

BLOCO: REGULAÇÃO

MARCO REGULATÓRIO BRASILEIRO PARA O ARMAZENAMENTO DE DIÓXIDO DE CARBONO E HIDROGÊNIO EM LARGA ESCALA EM RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL

Data de aceite: 02/06/2023

Ludmilla Santana

Universidade Federal da Bahia

Alana Almeida da Costa

Universidade Federal da Bahia

Rosana Fialho

Universidade Federal da Bahia

Roberto J. B. Câmara

Universidade Federal do Recôncavo da
Bahia

George A. B. Câmara

Senai Cimatec

ABSTRACT: Aiming to meet the climate commitments established in the Paris Agreement and the UN 2030 Agenda, Brazil's target by 2030 is to reduce greenhouse gas emissions by 37% below 2005 levels, in 2025, with a subsequent indicative contribution to reduce greenhouse gas emissions by 43% below 2005 levels in 2030. However, it is necessary to regulate Hydrogen as a fuel included in the global and, mainly, national energy plan. The objective of this study is to evaluate which agent will be responsible for regulating this product and which parameters must be

defined to achieve the national goals set for 2030. The research methodology used was descriptive exploratory, taking Brazilian legislation as the object of study, which determines the actions of regulatory bodies in the national production sector, such as the National Agency for Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP), the National Electric Energy Agency (ANEEL), and the National Water and Basic Sanitation Agency (ANA), confronting the requirements that include regular and legal production in Brazil among agents. The result is expected to contribute to the definition of the Brazilian Regulatory Framework to the large-scale storage of gases such as H₂ and CO₂ in geological reservoirs, such as reservoirs depleted of oil and natural gas.

KEYWORDS: Regulation, Gases, Oil and natural gas reservoirs.

1 . INTRODUÇÃO

Com o advento da Revolução Industrial, o mundo passou a enfrentar novas condições socioambientais que chamaram a atenção de estudiosos no decorrer do tempo sobre a degradação ambiental proveniente da ação humana

e da necessidade de discutir tais questões. Neste sentido, ocorre a Conferência de Estocolmo, em 1972, primeiro grande encontro entre as nações, resultando na Declaração de Estocolmo, formada por 26 princípios e pela criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Dentre outros desdobramentos, 20 anos após a primeira conferência, outro grande encontro foi promovido pela ONU, denominado Rio 92, onde 176 países assinaram a Agenda 21, que dotada de um conjunto de objetivos e metas universais para promover um desenvolvimento sustentável, serviu de fonte para a composição da Agenda 2030 e do Acordo de Paris. Visando atender aos compromissos climáticos e ambientais estabelecidos no Acordo de Paris e na Agenda 2030 da ONU, vêm sendo adotadas, mundialmente, novas tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS) e de captura e utilização de carbono (CCUS), já em aplicação. Além disso, são constantes os estudos sobre a viabilidade da produção em larga escala de hidrogênio (H₂) produzido à partir de fontes renováveis ou com menor emissão de gases poluentes, quando utilizados estas tecnologias de tratamento do dióxido de carbono ao longo da cadeia produtiva. Esta é também uma iniciativa que promove o processo de descarbonização. No entanto, faz-se necessária a regulamentação do Hidrogênio como combustível inserido no plano energético mundial e, principalmente, nacional.

O Marco Regulatório é formulado mediante as condições atreladas à atividade. O Senado e a Câmara dos Deputados têm papel primordial na formulação das leis que lhe serão atribuídas; os clientes e investidores atuam fomentando pesquisas sobre sua viabilidade; a sociedade sinalizando a segurança jurídica necessária ao exercício da atividade na prática. Esta análise em conjunto é que permite o seu reconhecimento legal. Quanto ao hidrogênio, os requisitos a serem regulados contornam os aspectos ligados à sua produção, armazenamento, transporte e distribuição, similarmente àqueles exigidos e segurados pela ANP no que tange ao Gás Natural, Petróleo e seus derivados. Para além disso, tal regulação será acessória ao armazenamento de CO₂ em reservatórios depletados, por exemplo, tópico relevante à tecnologia CCS.

