Synthesis Report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 151pp. 2014.

ISOVER – SAINT GOBAIN. **Isolação térmica de tubulações com tubos bipartidos Super Tel - régua nº01.** 2010.

KEMIRA. **Kemira Annual Report 2017.** 2018. Disponível em: < <https://media.kemira.com/kemiradata/2018/03/kemira-annual-report-2017.pdf> >. Acesso em: 22 jun. 2018.

JOHNSON MATTHEY. **Annual Report & Accounts 2017.** 2017. Disponível em: http://www.matthey.com/documents/reports-and-publications/2016-17/jm_ar2017secured.pdf.

Acesso em: 02 fev. 2018.

KEISUKE, N.; MORIGUCHI, Y. **Embodied energy and emission intensity data for Japan using input – output tables (3EID)**. 2005 IO table, CGER, National Institute for Environmental Studies (NIES). 2012. Disponível em: < <http://www.cger.nies.go.jp/publications/report/d031/index.html> >. Acesso em: 21 out. 2017.

KLEIN-BANAI, C.; THEIS, T.L.; BANAI, T.A. A greenhouse gas inventory as a measure of sustainability for an urban public research university. **Environmental Practice**, v.12, p.35-47, 2010.

KREITH, F. **Princípios da transmissão de calor**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

KRUCZEK, T. Determination of annual heat losses from heat and steam pipeline networks and economic analysis of their thermomodernisation. **Energy**, v.62, p.120-131. 2013 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2013.08.019>. Acesso em: 14 fev. 2018.

LAI, J.H.K. Carbon footprints of hotel: Analysis of three archetypes in Hong Kong. **Sustainable Cities and Society**, v.14, p.334-341, 2014.

LEE, K. Integrating carbon footprint into supply chain management: the case of Hyundai Motor Company (HMC) in the automobile industry. **Journal of Cleaner Production**, v.19, p.1216-1223, 2011.

LERIPIO, A.A.; TORRES, J.P.M.; VIANNA, M.S.; ECHELMEIER, G.R. Greenhouse gas emissions from the Brazilian antarctic station “Comandante Ferraz”. **American J. Ind. Med.** 55: 1166-1171, 2012.

MALTA, T.S. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura: estudo de caso do município de Rio das Ostras, RJ**. Dissertação (mestrado). Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro/RJ, 2001. Disponível em: < <https://portaldeseres.icict.fiocruz.br/pdf/FIOCRUZ/2001/maltatsm/capa.pdf> >. Acesso em: 30 nov. 2017.

MARTINEZ-BLANCO, J.; INABA, A.; FINKBEINER, M. Scoping organizational LCA – challenges and solutions. **Int J Life Cycle Assess**, v.20, p.829-841, 2015.

MELLO, A.V. **A norma ISO 14064: Mudanças Climática. Rio de Janeiro. 24 de outubro 2006. 18 slides**. Apresentação em PowerPoint. 2006. Disponível em: <www.cgee.org.br>. Acesso em 21 out. 2015.

MINAS GERAIS. Decreto nº46.674 de 17 de dezembro de 2014. **Altera o Decreto nº45.229, de 3 de dezembro de 2009, que regulamenta medidas do poder público do estado de Minas Gerais referentes ao combate às mudanças climáticas e gestão de emissões de gases de efeito estufa e dá outras providências**.

NAGAL, F. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa de fabricante de computadores**. Dissertação (mestrado). Universidade Positivo, Curitiba/PR, 2010.

NAVARRO, A.; PUIG, R.; FULLANA-I-PALMER, P. Product vs corporate carbon footprint: Some methodological issues – a case study and review on the wine sector. **Science of the Total Environment**, p.722-733, 2017.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. **Members and partners**. 2018. Disponível em: < <http://www.oecd.org/about/membersand-partners/> >. Acesso em 15 abr. 2018.

OZAWA-MEIDA, L. et al. Measuring carbon performance in a UK University through a consumption-based carbon footprint: De Montfort University case study. **Journal of Cleaner Production**, v.56, p.185-198, 2013.

PACHÓN, D.A.O. **Estimativa das emissões e remoções de gases de efeito estufa produzidas pelo INPE em 2012**. Dissertação (mestrado). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos/SP, 2014.

PBMC – PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Mitigação das Mudanças Climáticas**. Contribuição do Grupo de Trabalho 3 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2014.

PEACE SOFTWARE. **CalcSteam**. [aplicativo]. Disponível em: <http://www.peacesoftware.de/apps/steam_e.html> . Acesso em: 22 mar.18.

PELLETIER, N. et al. The European Commission Organisation Environmental Footprint method: comparison with other methods, and rationales for key requirements. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v.19, p.387-404, 2014.

