

Os investimentos em hidrogênio verde no mundo e o papel do Brasil nesta cadeia produtiva

Investments in green hydrogen in the world and Brazil's role in this production chain

Janara de Camargo Matos 

Fatec Praia Grande
janara.matos@fatec.sp.gov.br

Guilherme Ferreira Bitencourt 

Fatec Praia Grande
guilhermeferrera249@outlook.com

RESUMO

O hidrogênio verde (HV) é produzido com eletricidade natural oriunda de fontes de energia limpas e renováveis, a partir de energia eólica, solar e provenientes de biomassa, assim ele não possui e não emite gás carbônico, sendo um promissor combustível de amplo valor econômico e ambiental. Este artigo tem como objetivo apresentar os investimentos de hidrogênio verde no mundo, principalmente na União Europeia e China, e o papel do Brasil nesta cadeia produtiva, discutindo sua importância como futuro combustível sustentável. A proposta é apresentar o HV como combustível limpo o qual estimulará a corrida das grandes potências mundiais de se adequarem a uma sociedade com economia mais verde até o final da presente década, além de discutir como estão ocorrendo os investimentos na produção de hidrogênio verde no Brasil. A produção de HV no Brasil é incipiente, estando em fase de projetos e testes como no Porto de Açu (RJ) e Pecém (CE). O Brasil apresenta perfil de potencial futuro exportador na cadeia produtiva deste combustível, uma vez que é considerado o local ideal para sua produção, devido às facilidades de uso e abundância de fontes renováveis.

PALAVRAS-CHAVE: hidrogênio verde. energia renovável. cadeia produtiva.

ABSTRACT

Green hydrogen (GH) is produced with natural electricity from clean and renewable energy sources, from wind, solar and biomass, so it does not contain and does not emit carbon dioxide, being a promising fuel of great economic and environmental value. This article aims to present green hydrogen investments in the world, mainly in the European Union and China, and Brazil's role in this production chain, discussing its importance as a future sustainable fuel. The proposal is to present GH as a clean fuel which will stimulate the race of the great world powers to adapt to a society with a greener economy by the end of the present decade, in addition to discussing how investments in the production of green hydrogen in Brazil are taking place. The production of GH in Brazil is incipient, being in the design and testing phase as in the Port of Açu (RJ) and Pecém (CE). Brazil presents a potential future exporter profile in the production chain of this fuel, since it is considered the ideal place for its production, due to the ease of use and abundance of renewable sources.

KEY-WORDS: green hydrogen. renewable energy. productive chain.

INTRODUÇÃO

Desde a Revolução Industrial, a produção em massa das indústrias apresentou crescimento e expansão progressivos. Decorrente de acúmulo de gases do efeito-estufa na atmosfera, as consequências geraram danos nocivos que atualmente causam mudanças climáticas e, que a longo prazo, podem provocar danos ambientais irreparáveis.

O aquecimento global é um processo que tem acarretado consequências negativas para a humanidade e os demais seres vivos, e, baseado num cenário não muito distante, o aquecimento de 1,5°C na temperatura média do planeta Terra pode acarretar num risco alto de extinção de até 15% das espécies existentes de todos os ecossistemas (AMARAL, 2022).

Caso não sejam realizados acordos para o retardamento deste processo, o planeta sofrerá danos incalculáveis. A queima de combustíveis fósseis resulta na emissão de gases de efeito estufa e são os principais causadores do aquecimento global.

Em agosto de 2021, foi publicado relatório do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC) pelas Nações Unidas (ONU) que enviava para a humanidade um alerta vermelho em relação às mudanças climáticas. O alerta foi emitido por António Guterres, secretário-geral da ONU, que informou, baseado em pesquisas científicas e análises obtidas em diferentes partes do mundo, que desde 1850 a Terra aumentou sua temperatura média em aproximadamente 1,1° C e, que desde então, a cada década torna-se a mais quente que qualquer outra anterior. Em relação ao tempo, coincide-se que este aumento na temperatura média se iniciou a partir da era industrial (IPCC, 2021).

Baseado nisto, e na corrida dos países para o retardo do aquecimento global, é de suma importância estudar e promover o planejamento do uso de combustíveis de fonte e produção limpas, como o hidrogênio verde (HV), sendo menos poluentes que a gasolina e diesel, por exemplo.

Assim, levantaram-se as seguintes questões norteadoras: Como estão sendo planejados e analisados os investimentos em hidrogênio verde na União Europeia e nos países Holanda e China? E, qual o papel do Brasil nesta cadeia produtiva comercial?

