

## **A indústria do petróleo e energia frente aos novos desafios de se inserir nos modelos da transição energética**

The oil and energy industry facing the new challenges of inserting itself in the energy transition models

La industria petrolera y energética ante los nuevos desafíos de insertarse en los modelos de transición energética

Recebido: 20/06/2022 | Revisado: 29/06/2022 | Aceito: 05/07/2022 | Publicado: 14/07/2022

### **Cintia Marques dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1847-2909>  
Universidade de Vassouras, Brasil  
E-mail: [quimicacintiamarques@gmail.com](mailto:quimicacintiamarques@gmail.com)

### **Amabilym Leal de Carvalho Braga**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5205-281X>  
Universidade de Vassouras, Brasil  
E-mail: [amabilymleal@gmail.com](mailto:amabilymleal@gmail.com)

### **Jordan Maciel dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2153-5867>  
Universidade de Vassouras, Brasil  
E-mail: [jordan.maciel23@hotmail.com](mailto:jordan.maciel23@hotmail.com)

### **Milena Borges de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4889-7641>  
Universidade de Vassouras, Brasil  
E-mail: [mimyborges\\_s2@hotmail.com](mailto:mimyborges_s2@hotmail.com)

### **Moisés Teles Madureira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8937-062X>  
Universidade de Vassouras, Brasil  
E-mail: [moises.madureira@hotmail.com](mailto:moises.madureira@hotmail.com)

### **Resumo**

A energia é um assunto de importância estratégica para os países de todo o mundo. A economia mundial está fortemente atrelada à indústria do petróleo como fonte de produção de energia. No entanto, iniciativas ambiciosas já foram deflagradas no sentido de tirar o mundo da dependência preponderante do petróleo. Tais iniciativas são motivadas por diversos fatores: crescimento populacional e impactos ambientais se constituem nos de maiores influência. O presente trabalho tem como objetivo abordar, na forma de um panorama geral, um retrato situacional das questões envolvidas com a problemática das mudanças climáticas e da transição energética. Como resultado, verifica-se que são presentes as preocupações e tentativas de se mitigar ou até anular os efeitos sobre o clima global devido as atividades industriais. O Brasil, não estando isento a essas problemáticas, já se mostra com uma postura de alinhamento político e ajustamento de condutas no sentido de atender metas globais de redução de impactos ambientais, principalmente redução de emissão de gases de efeito estufa.

**Palavras-chave:** Energias renováveis; Mudanças climáticas; Transição energética.

### **Abstract**

Energy is a matter of strategic importance to countries around the world. The world economy is strongly linked to the oil industry as a source of energy production. However, ambitious initiatives have already been launched in order to take the world away from its preponderant dependence on oil. Such initiatives are motivated by several factors: population growth and environmental impacts are the most influential. The present work aims to approach, in the form of an overview, a situational portrait of the issues involved with the issue of climate change and energy transition. As a result, it appears that there are concerns and attempts to mitigate or even cancel the effects on the global climate due to industrial activities. Brazil, not being exempt from these problems, already shows itself with a posture of political alignment and adjustment of conducts in order to meet global goals of reduction of environmental impacts, mainly reduction of the emission of greenhouse gases.

**Keywords:** Renewable energies; Climate change; Energy transition.

## Resumen

La energía es un asunto de importancia estratégica para los países de todo el mundo. La economía mundial está fuertemente ligada a la industria petrolera como fuente de producción de energía. Sin embargo, ya se han lanzado iniciativas ambiciosas para sacar al mundo de su dependencia preponderante del petróleo. Tales iniciativas están motivadas por varios factores: el crecimiento de la población y los impactos ambientales son los más influyentes. El presente trabajo pretende abordar, a modo de reseña, un retrato situacional de las problemáticas involucradas con el tema del cambio climático y la transición energética. Como resultado, parece que hay preocupaciones e intentos de mitigar o incluso cancelar los efectos sobre el clima global debido a las actividades industriales. Brasil, no estando exento de estos problemas, ya se muestra con una postura de alineamiento político y ajuste de conductas para cumplir metas globales de reducción de impactos ambientales, principalmente reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.

**Palabras clave:** Energías renovables; Cambio climático; Transición energética.

## 1. Introdução

O petróleo é uma fonte de energia primária, em geral difícil de ser substituído no curto prazo, apresentando seus derivados demandas de curto e médio prazos pouco elásticos a variações nos preços, ou seja, variações percentuais nos preços implicam em variações comparativamente muito menores nas quantidades demandadas. Devido a esta dificuldade de substituição a demanda por derivados de petróleo, e por conseguinte do próprio petróleo, tem que ser realizada no curto prazo para que não haja a redução do nível de atividade econômica deste espaço, quase que independentemente do nível corrente de preços do petróleo. Essas características e a amplitude do consumo de seus derivados (combustível automotivo, geração elétrica, calefação, etc) fazem do petróleo uma fonte energética fundamental para a economia de todos os países (Bayrton, 2012).

A Petroquímica é o ramo da indústria química orgânica que emprega como matérias-primas o gás natural, gases liquefeitos de petróleo, gases residuais de refinaria, naftas, querosene, parafinas, resíduos de refinação de petróleo e alguns tipos de petróleo cru. Apesar das inúmeras possibilidades de diferentes matérias primas, no Brasil usa-se principalmente a nafta como matéria prima para a petroquímica (Torres, 1997).

