

VIII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

**DIREITO AMBIENTAL, AGRÁRIO E
SOCIOAMBIENTALISMO III**

Todos os direitos reservados e protegidos. Nenhuma parte destes anais poderá ser reproduzida ou transmitida sejam quais forem os meios empregados sem prévia autorização dos editores.

Diretoria - CONPEDI

Presidente - Profa. Dra. Samyra Haydêe Dal Farra Naspolini - FMU - São Paulo

Diretor Executivo - Prof. Dr. Orides Mezzaroba - UFSC - Santa Catarina

Vice-presidente Norte - Prof. Dr. Jean Carlos Dias - Cesupa - Pará

Vice-presidente Centro-Oeste - Prof. Dr. José Querino Tavares Neto - UFG - Goiás

Vice-presidente Sul - Prof. Dr. Leonel Severo Rocha - Unisinos - Rio Grande do Sul

Vice-presidente Sudeste - Profa. Dra. Rosângela Lunardelli Cavallazzi - UFRJ/PUCRio - Rio de Janeiro

Vice-presidente Nordeste - Prof. Dr. Raymundo Juliano Feitosa - UNICAP - Pernambuco

Representante Discente: Prof. Dr. Abner da Silva Jaques - UPM/UNIGRAN - Mato Grosso do Sul

Conselho Fiscal:

Prof. Dr. José Filomeno de Moraes Filho - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Caio Augusto Souza Lara - SKEMA/ESDHC/UFMG - Minas Gerais

Prof. Dr. Valter Moura do Carmo - UFERSA - Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Fernando Passos - UNIARA - São Paulo

Prof. Dr. Edinilson Donisete Machado - UNIVEM/UENP - São Paulo

Secretarias

Relações Institucionais:

Prof. Dra. Claudia Maria Barbosa - PUCPR - Paraná

Prof. Dr. Heron José de Santana Gordilho - UFBA - Bahia

Profa. Dra. Daniela Marques de Moraes - UNB - Distrito Federal

Comunicação:

Prof. Dr. Robison Tramontina - UNOESC - Santa Catarina

Prof. Dr. Liton Lanes Pilau Sobrinho - UPF/Univali - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Lucas Gonçalves da Silva - UFS - Sergipe

Relações Internacionais para o Continente Americano:

Prof. Dr. Jerônimo Siqueira Tybusch - UFSM - Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Paulo Roberto Barbosa Ramos - UFMA - Maranhão

Prof. Dr. Felipe Chiarello de Souza Pinto - UPM - São Paulo

Relações Internacionais para os demais Continentes:

Profa. Dra. Gina Vidal Marcilio Pompeu - UNIFOR - Ceará

Profa. Dra. Sandra Regina Martini - UNIRITTER / UFRGS - Rio Grande do Sul

Profa. Dra. Maria Claudia da Silva Antunes de Souza - UNIVALI - Santa Catarina

Educação Jurídica

Profa. Dra. Viviane Coêlho de Séllos Knoerr - Unicuritiba - PR

Prof. Dr. Rubens Beçak - USP - SP

Profa. Dra. Livia Gaigher Bosio Campello - UFMS - MS

Eventos:

Prof. Dr. Yuri Nathan da Costa Lannes - FDF - São Paulo

Profa. Dra. Norma Sueli Padilha - UFSC - Santa Catarina

Prof. Dr. Juraci Mourão Lopes Filho - UNICHRISTUS - Ceará

Comissão Especial

Prof. Dr. João Marcelo de Lima Assafim - UFRJ - RJ

Profa. Dra. Maria Creusa De Araújo Borges - UFPB - PB

Prof. Dr. Antônio Carlos Diniz Murta - Fumec - MG

Prof. Dr. Rogério Borba - UNIFACVEST - SC

D597

Direito ambiental, agrário e socioambientalismo III [Recurso eletrônico on-line] organização CONPEDI

Coordenadores: Carolina Medeiros Bahia; Francielle Benini Agne Tybusch; Rogério Borba. – Florianópolis: CONPEDI, 2025.

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-5274-188-2

Modo de acesso: www.conpedi.org.br em publicações

Tema: Direito Governança e Políticas de Inclusão

1. Direito – Estudo e ensino (Pós-graduação) – Encontros Nacionais. 2. Direito ambiental. 3. Socioambientalismo. VIII Encontro Virtual do CONPEDI (2; 2025; Florianópolis, Brasil).

