MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2018/2019

EMISSÃO DE GASES COM EFEITO DE ESTUFA NA DISTRIBUIÇÃO DO GÁS NATURAL

ANA CATARINA ALMEIDA PINHO

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Cidália Maria de Sousa Botelho
(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

_____

Orientador académico: Carlos Manuel Coutinho Tavares de Pinho
(Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador da empresa: Bruno Henrique Santos
(Subdiretor de Engenharia e Sustentabilidade)

setembro, 2019

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2018/2019

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Tel. +351-22-508 1884

Fax +351-22-508 1449

✉ miea@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - 2017/2018 - Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2019*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A meus Pais,

"Nunca disse que seria fácil.
Só disse que valeria a pena."

Mae West (1893 - 1980)

AGRADECIMENTOS

O fim de uma etapa, uma coleção de memórias, uma imensidão de pessoas que me ajudaram a definir a pessoa que sou hoje, a elas estou eternamente grata.

Ao Professor Carlos Pinho, orientador desta dissertação, agradeço por toda a disponibilidade e dedicação e por todo o conhecimento que me transmitiu ao longo destes meses.

A toda a Família Portgás agradeço pelo acolhimento e pelos maravilhosos meses que me proporcionaram durante o estágio. Em especial agradeço ao Engenheiro Bruno Santos e ao Engenheiro António Meireles, pela dedicação e paciência que tiveram comigo.

Aos meus pais que acreditaram em mim desde o início e nunca perderam a esperança. A eles devo tudo o que tenho hoje. Obrigada por me ajudarem a ser feliz. Ao meu irmão agradeço pela constante irritação que me proporciona. Aos meus melhores amigos de quatro patas que sempre me acompanharam e que nunca me abandonaram nas noites intensas de estudo, obrigada pelo imenso amor.

À "Guita" agradeço pelo constante apoio, por todas as vezes que não me deixaste desistir, pelo "Tu consegues!" e pelo "Vai tudo correr bem!". À Marta e ao João agradeço por me fazerem rir constantemente e por me acompanharem, sem vergonha, nos momentos mais alucinantes. Ao Luís agradeço por me obrigar a sair de casa, por me levar sempre pelos melhores caminhos e por me proteger constantemente dos fatores externos da vida lá fora. Obrigada pela cumplicidade!

A toda a minha família que é, sem dúvida, a melhor do mundo, o maior tesouro que tenho comigo. Obrigada por me proporcionarem os melhores momentos e por fazerem de mim uma criança feliz.

À Sandra, a melhor *roommate* que me saiu na rifa, a cúmplice da fofoquice, a companheira dos bons cafés, obrigada pelo ser maravilhoso que és.

À "La Família" a quem devo todos os sorrisos destes anos. Às minhas "Fenomenais", Leles, Sofy e Mary, que são o melhor que eu levo da FEUP para a vida, obrigada pelo apoio infinito, por cuidarem de mim e por terem infinita paciência para mim. Ao meu "Top de Ambiente", Campos, Gui, Pedro, Miguel e ao adotado Vileça, que me alegram a vista constantemente, obrigada por me fazerem rir e pelo carinho infinito que me dão. A vocês um obrigada por fazerem parte da minha vida.

À Ralé da Família, Brígida, Crazy e Jaks por serem bem mais loucas do que eu e por me mostrarem que a vida não tem limites. Obrigada por despertarem a criança que há em mim.

À Luísa, ao meu amor maior, à minha sorte grande. Sem ti nada disto seria possível. Obrigada, mil obrigadas por me apoiares em tudo, por não me deixares tomar as piores decisões, por me convenceres sempre que tudo é possível e que tudo vai acabar bem. Gosto mais de ti do que de chocolate.

Ao Padrinho Vet Jim, por me dizer sempre as palavras certas e por me mostrar que nada é impossível. És, sem dúvida, um exemplo para mim. Obrigada por me acompanhares sempre, mesmo a quilómetros de distância.

A Floripa, à Ilha da Magia e a todas as pessoas que tornaram o meu intercâmbio único e inesquecível, obrigada por contribuírem para os melhores meses da minha vida e por me mostrarem que o paraíso existe mesmo. Obrigada Brasil e obrigada Caseiro por não desistires de me convencer a ir.

À FEUP por me acolher durante todos estes anos por ter sido quase a minha primeira casa, obrigada pelas dores de cabeça, pelas olheiras e pelas noites sem dormir, valeu cada momento. Um obrigada especial à Família Dona Bea pelo carinho, conseguiu tornar este meu percurso bem mais doce.

RESUMO

As mudanças climáticas, causadas por emissões antropogénicas de gases de efeito de estufa (GEE), representam um dos mais importantes fatores de mudança social (influenciada pelo meio ambiente). Para uma futura estabilização do clima, será fundamental uma descarbonização do setor energético, passando por alterações nos combustíveis que, consequentemente, terão influência tanto na mitigação dos GEE como na qualidade do ar.

A presente dissertação tem como principal objetivo a determinação das emissões de GEE na distribuição do gás natural, associadas às atividades da empresa REN Portgás Distribuição (Portgás). Para isso foi elaborado um inventário de GEE que permitirá à Portgás a identificação das fontes emissoras da sua atividade, bem como a quantificação dessas mesmas emissões, auxiliando na elaboração de estratégias redutoras das mesmas. Esse inventário, foi fundamentado nas diretrizes do *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol), obedecendo aos seus cinco princípios: aplicabilidade, integralidade, consistência, transparência e exatidão. Na metodologia adotada foram utilizados valores documentados de fatores de emissão, utilizados no cálculo das emissões de GEE. Esses fatores definem-se como rácios que relacionam as emissões de GEE com os dados de atividade específicos para cada fonte de emissão em estudo.

As emissões de GEE podem ser emissões diretas ou indiretas, dependendo da sua fonte de emissão, e, consequentemente, são agrupadas em três âmbitos. O âmbito 1 engloba as emissões diretas, provenientes da libertação de gás natural pelas infraestruturas de distribuição, pelas operações na rede, pela estação de abastecimento de gás natural da Portgás e provenientes do gás natural consumido no edifício. No âmbito 2 estão inseridas as emissões indiretas, originárias do consumo de energia elétrica no edifício da empresa. As emissões de âmbito 3 correspondem a outras emissões indiretas, neste caso, associadas ao consumo de combustíveis pelos automóveis, quer da empresa, quer dos seus prestadores de serviço.

Com base nas emissões identificadas, foi elaborado um modelo de cálculo com todos os valores dos fatores de emissão utilizados em função das características dos dados de atividade associados às fontes emissoras da Portgás. Este modelo, irá auxiliar a empresa na criação de medidas de redução das suas emissões de GEE, permitindo o aperfeiçoamento no cálculo dessas emissões e na sistematização da informação necessária, denotando-se a necessidade de recolher e organizar informação complementar à já existente.

Neste estudo foram estimadas as emissões referentes a quatro anos, 2015, 2016, 2017 e 2018, permitindo uma avaliação da evolução da empresa em termos da sua sustentabilidade. Contudo, e devido à ausência de alguns dados de atividade, as emissões estimadas para 2015 e 2016 não são conclusivas. Consideram-se então os valores de emissões estimadas para 2017 e 2018, cerca de 1414,68 t CO_{2eq} e 1397,90 t CO_{2eq} respetivamente. A maior percentagem das emissões estimadas, para os quatro anos, corresponde às emissões indiretas de âmbito 3, associadas ao consumo de combustíveis pelas viaturas da empresa e dos respetivos prestadores de serviço.

Para os anos considerados, obtiveram-se emissões totais anuais inferiores a 25000 toneladas de CO_{2eq}, concluindo-se que a REN Portgás Distribuição se enquadra na categoria de instalações com baixos níveis de emissões, de acordo com a Decisão 2007/589/CE da Comissão de 18 de Julho de 2007.

Palavras-chave: Emissões, Inventário, Gases com Efeito de Estufa, Gás Natural, Distribuição do Gás Natural

ABSTRACT

Climate changes, caused by anthropogenic greenhouse gas (GHG) emissions, represent one of the most important factors to social change (influenced by the environment). Decarbonization will be fundamental for a future clime stabilization, going through fuel alterations which, consequently, will influence air quality as well as mitigation of GHG.

The main role of the present dissertation is to determinate GHG emissions in the distribution of natural gas, associated with the company activities of REN Portgás Distruibuição (Portgás). For this propose a GHG inventory was elaborated which will allow Portgás to identify the origin of their emission's activities, in addition to quantify these emissions, helping elaborate strategies to reduce them. This inventory, was crucial on Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) directories, obeying their five principles: applicability, integrity, conscious, transparency and accuracy. In the methodology adopted, were used documented values of emission's factors, used to calculate GHG emissions. These factors define as ratios that relate GHG emissions with specific activity data to which origin emission in study.

GHG emissions may be direct or indirect, it depends on the origin of the emission, and, consequently, they're classified in three groups. The first group is dedicated to direct emissions, from natural gas leak in the distribution infrastructures, net operation, supply chain of natural gas at Portgás and by natural gas consumed in the building. The second group is about indirect emissions, provided by electrical energy consume of the company's building. The emissions inserted in the third group are considerate other indirect emission, associated with fuel consumed by company's cars as well as their service workers.

Based on the identified emissions, a calculus model including all emissions factors values in function of the activity characteristic data associated with Portgás. This model will assist the company to create measures to reduce GHG emissions, allowing to improve the calculation of those emissions and arrange the necessary data, denoting the need to collect and organize complementary data to the already existent.

This study estimated emissions referents to four years, 2015, 2016, 2017 and 2018, allowing a sustainability company evolution. However, due to the lack of data from some activities, the emissions for 2015 and 2016 are inconclusive. Then it's considered the estimated emission value for 2017 and 2018, are about 1414,68 t CO_{2eq} and 1397,90 t CO_{2eq}, respectively. The bigger estimated emission percentage, for the four years, correspond to indirect emissions from the third group, associated with company's cars fuel and their respective service workers.

For the years considered, the total emissions value obtained is inferior to 25000 ton of CO_{2eq}, concluding that Ren Portgás Distribuiton is considered a low emission installation, by the Decision 2007/589/CE of Comission of 18 of July of 2007.

Key-words: Emissions, Inventory, Greenhouse Gas, Natural Gas, Natural Gas Distribution

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS VII
RESUMO IX
ABSTRACT XI
ÍNDICE GERAL XIII
ÍNDICE DE FIGURAS XVII
ÍNDICE DE TABELAS XIX
NOMENCLATURA XXI

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 ENQUADRAMENTO DA TEMÁTICA 1
1.2 OBJETIVOS E JUSTIFICAÇÃO DO TRABALHO 2
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO 2

2 CONTABILIZAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES COM EFEITO DE ESTUFA 5
2.1 INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES COM EFEITO DE ESTUFA 9
2.2 METODOLOGIAS DE INVENTÁRIOS DE GEE 10
2.2.1 GHG PROTOCOL 10
2.2.2 ISO 14064 – PARTE 1 10
2.2.3 INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) 11
2.3 GREENHOUSE GAS PROTOCOL 12
2.3.1 *GHG CORPORATE ACCOUNTING AND REPORTING STANDARD* 12
2.3.2 PRINCÍPIOS DE REGISTO E DE RELATÓRIO 13
2.3.3 LIMITES ORGANIZACIONAIS 13
2.3.4 LIMITES OPERACIONAIS 14
2.3.5 CÁLCULO DAS EMISSÕES DE GEE 15

3 A DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL 17
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO 17
3.2 GÁS NATURAL COMO FONTE ENERGÉTICA 19
3.2.1 IMPACTOS NA SOCIEDADE 20
3.3 DISTRIBUIÇÃO DO GÁS NATURAL 21

4 APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO 23

4.1 CONTEXTUALIZAÇÃO EMPRESARIAL – REN PORTGÁS DISTRIBUIÇÃO 23

4.2 ENQUADRAMENTO E APRESENTAÇÃO DO PROJETO 25

5 METODOLOGIA 29

5.1 ÂMBITO 1 – EMISSÕES DIRETAS 29

5.1.1 INFRAESTRUTURAS 30

5.1.2 OPERAÇÕES NA REDE 32

5.1.3 ROTURAS 34

5.1.4 GÁS NATURAL CONSUMIDO NO EDIFÍCIO 34

5.2 ÂMBITO 2 – EMISSÕES INDIRETAS DE ELETRICIDADE 34

5.3 ÂMBITO 3 – OUTRAS EMISSÕES INDIRETAS 35

5.4 FATORES DE EMISSÃO 35

5.4.1 GÁS NATURAL 35

5.4.2 ELETRICIDADE 35

5.4.3 COMBUSTÍVEIS 35

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO 37

6.1 RECOLHA DE DADOS 37

6.2 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DIRETAS (ÂMBITO 1) 37

6.2.1 EMISSÕES PROVENIENTES DAS INFRAESTRUTURAS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO 37

6.2.2 EMISSÕES PROVENIENTES DE OPERAÇÕES NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO 38

6.2.3 EMISSÕES PROVENIENTES DE ROTURAS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO 39

6.2.4 EMISSÕES PROVENIENTES DO GÁS NATURAL CONSUMIDO NO EDIFÍCIO DA EMPRESA 39

6.3 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES INDIRETAS (ÂMBITO 2) 40

6.3.1 EMISSÕES PROVENIENTES DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO EDIFÍCIO DA EMPRESA 40

6.4 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES INDIRETAS (ÂMBITO 3) 40

6.4.1 EMISSÕES PROVENIENTE DAS VIATURAS DA EMPRESA 41

6.4.2 EMISSÕES PROVENIENTES DAS VIATURAS DOS PRESTADORES DE SERVIÇO 41

6.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 42

6.5.1 VALOR TOTAL ESTIMADO DAS EMISSÕES DE GEE 42

6.5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS EMISSÕES SEGUNDO A SUA CLASSIFICAÇÃO E A SUA ORIGEM 43

6.5.3 RELAÇÃO ENTRE A QUANTIDADE DE EMISSÕES E OS QUILÓMETROS DE REDE CONSTRUÍDA 44

6.5.4 RELAÇÃO ENTRE A QUANTIDADE DE EMISSÕES E A ENERGIA VEICULADA NA REDE 45

7 CONCLUSÃO 47

7.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES 47

7.2 LIMITAÇÕES AO TRABALHO REALIZADO 48

7.3 PERSPETIVAS FUTURAS 48

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51

ANEXOS 53

ANEXO A – DADOS DE ATIVIDADE ASSOCIADOS À PORTGÁS 55

A. 1 DADOS DE ATIVIDADE RELATIVOS AO ÂMBITO 1 55

A. 2 DADOS DE ATIVIDADE RELATIVOS AO ÂMBITO 2 56

A. 3 DADOS DE ATIVIDADE RELATIVOS AO ÂMBITO 3 57

A.3.1 CONSUMO DAS VIATURAS DA PORTGÁS 57

A.3.2 CONSUMO DAS VIATURAS DOS PRESTADORES DE SERVIÇO 58

A. 4 IFRAESTRUTURAS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL 58

ANEXO B – ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE GEE 59

B. 1 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DIRETAS REFERENTES AO ÂMBITO 1 59

B.1.1 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO À PERMEABILIDADE 59

B.1.2 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES NO RAMAIS 59

B.1.3 EXEMPLO DE CÁLCULO DAS EMISSÕES NA ESTAÇÃO DE ABASTECIMENTO 60

B.1.4 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES NAS VÁLVULAS 60

B.1.5 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO A ROTURAS 61

B.1.6 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO AO GÁS NATURAL CONSUMIDO NO EDIFÍCIO 61

B.1.7 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO À ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA NO EDIFÍCIO 62

B.1.8 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO ÀS VIATURAS DA EMPRESA 62

B.1.8 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO ÀS VIATURAS DOS PRESTADORES DE SERVIÇO 63

ANEXO C – FATOR DE CONVERSÃO 65

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA GLOBAL DE GASES COM EFEITO DE ESTUFA.....6

FIGURA 2.2 - VISÃO ESQUEMATIZADA DOS ÂMBITOS E EMISSÕES AO LONGO DE UMA CADEIA DE VALOR.....15

FIGURA 2.3 - ETAPAS PARA IDENTIFICAÇÃO E CÁLCULO DAS EMISSÕES DE GEE.....15

FIGURA 3.1 – EXEMPLOS DE RESERVATÓRIOS CONVENCIONAIS.....17

FIGURA 4.1 - REDE DE DISTRIBUIÇÃO PRIMÁRIA DA ÁREA DE CONCESSÃO DA REN PORTGÁS DISTRIBUIÇÃO..24

FIGURA 4.2 – DIAGRAMA RESUMO DA ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO DE EMISSÕES. 27

FIGURA 6.1 – GRÁFICOS REPRESENTATIVOS DAS EMISSÕES DE GEE DA PORTGÁS, DE ACORDO COM A SUA CLASSIFICAÇÃO, NOS QUATRO ANOS EM ESTUDO.....44

FIGURA 6.2 – GRÁFICO REPRESENTATIVO DOS VALORES ESTIMADOS DAS EMISSÕES DE GEE DA PORTGÁS E DOS QUILÓMETROS DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO ANUAIS 45

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 5.1 – EMISSÕES DIRETAS INSERIDAS NO ÂMBITO 1 30

TABELA 5.2 – VALORES DE DENSIDADE, PCI E FATORES DE EMISSÃO CARACTERÍSTICOS DO GASÓLEO E DA GASOLINA 36

TABELA 5.3 – VALORES DE DENSIDADE, PCI E FATOR DE EMISSÃO CARACTERÍSTICOS DO GÁS NATURAL 36

TABELA 6.1 – VOLUME DE GÁS NATURAL LIBERTADO DEVIDO À PERMEABILIDADE E CORRESPONDENTES EMISSÕES DE GEE 37

TABELA 6.2 – VOLUME DE GÁS NATURAL LIBERTADO NOS RAMAIS E CORRESPONDENTES EMISSÕES DE GEE 38

TABELA 6.3 – VOLUME DE GÁS NATURAL LIBERTADO NAS VÁLVULAS E CORRESPONDENTES EMISSÕES DE GEE 38

TABELA 6.4 – VOLUME DE GÁS NATURAL LIBERTADO NAS ROTURAS E CORRESPONDENTES EMISSÕES DE GEE 39

TABELA 6.5 – CONSUMO DE GÁS NATURAL E CORRESPONDENTES EMISSÕES DE GEE 39

TABELA 6.6 – CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E CORRESPONDENTES EMISSÕES 40

TABELA 6.7 – CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS DAS VIATURAS DA PORTGÁS E RESPETIVAS EMISSÕES DE GEE ..41

TABELA 6.8 – CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS DAS VIATURAS DA CITYGÁS E CORRESPONDENTES EMISSÕES DE GEE 41

TABELA 6.9 – CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS DAS VIATURAS DA REDEGÁS E CORRESPONDENTES EMISSÕES DE GEE 42

TABELA 6.10 – CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS DAS VIATURAS DA ERI E CORRESPONDENTES EMISSÕES DE GEE 42

TABELA 6.11 – VALOR DAS EMISSÕES DE GEE EM CADA ÂMBITO E TOTAL DAS EMISSÕES DE GEE DA PORTGÁS 43

TABELA 6.12 – VALORES DAS EMISSÕES DE GEE ASSOCIADAS À PORTGÁS E DOS QUILÓMETROS DE REDE CONSTRUÍDOS (PRIMÁRIA E SECUNDÁRIA) NOS QUATRO ANOS EM ESTUDO 44

NOMENCLATURA

ABREVIATURAS

ACV – Análise do Ciclo de Vida

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CELE – Comércio Europeu de Licenças de Emissão

CO_{2eq} – Dióxido de Carbono Equivalente

CQNUAC – Convenção-quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas

EDP – Energias de Portugal

FC – Fator de Conversão

FE – Fator de Emissão

GEE – Gases com Efeito de Estufa

GHG – Gases com Efeito de Estufa, do inglês *Greenhouse Gases*

GNL – Gás Natural Liquefeito

GNV – Gás Natural Veicular

GPL – Gás de Petróleo Liquefeito

GRMS – Estação de Redução e Medida de Gás, do inglês *Gas Reduction and Measure Station*

OMM – Organização Meteorológica Mundial

PCI – Poder Calorífico Inferior

PCS – Poder Calorífico Superior

PFM – Posto de Filtragem e Medida

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PRM – Posto de Regulação e Medida

PRP – Posto de Redução de Pressão

REN – Redes Energéticas Nacionais

RNDGN – Rede Nacional de Distribuição de Gás Natural

RNTGN – Rede Nacional de Transporte de Gás Natural

SCADA – Controle de Supervisão e Aquisição de Dados, do inglês *Supervisory Control and Data Acquisition*

SNGN – Sistema Nacional de Gás Natural

STCP – Sociedade de Transportes Coletivos do Porto

UAG – Unidade Autónoma de Gás

UTR – Unidade de Transmissão Remota

WBCSD – Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável, do inglês *World Business Council for Sustainable Development*

WRI – Instituto Mundial de Recursos, do inglês *World Resources Institute*

SIMBOLOGIA	Descrição	Unidades
l	Comprimento	[m]
T	Temperatura	[K]
F_{CV}	Fator de correção de volume	[$(m^3.n)/m^3$]
F_{CT}	Fator de correção por temperatura	[-]
F_{CP}	Fator de correção por pressão	[-]
F_c	Fator de conversão	[kWh/m^3]
PCS	Poder calorífico superior	[$kWh/(m^3$ @ 0ºC e 1 atm)]
F_e	Fator de emissão	[kg CO_{2eq}/kWh]
V	Volume	[m^3]
p	Pressão relativa	[bar]
PC	Coeficiente de permeação	[m^3/(m.bar.d)]
SDR	Relação de dimensão padrão	[-]
t	Tempo	[d]
d_e	Diâmetro externo	[mm]
s	Espessura	[mm]
P_{abs}	Pressão absoluta	[bar]
q_v	Taxa média de emissão	[m^3/(ramal.h)]
x_{CH_4}	Fração de metano	[-]
n	Número de infraestruturas	[-]
EF_{intr}	Fator de emissão para emissões intrínsecas de determinada instalação	[-]
$EF_{vent.}$	Fator de emissão para emissões de ventilação em determinada operação	[m^3/operação]
$EF_{limp.}$	Fator de emissão para emissões de limpeza em determinada operação	[m^3/operação]

$V_{geom.}$	Volume geométrico da secção a operar	[m^3]
$\overline{P_{int}}$	Pressão operacional média	[bar]
T_n	Temperatura padrão	[K]
P_n	Pressão padrão	[bar]
$T_{int.}$	Temperatura do gás no interior da infraestrutura	[K]
K	Número de compressibilidade	[-]
$\overline{d_{int}}$	Diâmetro médio das condutas da rede de distribuição	[m]

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento da Temática

As alterações climáticas foram identificadas como um dos maiores desafios a enfrentar, atualmente e nas décadas futuras, devido às repercussões nos sistemas humanos e naturais e às mudanças no uso dos recursos, na produção e na atividade económica (IPQ, 2008). Uma das principais causas dessas alterações é a emissão de gases com efeito de estufa (GEE) que, maioritariamente, provêm do uso de combustíveis fósseis, como fonte primária de energia, satisfazendo grande parte das necessidades energéticas do mundo atual (Demirbas, 2010).

