



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



RAFAEL MAROZZI RIBEIRO

**ESTRATÉGIAS DAS EMPRESAS DE PETRÓLEO PARA ATINGIR A
NEUTRALIDADE DE CARBONO: COMPARAÇÃO ENTRE EMPRESAS
INTERNACIONAIS E A PETROBRAS**

OURO PRETO - MG
2023

RAFAEL MAROZZI RIBEIRO
rafael.marozzi@aluno.ufop.edu.br

**ESTRATÉGIAS DAS EMPRESAS DE PETRÓLEO PARA ATINGIR A
NEUTRALIDADE DE CARBONO: COMPARAÇÃO EMPRESAS
INTERNACIONAIS E A PETROBRAS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Professor orientador: Profº D.Sc Gustavo Nikolaus Pinto de Moura

OURO PRETO – MG
2023



FOLHA DE APROVAÇÃO

Rafael Marozzi Ribeiro

Estratégias das empresas de petróleo para atingir a neutralidade de carbono: comparação entre empresas internacionais e a Petrobras

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 2 de junho de 2023

Membros da banca

DSc - Gustavo Nikolaus Pinto de Moura - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto

DSc - Bruna de Fátima Guedes Pedrosa Flausino - Universidade Federal de Ouro Preto

DSc - Henrique Nogueira Soares

Gustavo Nikolaus Pinto de Moura, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 02/06/2023



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Nikolaus Pinto de Moura**, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR, em 02/06/2023, às 16:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruna de Fatima Pedrosa Guedes Flausino**, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR, em 02/06/2023, às 21:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0536015** e o código CRC **C39859BC**.

À minha família pelo amor, apoio e
confiança.

À UFOP pelo ensino público e de qualidade.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a minha família. Aos meus pais Andrelio e Walquiria por serem meu exemplo e apoio na minha vida. A minha namorada, Iara, por toda ajuda e carinho.

À Universidade Federal de Ouro Preto, por proporcionar um ensino público e de qualidade. Em especial, a todos os professores do Departamento de Engenharia de Produção, que agregaram bastante conhecimento durante a graduação.

Ao meu orientador, professor Gustavo, pelo incentivo e orientação neste trabalho. Ao meu coorientador e grande amigo, Henrique, pelos ensinamentos e cooperação.

À minha segunda família, República Pasárgada, onde encontrei uma irmandade verdadeira que irei levar durante toda minha vida.

Enfim, agradeço a todos que acreditaram em mim e que de alguma forma se sentem engrandecidos com minhas realizações.

A coisa mais indispensável a um homem é reconhecer o uso que deve fazer do seu próprio conhecimento.

Platão

RESUMO

O seguinte estudo tem como tema estratégias das empresas de petróleo para atingir a neutralidade de carbono. O objetivo deste estudo é analisar criticamente e comparar os planos de adaptação e mitigação de empresas de petróleo para atingir a neutralidade de carbono no contexto das mudanças climáticas e dos compromissos firmados pelos países no Acordo de Paris. A pesquisa foi realizada por meio de revisão bibliográfica, que abrangeu a análise de estudos e documentos relevantes sobre mudanças climáticas, neutralidade de carbono e estratégias adotadas pelas empresas de petróleo. Foram examinadas informações e dados disponíveis sobre as empresas Petrobras, PetroChina, Saudi Aramco e ExxonMobil. A revisão bibliográfica destacou a importância da redução de emissões de gases de efeito estufa para enfrentar a crise climática e a necessidade de ação imediata. Também ressaltou a relação direta entre as emissões de gases de efeito estufa e as mudanças climáticas, bem como as metas estabelecidas pelos acordos internacionais. As empresas de petróleo analisadas estão respondendo às mudanças estruturais no setor petrolífero e às políticas nacionais relacionadas ao petróleo. No entanto, há limitações e desafios que podem dificultar a implementação efetiva das estratégias, precisando intensificar seus esforços e diversificar suas fontes de energia. Considera-se que todas as empresas de petróleo analisadas precisam adotar uma abordagem mais crítica, ambiciosa e transformadora para alcançar a neutralidade de carbono. Recomenda-se aprofundar as análises dos inventários de emissões de carbono das empresas, estudar as políticas públicas e as principais barreiras para sua implementação, bem como analisar o impacto das estratégias no âmbito econômico, social e ambiental.

Palavras-chave: Empresas de Petróleo, Neutralidade de Carbono, Mudanças Climáticas, Acordo de Paris, Sustentabilidade.

ABSTRACT

The following study focuses on the strategies of oil companies to achieve carbon neutrality. The objective of this study is to critically analyze and compare the adaptation and mitigation plans of oil companies in their pursuit of carbon neutrality within the context of climate change and the commitments made by countries in the Paris Agreement. The research was conducted through a literature review, which encompassed the analysis of relevant studies and documents on climate change, carbon neutrality, and strategies adopted by oil companies. Information and data available on Petrobras, PetroChina, Saudi Aramco, and ExxonMobil were examined. The literature review highlighted the importance of reducing greenhouse gas emissions to address the climate crisis and the need for immediate action. It also emphasized the direct relationship between greenhouse gas emissions and climate change, as well as the goals established by international agreements. The analyzed oil companies are responding to structural changes in the oil sector and national policies related to oil. However, there are limitations and challenges that can hinder the effective implementation of strategies, necessitating increased efforts and diversification of energy sources. Consider that all the analyzed oil companies need to adopt a more critical, ambitious, and transformative approach to achieve carbon neutrality. It is recommended to further analyze the carbon emission inventories of companies, study public policies and the main barriers to their implementation, as well as analyze the impact of strategies on the economic, social, and environmental levels.

Keywords: *Oil Companies, Carbon Neutrality, Climate Change, Paris Agreement, Sustainability.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 3.1: Emissões absolutas 2015 – 2021 | 28 |
| Figura 3.2: Histórico de Emissões Diretas de GEE | 29 |
| Figura 3.3: Histórico de Emissões de GEE por Tipo de Gás..... | 29 |
| Figura 3.4: Histórico de Emissões de GEE por Segmento de Negócio..... | 30 |
| Figura 3.5: Intensidade de Emissões de GEE no E&P | 30 |
| Figura 3.6: Consumo de Gás Natural na China e Vendas de Gás Natural PetroChina | 36 |
| Figura 3.7: Emissões Escopo 2 da Saudi Aramco | 39 |
| Figura 3.8: Intensidade Energética Saudi Aramco | 41 |
| Figura 3.9: Investimentos em P&D da Saudi Aramco | 43 |
| Figura 3.10: Inventário de Emissões de Carbono ExxonMobil..... | 45 |
| Figura 3.11: Intensidade Energética ExxonMobil | 46 |
| Figura 3.12: Comparação entre as emissões absolutas de GEE em 2021 | 50 |
| Figura 3.13: Comparação entre os investimentos em projetos de redução de emissões de GEE Em 2021 (US\$ milhões)..... | 51 |
| Figura 3.14: Comparação entre a intensidade de emissão de Carbono kg CO ₂ e/boe . | 51 |
| Figura 3.15: Comparação entre a relação do lucro líquido em 2021 e o investimento em descarbonização | 52 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 3.1: Comparação entre as empresas citadas no estudo | 49 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | Formulação do Problema | 11 |
| 1.2 | Justificativa | 12 |
| 1.3 | Objetivos..... | 13 |
| 1.3.1 | Objetivo Geral | 13 |
| 1.3.2 | Objetivos Específicos | 13 |
| 1.4 | Metodologia | 13 |
| 1.5 | Estrutura do Trabalho | 14 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 15 |
| 2.1 | Mudanças Climáticas e a Importância da Neutralidade de Carbono | 15 |
| 2.1.1 | A Mudança do Clima | 16 |
| 2.1.2 | Relação entre a Emissão de Gases de Efeito Estufa e as Mudanças Climáticas .. | 18 |
| 2.1.3 | Acordos Internacionais que Estabelecem Metas de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa..... | 19 |
| 2.2 | Estratégias das Empresas de Petróleo Para Atingir a Neutralidade de Carbono..... | 21 |
| 2.2.1 | Mudanças Estruturais no Setor Petrolífero Mundial e Brasileiro | 21 |
| 2.2.2 | Políticas Nacionais para o Setor de Petróleo | 23 |
| 2.2.3 | Principais Estratégias Adotadas pelas Empresas de Petróleo para Atingir a Neutralidade de Carbono..... | 24 |
| 2.2.4 | Limitações e Desafios para a Implementação dessas Estratégias..... | 25 |
| 3 | ESTRATÉGIAS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DE EMPRESAS DE PETRÓLEO NO MUNDO | 27 |
| 3.1 | Petrobras | 27 |
| 3.1.1 | Relatório de Sustentabilidade / Plano de Mudanças Climáticas..... | 27 |
| 3.1.2 | Inventário de Emissões de Carbono | 27 |
| 3.1.3 | Investimentos e Inovação para Transição Energética..... | 31 |
| 3.2 | PetroChina | 33 |
| 3.2.1 | Relatório de Sustentabilidade / Plano de Mudanças Climáticas..... | 33 |
| 3.2.2 | Inventário de Emissões de Carbono | 34 |
| 3.2.3 | Investimentos e Inovação para Transição Energética..... | 35 |
| 3.3 | Saudi Aramco | 37 |
| 3.3.1 | Relatório de Sustentabilidade / Plano de Mudanças Climáticas..... | 37 |
| 3.3.2 | Inventário de Emissões de Carbono | 39 |
| 3.3.3 | Investimentos e Inovação para Transição Energética..... | 41 |
| 3.4 | ExxonMobil | 43 |
| 3.4.1 | Relatório de Sustentabilidade / Plano de Mudanças Climáticas..... | 43 |
| 3.4.2 | Inventário de Emissões de Carbono | 44 |
| 3.4.3 | Investimentos e Inovação para Transição Energética..... | 46 |
| 3.5 | Comparação Entre os Planos das Empresas..... | 48 |
| 4 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS..... | 53 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 58 |

1 INTRODUÇÃO

As emissões crescentes de dióxido de carbono (CO_2), também conhecido como gás carbônico, Responsável por cerca de 60% do efeito-estufa, cuja permanência na atmosfera é de pelo menos centena de anos, o dióxido de carbono é proveniente da queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural, turfa) (CETESB, 2012). Esse gás é insípido, inodoro, incolor em condições normais, sendo de difícil detecção. Desta forma, entende-se que o preocupante não é a presença do dióxido de carbono na atmosfera, mas sim a alta concentração em que se encontra.

Dito isso, a alta da concentração de dióxido de carbono na atmosfera vem acontecendo desde o final do século XVIII, juntamente com o início da Revolução Industrial, que demandou a utilização de grandes quantidades de carvão mineral e petróleo como fontes de energia. Desde então, a concentração média desse gás vem aumentando e já excedeu as 400 partes por milhão (ppm) em 2016, de acordo com a Organização Meteorológica Mundial, órgão da ONU.

Grandes quantidades de dióxido de carbono levam à poluição do ar, à chuva ácida, ao desequilíbrio do efeito estufa e, com isso, a elevação da temperatura no planeta, ao derretimento de calotas de gelo, à elevação dos níveis oceânicos, que geram grande degradação dos ecossistemas.

Firmado em 12 de dezembro de 2015, durante a 21ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP 21), o Acordo de Paris, surge com propostas, que entraram em vigor no dia 4 de novembro de 2016, quando 55% dos países emissores de GEE o ratificaram. Assim, o Acordo de Paris estimula a criação de mecanismos que diminuam a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), minimizando assim o impacto das mudanças climáticas que já apresentam efeitos ambientais consideráveis.

Segundo Carvalho (2017), as transações realizadas com as vendas de carbono equivalente deram origem ao Mercado de Carbono. Esse mercado, além de aumentar os esforços para diminuir as emissões de GEE, estimula investimentos em tecnologias inovadoras de baixo consumo de carbono e de energia. Mesmo os países que não têm metas estabelecidas possuem uma maneira de cooperar com os países desenvolvidos. Através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que é uma contribuição voluntária significativa dos países em desenvolvimento, é levado em consideração o

princípio do Protocolo de Quioto das responsabilidades comuns, mas diferenciadas. As atividades de projeto de MDL nos países em desenvolvimento têm que apresentar benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo e estar diretamente relacionadas aos gases de efeito estufa, podendo reduzir as emissões de GEE ou aumentar a remoção de CO₂.

Assim, esta pesquisa tem como foco principal a neutralidade de carbono, que vem aparecendo em grandes empresas como foco de inovação e, além disso, comparar as medidas das empresas internacionais de petróleo e a Petrobras, de modo a criar uma análise comparada dos planos de adaptação e mitigação destas.

1.1 Formulação do Problema

As mudanças climáticas têm se tornado uma ameaça cada vez mais urgente para o planeta, e a neutralidade de carbono é uma meta necessária para lidar com essa crise. O Acordo de Paris, assinado em 2015 por 197 países, estabeleceu uma meta global de limitar o aumento da temperatura média global abaixo de 2°C, e idealmente abaixo de 1,5°C, em relação aos níveis pré-industriais. Para alcançar essa meta, a neutralidade de carbono se tornou essencial.

No entanto, as empresas de petróleo têm se tornado relevante nesse cenário por seus esforços para atingirem a neutralidade de carbono. Embora muitas dessas empresas tenham feito declarações públicas de seu compromisso em reduzir as emissões de carbono e atingir a neutralidade de carbono até 2050, há muita controvérsia sobre se esses compromissos são realmente eficazes ou se são apenas uma jogada de relações públicas.

A principal estratégia das empresas de petróleo para atingir a neutralidade de carbono tem sido a transição para fontes de energia renovável, como a energia solar e eólica. Algumas empresas também estão investindo em tecnologias de captura de carbono, que podem reduzir as emissões de carbono de seus processos de produção de petróleo e gás.

No entanto, há um debate intenso sobre se essas estratégias são realmente suficientes para atingir a neutralidade de carbono. Alguns críticos argumentam que essas empresas ainda estão explorando novas reservas de petróleo e gás, o que significa que as emissões de carbono continuarão aumentando. Além disso, há preocupações de que

a captura de carbono possa ser uma solução temporária e insustentável, e que a transição para fontes renováveis possa ser muito lenta para impedir as mudanças climáticas.

Outra crítica às empresas de petróleo é que elas estão gastando muito mais dinheiro em publicidade e relações públicas do que em soluções reais para as mudanças climáticas. Muitas dessas empresas gastam bilhões de dólares em campanhas publicitárias que promovem sua imagem de sustentabilidade, enquanto investem muito menos em tecnologias e práticas de produção que poderiam realmente reduzir as emissões de carbono.

Em última análise, a questão é se as empresas de petróleo estão realmente comprometidas em atingir a neutralidade de carbono ou se estão simplesmente tentando manter o *status quo* enquanto mudam sua imagem pública. Enquanto a transição para fontes de energia renovável é um passo importante, muitas pessoas argumentam que é preciso muito mais para realmente enfrentar as mudanças climáticas. Dessa forma, fica como reflexão como podemos garantir que as empresas de petróleo estejam realmente fazendo sua parte para alcançar a neutralidade de carbono e proteger nosso planeta.

1.2 Justificativa

Embora muitas empresas tenham anunciado compromissos de redução de emissões e de atingir a neutralidade de carbono até 2050, há dúvidas sobre se esses compromissos são suficientes e se as empresas estão realmente comprometidas com a redução das emissões de carbono ou se estão apenas tentando melhorar sua imagem pública. Além disso, há preocupações de que as estratégias atuais, como a transição para fontes de energia renovável e a captura de carbono, possam não ser suficientes para evitar mudanças climáticas catastróficas.