Entre os anos de 2010 e 2019 o mundo experimentou taxas cada vez mais altas de crescimentos da demanda de petróleo, processo que foi abruptamente interrompido com a chegada da pandemia de Covid-19. Entretanto, em 2021 a demanda voltou a crescer e a previsão é de que a demanda mundial de petróleo atinja o patamar de 103 milhões de barris/dia e isso chama a atenção para o perigoso aumento da emissão de gases de efeito estufa (International Energy Agency [IEA] 2022).

As políticas nacionais brasileiras, no setor de energia e meio ambiente, vêm sendo implementadas no sentido de cumprir com metas globais e locais de descarbonização da economia.

A engenharia química, como uma disciplina técnica, cumpre um papel importante no que se refere às atividades de planejamento e especificação de processos de produção, assim como sobre as medidas de mitigação e/ou correção de impactos ambientais negativos e garantia de proteção do meio ambiente.

Este trabalho tem o objetivo de traçar um panorama geral da indústria do petróleo e energia, e identificar ações concretas, principalmente no âmbito do Brasil, que venham a contribuir com os planos de redução de emissões poluentes, abordando a importância do profissional da engenharia química nesse contexto.

## 2. Metodologia

Realizaram-se buscas de informações em bases de dados, prioritariamente por *sites* da *internet*, de entidades públicas e privadas, nacionais e internacionais, relacionadas ao tema. Parte das informações obtidas foram disponibilizadas de forma gráfica, visando promover uma organização compreensível do conteúdo. Dentre as fontes e referências técnicas consultadas encontram-se o Ministério de Minas e Energia (MME), a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o Instituto Brasileiro do Petróleo (IBP) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), bem como buscas realizadas em livros, artigos e vídeos,

que a partir de relatórios e dados específicos contribuam para a construção do texto dentro de uma linha que pretende ser coesa e de boa compreensão. Adicionalmente, a contextualização insere a profissão da engenharia química como uma disciplina de importante participação nas atividades que se relacionam com a área do petróleo e produção de energia.

A proposta metodológica tem um sentido meramente descritivo, que foi produzido a partir de coleta de informações, como um levantamento do “estado da arte” da indústria do petróleo atual. Não se pretendeu levar à exaustão as questões que põem em confronto a importância estratégica do petróleo como fonte de energia e os graves impactos ambientais decorrentes dessa atividade, mas principalmente aspectos da conjuntura atual e ilustrar as tentativas de mitigação dos problemas causados ao meio ambiente.

## 2.1 Energia

A energia consiste na capacidade de realizar trabalho. O princípio fundamental da conservação da energia estabelece que ela não é criada nem destruída e sim modificada de uma forma para outra. Existem variadas formas de energia: gravitacional, química, elétrica, nuclear, calorífica, radiante e outras (Smets et al, 2016).

O advento da revolução industrial, no século 18, e sua expansão ao longo do século seguinte, trouxe a necessidade de busca dos países por fontes de energia, obtidas basicamente a partir da queima do carvão. Já o século foi marcado pela abundância das reservas de petróleo, que substituíram o carvão como importante fonte de energia (Esfera blog, 2021)

Inúmeras fontes de energia foram utilizadas durante a evolução da humanidade, especialmente os combustíveis fósseis, como, petróleo, carvão, nuclear e gás (Oliveira, 2016).

As fontes de energia fósseis, tais como o petróleo, são alvo de diversas discussões científicas do momento sobre a insustentabilidade dessas fontes. Com o aumento dos debates acerca das questões ambientais, fornecem cada vez evidências de que o petróleo e seus derivados são insustentáveis, seja do ponto de vista ambiental ou econômico. (Pinheiro et al, 2017).

A história da humanidade e o desenvolvimento energético do mundo têm uma relação praticamente indissociáveis um do outro e atualmente se comprometem cada vez de forma mais mútua, se tornando um assunto praticamente único no que diz respeito ao interesse do desenvolvimento socioeconômico dos povos (Pinheiro et al, 2017).

Na sociedade moderna as pessoas precisam, de fato consomem, bastante energia. As pessoas precisam de energia para, por exemplo, produzir iluminação, viajar de avião, trabalhar no computador, preparar comida etc.

O fornecimento de energia é condição fundamental para um crescimento econômico sustentável, por ser um insumo primordial à indústria, o comércio, os serviços, dentre outros setores, além de proporcionar bem-estar social (Paixão & Miranda, 2018).

Na medida em que a população do mundo aumenta, cresce a demanda por mais energia. E a sociedade moderna, dos dias atuais, está atrelada a uma infraestrutura de energia fortemente dependente do petróleo, gás natural e carvão. Tal fato nos leva à constatação de que quanto mais se queima combustíveis fósseis, mais gases de efeito estufa são lançados na atmosfera (Smets et al, 2016).

No Brasil e no mundo, o petróleo tem um papel fundamental tanto no setor de energia quanto para o desenvolvimento da indústria e da economia. No Brasil, a energia gerada a partir do petróleo é essencial principalmente para o acionamento das termelétricas, embora a principal fonte de energia seja a hidráulica. A geração térmica é fundamental para suprir a demanda em períodos de pico e para alcançar locais que não estão no Sistema Interligado Nacional (SIN). Porém, o uso do petróleo com essa finalidade não é tão expressivo no país. O petróleo como fonte de energia é fundamental para o Brasil, bem como para o mundo, pois está presente na produção em quase tudo que se consome, de forma direta ou indireta, visto que é uma matéria-prima para inúmeros derivados e subprodutos (Esfera blog, 2021).