A mitigação das mudanças climáticas encontra-se, atualmente, no centro dos esforços nacionais e internacionais, através da redução das emissões de GEE. É, por isso, essencial o desenvolvimento de combustíveis alternativos, com baixos fatores de emissão de gases com efeito de estufa e de poluentes em geral, tal como o gás natural (Jaffe, 2016). O gás natural é preferencial, relativamente a outros combustíveis fósseis, como o petróleo ou o carvão, pois apresenta um baixo teor em carbono, compostos de enxofre, entre outros, sendo por isso, mais limpo e eficiente em termos de energia (Soares, 2009). Contudo, devido ao seu elevado teor em metano, quando este é libertado para a atmosfera sem sofrer combustão, apresenta um elevado potencial de aquecimento global (ICF, 2012).

Assim, num meio cada vez mais concentrado nas problemáticas ambientais de sustentabilidade e eficiência energética, é fundamental o desenvolvimento de iniciativas internacionais, nacionais e locais com vista à limitação da concentração de GEE na atmosfera. As empresas recorrem, então, a inventários de emissões de GEE, através da quantificação das emissões provenientes das suas atividades operacionais, permitindo-lhes uma posterior identificação de oportunidades de redução e mitigação dessas emissões (Rodrigues, 2012).

Esta dissertação surgiu, então, com o intuito de quantificar as emissões de GEE associadas às atividades operacionais da empresa REN Portgás Distribuição (Portgás), comparando-as com registos dos anos anteriores, avaliando a evolução das mesmas. Associado a isto, construiu-se um modelo de cálculo que permite determinar o valor preciso das emissões, em toneladas de CO_2 equivalente, tendo em conta diversas variáveis associadas a toda a cadeia de valor da empresa.

A Portgás é uma empresa do setor energético, responsável pela distribuição de gás natural na região norte de Portugal e que, atualmente abrange os distritos de Porto, Braga e Viana do Castelo.

Com a realização desta dissertação, pretende-se quantificar as emissões de gases com efeito de estufa, por forma a identificar possíveis medidas de redução das mesmas por parte da empresa, contornando as dificuldades e incertezas associadas aos inventários de emissões.

1.2 Objetivos e Justificação do Trabalho

Com esta dissertação pretende-se quantificar as emissões de GEE associadas à empresa Portgás, identificando as fontes emissoras ao longo de toda a cadeia de valor da empresa.

Constitui, também, um dos propósitos desta dissertação, a construção de uma ferramenta que permita o cálculo dessas emissões, tendo por base a estrutura de um inventário de emissões de GEE.

Desta forma, torna-se possível a identificação de possíveis oportunidades de redução das emissões pretendendo-se, como trabalho futuro, que a empresa considere os resultados obtidos no estudo de caso analisado ao longo da dissertação e que estes sejam aplicados ao longo da sua cadeia de valor, por forma a atingir melhorias do ponto de vista ambiental e energético.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram planeadas e executadas diversas tarefas, tal como:

- identificação das atividades da Portgás, emissoras de GEE;
- recolha e compilação dos dados das atividades operacionais;
- seleção do fatores de emissão;
- análise e tratamento dos dados recolhidos;
- construção de um modelo de cálculo das emissões identificadas;
- cálculo das emissões de GEE;
- análise dos resultados obtidos e respetiva comparação com outras empresas;
- proposta de melhorias futuras.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em sete capítulos, sendo seguidamente apresentada uma descrição resumida referente a cada um deles:

O presente Capítulo 1, **"Introdução"**, apresenta uma breve introdução ao tema da dissertação, os respetivos objetivos e, resumidamente, a descrição da estrutura do documento.

No Capítulo 2, **"Contabilização de Emissões de Gases com Efeito de Estufa"**, destaca-se o inventário de emissões de GEE, tendo por base o *Greenhouse Gas Protocol*, definindo-se a várias etapas aliadas à conceção de um inventário. Este mesmo tema é enquadrado a nível nacional e internacional, destacando-se, também, o desenvolvimento de alguns temas conexos.

O Capítulo 3, **"A Distribuição de Gás Natural"**, expõe a definição e as propriedades do gás natural e os impactos da sua utilização. Descreve, também, a organização das redes de distribuição de gás natural em Portugal e analisa este recurso como alternativa viável aos combustíveis convencionais.

O Capítulo 4, **"Apresentação do Caso de Estudo"**, consiste na descrição do projeto e de como este será desenvolvido, após uma descrição detalhada da empresa em estudo, a REN Portgás Distribuição.

No Capítulo 5, **"Metodologia"**, descreve-se o procedimento para o cálculo das emissões de GEE, analisando-se detalhadamente os vários métodos adotados para o cálculo do montante de emissões em cada atividade operacional da empresa.

O Capítulo 6, **"Resultados e Discussão"**, consiste na apresentação dos resultados obtidos, após aplicação dos dados da empresa para vários anos. Posteriormente, confrontam-se esses vários resultados

obtidos, avaliando a evolução da empresa ao longo dos anos, comparando-se também com os valores de referência de outra empresa.

Por fim, no Capítulo 7, **"Conclusão"**, são apresentadas as principais conclusões deste estudo, os fatores que limitaram o desenvolvimento deste projeto, bem como os principais aspetos a desenvolver futuramente.

2
CONTABILIZAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES COM EFEITO DE ESTUFA

A atmosfera do planeta é um bem partilhado por todos, pelo que as consequências negativas, provenientes de ações sobre esta, são sentidas globalmente. A maior problemática que, atualmente, afeta a atmosfera é a poluição do ar causada pela emissão de compostos gasosos nocivos que, quer isoladamente ou através de reações químicas, têm impactes negativos no meio ambiente e na saúde (Rodrigues, 2012). Esses gases podem ser categorizados como Gases com Efeito de Estufa ou como Poluentes Atmosféricos, dependendo das consequências que provocam. Os GEE concentram-se na atmosfera, formando uma camada que impede que o calor gerado pelos raios solares seja dissipado para o espaço, provocando assim o denominado aquecimento global, enquanto os poluentes atmosféricos causam efeitos diretamente na saúde humana, das plantas e dos animais, provocam a degradação de prédios e infraestruturas, entre outros (Augusto, Fernandes, & Mota, 2019).

No Protocolo de Quioto encontram-se listados os seguintes GEE: Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido Nitroso (N_2O), Hidrofluorocarbonetos (HFCs), Perfluorocarbonetos (PFCs), Hexafluoreto de Enxofre (SF_6) e Trifluoreto de Azoto (NF_3). Estes gases estão definidos, na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas, como aqueles gases naturais e antropogénicos, constituintes da atmosfera, que absorvem radiação infravermelha. Cada um destes apresenta uma contribuição relativa para o efeito de estufa, designada de potencial de aquecimento global (PAG) e que corresponde à medida de energia que será absorvida por 1 tonelada de determinado gás relativamente à emissão de 1 tonelada de CO_2 (Augusto et al., 2019). Por exemplo, para o caso do metano, a emissão de 1 tonelada desse gás equivale, para efeitos do impacto sobre o aquecimento global, à emissão de 25 toneladas de CO_2, ou seja, o PAG do metano é 25 (Pereira et al., 2019).

As alterações climáticas são definidas como variações nos padrões climáticos, que ocorrem a longo prazo, e são consequentes dos aumentos de temperatura da Terra. Essas alterações ocorrem ao nível da temperatura, da precipitação, da humidade, do vento e das estações do ano, impactando os ecossistemas e as economias que deles dependem. O agravamento das alterações climáticas e do aquecimento global tem vindo a influenciar negativamente o desenvolvimento sustentável, afetando a produção de alimentos e a polinização, a disponibilidade de água para consumo e irrigação, a saúde humana e as condições de vida e, consequentemente, o desenvolvimento natural dos ecossistemas (Augusto et al., 2019). O CO_2 é responsável por cerca de 63% do aquecimento global mundial, apresentando, atualmente, uma concentração na atmosfera 40% superior à concentração no início da era industrial (APA, 2019).

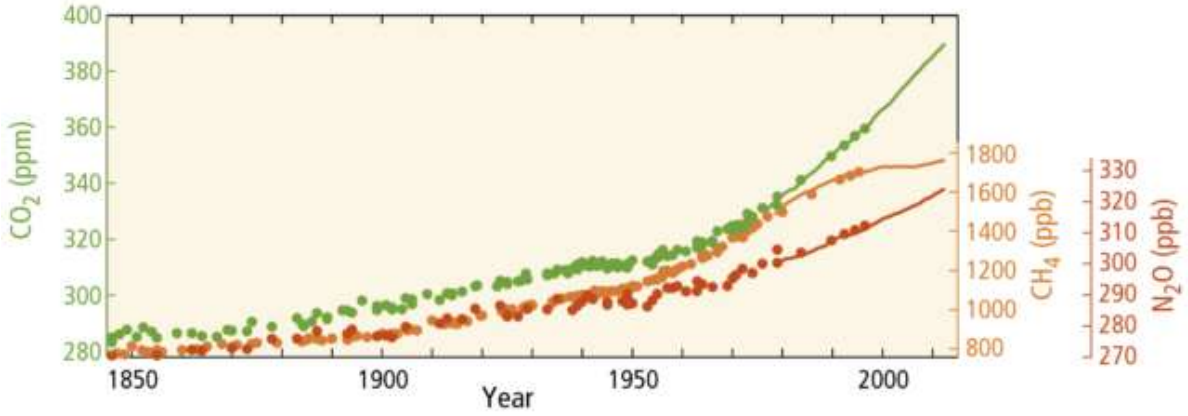


Figura 2.1 - Concentração média global de gases com efeito de estufa (IPCC, 2007)

A influência do Homem no sistema climático é evidente e têm-se vindo a atingir o mais alto nível de emissões antrópicas de gases com efeito de estufa da história, como se pode verificar pelo gráfico da figura 2.1. O aumento desmesurado dessas emissões intensificam o fenómeno de Aquecimento Global. A atual temperatura do planeta está cerca de 0,85 ºC superior à do século XIX, sendo que cada uma das três últimas décadas teve uma temperatura superior a qualquer outra década desde 1850 (ano em que começaram a existir registos). Esse aumento deve-se, maioritariamente, aos seguintes fatores (APA, 2019):

- Queima de carvão, petróleo ou gás, produzindo CO_2 e N_2O;
- Desflorestação (as árvores ajudam na regulação do clima através da absorção do CO_2 presente na atmosfera);
- Aumento da atividade pecuária (as vacas e as ovelhas produzem elevadas quantidades de CH_4 durante a digestão dos alimentos);
- Utilização de fertilizantes que contêm azoto e levam à produção de emissões de N_2O;
- Os gases fluorados têm um elevado efeito de aquecimento (podendo ser 23 000 vezes superior ao do CO_2), contudo são libertados em pequenas quantidades e têm vindo a ser eliminados gradualmente ao abrigo da regulamentação da EU.

Com isto, o aquecimento do sistema climático é inequívoco, verificando-se, desde a década de 1950, diversas mudanças inéditas, desde o aquecimento da atmosfera e do oceano, à diminuição das quantidades de neve e de gelo e ao aumento do nível do mar. Estas mudanças climáticas tiveram e continuarão a ter impactos generalizados tanto no sistema humano como no sistema natural, sendo identificadas como uma das maiores ameaças ambientais, sociais e económicas que o planeta e a humanidade enfrentam na atualidade (IPCC, 2007).

Devido a este panorama, sucedeu-se um decorrer de marcos importantes ao longo dos anos. Em 1992 foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC), instituindo princípios básicos para o combate internacional às alterações climáticas. No ano de 1997 surgiu o Protocolo de Quioto onde foram estabelecidas metas quantificadas de limitação ou redução de emissões para cada Estado-Membro. Este protocolo apenas entrou em vigor em 2005 e expirou em 2012, sucedendo-se uma segunda fase que vigorou no ano de 2013 com previsão de expirar em 2020. Em 2005 entrou em vigor o Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) e em 2015 foram definidos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e foi assinado um tratado mundial designado de Acordo de Paris (Augusto et al., 2019). Este tratado surgiu, pois, a ciência define que, para se assegurar a continuação da vida no planeta, tal como é conhecida, sem transformações demasiado devastadoras, o

aumento da temperatura média global não deverá ultrapassar 1,5 °C. Assim, definiu-se o derradeiro objetivo de reduzir as emissões de GEE, assegurando que o aumento da temperatura média global se mantenha abaixo dos 2 °C acima dos níveis pré-industriais, com o compromisso, por parte da comunidade internacional, de prosseguir todos os esforços para limitar o aumento de temperatura até 1,5 °C (REA, 2019). Este Acordo implica que se deve atingir um balanço neutro entre as emissões e as remoções de GEE (sequestro de carbono pelas florestas e outros sumidouros). Na Conferência das Nações Unidas em Marraquexe (COP22), em 2016, Portugal comprometeu-se a atingir a neutralidade carbónica até ao ano de 2050, ou seja, alcançar um balanço neutro entre as emissões de GEE e o sequestro de carbono, traçando assim uma visão clara relativamente à descarbonização profunda da economia nacional (APA, 2019). Para isso ser possível, o país terá de apresentar uma redução das suas emissões em mais de 85% relativamente às emissões de 2005 e uma capacidade de sequestro de carbono de cerca de 12 milhões de toneladas (RP, 2019).

Para o alcance da neutralidade carbónica, é essencial ocorrer uma verdadeira transição energética, sendo esta uma missão apresentada no Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC). Portugal apresentou o PNEC à Comissão Europeia, para o horizonte 2030, que, apesar de ser uma exigência comunitária, reflete a visão defendida pelo próprio governo aliando as áreas de energia e clima, e estabelece também, novas metas de redução de emissões, de incorporação de renováveis e de eficiência energética para o ano de 2030. Das metas descritas neste plano, destacam-se (RP, 2019):

- Entre 45% e 55% de redução de emissões de GEE, em relação a 2005 (30% a 40%);
- 47% de incorporação de renováveis no consumo final de energia.

Para fazer face à problemática das alterações climáticas, a resposta política e institucional foi atualizada e desenvolvida, traduzindo-se nas propostas relativas ao Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPiC) que inclui, fundamentalmente, duas linhas de atuação: a mitigação das alterações climáticas e a adaptação aos seus efeitos. A **mitigação** baseia-se no processo que visa reduzir as emissões de GEE para a atmosfera, enquanto a **adaptação** corresponde ao processo que procura minimizar os efeitos negativos dos impactes dessas alterações nos sistemas biofísicos e socioeconómicos. Dada a consciência generalizada de que as mudanças climáticas estão a decorrer e que os seus impactes são inevitáveis, é essencial dar maior atenção à vertente de adaptação (RP, 2019).

A visão instituída para o QEPiC estabelece os seguintes objetivos (APA, 2019):

- Promover a evolução para uma economia de baixo carbono, contribuindo para o crescimento verde;
- Garantir um percurso sustentável para a redução das emissões de GEE;
- Reforçar as capacidades nacionais de adaptação;
- Assegurar uma participação empenhada nas negociações internacionais;
- Estimular a investigação, a inovação e a produção de conhecimento;
- Promover o envolvimento da sociedade nos desafios das alterações climáticas;
- Aumentar a eficiência dos sistemas de informação, reporte e monitorização;
- Garantir condições de financiamento e aumentar os níveis de investimento;
- Garantir condições eficazes de governação e assegurar a integração dos objetivos climáticos nos domínios setoriais.

No QEPiC estão incluídos instrumentos de política nacional, como o Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020/2030 (PNAC 2020/2030) e a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020), e de política europeia, como o CELE (APA, 2019).

O PNAC 2020/2030 tem a missão de garantir o cumprimento dos compromissos nacionais de mitigação, relativos às alterações climáticas, colocando Portugal em linha com as metas europeias nesta matéria e com o Acordo de Paris. Os principais objetivos deste plano consistem em (APA, 2019):

- Promover a transição para uma economia de baixo carbono, originando mais emprego e maior riqueza;
- Garantir uma trajetória sustentável de redução de emissões de GEE, alcançando uma meta entre -18% e -23% em 2020 e entre -30% e -40% em 2030, comparativamente com 2005;
- Promover a integração dos objetivos de mitigação nas políticas setoriais.

O ENAAC 2020 institui a visão e os objetivos da política climática nacional no horizonte 2020, com a contínua implementação do desenvolvimento de uma economia competitiva, resiliente e de baixo carbono, contribuindo para um novo paradigma de desenvolvimento para Portugal. Esta estratégia define, então, os objetivos de melhorar o nível de conhecimento sobre as alterações climáticas, implementar medidas de adaptação e promover a integração da adaptação em políticas setoriais e assume como visão: *"Um país adaptado aos efeitos das alterações climáticas, através da contínua implementação de soluções baseadas no conhecimento técnico-científico e em boas práticas"*. Estruturalmente, a ENAAC 2020 apresenta seis áreas temáticas (Jayaratne, Ristovski, Morawska, & Meyer) (APA, 2019):

- Investigação e inovação;
- Financiamento e implementação a adaptação;
- Cooperação internacional;
- Comunicação e divulgação (Plataforma Nacional de Adaptação);
- Integração da adaptação no ordenamento do território;
- Integração da adaptação na gestão de recursos hídricos.

Nesta estratégia é, também, promovido o desenvolvimento de atividades e de trabalhos específicos em nove setores prioritários (Agricultura, Biodiversidade, Economia, Energia e Segurança Energética, Florestas, Saúde Humana, Segurança de Pessoas e Bens, Transportes e Comunicações, Zonas Costeiras e Mar), através de grupos de trabalho setoriais (GT) que têm os seguintes encargos (APA, 2019):

- Identificar impactes, vulnerabilidades e medidas de adaptação;
- Integrar a adaptação em políticas setoriais;
- Identificar necessidades e falhas de conhecimento;
- Promover estudos setoriais e identificar fontes de financiamento e mecanismos de monitorização;
- Preparar planos e relatórios de atividades;
- Contribuir para os trabalhos das AT;
- Articular, quando necessário, com outros GT.

Desta forma, foi estabelecida uma concordância relativa ao desenvolvimento de políticas públicas a nível regional, nacional e subnacional, que promovam as condições para a emergência de sociedades e economias de baixo carbono, tendo por base princípios de eficiência na utilização de recursos e formas de atuação colaborativas e que promovam uma efetiva integração dos desafios das alterações climáticas em todas as vertentes das nossas sociedades (REA, 2019).

2.1 Inventário de Emissões de Gases com Efeito de Estufa

O agravamento do aquecimento global e das alterações climáticas tem vindo a influenciar negativamente o desenvolvimento sustentável do planeta, afetando a produção de alimentos e a polinização, a disponibilidade de água para consumo e irrigação, a saúde humana e as condições de vida e, consequentemente, o desenvolvimento natural dos ecossistemas (Augusto et al., 2019). Visto que as alterações climáticas consistem num problema global, a resposta política a este problema requer um conjunto de medidas que minimizem as causas antropogénicas, preparando a sociedade para lidar com os seus impactes biofísicos e socioeconómicos (APA, 2019). Consequentemente, muitos governos decidiram intervir, através de políticas nacionais, para a redução das emissões de GEE. Essas políticas incluem diversos programas que permitirão às empresas compreender e gerir devidamente os seus riscos de GEE para que, futuramente, estejam preparadas para políticas climáticas, nacionais ou regionais, que possam surgir (WBCSD & WRI, 2004).