CDU: 34



Conselho Nacional de Pesquisa
e Pós-Graduação em Direito Florianópolis
Santa Catarina – Brasil
www.conpedi.org.br

VIII ENCONTRO VIRTUAL DO CONPEDI

DIREITO AMBIENTAL, AGRÁRIO E SOCIOAMBIENTALISMO III

Apresentação

Durante o VIII Encontro Virtual do CONPEDI, o Grupo de Trabalho “DIREITO AMBIENTAL, AGRÁRIO E SOCIOAMBIENTALISMO III” reuniu uma ampla diversidade de estudos que abordam questões centrais como governança ambiental, justiça climática, responsabilidade civil, energias limpas, proteção de comunidades tradicionais e desafios jurídicos contemporâneos. Os trabalhos apresentados refletem a multiplicidade de olhares acadêmicos sobre a crise ecológica global e as possíveis respostas normativas no contexto brasileiro e internacional.

A seguir, apresentam-se os artigos, seus respectivos autores e os objetivos de cada pesquisa, contribuindo para o fortalecimento do diálogo interdisciplinar e da construção de soluções jurídicas sustentáveis.

No artigo “Governança Urbana e Regulação de Áreas Mistas: Proteção de Espaços Verdes e Mediação de Conflitos Socioambientais”, Cristian Kiefer da Silva e Rafaela Cristina Alves Lisboa analisam os desafios da governança urbana em territórios de uso misto, com foco na proteção de áreas verdes e na mediação de conflitos socioambientais cotidianos.

Em “Hidrogênio Verde como Fonte de Energia Sustentável e sua Utilização no Agronegócio Brasileiro”, Marcia Andrea Bühring e Amanda Stringari discutem o potencial do hidrogênio verde como alternativa energética limpa e sua viabilidade técnica e econômica para aplicação no setor agroindustrial do Brasil.

No trabalho “A Preservação Ambiental no Contrato de Arrendamento Rural: Limites e Obrigações Legais”, Marcia Andrea Bühring e Alena do Nascimento Arbo investigam como a legislação brasileira regula os aspectos ambientais desses contratos, propondo uma conciliação entre produção agrícola e sustentabilidade.

O artigo “A Problemática Jurídica da Utilização do Punitive Damage no Processo Coletivo Brasileiro: Um Estudo Crítico do Dano Ambiental no Caso Brumadinho”, de Fabrício Veiga Costa, Fernanda Resende Severino e Barbara Campolina Paulino, propõe uma análise sobre a aplicabilidade de sanções punitivas no processo coletivo ambiental brasileiro, com base no desastre de Brumadinho/MG.

Em “Comunicação de Risco no Plano de Contingência de Santa Maria/RS: Lições Nacionais e Internacionais para Desastres Climáticos”, Francielle Benini Agne Tybusch e Júlia Nobre Colnaghi defendem a importância da comunicação de risco como elemento estratégico na gestão de desastres, com propostas de aprimoramento baseadas em experiências comparadas.

No artigo “Empreendimentos Hidrelétricos e Efeitos Socioeconômicos Locais: A UHE Garibaldi e o Princípio do Poluidor-Pagador em Cerro Negro/SC”, Rogerio Borba e Fernanda Caroline Conrado analisam os impactos socioeconômicos da usina hidrelétrica Garibaldi, à luz do princípio do poluidor-pagador e dos direitos constitucionais à reparação e justiça ambiental.

Em “A Viabilidade da Gestão Compartilhada da Amazônia como Instrumento na Luta contra as Mudanças Climáticas”, Joyciane Ferreira Cavalcante Marques propõe a gestão ambiental compartilhada da Amazônia como modelo alternativo de governança frente à crise climática global, inspirado em experiências europeias.

No artigo “Educação Ambiental para um Futuro Sustentável: Fortalecendo a Cidadania Planetária e Moldando uma Sociedade Consciente”, Diana Sales Pivetta, Roselma Coelho Santana e Samya de Oliveira Sanches ressaltam o papel da educação ambiental, formal e não formal, na formação cidadã voltada à proteção ambiental e justiça social.

Em “Inteligência Artificial, Provas Tecnológicas e Responsabilidade Ambiental: Comentários ao Recurso Especial nº 1.778.729/PA”, Rachel De Paula Magrini Sanches, Deise Marcelino da Silva e Andre Luiz de Paula Magrini analisam a admissibilidade de imagens de satélite como prova judicial em processos de responsabilidade ambiental, com base em decisão do STJ.

O artigo “Aspectos Jurídicos da Energia Nuclear e do Hidrogênio como Fontes Energéticas no Brasil”, de Rodrigo Toledo da Silva Rodrigues e Monique Maria de Oliveira Dall’Acqua, examina o marco regulatório nacional e sua adequação à promoção do desenvolvimento sustentável por meio dessas fontes energéticas.

Em “A Ecosofia e os Instrumentos Jurídicos Financeiros da Gestão Inteligente do Meio Ambiente na Guiné-Bissau: O Fundo Ambiental”, Justo José de Pina discute o papel dos instrumentos financeiros ecológicos no contexto africano, propondo a ecosofia como paradigma para políticas ambientais sustentáveis.