## 2.2 O Petróleo

Do latim *petra* (pedra) e *oleum* (óleo), o petróleo no estado líquido é uma substância oleosa, inflamável, menos densa que a água, com cheiro característico e cor variando entre o negro e o castanho-claro. O petróleo é constituído basicamente por uma mistura de compostos químicos orgânicos (hidrocarbonetos). Quando a mistura contém uma maior percentagem de moléculas pequenas seu estado físico é gasoso e quando a mistura contém moléculas maiores seu estado físico é líquido, nas condições normais de temperatura e pressão.

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis [ANP] (2020), o petróleo é um material fóssil, oleoso e inflamável, de alto valor energético, geralmente menos denso do que a água, com cheiro característico e coloração que pode variar do incolor até o preto. Extraído em terra (onshore) ou abaixo do assoalho do mar (offshore), a prospecção e futura exploração comercial do petróleo demandam anos de preparação e grandes investimentos, que são progressivamente mais altos conforme a localização e a forma como os reservatórios se apresentam.

O petróleo contém centenas de compostos químicos e separá-los em componentes puros ou misturas de composição conhecida é praticamente impossível. O petróleo é normalmente separado em frações de acordo com a faixa de ebulição dos compostos.

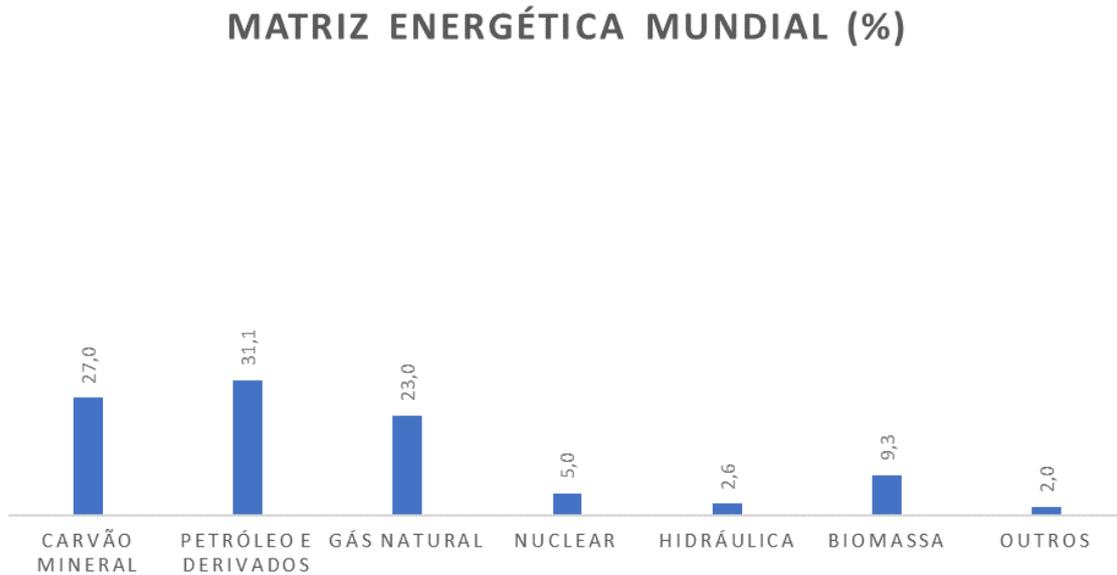
Os óleos obtidos de diferentes reservatórios de petróleo possuem características diferentes: Alguns são pretos, densos, viscosos, liberando pouco ou nenhum gás, enquanto outros são castanhos ou bastante claros, com baixa viscosidade e densidade liberando quantidade apreciável de gás. Outros reservatórios, ainda podem produzir somente gás, entretanto, todos eles produzem análises elementares (Thomas, 2004).

De acordo com Totten (2004), o advento da indústria do petróleo remonta praticamente à meados do século XIX, quando em 1859, poços de petróleo começaram a ser perfurados nos Estados Unidos visando a produção do óleo e sua destilação para obtenção de querosene iluminante. Desde então a cadeia de produção de petróleo passou por um processo evolutivo bastante significativo, a ponto de transformar o petróleo num ativo de fundamental importância para a economia mundial, tanto para produção de combustíveis como para a produção de bens de consumo, tais como plásticos, embalagens, fertilizantes e insumos em geral para outras indústrias.

Portanto, esse processo de evolução da indústria fez nascer no seu entorno uma grande relação com o mercado.

A Figura 1 apresenta de forma gráfica da Matriz Energética mundial com os percentuais de participação das principais fontes de energia utilizadas comercialmente.

**Figura 1** – Participação das fontes na matriz energética mundial.



Fonte: Adaptado de IEA (2022).

### 2.2.1 Petróleo e seu processamento no âmbito da engenharia química

A produção nacional brasileira de petróleo no ano de 2020 foi em média de 2,9 milhões de barris/dia, o que representou uma alta na produção de 5,7% em relação ao ano de 2019 (ANP, 2021).

O processamento de petróleo consiste num amplo e diversificado espectro de operações, que visa basicamente obter os compostos hidrocarbonetos e destiná-los ao mercado como produtos finais (energéticos ou não-energéticos). Os produtos energéticos se constituem nos derivados combustíveis em suas variadas especificidades. Os produtos não energéticos são originados das bases petroquímicas, geralmente etileno, propileno e benzeno. Dessas bases petroquímicas é possível a produção de inúmeros produtos de consumo (Quelhas, 2012).