A partir delas, construíram-se as hipóteses: a) as grandes potências mundiais, como a China, já têm projetos em andamento para a produção de HV, e podem tomar vantagem da vasta riqueza de energias renováveis em nosso país; b) o hidrogênio verde como combustível do futuro pode fazer com que o Brasil tenha perspectiva de liderança mundial em sua exportação;

c) o Brasil alavancará sua economia, caso se torne líder mundial de hidrogênio verde devido a sua abundância de fontes renováveis (como a eólica e solar).

Este artigo tem o objetivo de apresentar os investimentos em hidrogênio verde na China, Holanda e na União Europeia e o papel do Brasil nesta cadeia produtiva, uma vez que o combustível verde ao invés de emitir carbono para a atmosfera, emite vapor de água, sem gerar danos e resíduos no ar.

E, como objetivos específicos: definir o que é hidrogênio verde e sua importância como futuro combustível; levantar o estado dos estudos de investimentos de hidrogênio verde no mundo para produção e comercialização; apresentar o motivo de grandes potências mundiais, estarem interessadas numa sociedade socioeconômica sustentável e como o Brasil pode se beneficiar nesse cenário sendo um possível futuro líder de exportação de hidrogênio verde; apontar que a produção desse combustível verde pode influenciar na economia do nosso país.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com o Programa da Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), toda a população mundial está vivenciando os efeitos drásticos e catastróficos das mudanças climáticas, dando ênfase que uma das principais causas dessas transformações são as emissões de gases de efeito estufa, que atualmente são 50% maiores que no início da década de 1990, alertando que o aquecimento global tem crescido exponencialmente, causando mudanças duradouras em nosso sistema climático e possivelmente irreversíveis caso não ocorra uma ação coletiva e ambiciosa entre os principais líderes de nações e potências mundiais para investir no desenvolvimento de baixo carbono (PNUD, 2012).

1.1 HIDROGÊNIO VERDE

O hidrogênio verde (HV) é a tecnologia da obtenção do elemento químico hidrogênio através da eletrólise de energias renováveis. Consiste na decomposição de moléculas de água (H₂O) em oxigênio (O₂) e hidrogênio (H₂). A eletrólise é realizada por eletrolisadores, um dispositivo com capacidade de quebrar moléculas de água em átomos de oxigênio e hidrogênio. A água usada para eletrólise contém sais e minerais para conduzir eletricidade, e dois eletrodos são submersos na água e conectados a uma fonte de energia limpa à qual é aplicada uma corrente

contínua. A dissociação de hidrogênio e oxigênio ocorre quando os eletrodos atraem íons de cargas opostas entre si (IBERDROLA, 2022).

Assim, o HV vem de fontes de energia limpas e renováveis, a partir de energia eólica, solar e provenientes de biomassa, logo, não possuindo e não emite CO², sendo uma promissora alternativa para a futura substituição de combustíveis fósseis provenientes de fontes não-renováveis, que geram gases de efeito estufa, retendo o calor solar e ocasionando o aumento das temperaturas, que é um fator extremamente perigoso para a presente e futuras gerações (EPE, 2022).

O HV anularia a emissão do CO² na atmosfera, algo que vem sendo prioritário por países europeus que vêm buscando progressivamente um avanço sustentável para atender as exigências requisitadas pelo Acordo de Paris, assinado em abril de 2016, tratado realizado pelas Nações Unidas sobre mudanças climáticas, que guia medidas de redução de emissão de gases estufa no meio ambiente por partes das nações participantes (SOUSA, 2022).

1.1.1 Países líderes nos planos de produção de HV

Dado o otimismo para o HV, considerado pela Forbes a “energia do futuro”, nações interessadas no combustível investem em projetos para o planejamento da produção de HV. Os principais países interessados nessa energia renovável são: Holanda, Alemanha, Austrália, China e Arábia Saudita (SMINK, 2021).

Por obter vastos recursos energéticos renováveis, principalmente energia eólica e solar, a Austrália lidera planos de produção, com o intuito da criação de 5 grandes projetos em seu território. O maior projeto, tanto do país quanto para o mundo, é o Asian Renewable Energy Hub, na Austrália Ocidental, possui investimentos de até US\$ 36 bilhões, onde é prevista a construção de uma série de eletrolisadores com capacidade total de 14 Gigawatts (GW) prontos antes do final da década de 2020 (BLOOMBERG, 2022).