No artigo “Os Desafios e Perspectivas da Sucessão Rural na Região de Tomé-Açu/PA”, Natalia Altieri Santos de Oliveira e Gabrielle Cristina Freitas da Silva exploram os entraves jurídicos, sociais e econômicos da sucessão rural, destacando a necessidade de políticas públicas adequadas à realidade amazônica.

Em “Sucessão Familiar Rural no Direito Brasileiro: Especificidades Jurídicas em Face da Sucessão Civil Tradicional”, Natalia Altieri Santos de Oliveira e Gabrielle Cristina Freitas da Silva comparam os regimes sucessórios rural e urbano, destacando as implicações da sucessão em propriedades agrárias familiares.

O artigo “Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde”, de Rivanne Santos Lins e Heron José de Santana Gordilho, avalia o marco legal aplicável ao gerenciamento de resíduos hospitalares, suas interfaces com a Política Nacional de Resíduos Sólidos e os ODS da Agenda 2030.

Em “Transformação e Permanência: A Concentração Fundiária e as Raízes Históricas da Escravidão Contemporânea no Brasil”, Gabriela Ataides Almeida e Eduardo Gonçalves Rocha analisam as continuidades estruturais da escravidão moderna, relacionando-a à concentração fundiária, ausência de fiscalização e vulnerabilidade social.

No trabalho “O PMI como Propulsor de Desenvolvimento da Área Rural via PPP”, Débora Bervig e Julio Mariano Fernandes Praseres exploram o Procedimento de Manifestação de Interesse como ferramenta jurídica de fomento à infraestrutura rural por meio de parcerias público-privadas.

O artigo “Direito Ambiental: Responsabilidade Civil diante da Degradação do Meio Ambiente”, de Julio Mariano Fernandes Praseres e Débora Bervig, trata da responsabilidade civil ambiental à luz da CF/88, abordando as formas de poluição, os mecanismos preventivos e as vias de reparação dos danos causados.

Por fim, no artigo “A Tutela Jurídica do Patrimônio Genético da Pessoa Humana no Brasil: A Constitucionalidade das Pesquisas com Células-Tronco Embrionárias”, Kátia Gattás Corrêa analisa a proteção jurídica do patrimônio genético humano e a constitucionalidade do art. 5º da Lei de Biossegurança (Lei nº 11.105/2005), com foco nos princípios da dignidade humana e legalidade.

Desejamos a todas e todos uma excelente leitura!

Carolina Medeiros Bahia – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Francielle Benini Agne Tybusch – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Rogério Borba – Centro Universitário FACVEST / Centro Universitário Carioca

HIDROGÊNIO VERDE COMO FONTE DE ENERGIA SUSTENTÁVEL E SUA UTILIZAÇÃO NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

GREEN HYDROGEN AS A SOURCE OF SUSTAINABLE ENERGY AND ITS USE IN BRAZILIAN AGRIBUSINESS

Marcia Andrea Bühring ¹
Amanda Stringari ²

Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar a utilização do hidrogênio verde como ferramenta para a transição energética e a mitigação das mudanças climáticas, focando no incentivo à sua produção no Brasil. Para isso, utilizou-se o método hipotético-dedutivo, destacando o Brasil como um país com grande potencial para se tornar líder mundial na produção de hidrogênio verde, com ênfase nos impactos ambientais e econômicos associados a essa fonte de energia. A pesquisa foi estruturada em três partes. Inicialmente, abordou-se o conceito de hidrogênio verde, sua classificação, origem e os benefícios ambientais decorrentes de sua utilização. Em seguida, analisaram-se estratégias para impulsionar o mercado brasileiro de hidrogênio verde, com destaque para propostas legislativas e a implementação de incentivos fiscais e regulatórios. Por fim, discutiu-se a importância do investimento e da disseminação do hidrogênio verde no setor do agronegócio, considerando sua relevância econômica nacional e internacional. Destacou-se ainda a contribuição do agronegócio para o desenvolvimento desse mercado, sobretudo pela aplicação do hidrogênio verde na produção de fertilizantes, em resposta à necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e enfrentar a crise climática global.

Palavras-chave: H₂v, Sustentabilidade, Descarbonização, Fontes renováveis, Agribusiness

Abstract/Resumen/Résumé

This study aims to analyze the use of green hydrogen as a tool for energy transition and climate change mitigation, focusing on promoting its production in Brazil. To this end, the hypothetical-deductive method was employed, highlighting Brazil's great potential to become a global leader in green hydrogen production, with an emphasis on the environmental and economic impacts associated with this energy source. The research was structured into three parts. Initially, it explored the concept of green hydrogen, its classification, origin, and the environmental benefits arising from its use. Next, strategies to boost the Brazilian green

¹ Pós-doutora em Direito pela FDUL Lisboa/Portugal. Pós-doutora em Direito pela FURG - Rio Grande RS. Doutora em Direito pela PUCRS. Advogada e parecerista. Professora da Escola de Direito da PUCRS.