Petroquímicos são fabricados, em grande parte, mediante conversões químicas, e muitas das reações envolvidas são complexas. As principais matérias primas utilizadas como fontes para viabilizar a produção de produtos petroquímicos são o gás natural e a nafta (Shreve, 1997).

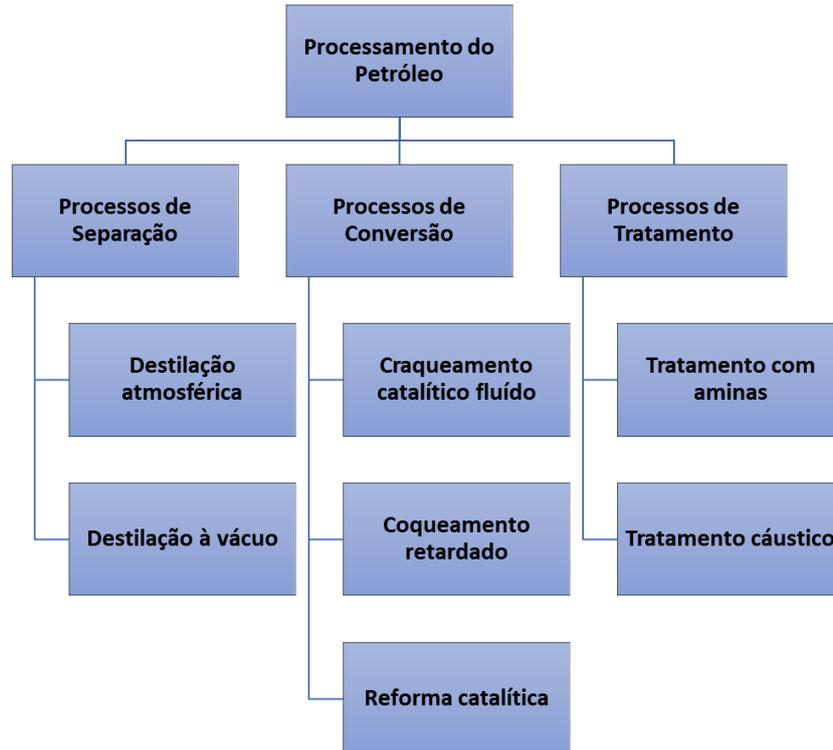
De acordo com Rezende et al (2020), a cadeia de produção do petróleo é extensa e complexa, requerendo um robusto aporte de investimento para sustentar os diversos processos que objetivam a produção de derivados e outros produtos não energéticos. O Brasil, especialmente, que possui uma economia bastante atrelada ao modal de transporte rodoviário, precisa priorizar a produção de combustíveis, visando atender a demanda de seu mercado interno.

O refino do petróleo consiste na separação dos seus componentes através de processos que ocorrem nas refinarias. O objetivo do refino é transformar o petróleo, uma mistura complexa de hidrocarbonetos com diferentes propriedades físicas e químicas, em frações mais simples e com grande utilidade. Após ser extraído, o petróleo bruto ao ser recebido na refinaria, passa por separação e purificação dos componentes, e inicialmente pelos processos de decantação e filtração. O processo de decantação retira a água salgada do petróleo. Pela diferença de densidade, a mistura é separada deixando-a em repouso (Batista, 2022).

As frações do petróleo são obtidas com a utilização de processos físicos e químicos interligados entre si, dentre os principais, encontram-se: destilação atmosférica, destilação fracionada, destilação a vácuo, craqueamento térmico ou catalítico e reforma catalítica (Batista, 2022).

Uma visão geral dos principais e mais citados processos de envolvidos no refino e na cadeia de produção de petróleo está ilustrada na Figura 2.

**Figura 2** – Principais processos de refino do petróleo.



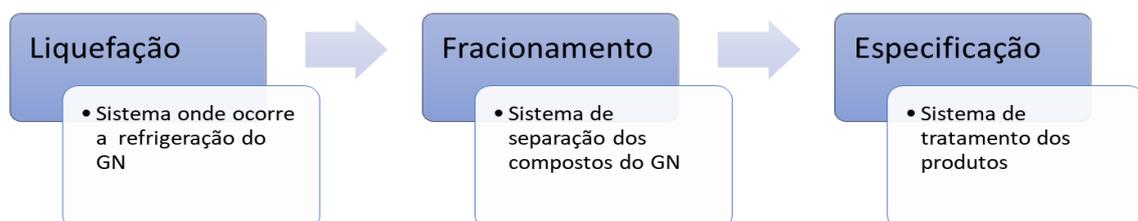
Fonte: Autores.

Os processos mencionados na Figura 2 visam fundamentalmente obter os compostos em função dos níveis de exigências do mercado consumidor, que possam se refletir em boa rentabilidade financeira.

O gás natural (GN) é processado nas Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN's), plantas industriais instaladas com o objetivo de separar os componentes do gás natural em produtos com especificações definidas e controladas, ou seja, com alto valor agregado e utilização com alto desempenho (Vaz et al, 2008).

A Figura 3 ilustra a configuração básica de uma unidade de processamento de gás natural.