SANTOS, J.O. **Inventário das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na Embasa: oportunidades para o aprimoramento da gestão das emissões**. Tese (doutorado). Universidade Federal da Bahia - UFBA, Salvador/BA, 2015.

SANTOS, J.O. et al. Greenhouse gas inventory of a state water and wastewater utility in Northeast Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.104, p.168-176, 2015.

SANTOS, R.M.; LUCK, G. **Formação de Green Belts: metodologia Six-Sigma**. Salvador. 15 de outubro 2011. 248 slides. Apresentação em Power-point.

SCHALTEGGER, S.; CSUTORA, M. Carbon accounting for sustainability and management: status quo and challenges. **Journal of Cleaner Production**, v.36, p.1-16, 2012.

SHIOZER, D. **Mecânica dos Fluidos**. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996.

SEEG/OC – SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA/ OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Tabela Geral de Emissões**. 2017/ V.5.0. Disponível em: < <http://seeg.eco.br/tabela-geral-de-emissoes/> >. Acesso em 16 jan. 2018.

SEPA – SCOTTISH ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY. **Sulphur hexafluoride**. Scottish pollutant release inventory (SPRI). Disponível em: < <http://apps.sepa.org.uk/spripa/Pages/SubstanceInformation.aspx?pid=10> >. Acesso em: 08 set. 2017.

SGS. **Entendendo os requisitos de verificação de inventários de gases de efeito estufa: discussão sobre a estrutura da norma ISO 14064 e sua aplicação global para inventários e projetos de GEE**. 2011. Disponível em: <http://www.sgs.com>. Acesso em 01 nov. 2015.

SILVA, E.L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SPIRAX SARCO. **Avaliação do sistema de vapor da Indústria Química X**. 2006.

_____. **Steam Distribution - Pipes and Pipe Sizing**. Disponível em: <<http://pointing.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/steam-distribution/pipes-and-pipe-sizing.asp>>. Acesso em: 22 fev. 2018.

STECHEMESSER, K.; GUENTHER, E. Carbon accounting: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v.36, p.17-38, 2012.

SUNDIN, H.; RANGANATHAN, J. Managing business greenhouse gas emissions: the greenhouse gas protocol – strategic and operational tool. **Corporate Environmental Strategy**, v.9, p.137-144, 2002.

TECHSOL. **Avaliação dos purgadores de vapor da Indústria Química X**. 2016.

TCR - THE CLIMATE REGISTRY. **General Reporting Protocol for the Voluntary Reporting Program**. 2016. Disponível em: <<https://www.theclimateregistry.org/wp-content/uploads/2014/11/General-Reporting-Protocol-Version-2.1.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

THURSTON, M.; ECKELMAN, M.J. Assessing greenhouse gas emissions from university purchases. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v.12, p.225-235, 2011.

UFSC/CEPED – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA/ CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2012.

_____. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995-2014/ Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres; Banco Mundial [Organização Rafael Schadeck]**. Florianópolis: CEPED UFSC, 2016.

UNGC – UNITED NATIONS GLOBAL COMPACT. **A Greener Tomorrow – how caring for climate signatories are leading the way to a low-carbon economy**. 2010. Disponível em: <<https://www.unglobalcompact.org/library/117>> . Acesso em 17 jan. 2018.

UNFCCC - UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **The Paris Agreement**. 2015. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>> . Acesso em: 30 jun. 2017.

_____. **Background on the UNFCCC: The international response to climate change**. Disponível em: <http://unfccc.int/essential_background/items/6031.php>. Acesso em: 29 jul. 2017a.

_____. **Ratification of the Paris Agreement – Background information**. Disponível em: <<https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification>>. Acesso em 13 jun. 2018.

_____. **Compilation of technical information on the new greenhouse gases and groups of**

gases included in the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2010. Disponível em: <http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/items/4624.php#Nitrogen>. Acesso em 08 set. 2017.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National Risk Management Research Laboratory. **Life Cycle Assessment: principles and practice.** Cincinnati, 2006.

VASQUEZ, L. et al. Evaluation of greenhouse gas emissions and proposals for their reduction at a university campus in Chile. **Journal of Cleaner Production**, v.108, p.924-930, 2015.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG): Belo Horizonte, 1996.

WANG, Y.; ZHU, Q.; GENG, Y. Trajectory and driving factors for GHG emissions in the Chinese cement industry. **Journal of Cleaner Production**, v.53, p.252-260, 2013.

WAY CARBON. **Elaboração de inventários de GEE: o passo a passo.** 2016. Disponível em: <<http://blog.waycarbon.com/2016/08/elaboracao-de-inventarios-gee/>>. Acesso em 30 jul. 2017.