² Advogada. Especialista em Direito do Agronegócio e Política Agrícola, pela ESMAFE-PR. Especialista em Direito Ambiental e Sustentabilidade, pela PUCRS. Especializanda em Hidrogenio Verde e Transição Energetica pelo IPOG

hydrogen market were analyzed, with emphasis on legislative proposals and the implementation of fiscal and regulatory incentives. Finally, the study discussed the importance of investment in and the dissemination of green hydrogen within the agribusiness sector, considering its national and international economic relevance. The contribution of agribusiness to the development of this market was also highlighted, particularly through the application of green hydrogen in fertilizer production, in response to the urgent need to reduce greenhouse gas emissions and address the global climate crisis.

Keywords/Palabras-claves/Mots-clés: Green hydrogen, Sustainability, Decarbonization, Renewable sources, Agribusiness

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios globais da atualidade, decorrentes principalmente das emissões de gases de efeito estufa – GEE provenientes de atividades humanas. A intensificação de eventos climáticos extremos, como secas, inundações e tempestades, evidencia a urgência de ações concretas para mitigar seus impactos.

Nesse contexto, a transição energética para o uso de fontes renováveis de energia surge como uma estratégia crucial, contando com a substituição de combustíveis fósseis por energias limpas, a fim de não só reduzir as emissões de carbono, mas também promover a sustentabilidade e a segurança energética. Assim, novas iniciativas voltadas à adoção de tecnologias renováveis são fundamentais para enfrentar as mudanças climáticas e assegurar um futuro sustentável para as próximas gerações.

Sabendo disso, o hidrogênio surge como uma fonte de energia a ser explorada no cenário mundial atual, tendo em vista sua abundância no universo e quantidade de energia por unidade de massa. Assim, descobriu-se que, por meio da produção do processo químico da eletrólise, o hidrogênio passa a ser uma fonte de energia limpa, auxiliando o processo de descarbonização e gerando uma série pesquisas e projetos relacionados ao hidrogênio verde – H2V.

A partir dessa perspectiva, o mundo tem se mostrado atento às inovações tecnológicas que tragam a sustentabilidade em primeiro lugar, fazendo com que as negociações comerciais sejam examinadas mais a fundo, com o intuito de reconhecer se os produtos produzidos por outros países possuem uma origem sustentável, atraindo atenção de quem faz parte dessas cadeias produtivas, o que afeta diversos setores da economia, como por exemplo, o agronegócio.

O agronegócio desempenha um papel fundamental na economia global, fornecendo alimentos, fibras e combustíveis essenciais para uma população mundial crescente. No entanto, este setor é também um dos maiores contribuintes para as emissões de gases de efeito estufa, devido a práticas como a queima de combustíveis fósseis, o uso intensivo de fertilizantes e a mudança no uso da terra. Diante desse cenário, torna-se imperativo encontrar métodos que permitam equilibrar a produção agrícola com o desenvolvimento de tecnologias que reduzam essas emissões. A adoção de práticas sustentáveis e inovadoras não apenas ajudará a mitigar os impactos ambientais, mas também garantirá a segurança alimentar e a viabilidade econômica do agronegócio a longo prazo.

Assim, o presente estudo, por meio do método hipotético dedutivo, pretende analisar o hidrogênio verde como um meio eficaz de transição energética no cenário brasileiro e mundial,

destacando o Brasil como o país com potencial para se tornar o expoente da produção desse produto no mundo, com enfoque nos impactos ambientais e econômicos dessa fonte de energia. Nesse sentido, a proposta será analisada a partir dos benefícios do hidrogênio verde para o meio ambiente, sua funcionalidade nos setores da economia, com foco no setor do agronegócio, como ele é visto e utilizado internacionalmente e quais medidas devem ser tomadas para que seja despertado o interesse das empresas nesse setor sustentável, a partir de inovações legislativas, incentivos fiscais e regulatórios e projetos. Dessa forma, o presente estudo objetiva explorar o hidrogênio verde como o principal elemento da descarbonização nos próximos anos, demonstrando seus benefícios a longo prazo no cenário econômico sustentável brasileiro e global.