O Brasil tem como meta até 2030 a redução das emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Vale ressaltar que no primeiro trimestre de 2023 o Brasil teve o equivalente a 90% de energia produzida à partir de fontes renováveis, resultado proveniente da busca do país em se tornar referência mundial na produção de energia limpa. Além disso, o Hidrogênio Verde, assim denominado devido ao seu processo de produção à partir da eletrólise da água com energia de fontes renováveis, como a eólica e a solar, tem sido a grande aposta mundial no processo de descarbonização movimentando investimentos milionários para sua concretização. Com isto, o percentual de emissão de gases nocivos chegará muito próximo de zero. Conseqüentemente, o Brasil detentor de um dos maiores percentuais de produção de energia limpa no mundo, poderá atrair tais investimentos, fazendo cumprir suas metas previstas para 2025 e 2030 e contribuir para proteção do clima, do meio ambiente e da vida, por meio do desenvolvimento sustentável.

O objetivo deste estudo é avaliar a atuação da ANP como agente reguladora do Hidrogênio como combustível e quais os parâmetros devem ser definidos para que sejam alcançadas as metas nacionais previstas para 2030. A metodologia de pesquisa empregada foi a exploratória descritiva, tomando como objeto de estudo a legislação brasileira que determina a atuação de órgãos reguladores do setor produtivo nacional, tais como a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Foram confrontados os requisitos que compreendem a produção regular e legal no Brasil entre os agentes, avaliando qual a maior afinidade entre os critérios que devem ser atendidos e as características do Hidrogênio como possível substituto do Petróleo.

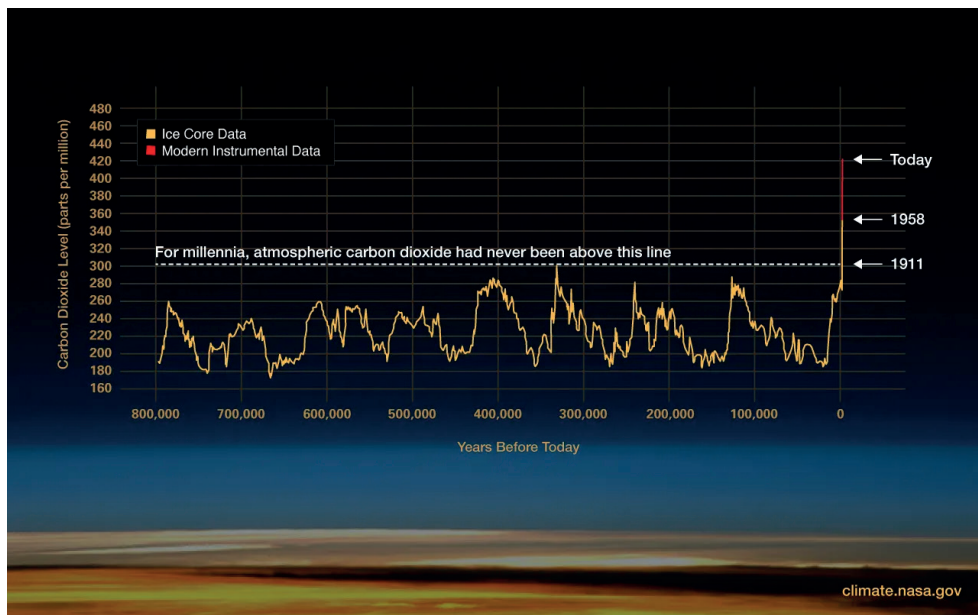
2 . TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E DESCARBONIZAÇÃO

Ao longo da história da humanidade, ocorreram diferentes transições energéticas uma vez que este termo refere-se à substituição ou complemento do uso de uma fonte de energia por outra que possa tornar o processo mais célere e proveitoso. A exemplo disso, temos o uso de carvão mineral como fonte de energia para as máquinas à vapor e locomotivas em detrimento do uso de biomassa e até mesmo da força motriz animal e humana em determinadas atividades. Este evento é historicamente conhecido como Revolução Industrial, período marcado pela crescente industrialização dos meios de produção e consequentes transformações sociais, econômicas e ambientais em meados do século XVIII (ASHTON, 1998). Apesar do crescimento econômico vivenciado por muitos países, o aumento significativo das escalas de produção e a consequente mudança nos padrões de consumo impulsionaram estudiosos a avaliar tais impactos das ações humanas sobre o meio ambiente, a exemplo do professor Vaclav Smil em seu livro “Energia e Civilização: Uma História”.