Na Holanda, a petrolífera Shell (que também possui investimentos do combustível no Brasil) junto com o projeto North2, tem previsão para construção de pelo menos 10 GW de eletrolisadores em portos no norte da Holanda. A ideia do projeto teria como finalidade inicial o abastecimento de hidrogênio em indústrias pesadas (SMINK, 2021).

A China, uma das maiores economias mundiais, é o maior produtor de hidrogênio, mas gerado a partir de fontes poluentes. No entanto, o país tem dado os primeiros passos para a construção de um grande projeto na Mongólia Interior, região autônoma da China, no norte do país. Um grande investidor do projeto é a empresa Beijing Jingneng, produtora de energia a carvão de Pequim e fornecedora de aquecimento urbano. Os investimentos são de aproximadamente US\$ 3 bilhões para gerar 5 GW por meio de energia eólica e solar e tem previsão de finalização até o final de 2022 (SMINK, 2021).

Já a Arábia Saudita, país com uma das maiores reservas petrolíferas mundiais, tem o projeto Helios Green Fuels, baseado na cidade futurística de Neom, localizada no noroeste do país. O projeto tem de investimento US\$ 5 bilhões e a previsão é que até 2025 sejam instalados 4 GW de eletrolisadores (SMINK, 2021).

1.1.2 Hidrogênio verde na Europa

Em 2019, o Conselho Europeu estabeleceu o Green Deal (Pacto Ecológico Europeu), com o intuito de incentivar a transição ecológica na União Europeia voltada para a neutralidade climática, dando espaço para novos modelos de negócio, mercado e por consequência destes tópicos, ocorrer geração de emprego e novo desenvolvimento tecnológico. O acordo, além da intenção de ter a Europa como primeiro continente com impacto neutro na biosfera, possui a ambição de anular emissões líquidas de gases com efeito estufa em até 55% até 2030, e totalmente até 2050 (COMISSÃO EUROPEIA, 2022).

Atualmente, as empresas europeias buscam investimento no mercado de HV. As principais empresas de petróleo estão considerando acelerar sua transição para energia limpa comprando aquisições de grandes produtores de energia renovável por bilhões de dólares, impulsionados pelos preços mais altos do petróleo (BLOOMBERG, 2022).

No Brasil, no momento, não é de extrema urgência uma alternativa de substitutos dos combustíveis fósseis, uma vez que 85% da matriz energética brasileira é composta de fontes renováveis, tendo as hidrelétricas como a principal. (LUPION, 2020, p.2) Na União Europeia, 70% de sua matriz energética é composta de combustíveis fósseis, dando espaço para a necessidade de procura por outra fonte. O bloco econômico não possui grande potencial de fontes renováveis, mas o aquecimento global e sustentabilidade ambiental são termos de interesse, que determinou metas para a redução de emissões de gases do efeito estufa (LUPION, 2020, p.3).

Para alcançar essas metas, alguns países como a Alemanha buscam o interesse na estimulação de produção de HV em outros países ricos em fontes renováveis e que após o processo seria exportado de volta, sendo o Brasil um dos fortes candidatos (LUPION, 2020, p.3).

A Alemanha é um país que vem se destacando de forma contínua no uso de tecnologia, e nos últimos anos tem sido um modelo para o uso de energia renovável. Em junho de 2020, a Alemanha implementou a Estratégia Nacional de Hidrogênio, projeto que deve emergir do Plano de Ação Climática e visa tornar o país neutro em carbono até 2050 usando HV como combustível (LUBER, 2021).

Na Europa, espera-se que os eletrolisadores de até 40.000 megawatts (MW) sejam construídos até 2030, dos quais 5.000 MW na Alemanha. Isso mostra a proeminência da Alemanha em relação ao resto do continente. Um dos procedimentos que será empregado é a criação de "ilhas de hidrogênio", que são estruturas semelhantes às plataformas de extração de petróleo e gás, mas que serão cercadas por parques eólicos offshore responsáveis pela eletrólise (SMINK, 2021).

Em julho de 2022, a Comissão Europeia deu mais um passo à frente no uso de energia a partir de HV ao aprovar um projeto de 5,4 bilhões de euros sob pressão do aumento dos preços do gás após a guerra na Ucrânia para incentivar projetos tecnológicos de desenvolvimento de produção do insumo. A guerra entre Rússia e Ucrânia alterou os planos e cálculos de custos para produção de hidrogênio, uma vez que o preço do gás russo sofreu um aumento considerável, logo, a indústria buscou um novo cenário para recorrer a outras fontes de energia e se tornar menos dependente do gás da Rússia, o que adiantou os investimentos em fontes de energias renováveis (BLOOMBERG, 2022).