2 O HIDROGÊNIO VERDE E SUA FUNCIONALIDADE NO PROCESSO DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA SUSTENTÁVEL

2.1 IDENTIFICAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO HIDROGÊNIO COMO FONTE ENERGÉTICA

O hidrogênio representa 90% da massa de toda matéria, sendo o elemento mais abundante do universo (Pusz, 2001, p.57-58) e caracterizado pela maior quantidade de energia por unidade de massa se comparado a qualquer outro combustível conhecido, abrangendo mais de 60% da superfície do planeta. No planeta Terra, esse elemento não existe em sua forma atômica elementar, tampouco é encontrado naturalmente em sua fórmula molecular,¹ usualmente existindo quando associado com outros elementos, como na água, nos hidrocarbonetos (gás natural, carvão, petróleo), carboidratos, no carbono combinado com metano e demais compostos orgânicos.

A aplicação do hidrogênio tem se dado em diferentes campos, como combustível para foguetes e em processos industriais químicos para a produção de diferentes substâncias, como a amônia, ácido clorídrico, álcoois, fertilizantes, e compostos orgânicos. Ainda, o gás hidrogênio é muito utilizado na metalurgia e na obtenção de energia, levando em consideração que algumas de suas propriedades como leveza e potencial energético, que o tornam um excelente combustível.

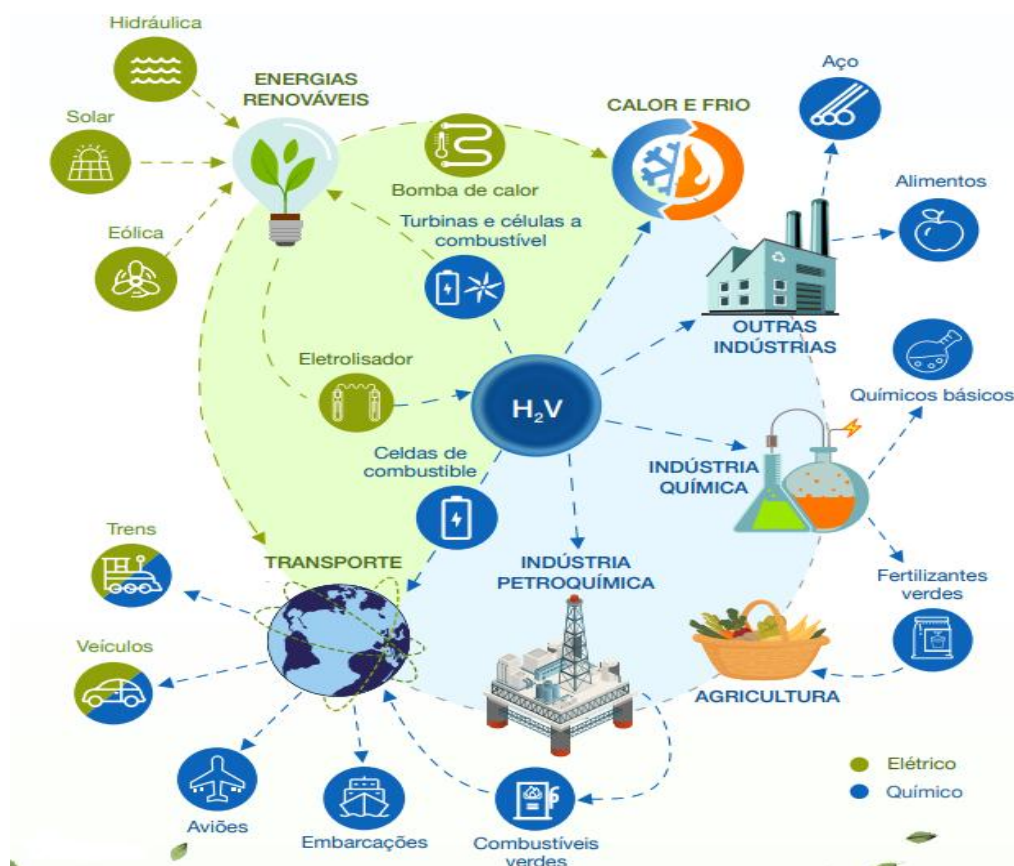
Para sua utilização como fonte de combustível, o hidrogênio precisa ser separado dos

¹ “A simplicidade da molécula de hidrogênio faz com que ela dê origem a um produto quimicamente homogêneo, sem variações de qualidade. O reduzido tamanho do átomo de hidrogênio faz com que sua difusão, na forma atômica, seja possível em diversos materiais, inclusive metais, mesmo em condições normais de temperatura e pressão.” (Santos; Biehl, 2014).

elementos que está originariamente combinado, sendo produzido a partir de diferentes fontes. Nesse sentido, a fim de realizar a diferenciação desses meios de produção, criou-se um sistema que distingue a origem do hidrogênio por meio de cores, de acordo com sua produção. (IEA, 2019).