Além da poluição do ar, da água e do solo, a mudança climática foi uma das principais pautas a ser debatida. Sabe-se que os gases do efeito estufa estão naturalmente presentes na atmosfera terrestre, sendo eles o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O) e o dióxido de carbono, mais abundante em volume já que é o principal gás produzido pela utilização de combustíveis fósseis. Além destes, existem os hidrofluorcarbonetos (HFCs), os perfluorcarbonetos (PFCs) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6), gases provenientes da ação antrópica. Inclusive, são de exímia importância para a manutenção da temperatura do planeta. Isso porque, parte da energia emitida pelo Sol, e que é absorvida pelos oceanos e pela superfície da Terra, quando irradiada novamente para o espaço é bloqueada por esses gases, de forma que esse balanço energético mantém a temperatura média global em torno de 15°C , de acordo com a NASA. Ademais, a NASA afirma que com os avanços tecnológicos, foi possível observar e coletar dados referentes ao clima no planeta ao longo de anos, além de avaliar a forma como os gases do efeito estufa influenciam no

movimento da radiação infravermelha na atmosfera, possibilitando concluir que a tendência de aquecimento mudou claramente desde a Revolução Industrial, como indicado no gráfico apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Gráfico fornece evidências de que o CO₂ atmosférico aumentou desde a Revolução Industrial.



Fonte - Luthi, D., et al.. 2008; Etheridge, DM, et al. 2010.

Foi neste sentido que ocorreu o primeiro grande encontro mundial no ano de 1972, a Conferência de Estocolmo, dando início à formulação de compromissos ambientais como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e posteriormente à Cúpula da Terra, 20 anos depois, no Rio de Janeiro. Neste encontro foi produzida a Agenda 21, nome significativo quanto ao novo século e que apresentou o termo “desenvolvimento sustentável”. Vale ressaltar também que neste período compreendido entre o final do século XX e o início do século XXI, houve um grande interesse mundial em desenvolver e adotar o uso de energias renováveis, como a solar e a eólica, cenário em que o Brasil passou a assumir grande protagonismo, principalmente nas últimas décadas.

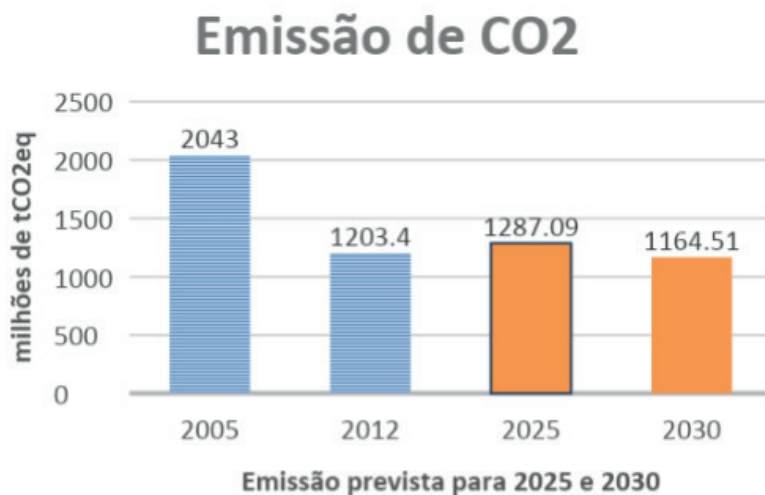
Atualmente, para além do uso de energias renováveis, muito se tem falado sobre a descarbonização, ou ainda, desfossilização, uma vez que buscam-se alternativas de biocombustíveis que possam substituir o uso do Petróleo e do gás natural, como o hidrogênio, além das tecnologias de captura e armazenamento de CO₂ que visam reduzir a emissão desse gás poluente.