A contabilização de emissões de GEE e a sua respetiva monitorização, por parte das empresas e das organizações, são práticas fundamentais para a elaboração de uma estratégia eficaz na gestão e redução desta problemática. Essa contabilização pode ser obrigatória ou, apenas, voluntária (Augusto et al., 2019):

- A **contabilização obrigatória** é incitada pela Diretiva 2003/87/EU e subsequentes adendas e suplementos e é dirigida a empresas europeias pertencentes a setores industriais caracterizados pelo seu alto nível de emissões de GEE ou pelo elevado poder térmico instalado. Este procedimento consiste na monitorização exaustiva das emissões, na integração do fator "carbono" nas estratégias corporativas (forte comprometimento com a eficiência energética). Este processo poderá tender para um aumento dos custos associados.
- A **contabilização voluntária** é impulsionada pela gestão de riscos, pela diferenciação da marca e pela redução dos consumos energéticos, sendo uma medida adotada por empresas com elevado nível de exposição da marca. Caracteriza-se pela existência de diferentes normas e diretrizes à disposição (GHG Protocol, ISO 14064, entre outras) e pelos diferentes âmbitos de emissões, dentro dos limites organizacionais e operacionais de uma empresa. Com este procedimento torna-se possível a inclusão dos dados de emissão em iniciativas voluntárias de alta visibilidade (por exemplo, em relatórios de sustentabilidade), servindo, também, para requisitos obrigatórios de verificação externa por terceira-parte.

A Portgás não é obrigada a contabilizar as suas emissões, no entanto, recorre a uma contabilização voluntária que lhe permita ter conhecimento das emissões de GEE associadas a toda a sua atividade, permitindo-lhe a elaboração de medidas e estratégias que promovam a redução dessas emissões (Augusto et al., 2019).

Economicamente, a redução de emissões de GEE por parte de uma empresa, trará também benefícios, tal como (Augusto et al., 2019):

- Custos evitados, com a implementação de medidas de eficiência energética e com o uso de energias renováveis;
- Redução de custos, pelos incentivos patrocinados por governos;
- Capacidade de preservar e/ou desenvolver os mercados com produtos "verdes";
- Aumento da fidelidade dos consumidores de produtos "verdes";
- Benefícios da venda de créditos de carbono nos mercados existentes;

- Evitar multas ou custos regulatórios, relacionados com as emissões de GEE ou com a necessidade de compra de créditos de carbono.

De forma a poderem contabilizar, com maior precisão, as suas emissões de GEE, as empresas recorrem a inventários de emissões de GEE, tendo em conta os vários processos desenvolvidos na empresa e todas as atividades que direta ou indiretamente afetam o funcionamento da mesma. À conceção de um inventário de GEE estão associados diversos objetivos de negócio (WBCSD & WRI, 2004):

- Gestão de riscos de GEE e reconhecimento de oportunidades de redução das emissões;
- Relatórios públicos e participação em programas voluntários de GEE;
- Participação em programas de relatórios obrigatórios;
- Participação em mercados de GEE;
- Reconhecimento para ações de voluntariado antecipadas.

De notar que a elaboração de um inventário de GEE é diferente da determinação da pegada de carbono, pois enquanto esta contabiliza as emissões de GEE associadas a um produto ou evento específico (emissões de CO_{2eq} por produto), quantifica o impacte do produto a longo do seu ciclo de vida e permite o desenvolvimento de uma abordagem de análise de ciclo de vida (ACV), o inventário apenas contabiliza as emissões geradas por uma empresa ou instituição, em termos de emissões de CO_{2eq}, permitindo a adoção de medidas adequadas, por forma a atingir, futuramente, melhorias em termos ambientais (WBCSD & WRI, 2004).

2.2 Metodologias de Inventários de GEE

Existem ferramentas de cálculo para setores específicos e outras que podem ser aplicáveis a todos os setores. Estas ferramentas estão de acordo diversas metodologias para a consolidação de emissões de GEE, dentro das quais se destacam as seguintes principais referências (WayCarbon):

- Greenhouse Gas (GHG) Protocol;
- ISO 14064 – Parte 1;
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

2.2.1 GHG PROTOCOL

O ***Greenhouse Gas Protocol*** foi uma iniciativa desenvolvida em 1998, pelo *World Resources Institute* e pelo *World Business Council for Sustainable Development*, com a missão de desenvolver normas e diretrizes, internacionalmente aceites, de monitorização e comunicação das emissões de GEE e promover a sua adoção global. Este método é um padrão de quantificação de emissões, compatível com a norma ISO 14064-1 (Augusto et al., 2019).

2.2.2 ISO 14064 – PARTE 1

A norma internacional ISO 14064 fornece à indústria e ao governo um conjunto de ferramentas para o desenvolvimento de programas focados na redução das emissões de GEE e é composta por 3 partes (SGS):

"Parte 1 – descreve os requisitos para a conceção e o desenvolvimento de inventários de organizações ou em agências de GEE;

Parte 2 – especifica os requisitos discriminados para a quantificação, o acompanhamento e a emissão de relatórios relacionados com reduções de emissões e melhorias na redução de projetos de GEE;

Parte 3 – faculta os requisitos e as orientações para a validação e verificação de informações relativas aos GEE (sendo aplicável a organismos de certificação)."

A implementação desta norma permite a uma organização (APA):

- "Promover consistência, transparência e credibilidade na quantificação, reporte e redução das emissões de GEE;
- Identificar e gerenciar recursos e riscos associados aos GEE;
- Facilitar o comércio de concessões ou créditos para as emissões de GEE;
- Apoiar o projeto, o desenvolvimento e a implementação de programas de GEE consistentes;
- Desenvolver mecanismos internos fortes para a quantificação, gestão e comunicação das emissões de GEE;
- Construir uma relação de confiança com as partes interessadas;
- Facilitar o desenvolvimento e a implementação de estratégias de gestão de GEE e de melhorias futuras;
- Proporcionar o acompanhamento do desempenho e do progresso na redução das emissões de GEE e/ou no aumento das remoções de GEE."

2.2.3 INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC)

O IPCC, de tradução Painel Intergovernamental para a Mudança de Clima, é uma entidade criada em 1988, pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo programa da Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), com a missão de avaliar a informação científica, técnica e socioeconómica, permitindo uma melhor compreensão dos riscos associados às mudanças climáticas, os potenciais impactos e as opções possíveis de mitigação e adaptação.

O trabalho central do IPCC baseia-se na elaboração de um relatório com o resumo do conhecimento científico relativo às mudanças climáticas. Este relatório é dividido em três grupos de trabalho (IPCC, 2019):

- O **Grupo I** que avalia os aspetos físicos e científicos das mudanças climáticas. Neste grupo está descrito o monitoramento das características e propriedades de cada elemento do sistema climático, estudos paleoclimáticos e sobre processos biogeoquímicos e a análise e projeções originadas da aplicação de modelos climáticos.

- O **Grupo II** que se direciona para a avaliação da vulnerabilidade dos sistemas socioeconómicos e naturais relativa às mudanças climáticas. Apresenta uma abordagem sobre as consequências das mudanças climáticas, sejam negativas ou positivas, e sobre as alternativas de adaptação.

- O **Grupo III** aborda o tópico da mitigação do aquecimento global, apresentando as possíveis opções para a redução das emissões de GEE e referindo as atividades e tecnologias capazes e sequestrar o carbono da atmosfera. Expõe uma avaliação de custos e benefícios das opções consideradas, apresentando instrumentos, medidas e políticas disponíveis, fazendo referência aos diversos setores da economia, tal como energia, transporte e agricultura.

2.3 Greenhouse Gas Protocol

Este protocolo pretende atingir como utilizadores não só empresas, como também outras organizações (por exemplo, universidades, agências governamentais, ONG's, entre outras), cujas operações contribuam para o aumento de emissões de GEE. Para além disso, pode ser utilizado como referencial para dar resposta a programas e iniciativas de reporte de GEE que não apresentem requisitos específicos para registos e relatórios. Por estes motivos e pelo facto de a informação que disponibiliza ser gratuita, muitas empresas utilizam o *GHG Protocol* como referencial para reportar as suas emissões de GEE, tal como acontece com a REN Portgás Distribuição.

Atualmente, existem 5 normas ao nível (Augusto et al., 2019):

- Corporativo – *Corporate Accounting and Reporting Standard* (2004);
- De projeto – *GHG Protocol for Project Accounting* (2005);
- Do produto – *GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard* (2011);
- Da mitigação – *GHG Mitigation Goal Standard* (2014);
- Das políticas – *GHG Policy and Actions Standard* (2014);
- Das cidades – *GHG Protocol for cities* (2014).

2.3.1 *GHG Corporate Accounting and Reporting Standard*

Este protocolo, também designado de *GHG Protocol Corporate Standard*, faculta um conjunto de requisitos e diretrizes que permitem às empresas e outras organizações elaborar os seus inventários de GEE, tendo em conta os GEE abrangidos pelo Protocolo de Quioto (Augusto et al., 2019).

Até à data foram desenvolvidas diversas normas, sendo que as empresas são encorajadas a recorrer à norma corporativa (*GHG Protocol Corporate Standard*), relativa à preparação de um inventário e que tem como princípio os seguintes objetivos (WBCSD & WRI, 2004):

- Auxiliar as empresas na preparação dos inventários de GEE;
- Simplificar e reduzir os custos da compilação dos inventários de GEE;
- Facultar informações necessárias para a construção de estratégias eficazes na gestão e redução das emissões de GEE;
- Facilitar a participação em programas voluntários e obrigatórios de GEE;
- Aumentar a conformidade e transparência dos registos e relatórios de GEE.

Contudo, esta norma não deve ser utilizada para (Augusto et al., 2019):

- Contabilizar reduções associadas a projetos de redução de GEE utilizados para obtenção de compensações ou créditos;
- Calcular a pegada de carbono de um produto;
- Estimar o efeito de políticas e ações nas emissões de GEE;
- Quantificar as emissões de GEE geradas à escala de um município;
- Implementar medidas e objetivos de mitigação a nível nacional.

2.3.2 PRINCÍPIOS DE REGISTO E DE RELATÓRIO

Os princípios de monitorização de GEE pretendem apoiar e orientar o controlo e o registo das emissões, para que a informação reportada nos inventários de GEE represente de forma correta e percetível todas as emissões da empresa. Assim, os registos e relatórios das emissões de GEE devem seguir os seguintes princípios (WBCSD & WRI, 2004):

Aplicabilidade – garantia de que o inventário de GEE retrata com precisão as emissões da empresa, servindo as necessidades de decisão das partes interessadas, a nível interno e externo à empresa.

Integralidade – registo e reporte de todas as fontes e atividades emissoras de GEE, dentro dos limites do inventário, de modo a que este seja compreensivo e com significado.

Consistência – utilização de metodologias para monitorizar e avaliar as emissões de GEE ao longo do tempo, possibilitando a sua comparação e a identificação das tendências.

Transparência – apresentação da informação sobre processos, procedimentos, suposições e das limitações do inventário de GEE de forma clara, neutra e compreensível, baseada em factos, documentação transparente e arquivos.

Exatidão – redução das incertezas ao mínimo, garantindo que as medições de GEE, estimativas ou cálculos, não sejam sistematicamente superiores ou inferiores ao atual valor das emissões.

Deverá ser assegurado um balanço na aplicação destes princípios, por parte da empresa, em conformidade com a estratégia de redução/mitigação de emissões e/ou de reporte de informação, a nível interno e externo (Augusto et al., 2019).

2.3.3 LIMITES ORGANIZACIONAIS

Os limites organizacionais de uma empresa correspondem a operações de negócios que são detidas ou controladas pela própria empresa e necessitam de ser incluídas no inventário de emissões de GEE. Estes limites podem ser estabelecidos de acordo com duas abordagens: a abordagem de participação de capital e a abordagem de controlo. Se a empresa que reporta os dados possuir o controlo total de todas as suas operações, as unidades de negócios incluídas no inventário serão as mesmas, ou seja, os seus limites organizacionais mantêm-se. Caso contrário, se a estrutura organizacional da empresa for mais complexa e incluir operações conjuntas, os limites organizacionais podem variar dependendo da abordagem utilizada.

Numa **abordagem de participação de capital**, assume-se que as emissões de GEE decorrentes das operações da empresa, são equivalentes à participação de capital, ou seja, à percentagem de participação nas operações (WBCSD & WRI, 2004).

$$\text{Responsabilidade das emissões de GEE geradas numa operação} = \% \text{ participação de capital} \quad (2.1)$$

Recorre-se a esta abordagem quando existe mais de uma entidade com interesse financeiro numa dada operação. Esta reflete a extensão dos direitos que uma empresa tem em relação aos riscos e recompensas provenientes de uma operação. Esta partilha de riscos e recompensas costuma estar alinhada com a percentagem da propriedade da empresa na operação (Augusto et al., 2019).

No caso de uma **abordagem de controlo**, a empresa tem responsabilidade de 100% das emissões de GEE das operações que controla. Esse controlo pode ser definido a nível operacional ou a nível financeiro. Uma empresa tem controlo operacional sobre uma operação se a própria ou uma das suas subsidiárias tiver autoridade total para introduzir e implementar as suas políticas operacionais nessa

mesma operação. No caso do controlo financeiro, a empresa tem esse controlo se conseguir direcionar as políticas operacionais e financeiras da operação, beneficiando em termos económicos das suas atividades. A empresa pode ter controlo financeiro sobre a operação, mesmo que detenha menos de 50% de interesse nessa operação, pois a parte económica prevalece sobre o estatuto de participação legal. No caso de uma operação ser detida por dois parceiros com um controlo financeiro conjunto, as emissões são registadas com base na abordagem de participação de capital (Augusto et al., 2019).

Pode ocorrer o fenómeno de contagem dupla, do inglês *double counting*, quando duas empresas têm interesses na mesma operação e utilizam abordagens de consolidação diferentes podendo as emissões dessa operação conjunta ser registadas em duplicado. Contudo, a consistência do inventário só será possível se todos os níveis da organização seguirem a mesma política de consolidação dos dados de emissões de GEE, que será selecionada pelos gestores da empresa mãe (Augusto et al., 2019).

2.3.4 LIMITES OPERACIONAIS

Para se atingir uma gestão de GEE inovadora e eficaz, é essencial estabelecer limites operacionais, identificando as emissões associadas às operações como emissões diretas e indiretas. As **emissões diretas de GEE** têm origem em fontes que pertencem ou são controladas pela própria empresa, enquanto que as **emissões indiretas de GEE** são consequentes de atividades da empresa, mas que resultam de fontes que pertencem ou são controladas por outra empresa. A classificação das emissões está dependente da abordagem selecionada para estabelecer os limites organizacionais (Augusto et al., 2019).

Para ajudar a delinear as fontes de emissão direta e indireta foram definidos 3 âmbitos (Augusto et al., 2019):

- **Âmbito 1** – de reporte obrigatório, engloba as emissões diretas de GEE, provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela empresa, tal como, geração de eletricidade, calor ou vapor, processamentos físicos ou químicos, transporte de materiais, produtos, resíduos e colaboradores e fugas de emissões. Casos como emissões de GEE que não sejam abrangidas pelo Protocolo de Quioto, emissões indiretas de CO_2 resultantes da combustão de biomassa e emissões associadas à venda de eletricidade própria produzida pela empresa, são exemplos que não devem ser incluídos no âmbito 1, podendo ser reportados em separado;
- **Âmbito 2** – de reporte obrigatório, contabiliza as emissões indiretas de GEE, resultantes da geração de eletricidade adquirida e/ou consumida pela empresa. Considera-se, apenas, a eletricidade que é comprada ou encaminhada para dentro dos limites organizacionais da empresa, sendo que, as emissões ocorrem fisicamente no local onde a eletricidade é gerada;
- **Âmbito 3** – de reporte opcional, abrange todas as outras emissões indiretas, geradas ao longo da cadeia de valor da empresa, e que são consequência das atividades da empresa, mas que advêm de fontes que não pertencem ou não são controladas pela própria. Essas emissões são controladas por entidades da cadeia de valor, como por exemplo, fornecedores, entidades gestoras de resíduos, fornecedores de viagens, concessionários e arrendatários, colaboradores, clientes, entre outros.

Combinando-se estes três âmbitos, obtém-se um quadro abrangente de referência de registos que permite gerir e reduzir as emissões diretas e indiretas ao longo de toda a cadeia de valor. Deste modo, torna-se benéfico para a empresa, na medida em que poderá tomar medidas que possibilitem uma maior eficiência e uma redução de custos. Na figura 2.1 encontra-se esquematizada uma visão geral dos três âmbitos e de potenciais atividades que geram emissões diretas e indiretas ao longo da cadeia de valor de uma empresa.

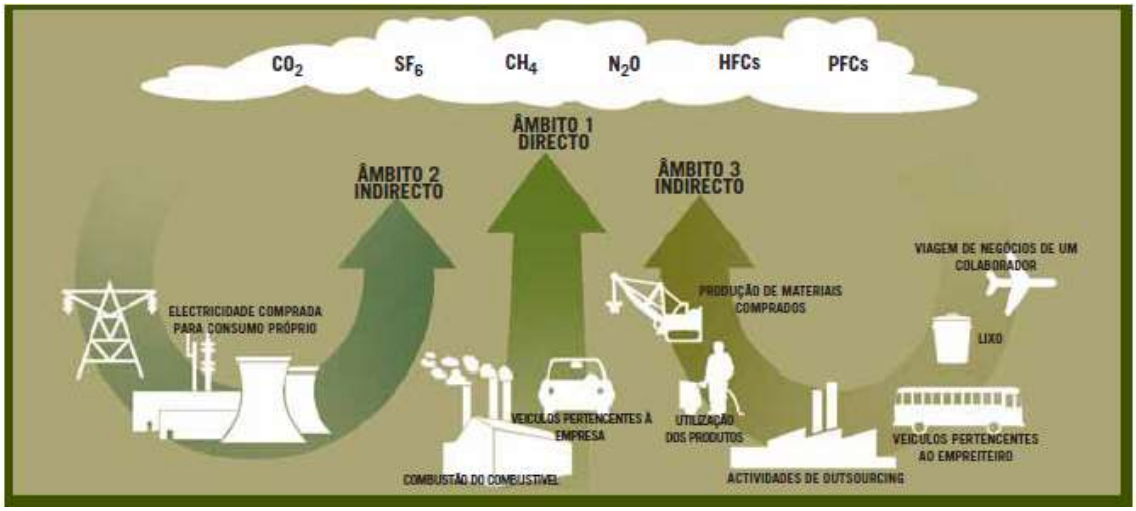


Figura 2.2 - Visão esquematizada dos âmbitos e emissões ao longo de uma cadeia de valor (WBCSD & WRI, 2004)

2.3.5 Cálculo das Emissões de GEE

Para um registo exato das emissões de GEE, as empresas devem seguir os passos descritos na figura 2.2, recorrendo a metodologias especificamente desenvolvidas para calcular com maior precisão e rigor as emissões de cada setor e fonte, minimizando o risco de erros.

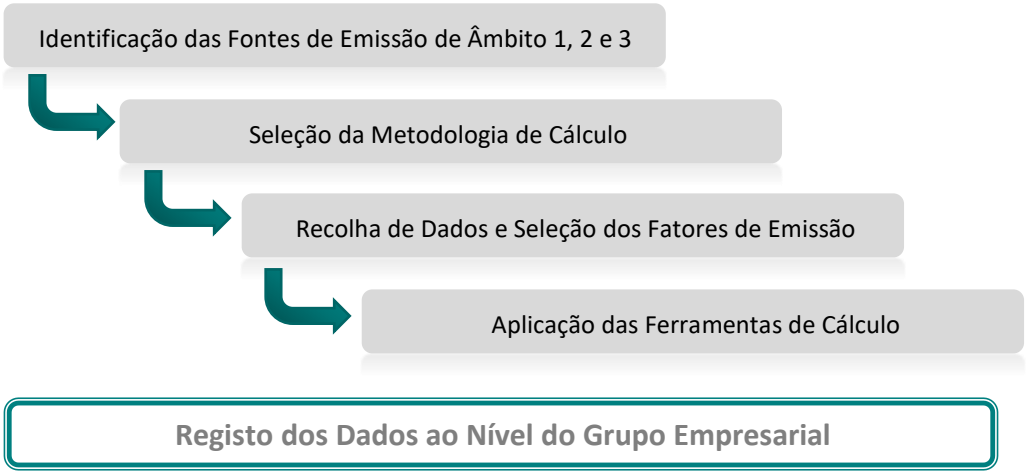


Figura 2.3 - Etapas para identificação e cálculo das emissões de GEE (WBCSD & WRI, 2004)

Este processo inicia-se com a identificação das fontes de emissão direta (âmbito 1), indireta pelo consumo de eletricidade (âmbito 2) e, opcionalmente, das fontes de emissão indireta a montante e a

jusante da cadeia de valor (âmbito 3). Posteriormente, são recolhidos os dados primários das atividades identificadas como emissoras de GEE, sendo estes convertidos em emissões de GEE através da utilização de fatores de emissão que podem ser calculados internamente pela empresa, com base na medição, ou através da literatura. Estes fatores correspondem a rácios que relacionam as emissões de GEE com dados de atividade numa fonte de emissão, convertendo uma unidade física em emissões de CO_{2eq} (Augusto et al., 2019).

$$\text{Emissões de GEE } (CO_{2\,eq}) = \text{Fator de Emissão} \times \text{Dados de Atividade} \quad (2.2)$$

As empresas podem recorrer a ferramentas de cálculo de GEE fornecidas no *site* do *GHG Protocol*, ou utilizar os seus próprios métodos de cálculo, desde que estes sejam mais precisos ou que pelo menos estejam em conformidade com as abordagens do *GHG Protocol Corporate Standards* (Augusto et al., 2019).