A resposta para essa pergunta não é simples. É necessária uma análise cuidadosa das estratégias e compromissos das empresas de petróleo para avaliar sua eficácia na redução das emissões de carbono e se eles estão sendo realizados de forma real e consistente. Além disso, é importante continuar pressionando as empresas de petróleo e governos a tomarem medidas mais ambiciosas para proteger o planeta e alcançar a neutralidade de carbono o mais rápido possível.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar e comparar os planos de adaptação e mitigação de empresas de petróleo, dentre as quais a Petrobras, para atingir a neutralidade de carbono no contexto das mudanças climáticas e dos compromissos firmados pelos países no Acordo de Paris.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudar as mudanças estruturais no setor petrolífero mundial e brasileiro;
- Identificar as NDCs (sigla em inglês para Contribuição Nacionalmente Determinada) apresentadas pelos países no Acordo de Paris;
- Identificar os planos para atingir a neutralidade de carbono pelas empresas de petróleo selecionadas;
- Selecionar quatro empresas de petróleo para realizar análise comparativa;
- Identificar custos de investimento associados às medidas propostas pelas empresas;
- Identificar os compromissos assumidos desde 2015 até 2050 para a descarbonização;
- Diagnosticar a redução de carbono pretendida das empresas;
- Identificar políticas nacionais para o setor de petróleo.

1.4 Metodologia

Realizou-se um estudo de revisão bibliográfica acerca de como as metas propostas no Acordo de Paris influenciaram no setor petrolífero mundial, utilizando-se de artigos científico e relatórios de sustentabilidade das empresas.

A metodologia utilizada foi a seguinte: os resultados respeitantes a cada tópico do trabalho são apresentados e logo depois é feita a sua análise. Os resultados são apresentados em tabelas, gráficos e figuras, de modo que permita uma maior compreensão.

O passo a passo seguido foi:

- Definição da fonte de dados e definição dos critérios adotados de busca;
- Busca na base de dados e seleção e análise dos artigos;

- Extração e análise dos dados;
- Síntese e elaboração dos resultados.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho está organizado três etapas, a primeira constitui em levantamentos em definições de conceitos referentes a mudanças climáticas e metas propostas para a mitigação como, impacto das mudanças climáticas, relação dos GEE com as mudanças climáticas, acordos internacionais que visam reduzir essas emissões, estratégias adotadas pelas principais empresas de petróleo do mundo para atingir as reduções de emissões. A segunda parte tem como objetivo analisar os relatórios de sustentabilidade, planos de mudanças climáticas, inventários de emissões de carbono, investimentos e inovação para transição energética, de quatro empresas do setor de petróleo: Petrobras, PetroChina, Saudi Aramco e ExxonMobil. A última parte consiste em fazer a comparação e análise das medidas propostas pelas empresas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mudanças Climáticas e a Importância da Neutralidade de Carbono

No ano de 2006, a “neutralidade de carbono” ficou conhecida como a expressão mais abordada em pautas sobre mudanças climáticas e de preservação ambiental. Anos depois, esse termo se destacou ainda mais e avançou para o campo científico, além de adentrar em discussões políticas, econômicas, diplomáticas e de ativismo ambiental. Conseguir atingir a neutralidade de carbono é um aspecto muito importante para que sejam cumpridas as metas estabelecidas no Acordo de Paris, tratado firmado em 2015, que objetiva a minimização das consequências oriundas das mudanças climáticas (THOMAS, 2021).

A neutralidade de carbono é a busca pelo equilíbrio entre as emissões de carbono e as absorções realizadas pelos sistemas naturais, tornando o saldo da atmosfera, em tese, neutro. Basicamente, seria o equilíbrio entre os gases emitidos e os gases removidos da atmosfera. As atividades que resultam na liberação de GEE podem continuar acontecendo, entretanto, deve haver projetos de remoção para que seja retirado o equivalente da atmosfera, assim tendo um balanço neutro (TEIXEIRA *et al.*, 2021).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) estabeleceu que até o ano de 2050 a Terra precisa conquistar a neutralidade nas emissões de CO₂ e até 2070, a neutralidade referente a todos os gases estufas. Caso isso não aconteça, será praticamente impossível manter o aquecimento global abaixo de 2°C, de acordo com o que foi estabelecido pelo Acordo de Paris (IPCC, 2021).

Para que se possa compreender a urgência em se atingir a neutralidade de carbono, é fundamental que se entenda o porquê dessa ação ser uma das maiores lutas dos últimos anos. Os gases estufas são responsáveis pelo fenômeno do efeito estufa. Eles permitem que o planeta tenha temperaturas adequadas para que haja a sobrevivência de toda a vida. Entretanto, a ação desgovernada do homem na exploração de recursos naturais e na industrialização, tem intensificado o processo do efeito estufa e isso tem repercutido na variação climática, resultando no aquecimento excessivo do planeta (LIMA e BENKE, 2021).

Diante desses impactos, tem-se buscado soluções para que se consiga descarbonizar a economia, ou seja, passar a utilizar fontes de energia limpas e

renováveis. Locais como a Floresta Amazônica, manguezais e ecossistemas marinhos são responsáveis por grande absorção de carbono. A restauração desses sumidouros de carbono tem se apresentado como uma boa estratégia para que a natureza consiga retirar esse carbono da atmosfera, visto que as indústrias por si só nunca vão conseguir eliminar totalmente a emissão de gases (LIMA e BENKE, 2021).

Sob a perspectiva do setor privado, existem muitas oportunidades de investimento. As empresas podem pensar na possibilidade de se investir em fontes limpas para a geração de energia, além de apoiar projetos como os que geram os créditos de carbono. A compensação pelas altas emissões de um país, por exemplo, podem ser realizada pela compra do percentual que outro país conseguiu reduzir de suas próprias emissões, resultando em créditos que podem ser comercializados (THOMAS, 2021).

2.1.1 A Mudança do Clima

A mudança do clima é um assunto comumente abordado na mídia, contudo, apresentando informações, por vezes, incertas ou duvidosas, no que se refere as variações do clima e as perspectivas para o futuro (MURINGA e GALATTO, 2017).

Ao se verificar os acontecimentos ambientais no decorrer dos últimos anos, verifica-se a urgência de discussões acerca dos mais variados fenômenos da natureza, principalmente aqueles que resultaram em grandes catástrofes (MURINGA e GALATTO, 2017). Segundo o IPCC (2021), mudança climática é qualquer mudança que ocorre no planeta, oriunda das variações naturais ou da ação do ser humano. Para Giddens (2009) o aquecimento da temperatura da Terra é a base de muitos desastres climáticas que se desencadearam ao longo da história.

A pauta sobre mudanças climáticas tem se tornado comum em falas de governantes por todo o mundo. A partir da pressão feita pela sociedade, os representantes governamentais passaram a atentar-se a essa temática com maior seriedade. Todavia, muitos que ainda não respeitam as normativas de redução de poluentes tem justificado suas falhas no próprio dinamismo da economia global (MURINGA e GALATTO, 2017). Apesar de ainda tentarem justificar, Tanaka (2010) relata que a ação antrópica tem sido a maior causa do aumento da temperatura do planeta. Um exemplo muito comum e que a literatura relata ser resultado da ação humana é o aumento do nível do mar. A partir de estudos e modelos, os resultados indicam que é um processo que tende a aumentar.

Não há como descartar todas as perdas econômicas e até mesmo de vidas devido às severas mudanças climáticas. Na Região Sul do Brasil, por exemplo, eventos como enchentes, chuvas de granizo, inundações, pequenos tornados, descargas elétricas e estiagens resultaram em perdas irreparáveis (MUNGA e GALATTO, 2017). Dessa forma, a sociedade encontra-se vulnerável às mudanças climáticas, uma vez que o ser humano e a natureza se afetam de forma mútua, e é nas áreas urbanas que esse processo acontece em maior escala (GIDDENS, 2009).

De acordo com algumas projeções realizadas pelo IPCC, devido as altas concentrações dos GEE, a intensificação da mudança do clima e seus respectivos impactos são esperados. No Brasil, a Região Nordeste, especialmente as áreas semiáridas e áridas, vão passar por uma redução de recursos hídricos. Nas florestas tropicais, poderá ocorrer a extinção de algumas espécies. A recarga dos lençóis freáticos no Nordeste, poderá reduzir em até 70%. Já na Região Sudeste, haverá aumento das chuvas com impactos sob a agricultura, com possibilidade de inundações em São Paulo e Rio de Janeiro. O aumento do nível do mar também poderá acabar resultando em impactos sob os mangues. Caso ocorra um relevante aumento de temperatura, até 45% das plantas do cerrado poderão correr risco de extinção (IPCC, s/d).

De acordo com Munga e Galatto (2017, p. 123):

As mudanças climáticas geram além de impactos ambientais, impactos sociais e econômicos. As doenças arremetem a população, aqueles que podem, pagam por uma cura ou um tratamento, já aqueles que não podem, viram estatísticas, tornando-se um número entre tantos outros que definem a mortalidade anual de um país.

Estimativas da ONU apontam que as mudanças climáticas podem ocasionar até 150 mil mortes por ano e até cinco milhões de casos de doenças. As geleiras também podem vir a reduzir devido às altas temperaturas e a precipitação da neve contribuir de forma negativa no fornecimento de água em alguns locais do planeta. A escassez de água pode repercutir em locais com pouco ou nenhum reservatório e represas (TEIXEIRA *et al.*, 2021).

Para Munga e Galatto (2017, p. 123):

A Organização Mundial da Saúde (OMS) apresentou uma estimativa de que as mudanças climáticas globais podem provocar até 150 mil mortes todos os anos, e ao menos cinco milhões de casos de doenças. Além dos problemas de saúde, as temperaturas elevadas devem reduzir as geleiras e a precipitação de neve prejudicando o fornecimento de água em algumas regiões do mundo. A indisponibilidade de água pode atingir áreas onde não há reservatórios ou

represas suficientes para armazená-la, tendo em vista o abastecimento público, dessedentação de animais, uso industrial e na agricultura.

Mesmo diante de todo esse contexto de variações climáticas e suas consequências, ainda se estima melhorias por meio de acordos e cooperações entre grandes potências, além de ações que possibilitem uma mudança de cultura no que se refere à emissão de poluentes. Todavia, mesmo entendendo a importância de se preservar, essa pauta ainda é algo que percorrerá uma longa jornada (TEIXEIRA *et al.*, 2021).

2.1.2 Relação entre a Emissão de Gases de Efeito Estufa e as Mudanças Climáticas

O efeito estufa é um fenômeno natural que possibilita o aquecimento do planeta, indispensável para a manutenção da vida na Terra. Caso a Terra devolvesse para o espaço toda a quantidade de radiação que recebe, não haveria energia suficiente para que todos os ecossistemas e demais sistemas naturais sobrevivessem (NETO, 2010).

Para Neto (2010, p. 45) o vapor d'água é o mais poderoso dos gases estufa.

Ele é gerado pela evaporação dos oceanos, dado o efeito estufa natural. Mas o efeito estufa antrópico, na medida em que aquece artificialmente o planeta, amplifica a evaporação oceânica. Mais vapor d'água na atmosfera significa mais calor, e, portanto, maior evaporação. Forma-se um ciclo vicioso onde o efeito estufa antrópico gera vapor d'água que potencializa o efeito estufa antrópico.

Os outros gases estufas são o dióxido de carbono (CO₂), o gás metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Esses gases são originados tanto de fontes naturais, como também, a partir da ação do ser humano, sendo que as ações antrópicas têm contribuído para o aumento desses gases no planeta. O CO₂ é o gás com maiores chances de potencializar o efeito estufa, uma vez que ele é comumente lançado na atmosfera. Em seguida, o metano e posteriormente o óxido nitroso que, apesar de ser altamente poluente, é emitido em quantidades bem baixas quando comparado aos outros dois gases (JUNGES; SANTOS; MASSONI, 2018).

Juras (2008, p. 33) aborda que:

Esses compostos são conhecidos como gases de efeito estufa, pois permitem a passagem da luz solar e retêm o calor, da mesma forma que os vidros de um carro fechado ou o revestimento de uma estufa sob a incidência do sol.

Neto (2010, p. 47) aborda outros gases que são produzidos exclusivamente por atividades humanas:

É o caso dos clorofluorcarbonos (CFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e do hexafluoreto de enxofre (SF₆). A maioria deles tem forçamentos radiativos milhares de vezes superior ao do CO₂, mas sua concentração atmosférica é bastante inferior, tornando-os fontes secundárias do efeito estufa.

Diante da intensificação da emissão desses gases, verões extremamente quentes, chuvas acima da média, estiagens e secas têm se tornado uma realidade em vários países, incluindo o Brasil. Com exceção do Nordeste, onde a seca e períodos chuvosos anormais é algo comum, as demais regiões quase nunca se depararam com eventos climáticos tão intensos. Em 2005, a Amazônia vivenciou um período de estiagem que repercutiu em mais de 62 cidades do estado do Amazonas. Os tornados também se tornaram fenômenos comuns no país (JURAS, 2008).

São muitas as consequências a partir do efeito estufa e apesar de todos os tratados e divulgação científica, ainda é comum a desinformação e o negacionismo acerca das mudanças climáticas do planeta. É de suma importância que todos os países, governos, economias, ambientalistas e civis trabalhem em conjunto na promoção de estratégias que possibilitem um país menos agredido pelas altas temperaturas e mais conscientes de que o futuro da Terra pode estar comprometido se nenhuma atitude for tomada (JUNGES; SANTOS; MASSONI, 2018).

2.1.3 Acordos Internacionais que Estabelecem Metas de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Com o objetivo de reduzir os GEE, foram criadas, ao longo dos anos, várias iniciativas que colaborassem com a neutralidade do carbono e com o ajustamento do atual modo de produção da humanidade. Em 2021, o Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC) manifestou seu último relatório cobrando ações imediatas para que não ocorra a perda da janela temporal 2°C, de acordo com o que foi determinado na 21ª Conferência das Partes (COP 21) (IPCC, 2021).

Todo esse discurso preservacionista e o controle das mudanças climáticas pela ONU não é algo atual. No ano de 1972, a Suécia sediou a primeira grande conferência da organização para se debater as questões ambientais: a Conferência de Estocolmo. Anos depois, foi promovida no Brasil a Conferência das Nações Unidas sobre Meio

Ambiente, chamada de Rio-92. Neste momento, buscava-se a conciliação entre desenvolvimento socioeconômico e preservação do meio ambiente e de todos os recursos naturais por meio de protocolos de intenções (TEIXEIRA *et al.*, 2021).

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro (Brasil) em 1992, teve como um de seus objetivos o estabelecimento de princípios e compromissos comuns entre as diferentes nações que guiassem um desenvolvimento sustentável da comunidade global, resultando na Agenda 21 (CNUMAD, 1992).

O Protocolo de Kyoto, surgiu com o objetivo controlar as emissões de seis tipos de gases de efeito estufa, mas apresentou um problema importante em sua concepção: os países em desenvolvimento não tinham metas de redução de emissões dos gases, o que caracterizava um comportamento de carona, usufruindo de eventuais ganhos sem nenhum tipo de custo (MARENGO, 2014).

A COP 21, que aconteceu em Paris, reuniu vários países para se discutir, em caráter de urgência, estratégias para conter o aquecimento global e, na ocasião, celebrou-se o Acordo de Paris que é responsável legal sobre mudanças climáticas. Uma das principais metas estabelecidas foi manter o aquecimento médio na temperatura do planeta em 2°C (UNFCCC, 2020).

A COP 26 foi adiada devido à pandemia da Covid-19. Entretanto, a ONU realizou a campanha *Race to Zero*, que buscou consolidar a agenda do desenvolvimento sustentável e combate a mudanças climáticas (UNFCCC, 2020).

O engajamento de países, cidades, empresas e investidores tem possibilitado a criação de novos projetos e tecnologias com a finalidade de tornar a matriz energética mundial cada vez mais limpa e eficiente. Ainda que já se tenha ocorrido algumas transformações no que tange a emissão de poluentes, a pequena percepção e resultados dessas mudanças tem mobilizado a opinião pública a cobrar a aceleração de políticas fundamentais para a manutenção de um desenvolvimento econômico que seja, também, ambientalmente sustentável. (TEIXEIRA *et al.*, 2021).

2.2 Estratégias das Empresas de Petróleo Para Atingir a Neutralidade de Carbono

A Portos e Navios (2021) apontou que a Petrobras quer atingir a neutralidade referente às emissões de carbono. A companhia explanou a intenção de influenciar seus parceiros no mesmo contexto nos campos de petróleo e gás. Essa decisão está de acordo com o posicionamento das 12 empresas que compõem a *Oil and Gas Climate Initiative* - OGCI (Iniciativa Climática para Óleo e Gás). Essas empresas representam mais ou menos 30% da produção mundial de óleo e gás, e juntas estão buscando por estratégias para que consigam alcançar esse objetivo.