2.1 Agenda 2030 da ONU no plano nacional energético

A Agenda 21 foi um acordo firmado e assinado por 179 países com o intuito de promover um desenvolvimento sustentável em escala mundial conciliando justiça social, proteção ambiental e eficiência econômica. Este documento pode ser considerado como um instrumento de planejamento para as ações dos países envolvidos nos anos posteriores. Neste sentido, em Setembro de 2015, foi firmada como compromisso entre 193 nações a Agenda 2030 composta de 169 metas que visam atingir o desenvolvimento sustentável, a proteção do planeta, a paz e a prosperidade das pessoas e o combate à pobreza.

O Brasil, por sua vez, comprometeu-se a investir em novas tecnologias que possibilitem a disposição de energias limpas para compor o plano energético nacional, assim como expandir os investimentos já existentes em energias renováveis. Para além disso, garantir o acesso à energia das diferentes comunidades, sejam elas rurais ou não, preocupando-se também com a eficiência energética. Como forma de atender aos compromissos da Agenda 2030, o país tem como meta até 2030 a redução das emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Como dado relevante, temos que, em março de 2023, o Brasil teve o equivalente a 90% de energia produzida à partir de fontes renováveis, sendo destinados altos investimentos para este setor na busca de tornar o país referência mundial na produção de energia limpa, dado disponibilizado no site do Ministério do Meio Ambiente e que consta no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Gráfico referente à redução de emissões de CO₂ à partir de 2005, no Brasil.



Fonte – Produzido pelo autor com base nos dados disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2021).

2.2 Tecnologia CCS e CCUS

À título de investimento nas áreas de pesquisa e inovação, faz-se de grande relevância falar sobre o conjunto de tecnologias denominadas CCS e CCUS que podem contribuir fortemente para a redução de CO₂ emitido para atmosfera. A sigla CCS refere-se a Carbon Capture and Storage, ou Captura e Armazenamento de Carbono, onde são utilizadas técnicas para capturar o dióxido de carbono proveniente de processos industriais, ou outros, antes de serem liberados para a atmosfera, garantindo que este gás seja armazenado de forma segura em reservatórios geológicos. Já a CCUS, Carbon Capture, Utilization, and Storage, prevê a possibilidade de utilizar no mesmo ou em outro processo o CO₂ disponível, podendo maximizar o uso do gás, reduzindo também a sua emissão para a atmosfera. Considerando o potencial as tecnologias de captura e armazenamento possuem em contribuir com o plano estratégico vigente, em 14 de setembro de 2023 foi apresentado o projeto de lei do Combustível do Futuro, ou PL n° 4516/2023 (BRASIL, 2023), que propôs o marco regulatório do exercício dessas atividades na cadeia de petróleo, gás natural e biocombustíveis, sendo designada a responsabilidade de sua fiscalização à ANP (BRASIL, 2024). Em ato contínuo, em 23 de novembro do mesmo ano, foi aprovada por este agente a elaboração de estudo regulatório específico com prazo de 120 dias para sua conclusão. Isso porque essas tecnologias de armazenamento de CO₂ ainda encontram barreiras no que tange à sua implantação devido à omissão atual da legislação brasileira, que gera insegurança jurídica e consequente falta de iniciativas econômicas que possibilitem a sua aplicação. Por outro lado, os estudos de viabilidade sobre o hidrogênio como substituto do petróleo no plano energético nacional, tem apresentado reais avanços em termos de regulação, o que pode servir como jurisprudência, uma vez que os requisitos a serem controlados permeiam entre a produção, o transporte, a distribuição e o armazenamento desse combustível, tópicos estes aplicáveis ao CO₂ capturado.

2.3 Hidrogênio como combustível no plano nacional energético

O hidrogênio é o elemento mais leve e mais abundante no universo, possuindo características que destoam dos demais grupos presentes na tabela periódica e pode ser sintetizado por algumas algas e bactérias. Esse gás que se apresenta incolor, insípido e inodoro nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), é capaz de formar ligações com grande parte dos elementos existentes e, apesar de raro na atmosfera, pode ser facilmente encontrado na forma de hidreto metálico (LACERDA, 2021). Atualmente, é estudado como potencial combustível de energia limpa, devido à possibilidade de ser obtido por meio da eletrólise da água ou de biomassa, ambos os processos envolvidos de energias renováveis em todas as etapas. Para além disso, o hidrogênio quando utilizado em células de combustível, apresenta alta eficiência energética convertida em eletricidade sem emissão de gases poluentes e obtendo a água como seu único subproduto (BNDS, 2022).