**Figura 3** – Configuração básica do processamento do gás natural.

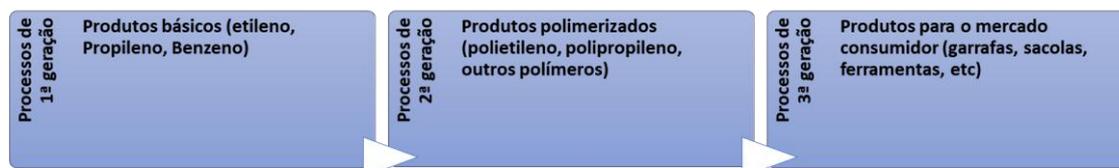


Fonte: Autores.

Por sua vez, a petroquímica é um setor da indústria que possui uma conexão muito forte com o mercado consumidor em geral, dadas as inúmeras possibilidades de produtos de interesse do grande público em geral e que gera um retorno financeiro elevado para os fornecedores.

A Figura 4 ilustra a cadeia básica de processos que se interligam no processamento petroquímico, a partir do gás natural ou da nafta.

**Figura 4** - Sequência simplificada do processamento petroquímico.



Fonte: Autores.

A engenharia química é uma das principais disciplinas técnicas envolvidas com a área de processamento de petróleo, energia e gás natural.

No âmbito das atuações específicas do engenheiro químico, inserido na indústria química, uma de suas atribuições é a de planejar os processos operacionais da planta química. Por exemplo, na indústria do petróleo ocorre a transformação desta matéria prima, que é um produto natural, sem aplicação comercial, em diversos combustíveis (GLP, gasolina, querosene de aviação e óleo diesel, entre outros), óleos lubrificantes e muitos outros derivados e gases efluentes da indústria do petróleo em materiais plásticos (Brasil, 2004).

O trabalho dos engenheiros químicos envolve todas as etapas de produção, desde o processo de perfuração de poços até o trabalho nas refinarias. O engenheiro químico atua, portanto, na elaboração de fluídos para estabilizar as condições da perfuração, criação de meios para tratar o petróleo durante a produção e o acompanhamento de todos os procedimentos de refinamento do produto final.

O engenheiro químico é um profissional versátil que pode trabalhar em diversas áreas, como projetos, produção, pesquisa, etc. Justamente por atuar em todas as etapas de produção, o engenheiro químico que atua no setor de petróleo precisa ter uma visão global do negócio, possuindo, além dos conhecimentos técnicos exigidos pela área, conhecimentos em administração, logística e geologia. Ele deve entender o comportamento da matéria-prima para desenvolver novas metodologias de extração e produção. O domínio de ferramentas de programação também é uma exigência do setor, que busca profissionais com conhecimentos em linguagem de programação para ajudar no desenvolvimento de softwares específicos para a área (Shreve, 1997).

Segundo o relatório *Global Energy Review: CO<sub>2</sub> Emissions* em 2021 a emissão mundial de gás carbônico, devido a combustão e a processos industriais foi a maior já registrada na história atingindo o nível de lançamento de 36,3 Giga toneladas do gás. Tal nível de elevação contribui de forma preponderante para um novo pico mundial de lançamento de gases de efeito estufa na atmosfera, que atingiu um total de 40,8 Giga toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes em 2021.

### 2.3 Tecnologias orientadoras do futuro no cenário brasileiro

A captura, utilização e estocagem de carbono é uma tecnologia que tem por objetivo cumprir um importante papel em relação ao alcance de metas energéticas e climáticas globais. Conhecida também por sua denominação *CCUS – Carbon Capture*,

*utilisation and storage*, essa tecnologia envolve a captura de gás carbônico em diversos pontos de origem que utilizam fontes fósseis ou biomassa para combustíveis. O gás carbônico pode também ser capturado diretamente do ar atmosférico. O gás é então comprimido e enviado por navio ou gasoduto até os locais de nova utilização ou armazenamento geológico (IEA 2022).

A Petrobras, publica em seu plano estratégico 2022 – 2026 que pretende cumprir com índices aceitáveis de atendimento de metas de gases de efeito estufa (IAGEE). O Quadro 1 ilustra os valores estabelecidos pela empresa dentro do referido período.

**Quadro 1 – Metas IAGEE da Petrobras.**

<b>Processo</b>	<b>Meta (IAGEE)</b>
Exploração e Produção (E&P)	16,5 kg de $CO_2$ e/boe*
Refino	39,2 kg de $CO_2$ e/boe*
* kg $CO_2$ e/boe – quilogramas de $CO_2$ equivalente/barril de óleo equivalente	

Fonte: Autores.

## 2.4 Etanol e biodiesel

O Brasil é o segundo maior produtor global de etanol, porém, muito atrás dos Estados Unidos que é o maior produtor, consumidor e exportador do biocombustível no mundo (Vidal, 2021).

Como resíduos da produção da cana-de açúcar, o bagaço e a palha da cana, podem ser usados para a geração de vapor e de energia elétrica nas usinas de açúcar e álcool modernas. Algumas usinas obtiveram avanços tecnológicos consideráveis, na produção de etanol, e passaram à condição de exportadoras de energia para as redes públicas de transmissão de energia, de tal forma que a participação das energias renováveis na matriz energética brasileira a tornou mais diversificada e colocou o país em posição de destaque mundial em termos de economia verde (Rizek, 2014).