A Oil and Gas Climate Initiative é um grupo liderado por presidentes de 12 empresas de petróleo e gás que pretende conduzir uma resposta do setor às mudanças climáticas, reunir conhecimento e colaborar com soluções para reduzir a emissão de gases de efeito estufa. A Petrobras, assim com as demais companhias associadas, contribui financeiramente por meio de um fundo de investimentos, o OGCI Climate Investments, para o desenvolvimento de tecnologias que contribuem para a redução de emissões associadas ao uso de fontes fósseis (PORTOS E NAVIOS, 2021).

Em seu planejamento estratégico 2021-2025, a Petrobras estimou investimentos de U\$\$ 1 bilhão em ações de sustentabilidade, entre elas: descarbonização das operações; desenvolvimento de combustíveis mais sustentáveis; pesquisas em energia sustentável e soluções de baixo carbono (LIMA; BENKE, 2021).

2.2.1 Mudanças Estruturais no Setor Petrolífero Mundial e Brasileiro

Para se alcançar as metas estabelecidas pelo Acordo de Paris, o Brasil se comprometeu em diminuir suas emissões de GEE até o ano de 2030. Para isso, se buscará inserir os biocombustíveis na matriz energética nacional como forma de eficiência energética, instigando o crescimento da produção interna do uso dos biocombustíveis, objetivando o abastecimento nacional e colaborando com a participação do mercado interno de combustíveis (BAGGIO, 2018).

O programa RenovaBio, criado em 2017 pelo Ministério de Minas e Energia, é uma política pública estabelecida pela Lei 13.576/2017 que tem como finalidade alcançar as metas de minimização dos gases estufas impostas pelo Acordo de Paris (BRASIL, 2017).

A partir do compromisso com a redução dessas emissões, determinou-se a implementação de medidas que reduzissem em 37% das emissões de carbono até o ano de 2025 e 43% até 2030, começando com o aumento da presença dos biocombustíveis na matriz energética do Brasil (FGV, 2017). Visto isso, o país começou a disponibilizar uma oportunidade para o desenvolvimento interno dos biocombustíveis na matriz, investindo na infraestrutura e na capacidade das refinarias para a fabricação de biocombustíveis (FGV, 2017).

A inserção dos biocombustíveis no mercado, de acordo com o previsto em lei, atinge diretamente os agentes econômicos, o incentivo da produção interna, o crescimento da competitividade do mercado internacional e a proteção do interesse dos consumidores (BAGGIO, 2018).

O Ministério de Minas e Energia estabeleceu os objetivos para o RenovaBio priorizando a expansão dos biocombustíveis no mercado interno e auxiliando na diminuição das emissões de carbono (BRASIL, 2018).

A fim de se ter o reconhecimento de mercado do RenovaBio, serão inseridos mecanismos que promovam as metas nacionais de diminuição na matriz de combustíveis, o crédito de descarbonização, a certificação de biocombustíveis, as edições compulsórias de biocombustíveis fósseis, além de incentivos fiscais, financeiros e creditícios (BRASIL, 2017).

A redução dos gases na matriz de combustíveis é um dos aspectos mais relevantes instaurados pela Lei 13.576/17, uma vez que instigará a participação dos biocombustíveis na produção sustentável com o intuito de diminuir de forma eficaz a quantidade de emissões de carbono nas fontes energéticas utilizadas no Brasil. A meta geral será dividida em metas individuais para os distribuidores de combustíveis segundo sua participação no mercado, sendo que deverá ser comprovada a quantidade produzida de crédito de descarbonização (BRASIL, 2018).

A certificação de biocombustíveis tem por finalidade o aumento da eficácia energética e será cedida ao produtor ou importador de biocombustíveis que cumprir as características individuais estabelecidas em regulação e terá como base a avaliação do ciclo de vida referente ao conteúdo energético com menor emissão de gases que resultam no efeito estufa (BRASIL, 2018).

Outro instrumento instaurado pela lei que tem vínculo direto com as metas nacionais de redução de emissões de carbono e certificação dos biocombustíveis é o crédito de descarbonização. Este será cedido às produtoras segundo a quantidade de energia limpa que for produzida. Isso poderá se tornar um ativo financeiro negociado na bolsa de valores e emitido por quem produz o biocombustível (BRASIL, 2017).

É fundamental que os produtores e distribuidores atentem-se às cargas tributárias lançada pelo Governo Federal sob a produção de biocombustíveis, assim como ser prudente no que tange as metas de redução da emissão de gases que geram o efeito estufa do RenovaBio (BAGGIO, 2018).

2.2.2 Políticas Nacionais para o Setor de Petróleo

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2021), as políticas setoriais almejam os seguintes objetivos:

- ✓ Preservar o interesse nacional;
- ✓ Promover a livre concorrência, o desenvolvimento, ampliar o mercado de trabalho, a conservação de energia e a valorização dos recursos energéticos;
- ✓ Proteger o meio ambiente e os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos derivados de hidrocarbonetos e biocombustíveis;
- ✓ Garantir o fornecimento de derivados de petróleo em todo o território nacional;
- ✓ Incrementar, em bases econômicas, a utilização do gás natural;
- ✓ Aumentar a participação dos biocombustíveis na matriz energética nacional em bases econômicas, sociais e ambientais;
- ✓ Atrair investimentos na produção de energia.

Em 2015, o Brasil apresentou a sua *National Determined Contribution* - NDC (Contribuição Nacional Determinada) à UNFCCC demonstrando que a implementação de políticas e adoção de medidas para se adaptarem às mudanças climáticas colaboram para o aumento da recuperação das populações, ecossistemas, infraestruturas e sistemas produtivos, assim como para a responsabilidade e manutenção do fornecimento de serviços ambientais (VITAL, 2018).

Em conformidade com as decisões 1/CP.19 e 1/CP.20, o Governo da República Federativa do Brasil tem a satisfação de comunicar ao Secretariado

da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) sua pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (*intended Nationally Determined Contribution – iNDC*), no contexto das negociações de um protocolo, outro instrumento jurídico ou resultado acordado com força legal sob a Convenção, aplicável a todas as Partes (BRASIL, 2016).

A NDC nacional é ampla e contempla programas de minimização dos efeitos climáticos e de adaptação a qualquer transformação climática, assim como diferentes formas de implementá-las. Contempla, também, atenção às unidades de conservação e as áreas indígenas e quilombolas. O documento se estende a coberturas de gases (CO₂, metano, óxido nitroso, perfluorcarbonetos e hidrofluorcarbonetos) (VITAL, 2018).

Segundo Vital (2018, p. 178), as políticas e os instrumentos para a efetivação da NDC brasileira estão embasados em algumas normativas:

- ✓ Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei 12.187, de 29 de dezembro de 2009);
- ✓ Código Florestal (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012);
- ✓ Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei 9.985, de 18 de julho de 2000);
- ✓ Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010);
- ✓ Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura; e
- ✓ Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) (Decreto 7.390, de 9 de dezembro de 2010).

2.2.3 Principais Estratégias Adotadas pelas Empresas de Petróleo para Atingir a Neutralidade de Carbono

Os problemas enfrentados para se atingir a neutralidade de carbono exigem que sejam promovidas estratégias cada vez mais ousadas com a finalidade de gerar resultados sustentáveis que são requisitados (BAGGIO, 2018).

A busca por recursos que minimizem a emissão de CO₂ requer mudanças que vão desde ações básicas como economia de energia e reaproveitamento da água, até medidas mais complexas como mudanças de processos, melhorias e substituição de combustíveis fósseis por energias limpas, entre outras que demandam bons investimentos, estudos e inovações.

Diminuir as consequências resultantes dos excessos de mudanças climáticas causadas pelo dióxido de carbono e demais gases poluentes, como também minimizar

as suas emissões, é um compromisso e deve ser adotado como um valor cultural nas empresas, indústrias e toda a sociedade (BAGGIO, 2018).

2.2.4 Limitações e Desafios para a Implementação dessas Estratégias

O caminho rumo à neutralidade de carbono traz consigo alguns desafios a serem vencidos. Frente ao novo cenário que busca vencer os altos índices de emissões de gases estufas, as empresas terão que passar a investir e empreender a partir de medidas sustentáveis para permanecerem no mercado. Entretanto, a neutralidade de carbono não é um processo tão simples. É fundamental que sejam realizadas análises acerca das diferentes realidades das empresas e economias para que sejam elaboradas as melhores estratégias (MAGALHÃES, 2013).

Existem três escopos por meio dos quais os gases estufas são reportados, de acordo com as diferentes categoriais de emissão. As “emissões diretas” são aquelas que são emitidas diretamente pela empresa, como por exemplo, queima de combustíveis. As “emissões produzidas de forma indireta” são as que acontecem indiretamente. São elas: compra de energia para a iluminação, aquecimento ou refrigeração de edifícios. O último tipo de emissão é aquele que a empresa é “indiretamente responsável”. Neste tópico, incluem-se emissões oriundas da compra de produtos de fornecedores e de seus produtos, quando os clientes utilizam e, posteriormente, descartam. Outros aspectos são as emissões que acontecem devido ao deslocamento de funcionários durante o trajeto e viagens de negócios, como também a destinação e tratamento dos resíduos originados dos processos e operações (PROGRESA, 2021).

Para muitas organizações que são indiretamente responsáveis pelas emissões de gases é fundamental que se estruture para atingir os objetivos referentes à neutralidade de carbono. Todavia, esse tipo de emissão nem sempre está sob o controle das empresas, o que demanda informações mais complexas quando comparadas às demais formas de emissão (TEIXEIRA *et al.*, 2021).

Ainda que existam divergências para se realizar a redução da emissão de gases, as empresas estão conscientes que esse assunto não pode ser negligenciado, além de alguns países já estarem cobrando relatórios acerca da responsabilidade pelas emissões indiretas. A pressão por medidas sustentáveis também surge por parte dos consumidores que estão priorizando o consumo de produtos sustentáveis e exigindo que as marcas

atendam as práticas de sustentabilidade em suas cadeias produtivas (PROGRESA, 2021).

Outro desafio vem sendo a transparência sobre a emissão de gases. Muitas empresas, mesmo querendo trabalhar na redução desses poluentes, ainda não conseguem medir de maneira significativa suas emissões e com isso os dados ficam cada vez menos precisos. Segundo a Progresas (2022), para que se mapeie e ocorra a devida medição das emissões, emitindo um relatório adequado, seria necessário um prazo de 2 a 3 anos, ou seja, a forma e tempo para relatar as emissões ainda é um obstáculo.

Devido a esta limitada situação, algumas organizações têm trabalho com suposições, o que também não tem sido uma boa alternativa. As suposições são baseadas na multiplicação da quantidade de um determinado material que compram pelo número médio de toneladas de CO₂ por dólar gasto. Contudo, isso pode não responder a um número real, o qual pode ser maior ou menos do que a estimativa. Como consequência desta ação pode ocorrer o comprometimento dos resultados de uma estratégia de neutralidade. Para possíveis investidores, a falta de precisão e transparência não é bem vistas. Posto isso, é de suma importância que se tome cuidado com propagandas enganosas sobre a neutralidade de carbono (TEIXEIRA *et al.*, 2021).

Por fim, outra adversidade é a procura por profissionais qualificados. A necessidade de as empresas compartilharem o máximo de informações verídicas tem instigado cada vez mais o uso de novas tecnologias que auxiliem nessa coleta de dados. Visto que é fundamental se obter esses dados de forma muito rápido, o mercado não pode esperar e demanda de mão de obra eficaz urgentemente, o que nem sempre é possível (MAGALHÃES, 2013).

3 ESTRATÉGIAS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DE EMPRESAS DE PETRÓLEO NO MUNDO

3.1 Petrobras

3.1.1 Relatório de Sustentabilidade / Plano de Mudanças Climáticas

De acordo com seu relatório de sustentabilidade de 2021 (PETROBRAS, 2021), a Petrobras entende que é possível promover simultaneamente o desenvolvimento econômico, social e ambiental e busca realizar para uma transição energética segura e justa.

A empresa adota três pilares para suas ações e resultados relacionados à gestão de carbono e mudança do clima: quantificação de carbono e transparência, resiliência da posição em fósseis frente à transição para baixo carbono e fortalecimento das competências para criar valor em baixo carbono. Entre 2015 e 2022, a Petrobras reduziu em 39% suas emissões absolutas GEE (PETROBRAS, 2021).

No mesmo relatório a empresa indica metas mais ambiciosas para redução de emissões e projetos de Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (CCUS) para os próximos anos. A meta de redução de emissões absolutas operacionais totais até 2030 é de 30% em comparação com 2015, que nesse ano foi de 78 milhões de tCO₂e. A meta de redução na intensidade de emissões de metano nas atividades de *upstream* foi revisada para 55% até 2025, buscando alcançar o valor de 0,39 tCH₄/mil tHC. A empresa estabeleceu metas mais ambiciosas para os projetos de CCUS, reajustadas para 80 milhões de tCO₂ reinjetadas até 2025 (PETROBRAS, 2021).

Diante disso, é possível observar que a Petrobras tem um papel fundamental na transição energética, apresentando um desempenho positivo em relação às emissões e ações de gestão de carbono e mudança do clima. Contudo, ainda há desafios a serem superados para alcançar metas ainda mais ambiciosas e contribuir de forma mais efetiva para a mitigação da mudança climática.

3.1.2 Inventário de Emissões de Carbono

A Petrobras possui o Sistema de Gestão de Emissões Atmosféricas (SIGEA) desde 2002, que consolida seu inventário mensal de emissões de cerca de 10 mil fontes, incluindo GEE e poluentes atmosféricos. O inventário segue a metodologia fonte a fonte,

baseada em referências internacionais, e é verificado anualmente por terceira parte, sendo publicado voluntariamente no Registro Público de Emissões do Programa Brasileiro *GHG Protocol*.

Cada área operacional é responsável pela sua gestão de emissões, avaliando seu próprio desempenho e implementando soluções de melhoria. A Gerência Executiva de Mudança Climática acompanha o inventário global e coordena ações corporativas e estratégicas. Com mostrado na Figura 3.1, entre os anos de 2015 a 2021, houve uma queda de 21% nas emissões absolutas de GEE operacionais, mas em 2021 houve um aumento consequente do despacho termelétrico atípico em um ano de crise hídrica. A meta da Petrobras é reduzir em 25% suas emissões absolutas operacionais até 2030, considerando o aumento de produção esperado para o período e apoiada por ações sistêmicas a serem implementadas nos próximos anos.

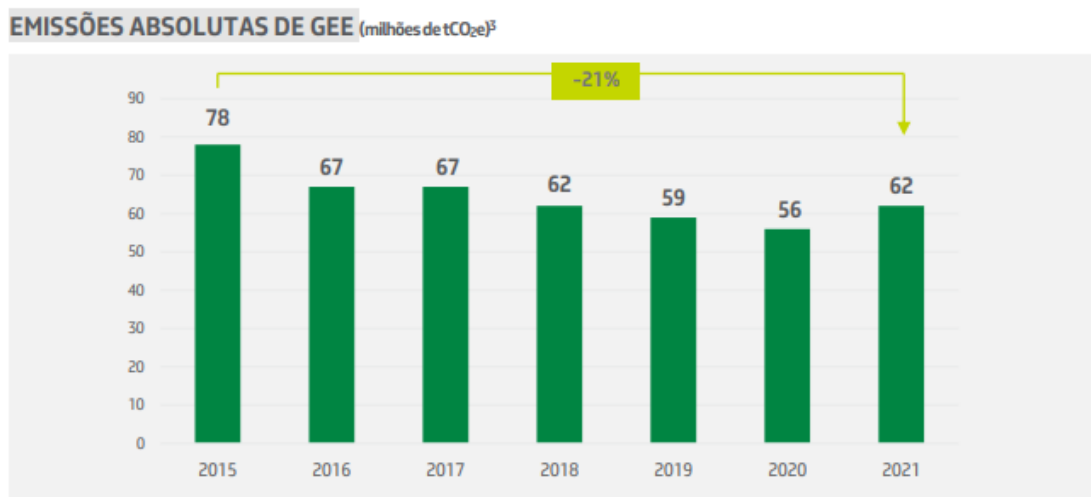


Figura 3.1: Emissões absolutas 2015 – 2021

Fonte: PETROBRAS (2021)

Outro levantamento realizado é a participação de cada escopo de produção nas emissões diretas de GEE. Conforme a Figura 3.2, o Escopo 1 contribui de forma majoritária nas emissões, correspondendo a mais de 99% desde 2015. Salientando que no Escopo 1 são consideradas emissões diretas da empresa e no Escopo 2 são consideradas as emissões indiretas.