Há também de se falar na capacidade que possui em armazenar energia. No entanto, é preciso avaliar os riscos que estão relacionados ao seu manuseio, uma vez que, é um gás explosivo, inflamável e de difícil detecção.

Atualmente, o Hidrogênio como possível combustível tem sido classificado de acordo com a Tabela 1 (PILGER, 2022):

Tabela 1 – Resumo das cores do Hidrogênio e seus respectivos processos de produção.

Cor	Processo de produção
Hidrogênio cinza	obtido a partir de gás natural ou metano, sem CCUS
Hidrogênio azul	reforma de gás natural, com captura de carbono (CCUS)
Hidrogênio turquesa	pirólise do metano sem geração de CO ₂
Hidrogênio laranja	a partir de resíduos
Hidrogênio branco	é um hidrogênio geológico natural
Hidrogênio verde	eletrólise da água, usando eletricidade renovável
Hidrogênio rosa	eletrólise da água, mas com eletricidade de usinas nucleares
Hidrogênio musgo	produzido de biomassa e biocombustíveis, com ou sem CCUS, através de reformas catalíticas, gaseificação ou biodigestão anaeróbica;
Hidrogênio Amarelo	Energia elétrica, composta de diversas fontes
Hidrogênio marrom e preto	produzido com a gaseificação do linhito (carvão marrom) feito a partir da gaseificação do carvão preto sem CCUS

Fonte: produzido pelo autor

O Programa Nacional de Hidrogênio é uma iniciativa do governo brasileiro que através de um conjunto de diretrizes, visa desenvolver a economia em torno do H₂, atendendo à estratégia climática mundial em paralelo com o cenário produtivo do país. Vistas as amplas formas de produção do Hidrogênio, não é coincidência que o texto tenha adotado como premissa a condição de “baixa emissão de carbono”. Segundo estudos realizados pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2019a), cerca de 60% do hidrogênio produzido no mundo é proveniente da reforma a vapor do gás metano, ou seja, hidrogênio cinza. Para além disso, há de se considerar que em dezembro de 2023 o Brasil bateu recorde na produção de petróleo e gás (BRASIL, 2024). O alcance foi de 4,344 milhões de barris de óleo equivalente por dia (boe/d), cerca de 11,69 % acima do recorde anterior, alcançado em 2022, segundo dados divulgados pela ANP. Considerando esta informação e relacionando-a com a corrida nacional para a concretização do marco regulatório do armazenamento e estocagem do CO₂, pode-se extrair o entendimento de que a produção de hidrogênio azul e verde no Brasil será complementar, uma à outra, no contexto de transição energética.

2.4 Regulamentação do armazenamento de CO₂ e H₂ em reservatórios geológicos

O Marco Regulatório é, de forma geral, um conjunto de especificidades e direcionamentos que são definidos e aplicados posteriormente à discussões entre a Administração Pública, por meio de órgãos ambientais, usuários e comitês formados para votar sobre o objeto em questão. É esse conjunto de normas, leis e diretrizes que garante segurança jurídica para os entes aqui envolvidos, sendo eles a sociedade, as empresas e os clientes (WOLFFENBÜTTEL, 2006). Para garantir segurança e justiça nas atividades econômicas, são designados agentes reguladores que as fiscalizam afim de que estejam em conformidade com a norma. A Lei nº 13.848 de 25 de junho 2019 dispõe sobre a atividade das agências reguladoras no que tange à sua organização, gestão, processo decisório e gestão social. As agências reguladoras são, conforme o Artigo 2º dessa lei:

“Art. 2º Consideram-se agências reguladoras, para os fins desta Lei e para os fins da Lei nº 9.986, de 18 de julho de 2000:

- I - a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel);
- II - a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP);
- III - a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel);
- IV - a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa);
- V - a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS);
- VI - a Agência Nacional de Águas (ANA);
- VII - a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq);
- VIII - a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT);
- IX - a Agência Nacional do Cinema (Ancine);
- X - a Agência Nacional de Aviação Civil (Anac);
- XI - a Agência Nacional de Mineração (ANM).” (BRASIL, 2019)