_____. **Noções básicas de gestão das mudanças climáticas para empresas.** 2017. Disponível em: <<http://blog.waycarbon.com/conteudo/>>. Acesso em 30 jul. 2017.

WBCSD - WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Guidance for Accounting & Reporting Corporate GHG Emissions in the Chemical Sector Value Chain.** Genebra: WBCSD, 2013. Disponível em: <<http://www.wbcsd.org/Projects/Chemicals/Resources/Guidance-for-Accounting-and-Reporting-Corporate-GHG-Emissions-in-the-Chemical-Sector-Value-Chain>>. Acesso em 11 jan. 2018.

WEBCID. **Calendário 2014 com carnaval, páscoa e feriados municipais – Salvador (BA).** Disponível em: <http://www.webcid.com.br/calendario/2014/bahia/salvador> . Acesso em 24 nov. 2017.

WERNET, G. et al. The ecoinvent database version 3 (part D): overview and methodology. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.21, p.1218-1230, 2016.

WIEDMANN, T.; BARRETT, J. A greenhouse gas footprint analysis of UK Central Government, 1990-2008. **Environmental Science & Policy**, v.14, p.1041-1051, 2011.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **The global climate 2011-2015: heat records and high impact weather.** Media centre – apresenta notícias relacionadas à meteorologia mundial. 2016. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en/media/press-release/global-climate-2011-2015-hot-and-wild>>. Acesso em: 28 jun. 2017.

WRF – WATER RESEARCH FOUNDATION. **Toolbox for Water Utility Energy and Greenhouse Gas Emission Management.** WRF: USA, 2013. Disponível em: <<http://www.waterrf.org/PublicReportLibrary/4224.pdf>> . Acesso em 05 dez. 2017.

WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Greenhouse Gas Protocol: GHG Protocol Scope 2 Guidance.** Genebra e Washington, D.C.: WRI, 2015. Disponível em:

<http://www.ghgprotocol.org/scope_2_guidance>. Acesso em 09 set. 2017.

WRI - WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Monitoramento da implementação da política climática brasileira: implicações para a contribuição nacionalmente determinada.** *Working paper*. 2017. Disponível em: <<http://wribrasil.org.br/sites/default/files/monitoramento-da-implementacao-da-politica-climatica-brasileira.pdf>>. Acesso em 15 jan. 2018.

WRI; WBCSD - WORLD RESOURCES INSTITUTE; WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Greenhouse Gas Protocol: a Corporate Accounting and Reporting Standard (revised edition)**. Genebra e Washington, D.C.: WRI/ WBCSD, 2004. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/corporate-standard>>. Acesso em 09 set. 2017.

_____. **Greenhouse Gas Protocol: Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard**. Genebra e Washington, D.C.: WRI/ WBCSD, 2011. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard>>. Acesso em 09 set. 2017.

_____. **Greenhouse Gas Protocol: Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions**. Genebra e Washington, D.C.: WRI/ WBCSD, 2013. Disponível em: <<http://www.ghg-protocol.org/scope-3-technical-calculation-guidance>>. Acesso em 11 out. 2017.

_____. **Greenhouse Gas Protocol: Third Party Life Cycle Databases**. Disponível em: <<http://www.ghgprotocol.org/life-cycle-databases>>. Acesso em 14 out. 2017.

WU, L; MAO, X.Q.; ZENG, A. Carbon footprint accounting in support of city water supply infrastructure siting decision making: a case study in Ningbo, China. **Journal of Cleaner Production**, v.103, p.737-746, 2015.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e método**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A – CÁLCULO DA ESPESSURA ECONÔMICA DO ISOLAMENTO TÉRMICO

Descrição	Valor						Unidade	Fonte de referência ¹
	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5	Opção 6		
Condutividade térmica do isolamento	0,051	0,051	0,051	0,051	0,058	0,055	kcal/m.h.°C	ISOVER, 2010
Diâmetro externo da tubulação (8")	0,219						m	KREITH, 1977
Raio externo da tubulação (r _e)	0,110						m	
Espessura do isolamento térmico	0,050	0,064	0,075	0,100	0,125	0,125	m	ISOVER, 2010
Raio externo do isolamento (r _{is})	0,160	0,173	0,185	0,210	0,235	0,235	m	
Comprimento efetivo da tubulação	319						m	Indústria Química X
Temperatura da tubulação	290						°C	Indústria Química X
Temperatura superficial do isolamento	42	37	34	30	28	28	°C	ISOVER, 2010
Perda de calor linear pelo isolamento	246	206	183	149	145	139	W/m	
Perda de calor total	78415	65785	58353	47656	46208	44443	W	
Entalpia específica inicial (1 Bar, 27°C)	113						KJ/kg	PEACE SOFTWARE, 2018
Entalpia específica final (40 Bar, 400°C)	3.214						KJ/kg	PEACE SOFTWARE, 2018
Calor necessário para produzir 1 kg/h de vapor	3.101						KJ/h	
Taxa de perda do vapor	91	76	68	55	54	52	kg/h	
Quantidade de horas em operação por ano	8.760						h/ano	Indústria Química X
Taxa de perda do vapor anual	797	669	593	485	470	452	t/ano	
Custo unitário da produção do vapor	161						R\$/t	Indústria Química X
Custo da perda de calor	128.490	107.794	95.617	78.089	75.716	72.824	R\$/ano	