O plano prevê a construção de eletrolisadores capazes de produzir 10 gigawatts de hidrogênio por ano, com o objetivo de obter a implantação do HV como independência energética, descarbonização e a competitividade na indústria (BLOOMBERG, 2022).

1.2 HIDROGÊNIO VERDE NO BRASIL

O Brasil dispõe de recursos naturais em abundância para a disponibilização de energia renovável confiável para a produção do combustível. Decorrente a este fator, o bloco europeu almeja ter o Brasil como parceiro deste projeto, já que o uso do HV vem crescendo gradativamente no continente europeu (FAERMAN, 2022).

De acordo com dados de 2021 da Hydrogen Council, iniciativa global liderada por Chiefs Executive Officer (CEOs) de 132 empresas líderes de matrizes energética, transporte, industriais e investimentos ao redor do mundo indicam que a produção e exportação do insumo deverá responder, em 2050, por 20% de toda a demanda de energia global, gerando um mercado de US\$ 2,5 trilhões e 30 milhões de empregos diretos e indiretos em todo o mundo. Por conta de o Brasil possuir aproximadamente 85% da sua matriz elétrica de fontes renováveis (CNN BRASIL, 2021), o país possui vantagem competitiva para se tornar um dos grandes protagonistas desse mercado mundial, visto também possuir o menor custo de geração limpa no mundo, o que é essencial para o barateamento do processo de eletrólise e tornar o hidrogênio verde competitivo no mercado (FAERMAN, 2022).

1.2.1 Hub de hidrogênio verde do complexo de Pecém

O HUB de Hidrogênio Verde foi inaugurado em fevereiro de 2021 pelo Complexo de Pecém, Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC) e Universidade Federal do Ceará. Hubs são espaços físicos e/ou virtuais que empresas podem trabalhar para obter facilitação de crescimento dos projetos e possui fácil acesso para contatar investidores e fornecedores. O projeto visa a transformação do território do estado do Ceará em um grande fornecedor global de hidrogênio verde, tornando-se uma nova fonte geradora de empregos, renda e uma grande contribuidora da descarbonização global (CRUZ, 2022).

A região do Ceará possui grande potencial para obtenção e geração de energias renováveis, requisito primordial para a viabilização do mercado de HV, pois este estado possui capacidade para instalação de fontes renováveis (energias eólicas ou fotovoltaicas) e novas instalações delas, capaz de obter um processo híbrido, tanto de fontes solares quanto de eólicas, formando um ambiente planejado para a produção do combustível (ZPE CEARÁ, 2022).

Por conta do Porto de Pecém ser localizado no Ceará, o desenvolvimento da cadeia de produção, distribuição, armazenagem e transporte do HV se torna um fator extremamente favorável para explicar sua localização, uma vez que o Porto de Pecém é próximo de mercados mundiais e do Porto de Roterdã, um dos principais portos que facilitariam o escoamento do HV para países europeus que possuem interesse no Brasil como seu aliado nesse negócio. Além dos países do continente europeu, o HUB já estuda o potencial da exportação do combustível para as potências mundiais asiáticas, como a China, Japão e Coreia do Sul (ZPE CEARÁ, 2022).

A empresa francesa geradora de energia Engie assinou memorando de entendimentos com o governo do Ceará para a realização de um projeto em uma planta de eletrólise na área do porto de Pecém, com capacidade entre 100 MW e 150 MW (ENGIE, 2021).

1.2.2 Projeto de geração de hidrogênio verde no Porto do Açú

Em maio de 2022, o Porto do Açú em parceria com a empresa Shell Brasil, assinaram um memorando de entendimento, documento feito por duas ou mais partes com o intuito de alinhamento de expectativas quanto de bens e deveres, formalizando o estabelecido. Neste caso, o memorando tem relação ao desenvolvimento conjunto de uma planta piloto de geração de hidrogênio verde nas instalações do Porto do Açú, no norte do estado do Rio de Janeiro. De acordo com a base de informações do terminal portuário, o projeto priorizará desenvolvimento de aprendizados em laboratórios de pesquisas, testes de descarbonização e o impulsionamento da indústria do hidrogênio verde no Brasil. É previsto que a multinacional britânica invista entre US\$ 60 milhões e US\$120 milhões em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no ano de 2022 (PORTO DO AÇU, 2022).