HISTÓRICO DE EMISSÕES DIRETAS DE GEE (milhões de tCO₂e)⁴

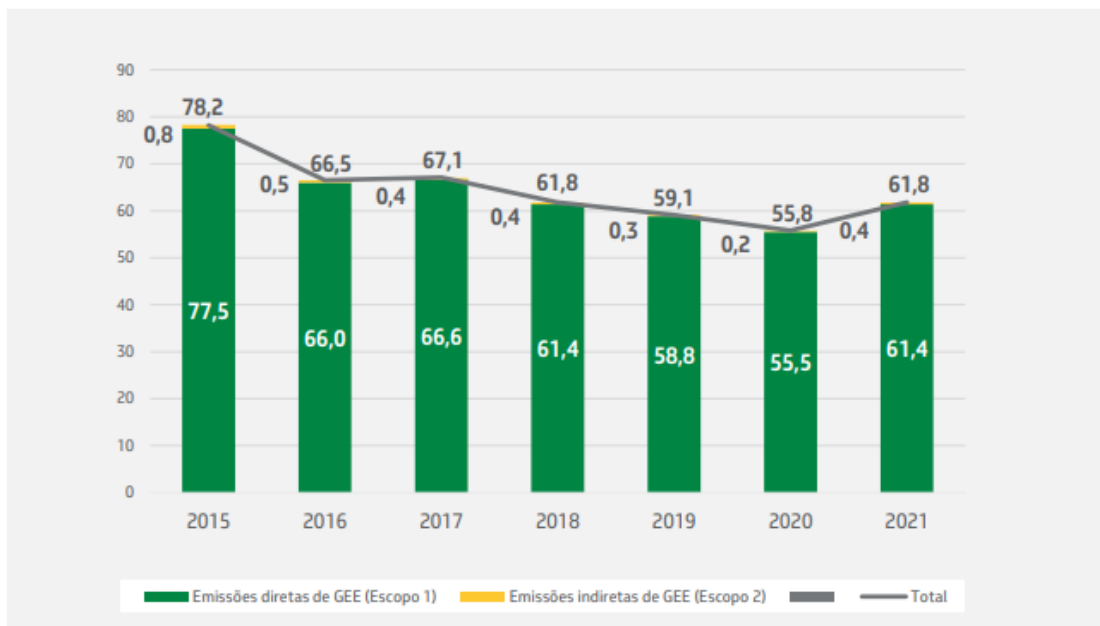


Figura 3.2: Histórico de Emissões Diretas de GEE

Fonte: PETROBRAS (2021)

Também é possível identificar que o Gás CO₂ é o que tem maior participação das emissões, dentre os GEE. Em segundo lugar está o CH₄, mas com parcelas de participação bem inferior ao CO₂. Os outros gases têm uma participação inferior comparado as esses outros dois gases, sempre estando abaixo de 0,7 milhão de tonelada. Conforme a figura 3.3.

HISTÓRICO DE EMISSÕES DE GEE POR TIPO DE GÁS (milhões de tCO₂e)⁵

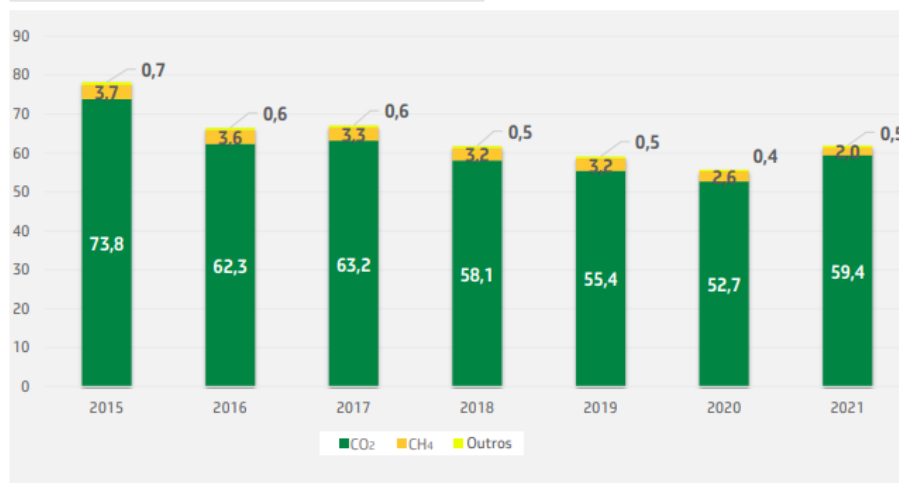


Figura 3.3: Histórico de Emissões de GEE por Tipo de Gás

Fonte: PETROBRAS (2021)

A Figura 3.4 traz qual segmento de negócio mais contribui para a emissão de GEE, é possível notar que a extração produção de óleo (E&P) e o refino, são os que mais têm participação, e vêm se mantendo praticamente constantes no decorrer dos anos. Já os outros segmentos contribuem com uma menor parcela, e também vêm diminuindo no decorrer dos anos, exceto em 2021, que, devido a uma crise hídrica, foi necessária a utilização de mais energia proveniente de termoeletricas.

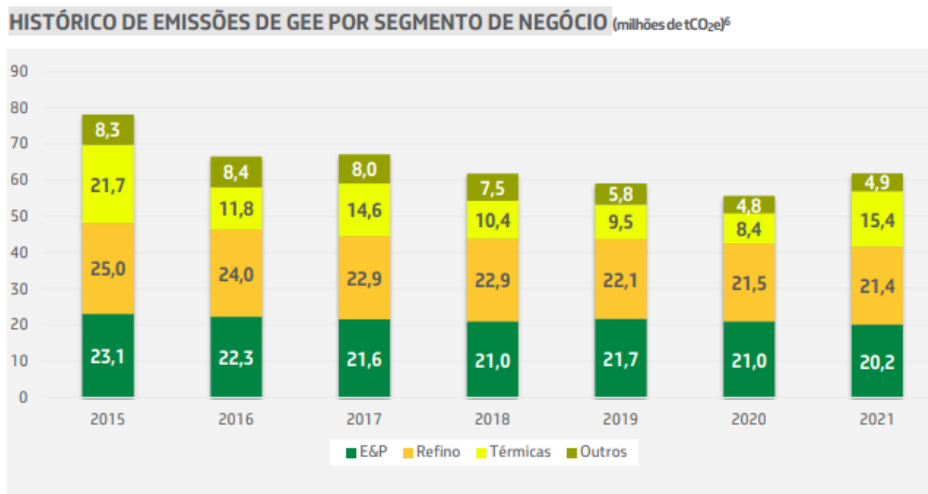


Figura 3.4: Histórico de Emissões de GEE por Segmento de Negócio

Fonte: PETROBRAS (2021)

Outra informação presente no relatório é a intensidade de emissão de GEE na exploração e produção (E&P), onde de 2009 até 2021 houve uma redução de 48%, reduzindo de 30,0 kgCO₂e/boe para 15,7 kgCO₂e/boe. A meta para 2030 é reduzir mais 4,4 % alcançado o valor de 15,0 kgCO₂e/boe até 2025. Como apresentado na Figura 3.5.

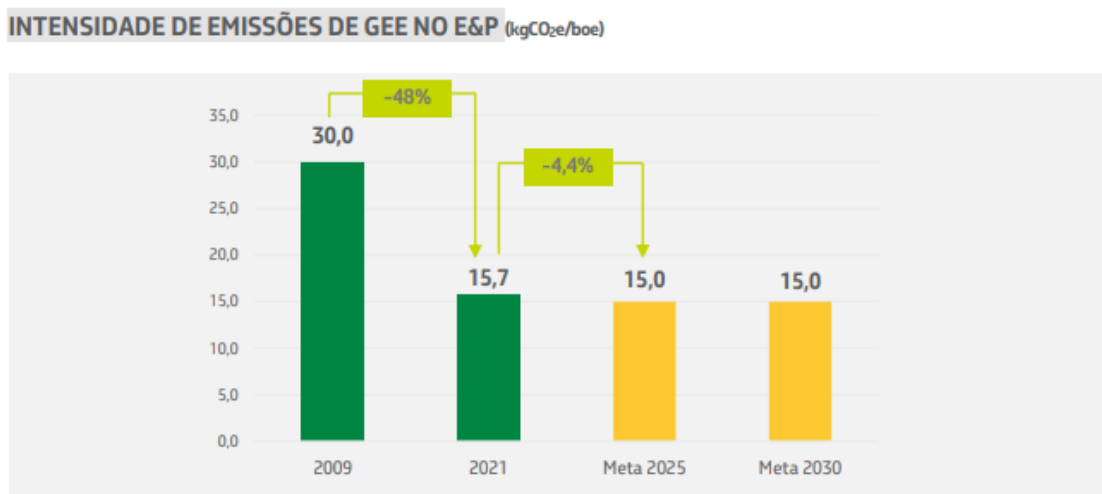


Figura 3.5: Intensidade de Emissões de GEE no E&P

Fonte: PETROBRAS (2021)

3.1.3 Investimentos e Inovação para Transição Energética

A Petrobras divulgou seu Planejamento Estratégico 2022-2026 (PETROBRAS, 2021), no qual reafirma seus compromissos de sustentabilidade publicados para os horizontes de 2025 e 2030, incluindo seis metas relacionadas à redução de emissões de carbono. Entre elas, estão a redução de 25% das emissões absolutas operacionais totais até 2030, a eliminação da queima de rotina em *flare* até 2030, a reinjeção de cerca de 40 milhões de toneladas de CO₂ em projetos de captura, uso e armazenamento de carbono até 2025, a redução de 32% na intensidade de carbono no segmento de E&P até 2025, a redução de 40% na intensidade de emissões de metano no segmento de E&P até 2025 e a redução de 16% na intensidade de carbono no refino até 2025, ampliando para 30% até 2030. O PE 2022-26 alocou US\$ 2,8 bilhões de CAPEX em projetos relacionados a descarbonização das operações (escopos 1 e 2), bioprodutos (diesel renovável e bioquerosene de aviação) e Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

A Petrobras, na última década, tem se empenhado em reduzir suas emissões de GEE. Para isso, desenvolveu projetos de mitigação de emissões de GEE, como a redução da queima de gás natural em *flare*, reinjeção de CO₂ associado à recuperação avançada de óleo (EOR), ganhos de eficiência energética e controle de perdas nas operações. Em 2021, a empresa realizou um mapeamento de oportunidades de mitigação de GEE em todos os segmentos em que atua, com quase 200 opções de mitigação em cinco categorias: eficiência, suprimento de energia, redução de perdas, processos e remoção de CO₂.

Algumas iniciativas da Petrobras para reduzir suas emissões de GEE são: o Programa Carbono Neutro, que visa identificar as melhores soluções para a trajetória de descarbonização ao menor custo; o conceito "*all electric*", que eletrifica o maior número possível de equipamentos e aplicações em novas plataformas de produção de óleo e gás; a tecnologia HISEP, que separa o gás rico em CO₂ que sai do reservatório e parte dele é reinjetada a partir de um sistema localizado no fundo do mar; e o Programa *RefTOP*, um conjunto de iniciativas para aumentar a eficiência e desempenho operacional das refinarias. A Petrobras já recebeu o prêmio *Distinguished Achievement Award for Companies* pela *Offshore Technology Conference* (OTC) quatro vezes pela inovação desenvolvida para viabilizar a produção de Búzios, o maior campo de petróleo em águas profundas do mundo, no pré-sal da Bacia de Santos, que combina segurança, baixo custo

de extração, reservas gigantes de óleo de alta qualidade e redução de emissões de carbono.

Além das medidas já mencionadas, o governo brasileiro também tem investido em iniciativas para promover a sustentabilidade e reduzir a emissão de GEE. Uma dessas iniciativas é a contratação de embarcações *Eco Type*, que são projetadas para reduzir a emissão de poluentes e melhorar a eficiência no consumo de combustível. Esse tipo de embarcação é utilizado no transporte de cargas em hidrovias, que é uma alternativa mais limpa e econômica ao transporte rodoviário.

Outra iniciativa importante é o Programa Biorefino 2030, que tem como objetivo incentivar a produção de biocombustíveis avançados a partir de fontes renováveis, como resíduos agrícolas e florestais. Esses biocombustíveis podem substituir os combustíveis fósseis em diversos setores, como o de aviação e o de transporte marítimo, contribuindo para reduzir a emissão de GEE e mitigar os impactos das mudanças climáticas. Além disso, o programa também prevê investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para produção de biocombustíveis mais eficientes e sustentáveis.

Entre as ações implementadas, destaca-se o desenvolvimento de soluções tecnológicas que possam auxiliar na descarbonização da cadeia de suprimentos. Além disso, a empresa também se compromete a engajar seus fornecedores na discussão sobre sustentabilidade e incentivar ações para redução das emissões de carbono. Para isso, a política de contratação de bens e serviços está sendo gradativamente aprimorada, visando considerar requisitos de sustentabilidade.

A empresa também implementou mecanismos contratuais que incentivam a redução de emissões, como é o caso da operação de embarcações e sondas de perfuração. Além disso, foram emitidas diretrizes para incentivar a cadeia de fornecedores, como a revisão do Guia de Conduta Ética para Fornecedores e o lançamento do Guia da Qualidade para Fornecedores. Recentemente, a companhia ingressou no programa *CDP Supply Chain 2022*, que busca mapear e monitorar as emissões de seus fornecedores críticos.

3.2 PetroChina

3.2.1 Relatório de Sustentabilidade / Plano de Mudanças Climáticas

A China estabeleceu metas ambiciosas de atingir o pico de emissão de carbono até 2030 e a neutralidade em emissões de carbono até 2060, com foco na energia mais limpa e de baixo carbono. O gás natural tem um papel importante como energia de transição nessa mudança global, e é a principal energia para a China alcançar a segurança energética e suas metas de "pico de carbono e neutralidade de carbono". A demanda global por energia primária continuará crescendo, impulsionada pela economia e população, mas a redução cooperativa de emissões desacelerará o crescimento do consumo de energia primária (PETROCHINA, 2021).

A PetroChina, apresenta em seu relatório de sustentabilidade (PETROCHINA, 2021), que busca por atingir o pico de emissão de carbono e a neutralidade de carbono, incorporando a estratégia "verde e baixo carbono" em uma de suas cinco estratégias empresariais. Para isso, a empresa está promovendo o desenvolvimento integrado de energia geotérmica, eólica, solar, gás e eletricidade, além de fortalecer o *layout* industrial de CCS/CCUS. Com essa abordagem, a PetroChina pretende se tornar uma empresa de energia abrangente que oferece petróleo, gás, geotérmica, eletricidade e hidrogênio.

Ao mesmo tempo, a empresa tem como objetivo manter a estabilidade da produção de petróleo e gás, aumentando a proporção de gás natural e produtos químicos. Até 2025, a proporção de produção de gás natural da empresa será de cerca de 55%. Além disso, a PetroChina está aproveitando ao máximo os recursos de energia verde e de baixo carbono do gás natural, implementando vigorosamente a política de “estabilização da produção de petróleo e aumento da produção de gás” e acelerando o rápido crescimento da produção de gás natural (PetroChina, 2021).

A empresa também está desenvolvendo vigorosamente novos negócios de energia, fazendo uso de recursos ricos, como energia eólica, gás e geotérmica nas áreas de direitos de mineração de petróleo e gás e áreas vizinhas. A meta é que, até 2035, a capacidade de produção das novas energias e novos negócios represente um terço do total, alcançando "quase-zero" até 2050.