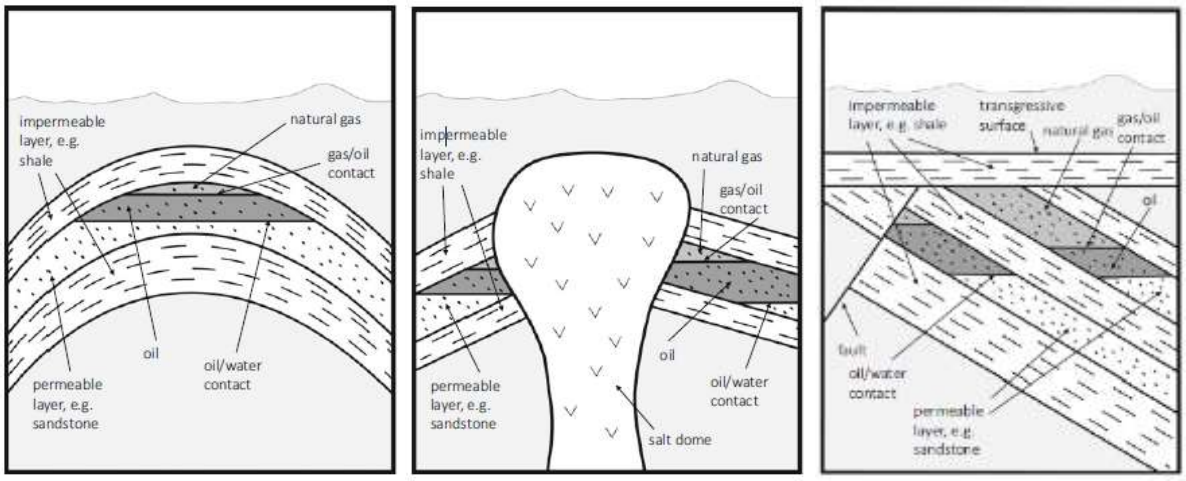
Por fim, para o registo e comunicação do total das emissões de GEE, as empresas necessitam de recolher e consolidar todos os dados das várias operações. É fundamental o planeamento minucioso deste processo, de forma a minimizar o peso das comunicações, reduzir os riscos de erro que podem ocorrer e assegurar que todas as informações são recolhidas numa base consistente e aprovada (Augusto et al., 2019).

As empresas podem necessitar de monitorizar as suas emissões ao longo do tempo, de modo a dar resposta aos seguintes aspetos: reporte público, definição de metas de redução de emissões de GEE, gestão de riscos e oportunidades, resposta às necessidades de informação dos investidores e de outros grupos de interesse. Para a realização de uma comparação significativa e consistente das emissões ao longo tempo, as empresas necessitam de estabelecer um ano de base, para o qual esteja, disponíveis dados de emissões que possam ser comprovados, e assim ser possível a comparação das emissões em curso. Se os dados de um só ano são forem representativos do perfil de emissões típico da empresa, pode ser selecionada uma média anual de emissões, sobre vários anos consecutivos, de forma a minimizar flutuações anormais nas emissões. No caso de eventuais mudanças estruturais na organização com um impacte significativo nas emissões, alterações da metodologia de cálculo ou melhoria da exatidão dos fatores de emissão ou dos dados de atividade, descoberta de erros significativos ou um determinado número de erros acumulados significativos, opta-se pelo recalculo do ano base. Contudo, o ano base não é recalculado ao nível dos aumentos ou diminuições no *output* de produção, da alteração no mcombinado de produtos ou do encerramento e abertura de negócios, detidos ou controlados pela empresa (Augusto et al., 2019).

3
A DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL

3.1 Contextualização

O gás natural é um combustível de origem fóssil formado no subsolo, geralmente nas proximidades da presença de carvão e petróleo, que resulta da decomposição anaeróbia de matéria orgânica quando sujeita a elevadas pressões e temperaturas (Demirbas, 2010). Essa decomposição ocorre a grandes profundidades, em formações rochosas com elevada porosidade e permeabilidade, resultantes da deposição de sedimentos ao longo do tempo. Dada a densidade do gás natural, este encontra-se no topo dos reservatórios, estando isolado do exterior por rochas impermeáveis, impedindo o escape do mesmo para a superfície (Soares, 2009). Dependendo do ambiente geológico em que se encontram, os tipos de reservatórios variam, conforme se mostra na Figura 3.1.



(a) Reservatório anticlinal

(b) Reservatório de cúpula de sal

(c) Reservatório de transgressão ou falha

Figura 3.1 – Exemplos de reservatórios convencionais (Pustisek & Karasz, 2017)

Para além destes reservatórios convencionais que possibilitam uma extração de gás natural mais económica, existem outras fontes não convencionais que, devido à sua baixa permeabilidade, exigem grandes tratamentos de estimulação e tecnologias especiais de recuperação (Pustisek & Karasz, 2017):

- **Areias Betuminosas** que correspondem a arenitos que se encontram apertados, apresentando uma permeabilidade muito reduzida, de menos de 0,1 mD, e onde existe gás natural. Por um lado, a baixa permeabilidade impede que o gás natural migre, mas por outro, torna-se um desafio para a exploração do gás do reservatório;
- **Gás de Xisto** consiste em gás natural contido em xistos ricos em matéria orgânica, onde as forças moleculares são tão fortes que, consequentemente, a permeabilidade é muito reduzida, encontrando-se na faixa de [µD] a [nD];
- **Metano de Jazidas de Carvão** é gerado, tal como outras substâncias voláteis, durante a formação geológica do carvão onde, devido a levadas temperaturas e pressões. O metano libertado é mantido na superfície do carvão, por ação de forças de adsorção (Olah, Goeppert, & Prakash, 2009).
- **Hidratos de Metano** são formações sólidas cristalinas semelhantes a gelo, que resultam de um arrefecimento natural, e onde ficam presos uma molécula pequena ou um átomo grande, neste caso o metano. Estas formações são designadas por clatratos (Olah et al., 2009).

Fisicamente, o gás natural apresenta uma massa volúmica de 0,84 [kg/(m^3 @ 0 °C e 1 atm)] e uma densidade, relativamente ao ar, de 0,63, o que lhe permite um rápido escoamento ascensional em caso de fuga. O seu poder calorífico superior (PCS) tem o valor de [11,8 kWh/(m^3 @ 0ºC e 1atm)] e o seu poder calorífico inferior (PCI) corresponde a 10,7[kWh/(m^3 @ 0ºC e 1 atm)] (Portgás, 2019).

Quimicamente, não é uma substância pura, correspondendo a uma mistura de diversos componentes químicos, que podem variar dependendo das condições geológicas sob as quais foi formado (Pustisek & Karasz, 2017). É composto, maioritariamente, por metano (CH_4), apresentando uma percentagem molar de cerca de 90,05% (Portgás), mas possui também outros componentes, tal como, etano, propano, butano, pentano, nitrogénio, dióxido de carbono e outros elementos vestigiais (Demirbas, 2010). Contudo, pode conter elementos indesejáveis que necessitam de ser removidos, pois são tóxicos e poderão ser prejudiciais em futuras operações. Normalmente, essas impurezas são removidas perto do local de produção, tanto para satisfazer as especificações desejadas do produto, como por razões económicas (Pustisek & Karasz, 2017).

Como o metano é o principal componente do gás natural, utilizam-se, principalmente, as propriedades deste elemento como referência para este combustível (Demirbas, 2010). Apesar de este elemento ser um gás de efeito de estufa tal como o CO_2, a sua vida útil na atmosfera é mais curta do que a do CO_2. Contudo, o seu potencial de aquecimento global é superior, ou seja, é mais eficaz na absorção e reemissão da radiação infravermelha, tendo assim um potencial de aquecimento, em massa, 25 vezes superior ao do CO_2 num horizonte de tempo de 100 anos (Reay, Smith, & Amstel, 2010). No entanto, gás natural é preferencial, relativamente a outros combustíveis fósseis, como o petróleo ou o carvão, pois apresenta um baixo teor em carbono, compostos de enxofre e hidrogénio, sendo, por isso, mais limpo e mais eficiente em termos energéticos (Soares, 2009).

No caso de muitos combustíveis, como a gasolina, em que os vapores produzidos são mais densos do que o ar, e os gases de petróleo liquefeito (GPL) (como é o caso do butano e o propano) em que os próprios já são mais densos que o ar, o nível de perigosidade e de risco de explosão é bastante elevado, pois têm tendência a acumular-se em torno da fonte. No caso do gás natural, como este é menos denso que o ar, dispersa-se facilmente para a atmosfera, sendo necessária uma maior concentração e uma temperatura mais elevada para que exista o mesmo risco de inflamação (Demirbas, 2010). Como este combustível é inodoro, sofre a adição de um odorante por razões de segurança, permitindo, mais facilmente, a deteção de eventuais fugas (Soares, 2009).

Quimicamente, a combustão do gás natural corresponde à sua oxidação e trata-se de uma reação exotérmica, onde há libertação de energia à medida que a reação ocorre (Pustisek & Karasz, 2017). Desta reação resultam, principalmente, dióxido de carbono (CO_2) e vapor de água (Lima, 2014).

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \quad (3.1)$$

Porém, como o CH_4 não é o único constituinte do gás natural e como a combustão, normalmente, não ocorre em oxigénio puro (O_2) (ocorre no ar, com um teor de oxigénio de, apenas, 21% (v/v)), a reação de combustão é mais complexa, libertando, também, quantidades vestigiais de óxidos de enxofre (SO_x) e de óxidos de azoto (NO_x) que são subprodutos indesejáveis da combustão e ambientalmente prejudiciais (Pustisek & Karasz, 2017).

3.2 Gás Natural como Fonte Energética

Com a crescente preocupação do aquecimento global e todas as consequências deste fenómeno, tem-se vindo a recorrer ao gás natural, sendo esta uma das formas de energia mais utilizadas atualmente (Demirbas, 2010). Este é considerado um combustível mais aconselhado, pois o seu uso reduz, significativamente, a maioria das emissões tóxicas e de partículas de carbono, contrariamente ao que acontece, por exemplo, com o uso de gasóleo (Hefner, 2009). Para além disso, permitirá, também, aumentar a eficiência energética na sua utilização e reduzir consideravelmente as emissões de CO_2.

Este combustível é considerado uma fonte de energia polivalente, pela sua utilidade em diversos setores. Embora este recurso seja benéfico para todos os escalões de consumo, denota-se uma maior vantagem competitiva nas instalações de consumo intensivo. O uso do gás natural beneficia qualquer consumidor, quer em termos ecológicos, económicos, de eficiência e de segurança, pelas razões que seguidamente se apontam (Portgás, 2017):

Ecológico

- Combustão com menor emissão de poluentes;
- Contribuição para a redução dos gases de efeito de estufa;
- Melhoria da qualidade do ar (Portgás);
- Possível recurso à produção de biometano (gás natural renovável) por algumas indústrias, a partir "dos resíduos", garantindo a valorização dos mesmos.

Económico

- Preço competitivo, permitindo uma redução dos custos energético mensais;
- Custo total dos equipamentos:
  - Custos de manutenção reduzidos;
  - Aumento da vida útil;
  - Elevado rendimento térmico;
  - Aumento da qualidade do produto final;

Eficiente

- Utilizado, praticamente, com a mesma composição com que é extraído, tornando-se mais eficiente do que a maioria das outras fontes de energia (Portgás).

Seguro

- Maior segurança relativamente a outros combustíveis gasosos, pela sua baixa densidade;
- Sem necessidade de armazenamento de combustível e do uso de botijas, eliminando os riscos inerentes à utilização destas (Portgás, 2017).

3.2.1 IMPACTOS NA SOCIEDADE

Do ponto de vista ambiental, o gás natural é um combustível alternativo mais limpo, pelas quantidades significativamente reduzidas de gases de efeito de estufa que emite durante a sua combustão. Contudo, e tal como em várias outras atividades humanas, a sua extração e o seu uso, têm impactos sobre o meio ambiente. Essas podem ser categorizadas em efeitos climáticos, poluição do ar, poluição da água e uso da terra (Pustisek & Karasz, 2017).

Em termos de poluição do ar e de efeitos climáticos, sendo o gás natural um combustível de baixo carbono, é o menos responsável pelas emissões de CO_2 quando sofre combustão e, consequentemente, o menor contribuidor para o aquecimento global. Para além disso, este combustível contém apenas vestígios de CO, NO_x, SO_2 e de outro material particulado (por exemplo, cinzas), pelo que não contribui, significativamente, para a chuva ácida (Demirbas, 2010). Contudo, é fundamental evitar as emissões de gás natural diretamente para a atmosfera, pois o seu composto maioritário, o metano, tem um potencial de aquecimento global bastante elevado relativamente ao carbono (Pustisek & Karasz, 2017).

Relativamente à água, esta é utilizada, tal como em quase todas as atividades industriais, no processo de extração do gás natural, podendo intensificar situações de falta abastecimento de água, anteriormente, já existentes. Por outro lado, o descarte de águas residuais, aquando do uso de produtos químicos, será prejudicial para o meio envolvente (Pustisek & Karasz, 2017).

O uso do solo, onde toda a cadeia de valor associada ao gás natural se desenvolve, desde a exploração e produção ao transporte e armazenamento, afetará os ecossistemas locais, tendo impactos negativos na fauna e na flora (Pustisek & Karasz, 2017).

Com o intuito de moderar a interferência humana no ciclo de carbono global e desacelerar o aumento do CO_2 atmosférico, recorre-se cada vez mais ao uso do gás natural como fonte energética, permitindo uma descarbonização gradual do processo de suprimento de energia (Smil, 2015). Este combustível oferece uma vasta gama de aplicações do ponto de vista energético, sendo utilizado, em quantidades variáveis, por diversos setores(Pustisek & Karasz, 2017):

- No setor industrial recorre-se ao gás natural não só para aquecimento, mas também como matéria-prima. O setor industrial é o que, atualmente, consome a maior quantidade deste combustível em Portugal;
- Nos setores residencial e comercial utiliza-se um sistema a gás natural para cozinhar e, também, para aquecimento, quer da água quer do ambiente, sendo este mais eficiente e ecológico, comparativamente com outros combustíveis;

- No setor dos transportes este representa um combustível alternativo mais benéfico, de acordo com os padrões ambientais mais exigentes, pelas reduzidas emissões de poluentes que produz. Este setor contribui em cerca de 14% das emissões antropogénicas globais de gases com efeito de estufa (GEE), tendo implicações significativas nas mudanças climáticas globais (Jayaratne et al., 2010). Se o gás natural substituir o petróleo em metade do setor de transportes, cerca de 90% da maioria dos poluentes será eliminada, a vida útil dos motores de combustão interna será prolongada e as emissões de CO_2 serão reduzidas em cerca de 30% (Hefner, 2009);
- No setor da energia elétrica, através do gás natural, como energia primária, produz-se, como energia secundária, eletricidade em sistemas como unidades de geração de vapor, turbinas a gás, motores de combustão e, também, centrais elétricas (Demirbas, 2010).

3.3 Distribuição do Gás Natural

Portugal não é um país produtor de gás natural, pelo que não possui, no seu território, jazidas deste combustível. Por este motivo, iniciou-se a distribuição de gás natural no país, gás natural esse adquirido no exterior, com o objetivo de permitir o acesso a uma nova fonte de energia competitiva e cómoda, facilitando o desenvolvimento social e o bem-estar das populações.

O combustível consumido a nível nacional tem origem em países como a Argélia e a Nigéria, entrando em Portugal pela ligação da rede de transporte espanhola à rede de transporte portuguesa em Campo Maior e em Valença do Minho e pelo Terminal Portuário de Sines. Neste último, o gás natural chega através de navios metaneiros, sob a forma de GNL (Gás Natural Liquefeito), onde é armazenado em três tanques e transportado por camiões cisterna para abastecer redes de distribuição isoladas. O restante é regaseificado e injetado na rede de distribuição que o transporta por todo o país (Arêde, 2017).

Existe um conjunto de infraestruturas de serviço público destinadas à receção, ao armazenamento, à regaseificação, e à distribuição de gás natural. Esse conjunto obedece a regimes específicos de âmbito técnico e regulamentar, assegurando a continuidade e qualidade no serviço de fornecimento de gás e é designado de Sistema Nacional de Gás Natural (SNGN) e dele fazem parte cinco componentes principais: a Rede Nacional de Transporte de Gás Natural (RNTGN) da qual fazem parte os gasodutos de alta pressão, a Rede Nacional de Distribuição de Gás Natural (RNDGN) que engloba a rede primária e a rede secundária, as Unidades Autónomas de Gás (UAG), o terminal de Sines e a estação de armazenamento subterrâneo de gás natural do Carriço (Galp, 2019).

A concessão das atividades de receção, armazenamento e regaseificação de GNL, atribuída à REN Atlântico no ano de 2006, engloba diversas operações:

- Receção, armazenamento, tratamento e regaseificação de GNL;
- Bombagem de gás natural para a RNTGN;
- Carregamento de GNL em camiões-cisterna ou navios metaneiros;
- Construção, manutenção, operação e exploração do Terminal de GNL de Sines.

Procede-se, também, ao armazenamento subterrâneo de gás natural em cavidades de formação salina, no concelho de Pombal, que compreende as seguintes operações:

- Receção e injeção, armazenamento subterrâneo, extração, tratamento e entrega de gás natural na rede de transporte;
- Construção, manutenção, operação e exploração da infraestrutura de armazenamento subterrâneo.

O único operador de armazenamento subterrâneo em atividade no SNGN é a REN Armazenagem que, em 2015, passou a ser a totalitária da concessão.

O transporte de gás natural é assegurado pelas infraestruturas da RNTGN e é definido por:

- Receção, transporte e entrega de gás natural pela da rede de alta pressão;
- Construção, manutenção, operação e exploração das infraestruturas da RNTGN, das ligações às redes e infraestruturas do SNGN, das interligações à rede de transporte do sistema espanhol e das restantes instalações necessárias à sua operação.

Em 2006, a concessão do transporte de gás natural foi atribuída à REN Gasodutos (empresa pertencente ao grupo REN), também responsável pela Gestão Técnica Global do Sistema. À rede de transporte estão ligadas redes de distribuição e alguns dos grandes clientes de gás natural.

Na RNDGN realiza-se o processo de distribuição de gás natural que engloba diversas atividades (Arêde, 2017):

- Receção, veiculação e entrega do gás natural aos consumidores pelas redes de média e baixa pressão;
- Receção, armazenamento e regaseificação de GNL nas UAG, veiculação e entrega aos clientes finais pelas redes, quando em causa uma rede de distribuição local;
- Construção, manutenção, operação e exploração das infraestruturas integrantes da rede de distribuição e das complementares necessárias à sua operação.

O SNGN destaca, atualmente, 11 operadores de redes de distribuição em atividade, que correspondem a entidades concessionárias ou licenciadas de uma infraestrutura de distribuição de gás natural. Desses operadores, seis desenvolvem a sua atividade em regime de concessão (Lisboagás GDL, Setgás, Lusitaniagás, REN Portgás Distribuição, Tagusgás e Beiragás) e os restantes cinco são portadores de licenças de distribuição local de gás natural (Dianagás, Duriensegás, Medigás, Paxgás e Sonorgás) (ERSE, 2019).

4
APRESENTAÇÃO DO CASO DE ESTUDO

4.1 Contextualização Empresarial – REN Portgás Distribuição

No Decreto-Lei nº 140/2006 são apresentados os princípios gerais relativos à organização e ao funcionamento do Sistema Nacional de Gás Natural (SNGN), aprovados pelo Decreto-Lei nº 30/2006, estabelecendo os regimes jurídicos aplicáveis às atividades de transporte, armazenamento subterrâneo, receção, armazenamento e regaseificação em terminais de gás natural liquefeito (GNL), à distribuição e comercialização de gás natural e à organização dos mercados. No artigo 3º deste decreto define o "Operador de rede de distribuição" como a entidade que exerce a atividade de distribuição e é responsável, numa área específica, pelo desenvolvimento, exploração e manutenção da rede de distribuição e, quando aplicável, das suas interligações com outras redes, bem como por assegurar a garantia de capacidade da rede a longo prazo para atender pedidos razoáveis de distribuição de gás natural (Silva & Pinto, 2016).