A planta tem previsão de finalização em 2025, tendo capacidade inicial de 10 megawatts e podendo chegar em até 100 megawatts e inicialmente tem como proposta a conexão de energia elétrica oriunda de rede oriunda em uma planta de eletrólise, como principal produto o hidrogênio renovável, viabilizando parte deste hidrogênio para armazenagem e envio para potenciais consumidores, o restante é enviado para a planta de geração de amônia renovável (SHELL, 2022).

O Porto do Açú, individualmente, possui 12 iniciativas em estudo para o desenvolvimento de energia eólica *offshore* (no mar) e um licenciamento aprovado para a construção de uma usina solar a partir de 2024. Além disso, possui infraestrutura portuária de qualidade considerada como uma das melhores do Brasil, ponto forte para o desenvolvimento de projetos de baixo carbono e com objetivos de descarbonização da indústria (PORTO DO AÇU, 2022).

1.3 REGULAMENTAÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE NO BRASIL

No final do mês de março de 2022, foi apresentado o Projeto de Lei nº 725/22, proposto pelo senador Jean Paul Prates ao Senado Federal. O projeto tem o intuito da normatização da inserção do hidrogênio verde/sustentável na matriz energética do Brasil e estabelecer as necessidades de adicioná-lo aos gasodutos (SENADO FEDERAL, 2022).

Este projeto de lei altera a lei 9478/97 (Lei do Petróleo) para estabelecer definitivamente que cabe a Agência Nacional do Petróleo (ANP) a regulamentação, autorização e fiscalização das atividades da cadeia do hidrogênio, abrangendo sua produção, importação, exportação, armazenagem, estocagem, padrões de uso e injeção nos pontos de entrega ou pontos de saída da malha de gasodutos. Essa medida tem importância para evitar a insegurança jurídica do desenvolvimento da indústria de hidrogênio no Brasil, que é a lacuna legislativa de qual órgão regulador teria suas competências para regulamentar o HV (BOECHEM et al., 2022).

Para Silva (2022), os principais pontos do Projeto de Lei N°725/22 consistem em:

1. Estabelecer, como objetivo das políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia, a inserção do hidrogênio como vetor energético para a transição para uma economia de baixo carbono e a consolidação da produção nacional do hidrogênio em bases competitivas e sustentáveis;
2. Criar a definição legal dos termos “hidrogênio” e “hidrogênio sustentável”;
3. Atribuir à ANP a competência de regular, autorizar e fiscalizar a atividade da cadeia do hidrogênio, inclusive sua produção, importação, exportação, armazenagem, estocagem, padrões para uso e injeção nos pontos de entrega ou pontos de saída;
4. Estabelecer a obrigação de adição de hidrogênio no ponto de entrega ou ponto de saída nos gasodutos de transporte, progressivamente, nos percentuais de 5% a partir de janeiro de 2032 e 10%, a partir de janeiro de 2050.

Em junho de 2022, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), publicou a Resolução nº 6, de 23 de junho de 2022, que institui o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2) e forma a estrutura de governança no programa, definindo as diretrizes do mesmo. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2022)

Antes dessa resolução, outras decisões do colegiado de ministros já mostrava tópicos do importante papel do hidrogênio e seu desempenho para um futuro sustentável, como a Resolução CNPE nº2 de 2021, no qual definiu o hidrogênio como tema prioritário para investimento de pesquisa e desenvolvimento. Por conta de o Brasil possuir ampla gama de recursos energéticos e parques de energias renováveis, a produção de HV depende de meios

logísticos e tecnológicos essenciais, tendo desafios no mercado em todos os procedimentos de sua cadeia como a produção, transporte, armazenamento e consumo (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2022).

Conforme a estrutura de governança do programa, a coordenação e supervisão do planejamento e da implementação das atividades será responsabilidade de um comitê gestor, adaptado por órgãos e entidades diversas da Administração Pública Federal, tendo como objetivo o fortalecimento da proposta e mercado/indústria do hidrogênio verde no Brasil (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2022).

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Realizou-se uma pesquisa exploratória, sobre o assunto hidrogênio verde, e suas implicações nas economias mundial e brasileira. A pesquisa exploratória, segundo Gil (2019) visa proporcionar maior familiaridade com o problema, e torná-lo compreensível.