Para reduzir e deslocar o carbono, a PetroChina está implementando medidas de conservação de energia e redução de emissões, substituindo a energia usada na produção

por energia mais limpa e desenvolvendo o *layout* do desenvolvimento da industrialização, cobrindo CCS/CCUS, sequestro de carbono florestal e utilização de dióxido de carbono na produção química. Com essas ações, a PetroChina busca atender às suas próprias necessidades de deslocamento de carbono e ajudar toda a sociedade a alcançar as metas de "carbono duplo".

3.2.2 Inventário de Emissões de Carbono

A PetroChina tem tomado medidas para fortalecer a gestão e controle de emissões de carbono, reduzir o consumo de energia fóssil e intensidade de consumo de energia. A empresa atua no mercado de carbono e coopera com a indústria de petróleo e gás globalmente para enfrentar as mudanças climáticas. Também fortaleceu a gestão e o controle da redução de emissões de metano, tendo formulado um plano de ação para controle de emissões e participado de atividades para promover o controle de emissões de metano.

A empresa implementou um sistema de controle duplo para emissão total e intensidade de carbono, e decompôs as metas de quantidade e intensidade totais para cada filial, incluindo economia de energia e redução de emissão nos contratos de desempenho da administração da empresa e de cada subsidiária (PetroChina, 2021). Criou-se um centro de verificação e auditoria de gases de efeito estufa para fortalecer a verificação e auditoria de emissões. A PetroChina tem investido em tecnologia para monitorar e reciclar gases de efeito estufa em campos de petróleo e gás.

Em 2021, a empresa aumentou seus esforços para reciclar o *vent gas*, reduzindo as emissões de gases de ventilação na exploração de petróleo e gás, processamento de gás natural, armazenamento e transporte de petróleo e gás. As reduções na exploração de petróleo e gás foram responsáveis por mais de 60% da redução total de emissões de gases de ventilação. A PetroChina tem buscado reduzir a intensidade da emissão de metano, tendo emitido 428.100 toneladas em 2021 (PETROCHINA, 2021).

Os dados revelam que a PetroChina tem se esforçado para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa. No entanto, a empresa ainda emitiu 159,54 milhões de toneladas de CO₂ em 2021, com 121,39 milhões sendo emissões diretas e 38,15 milhões sendo emissões indiretas. A intensidade de emissão de carbono na produção de petróleo e gás foi de 23 CO₂ kgCO₂e/boe em 2017, e a empresa pretende alcançar o valor de 17 kgCO₂e/boe até 2025 (PETROCHINA, 2021). Embora haja progresso, é necessário

continuar buscando maneiras de reduzir as emissões de GEE para enfrentar as mudanças climáticas globais.

3.2.3 Investimentos e Inovação para Transição Energética

A PetroChina, busca desenvolver o negócio de gás natural como uma fonte de energia menos poluente e aumentar a utilização de outras formas de energia mais limpa, como eólica, solar e geotérmica. Esforços estão sendo feitos para melhorar a utilização de carbono, incluindo o desenvolvimento da industrialização e o uso químico de CO₂. A substituição da energia fóssil tradicional é promovida através da utilização de energia geotérmica e calor solar, além da substituição da energia do carvão mineral por mais energia mais limpa. O aumento na utilização de “energia verde” e a melhoria do nível de eletrificação também fazem parte dos esforços para reduzir as emissões de carbono.

Em 2021, a companhia registrou uma queda de 4,7% nas emissões totais de GEE em relação ao ano anterior. A capacidade instalada de energia eólica e solar também aumentou significativamente, com um acréscimo de 57.500 kW aumentando a parcela de participação de energia renovável, crescendo 183,4% ano a ano na capacidade instalada. Além disso, a capacidade instalada de geração de calor residual para substituição de energia mais limpa em campos de petróleo e gás aumentou em 17.900 kW, com um aumento de 24,5% ano a ano na capacidade instalada de energia de calor residual (PetroChina, 2021).

A companhia continua aprimorando o desempenho do comércio de carbono e a gestão de ativos de carbono. Estabeleceu um sistema de gestão para o comércio de direitos de emissão de carbono, regulando a participação no comércio de direitos de emissão de carbono. A empresa também incentivou suas subsidiárias e filiais a desenvolver projetos nacionais voluntários de redução de emissões e fortalecer a gestão do desempenho da cota de carbono. Como resultado, todas as subsidiárias e filiais que estavam na lista do mercado nacional de carbono cumpriram seus contratos em 2021. A companhia também tem buscado ativamente explorar e melhorar os caminhos técnicos e de benefícios da captura e sequestro de carbono, com o objetivo de expandir continuamente as indústrias de “carbono zero” e “carbono negativo” e aumentar a capacidade de sequestro de carbono e escala do ecossistema.

A companhia valoriza o gás natural como um negócio estratégico e crucial para a transição energética. Investindo em gás convencional e não convencional, a empresa

possui um sistema diversificado de abastecimento de energia e promove o desenvolvimento do gás natural como um todo. Em 2021, a produção nacional de gás natural aumentou em 5,5% em relação ao ano anterior, com uma alta de 5,7% na comercialização do gás natural. A companhia também ampliou as importações de gás dutoviário e GNL (Gás natural liquefeito) e melhorou a rede de comercialização de gás natural, abrangendo 31 províncias e a Região Administrativa Especial de Hong Kong. A Figura 3.6, demonstra melhor esse cenário.

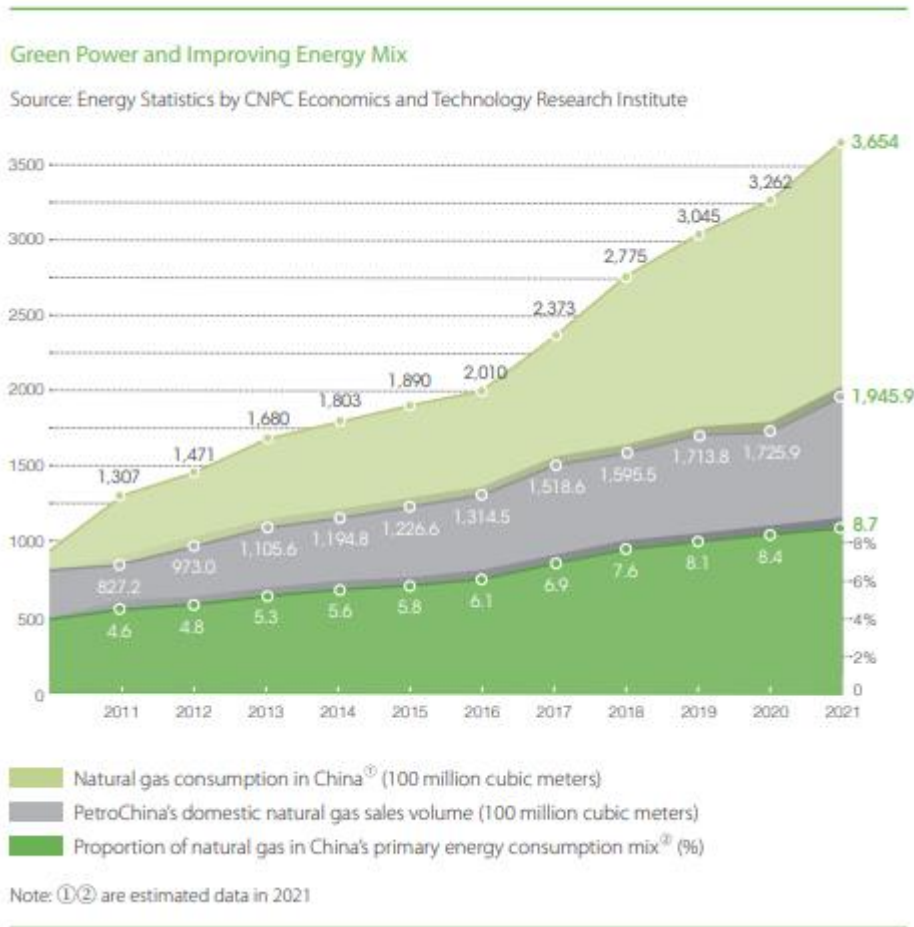


Figura 3.6: Consumo de Gás Natural na China e Vendas de Gás Natural PetroChina

Fonte: PETROCHINA (2021)

A Companhia acelerou o projeto de substituição da queima de carvão mineral por gás natural, construindo uma zona de demonstração de carvão zero e aumentando a taxa de utilização de gás natural e gás combustível.

A venda de 194,591 bilhões de metros cúbicos de gás natural no mercado interno, em 2021, substituiu 259 milhões de toneladas de carvão e reduziu 260 milhões de toneladas de emissões de dióxido de carbono.

A empresa vem investindo em tecnologias e projetos que visam reduzir a emissão de gases poluentes e a dependência de combustíveis fósseis. Na região de Xiong'an e em outras áreas, foram colocados em operação seis projetos de aquecimento geotérmico, que têm como resultado a redução de 906.600 toneladas de dióxido de carbono e substituição de carvão anualmente (PETROCHINA, 2021).

Além disso, a empresa conseguiu conexão à rede e geração de energia com seu primeiro projeto de demonstração de geração de energia fotovoltaica concentrada, o Projeto de Demonstração Fotovoltaica de 200 MW do Campo Petrolífero de Yumen. A capacidade instalada de energia eólica e solar também aumentou em 240.000 kW no ano de 2021 (PETROCHINA, 2021).

A compilação do Plano de Layout de Energia de Hidrogênio para o Negócio de Refinaria foi concluída, estabelecendo a capacidade de purificação de hidrogênio em 1.500 toneladas/ano e ultrapassando a capacidade total de produção de hidrogênio em 2,6 milhões de toneladas/ano. Para expandir a infraestrutura de energia limpa, oito estações de abastecimento de hidrogênio foram construídas em várias regiões do país. Esses esforços da empresa demonstram seu comprometimento com a transição para uma economia mais sustentável e com a redução dos impactos ambientais.

Apresentando um investimento de US\$ 450 milhões em inovações e tecnologias relacionadas a mudanças climáticas (PETROCHINA, 2021).

3.3 Saudi Aramco

3.3.1 Relatório de Sustentabilidade / Plano de Mudanças Climáticas

A Saudi Aramco, maior empresa integrada de energia e produtos químicos do mundo, se mostra alinhada aos objetivos do Acordo de Paris e do Pacto Climático de Glasgow, que buscam dissociar o crescimento econômico das emissões de gases de efeito estufa, com ênfase no desenvolvimento sustentável.

Em seu relatório de sustentabilidade a empresa reconhece a importância da cooperação internacional para enfrentar a mudança climática e seus impactos. Embora existam alternativas às fontes tradicionais de energia baseadas em hidrocarbonetos, estas

ainda não estão prontas para atender às demandas de energia do mundo e garantir uma transição energética sustentável.

Segundo seu Relatório de Sustentabilidade do ano de 2021 (SAUDI ARAMCO, 2021), muitas economias em desenvolvimento dependem dos hidrocarbonetos para evitar escassez de energia e inflação de custos, o que pode levar a consequências sociais e econômicas negativas. Com isso, Saudi Aramco mostra em seu relatório que busca investir em novas tecnologias para reduzir e remover as emissões baseadas em hidrocarbonetos. O desafio estratégico da empresa é desenvolver e implantar soluções de tecnologia em velocidade e escala para minimizar os impactos de emissões, permitindo a entrega contínua dos benefícios do petróleo e do gás para as gerações futuras.

A empresa afirma que para entender tendências econômicas e energéticas, é necessário considerar diferentes hipóteses relacionadas à velocidade da transição energética, com foco em quatro lentes: crescimento econômico, coesão e execução de políticas, prontidão da sociedade e tecnologia. A partir dessas lentes, a empresa desenvolveu três cenários que abrangem caminhos alternativos para atender às metas do Acordo de Paris, com variações em termos de velocidade de transição e acessibilidade de energia (SAUDI ARAMCO, 2021). Em todos os cenários, as emissões globais relacionadas à energia atingem um pico iminente. A empresa atualiza periodicamente seus cenários com informações atualizadas disponíveis que refletem as mudanças nos cenários econômicos e energéticos globais.

A Saudi Aramco tem como ambição atingir o Zero Carbono até 2050 em todos os seus ativos operados integralmente, o que é considerado um grande desafio para atender à demanda global de energia. Para alcançar essa meta, a empresa está desenvolvendo curvas de custo de abatimento marginal para cada um de seus ativos, estabelecendo metas iniciais e intermediárias para 2035 e definindo metas internas para garantir que as despesas de capital e os requisitos de recursos estejam em vigor.

Essas metas visam apoiar a estratégia corporativa da Saudi Aramco de manter uma posição de liderança no setor como um dos principais produtores de petróleo e gás com menor intensidade de carbono, enquanto investe em novos negócios, como hidrogênio e líquidos para produtos químicos. Assim, a empresa busca equilibrar suas

atividades de produção de energia com a necessidade de reduzir sua pegada de carbono, contribuindo para os esforços globais de mitigação das mudanças climáticas.

3.3.2 Inventário de Emissões de Carbono

A empresa Saudi Aramco está focada atualmente na intensidade de GEE de suas operações *upstream*, que é um bom indicador do desempenho da empresa. A gestão das emissões diretas e indiretas é monitorada e avaliada continuamente. A Figura 3.7 e a Figura 3.8, mostram que houve um aumento de 4% nas emissões do Escopo 1, devido ao início das operações da planta *Fadhili Gas*. Porém, as emissões do Escopo 2 reduziram em 14%, devido a uma mudança no consumo de eletricidade.

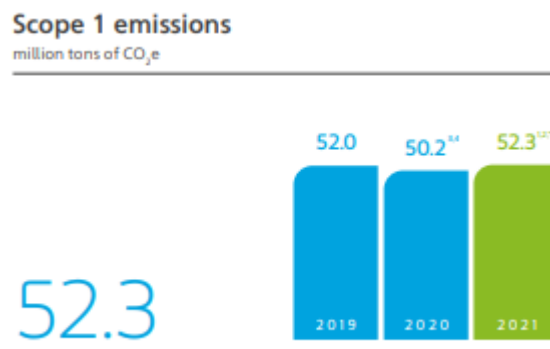


Figura 3.1: Emissões Escopo 1 da Saudi Aramco

Fonte: SAUDI ARAMCO (2021)

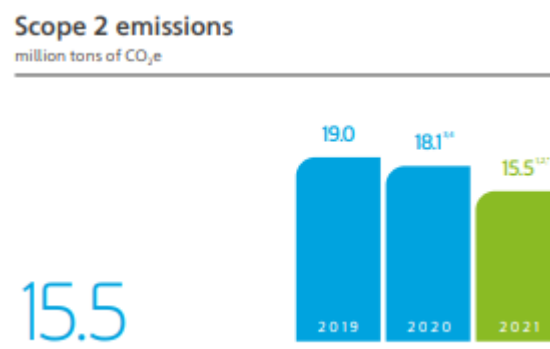


Figura 3.7: Emissões Escopo 2 da Saudi Aramco

Fonte: SAUDI ARAMCO (2021)

O gerenciamento da pegada de carbono começa no subsolo, onde a gestão sustentável dos reservatórios é uma prioridade. As tecnologias e melhores práticas são utilizadas para diminuir a produção de água, resultando em menos energia usada para

fluido, manuseio, tratamento e reinjeção. Isso traz benefícios ambientais e reduz a pegada de carbono.

Em relação à intensidade de carbono *upstream*, a Saudi Aramco estabeleceu uma meta de reduzir sua intensidade de carbono em pelo menos 15% até 2035, em relação à linha de base de 2018, o que implicará na redução de sua intensidade de carbono *upstream* de 10,2 kg CO₂ e/boe (2018) para pelo menos 8,7 kg CO₂ e/boe até 2035. Além disso, a empresa pretende reduzir suas emissões líquidas de GEE de Escopo 1 e Escopo 2 dos negócios *Upstream* e *Downstream* em 52 MMtCO₂ e mitigar o crescimento de emissões, reduzindo suas emissões absolutas para 67 MMtCO₂ e até 2035 (SAUDI ARAMCO, 2021).