A introdução do Hidrogênio como combustível no plano energético brasileiro precisa ser feita de forma segura, principalmente pelas características que esse gás possui. A produção, o transporte, a distribuição, o armazenamento e, até mesmo, a utilização deste produto deverão seguir os parâmetros estabelecidos por lei, garantindo segurança jurídica. Uma vez estipuladas as condições já citadas, pretende-se agregar confiabilidade a todo o processo e qualidade atribuída ao produto final. Além disso, a padronização das indústrias que venham a produzir em larga escala o Hidrogênio garantirá que haja um cenário competitivo justo e conseqüente estímulo ao mercado, proveniente de investimentos depositados nessa nova energia. Vale ressaltar que o Brasil, devido ao seu protagonismo mundial no quesito produção de energias renováveis, tem a possibilidade de atrair milhares de investimentos para a produção em larga escala de hidrogênio verde, o que

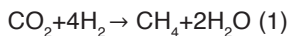
faz necessária a celeridade em elaborar o marco regulatório nacional. É neste sentido que foram elaborados projetos de lei, conforme mostra a Tabela 2:

Tabela 2 – Projeto de lei brasileiras para a regulação do Hidrogênio e para as atividades de CCS em reservatórios geológicos

Projeto de Lei	O que determina
Lei nº 725/2022 (Senado)	Visa regulamentar a incorporação do hidrogênio como uma fonte viável de energia no contexto brasileiro.
Lei nº 1878/2022 (Senado)	Apresenta a definição específica de “Hidrogênio Verde”, que “corresponde ao Hidrogênio que permanece em estado gasoso em condições normais de temperatura e pressão, gerado a partir da eletrólise da água, a qual se utiliza, para sua produção, da energia elétrica gerada por fontes de energia renováveis, sem emissão direta de dióxido de carbono na atmosfera no seu ciclo de produção”.
Lei nº 2308/2023 (Câmara dos Deputados)	Traz uma definição para hidrogênio verde, considerado aquele utilizado como combustível obtido a partir de quaisquer processos ou rotas tecnológicas com uso de fontes renováveis de energia, tais como eletrólise da água, gaseificação de biomassa renovável, reforma de biogás ou de biometano, entre outros.
Lei nº 1425/2022 (Senado)	Estabelece o marco legal das atividades de CCS.

Fonte: produzido pelo autor.

O projeto de lei nº 2308/2023 foi aprovado na Câmara dos Deputados em 28 de novembro do mesmo ano, disciplinando sobre o conceito de hidrogênio renovável, sua produção e certificação. Segundo o texto aprovado, “será considerado hidrogênio de baixa emissão de carbono aquele que, no ciclo de vida do processo produtivo, resulte em valor inicial menor ou igual a 4 quilogramas de dióxido de carbono equivalente por quilograma de hidrogênio produzido (4 kgCO₂eq/kgH₂)” (PIOVESAN, 2023). Com as técnicas CCS e CCUS devidamente empregadas, faz-se possível atingir esse limite de especificação. Quanto à sua autorização, caberá à ANP regular o exercício dessa atividade produtora, apesar da possibilidade de produção do hidrogênio à partir de insumos não derivados de combustíveis fósseis. No entanto, é indiscutível que a atuação da ANA e da ANEEL irão se restringir ao uso de recursos hídricos e ao fornecimento de energia elétrica, respectivamente, uma vez que a lei que as institui é clara sobre suas competências. Ficam também estabelecidos os incentivos tributários previstos na Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007. Quanto ao armazenamento, há benefícios em correlacionar o H₂ e o CO₂ para este processo. O hidrogênio pode servir como um agente redutor do dióxido de carbono formando metano (CH₄), gás comumente produzido em indústrias e de fácil transporte quando comparado aos compostos que lhe deram origem, conforme mostra a Equação 1. Além disso, ambos os gases podem ser armazenados juntos, respeitadas as técnicas distintas de injeção, quando os reservatórios tiverem capacidade para tal.



A Lei nº 14.134, de 8 de abril de 2021, dispõe sobre as normas impostas à indústria de gás natural brasileira, nos aspectos destacados em seu artigo 1º transcrito abaixo:

Art. 1º Esta Lei institui normas para a exploração das atividades econômicas de transporte de gás natural por meio de condutos e de importação e exportação de gás natural, de que tratam os incisos III e IV do caput do art. 177 da Constituição Federal, bem como para a exploração das atividades de escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural.