As informações foram obtidas por meio do estudo de pesquisa bibliográfica que abordam a importância do HV como futura substituição de combustíveis não renováveis emissores de gases efeito estufa, em banco de dados acadêmicos e científicos, como Google Acadêmico e Scielo. Utilizando-se as palavras-chave: hidrogênio verde, matriz energética brasileira, combustíveis renováveis. Tendo em vista essas bases acadêmicas, foi possível realizar estudos aprofundados no tema para a realização do artigo.

3. ANÁLISE DO LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Em uma primeira análise do cenário, é seguro afirmar que o HV supre as principais demandas dos novos modelos de economias sustentáveis e descarbonizadas de potências mundiais que concernem à preocupação ao aquecimento global e às mudanças climáticas que vêm sendo apontadas por especialistas ambientais e presenciadas pela população mundial.

Tendo a sua produção a partir do processo de eletrólise, por meio de energias de fontes renováveis, que em suas emissões para a atmosfera, emitem apenas vapor de água, em contraste aos combustíveis não-renováveis, que são os principais emissores de gases efeito estufa, altamente prejudiciais ao clima planetário.

No entanto, devido à complexidade da produção, o HV ainda é um combustível de tecnologia de alto custo, o que é um dos principais problemas para sua ascensão, porém, os estímulos e pioneirismos de nações europeias comprometidas com a sustentabilidade tendem, com o tempo, a expandir o mercado do combustível verde para o setor global. Além disso, o hidrogênio é um componente que requer cuidado ao ser manuseado por ser altamente inflamável, e há dificuldade em seu transporte, fato que demanda estudos comerciais, logísticos e administrativos, incluindo em pauta o desenvolvimento econômico, transporte, regulamentações, armazenagem, custos e tributos fiscais.

Considerando a riqueza do Brasil em sua infraestrutura energética de parques assentados em fontes renováveis, e a distribuição e disponibilidade de água doce existente no país, além de grandes multinacionais europeias estarem investindo em estudos e plantas bases para a produção de hidrogênio em território brasileiro, seria de competência de agências reguladoras e órgãos governamentais a regulamentação e organização da produção de HV, os quais poderiam propor acordos justos que valorizassem a abundância de recursos que o Brasil fornece para a execução destes projetos.

Por outro lado, também, é de suma importância a compreensão da posição de nosso país nesta cadeia produtiva. Atualmente, os países europeus possuem metas para se tornarem sociedades sustentáveis até 2050, com propostas de grande avanço deste processo até o final de 2030. Estes objetivos abrangem uma economia descarbonizada, e, a partir disso, essas nações vêm investindo em HV como principal combustível para o crescimento da descarbonização, com plantas pilotos de produção, tanto em território europeu, quanto em outros países com maior extensão e infraestrutura ambiental para a eficiência e sucesso do processo de eletrólise. O Brasil não demanda, nem possui planos atuais para a substituição dos combustíveis fósseis, no entanto, seu papel é de extrema importância para a transição de HV em outros países, uma vez que multinacionais como Engie e Shell vem criando projetos pilotos em terras brasileiras por conta da infraestrutura de parques de energias renováveis, ponto chave para a compreensão do papel do Brasil na cadeia produtiva do HV.

Nesse cenário, os países europeus conseguem acesso à energia renovável que os projetos necessitam para a produção de HV, e o Brasil, além de exportar o combustível sustentável para os outros países, expande um grande leque de oportunidades economicamente, uma vez que abrirá um novo mercado com fornecedores mundiais, podendo futuramente ser líder em exportação de HV por conta da matriz energética de origem renovável, também sendo uma nova fonte de empregabilidade e renda para os cidadãos brasileiros.

Em relações às hipóteses, a fundamentação teórica apresentou dados e alicerces que encaixam o Brasil como um grande líder em infraestrutura de energias renováveis para qualificação da produção do combustível verde, fato que o diferencia dos outros países. Sendo assim, o HV manufaturado em território brasileiro seria exportado inicialmente aos países com crescentes projetos de descarbonização, podendo eventualmente ter a penetração do combustível em seus setores industriais e, com o tempo, influenciando ao automobilístico e outros que utilizam combustíveis fósseis.

Dada a segunda hipótese, não é possível prever se outras nações podem tomar vantagem das riquezas de energias renováveis brasileiras, uma vez que todos os processos partem de acordos e regulamentações, além de integrar um viés político, o qual não é passível, atualmente, de uma análise concreta a respeito, uma vez que a supervisão e coordenação das regulamentações sobre o combustível se encontram em fase de estudos iniciais.