Descrição	Valor						Unidade	Fonte de referência ¹
	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5	Opção 6		
Espessura do tubo bipartido	50mm	63,5mm	75mm	100mm	50mm	75mm	R\$/m	ISOVER (e-mail, 11/10/2018)
Custo do tubo bipartido	74	96	105	146	74	105		
Número de pacotes de tubos bipartido	106	160	160	319	106	160	unidade	
Custo unitário do pacote	221	192	211	146	221	211	R\$/unidade	
Custo total do tubo bipartido	23.616	30.691	33.738	46.656	21.409	30.575	R\$	
Espessura da manta térmica	-	-	-	-	75mm	50mm	R\$/m ²	ISOVER (e-mail, 11/10/2018)
Custo da manta térmica	-	-	-	-	40	33		
Área externa do tubo bipartido - 50mm	-	-	-	-	97	370	m ²	
Número de pacotes de manta	-	-	-	-	29	108	unidade	
Custo unitário do pacote	-	-	-	-	150	123	R\$/unidade	
Custo total da manta	-	-	-	-	14.122	13.448	R\$	
Custo total do isolamento térmico	23.616	30.691	33.738	46.656	35.531	44.023	R\$	
Custo da chapa de alumínio liso	26						R\$/kg	Indústria Química X
Peso teórico da chapa de alumínio liso	2						kg/m ²	Indústria Química X
Área de tubulação + isolamento protegida	320	347	370	420	470	470	m ²	
Peso total da chapa de alumínio liso	755	819	873	991	1.109	1.109	kg	
Custo total da chapa de alumínio liso	19.968	21.658	23.097	26.227	29.356	29.356	R\$	
Custo unitário de mão de obra	399				618		R\$/m de tub.	Indústria Química X
Custo unitário de andaime	1.176				1.201		R\$/m de tub.	Indústria Química X
Custo unitário da plataforma elevatória	85				142		R\$/m de tub.	Indústria Química X
Tubulação acessível para plataforma elevatória	145						m	Indústria Química X
Custo total mão de obra	127.421				197.193		R\$	
Custo total andaime	204.661				209.045		R\$	
Custo total plataforma elevatória	12.325				20.542		R\$	
Custo do investimento	387.991	396.756	401.242	417.289	491.667	500.159	R\$	

1. Os dados que não apresentam fonte de referência são resultados de cálculos realizados na planilha.

APÊNDICE B – FLUXO DE CAIXA DA AÇÃO DE REDUÇÃO DE GEE SELECIONADA

ITENS	ANO 0	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
Economia na produção de vapor (E_i) (t)	0	2604	2552	2448	2292	2083	1823	1510	1146	729	260
Produção de vapor (P _r) (t)	152.412	149.808	149.860	149.964	150.120	150.329	150.589	150.902	151.266	151.683	152.152
Custo total sem o investimento (T _r) (R\$)	24.558.729	26.277.840	28.117.289	30.085.499	32.191.484	34.444.888	36.856.031	39.435.953	42.196.469	45.150.222	48.310.738
Custo variável após o investimento (V _d) (R\$)	22.348.444	23.504.246	25.158.287	26.938.079	28.853.777	30.916.387	33.137.841	35.531.072	38.110.101	40.890.133	43.887.654
Custo fixo após o investimento (F _d) (R\$)	2.210.286	2.365.006	2.530.556	2.707.695	2.897.234	3.100.040	3.317.043	3.549.236	3.797.682	4.063.520	4.347.966
Investimento	422.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SALDO (S_i) (R\$)	-422.100	408.589	428.446	439.725	440.474	428.461	401.147	355.645	288.686	196.569	75.117

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA

CEP: 40.210-630

Telefone: (71) 3283-9800

E-mail: pei@ufba.br

Home page: <http://www.pei.ufba.br>