§ 1º As atividades econômicas de que trata este artigo serão reguladas e fiscalizadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e poderão ser exercidas por empresa ou consórcio de empresas constituídos sob as leis brasileiras, com sede e administração no País.

Conhecida como nova Lei do Gás, foi regulamentada pelo Decreto nº 10.712, de 2 de junho de 2021, sendo a ANP o agente regulador e fiscalizador. Apesar de o hidrogênio e o dióxido de carbono serem gases antropogênicos, não considerados no diploma legal que fornece o conceito de gás natural, é possível que este a ANP avalie a possibilidade de atribuir à eles os requisitos de armazenamento ou estocagem dispostos nesta norma. Isso promoveria celeridade ao marco regulatório das tecnologias de captura e armazenamento de carbono, respeitadas as características distintas entre esses gases mediante colaboração da Empresa de Pesquisa Energética – EPE na elaboração de estudos específicos.

2.5 O Uso das Terminologias Estocagem e Armazenamento

Referente à guarda seja do H_2 , do CO_2 ou do gás natural, podemos observar que há um duplo uso de terminologias que caracterizam essa atividade. Tomando como exemplo a Lei do Gás, surge empregado o termo “estocagem”, enquanto na PL 1425/2022 temos a designação da palavra “armazenamento”. Este tópico, ainda pouco explorado, pode nos levar a crer que ambos os termos referem-se à mesma coisa, possuindo mesmo significado. No entanto, a estocagem é uma parte do processo de armazenamento que visa adequar determinado material em local próprio para si. Já o armazenamento, envolve toda a gestão do fluxo de proteção e conserva de um produto ou material específico. Neste sentido, é possível considerar a armazenamento do gás como uma atividade sazonal enquanto o estoque visa um processo estático de sua guarda (SA, 2021). Sem prejuízo do entendimento, esses termos no inglês não se diferenciam, sendo denominados como “storage” para ambas as práticas.

3 . CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da aprovação da Lei nº 2308/2023, podemos concluir que a criação do marco regulatório para o hidrogênio como combustível e para o armazenamento de CO₂ está sendo tratado com grande importância no cenário jurídico e econômico nacional. No entanto, os projetos de lei em trâmite nas casas legislativas apresentam-se vazios de determinações técnicas, desde a produção até o armazenamento seja do H₂ ou do CO₂. A ANP, por sua vez, pode contribuir pontuando as lacunas técnicas existentes nas PL's, para que venham a ser discutidas e definidas. Dentre os pontos não citados nos textos, temos a falta de prazo definido para o armazenamento, a ausência das características de transporte e o mínimo fomento de programas claros de investimento para as técnicas CCS e CCUS. A concretização da regulação terá papel crucial para a redução da emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera, contribuindo para que o Brasil alcance as metas e compromissos firmados na Agenda 2030 da ONU, além da captação de diversos investimentos de todo o mundo na produção nacional de biocombustíveis.

4 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALAGO, R. Exame. “Marco regulatório do hidrogênio verde deve ser enviado ao Congresso em dezembro, diz ministro.”. São Paulo: Exame, 2023. Disponível em: <https://exame.com/brasil/marco-regulatorio-do-hidrogenio-verde-deve-ser-enviado-ao-congresso-em-dezembro-diz-ministro/>. Acesso em : 29/10/2023.

BRASIL. “Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007.” Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura. Câmara dos Deputados. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2007/lei-11488-15-junho-2007-555352-norma-pl.html>. Acesso em : 30/10/2023.

BRASIL. “Projeto de Lei nº 2308, de 2023.” Câmara dos Deputados. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2267302&filename=PL%202308/2023. Acesso em : 30/10/2023.