A operadora de rede de distribuição tem a responsabilidade de (Barroso, 2018):

- Garantir a exploração e a manutenção das infraestruturas em condições de segurança, fiabilidade e qualidade de serviço;
- Gerir os fluxos de gás, garantindo a interoperabilidade com as infraestruturas que têm ligação com a rede;
- Assegurar a oferta de capacidade a longo prazo, promovendo a segurança do abastecimento;
- Assegurar o planeamento, a expansão e a gestão técnica da rede de distribuição, permitindo o acesso de terceiros;
- Garantir a não descriminação entro os utilizadores da rede;
- Conceder aos utilizadores da rede de distribuição as informações necessárias para o acesso à rede;
- Assegurar a gestão dos equipamentos de medida, a recolha de informação local ou à distância e o fornecimento, aos agentes de mercado, da informação relacionada com o consumo.

A empresa REN Portgás Distribuição (Portgás), no âmbito das suas atividades, está então enquadrada como "Operador da rede de distribuição", sendo a empresa responsável pela distribuição de gás natural na região litoral norte de Portugal, cuja área de concessão abrange 29 concelhos em 3 distritos: Porto, Braga e Viana do Castelo (Portgás, 2017).

A 4 de Outubro de 2017 a REN Gás, S.A. adquiriu a totalidade do capital social da EDP Gás, S.G.P.S., S.A. ao Grupo EDP e a sua subsidiária EDP Gás Distribuição, S.A.. Consequentemente, a EDP Gás

Distribuição, S.A. alterou a sua denominação para REN Portgás Distribuição (Barroso, 2018) e, atualmente, tem como principais funções o desenvolvimento, a construção, a manutenção, a operação e a exploração das infraestruturas que integram a sua rede de distribuição, das interligações às redes e infraestruturas a que estejam ligadas e das instalações necessárias à sua operação (Portgás, 2017).

A infraestrutura da Portgás é, atualmente, constituída por cerca de 4.986 km de rede de média (rede primária) e baixa pressão (rede secundária), a que correspondem cerca de 366.141 pontos de abastecimento (clientes domésticos e industriais).



Figura 4.1 - Rede de distribuição primária da área de concessão da REN Portgás Distribuição (Portgás)

A rede da REN Portgás Distribuição está ligada à rede de transporte em 11 pontos, nas estações de regulação e medida de 1ª classe (GRMS). Nestas estações procede-se à redução de pressão da rede de transporte para a rede de distribuição (rede primária) e à respetiva odorização do gás. Assim, as responsabilidades são transferidas da REN Gasodutos para a REN Portgás Distribuição, operadora de distribuição (Barroso, 2018).

A rede de distribuição é constituída pelos seguintes elementos (Barroso, 2018):

- Redes Primárias de Distribuição;
- Postos de Regulação e Medida de 2ª Classe (PRM);
- Postos de Filtragem e Medida (PFM);
- Unidades de Transmissão Remota (UTR);
- Redes Secundárias de Distribuição;
- Ramais de Distribuição;
- Postos de Redução de Pressão (PRP);
- Estação de Gás Natural Veicular (GNV);

- Unidade Autónoma de Armazenagem e Regaseificação de Gás Natural Liquefeito (UAG).

A rede primária, construída em aço, é a base do sistema de distribuição da REN Portgás Distribuição que, estando ligada ao gasoduto da REN Gasodutos S. A., encaminha o gás natural até 28 concelhos da sua área de concessão (Portgás). Esta rede abastece diretamente alguns clientes do setor industrial, quer por necessidades de pressão, quer por relevo dos consumos instantâneos, ou apenas veicula uma maior quantidade de gás em regimes de pressão mais elevadas até às zonas de maior procura onde, posteriormente, é reduzida a pressão de forma a abastecer a rede secundária. Essa redução de pressão é realizada através de Postos de Regulação e Medida (PRM), existindo cerca de 89 ao longo de toda a rede (Portgás, 2017). Nesta rede, a velocidade máxima permitida é de 20 m/s e a pressão, em qualquer ponto, não deve ser inferior a 6 bar nem superior a 20 bar, sendo de 16 bar a pressão normal de operação de rede (Barroso, 2018).

Relativamente à rede secundária, construída em polietileno, esta abastece todo o setor de clientes domésticos e de clientes não-domésticos que não necessitam de uma ligação direta à rede primária e prolonga-se por cerca de 4.400 km. A velocidade máxima permitida é de 15 m/s e a pressão relativa, em qualquer ponto, não deve ser inferir a 1,85 bar nem superior a 4 bar, sendo de 3,7 bar a pressão relativa normal de operação de rede (Portgás, 2017).

No que diz respeito à capacidade máxima dos ativos (tubagem, PRM, PFM e PRP), consideram-se as capacidades de todos os filtros, reguladores e contadores. Ou seja, a capacidade máxima dos ativos corresponde à capacidade máxima do elemento com menor capacidade num posto (Barroso, 2018).

Todas as operações da Portgás têm em consideração a distribuição geográfica da população, as solicitações dos agentes de mercado, dos utilizadores finais e as necessidades técnicas, por forma a assegurar que toda a rede de concessão cumpra todos os requisitos técnicos e de segurança (Barroso, 2018).

Esta empresa gere-se com a visão de ser um serviço de referência em criação de valor, inovação e sustentabilidade, tendo por base a missão de disponibilizar serviços de energia com impacto positivo na vida das pessoas, dos parceiros e das comunidades em que se insere (Portgás).

4.2 Enquadramento e Apresentação do Projeto

As operações de redes de gás podem, em determinados contextos, gerar libertação de gás natural para a atmosfera, prejudicial para o meio ambiente, sendo essencial gerir e mitigar estas emissões. Deste modo, para além da dimensão económica em que a Portgás assume responsabilidade por eventuais libertações de gás para a atmosfera, terão também o correspondente impacto negativo sobre o ambiente (Silva & Pinto, 2016).

A empresa REN Portgás Distribuição está comprometida com elevados padrões ambientais e de sustentabilidade e com transparência na informação fornecida ao mercado, gerindo os seus processos de modo a reduzir as emissões de gás natural, numa perspetiva de melhoria contínua. Então, tendo o compromisso da transparência para com a comunidade e com as partes interessadas, necessita de obter informação que caracteriza essas emissões consequentes da sua atividade. A gestão das emissões abrange a identificação, a caracterização e a determinação dos vários tipos de emissões decorrentes de perdas de gás para a atmosfera (Silva & Pinto, 2016).

Na figura 4.2 encontra-se esquematizada a estrutura do inventário de emissões de GEE para o presente caso de estudo. Neste caso, e como a REN Portgás Distribuição é uma empresa que tem 100% de

participação de capital e possui total controlo das suas operações, contabiliza 100% das emissões, sendo responsável pela totalidade das mesmas.

Todas as atividades operacionais da empresa ou que estejam diretamente ligadas com esta, desde as operações na rede até ao consumo do cliente final, são contabilizadas e categorizam-se em 3 âmbitos, como podemos verificar no diagrama da figura 4.2. No âmbito 1 estão inseridas as emissões diretas de GEE, sendo estas originárias de fontes pertencentes à empresa ou cujo controlo é da sua responsabilidade. Para a situação da Portgás, as emissões deste âmbito provêm das próprias infraestruturas da rede de gás natural, das operações executadas na rede, das roturas nos gasodutos, e do gás natural que é consumido no edifício da empresa, por exemplo, para efeitos de aquecimento/arrefecimento, entre outros. O âmbito 2 engloba as emissões indiretas de GEE associadas à produção de eletricidade que é adquirida e/ou consumida pela empresa, sendo que, para este caso de estudo, apenas são quantificadas as emissões relacionadas com o consumo de eletricidade no edifício da Portgás. No âmbito 3, são contabilizadas outras emissões indiretas de GEE geradas ao longo da cadeia de valor da empresa, onde se incluem as emissões provenientes do consumo de combustíveis pelas viaturas da empresa, bem como dos prestadores de serviço nas suas atividades.

A Portgás, consciente do impacto económico e ambiental das emissões de GEE, reconhece a necessidade de implementar novas medidas de redução, numa perspetiva de melhoria contínua. São, então, estabelecidos procedimentos de cálculos distintos, dependentes do tipo de fonte, aplicáveis a cada situação suscetível de gerar emissões de GEE.

Na figura 4.2 encontra-se um diagrama resumo da elaboração de um inventário de emissões de GEE, tendo em conta as atividades da Portgás consideradas como fontes emissoras.

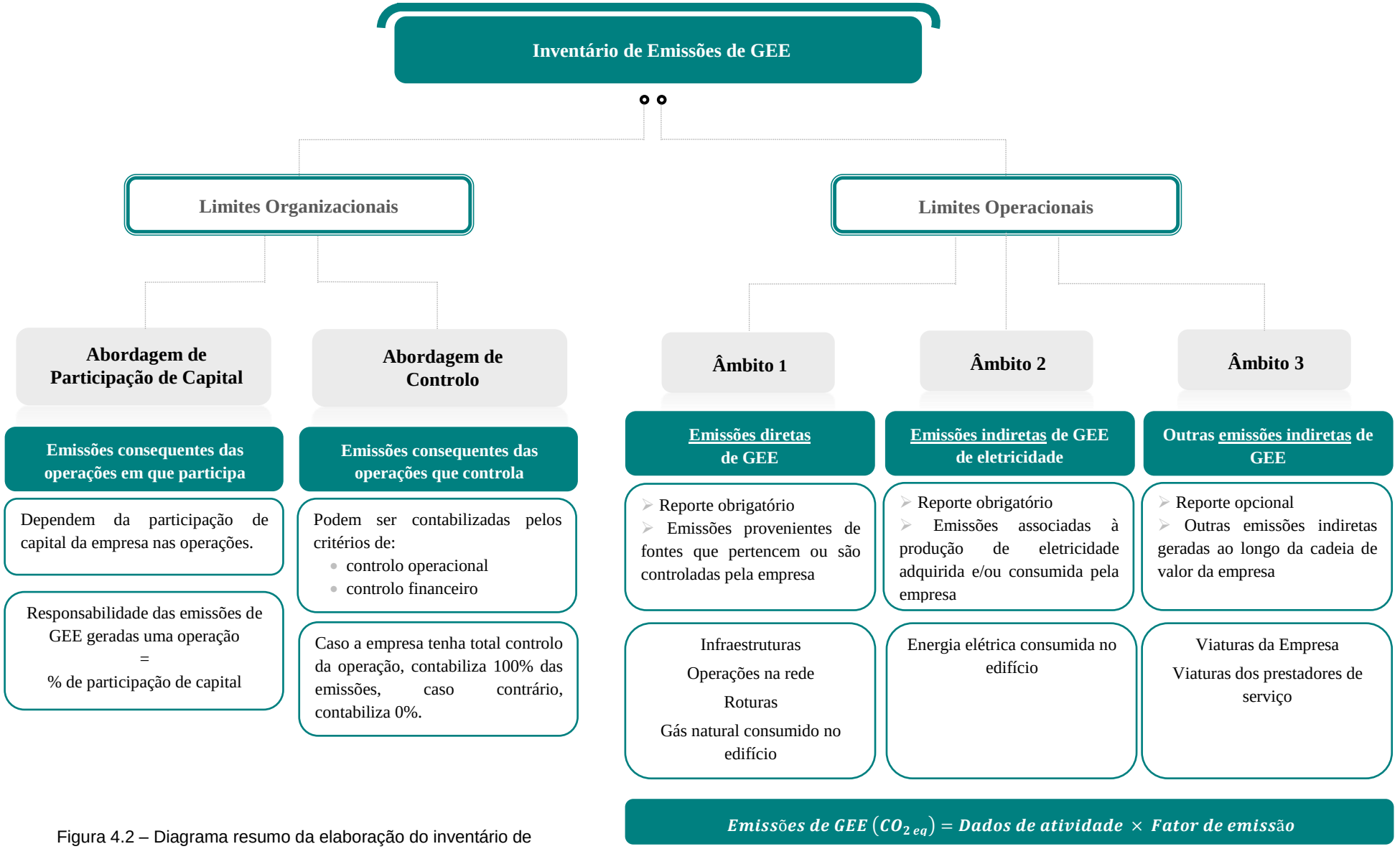


Figura 4.2 – Diagrama resumo da elaboração do inventário de emissões.

5
METODOLOGIA

Como a gestão de emissões envolve a identificação, caracterização e determinação dos vários tipos de emissões, foi elaborado um modelo que visa sistematizar as diversas situações de emissão de GEE provenientes da atividade da Portgás, inclusive as possíveis ocorrências de libertação direta de gás natural para a atmosfera. Assim, estabelece-se uma metodologia, exclusiva da empresa, de estimação e cálculo dos GEE emitidos em diferentes contextos, que tem por base os princípios da mecânica dos fluidos e das propriedades termodinâmicas dos gases.

Com este modelo, será possível a Portgás apresentar um valor final das emissões de GEE para a atmosfera, decorrentes da sua atividade, e criar um histórico contínuo para efeitos de reporte em diferentes contextos subjacentes aos seus vários compromissos, com a garantia de que cumpre todos os requisitos de conformidades aplicáveis, nacionais e internacionais.

O procedimento, posteriormente descrito, está organizado por tipo de emissão e nele são apresentadas as metodologias de cálculo para a determinação de gás natural libertado diretamente para a atmosfera nas diferentes situações possíveis.

5.1 ÂMBITO 1 – Emissões Diretas

No âmbito 1, tal como descrito na tabela 5.1, estão inseridas as emissões diretas que correspondem às emissões provenientes das infraestruturas e das operações na rede. As emissões associadas às infraestruturas provêm da libertação direta de gás natural para a atmosfera em pequenos orifícios ou em conexões ao longo da rede de distribuição, e de vazamentos técnicos como a permeabilidade do material das infraestruturas. As emissões relativas às operações na rede são resultantes da libertação direta de gás natural nas atividades de comissionamento e descomissionamento de redes, nas válvulas, nos PRM e nos ramais.

Tabela 5.1 – Emissões diretas inseridas no âmbito 1

Infraestruturas	**Operações na Rede**	**Emissões Incidentes**	**Gás Natural consumido no edifício**
Emissões Intrínsecas: • Permeabilidade • Ramais • Emissões Pneumáticas - PRM's (VEA) - Estação de abastecimento	• Descomissionamento e comissionamento e manutenção de redes • Válvulas	• Roturas	

5.1.1 INFRAESTRUTURAS

Ao longo de toda a rede de distribuição existem fugas de gás natural associadas à existência de pequenos orifícios ou a conexões presentes nas infraestruturas, a vazamentos técnicos derivados da permeabilidade do material das infraestruturas e à existência de ramais. Para além disso, ocorrem também emissões pneumáticas nas válvulas de escape para a atmosfera (VEA) existentes nos PRM e na estação de abastecimento de gás natural da Portgás. As emissões derivadas de todas estas ocorrências são designadas de emissões intrínsecas (Mueller-Syring, Grosse, Wehling, & Eysser, 2018).

5.1.1.1 Permeabilidade

A permeabilidade corresponde à passagem de uma dada substância (neste caso, o gás natural) através de um corpo sólido (neste caso, as infraestruturas da rede). Dependendo do gradiente de concentração da substância entre o interior e o exterior do sólido e a temperatura, o material do sólido tem um efeito mais ou menos forte na velocidade de permeação. Neste estudo, apenas será considerada a permeabilidade na rede secundária (polietileno), pois para a situação do gás natural, a permeabilidade não é relevante nas infraestruturas em aço (Mueller-Syring et al., 2018).

As emissões resultantes da permeabilidade podem ser quantificadas através da equação 5.1 considerada como o melhor método disponível (Mueller-Syring et al., 2018):

$$V = PC \cdot \pi \cdot SDR \cdot p \cdot l \cdot t \qquad (5.1)$$

Onde, V corresponde ao volume de gás libertado, em m^3, PC ao coeficiente de permeação do gás, do inglês *Permeation Coefficient*, em $m^3/(m.bar.d)$, SDR à relação de dimensão padrão, do inglês *Standard Dimension Ratio*, p à pressão relativa do metano na infraestrutura em bar, l ao comprimento da infraestrutura em m e t à duração da permeação em d (Mueller-Syring et al., 2018).

O coeficiente de permeação descreve a capacidade de um determinado gás (neste caso, o gás natural) permear através de determinado material (neste caso, aço ou polietileno), a uma certa temperatura. Este coeficiente pode ser determinado por medição em laboratório o que para este estudo isso não é viável. Como tal, para este estudo considerou-se o valor de $9{,}59*10^{-9}$ $[m^3/(m.bar.d)]$ (Mueller-Syring et al., 2018).

O valor de *SDR* pode ser calculado pela seguinte equação (Mueller-Syring et al., 2018):

$$SDR = \frac{d_e}{s} \qquad (5.2)$$

Onde, d_e corresponde ao diâmetro externo da conduta, em mm, e s à espessura da parede da conduta, em mm. No caso de não existirem quaisquer informações relativas ao *SDR*, pode-se considerar o valor de 17 no caso da pressão (absoluta) operacional máxima da rede ser menor ou igual a 5 [bar], ou o valor de 11 no caso da pressão (absoluta) operacional máxima da rede ser superior a 5 [bar] (Mueller-Syring et al., 2018).

Relativamente à pressão parcial, esta pode ser calculada pela seguinte equação (Mueller-Syring et al., 2018):

$$p = x \cdot P_{abs} \qquad (5.3)$$

Onde, x corresponde à fração molar de metano no gás natural e P_{abs} à pressão absoluta na infraestrutura, em bar. Para este caso, x toma o valor de 0,9, dado que a Portgás considera uma percentagem molar de metano no gás natural de cerca de 90,05 %, e P_{abs} toma o valor de 17 [bar] para a rede primária e de 4,7 [bar] para a rede secundária (Mueller-Syring et al., 2018).

5.1.1.2 Ramais

Sendo as emissões provenientes dos ramais categorizadas de emissões intrínsecas, a equação utilizada para a sua quantificação de gás libertado nesta situação é a seguinte(Mueller-Syring et al., 2018):

$$V = q_v \cdot t \cdot x_{CH_4} \cdot n \qquad (5.4)$$

Onde, q_v corresponde à taxa média de emissão de uma válvula em m^3/(ramal.h), t à duração da libertação de gás em h, x_{CH_4} à fração de metano no gás natural, cujo valor já foi citado anteriormente, e n ao número de instalações em causa (Mueller-Syring et al., 2018).

5.1.1.3 Postos de Regulação e Medida (PRM)

Nos PRM existentes na interligação da rede primária à rede secundária, a libertação de gás natural ocorre, essencialmente nas válvulas de escape para a atmosfera (VEA), aquando do seu acionamento. Estas são consideradas emissões intrínsecas de instalações, e a quantificação de gás natural emitido é dada por (Mueller-Syring et al., 2018):

$$V = EF_{intr} \cdot x_{CH_4} \cdot n \qquad (5.5)$$

Onde, EF_{intr} corresponde ao fator de emissão para emissões intrínsecas de determinada instalação por ano, x_{CH_4} à fração de metano no gás natural, cujo valor já foi citado anteriormente, e n ao número de instalações em causa. Para esta situação, o fator de emissão considera-se o valor de 225 [m^3 de gás natural/(instalação.ano)] o fator de emissão, sendo que este pode ser determinado pela seguinte equação (Mueller-Syring et al., 2018):

$$EF_{intr} = q_v \cdot t \qquad (5.6)$$

Onde, q_v corresponde à taxa média de emissão de uma válvula em m^3/(válvula.h) e *t* à duração da libertação de gás em h (Mueller-Syring et al., 2018).

Contudo, neste estudo, as emissões referentes a fugas de gás nos PRM não vão ser contabilizadas devido à ausência dos dados necessários para a sua quantificação.

5.1.1.4 Estação de abastecimento da empresa

A libertação de gás natural nos postos de abastecimento deve-se ao processo de abastecimento de cada veículo. Para se quantificar o volume de gás libertado nessas estações, considera-se o volume de gás libertado em cada carga e o número de cargas realizadas num determinado período de tempo. Como a Portgás é, apenas, constituída por uma estação de abastecimento de gás natural, considera-se, com base nos protocolos da empresa, as seguintes hipóteses para o cálculo:

$$V = \frac{\mathrm{A} \times B \times E \times C}{\mathrm{D}} \times (n^{\underline{o}}\ cargas/ano) \qquad (5.7)$$

Onde, V corresponde ao volume total de gás natural emitido por ano, em m^3, "A" à média de quilómetros por ano de cada veículo, em km, "B" ao número de veículos a contabilizar, "E" ao consumo médio por quilómetro, em L, "C" ao volume emitido por centro, em m^3 e "D" à capacidade média do depósito dos veículos, em L. A Portgás considera um valor de 0,087829 [m^3] para o seu volume emitido ("C").

Estas emissões não foram contabilizadas para este inventário, devido à ausência de alguns dados. Contudo, no anexo B encontra-se descrito um exemplo de cálculo das emissões de GEE para a estação de abastecimento da Portgás.