Desde o ano 2000, a Saudi Aramco vem implementando iniciativas de economia de energia em suas operações, o que tem levado a uma melhoria contínua em seu *key performance indicators* (KPI) de Intensidade de Energia. Na Arábia Saudita, a empresa tem utilizado programas como *Combined Heat and Power* (CHP) e outros estudos de otimização de energia, que resultaram em uma redução constante na intensidade de energia em suas instalações. Já em 2021, a companhia implementou mais de 300 iniciativas energéticas em suas instalações no Reino Unido, gerando economia de energia e redução de emissões de CO₂.

Embora tenha havido um aumento no KPI de Intensidade de Energia em relação a 2020, isso se deve aos projetos de expansão da empresa e à inclusão da *Fadhili Gas Plant* para relatórios de KPI. No entanto, a Saudi Aramco reduziu sua intensidade energética em mais de 20% nos últimos 10 anos (SAUDI ARAMCO, 2021). Isso mostra um compromisso da empresa em investir em iniciativas de eficiência energética e redução de emissões de CO₂, o que é uma preocupação cada vez maior para as empresas do setor de energia e para a sociedade em geral. A adoção de tecnologias e práticas sustentáveis pode trazer benefícios para o meio ambiente e para a própria empresa, como a redução de custos operacionais e o aumento da eficiência.

A Figura 3.8 apresenta a intensidade energética da Saudi Aramco entre os anos de 2019 a 2021. A unidade é milhares de Btu equivalente por barril de óleo.

Energy intensity

Thousand Btu per boe

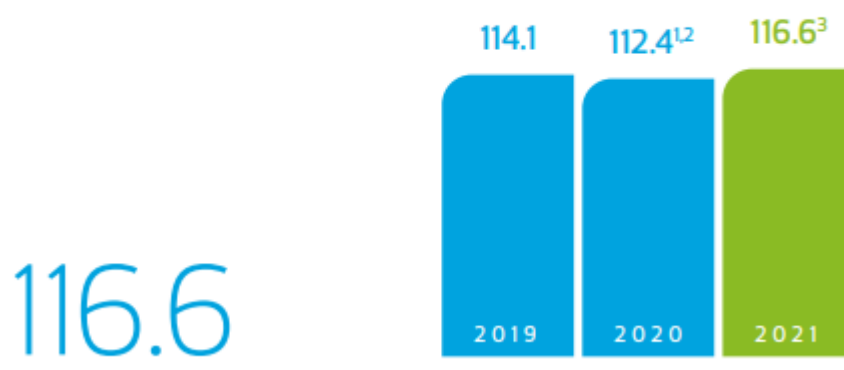


Figura 3.8: Intensidade Energética Saudi Aramco

Fonte: SAUDI ARAMCO (2021)

3.3.3 Investimentos e Inovação para Transição Energética

A Saudi Aramco está investindo em combustíveis sintéticos de baixo carbono, que combinam CO₂ capturado de processos industriais ou diretamente do ar com hidrogênio verde, visando uma redução potencial de CO₂ de pelo menos 80%. A empresa também está explorando a produção de gásóleo sintético de baixo carbono e querosene de aviação em Bilbao, Espanha, e gasolina sintética de baixo carbono na NEOM, na Arábia Saudita, para veículos leves de passageiros. A tecnologia móvel de captura de carbono da Saudi Aramco é outra solução promissora, que pode evitar até 40% das emissões de CO₂ de um veículo, demonstrando uma perspectiva especialmente promissora na indústria naval. Com essas iniciativas, a Saudi Aramco está contribuindo para a transição global para uma economia de carbono mais circular baseada na redução, reutilização, reciclagem e remoção de emissões de CO₂.

A eletrificação do transporte é uma solução promissora, mas é improvável que atenda às metas globais de mitigação de CO₂ no curto prazo. Portanto, é necessário complementá-la com motores de combustão avançados, veículos com célula a combustível e combustíveis com baixo teor de carbono, incluindo combustíveis renováveis e hidrogênio limpo. A Saudi Aramco está com pesquisas para projetar motores de combustão interna com melhor eficiência.

A Saudi Aramco, comprometeu-se a desenvolver um negócio de hidrogênio, com uma meta de produção de até 11 milhões de toneladas por ano de amônia azul até 2030 (SAUDI ARAMCO, 2021). A empresa está trabalhando para analisar o potencial de mercado, demanda e volumes futuros, alavancando a capacidade de suas plantas de hidrogênio e amônia em Jubail.

Além disso, a empresa está comprometida em minimizar o impacto ambiental, e as tecnologias CCUS são fundamentais para a aceleração do crescimento do hidrogênio. Em 2020, a Saudi Aramco produziu e entregou a primeira remessa mundial de amônia azul. A amônia azul é uma matéria-prima para o hidrogênio azul, uma versão do combustível feito de combustíveis fósseis com um processo que captura e armazena as emissões de CO₂, um transportador de hidrogênio azul, da Arábia Saudita para o Japão. A demonstração da rede de abastecimento de amônia azul saudita-japonesa abrangeu toda a cadeia de valor, desde a conversão de hidrocarbonetos em hidrogênio e depois em amônia, bem como a captura das emissões de CO₂ associadas. O CO₂ capturado durante o processo foi usado na produção de metanol na instalação de Ibn-Sina da SABIC e no projeto de demonstração de Recuperação Aprimorada de Petróleo (SAUDI ARAMCO, 2021).

Embora infraestrutura adicional e apoio político sejam necessários para criar um mercado mais ativo para o hidrogênio, a Saudi Aramco estima que o Japão e a Coreia do Sul serão os primeiros mercados comerciais de hidrogênio a surgir até 2030. A empresa acredita que é uma progressão natural para o seu negócio assumir a responsabilidade pela demanda antecipada de hidrogênio e está comprometida com operações seguras e o desenvolvimento de pessoas.

A Arábia Saudita, um país com grande potencial para o aproveitamento de fontes de energia renováveis, estabeleceu um Programa Nacional de Energia Renovável com o objetivo de aumentar a capacidade de geração de fontes de energia renovável para mais de 58 GW até 2030. Desse total, 40 GW serão de energia solar, 16 GW de energia eólica e o restante de outras fontes de energia renovável (SAUDI ARAMCO, 2021).

A Saudi Aramco, está apoiando o programa e se comprometeu a investir em 12 GW de energia renovável até 2030. A empresa juntou-se a um consórcio liderado pela ACWA Power para desenvolver a usina solar Sudair de 1,5 GW, um projeto importante no impulso de energia renovável da Arábia Saudita (SAUDI ARAMCO, 2021).

Em 2021 a Saudi Aramco, investiu cerca de US\$ 315 milhões em P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) relacionado à sustentabilidade, representando 52% do total investido em P&D, que foi de USD 607 milhões. Como representado na Figura 3.9.

| R&D Focus Areas – Sustainability | 2021 Spend (\$MM) |
|----------------------------------|-------------------|
| CCUS | \$24.7 |
| Renewable Energy | \$9.3 |
| Energy Efficiency | \$55.9 |
| Waste Management and Recycling | \$31.1 |
| Water Management | \$29.7 |
| Gas Treatment | \$21.4 |
| Low-carbon Hydrogen | \$25.6 |
| Sustainable Mobility | \$94.0 |
| Liquids to Chemicals | \$7.8 |
| Nonmetallic Applications | \$15.5 |
| Total | \$315.1 |

Figura 3.9: Investimentos em P&D da Saudi Aramco

Fonte: SAUDI ARAMCO (2021)

3.4 ExxonMobil

3.4.1 Relatório de Sustentabilidade / Plano de Mudanças Climáticas

No começo do seu relatório de progresso de 2023 (EXXONMOBIL, 2023), a ExxonMobil destaca que o mundo enfrenta um grande desafio em garantir um fornecimento adequado de energia, ao mesmo tempo em que avança na transição energética. Enquanto algumas pessoas defendem que a transição deve ser a única prioridade, outros acreditam que não se podem ignorar as consequências de não garantir a segurança energética. A ExxonMobil considera que ambas as questões são igualmente importantes e requerem a cooperação de empresas, governos e ONGs em todo o mundo. Neste sentido, a empresa se mostra comprometida em fortalecer a segurança do abastecimento de energia e reduzir as emissões para apoiar um futuro net-zero.

Para isso, a ExxonMobil planeja investir cerca de US\$ 17 bilhões em iniciativas de baixa emissão entre 2022 e 2027. A empresa expandiu sua capacidade de refino em 250.000 barris por dia, visando atender às necessidades da sociedade. Além disso, a empresa implantou nova tecnologia para expandir a medição e mitigação das emissões

de metano, reduzindo a intensidade de emissões de metano em mais de 40% em relação aos níveis de 2016 (EXXONMOBIL, 2023).

Por fim, a ExxonMobil aumentou sua capacidade de produção de plásticos em quase 10%, ao mesmo tempo em que iniciou uma das maiores instalações de reciclagem avançada na América do Norte. A empresa também defendeu políticas de apoio que expandiriam as oportunidades em soluções de baixa emissão, incluindo regulamentos de metano e incentivos reforçados para captura e armazenamento de carbono e hidrogênio sob a Lei de Redução da Inflação dos EUA (EXXONMOBIL, 2023).

3.4.2 Inventário de Emissões de Carbono

Segundo a ExxonMobil houve redução significativa nas emissões de GEE nas unidades de operação da empresa. Em 2016, as emissões líquidas de GEE foram de 114 milhões de toneladas, enquanto em 2021, foram de 100 milhões de toneladas (ExxonMobil, 2023).

Em relação às emissões de escopo 1, que correspondem às emissões diretas da produção de petróleo e gás natural, houve uma redução de 5% em 2019 (107 milhões de toneladas métricas de CO₂eq), 5% em 2020 (100 milhões de toneladas métricas de CO₂e) e 1% em 2021 (99 milhões de toneladas métricas de CO₂e).

O destaque vai para as emissões de metano, que apresentaram reduções significativas de 68% em 2020 e 2021, quando comparadas com o ano de 2019, passando 9 milhões de toneladas métricas de CO₂e em 2019 para 5 milhões de toneladas métricas de CO₂e em 2020 e 2021 (ExxonMobil, 2023).

Em relação às emissões de escopo 2, que correspondem às emissões indiretas relacionadas à energia consumida pela empresa, tanto em sua produção quanto em suas operações, houve uma queda de 22% em 2020 e 2021 em relação a 2019, passando 9 milhões de toneladas métricas de CO₂e em 2019 para 7 milhões de toneladas métricas de CO₂e em 2020 e 2021. Esse resultado pode estar relacionado ao uso de energias renováveis, como eólica e solar, e também a uma maior eficiência energética em suas operações (ExxonMobil, 2023).

Analisando os índices de intensidade energética, verifica-se um panorama mais variável. A intensidade energética *upstream*, que é medida em gigajoules por tonelada métrica produzida, apresentou uma leve variação, indo de 2,4 em 2015 para 2,5 em 2016,

permanecendo nesse patamar até 2019, e voltando a 2,4 em 2020, como mostrado na Figura 3.10. Esses dados podem indicar uma maior eficiência na produção, com uma menor quantidade de energia utilizada para a produção da mesma quantidade de produto.

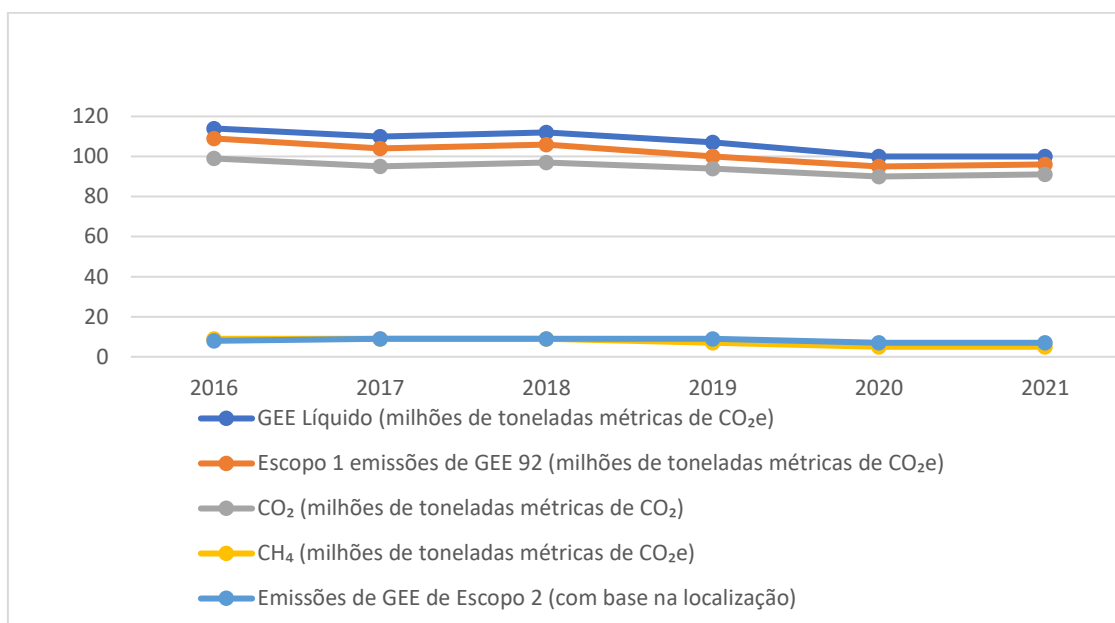


Figura 3.10: Inventário de Emissões de Carbono ExxonMobil

Fonte: Elaboração Própria (2023)

Já a intensidade energética *downstream*, que é medida em gigajoules por tonelada métrica processada, apresentou um aumento mais significativo, saindo de 2,9 em 2015 para 3,4 em 2020. Esse dado pode indicar uma maior demanda de energia para processar a mesma quantidade de produto.

A intensidade de emissão de GEE também vem diminuindo no decorrer dos anos onde em 2019 atingiu a marca de 26,5 kg CO₂ e/boe, em 2020, 25 kg CO₂ e/boe e em 2021, 24 kg CO₂ e/boe (ExxonMobil, 2023).

Por fim, a intensidade energética química, que é medida em giga joules por tonelada métrica de produto, apresentou uma variação significativa, indo de 10,3 em 2015 para 9,7 em 2016 e 10,2 em 2017, mas apresentando um aumento a partir de 2018, chegando a 11,3 em 2019, e diminuindo para 10,0 em 2020. Esse dado pode indicar um maior consumo de energia para a produção de produtos químicos em 2019, seguido de uma redução em 2020, como mostrado na Figura 3.10.

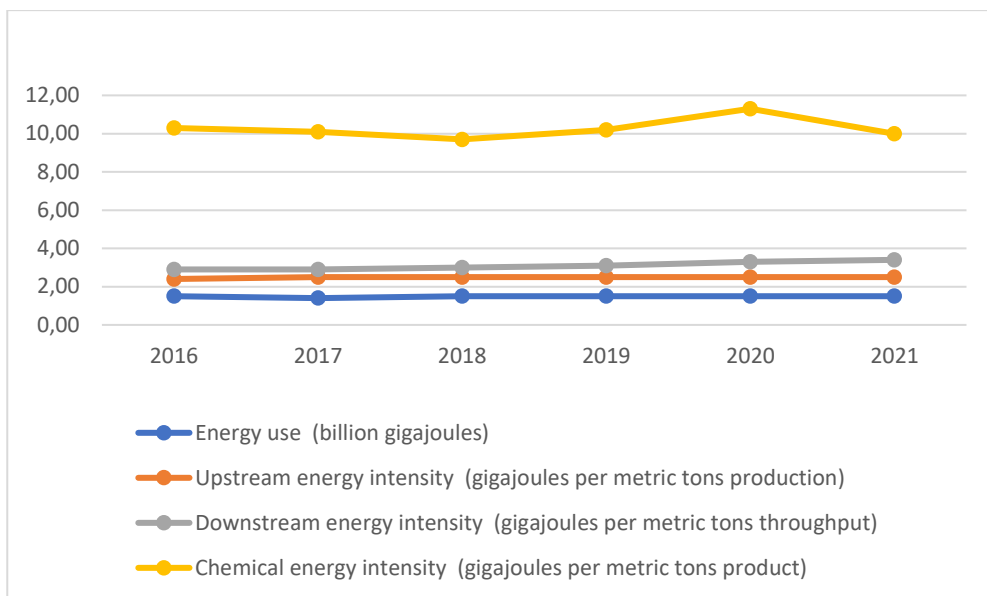


Figura 3.11: Intensidade Energética ExxonMobil

Fonte: Elaboração Própria (2023)

3.4.3 Investimentos e Inovação para Transição Energética

Dentro das propostas apresentadas no seu relatório de progresso de 2023 (EXXONMOBIL, 2023), a ExxonMobil vem com a necessidade de capturar e armazenar mais de 7,6 bilhões de toneladas GEE por ano até 2050 para alcançar um futuro líquido zero.