BRASIL. “Proposta de Lei nº 2308, de 2023.”. Senado Legislativo. Disponível em: https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9096572&ts=1687892491729&disposition=inline&_gl=1_pkg9yj_gaNjM3NjA5MjkzLjE2OTY2MTkxNTg_ga_CW3ZH25XMK*MTY5NjYyMjQ4Ny4yLjAuMTY5NjYyMjQ5My4wLjAuMA... Acesso em : 10/12/2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). “Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP-21)”. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2021. Disponível em: <http://antigo.mma.gov.br/images/arquivo/80108/BRASIL%20iNDC%20portugues%20FINAL.pdf>. Acesso em : 11/12/2023.

BRASIL. “Governo entrega Projeto de Lei do Combustível do Futuro”. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/governo-entrega-projeto-de-lei-do-combustivel-do-futuro>. Acesso em: 02/04/2024.

BRASIL. “Estocagem Subterrânea de Gás Natural”. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/movimentacao-estocagem-e-comercializacao-de-gas-natural/estocagem-subterranea-de-gas-natural>. Acesso: em 02/04/2024.

BNDS – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Hidrogênio de Baixo Carbono: oportunidades para o protagonismo brasileiro na produção de energia limpa. Rio de Janeiro: BNDS, 2022. 113 p. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/22665/1/PRLiv_Hidrog%C3%AAnio%20de%20baixo%20carbono_215712.pdf. Acesso em: 02/04/2024.

BRASIL. “Produção média nacional de petróleo e gás bate recorde em 2023”. Brasília: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/producao-media-nacional-de-petroleo-e-gas-bate-recorde-em-2023#:~:text=Em%20dezembro%20de%202023%2C%20o,Bacia%20Potiguar%2C%20com%20865%20po%C3%A7os. Acesso em: 02/04/2024.

BRASIL. Lei nº 14.134, de 8 de abril de 2021. Dispõe sobre as atividades relativas ao transporte de gás natural, de que trata o art. 177 da Constituição Federal, e sobre as atividades de escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 9.847, de 26 de outubro de 1999; e revoga a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e dispositivo da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.134-de-8-de-abril-de-2021-312904769>. Acesso em: 02/04/2024.

FRANCO, AC. Exame. “A importância de um marco regulatório para o hidrogênio verde.”. São Paulo: Exame, 2023. Disponível em: <https://exame.com/esg/a-importancia-de-um-marco-regulatorio-para-o-hidrogenio-verde/>. Acesso em : 29/11/2024.

LACERDA, N. “Os desafios da armazenagem e transporte de hidrogênio em larga escala.”. Porto Alegre: Gas Energy, 2021. Disponível em: <https://gasenergy.com.br/os-desafios-da-armazenagem-e-transporte-de-hidrogenio-em-larga-escala/>. Acesso em : 30/11/2023.

NASA. NASA. “Mudanças Climáticas Globais: Evidências”. Mudanças climáticas globais e aquecimento global da NASA: sinais vitais do planeta. Evidence.” Jet Propulsion Laboratory / National Aeronautics and Space Administration, 2015. Disponível em: <https://science.nasa.gov/climate-change/evidence/>. Acesso em : 30/03/2024.

PILGER, L. “Um guia para as cores do hidrogênio.”. Curitiba: Ecotx, 2022. Disponível em: <https://www.ecotx.com.br/um-guia-para-as-cores-do-hidrogenio/>. Acesso em : 29/03/2024

PIOVESAN, E. Câmara dos Deputados. “Câmara aprova certificação e incentivos para hidrogênio com baixa emissão de carbono.”. Brasília: Câmara dos Deputados, 2023. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1020557-camara-aprova-certificacao-e-incentivos-para-hidrogenio-com-baixa-emissao-de-carbono/>. Acesso em : 30/03/2024

WOLFFENBÜTTEL, A. “Tecnologia de Armazenamento Geológico de Dióxido de Carbono: Panorama Mundial e Situação Brasileira.”. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2006.” Disponível em: http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2093:catid=28&Itemid=23. Acesso em : 30/03/2024.

SMIL. Vaclav. Energia e Civilização: Uma História. 1ª edição. São Paulo. Bookman, 2023.

SA, Grupo. “Armazenagem e estocagem: conheça as diferenças!”, 2021. Disponível em: <https://www.sagrupo.com/armazenagem-e-estocagem-conheca-as-diferencas/>. Acesso em 30/03/2024.

5 . AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UFBA por disponibilizar a sua infraestrutura para desenvolvimento desta pesquisa.