Quanto a terceira hipótese, o Brasil tem seguido um caminho de crescimento nessa cadeia produtiva, realizando projetos de plantas pilotos e desenvolvimento de aprendizados em laboratórios, ou seja, o país tem grande potencial estrutural para alavancar sua economia se continuar investindo neste setor, já que será aberto um novo mercado mundial no qual se tem recursos para uma evolução.

Com o futuro crescimento do novo combustível em países europeus comprometidos com a sustentabilidade e outros ao redor do mundo interessados no novo mercado, o HV possuiria grande influência para outras nações, o que poderia fazer com que o Brasil, no futuro, também estime metas de maior rigidez e comprometimento com o fim da descarbonização. Porém, este cenário é dependente da futura incerta e turbulenta política mundial. Por hora, é seguro citar que o HV, mesmo caminhando em pequenos passos, terá uma grande importância futuramente, levando em consideração que a humanidade continuará realizando combustões emissoras de gases efeito estufa, e, a população mundial sofrerá com as mudanças que ocorrerão, o HV será ainda mais discutido nos próximos anos por ser uma alternativa que funciona. No entanto, será de extrema importância o posicionamento de nações quanto a isso, visto que a produção é custosa e seu transporte requer determinados e específicos cuidados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para responder às questões da problemática de pesquisa e elucidar como estão sendo planejados os investimentos em hidrogênio verde em países da União Europeia e China, e o

papel do Brasil nesta cadeia produtiva, foram consultadas diversas fontes e executada uma análise profunda das informações, para se cumprir o objetivo deste artigo acadêmico.

Foi constatado, no contexto de transição energética, o protagonismo mundial da União Europeia em prol de políticas de mudanças climáticas, visando atender a futura demanda de energias oriundas de fontes renováveis e de baixo carbono. No entanto, o continente europeu, por conta de suas limitações climáticas e geográficas, e sua insuficiência de fontes eólicas e solares, consegue produzir apenas parte do HV essencial para sua meta de descarbonização, sendo necessária a importação da parcela adicional desse combustível.

No Brasil, os projetos de produção em território nacional, em parceria com multinacionais europeias, estão em fase de estudos, análises laboratoriais e construções de plantas pilotos. Além disso, estão sendo desenvolvidos estudos logísticos sobre os custos de produção e transporte do HV. Quanto as regulamentações brasileiras, se encontram em processo de firmamento, para o início oficial do mercado entre os países envolvidos.

O papel do Brasil nesta cadeia é explícito, já que o país possui abundância de infraestrutura de energias renováveis, como eólica, solar e hidrelétrica, principal recurso para a produção do HV, além de possuir portos e Zonas de Processamento de Exportação em regiões geográficas de fácil acesso aos principais centros logísticos portuários europeus.

O papel do Brasil, a princípio, será o de fornecer a infraestrutura renovável que o continente europeu não possui para a produção do HV, a partir de planos e firmamento de parcerias, as quais serão o arcabouço para esse novo mercado, que influenciará diretamente a economia, pelo incentivo à movimentação de insumos exportados e geração de novas oportunidades de trabalho e emprego, sendo um dos protagonistas para os atingimentos das metas das sociedades sustentáveis e descarbonizadas.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Ana Carolina. **Aquecimento global de 1,5°C pode levar até 14% das espécies à extinção.** Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/03/aquecimento-global-de-150c-pode-levar-ate-14-das-especies-a-extincao.shtml#:~:text=Desaparecimento%20de%20animais%20e%20plantas>. Acesso em: 05 nov. 2022.

BLOOMBERG. **União Europeia aprova projeto de R\$ 29 bilhões para desenvolvimento de hidrogênio verde.** Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2022/07/uniao-europeia-aprova-projeto-de-r-49-bilhoes-para-desenvolvimento-de-hidrogenio-verde.ghtml>. Acesso em: 15 ago. 2022.

BOECHEM, Felipe et al. **Proposta para Lei do Hidrogênio traz desenvolvimento para a indústria**. Disponível em: <<https://epbr.com.br/proposta-para-lei-do-hidrogenio-no-senado-traz-desenvolvimento-para-a-industria/>>. Acesso em: 24 out. 2022.

CNN BRASIL. **Cerca de 85% da energia elétrica produzida no Brasil vem de fontes renováveis**. 18 agosto 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/quase-metade-da-matriz-energetica-brasileira-vem-de-fontes-renovaveis/>. Acesso em: 24 set. 2022.