Um dos desafios cruciais para a implantação bem-sucedida da captura e armazenamento de carbono é ter uma quantidade adequada de armazenamento geológico para armazenar GEE com segurança. Para isso, a ExxonMobil identificou e obteve acesso a quase 150.000 acres de terra nos EUA para uso como armazenamento geológico (EXXONMOBIL, 2023).

Em seu relatório, foi apresentada a implantação de um componente de captura e armazenamento de carbono de sua anunciada instalação de hidrogênio azul em Baytown. Esse projeto tem potencial para transportar e armazenar até 10 milhões de toneladas métricas de CO₂ por ano, mais do que dobrando a atual capacidade de captura de carbono da empresa (EXXONMOBIL, 2023). A companhia vai pretende estabelecer um centro de captura e armazenamento em Houston com uma meta inicial de cerca de 50 milhões de toneladas de GEE por ano até 2030 e 100 milhões de toneladas métricas até 2040.

A ExxonMobil está buscando investimentos estratégicos em hidrogênio para expandir o uso dessa importante tecnologia energética de baixa emissão. A empresa

acredita que o hidrogênio é um portador de energia de carbono zero que pode ser utilizado como uma fonte de energia acessível e confiável para processos industriais difíceis de descarbonizar, nos setores siderúrgico, de refino e químico, bem como para caminhões pesados. A produção de hidrogênio com baixo teor de carbono pode ser feita a partir de eletricidade com baixo teor de carbono, por eletrólise da água ("hidrogênio verde"), reforma de gás natural juntamente com captura e armazenamento de carbono ("hidrogênio azul") e outros processos. A ExxonMobil possui vasta experiência com hidrogênio e produz cerca de 1,3 milhão de toneladas métricas anualmente (EXXONMOBIL, 2023).

A empresa anunciou uma planta de produção de hidrogênio azul em Baytown, Texas, que produziria quase 1 milhão de toneladas métricas por ano de hidrogênio - aumentando a capacidade em mais de 65%. Isso destaca um dos benefícios que o hidrogênio azul pode trazer para a sociedade hoje, que é sua imensa escala. A ExxonMobil também assinou um memorando de entendimento com a SGN e o *Green Investment Group* da Macquarie para explorar o uso de hidrogênio e captura de carbono para reduzir as emissões de GEE no cluster industrial de Southampton, na Inglaterra. Além disso, a empresa está avaliando a produção em larga escala de hidrogênio azul para o complexo industrial de Roterdã, um projeto de pesquisa intersetorial que confirma que o hidrogênio é essencial para ajudar a atingir as metas líquidas zero do Acordo Verde da UE (União Europeia) para 2050.

A ExxonMobil está conduzindo uma iniciativa de restauração de pastagens na Bacia do Permiano. Desenvolver uma ferramenta de abordagem de ciclo de vida representam a maioria das fontes de emissões de GEE. Além disso, a empresa está focada no cultivo de combustíveis (EXXONMOBIL, 2023).

Para a implantação dessas mudanças, a ExxonMobil pretende investir cerca de US\$ 17 bilhões em iniciativas de redução de emissões durante o período de 2022 a 2027, representando um aumento de quase 15% em relação ao valor previamente anunciado. Desse investimento total, aproximadamente 60% será destinado à redução de suas próprias emissões, enquanto cerca de 40% será voltado para o desenvolvimento de um negócio de baixas emissões com clientes terceirizados (EXXONMOBIL, 2023).

3.5 Comparação Entre os Planos das Empresas

A seguir foi elaborado o Quadro 1 que apresenta uma comparação entre as 4 empresas estudadas valendo-se de 4 critérios, sendo eles: emissões absolutas GEE em 2021; propostas de inovação; investimentos em descarbonização em 2021; e intensidade energética.

Tabela 3.1: Comparação entre as empresas citadas no estudo

| Empresa | Petrobras | PetroChina | Saudi Aramco | ExxonMobil |
|---------------------------------------|---|---|--|--|
| Emissões Absolutas de GEE em 2021 | 62 milhões de toneladas métricas de CO ₂ e | 159,5 milhões de toneladas métricas de CO ₂ e | 68 milhões de toneladas métricas de CO ₂ e | 100 milhões de toneladas métricas de CO ₂ e |
| Propostas de Inovação | <ul style="list-style-type: none"> - Eliminação da queima de rotina em <i>flare</i> até 2030 - Programa Carbono Neutro para identificar soluções de descarbonização ao menor custo - Conceito "<i>all electric</i>" para eletrificar equipamentos e aplicações em novas plataformas de produção de óleo e gás Engajamento dos fornecedores na discussão sobre sustentabilidade e incentivo à redução das emissões de carbono - Programa Biorefino 2030 para incentivar a produção de biocombustíveis avançados a partir de fontes renováveis | <ul style="list-style-type: none"> - Substituição da energia fóssil tradicional através da utilização de energia geotérmica, calor solar e mais energia limpa em substituição ao carvão. - Incentivo às subsidiárias e filiais para desenvolver projetos nacionais voluntários de redução de emissões - Valorização do gás natural como um negócio estratégico e crucial para a transição energética | <ul style="list-style-type: none"> - Investimento em combustíveis sintéticos de baixo carbono. - Desenvolver um negócio de hidrogênio. Tecnologias CCUS (captura, utilização e armazenamento de carbono). | <ul style="list-style-type: none"> - Implantação de captura e armazenamento de carbono em sua instalação de hidrogênio azul em Baytown. - Estabelecimento de um centro de captura e armazenamento de carbono em Houston. - Foco no cultivo de combustíveis de baixa emissão e pesquisa contínua em biocombustíveis avançados. - Iniciativas de restauração de pastagens na Bacia do Permiano |
| Investimentos Descarbonização em 2021 | 560 milhões de dólares | 450 milhões de dólares | 315 milhões de dólares | 2428 milhões de dólares |
| Intensidade Energética | <ul style="list-style-type: none"> - Queda de 21% nas emissões absolutas de GEE operacionais entre 2015 e 2021, - Redução de 16% na intensidade de carbono no refino até 2025, ampliando para 30% até 2030 - Redução de 32% na intensidade de carbono no segmento de E&P até 2025 - Proposta de Redução de 25% das emissões absolutas operacionais totais até 2030 | <ul style="list-style-type: none"> - Redução de 4,7% nas emissões totais de gases de efeito estufa em 2021 em relação ao ano anterior. - Aumento significativo na capacidade instalada de energia eólica e solar, com um acréscimo de 57.500 kW - Expansão da infraestrutura de energia limpa, com a construção de estações de abastecimento de hidrogênio em várias regiões do país | <ul style="list-style-type: none"> - Redução de 39% nas emissões absolutas operacionais - Geração de energia renovável, visando alcançar mais de 58 GW até 2030. | <ul style="list-style-type: none"> - As emissões diretas de GEE (escopo 1) relacionadas à produção de petróleo e gás natural tiveram uma queda de 16,51% desde 2016. - Em relação as emissões de escopo 2, houve uma queda de 22% em 2020 e 2021 em relação a 2019 |

Fonte: Elaboração Própria

Conforme a Figura 3.12, a Petrobras, registrou uma emissão de 62 milhões de toneladas métricas de CO₂e. A PetroChina, reportou um valor de 159,5 milhões de toneladas métricas de CO₂e. A Saudi Aramco, teve uma emissão de 68 milhões de toneladas métricas de CO₂e. Já a ExxonMobil, registrou 100 milhões de toneladas métricas de CO₂e.

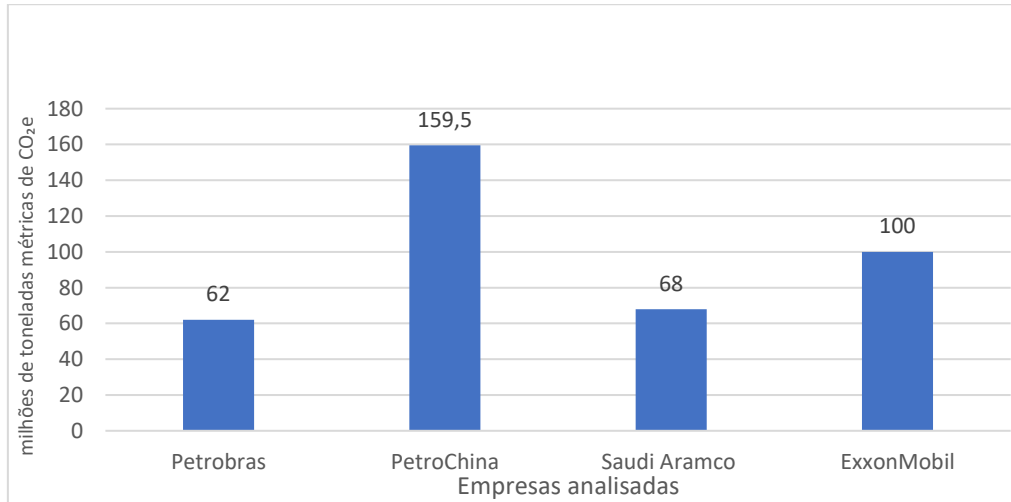


Figura 3.12: Comparação entre as emissões absolutas de GEE em 2021

Fonte: Elaboração Própria (2023)

A Petrobras, investiu 560 milhões de dólares, enquanto a PetroChina, investiu 450 milhões de dólares. A Saudi Aramco, destinou um investimento de 315 milhões de dólares. Por sua vez, a ExxonMobil, liderou com um investimento de 2.428 milhões de dólares. Como mostrado na Figura 3.13.

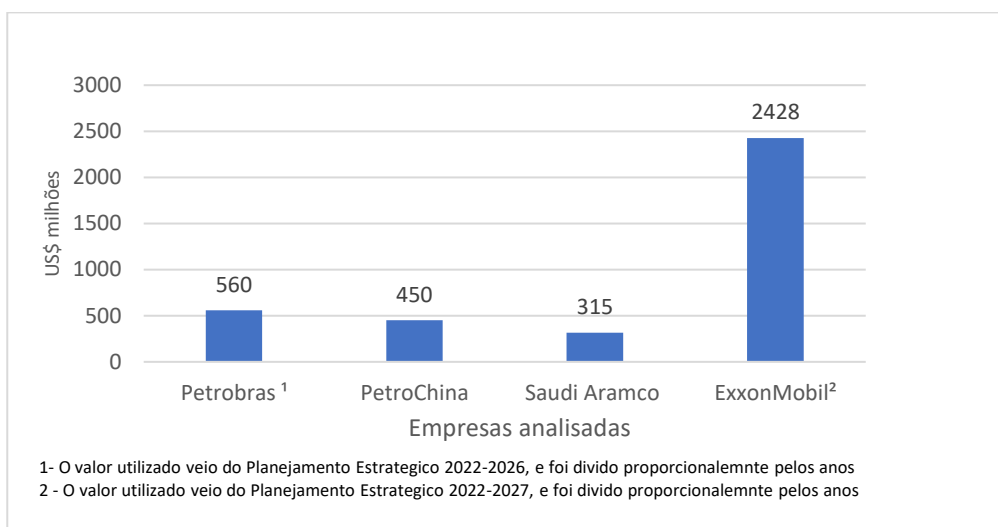


Figura 3.13: Comparação entre os investimentos em projetos de redução de emissões de GEE Em 2021 (US\$ milhões)

Fonte: Elaboração Própria (2023)

Em relação a intensidade de emissões de GEE em 2021, a Petrobras, emitiu 15,7 kg CO₂ e/boe, enquanto a PetroChina, emitiu 23 kg CO₂ e/boe. A Saudi Aramco, emitiu 10,2 kg CO₂ e/boe. Por sua vez, a ExxonMobil emitiu 24 kg CO₂ e/boe. Como mostrado na Figura 3.14.

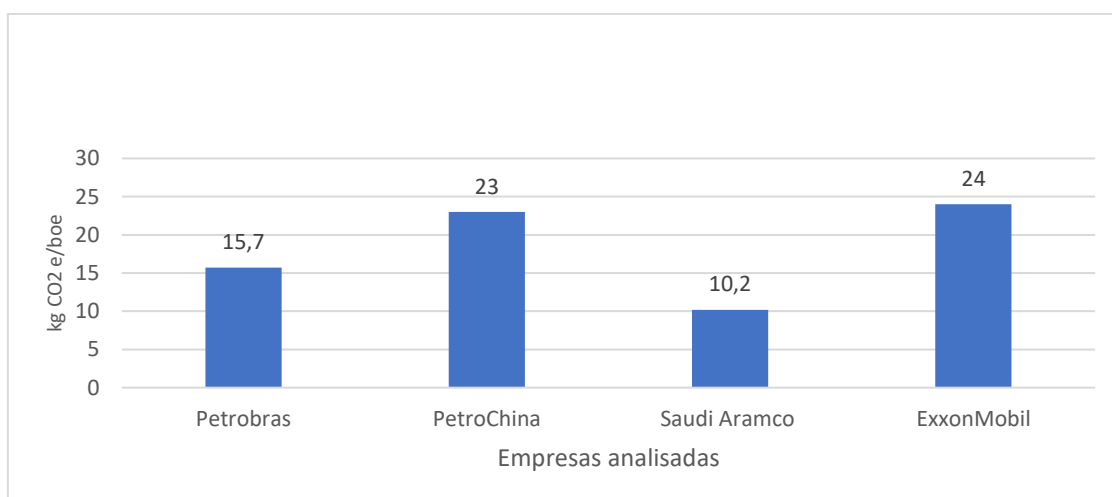


Figura 3.14: Comparação entre a intensidade de emissão de Carbono kg CO₂ e/boe

Fonte: Elaboração Própria (2023)

Agora se relacionarmos os lucros líquidos dessas empresas em 2021 com o valor destinado à projetos de redução de emissões de GEE em 2021 temos os seguintes valores que foram demonstrados na Figura 3.15.

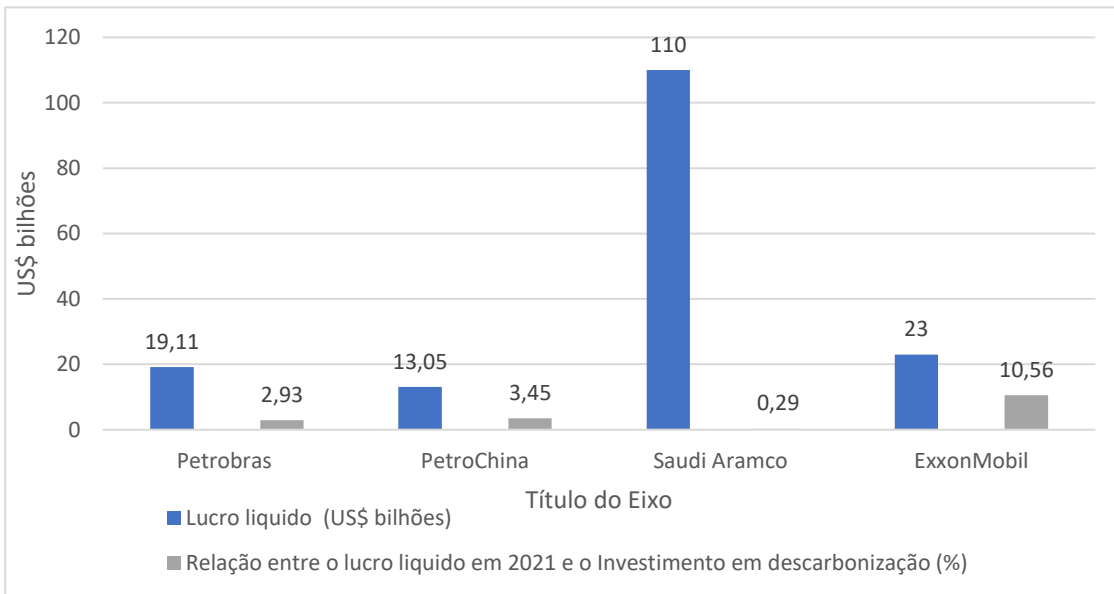


Figura 3.15: Comparação entre a relação do lucro líquido em 2021 e o investimento em descarbonização

Fonte: Elaboração Própria (2023)

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Ao analisar as estratégias das empresas de petróleo para atingir a neutralidade de carbono, observamos que elas estão respondendo às mudanças estruturais no setor petrolífero e às políticas nacionais relacionadas ao petróleo. Essas estratégias incluem a adoção de medidas para reduzir as emissões de GEE, o investimento em tecnologias de energia renovável e a diversificação de suas atividades. No entanto, também identificamos limitações e desafios que podem dificultar a implementação efetiva dessas estratégias.