O biodiesel é um tipo de combustível renovável obtido a partir de óleos vegetais e gorduras animais e tem uma série de vantagens quando comparado ao diesel de petróleo. Sendo um produto obtido pela reação de transesterificação de um óleo vegetal ou animal com um álcool (etanol ou metanol), da reação também resulta, como subproduto, a glicerina, composto que aumenta a viscosidade do combustível (Menezes, 2022).

A produção de biodiesel no Brasil, vem crescendo em virtude de mudanças na legislação brasileira que vem aumentando a porcentagem de biodiesel no óleo diesel de petróleo (ANP, 2020).

De acordo com a ANP (2021) a produção total de etanol no Brasil em 2020 foi de 32,8 milhões de metros cúbicos. Apesar dessa magnitude, a produção de 2020 foi 7,1 % inferior ao registrado em 2019. Já a produção total de biodiesel no Brasil em 2020 foi de 6,4 milhões de metros cúbicos, 9% superior à produção do ano de 2019. Lembrando que o biodiesel brasileiro é produzido em todas as regiões do país, em março de 2020 houve a aprovação do percentual de adição de biodiesel ao óleo diesel de 12%.

Em virtude das elevadas produções agrícolas, o potencial do Brasil de produção de energia a partir de biomassa é também bastante relevante.

## 2.5 Biogás e biometano

Segundo Associação Brasileira do Biogás [ABIOGÁS] (2018), o biogás e biometano são combustíveis renováveis, produzidos a partir da degradação de materiais orgânicos tais como resíduos e efluentes orgânicos e outras fontes de biomassa com grande potencial econômico, ambiental e social e com características energéticas que podem contribuir em muito para a sustentabilidade e a eficiência energética de importantes setores econômicos, tais como o setor sucroenergético, o agropecuário e saneamento ambiental (esgoto sanitário e resíduos sólidos urbanos).

O biogás pode ser utilizado para a produção de energia elétrica e energia térmica (aquecer, secar, resfriar), após remoção das principais impurezas, como umidade, siloxanos e  $H_2S$ , presentes neste. O biometano é resultante do enriquecimento ou beneficiamento do biogás, que consiste na remoção de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e de outros componentes, traços ainda presentes no biogás e aumento do seu poder calorífico (Miki, 2017).

Nos últimos 10 anos, surgiu no Brasil, por iniciativa de pessoas e organizações, um movimento com o interesse de intensificar a introdução de biocombustíveis na matriz energética brasileira. O biogás brasileiro possui um potencial de oferta interessante, da ordem de 43,2 bilhões de metros cúbicos normais/ano de resíduos dos setores sucroalcooleiro, de proteína animal, de produção agrícola e de saneamento, que podem se tornar fontes de aproveitamento energético imprescindível (Abiogás, 2022).

## 2.6 Energia solar, fotovoltaica e energia eólica

A energia eólica é a que mais cresce atualmente no mundo, na forma de parques (ou fazendas) eólicos. O setor eólico, vem se desenvolvendo no país devido ao progresso tecnológico alcançado por esta indústria, as características do vento brasileiro e as condições atrativas dos leilões de energia (Passos & Velázquez, 2017).

Energia eólica é a energia cinética proveniente da força de massas de ar em movimento (ventos), que é captada pelas turbinas dos aerogeradores e convertida em eletricidade. A tecnologia produz energia limpa, que permite reduzir as emissões de gases poluentes da queima de combustíveis fósseis, e hoje lidera a expansão das fontes de energia renováveis na geração elétrica mundial com a energia solar fotovoltaica (Portal solar, 2022).

A energia solar fotovoltaica utiliza o sol para produzir energia elétrica, enquanto a energia eólica produz energia com a força do vento movimentando grandes turbinas (Portal solar, 2022).

Em 2021 a geração de energia solar no Brasil alcançou o nível de 1,44 milhões de toneladas de óleo equivalente, um avanço que representa 55,6% em relação ao ano de 2020. Já a geração eólica foi de 6,22 milhões de toneladas de óleo equivalente, 26,7% superior ao ano de 2020 (Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2022).

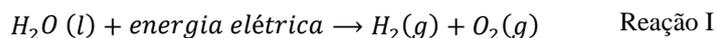
## 2.7 Hidrogênio verde

O hidrogênio (H) é o elemento mais comum no universo e o quarto elemento mais abundante no planeta Terra. No entanto, ele normalmente está associado a outros elementos químicos, formando moléculas, a exemplo da água  $H_2O$ . Para a obtenção do combustível hidrogênio ( $H_2$ ), faz-se necessário o uso de tecnologias apropriadas, demandando expressiva quantidade de energia no processo. O papel esperado do hidrogênio de baixa emissão na descarbonização de múltiplos setores tem despertado o interesse das principais economias e levado ao desenvolvimento de projetos, iniciativas e estratégias públicas, a fim de promover a sua viabilização. Os recursos naturais de cada país e a definição de metas de descarbonização definirá o tipo de hidrogênio com baixas emissões a ser produzido. O hidrogênio pode ser produzido por meio de vários processos, associados a diversos tipos de emissões, dependendo da tecnologia e da fonte de energia utilizada, com diferentes implicações de custos e requisitos de materiais (Bezerra, 2021).

Trata-se de uma tecnologia que vem sendo cada vez mais discutida e contemplada como uma das alternativas de obtenção de energia renovável no mundo. Uma das alternativas tecnológicas consiste basicamente em se utilizar a produção de eletricidade, obtida por fontes também renováveis, e em seguida realizar a eletrólise da água (Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2022).