5.1.2 Operações na Rede

5.1.2.1 Descomissionamento, Comissionamento e Manutenção de Redes

Durante o descomissionamento de redes, a colocação de redes em serviço e a sua manutenção recorre-se a processos de ventilação e limpeza planeadas das infraestruturas para evitar o risco de explosões. Nestas situações ocorre a libertação de gás natural para a atmosfera, sem a sua queima prévia. Contudo, a contribuição destas emissões operacionais nas emissões totais da rede de distribuição é bastante reduzida comparativamente com outras possíveis emissões.

A quantificação destas emissões depende das emissões ocorridas durante a limpeza e durante a ventilação em cada operação, podendo o volume de gás libertado, *V*, em *m*^{3}, ser determinado através de uma abordagem simplificada, pela equação 5.8 (Mueller-Syring et al., 2018):

$$V = E_{vent.} \cdot x_{CH_4} + E_{limp.} \cdot x_{CH_4} \qquad (5.8)$$

Onde, $E_{vent.}$ corresponde às emissões de ventilação em determinada operação, em m^3/operação, $E_{limp.}$ às emissões de limpeza em determinada operação, em m^3/operação e x_{CH_4} à fração de metano no gás natural, cujo valor já foi citado anteriormente (Mueller-Syring et al., 2018).

As emissões associadas à ventilação, podem ser determinado pela equação 5.9 (Mueller-Syring et al., 2018):

$$E_{vent.} = V_{geom.} \cdot \frac{\overline{P_{int}} \cdot T_n}{P_n \cdot T_{int.} \cdot K} \qquad (5.9)$$

Onde, $E_{vent.}$ corresponde ao gás natural libertado na ventilação, em m^3, $V_{geom.}$ ao volume geométrico da secção a operar, em m^3, $\overline{P_{int}}$ à pressão operacional média ponderada para as condutas existentes na rede, em bar, T_n à temperatura padrão, em K, P_n à pressão absoluta padrão, em bar, $T_{int.}$ à temperatura do gás no interior da infraestrutura, em [K], e K ao número de compressibilidade do gás natural (Mueller-Syring et al., 2018).

As emissões associadas à limpeza das condutas pode ser calculada pela equação 5.11 (Mueller-Syring et al., 2018):

$$E_{limp.} = V_{geom.} \cdot \frac{P_{int} \cdot T_n}{P_n \cdot T_{int.} \cdot K} \cdot f_{limpeza} \qquad (5.10)$$

Onde, P_{int} corresponde à pressão (absoluta) operacional média para todas as operações de limpeza (incluindo a pressão atmosférica), em bar (Mueller-Syring et al., 2018).

Para a determinação do volume geométrico recorre-se à equação 5.10 (Mueller-Syring et al., 2018):

$$V_{geom.} = \frac{\pi}{4} \cdot \overline{d_{int}}^2 \cdot \left(x_{op} \cdot l_{total}\right) \qquad (5.11)$$

Onde, $\overline{d_{int}}$ corresponde ao diâmetro médio das condutas da rede de distribuição, x_{op} à parcela de infraestruturas que são renovadas, comissionadas ou descomissionadas por ano e l_{total} ao comprimento total das condutas na rede de distribuição, em m (Mueller-Syring et al., 2018).

Neste estudo, estas emissões não são consideradas devido à falta dos dados correspondentes para a sua quantificação.

5.1.2.2 Válvulas

As válvulas existentes correspondem a válvulas de porta e localizam-se nas linhas principais, permitindo a desativação de uma secção da rede, por exemplo em casos de rotura ou para atividades de manutenção. Nessas válvulas podem ocorrer fugas de gás natural, principalmente nos sistemas de vedação. A quantidade de gás libertado pode ser quantificado através da seguinte equação 5. 10, caso se considere a uma contagem absoluta do número de válvulas, ou à equação 5.11, caso se recorra ao número de válvulas por quilómetro de rede (Mueller-Syring et al., 2018):

$$V = q_v \cdot t \cdot n \cdot x_{CH_4} \qquad (5.12)$$

$$V = q_v \cdot t \cdot n \cdot l \cdot x_{CH_4} \qquad (5.13)$$

Onde, *V* corresponde ao volume de gás libertado, em m^3, q_v à taxa média de emissão de uma válvula, em m^3/(válvula.h), *t* à duração da fuga de gás, em h, *n* ao número de válvulas existentes na rede (absolutas ou por quilómetro de rede), *l* ao comprimento da rede, em km e x_{CH_4} à fração de CH_4 no gás natural (cerca de 90,05%, considerado pela Portgás). Para este estudo considera-se um valor de q_v de 0.001 [m^3 de gás natural/h] e um valor de *t* de 8,760 [h] (Mueller-Syring et al., 2018).

5.1.3 ROTURAS

As redes de distribuição estão, constantemente, sujeitas a fatores externos que poderão provocar danos e consequentes fugas de gás natural para a atmosfera através de roturas (nomeadas de emissões incidentes), representando a maior parte de emissões de gás natural para a atmosfera. Deste modo, é essencial avaliar os danos e calcular o gás perdido, mas como estas situações, causadas maioritariamente por terceiros, são de difícil previsão e contabilização, realizam-se algumas estimativas aproximadas para estimar o volume de gás perdido pela equação 5.12, caso se considere um número total absoluto de incidentes, ou pela equação 5.13, caso se considere o número de incidentes por quilómetro (Mueller-Syring et al., 2018):

$$V = q_v \cdot t \cdot n \cdot x_{CH_4} \quad (5.14)$$

$$V = q_v \cdot t \cdot n \cdot l \cdot x_{CH_4} \quad (5.15)$$

Onde, V corresponde ao volume de gás libertado, em m^3, q_v à taxa média de emissão, em m^3/(válvula.h), t à duração da fuga de gás (desde o início da fuga de gás até à interrupção provisória do fluxo por prevenção e segurança), em h, n ao número de incidentes ocorridos (absoluto ou por quilómetro de rede), l ao comprimento das linhas principais, em km e x_{CH_4} à fração de CH_4 no gás natural (cerca de 90,05%, considerado pela Portgás). Para este estudo considera-se um valor para q_v de 0,001 [m^3 de gás natural/h] e um valor para t de 8,760 [h] (Mueller-Syring et al., 2018).

Nestas situações, é prioritário repor a segurança de pessoas e bens, nomeadamente da própria infraestrutura, e seguidamente determinar o impacto do tamanho da rotura, na perspetiva de calcular o gás natural libertado para a atmosfera.

5.1.4 GÁS NATURAL CONSUMIDO NO EDIFÍCIO

As emissões provenientes do gás natural consumido no edifício são determinadas com base nos valores de consumo lidos nos contadores que, posteriormente serão convertidos em toneladas de CO2eq, recorrendo-se ao fator de emissão associado ao gás natural.

5.2 ÂMBITO 2 – Emissões Indiretas de Eletricidade

No âmbito 2 são consideradas, apenas, a emissões associadas ao consumo de eletricidade no edifício da empresa, sendo esse consumo determinado pela leitura periódica dos contadores. Posteriormente, esses valores são convertidos em toneladas de CO_{2eq} através do fator de emissão associado à energia elétrica. Para a obtenção de resultados mais reais e confiáveis é essencial a utilização do fator de emissão correspondente ao ano em estudo. Isto porque, devido à crescente utilização de energias renováveis, esse valor será diferente de ano para ano, ou seja, quanto maior o recurso às energias renováveis, menor será o fator de emissão do ano correspondente.

5.3 ÂMBITO 3 – Outras Emissões Indiretas

No âmbito 3 consideram-se as emissões associadas aos veículos da empresa, bem como dos seus prestadores de serviço. Na Portgás são utilizados, maioritariamente, veículos movidos a gás natural, existindo também veículos movidos a gasóleo e a gasolina. Os seus prestadores de serviço (Citygás, Redegás e ERI) utilizam veículos movidos a gasóleo e a gasolina.

As emissões provenientes desses veículos são determinadas com base no consumo de combustível, apresentado no anexo A.

Neste estudo não são consideradas as emissões dos consumidores finais do gás natural (clientes domésticos e industriais), pois essa quantificação é da responsabilidade dos comercializadores e não da Portgás (responsável apenas pela distribuição do gás natural pelas redes).

5.4 Fatores de Emissão

Os fatores de emissão correspondem a rácios que relacionam as emissões de GEE com dados da atividade em questão, isto é, convertem uma unidade física em emissões de CO_{2eq} (IPCC 2006). Neste estudo, os dados de atividade correspondem a consumos de gás natural, gasolina, gasóleo e eletricidade e a volumes de gás natural libertado diretamente para a atmosfera.

Seguidamente serão apresentados os fatores de emissão utilizados neste estudo, denotando-se que esses fatores foram escolhidos criteriosamente para que estivessem de acordo com as unidades de quantificação dos dados de atividade em causa.

5.4.1 GÁS NATURAL

No caso da libertação direta de gás natural para a atmosfera, utiliza-se o fator de emissão referente ao metano (pois não existe combustão do gás natural), disponibilizado pelo Despacho 17313-2008, para converter a quantidade de gás libertada, na quantidade de CO_2 equivalente. O FE toma o valor de 54,9 [kg CO_{2eq}/GJ], equivalente a 0,19764 [kg CO_{2eq}/kWh].

5.4.2 ELETRICIDADE

Para o cálculo das emissões de GEE originárias do consumo de energia elétrica, utilizou-se o fator de 0,47 [kg CO_2/kWh], disponibilizado pela legislação portuguesa na Portaria nº 63/2008 de 21 de Janeiro.

Denota-se que se utilizou este fator de emissão como valor médio para o cálculo das emissões nos quatro anos em estudo. Caso este valor traduzisse os dados atualizados de cada ano, seria inferior ou superior a este, consoante a utilização das energias renováveis ao longo desse ano.

5.4.3 COMBUSTÍVEIS

Tal como já foi referido anteriormente, a combustão de combustíveis dá origem à libertação de emissões de GEE, como por exemplo de CO_2, que, Segundo o IPCC, podem ser determinadas através de diferentes abordagens. No presente trabalho, adotou-se uma abordagem onde são considerados o tipo e a quantidade de combustível consumido, a sua densidade e o seu poder calorífico inferior ou superior (PCI ou PCS, respetivamente). É então necessário compilar toda essa informação, o que por vezes se pode tornar uma limitação no cálculo das emissões.

Os fatores de emissão adotados e os valores do poder calorífico dos vários combustíveis são os disponibilizados pelo CELE 2013-2020.

Tabela 5.2 – Valores de densidade, PCI e fatores de emissão característicos do gasóleo e da gasolina

Tipo de Combustível	**Massa Volúmica** [t/(m^3 @ 0ºC e 1 atm)]	**PCI** [GJ/ton]	**FE** [kg CO_{2eq}/GJ]
Gasóleo	0,837	43,07	74,1
Gasolina	0,735	44,00	73,7

Tabela 5.3 – Valores de densidade, PCI e fator de emissão característicos do gás natural

Tipo de Combustível	**PCS** [kWh/(m^3 @ 0ºC e 1 atm)]	**FC** [kWh/m^3]	**FE** [kg CO_{2eq}/kWh]
Gás Natural	11,8	21,476	0,20376

6
RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Recolha de dados

A recolha da informação necessária para este estudo teve por base os métodos de cálculo para cada fonte emissora, apresentados anteriormente. No entanto, apenas foi possível a obtenção de dados de algumas atividades, das quais se recolheram os valores de consumo dos últimos quatro anos consecutivos, 2015, 2016, 2017 e 2018, para posterior estimativa das emissões individualmente.

Para as emissões de âmbito 1 foram recolhidos os valores referentes ao volume de gás libertado diretamente para a atmosfera, e ao volume de gás consumido no edifício da empresa, para as emissões de âmbito 2 foram recolhidos os valores referentes à eletricidade consumida no edifício da empresa e para as emissões de âmbito 3 foram recolhidos os respetivos valores de consumo de combustíveis das viaturas da empresa e dos prestadores de serviço.

No anexo A encontram-se descritos os valores mais detalhados dos dados recolhidos e no anexo B está apresentada a informação mais pormenorizada sobre os cálculos realizados.

6.2 Estimativa das Emissões Diretas (Âmbito 1)

6.2.1 EMISSÕES PROVENIENTES DAS INFRAESTRUTURAS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Como referido no capítulo anterior, estas emissões correspondem, essencialmente, a fugas de gás natural devido à permeabilidade e nos ramais, salientando-se que para este estudo não serão consideradas as emissões associadas aos PRM e à estação de abastecimento da Portgás.

Na tabela 6.1 estão apresentados os quilómetros de rede secundária existente, os valores do volume de gás natural libertado nas infraestruturas da rede secundária, resultante permeabilidade, bem como os valores determinados para as emissões de GEE, para os quatro anos em estudo.

Tabela 6.1 – Volume de gás natural libertado devido à permeabilidade e correspondentes emissões de GEE

	PERMEABILIDADE		
Ano	**L** [km]	**Gás libertado** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	3643	2267,85	9,63
2016	4237	2637,62	11,20
2017	4391	2733,49	11,60
2018	4584	2853,63	12,11

Relativamente às emissões de GEE provenientes dos ramais de ligação, estas devem-se a fugas de gás existentes nessas infraestruturas. Essas emissões estão apresentadas na tabela 6.2, bem como o respetivo volume de gás libertado e o número de ramais existentes na rede para os quatro anos em estudo. Para o ano de 2015 não são apresentados resultados, devido à ausência de dados para esse mesmo ano.

Tabela 6.2 – Volume de gás natural libertado nos ramais e correspondentes emissões de GEE

RAMAIS			
Ano	**n**	**Gás libertado** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	n.d.	n.d.	n.d.
2016	108252	853,46	3,62
2017	115999	914,54	3,88
2018	122806	968,20	4.11

Pelos resultados obtidos, verifica-se, ao longo dos quatro anos, um ligeiro aumento das emissões de GEE associadas às infraestruturas da rede de distribuição derivado do aumento anual dos quilómetros de rede ativa e consequente aumento do número de ramais.

6.2.2 EMISSÕES PROVENIENTES DE OPERAÇÕES NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

As emissões associadas às operações na rede de distribuição, tal como referido anteriormente, correspondem à libertação de gás natural nas ocorrências de comissionamento e descomissionamento de redes e nas válvulas existentes ao longo da rede.

Os valores das emissões de GEE originárias em fugas de gás natural nas válvulas distribuídas pela rede, encontram-se descritas na tabela 6.4, bem como o volume de gás natural aí libertado e o número de válvulas existentes para os anos em estudo. Para os anos de 2015 e 2016 não foi possível a quantificação das emissões, devido à ausência de valores característicos desses anos.

Tabela 6.3 – Volume de gás natural libertado nas válvulas e correspondentes emissões de GEE

VÁLVULAS			
Ano	**n**	**Gás libertado** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	n.d.	n.d.	n.d.
2016	n.d.	n.d.	n.d.
2017	40914	322,57	1,37
2018	41638	328,27	1,39

Para a quantificação destas emissões utilizou-se o fator de emissão referente ao metano, cujo valor é de 0,19764 [kg CO_{2eq}/kWh] (Capítulo 5.4.1).

As emissões provenientes das operações na rede sofreram um aumento de 2017 para 2018, derivado do aumento do número de válvulas ao longo da rede secundária de distribuição do gás natural. Para os anos de 2015 e 2016 não existem valores definidos, pelo que esses anos não serão considerados nesta setor.

6.2.3 EMISSÕES PROVENIENTES DE ROTURAS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

As perdas técnicas derivadas de roturas são causadas por incidentes ou acidentes provocados, maioritariamente, por terceiros, mas também por outros fatores externos, como por exemplo, deslizamentos de terra.

Os valores contabilizados do volume de gás natural libertado nessas ocorrências encontram-se descritos na tablea 6.5, juntamente com os consequentes valores de emissões de GEE, para os quatro anos em estudo.

Tabela 6.4 – Volume de gás natural libertado nas roturas e correspondentes emissões de GEE

ROTURAS		
Ano	**Gás libertado** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	6466	27,48
2016	14649	62,26
2017	35677	151,62
2018	16877	71,72

Para a quantificação destas emissões utilizou-se o fator de emissão referente ao metano, cujo valor é de 0,19764 [kg CO_{2eq}/kWh] (Capítulo 5.4.1).

Relativamente a estas emissões, verifica-se um aumento anual derivado do crescimento da rede de distribuição construída. Contudo, denota-se um crescente valore de emissões para o ano de 2017 que se deve ao facto de este ter sido um ano de eleições autárquicas, em que existiu um maior investimento em obras públicas, considerada a principal causa dos danos na rede de distribuição de gás natural.

6.2.4 EMISSÕES PROVENIENTES DO GÁS NATURAL CONSUMIDO NO EDIFÍCIO DA EMPRESA

O gás natural é utilizado no edifício da Portgás para fins, por exemplo, de aquecimento. Esse consumo, consequentemente, origina também emissões de GEE a serem contabilizadas no inventário de emissões da empresa. Deste modo, os valores referentes às quantidades de gás natural consumido nesta situação, para os quatro anos em estudo, encontram-se descritos na tabela 6.6, bem como as emissões de GEE correspondentes.

Tabela 6.5 – Consumo de gás natural e correspondentes emissões de GEE

GÁS NATURAL CONSUMIDO NO EDIFÍCIO		
Ano	**Consumo** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**Emissões** [t CO_{2eq}]
2015	8503,00	37,21
2016	9196,00	40,24
2017	7668,00	33,55
2018	14275,00	62,47

Para a quantificação destas emissões utilizou-se o fator de emissão referente ao gás natural, cujo valor é de 0,20376 [kg CO_{2eq}/kWh] (Capítulo 5.4.3).

6.3 Estimativa das Emissões Indiretas (Âmbito 2)

6.3.1 Emissões provenientes do consumo de energia elétrica no edifício da empresa

Como já foi referido anteriormente, as emissões contabilizadas para este estudo correspondentes ao âmbito 2 são apenas provenientes da energia elétrica consumida no edifício da empresa.

O consumo de energia elétrica no edifício da empresa resulta do uso de diversos equipamentos de maior potência, como por exemplo máquinas de impressão, e também do uso de equipamentos auxiliares, tal como a iluminação e o sistema de ventilação das instalações. Desse consumo resultam emissões de GEE, cujos valores calculados estão apresentados na tabela

Os valores obtidos na quantificação destas emissões estão apresentados na tabela 6.7, bem como os respetivos consumos de energia elétrica para os quatro anos em estudo.

Tabela 6.6 – Consumo de energia elétrica e correspondentes emissões

ELETRICIDADE		
Ano	**Consumo** [kWh]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	282058	132,57
2016	259124	121,79
2017	221242	103,98
2018	210882	99,11

Para a quantificação destas emissões utilizou-se o fator de emissão referente à eletricidade, cujo valor é de 0,47 [kg CO_2/kWh] (Capítulo 5.4.2).

Pela análise da tabela, verifica-se uma diminuição da energia elétrica no decorrer dos anos, bem como das consequentes emissões. Este acontecimento deve-se ao facto de a empresa ter vindo a adotar medidas de redução de consumo, tal como o investimento em equipamentos mais eficientes, a adoção de luzes automáticas em certos compartimentos do edifício da empresa, entre outros.

6.4 Estimativa das Emissões Indiretas (Âmbito 3)

Nesta secção encontram-se descritos os resultados obtidos na estimativa das emissões de âmbito 3, referentes às viaturas, quer da empresa quer dos seus prestadores de serviço (Citygás, Redegás, ERI), existentes para os diversos combustíveis. Essa estimativa foi obtida tendo em conta os valores de consumo de combustíveis apresentados no anexo A.

6.4.1 EMISSÕES PROVENIENTE DAS VIATURAS DA EMPRESA

A Portgás possui veículos movidos a gasóleo, a gás natural e a gasolina e, como tal, o consumo desses veículos é considerado para fins de quantificação das suas emissões de GEE. Esses valores de consumo, bem como os valores determinados para as emissões, estão descritos na tabela 6.8.

Tabela 6.7 – Consumo de combustíveis das viaturas da Portgás e respetivas emissões de GEE

	GASÓLEO		GÁS NATURAL		GASOLINA	
Ano	**Consumo** [L]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]	**Consumo** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]	**Consumo** [L]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	24917	66,56	43381	189,83	4608	10,98
2016	13715	36,64	54757	239,61	4894	11,66
2017	10392	27,76	55866	244,47	4620	11,01
2018	9715	25,95	54615	238,99	3533	8,42

Para a quantificação destas emissões utilizou-se o fator de emissão de 74,1 [kg CO_{2eq}/GJ] referente ao gasóleo, de 73,7 [kg CO_{2eq}/GJ] referente à gasolina e de 0,20376 [kg CO_{2eq}/kWh] referente ao gás natural.

Pela análise da tabela, verifica-se uma redução no uso de gasóleo e de gasolina e, consequentemente uma redução nas emissões associadas ao uso destas viaturas. Em contrapartida, denota-se um aumento no consumo do gás natural como combustível o que derivou num crescente aumento do nível de emissões de GEE dessas viaturas. Estes valores demonstram que houve uma substituição das viaturas movidas a gasóleo e a gasolina por viaturas movidas a gás natural contribuindo para a sustentabilidade da empresa.