Essa diversificação das fontes² só comprova a versatilidade da produção do hidrogênio, entretanto, essa produção, atualmente, está associada a processos de refinis de petróleo e gás natural, o que gera alta emissão de GEE. É nesse cenário em que o hidrogênio verde toma tamanho destaque como um vetor importante para descarbonizar os segmentos mais penosos de redução de GEE, como, por exemplo, as atividades industriais e a base de transportes (Stein; Galvão, 2022), considerando que processo de produção de hidrogênio é totalmente limpo.

Figura 1 - As aplicações do hidrogênio verde apresentadas Iberdrola



Fonte: Iberdrola, s.d.

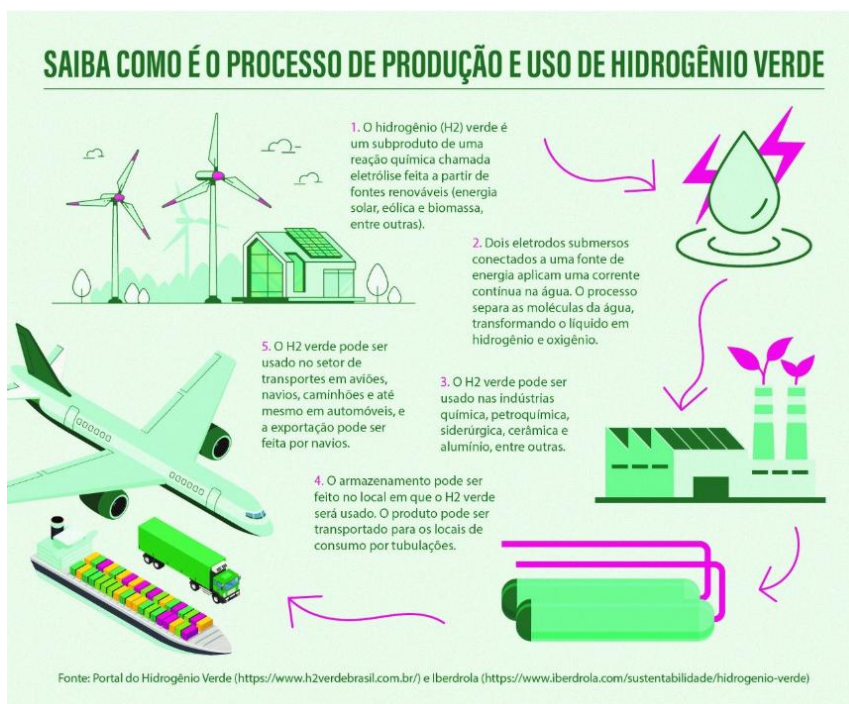
² Dessa forma, a classificação do hidrogênio por escala de cores segundo (EPE, 2021) se deu como: “a) hidrogênio preto, produzido de carvão mineral (antracito); b) hidrogênio marrom, produzido de carvão mineral (hulha); c) hidrogênio cinza, produzido do gás natural (emissões de dióxido de carbono não são controladas e a contaminação é maior); d) hidrogênio azul, produzido a partir de gás natural e outros combustíveis fósseis; e) hidrogênio verde, produzido a partir de fontes renováveis via eletrólise da água; f) hidrogênio branco, hidrogênio natural ou geológico; g) hidrogênio turquesa, produzido por craqueamento térmico do metano, sem gerar CO₂; e, h) hidrogênio musgo, produzido de biomassa ou biocombustíveis, através de reformas catalíticas, gaseificação ou biodigestão anaeróbica.”

O hidrogênio verde é produzido por meio do processo químico da eletrólise, em que ocorre a separação das moléculas da água (H_2O) em hidrogênio (H_2) e oxigênio (O_2), por meio da utilização de um eletrolisador movido por energia elétrica oriunda de fontes livres de carbono. Dessa forma, o hidrogênio gerado a partir desse processo é considerado verde, limpo, de baixo carbono ou renovável, (Fajardy; Reinder, 2021), podendo ser aplicado desde indústrias siderúrgicas, químicas e petroquímicas, até na matriz de transporte terrestre, marítimo e aéreo. (Paiva, 2021).

Nesse cenário, o Brasil se demonstra um promissor *player* para a produção e exportação de hidrogênio verde, podendo oferecer, até o ano de 2030, o custo mais competitivo dentre países como França, Estados Unidos, Alemanha, China, Japão, entre outros, superando os custos do hidrogênio azul e cinza. (BNEF, 2022). Segundo as estimativas da McKinsey, (Gurlit; Guillaumon; Aude, 2021) o custo previsto está entre 1,20 e 1,50 US\$/kg, havendo chances de, no futuro, ser ainda mais barato que a gasolina. (Matos; Takahashi, 2023).