Um resultado desse processo é a obtenção de gás hidrogênio e gás oxigênio quimicamente puros.

Esse processo pode ser descrito por uma simples reação química, exemplificada a seguir pela Reação I:



## 2.8 Programa RenovaBio

O RenovaBio trata-se da Política Nacional Brasileira de Biocombustíveis, através da qual se almeja contribuir para o atendimento de metas globais de qualidade do meio ambiente e do clima. O programa foi criado pela Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017 e prevê entre vários instrumentos avançados de eficiência energética a certificação do Crédito de Descarbonização (CBIO) para fins de comprovação de metas dos distribuidores de combustíveis.

A promulgação da Lei do RenovaBio, proporciona grandes oportunidades para a expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com foco na regularidade do abastecimento de combustíveis e na previsibilidade para a participação competitiva dessas fontes de energia no mercado de combustíveis do país.

Como resultado dessa iniciativa brasileira, o RenovaBio vem progressivamente emitindo certificados de créditos de descarbonização (CBIO) referentes a biodiesel, etanol e biometano.

## 3. Resultados e Discussão

Mudanças climáticas e transição energética são assuntos que vem cada vez mais ocupando espaço nas agendas e nas políticas nacionais dos países do mundo.

A presente década (2021 – 2030) atravessa um momento de grandes transformações na área de energia e meio ambiente. Esse binômio energia – meio ambiente vem de fato ocupando lugar de destaque, não apenas no cenário brasileiro, como no cenário mundial, uma vez que as preocupações com a alteração do clima e a emissão de gases de efeito estufa impulsionam os governos dos países a empenhar esforços no sentido de reverter os prognósticos desfavoráveis que cientistas vêm fazendo sobre o futuro do planeta terra em termos de meio ambiente.

O Net Zero 2050 é um ambicioso programa que vem tendo adesão de países que têm passado a debatê-lo com mais profundidade. Trata-se de levar a zero a emissão de carbono, oriundo de fontes de energia fóssil, até o ano de 2050.

Entretanto, o relatório da IEA sobre emissões de gás  $CO_2$  de 2021 ainda não traz uma boa notícia sobre a redução de gases de efeito estufa, pois esse ano foi marcado pelo recorde histórico de emissão de gás carbônico, em parte como resultado de uma forte retomada das economias dos países no pós-pandemia.

Do ponto de vista estratégico, o acesso à energia é fundamental para todos os países do mundo. Tal fato pode ser levado à condição de prioridade máxima para os governos de cada país, no sentido de atender as demandas de suas populações e portanto, colocar tal interesse acima do interesse de redução da emissão de gases poluentes.

Etanol e biodiesel são duas realidades de sucesso na matriz energética brasileira com respeito à emissão de carbono na atmosfera.

O planejamento estratégico da maior empresa de petróleo do Brasil (Petrobras) relata decisões e resultados já conquistados importantes, com respeito à busca pela neutralidade de emissão de carbono.

Segundo dados da IEA, com base no ano de 2020, a matriz energética brasileira é bastante diferenciada em relação à matriz mundial, revelando uma participação de fontes renováveis mais consistente.

**Figura 5** – Participação das fontes na matriz energética do Brasil



Fonte: Adaptado de IEA (2022).

#### 4. Considerações Finais

Embora não se tenha explorado com profundidade e detalhamento todas as etapas de processamento, é notoriamente perceptível, pela densidade e complexidade de operações que o petróleo e o gás natural sofrem até a obtenção dos devidos produtos finais, que essa indústria é fortemente intensiva em termos de emissão de gás carbônico.

O RenovaBio visa, ainda, cooperar para o atendimento aos compromissos brasileiros no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, valorizando o seu papel na mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

A partir das informações obtidas no curso deste trabalho, ressalta-se a importância fundamental da participação do engenheiro químico nos grupos de trabalho que se proponham a estudar os problemas ambientais e planejar soluções que venham contribuir para o melhor controle de processos e redução de emissões poluentes.

O trabalho delimitou-se pelo levantamento de dados e informações de âmbito geral no contexto internacional e brasileiro, não mergulhando em questões pontuais e aprofundadas sobre o assunto. Portanto, seu escopo não esgota as discussões pertinentes, visto que as soluções definitivas para tais questões são extremamente complexas e estão num horizonte de tempo ainda indeterminado.

Evidencia-se, portanto, que tanto no Brasil como no restante do mundo, o petróleo ainda é predominante como fonte primária para fornecimento de energia, da qual as populações do planeta tanto precisam.

Pelo fato da matriz energética brasileira ser diferenciada em relação às do restante do mundo, o país desfruta de posição de vantagem em função da diversidade de fontes sustentáveis e com representatividade na produção de energia.

Um fato relevante é que o petróleo, pelas razões mais óbvias, ainda é uma fonte de energia relativamente barata, ainda abundante e altamente rentável. Portanto, não se espera que o mundo possa no curto prazo e de forma repentina abandonar definitivamente a “lógica de produção” baseada no petróleo. Porém o processo de transição já é uma realidade e as novas tecnologias vão gradativamente crescendo até que elas possam se tornar totalmente viáveis e possam prover a quantidade demandada de energia para sociedade em geral.