6.4.2 EMISSÕES PROVENIENTES DAS VIATURAS DOS PRESTADORES DE SERVIÇO

Os prestadores de serviço da Portgás possuem viaturas movidas a gasóleo e a gasolina, cujas emissões são contabilizadas neste inventário de GEE com base no consumo anual desses combustíveis. Nas tabelas 6.8, 6.9 e 6, 10 são apresentados os resultados obtidos na quantificação das emissões de GEE associadas às viaturas da Citygás, Redegás e ERI, respetivamente.

Tabela 6.8 – Consumo de combustíveis das viaturas da Citygás e correspondentes emissões de GEE

	GASÓLEO		GASOLINA	
Ano	**Consumo** [L]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]	**Consumo** [L]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	48332,17	129,11	208,00	0,50
2016	64619,98	172,62	172,65	0,41
2017	47079,30	125,76	280,61	0,67
2018	63614,50	169,93	1081,80	2,58

Tabela 6.9 – Consumo de combustíveis das viaturas da Redegás e correspondentes emissões de GEE

	GASÓLEO		GASOLINA	
Ano	**Consumo** [L]	**Emissões** [t CO_{2eq}]	**Consumo** [L]	**Emissões** [t CO_{2eq}]
2015	153397,23	409,77	2877,06	6,86
2016	191425,28	511,35	2408,67	5,74
2017	146000,04	390,01	1680,55	4,01
2018	139954,02	373,86	2106,00	5,02

Tabela 6.10 – Consumo de combustíveis das viaturas da ERI e correspondentes emissões de GEE

	GASÓLEO		GASOLINA	
Ano	**Consumo** [L]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]	**Consumo** [L]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	102151,20	272,87	964,20	2,30
2016	115401,10	308,27	1576,71	3,76
2017	109224,50	291,77	5547,87	13,22
2018	119602,20	319,49	1148,08	2,74

Analisando os dados das tabelas, verifica-se que todos os prestadores de serviço utilizam, maioritariamente, viaturas movidas a gasóleo, sendo por isso, a maioria das emissões deste âmbito, associadas a este combustível. No entanto, não é possível determinar um padrão de emissões ao longo dos anos, visto que estas emissões dependem do consumo anual dos combustíveis, consequente das distâncias percorridas que poderão ser maiores ou menores consoante os serviços que tenham de prestar.

6.5 Discussão dos Resultados

6.5.1 Valor total estimado das emissões de GEE

Às atividades da Portgás consideradas neste estudo, estão associados os valores de emissões apresentados na tabela 6.11. Denota-se que, de todas as atividades contabilizadas, no ano de 2015 não foram considerados valores de emissões de ramais e de válvulas e no ano de 2016 não foram considerados valores de emissões de válvulas, devido à ausência desses dados de atividades. Deste modo, os valores obtidos para as emissões de 2017 e de 2018 são os mais confiáveis para uma avaliação. Centrando-se, então, nesses dois anos, estima-se que no ano de 2017 a Portgás emitiu um total de 1414,68 toneladas de CO_{2eq} e no ano de 2018 emitiu um total de 1397,90 toneladas de CO_{2eq}, como se pode verificar na tabela 6.11.

Tabela 6.11 – Valor das emissões de GEE em cada âmbito e total das emissões de GEE da Portgás

Ano	**Emissões GEE Âmbito 1** [t CO_{2eq}]	**Emissões GEE Âmbito 2** [t CO_{2eq}]	**Emissões GEE Âmbito 3** [t CO_{2eq}]	**Total Emissões GEE da Portgás** [t CO_{2eq}]
2015	74,31	132,57	1088,78	1295,66
2016	117,75	121,79	1290,06	1529,60
2017	202,03	103,98	1108,67	1414,68
2018	151,80	99,11	1146,98	1397,90

Como as estimativas das emissões anuais da empresa são inferiores a 25000 toneladas de CO_{2eq}, de acordo com a Decisão 2007/589/CE da Comissão de 18 de Julho de 2007 que institui orientações para a monitorização e comunicação de informações referentes às emissões de GEE, a Portgás enquadra-se na categoria de instalações com baixos níveis de emissões.

6.5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS EMISSÕES SEGUNDO A SUA CLASSIFICAÇÃO E A SUA ORIGEM

Na figura 6.1 estão representadas graficamente a percentagem de emissões de GEE da Portgás estimadas, referentes aos quatro anos em estudo, de acordo com a sua classificação. Em concordância com o referido anteriormente, as emissões de GEE que representam a maior percentagem de emissões, em todos os anos considerados, são as emissões indiretas de âmbito 3, associadas ao consumo de combustíveis pelas viaturas da Portgás e pelas viaturas dos seus prestadores de serviço. As emissões que correspondem à menor percentagem pertencem ao âmbito 2 e estão associadas ao consumo de eletricidade no edifício da empresa. É importante referir que as percentagens correspondentes às emissões de âmbito 1 não são muito próximas da realidade, na medida em que não foram contabilizadas algumas emissões devido à ausência de dados.

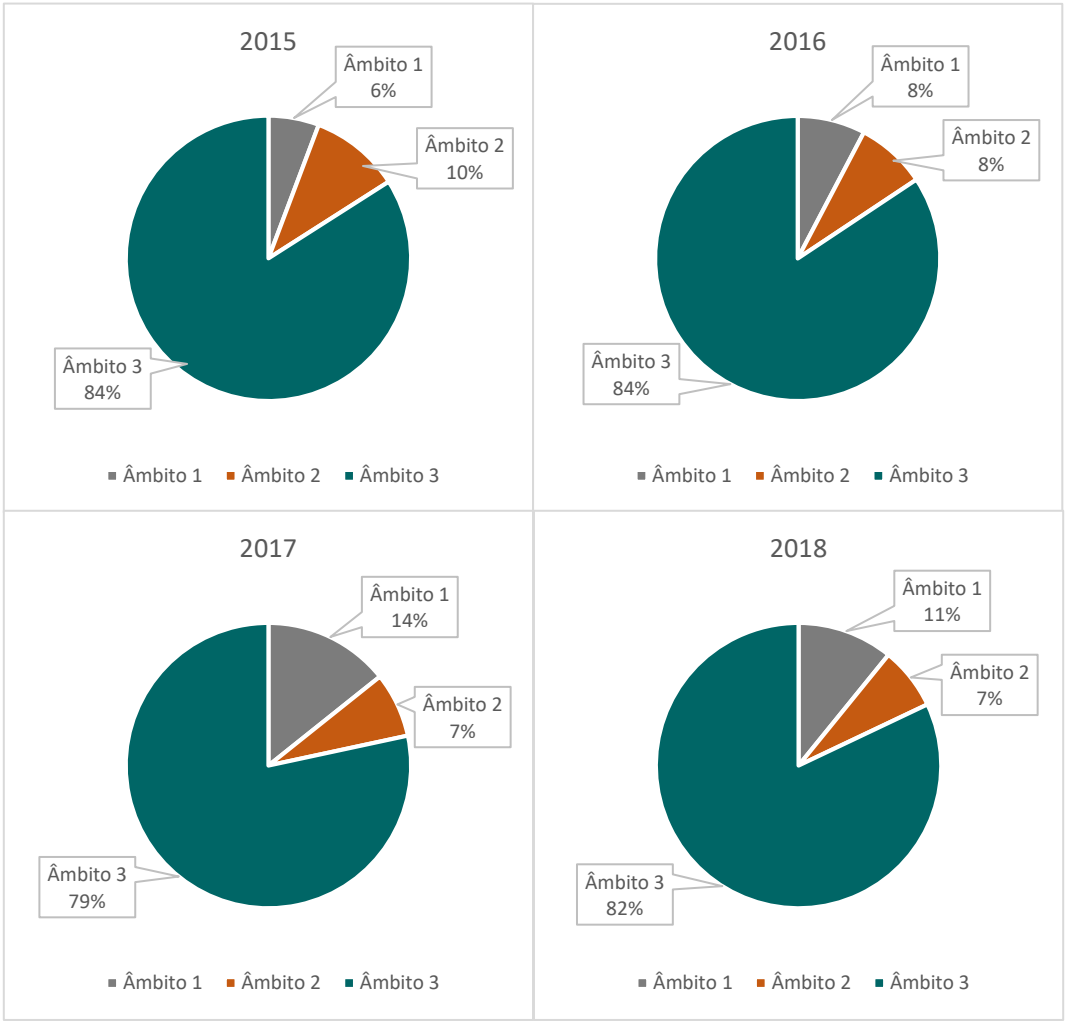


Figura 6.1 – Gráficos representativos das emissões de GEE da Portgás, de acordo com a sua classificação, nos quatro anos em estudo

6.5.3 Relação entre a quantidade de emissões e os quilómetros de rede construída

Todos os anos se verifica um crescimento das redes de distribuição de gás natural através da construção de infraestruturas, como se pode verificar pelos valores totais anuais de rede construída, apresentados ma tabela 6.12. Esses valores são apresentados, com maior detalhe, no anexo A (subcapítulo A.4.

Tabela 6.12 – Valores das emissões de GEE associadas à Portgás e dos quilómetros de rede construídos (primária e secundária) nos quatro anos em estudo

Ano	**Total Emissões GEE** [t CO_{2eq}]	**Rede Construída** [km]	**Comprimento Total da Rede de Distribuição** [km]
2015	1295,66	n.d.	4046
2016	1529,60	594	4640
2017	1414,68	154	4794
2018	1397,90	193	4987

Na figura 6.2 estão representados graficamente os valores anuais das emissões estimadas da Portgás, bem como o comprimento da rede de distribuição de gás natural nos quatro anos em estudo. Pela análise do gráfico denota-se que existe uma diminuição das emissões de GEE apesar do aumento do comprimento das infraestruturas.

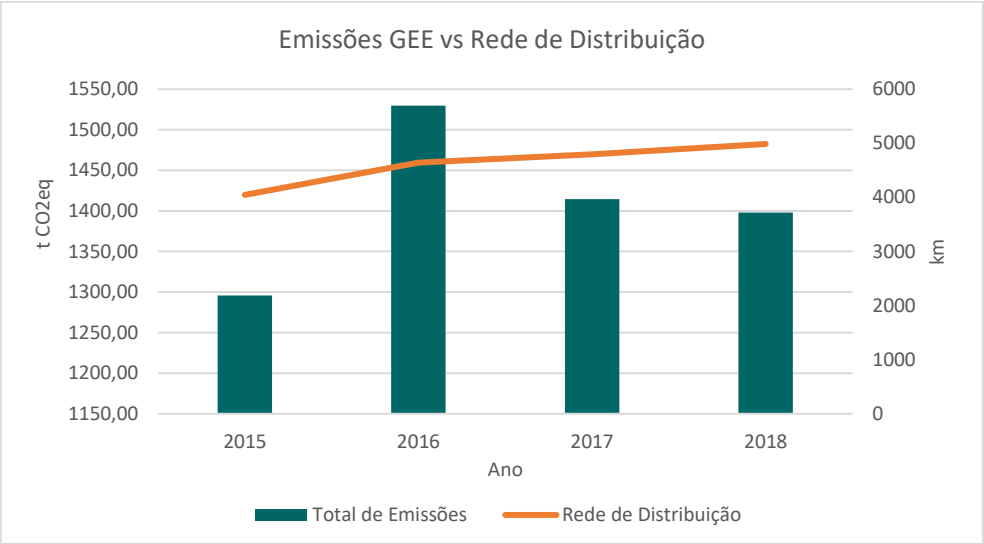


Figura 6.2 – Gráfico representativo dos valores estimados das emissões de GEE da Portgás e dos quilómetros de rede de distribuição anuais

6.5.4 RELAÇÃO ENTRE A QUANTIDADE DE EMISSÕES E A ENERGIA VEICULADA NA REDE

Pela consulta do documento de Relatório e Contas da REN, relativo ao ano de 2018, verifica-se que, nesse mesmo ano, a energia veiculada na rede de distribuição da Portgás foi de 7350 GWh de gás, nos 28 concelhos abastecidos. Esse valor foi superior ao ano de 2017 em cerca de 193 GWh. Apesar deste incremento positivo na energia veiculada, verificou-se uma redução nas emissões de GEE entre 2017 e 2018.

No ano de 2018, como o valor de emissões de GEE foi de 1397,90 toneladas de CO_{2eq}, conclui-se que, para cada GWh de energia veiculada, foram produzidas cerca de 0,19 toneladas de CO_{2eq}.

7
CONCLUSÃO

7.1 Principais Conclusões

O presente estudo permitiu a contabilização das emissões de GEE da REN Portgás Distribuição em toda a sua atividade, para os anos de 2015, 2016, 2017 e 2018, através da identificação das fontes emissoras e da classificação das emissões como diretas ou indiretas. As emissões diretas, provenientes das infraestruturas, das operações na rede, das roturas e do gás natural consumido no edifício da empresa, são incluídas no âmbito 1. As emissões indiretas, associadas ao consumo de energia elétrica no edifício da empresa, pertencem ao âmbito 2 e outras emissões indiretas, resultantes das viaturas da empresa e das viaturas dos respetivos prestadores de serviço, são incluídas no âmbito 3.

A Portgás, apesar de não ser obrigada a realizar inventários de emissões de GEE, tomou a iniciativa de recorrer a um inventário voluntário que lhe permita ter a perceção das suas emissões anuais e tomar as devidas medidas de redução dessas emissões, por forma a contribuir positivamente para a sua sustentabilidade.

No decorrer deste estudo, encontraram-se algumas limitações, principalmente na obtenção de certos dados de atividade, devido à ausência da informação detalhada sobre cada atividade considerada como fonte emissora. Deste modo, algumas das fontes emissoras apresentadas não foram contabilizadas neste estudo, devido à ausência de alguns dados necessários para a sua quantificação. No entanto, recomenda-se que, em trabalhos futuros se recorra a uma sistematização adequada e organizada dos dados necessários, para que seja possível quantificar as emissões em falta.

Para a quantificação de todas as emissões da Portgás, foi elaborado uma ferramenta de cálculo, em *Excel*, que permite o registo dos dados de atividade e, posteriormente, o cálculo das respetivas emissões, através do correspondente fator de emissão disponibilizado. Consequentemente, este registo permitirá a realização de um inventário contínuo, de modo a ser possível obter um histórico das emissões de GEE da empresa.

Devido à ausência de dados de atividade das válvulas e dos ramais para 2015 e das válvulas para 2016, os valores das emissões de GEE obtidos não serão muito próximos da realidade. Deste modo consideraram-se, para efeitos comparativos, os valores estimados para 2017 e 2018. Tendo por base as estimativas de emissões de GEE determinadas, conclui-se que no ano de 2017 a Portgás emitiu cerca de 1414,68 toneladas de CO_{2eq} e no ano de 2018 emitiu cerca de 1397,90 toneladas de CO_{2eq}. Conclui-se então que ocorreu uma redução das emissões, apesar do aumento de energia veiculada verificada nesses anos.

Nos quatro anos em estudo, as emissões indiretas do âmbito 3 foram maioritárias., atingindo uma percentagem de 82% no ano de 2018.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a Portgás se enquadra na categoria de instalações com baixos níveis de emissões, visto que as emissões estimadas para os quatro anos em estudo, individualmente, são inferiores a 25000 toneladas de CO_{2eq}.

7.2 Limitações ao trabalho realizado

Neste estudo existiram diversas limitações que afetaram a exatidão dos resultados apresentados. Tal deve-se, principalmente, ao facto de ser a primeira vez que a Portgás elabora um inventário de GEE, não estando a informação devidamente organizada para a elaboração do mesmo. Como consequência, algumas das atividades consideradas fontes emissoras não foram contabilizadas neste estudo, tal como as emissões provenientes do PRM e as emissões resultantes do descomissionamento, comissionamento e manutenção das infraestruturas da rede. Para além disso, devido à ausência de valores, não foram contabilizadas as emissões associadas às válvulas nos anos de 2015 e de 2016 e as emissões associadas aos ramais no ano de 2015.

Em cada âmbito é possível identificar diferentes exemplos de limitações que podem ser reconhecidas como possibilidades de melhoria para inventários futuros. No âmbito 1 seria essencial, por exemplo, conhecer os consumos de gás natural de cada equipamento presente no edifício da empresa, possibilitando uma análise mais detalhada das emissões deste grupo. De igual modo, no âmbito 2, seria vantajoso a análise de valores de consumo de energia elétrica de cada equipamento, como por exemplo máquinas de impressão, permitindo analisar o seu desempenho e efetuar as possíveis e necessárias melhorias. No âmbito 3, um conhecimento, por exemplo, dos quilómetros percorridos por cada veículo, bem como o tipo de veículo e o seu consumo por quilómetro, permitiria uma avaliação mais detalhada e realista das emissões pertencentes a este âmbito.

As incertezas associadas aos resultados obtidos para as emissões e ao inventário elaborado podem ter origem nos dados recolhidos ou nos fatores de emissão utilizados. Relativamente aos dados de atividade recolhidos, denota-se que em alguns deles foram utilizadas médias ou aproximações dos valores, aumentado a imprecisão dos valores calculados para as emissões. No caso dos fatores de emissão utilizados, o facto de estes não serem atualizados conforme o ano em estudo, implica um aumento da incerteza dos resultados obtidos. Por exemplo, no caso do consumo de eletricidade, considerou-se um valor de emissão referente ao ano de 2008, disponibilizado pela legislação portuguesa. Caso este fator traduzisse os dados dos anos em estudo, tomaria um valor mais reduzido devido à forte aposta e utilização das energias renováveis ao longo dos últimos anos. A futura correção e atualização deste fator de emissão, poderá traduzir-se numa sensível redução das emissões associadas ao consumo da energia elétrica.

7.3 Perspetivas futuras

Os esforços de redução de emissões devem ser contínuos e devem seguir um plano de gestão e redução de emissões de GEE próprio da empresa. A Portgás deve manter as práticas já existentes, como por exemplo a existência de iluminação por sensores de presença, e implementar novas medidas de redução, como a substituição de todas as viaturas da empresa por viaturas a gás natural. A opção por equipamentos elétricos mais eficientes aquando da troca de equipamentos mais antigos é outra medida benéfica para a empresa em termos de consumo de energia elétrica. Relativamente às infraestruturas de

distribuição de gás natural, salienta-se a importância do controlo periódico da viabilidade das infraestruturas, bem como da monitorização de zonas sensíveis a potenciais fugas de gás natural.

Para além disso, e apesar de não terem sido contabilizadas neste estudo, as atividades de descomissionamento, comissionamento e manutenção de redes emitem, inevitavelmente, gás natural para a atmosfera. Contudo, é possível reduzir as emissões de GEE associadas, através da adoção de medidas como por exemplo a aplicação da queima do gás natural.

Como a maior percentagem de emissões de GEE da Portgás está associada às emissões de âmbito 3, relativas às viaturas da empresa e dos prestadores de serviço, é necessário atuar em prol da redução dessas emissões. Como tal, é essencial um controlo das viagens realizadas, evitando viagens desnecessárias.

Apesar de não se terem contabilizado as emissões associadas à deslocação dos funcionários, salienta-se a importância da empresa incentivar os seus funcionários à utilização de transportes menos emissores para a sua deslocação de casa para o trabalho e do trabalho para casa, como por exemplo viaturas movidas a gás natural, uso de transportes públicos, uso de bicicletas ou até mesmo partilha de boleias.

Sugere-se que a Portgás opte pela utilização contínua da ferramenta de cálculo elaborada neste trabalho, de forma a criar um histórico de registo das suas emissões de GEE e ser possível avaliar a sua evolução. No entanto, é essencial a criação de um sistema pormenorizado de registo de dados que possibilite a compilação de todos os dados de atividades necessários para a elaboração de um inventário de GEE completo, contribuindo para que os resultados obtidos sejam o mais próximo possível da realidade.

Denota-se a importância da elaboração de uma base de dados a nível mundial que permita a determinação dos fatores de emissão atualizados, específicos para Portugal, objetivando uma melhoria dos inventários de emissões de GEE no geral.

Propõe-se, então, que a Portgás elabore um plano de gestão e redução das suas emissões de GEE, implementando as medidas acima propostas e incutindo metas e prazos definidos para essa redução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APA. (2019). Consultado em 2019. Retrieved from https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=122

Arêde, A. M. M. F. R. (2017). *Padrões de operação do mercado diário do gás MIBGAS.* Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Augusto, B. R., Fernandes, J., & Mota, P. (2019). *GHG Protocol Corporate Standards for carbon accounting and reporting*. Retrieved from

Barroso, S. d. P. R. (2018). *Otimização do Planeamento de Infraestruturas de Gás Natural.* Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Demirbas, A. (2010). *Methane Gas Hydrate* (Springer Ed.). London.

ERSE. Gás Natural. Retrieved from http://www.erse.pt/pt/gasnatural/Paginas/default.aspx

Galp. Distribuição Gás Natural. Retrieved from https://galpgasnaturaldistribuicao.pt/Gas-Natural/Sistema-Nacional-de-Gas-Natural

Hefner, R. A. (2009). *The Grand Energy Transition* (I. Jonh Wiley & Sons Ed.). New Jersey.