Sendo assim, o hidrogênio verde se apresenta como a preeminente commodity energética mundial a ser utilizada como um recurso eficaz para a descarbonização das economias, ainda mais se ligado a matrizes energéticas renováveis como solar e eólica, (Irena, 2020) levando em conta suas inúmeras utilidades, como produção de fertilizantes, aço, plástico, combustíveis sintéticos, aquecimento de água, e combustível para automóveis e aeronaves.

Figura 2 – Processo de Produção e Uso do Hidrogênio Verde - 2025



Fonte: Portal do Hidrogênio Verde.

Para Sampaio, (2024) para que o hidrogênio verde seja, “uma solução sustentável, é essencial garantir que toda a sua cadeia produtiva utilize fontes renováveis, como energia eólica e solar, que apresentam menor impacto ambiental”. Também, a adoção “de padrões de certificação também é fundamental para assegurar a origem da energia utilizada, garantindo que a produção seja realmente limpa”. Além de “investimentos em inovação tecnológica são necessários para aumentar a eficiência da eletrólise e desenvolver soluções de armazenamento e transporte que reduzam impactos ambientais”.

2.2 ASPECTOS AMBIENTAIS DA UTILIZAÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE

Desde os primórdios, a humanidade depende de fontes de energia para seu desenvolvimento social e econômico, justificando a constante procura por uma matriz energética mais eficaz, limpa e duradoura, se comparada às utilizadas anteriormente. Atualmente, o consumo mundial de energia ainda provém majoritariamente de fontes não renováveis, como carvão, gás natural, petróleo e energia nuclear, correspondendo a 88% do percentual total, sendo apenas 12% proveniente de fontes renováveis. (Alcoforado, 2023).

Como se sabe, esses mesmos combustíveis fósseis são grandes responsáveis pela intensificação do efeito estufa e, conseqüentemente, do aquecimento global, originando um aumento anormal da temperatura média terrestre que desencadeia, por exemplo, uma maior quantidade de precipitação e secas intensas, fazendo com que o clima seja extremo para ambos os eventos. O resultado de todas essas emissões descontroladas de GEE já são claros no solo brasileiro, como no caso das Enchentes no estado do Rio Grande do Sul, 2024, maior catástrofe climática, com 417 municípios atingidos pelas fortes enchentes e deslizamentos, afetando mais de 1,4 milhão de pessoas, (Senado, 2024).

Nesse sentido, ante a necessidade urgente do processo de descarbonização do planeta, o Acordo de Paris surgiu como um dos principais projetos para acelerar o processo de diminuição das emissões de GEE, tendo como principal meta limitar o aumento da temperatura a 1,5°, em relação aos níveis pré-industriais. (Greenpeace, 2024). Aprovado pelos 195 países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC), no ano de 2015, o Brasil assinou o Acordo assegurando a redução de GEE em até 37%, até o ano de 2025, expandindo essa meta para até 43% até 2030. (Lacima, 2022). Além disso, o país se comprometeu internacionalmente com a “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas”, que possui o intuito de promover o

desenvolvimento sustentável em suas três dimensões: social, econômica e ambiental.

Com isso, o governo brasileiro tem como propósito o aumento do uso de fontes renováveis de energia, focando em tecnologias limpas nas indústrias e infraestrutura de transportes, possuindo vantagens competitivas em relação à produção de hidrogênio verde, considerando seu grandioso potencial de produção de energia eólica *onshore* e solar, contando com sua localização vantajosa para alcançar os mercados da Europa e Costa Leste Norte-Americana.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2024, a matriz energética brasileira deverá atingir 45% de fontes renováveis no ano de 2024, escalão demasiado em relação à média mundial de 13,5%, ou dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OCDE, que alcançam aproximadamente 9%, (EPE, 2024), e que conta com países como Alemanha, Estados Unidos, Dinamarca, Nova Zelândia, França, Noruega, entre outros.

Com isso, o hidrogênio verde ganha uma postura sólida e passa a ser visto como um componente fundamental na corrida para o equilíbrio entre a descarbonização, desenvolvimento tecnológico sustentável e redução dos gases de efeito estufa (GEE) que provocam alterações climáticas, haja vista que seu processo de produção não utiliza combustíveis fósseis ou qualquer processo nocivo ao meio ambiente. Isso porque o H2V é gerado por meio do processo químico de eletrólise, que separa a molécula de água - H₂O em hidrogênio - H₂ e oxigênio - O₂, utilizando um eletrolisador alimentado por fontes de energia limpa. (Iberdrola, 2024) Como resultado, o H2V se torna uma fonte de energia renovável, inesgotável e não poluente.