A Petrobras está desempenhando um papel importante na transição energética, demonstrando um compromisso com a redução de emissões de GEE e a gestão de carbono. Embora a empresa tenha estabelecido metas e adotado algumas medidas, é necessária uma abordagem mais ambiciosa. A redução de emissões e os investimentos em biocombustíveis ainda são insuficientes diante da dependência contínua dos combustíveis fósseis. A Petrobras precisa intensificar seus esforços, diversificar suas fontes de energia e assumir um papel de liderança na transição para um futuro sustentável. A transição energética exige ações concretas e transformadoras, e a Petrobras deve ir além das metas estabelecidas para garantir uma mudança significativa.

Embora a Petrobras tenha tomado algumas medidas em direção à sustentabilidade e à transição energética, é necessário adotar uma abordagem mais crítica e ambiciosa. A empresa enfrenta desafios significativos e precisa intensificar seus esforços para reduzir suas emissões, diversificar suas fontes de energia e promover uma mudança real em direção a um futuro sustentável. A transição energética requer ações concretas e transformadoras, e a Petrobras precisa assumir um papel de liderança nesse processo, indo além das metas estabelecidas e adotando uma abordagem mais abrangente e responsável.

A PetroChina tem feito esforços para atingir a neutralidade de carbono e reduzir suas emissões de gases de efeito estufa. No entanto, é importante abordar essa questão de forma crítica e analisar a eficácia dessas medidas. Embora a empresa menciona em seu relatório de sustentabilidade a incorporação da estratégia "verde e baixo carbono" como uma de suas principais diretrizes, é preciso questionar se essas ações são suficientes para lidar com a crise climática global. O documento menciona o papel importante do gás natural como energia de transição, mas é importante lembrar que o

gás natural também é um combustível fóssil e contribui para as emissões de gases de efeito estufa. Apesar da PetroChina mencionar metas ambiciosas de pico de emissão de carbono até 2030 e neutralidade de carbono até 2060, é necessário examinar as medidas concretas que a empresa está adotando para alcançar essas metas. Embora a empresa invista em tecnologias de energia renovável, como eólica, solar e geotérmica, os números mencionados no relatório ainda revelam uma dependência significativa de combustíveis fósseis, como petróleo e gás natural e carvão mineral.

Embora a Saudi Aramco tenha apresentado um relatório de sustentabilidade destacando seus esforços para alinhar-se aos objetivos do Acordo de Paris. A empresa reconhece a importância da cooperação internacional para enfrentar as mudanças climáticas, mas ainda depende fortemente dos hidrocarbonetos para atender às demandas de energia global. Embora mencione investimentos em novas tecnologias para reduzir as emissões baseadas em hidrocarbonetos, não fica claro o escopo e a magnitude desses investimentos. Apesar de mencionar a redução da intensidade de carbono em suas operações *upstream*, a empresa ainda registrou um aumento nas emissões do Escopo 1 em 2021 devido ao início das operações da planta *Fadhili Gas*. Quanto a quantidade de dinheiro investido a Saudi Aramco é que investe menos proporcionalmente ao seu lucro líquido.

Em suma, embora a Saudi Aramco apresente um discurso alinhado aos objetivos climáticos globais, há falta de informações detalhadas, baixo investimento, transparência e demonstração concreta de resultados em suas iniciativas para atingir a neutralidade de carbono. É necessário um compromisso mais claro e ambicioso da empresa, com medidas tangíveis e metas mensuráveis, a fim de garantir uma transição energética sustentável e significativa.

Após analisar os dados fornecidos sobre a ExxonMobil e seus esforços para atingir a neutralidade de carbono, é possível fazer uma análise das informações apresentadas. A empresa destaca investimentos consideráveis em iniciativas de baixa emissão, como a expansão da capacidade de refino e a implantação de tecnologias para medir e mitigar as emissões de metano. No entanto, é preciso questionar se esses esforços são proporcionais aos impactos ambientais causados pela ExxonMobil como uma das principais empresas de combustíveis fósseis do mundo. Em resumo, embora a ExxonMobil esteja tomando algumas medidas para abordar as mudanças climáticas, é importante adotar uma abordagem crítica e questionar a escala, a eficácia e o

alinhamento dessas ações com a urgência e a magnitude dos desafios climáticos. É fundamental que a ExxonMobil adote uma abordagem mais ambiciosa, transparente e comprometida com a descarbonização de sua atividade principal, promovendo a transição para fontes de energia renovável e reduzindo significativamente suas emissões.

Ao comparar as metas e ações de descarbonização das empresas Petrobras, PetroChina, Saudi Aramco e ExxonMobil, fica evidente que todas elas reconhecem a importância de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e estão tomando medidas para enfrentar esse desafio. No entanto, há diferenças significativas entre suas abordagens.

Em termos de emissões absolutas de GEE em 2021, a Petrobras registrou a menor quantidade, com 62 milhões de toneladas métricas de CO₂e, seguida pela Saudi Aramco (68 milhões), ExxonMobil (100 milhões) e PetroChina (159,5 milhões). Esses números destacam a Petrobras como a empresa com menores emissões nesse contexto. Quanto às propostas de inovação, cada empresa adotou abordagens distintas. Ao examinar as propostas de inovação, percebe-se que algumas empresas estão mais avançadas do que outras. A Petrobras, por exemplo, apresenta uma abordagem mais abrangente, com iniciativas como eliminação da queima de rotina em *flare*, programa Carbono Neutro e conceito "*all electric*". Enquanto a Saudi Aramco investe em combustíveis sintéticos de baixo carbono e tecnologias CCUS. A ExxonMobil destaca a captura e armazenamento de carbono, o desenvolvimento de biocombustíveis avançados e a restauração de pastagens.

Ao analisarmos a relação entre os lucros líquidos dessas empresas em 2021 com o valor destinado a projetos de redução de emissões de GEE em 2021 podemos notar que a ExxonMobil tem a maior porcentagem com 10,52% de seu lucro líquido investido em descarbonização. E a empresa que menos investe é a Saudi Aramco, onde a empresa não compromete nem 0,3% do seu lucro líquido em investimento para descarbonização.

Ao analisar as estratégias das empresas de petróleo para atingir a neutralidade de carbono, é evidente que todas elas estão enfrentando desafios significativos e ainda têm muito a melhorar. A Petrobras, embora demonstre um compromisso com a redução de emissões e a diversificação das fontes de energia, ainda está aquém do necessário para uma transição energética efetiva. É necessário que a Petrobras seja mais ousada em seus esforços, estabelecendo metas mais ambiciosas e investindo de maneira mais substancial

em energias renováveis e tecnologias de baixo carbono. Já as empresas internacionais, como PetroChina, Saudi Aramco e ExxonMobil, também apresentam lacunas significativas em suas estratégias. Embora mencionem a redução de emissões e o investimento em tecnologias de energia mais limpa, seus esforços parecem estar aquém do necessário para enfrentar a crise climática. A dependência contínua de combustíveis fósseis e a falta de medidas concretas para promover uma transição real são evidentes. Além disso, a falta de transparência e monitoramento independente das emissões levanta dúvidas sobre a eficácia das ações dessas empresas.

No geral, todas as empresas de petróleo analisadas precisam adotar uma abordagem mais crítica, ambiciosa e transformadora para alcançar a neutralidade de carbono. A redução de emissões e os investimentos em energias renováveis devem ser significativamente intensificados. Além disso, a transparência e a responsabilidade devem ser aprimoradas, com a implementação de monitoramento externo das emissões e a divulgação precisa de dados. A crise climática exige ações concretas e imediatas, e as empresas de petróleo devem ir além das metas estabelecidas e adotar uma postura mais responsável para garantir uma mudança real em direção a um futuro sustentável.

No entanto, para futuros estudos, recomenda-se aprofundar as análises dos inventários de emissões de carbono das empresas, a fim de identificar possíveis pontos de melhoria na gestão ambiental, com o objetivo de minimizar o impacto das suas atividades no meio ambiente. Outra sugestão seria estudar com mais profundidade as políticas públicas e as estratégias que as empresas adotam para cumprir as metas estabelecidas pelos acordos internacionais, a fim de identificar quais são as principais barreiras que ainda impedem a implementação dessas políticas.

Além disso, seria interessante também analisar o impacto das estratégias adotadas pelas empresas de petróleo na economia, na sociedade e no meio ambiente. Assim, seria possível identificar possíveis oportunidades para as empresas, para o governo e para a sociedade em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAMCO, Saudi. **Saudi Aramco Sustainability Report 2021**. Disponível em: <https://www.aramco.com/-/media/downloads/sustainability-report/saudi-aramco-sustainability-report-2021-en.pdf?la=en&hash=FBC097ED5D1F646B7847CFA03BEB5B2BF8D33293>. Acesso em: 09 mai. 2023.

BAGGIO, Marina Sabino. **A influência do Acordo de Paris na matriz energética brasileira: objetivos da política nacional de biocombustíveis – Renovabio**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Direito) – Universidade do Sul de Santa Catarina, 63 p., 2018. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/7087/1/A%20INFLUENCIA%20DO%20ACORDO%20DE%20PARIS%20NA%20MATRIZ%20ENERGETICA%20BRASILEIRA%20E%20OS%20OBJETIVOS%20DA%20POLITICA%20NACIONAL%20DE%20BIOCOBUSTIVEIS.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023.

BRASIL. Casa Civil. **Lei 13.263, de 23 de março de 2016. Altera a Lei 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional**. 2016. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13263.htm. Acesso em: 20 abr. 2023.

BRASIL. **Lei nº 13.576, de 17 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a política nacional de biocombustíveis (renovabio) e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13576.htm. Acesso em: 20 abr. 2023.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Instrumentos Renovabio**. 2018. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/instrumentos>. Acesso em: 20 abr. 2023.

CARVALHO, D. M. de. O acordo de paris: Uma análise descritiva. *Blucher Engineering Proceedings*, v. 4, n. 2, p. 1260 – 1269, 2017. ISSN 2357-7592. Disponível em: www.proceedings.blucher.com.br/article-details/o-acordo-de-paris-uma-analise-descritiva-26797.

CNUMAD (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), 1992. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Agenda 21. Brasília: Senado Federal

CETESB. **GEE**. 2012. [online] São Paulo: CETESB, [s.d.]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>. Acesso em: 11 maio 2023.

EXXONMOBIL. **Advancing Climate Solutions: Progress Report. 2023**. Disponível em: <https://corporate.exxonmobil.com/-/media/global/files/advancing-climate-solutions-progress-report/2023/2023-advancing-climate-solutions-progress-report.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS (FGV). **Biocombustíveis**. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2017. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/publicacao/caderno-de-biocombustiveis>. Acesso em: 22 abr. 2023.

GIDDEN, Anthony. **The politics of climate change**. Cambridge: Polity, 264 p., 2009.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf. Acesso em: 18 abr. 2023.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Quarto Relatório. Disponível em: http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/politicas_de_clima/b_rasil_mudancas_climaticas.

JUNGES, Alexandre Luis; SANTOS, Vinícius Yuri; MASSONI, Neusa Teresinha. Efeito Estufa e Aquecimento Global: uma abordagem global a partir da Física para a educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, p. 5, p. 126-151, 2018. Disponível em: https://www.if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID531/v13_n5_a2018.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

JURAS, Illidia da Ascensão Garrido Martins. Aquecimento global e mudanças climáticas: uma introdução. **Biblioteca Digital Câmara dos Deputados**, v. 5, n. 5, p. 34-46, 2008. Disponível em: <https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/641>. Acesso em: 16 abr. 2023.

KOLK, A.; LEVY, D. Winds of change:: Corporate strategy, climate change and oil multinationals. *European Management Journal*, v. 19, n. 5, p. 501–509, 2001. ISSN 0263-2373. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263237301000640>>.

LIMA, Rodrigo; BENKE, Dulce. **Como as empresas vêm contribuindo para a neutralidade climática**. 3.ed., Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, 2021. Disponível em: https://cebds.org/wp-content/uploads/2021/11/CEBDS_Neutralidade_Climatica_novembro2021_PT-1.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

MAGALHÃES, Aline Souza. **Economia de Baixo Carbono no Brasil: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa**. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 290 p., 2013. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/AMSA-9GXQ2U/1/tese_aline_souza_magalhaes_26_03_2013.pdf. Acesso em: 20 abr. 2023.

MARENGO, J. A. O futuro clima do Brasil. *Revista USP*, [S. l.], n. 103, p. 25-32, 2014. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i103p25-32. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99280>. Acesso em: 22 maio. 2023.

MUINGA, Nelma Marionela; GALATTO, Sérgio Luciano. Mudanças climáticas globais e seus impactos no meio ambiente. **Geografia em questão**, v. 10, n. 2, p. 121-124, 2017. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/15725>. Acesso em: 15 abr. 2023.

NETO, Petrônio de Tilio. **As mudanças climáticas na ordem ambiental internacional**, p. 37-81, 2010. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/x9z8z/pdf/tilio-9788579820496-06.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2023.

Petrobras. **Relatório de Sustentabilidade 2021**. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa17d60b2de47d/7b6ca46f-9e3f-74c6-f67b-7c8975243532?origin=1>. Acesso em: 09 mai. 2023.

PetroChina. **2021 Environmental, Social and Governance Report**. Disponível em: <http://www.petrochina.com.cn/petrochina/xhtml/images/shyhj/2021esgen.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2023.

PORTOS E NAVIOS. **A Petrobras quer atingir neutralidade das emissões de carbono**. 2021. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/offshore/a-petrobras-quer-atingir-neutralidade-das-emissoes-de-carbono>. Acesso em: 20 abr. 2023.

PROGRESA. **Escopo 3: desafio rumo à neutralidade de carbono**, 2022. Disponível em: <https://progesa.fia.com.br/escopo-3-desafio-rumo-a-neutralidade-de-carbono/>. Acesso em: 20 abr. 2023.

UNFCCC - UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. 2020 breakthrough year for climate action. Disponível em: <https://racetozero.unfccc.int/2020-breakthrough-year/>. Acesso em: 15 abr. 2023.

TANAKA, Shelley. **Mudanças climáticas**. São Paulo: Edições SM, 2010.

THOMAS, Jennifer Ann. **Neutralidade de carbono: entenda o que é**. *Planeta Clima*, 2021. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/clima/noticia/2021/12/29/neutralidade-de-carbono-entenda-o-que-e.ghtml>. Acesso em: 15 abr. 2023.

TEIXEIRA, Cássio Adriano Nunes *et al.* Neutralidade de Carbono: reflexões sobre estratégias e oportunidades para o Brasil. **BNDES**, v. 28, n. 56, p. 267-314, 2021. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/22026/1/PR_Neutralidade%20de%200carbono_Revista%20BNDES_n.%2056.pdf. Acesso em: 15 abr. 2021.

VITAL, Marcos. Aquecimento global: acordos internacionais, emissões de CO₂ e o surgimento dos mercados de carbono no mundo. **BNDES**, v. 24, n. 48, p. 167-244,

2018. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/16043>. Acesso em: 20 abr. 2023.