ICF. (2012). *Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Natural Gas*.

IPCC. Working Groups. Retrieved from https://www.ipcc.ch

IPCC. (2007). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

IPQ. (2008). *NP ISO14064-1: Gases com Efeito de Estufa*.

Jaffe, A. M. (2016). *The Feasibility of Renewable Natural Gas as a Large-Scale, Low Carbon Substitute*.

Jayaratne, E. R., Ristovski, Z. D., Morawska, L., & Meyer, N. K. (2010). Carbon dioxide emissions from diesel and compressed natural gas buses during acceleration. *ELSEVIER*.

Lima, C. G. (2014). *Estocagem Subterrânea de Gás Natural: Um estudo do potencial dos campos depletados da Bacia do Recôncavo.* Instituto Superior Técnico de Lisboa.

Mueller-Syring, G., Grosse, C., & Wehling, A. (2018). *Methane Emission Estimation Method for the Gas Distribution Grid (MEEM)*.

Olah, G. A., Goeppert, A., & Prakash, G. K. S. (2009). *Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy* (WILEY Ed.).

Pereira, T. C., Amaro, A., Borges, M., Silva, R., Pina, A., & Canaveira, P. (2019). *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2017*. Retrieved from Amadora:

Portgás. (2019). Consultado em 2019. Retrieved from https://www.portgas.pt

Portgás. (2017). *Manual Técnico do Grande Consumidor*.

Pustisek, A., & Karasz, M. (2017). *Natural Gas: A Commercial Perspective* (Springer Ed.). Switzerland.

REA. Portal do Estado do Ambiente. Retrieved from https://rea.apambiente.pt/content/emiss%C3%B5es-de-gases-com-efeito-de-estufa

Reay, D., Smith, P., & Amstel, A. V. (2010). *Methane and Climate Change* (Earthscan Ed.).

Rodrigues, D. (2012). *Emissões de carbono: caracterização do perfil de emissões de gases de efeito de estufa associadas à Monteiro, Ribas - Embalagens Flexíveis, S.A.*, Instituto Superior de Engenharia do Porto.

RP. (2019). *PLANO NACIONAL ENERGIA E CLIMA*.

SGS. ISO 14064 - RESPONSABILIDADE E VERIFICAÇÃO DE GEE. Retrieved from https://www.sgs.pt/pt-pt/sustainability/environment/carbon-services/greenhouse-gas-emissions-and-lifecycle-assessment/iso-14064-greenhouse-gas-accounting-and-verification

Silva, J. A., & Pinto, P. (2016). *Cálculo de emissões de gases para a atmosfera*. Retrieved from

Smil, V. (2015). *Natural Gas: Fuel for the 21st Century* (L. John Wiley & Sons Ed.). United Kingdom.

Soares, C. S. N. d. C. (2009). *Gasodutos de Alta Pressão*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

WayCarbon. Retrieved from https://blog.waycarbon.com/2017/02/referencias-inventario-de-gee/

WBCSD, & WRI. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard*.

ANEXOS

Anexo A – Dados de Atividade associados à Portgás

Nesta secção estão apresentados todos os dados de atividade, fornecidos pela empresa, respetivos aos quatro anos em estudo, para as fontes de emissão contabilizadas neste inventário de GEE.

A. 1 Dados de Atividade relativos ao âmbito 1

Tabela A. 1 – Dados utilizados na determinação das emissões associadas à permeabilidade

Ano	Comprimento Rede Primária [km]	Comprimento Rede Secundária [km]	Número de Ramais na Rede	Número de Válvulas na Rede
2015	403	3643	n.d.	n.d.
2016	403	4237	108252	n.d.
2017	403	4391	115999	40914
2018	403	4584	122806	41638

Tabela A. 2 – Valores mensais das perdas técnicas de gás natural [kWh], devido a roturas, nos quatro anos em estudo

Ano \ Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2015	5139	25137	495	5956	3053	1763	20277	301	43780	19955	2903	10278	139039
2016	36469	43716	6451	0	0	191205	3225	538	4967	11612	15117	1699	314998
2017	102247	3505	50554	13267	29674	57800	27223	176067	104999	180905	20858	54	767153
2018	14138	37028	23073	8924	8666	95280	4903	11784	15418	129556	8795	5333	362896

Tabela A. 3 – Valores do consumo mensal de gás natural [m^3], no edifício da Portgás, nos quatro anos em estudo

Ano \ Mês	***Jan.***	***Fev.***	***Mar.***	***Abr.***	***Mai.***	***Jun.***	***Jul.***	***Ago.***	***Set.***	***Out.***	***Nov.***	***Dez.***	***Total***
2015	2253	1795	1411	112	189	0	0	0	0	8	1151	1584	8503
2016	1512	1605	1656	1199	178	0	0	0	0	7	1413	1626	9196
2017	2038	1487	1113	222	11	0	0	0	0	210	1179	1408	7668
2018	2424	1708	1943	1788	978	0	0	0	0	931	2008	2496	14275

A. 2 Dados de Atividade relativos ao âmbito 2

Tabela A. 4 – Valores do consumo mensal de eletricidade [kWh], no edifício da Portgás, nos quatro anos em estudo

Ano \ Mês	**Jan.**	**Fev.**	**Mar.**	**Abr.**	**Mai.**	**Jun.**	**Jul.**	**Ago.**	**Set.**	**Out.**	**Nov.**	**Dez.**	**Total**
2015	21625	19266	25019	23400	25342	25778	27245	24513	24792	24147	20401	20529	282058
2016	20829	19761	20691	19538	20038	24117	27627	25186	24623	21984	17486	17243	259124
2017	18913	16813	18762	17382	19271	19431	21260	20305	19630	18519	15572	15386	221242
2018	16236	13920	15281	15087	18148	18629	22140	22092	20837	19331	14642	14540	210882

A. 3 Dados de Atividade relativos ao âmbito 3

A.3.1 CONSUMO DAS VIATURAS DA PORTGÁS

Tabela A. 5 – Valores do consumo mensal de gasóleo [L], pelas viaturas da empresa, nos quatro anos em estudo

Ano \ Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2015	2194	2917	2908	2271	2779	2807	2060	1414	1029	1497	1975	1066	24917
2016	1352	1622	1354	1760	1744	699	639	1091	470	974	1064	948	13715
2017	1047	1143	998	1107	782	630	602	480	546	1103	1395	558	10392
2018	967	898	990	653	960	718	695	708	784	854	605	884	9715

Tabela A. 6 – Valores do consumo mensal de gás natural [m^3], pelas viaturas da empresa, nos quatro anos em estudo

Ano \ Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2015	3 250	2 757	3 183	3 245	3 104	2 850	3 309	3 604	4 354	4 723	4 632	4 369	43 381
2016	4 276	4 323	4 410	3 859	4 501	4 727	3 875	4 166	5 253	5 035	5 448	4 884	54 757
2017	4 913	4 588	5 168	3 601	5 404	4 842	4 588	4 242	4 566	4 449	5 390	4 115	55 866
2018	4 784	4 283	4 900	4 468	4 586	4 818	4 321	4 349	4 103	4 894	4 441	4 668	54 615

Tabela A. 7 – Valores do consumo mensal de gasolina [L], pelas viaturas da empresa, nos quatro anos em estudo

Ano \ Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2015	506	613	414	484	184	317	243	265	273	479	481	347	4608
2016	321	570	267	285	259	343	695	515	459	300	350	531	4894
2017	464	417	460	407	457	296	513	259	377	338	288	343	4620
2018	254	172	177	79	246	220	212	297	242	464	428	742	3533

A.3.2 CONSUMO DAS VIATURAS DOS PRESTADORES DE SERVIÇO

Tabela A. 8 – Valores do consumo anual de combustíveis [L] (gasóleo e gasolina), pelas viaturas dos prestadores de serviço, nos quatro anos em estudo

	Citygás		***Redegás***		***ERI***	
Ano	**Gasóleo**	**Gasolina**	**Gasóleo**	**Gasolina**	**Gasóleo**	**Gasolina**
2015	48332,17	208,00	153397,23	2877,06	102151,20	964,20
2016	64619,98	172,65	191425,28	2408,67	115401,10	1576,71
2017	47079,30	280,61	146000,04	1680,55	109224,50	5547,87
2018	63614,50	1081,80	139954,02	2106,00	119602,20	1148,08

A. 4 Ifraestruturas da Rede de Distribuição de Gás Natural

Tabela A. 9 – Valores os quilómetros de rede construída e do comprimento total da rede de distribuição de gás natural (primária e secundária), nos quatro anos em estudo

Ano	**Rede Primária Construída** [km]	**Total Rede Primária** [km]	**Rede Secundária Construída** [km]	**Total Rede Secundária** [km]
2015	n.d.	403	n.d.	3643
2016	0	403	594	4237
2017	0	403	154	4391
2018	0	403	193	4584

Anexo B – Estimativa das Emissões de GEE

As estimativas das emissões de GEE em cada âmbito foram obtidas recorrendo-se a valores de PCS, PCI, FC e FE.

B. 1 Estimativa das emissões diretas referentes ao âmbito 1

B.1.1 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO À PERMEABILIDADE

Tabela B. 1 – Dados utilizados na estimativa das emissões de GEE associadas à permeabilidade

Ano	**PC** [m^3/(m.bar.d]	**Tempo** [d]	x_{CH4}	**Pressão relativa** [bar]	**SDR**	**Comprimento da rede** [m]
2015	$9,59*10^{-9}$	365	0,9	3,33	17	3643000
2016						4237000
2017						4391000
2018						4584000

Tabela B. 2 – Valores stimados para as emissões de GEE associadas à permeabilidade e respetivos valores de PCS, FC e FE

Ano	**Gás Libertado** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**PCS** [kWh/(m^3 @ 0ºC e 1 atm)]	**FC** [kWh/m^3]	**FE** [kg CO_{2eq}/kWh]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	2267,85	11,8	21,48	0,19764	9625,91	9,63
2016	2637,62				11195,44	11,20
2017	2733,49				11602,36	11,60
2018	2853,64				12112,32	12,11

B.1.2 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES NO RAMAIS

Tabela B. 3 – Dados utilizados na estimativa das emissões de GEE associadas aos ramais

Ano	q_v [m^3/h]	**Tempo** [h]	**Número de ramais**	x_{CH4}
2015	0,001	8,76	n.d.	0,9
2016			108252	
2017			115999	
2018			122806	

Tabela B. 4 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas aos ramais e respetivos valores de PCS, FC e FE

Ano	**Gás Libertado** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**PCS** [kWh/(m^3 @ 0ºC e 1 atm)]	**FC** [kWh/m^3]	**FE** [kg CO_{2eq}/kWh]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	0	11,8	21,48	0,19764	0	0
2016	853,46				3622,52	3,62
2017	914,54				3881,76	3,88
2018	968,20				4109,55	4,11

B.1.3 EXEMPLO DE CÁLCULO DAS EMISSÕES NA ESTAÇÃO DE ABASTECIMENTO

Tabela B. 5 – Exemplo de cálculo das emissões associadas à estação de abastecimento da Portgás

Capacidade média dos depósitos [L]	40000
Consumo médio [L/km]	100
Distância média por ano [km]	20000
Número de Veículos	26
Volume de emissão [m^3]	0,078729
Volume de gás libertado [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	102,35
PCS [kWh/(m^3 @ 0ºC e 1 atm)]	11,8
FC [kWh/m^3]	21,48
Volume de gás libertado [kWh]	2198,02
FE [kg CO_{2eq}/kWh]	0,19764
Emissões GEE [kg CO_{2eq}]	434,42
Emissões GEE [t CO_{2eq}]	0,43

B.1.4 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES NAS VÁLVULAS

Tabela B. 6 – Dados utilizados na estimativa das emissões de GEE associadas às válvulas

Ano	q_v [m^3/h]	**Tempo** [h]	**Número de válvulas**	x_{CH4}
2015	0,001	8,76	n.d.	0,9
2016			n.d.	
2017			40914	
2018			41638	

Tabela B. 7 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas às válvulas e respetivos valores de PCS, FC e FE

Ano	**Gás Libertado** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**PCS** [kWh/(m^3 @ 0ºC e 1 atm)]	**FC** [kWh/m^3]	**FE** [kg CO_{2eq}/kWh]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	n.d.	11,8	21,48	0,19764	n.d.	n.d.
2016	n.d.				n.d.	n.d.
2017	322,57				1369,14	1,37
2018	328,27				1393,36	1,39

B.1.5 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO A ROTURAS

Tabela B. 8 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas às roturas e respetivos valores de PCS, FC e FE

Ano	**Gás Libertado** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**PCS** [kWh/(m^3 @ 0ºC e 1 atm)]	**FC** [kWh/m^3]	**FE** [kg CO_{2eq}/kWh]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	6466	11,8	21,48	0,19764	27479,66796	27,48
2016	14649				62256,20472	62,26
2017	35677				151620,1189	151,62
2018	16877				71722,76544	71,72

B.1.6 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO AO GÁS NATURAL CONSUMIDO NO EDIFÍCIO

Tabela B. 9 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas ao gás natural consumido no edifício da Portgás e respetivos valores de PCS, FC e FE

Ano	**Gás Libertado** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**PCS** [kWh/(m^3 @ 0ºC e 1 atm)]	**FC** [kWh/m^3]	**FE** [kg CO_{2eq}/kWh]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	8503,00	11,8	21,48	0,20376	37208,70	37,21
2016	9196,00				40241,23	40,24
2017	7668,00				33554,78	33,55
2018	14275,00				62466,68	62,47

B.1.7 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO À ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA NO EDIFÍCIO

Tabela B. 10 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas à eletricidade consumida no edifício da Portgás e respetivos valores de FE

Ano	**Eletricidade Consumida** [kWh]	**FE** [kg CO_{2eq}/kWh]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	282058	0,47	132567,26	132,57
2016	259124		121788,28	121,79
2017	221242		103983,74	103,98
2018	210882		99114,54	99,11

B.1.8 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO ÀS VIATURAS DA EMPRESA

Tabela B. 11 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas ao gasóleo das viaturas da Portgás e respetivos valores de PCI e FE

Ano	**Gasóleo Consumido** [L]	**Massa Volúmica** [t/m^3]	**PCI** [GJ/t]	**FE** [kg CO_{2eq}/GJ]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	24917,00	0,837	43,07	74,1	66560,15	66,56
2016	13715,00				36636,53	36,64
2017	10392,00				27759,89	27,76
2018	9715,00				25951,43	25,95

Tabela B. 12 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas ao gás natural das viaturas da Portgás e respetivos valores de PCS, FC e FE

Ano	**Gás Natural Consumido** [m^3 @ 0ºC e 1 atm]	**PCS** [kWh/(m^3 @ 0ºC e 1 atm)]	**FC** [kWh/m^3]	**FE** [kg CO_{2eq}/kWh]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	43381,00	11,8	21,48	0,20376	189833,08	189,83
2016	54757,00				239613,88	239,61
2017	55866,00				244466,81	244,47
2018	54615,00				238992,50	238,99

Tabela B. 13 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas à gasolina das viaturas da Portgás e respetivos valores de PCI e FE

Ano	**Gasolina Consumida** [L]	**Massa Volúmica** [t/m^3]	**PCI** [GJ/t]	**FE** [kg CO_{2eq}/GJ]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	4608,00	0,735	44	0,26532	10982,97	10,98
2016	4894,00				11664,64	11,66
2017	4620,00				11011,58	11,01
2018	3533,00				8420,76	8,42

B.1.8 ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DEVIDO ÀS VIATURAS DOS PRESTADORES DE SERVIÇO

Tabela B. 14 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas ao gasóleo das viaturas da Citygás e respetivos valores de PCI e FE

Ano	**Gasóleo Consumido** [L]	**Massa Volúmica** [t/m^3]	**PCI** [GJ/t]	**FE** [kg CO_{2eq}/GJ]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	48332,17	0,837	43,07	74,1	129108,50	129,11
2016	64619,98				172617,71	172,62
2017	47079,30				125761,74	125,76
2018	63614,50				169931,80	169,93

Tabela B. 15 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas à gasolina das viaturas da Citygás e respetivos valores de PCI e FE

Ano	**Gasolina Consumida** [L]	**Massa Volúmica** [t/m^3]	**PCI** [GJ/t]	**FE** [kg CO_{2eq}/GJ]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	208,00	0,735	44	0,26532	495,76	0,50
2016	172,65				411,50	0,41
2017	280,61				668,82	0,67
2018	1081,80				2578,42	2,58

Tabela B. 16 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas ao gasóleo das viaturas da Redegás e respetivos valores de PCI e FE

Ano	**Gasóleo Consumido** [L]	**Massa Volúmica** [t/m^3]	**PCI** [GJ/t]	**FE** [kg CO_{2eq}/GJ]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	153397,23	0,837	43,07	74,1	409766,13	409,77
2016	191425,28				511349,49	511,35
2017	146000,04				390006,20	390,01
2018	139954,02				373855,62	373,86

Tabela B. 17 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas à gasolina das viaturas da Citygás e respetivos valores de PCI e FE

Ano	**Gasolina Consumida** [L]	**Massa Volúmica** [t/m^3]	**PCI** [GJ/t]	**FE** [kg CO_{2eq}/GJ]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	2877,06	0,735	44	0,26532	6857,35	6,86
2016	2408,67				5740,96	5,74
2017	1680,55				4005,52	4,01
2018	2106,00				5019,56	5,02

Tabela B. 18 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas ao gasóleo das viaturas da ERI e respetivos valores de PCI e FE

Ano	**Gasóleo Consumido** [L]	**Massa Volúmica** [t/m^3]	**PCI** [GJ/t]	**FE** [kg CO_{2eq}/GJ]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	102151,20	0,837	43,07	74,1	272873,91	272,87
2016	115401,10				308268,03	308,27
2017	109224,50				291768,63	291,77
2018	119602,20				319490,32	319,49

Tabela B. 19 – Valores estimados para as emissões de GEE associadas à gasolina das viaturas da ERI e respetivos valores de PCI e FE

Ano	**Gasolina Consumida** [L]	**Massa Volúmica** [t/m^3]	**PCI** [GJ/t]	**FE** [kg CO_{2eq}/GJ]	**Emissões GEE** [kg CO_{2eq}]	**Emissões GEE** [t CO_{2eq}]
2015	964,20	0,735	44	0,26532	2298,12	2,30
2016	1576,71				3758,01	3,76
2017	5547,87				13223,10	13,22
2018	1148,08				2736,39	2,74

Anexo C – Fator de Conversão

Neste anexo encontra-se descrito o método de obtenção do fator de conversão, tendo como referência o documento referente à EDP Gás Universal, de 2018, para a conversão de m^3 em kWh.

Para se converter a unidade de medida de volume, m^3, para a unidade de medida de energia, kWh, recorre-se a um Fator de Conversão. A metodologia de conversão considera os seguintes conceitos e procedimentos:

Fator de Correção de Volume, F_{CV}, em (m^3 @ 1atm, 0°C)/m^3:

Este fator é utilizado para se proceder à correção do volume medido nas condições de escoamento, m^3, para as condições de referência, m^3*@1atm, 0°C,* e é calculado de acordo com a seguinte fórmula:

$$F_{CV} = F_{CT} \times F_{CP} \qquad \text{(C. 1)}$$

Fator de Correção por Temperatura, F_{CT}:

$$F_{CT} = \frac{273{,}15}{273{,}15+T_{gás}} \qquad \text{(C. 2)}$$

onde $T_{gás}$ corresponde à temperatura no ponto de medida, dependendo da região onde se situa a instalação, em °C. Para a Portgás, o valor considerado é de 15 °C, tendo F_{CT} o valor de 0,947944.

Fator de Correção por Pressão, F_{CP}:

$$F_{CP} = \frac{P_c+1{,}01325}{1{,}01325} \qquad \text{(C. 3)}$$

onde P_c corresponde à pressão relativa de fornecimento, em bar. O valor adotado para esta variável provém da calibração do redutor, situado imediatamente a montante do equipamento de medição, ou é transmitido pela sonda correspondente.

Fator de Conversão, F_C, em kWh/m^3:

$$F_C = PCS \times F_{CV} \qquad \text{(C. 4)}$$

onde *PCS* é o Poder Calorífico Superior do gás natural, em kWh/(m^3 @ 1atm, 0°C), medido nas condições normais de referência. Este valor é medido, diariamente, pelo operador de rede, sendo o seu valor de, aproximadamente, 11,8 kWh/(m^3 @ 1atm, 0°C). Neste estudo, considerou-se um valor de 1,82

kWh/m^3 para o F_{CV}, referenciado no documento referente à EDP Gás Universal, de 2018, para a conversão de m^3 em kWh.

Conversão de m^3 para kWh:

O procedimento de conversão consiste em multiplicar o valor obtido para o fator de conversão pelo valor do volume de gás natural em m^3, obtendo-se o volume de gás libertado na operação em causa, em kWh:

$$\boldsymbol{V_{libertado}\ [kWh] = V_{libertado}\ \left[m^3\right] \times F_c\ \left[kWh/m^3\right]} \qquad \text{(C. 5)}$$