## Referências

- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP (2021). Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis. <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-contedo/publicacoes/anuario-estatistico/arquivos-anuario-estatistico-2021/anuario-2021.pdf>
- Associação Brasileira do Biogás - Biogás (2022). Conheça a abiogás: Sobre nós. <https://abiogas.org.br/sobre-nos/>
- Associação Brasileira do Biogás - Biogás (2018). Proposta de Programa Nacional do Biogás e do Biometano. [https://abiogas.org.br/wp-content/uploads/2021/01/PNBB\\_Versao\\_Final.pdf](https://abiogas.org.br/wp-content/uploads/2021/01/PNBB_Versao_Final.pdf)
- Batista C. (2011). Refino do petróleo. <https://www.todamateria.com.br/refino-petroleo/amp/>
- Bezerra D. F. (2021). Hidrogênio verde: nasce um gigante no setor de energia. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n.212, dez. 2021. (Caderno Setorial ETENE) <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1109>
- Brasil, (2004). Nilo I. *Introdução à engenharia química*, (2a ed.), Interciência – Petrobras
- Cunha C. (2022) Energia: Entenda por que o petróleo está no centro de atuais disputas políticas no mundo. <https://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/energia-entenda-porque-o-petroleo-esta-no-centro-de-atuais-disputas-politicas-no-mundo.htm>
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2022). Balanço energético nacional – Relatório síntese. apresentação do powerpoint ([epe.gov.br](http://epe.gov.br))
- Esfera blog, (2021). Novidades do setor de energia: O que é energia do petróleo e como ela é utilizada no mundo. A partir de <https://esferaenergia.com.br/fontes-de-energia/energia-petroleo/>
- International Energy Agency – IEA. (2022). Global Energy Review: CO<sub>2</sub> emissions in 2021. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c3086240-732b-4f6a-89d7-db01be018f5e/GlobalEnergyReviewCO2Emissionsin2021.pdf>
- Menezes M. F. B. (2022). Estudo dos efeitos dos aditivos no Biodiesel. Brazilian Journal of Development, 8(1), 937-961. [10.34117/bjdv8n1-061](https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-061)
- Miki R. (2017). Biometano produzido a partir de biogás de ETEs e seu uso como combustível veicular. *Revista DAE*. 66. 6-16. [10.4322/dae.2017.022](https://doi.org/10.4322/dae.2017.022).
- Passos R. R. & Velázquez S. (2017). Energia eólica e energia solar fotovoltaica: um estudo comparativo. [https://fei.edu.br/sites/sicfei/2017/eng-mecânica/SICFEI2017\\_paper\\_226.pdf](https://fei.edu.br/sites/sicfei/2017/eng-mecânica/SICFEI2017_paper_226.pdf)
- Paixão M. A. S. & Miranda S. H. G. (2018) Um comparativo entre a política de energia renovável no Brasil e na China. Pesquisa & Debate. *Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política*. 29(1).
- Petrobrás (2022). Petróleo Brasileiro S.A. *Plano estratégico 2022 – 2026*. <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/25fdf098-34f5-4608-b7fa-17d60b2de47d/6d98b296-503c-53cc-1f9e-153a904e8066?origin=2>
- Pinheiro, C., Sandim, D., & Carneiro, L. (2017). Energias renováveis: Uma análise do panorama no Brasil. *Revista Científica Semana Acadêmica*, 1(117).
- Pinheiro M. B. C.; Lemos J. J. S.; Silva V. H. M. C., & Campos K. C. (2021). Previsão da produção de fontes renováveis e não renováveis selecionadas da matriz energética brasileira. *Desenvolvimento em Debate*, 9(2), 141-169. <https://revistas.ufrj.br/index.php/dd/article/view/40559/25381>
- Quelhas, A. D. et al. (2012) *Processamento de petróleo e gás: petróleo e seus derivados, processamento primário, processos de refino, petroquímica, meio ambiente*. LTC.
- Oliveira Neto C. R. O. (2016). Energia eólica e desenvolvimento no terceiro milênio: reflexões a partir do Brasil, Nordeste e Rio Grande do Norte. 2016. 150f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/21325>
- Rezende K. S., Costa A. C. S., Faustino F. F. Assis G. P., Pereira C. S. S., & Madureira M. T. (2021). A formação do engenheiro químico frente às perspectivas da área de óleo & gás auxiliada por ferramentas da indústria 4.0 no período de pandemia e de transição energética. p.498-527.
- Rizek Jr R. (2014) Cadernos de educação ambiental: *Etanol e biodiesel*. (2a ed.), <https://smastr16.blob.core.windows.net/cea/2014/11/11-ETANOL-E-BIODIESEL-12977-internet-bx.pdf>
- Shreve R. N., Brink Jr. & Joseph A. (1997). *Indústrias de processos químicos*. (4a ed.), Editora Guanabara Koogan S.A.
- Smets, A. et al. (2016). *Solar Energy: The physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems*. UIT Cambridge.
- Thomas, J. E. (2004). *Fundamentos de engenharia de petróleo*. (2a ed.), Interciência.
- Totten, G. E. (2004). A timeline of highlights from the histories of astm committee d02 and the petroleum industry. *ASTM Standardization News*, June 2004, 18-27.
- Vaz. C. E. M et al. (2008). *Tecnologia da Indústria do Gás Natural*. Blucher.
- Vidal M. F. Produção e uso de biocombustíveis no Brasil. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 4, n.79, maio 2019. (Caderno Setorial ETENE, n.79) a partir de <https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/1196>