COMISSÃO EUROPEIA. Pacto Ecológico Europeu. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt#latest. Acesso em: 26 out. 2022.

CRUZ, Joanna. HUB de Hidrogênio Verde: **Governo do Ceará assina mais dois memorandos de entendimento**. Disponível em: <https://zpeceara.com.br/hub-de-hidrogenio-verde-governo-do-ceara-assina-mais-dois-memorandos-de-entendimento/>. Acesso em: 17 maio 2022.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Mudanças climáticas e transição energética**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/clima-e-energia>. Acesso em: 04 out. 2022.

ENGIE. **ENGIE firma acordo com Governo do Ceará para projeto de hidrogênio verde no Porto de Pecém**. Disponível em: <https://www.engie.com.br/imprensa/press-release/engie-firma-acordo-com-governo-do-ceara-para-projeto-de-hidrogenio-verde-no-porto-de-pecem>>. Acesso em: 24 set. 2022.

FAERMAN, Henrique. **Hidrogênio pode acelerar transição energética do Brasil, diz KPMG**. 20 junho 2022. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53216231/hidrogenio-pode-acelerar-transicao-energetica-do-brasil-diz-kpmg>. Acesso em: 14 set. 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

IBERDROLA. **O hidrogênio verde: uma alternativa para reduzir as emissões e cuidar do nosso planeta**. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/hidrogenio-verde>. Acesso em 10 out. 2022.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 20 ago. 2022.

LUBER, Klaus. **A estratégia do hidrogênio**. Disponível em: <https://www.deutschland.de/pt-br/topic/meio-ambiente/hidrogenio-a-chave-para-a-virada-energetica#:~:text=Portanto%2C%20em%20junho%20de%202020>. Acesso em: 20 ago. 2022.

LUPION, Bruno. **Aposta da Europa em hidrogênio verde abre janela ao Brasil**. Disponível em: <https://www.ie.ufrj.br/images/IE/IEnaMidia/10/DW%2009-10%20Nivalde%20de%20Castro.pdf>. Acesso em 02 jun. 2022

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Resolução institui o Programa Nacional do Hidrogênio**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/resolucao-institui-o-programa-nacional-do-hidrogenio>. Acesso em: 01 nov. 2022.

PORTO DO AÇU. **Shell Brasil e Porto do Açu anunciam projeto inédito em hidrogênio verde** - Porto do Açu. Disponível em: <https://portodoacu.com.br/shell-brasil-e-porto-do-acu-anunciam-projeto-inedito-em-hidrogenio-verde/>. Acesso em: 02 jun. 2022.

SHELL. **Shell Brasil e Porto do Açu anunciam projeto inédito em hidrogênio verde**. 19 maio 2022. Disponível em: <https://www.shell.com.br/imprensa/comunicados-para-a-imprensa-2022/shell-brasil-e-porto-do-acu-anunciam-projeto-inedito-em-hidrogenio-verde.html>. Acesso em: 02 jun. 2022.

SENADO FEDERAL. Projeto de Lei nº 725, de 2022. **Disciplina a inserção do hidrogênio como fonte de energia no Brasil, e estabelece parâmetros de incentivo ao uso do hidrogênio sustentável**. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/152413>. Acesso em: 14 out. 2022.

SILVA, Thiago Luiz. **Regulação do hidrogênio entra em pauta**. Disponível em: <https://legislacaoemercados.capitalaberto.com.br/regulacao-do-hidrogenio-verde-entra-em-pauta-no-brasil/>. Acesso em: 14 out. 2022.

SMINK, Veronica. **Hidrogênio verde: os 6 países que lideram a produção do 'combustível do futuro'**. 11 abril 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-56604972>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SOUSA, Rafaela. **Acordo de Paris**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/acordo-de-paris.htm>. Acesso em: 07 out. 2022.

PNUD. **Integração das Mudanças Climáticas nos Processos de Desenvolvimento Nacional e na Programação Nacional das Nações Unidas**. 2012. Disponível em: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/PNUD-Gu%C3%ADaDaCambioClim%C3%A1ticoPT-Web.pdf>. Acesso em: 21 maio 2022.

ZPE CEARÁ. **HUB de Hidrogênio Verde do Complexo de Pecém**. Disponível em: <https://zpeceara.com.br/hubh2v/>. Acesso em: 29 maio 2022.