Todas essas possibilidades de utilização do hidrogênio verde contribuem para o alcance das metas estabelecidas no Acordo de Paris, assim como as metas da Agenda 2030, que possuem como objetivo comum buscar um caminho sustentável para o desenvolvimento das atuais e futuras gerações, além de mitigar as mudanças climáticas, com o intuito de alcançar um futuro economicamente próspero e ecologicamente preservado.

3 ESTRATÉGIAS LEGISLATIVAS E REGULATÓRIAS PARA O INCENTIVO E DESENVOLVIMENTO DO MERCADO DE HIDROGÊNIO VERDE NO BRASIL

3.1 PROJETOS DE LEI RELACIONADOS AO HIDROGÊNIO VERDE

A Peoples' Climate Vote (Pesquisa Global sobre o Clima), que é a maior pesquisa

independente baseada em opiniões públicas sobre mudanças climáticas no mundo, (People's Climate Vote, 2024) por meio de pesquisa realizada em 77 países que representam 87% da população mundial, apurou que 80% da população deseja que seus governos tomem ações mais incisivas a respeito das mudanças climáticas. (UNDP, 2024). Além disso, 72% das pessoas apoiam uma ágil transição dos combustíveis fósseis para combustíveis renováveis.

Nesse sentido, em 1998, ocorreu a criação do Centro Nacional de Referência em Energia de Hidrogênio - CENEH, sendo o primeiro marco relacionado ao hidrogênio no país, seguido pela instituição do Programa Brasileiro de Células a Combustível, no ano de 2002 que, posteriormente, em 2005, passou por uma reestruturação, passando a ser o Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio. Já em 2003, o Brasil virou membro do *Internacional Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy* - IPHE, que tem como objetivo central a troca de informações entre governos, com participações acadêmicas e da indústria. (IPHE, 2024).

Desde então, o Brasil realiza pesquisas envolvendo o H2V e, em 2020, o Ministério de Minas e Energia aprovou o Plano Nacional de Energia 2050 - PNE 2050, que demonstra o compromisso do Governo brasileiro em orientar as decisões de política energética com uma visão estratégica e de longo prazo. (Brasil, 2020). O PNE 2050 investiga, através de cenários, os diversos aspectos da evolução do setor, considerando múltiplas mudanças na produção e no uso de energia no campo da transição energética.

Após esse momento, foi publicada a Resolução do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE n. 6 de 2022, em agosto do mesmo ano, que instituiu o Programa Nacional do Hidrogênio - PNH2, que tem como premissa fortalecer o mercado e a indústria do hidrogênio enquanto vetor energético no Brasil, (Brasil, 2022), além de ser constituído por um Comitê Gestor, integrado por diversos órgãos e entidades da Administração Pública federal.

No mesmo ano, dois Projetos de Lei se destacaram na temática do H2V, primeiramente, o Projeto de Lei do Senado n. 725/2022, que disciplina a inserção do hidrogênio como fonte de energia no Brasil, e estabelece parâmetros de incentivo ao uso do hidrogênio sustentável. O PLS propõe alterações na Lei do Petróleo (Lei n. 9.478/1997), requerendo a inserção do hidrogênio como vetor energético para a economia de baixo carbono, inclusão de definições como H2 puro e sustentável. (Prates, 2022).

Já o Projeto de Lei do Senado n. 1.878/2022, dispõe sobre a regulação da produção e uso do hidrogênio verde para fins energéticos, delimitando uma estratégia setorial da produção, transporte, armazenamento, utilização e comercialização do hidrogênio verde, além de introduzir definições técnicas, princípios e fundamentos da produção e uso do H2V. (Prates,

2022).

Nesse contexto, ainda em 2022, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE, criada pela Lei n. 10.848/2004 e regulamentada pelo Decreto n. 5.177/2004, estabeleceu uma certificação de hidrogênio no mercado nacional, com o intuito de evidenciar a origem de produção do hidrogênio a partir de fontes limpas, ou seja, renovável. O sistema de rastreio estima quantas toneladas de GEE foram emitidas na atmosfera durante o processo de fabricação de hidrogênio, assegurando sua sustentabilidade. (Badra, 2022).

Além desses Projetos de Lei e iniciativas, em 2023, foi criada a Comissão Especial para Debate de Políticas Públicas sobre Hidrogênio Verde - CEHV, que, no ano de 2024, aprovou o Projeto de Lei n. 2.308/2023, que estabelece o marco regulatório para a produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono. (Nogueira, 2024). O PL estabelece os procedimentos de utilização, produção, transporte, certificação voluntária e incentivos fiscais, como a suspensão da incidência do PIS/Pasep e da Cofins.

Por fim, a Lei nº 14.948/24 que Institui o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono,

dispõe sobre a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono; institui incentivos para a indústria do hidrogênio de baixa emissão de carbono; institui o Regime Especial de Incentivos para a Produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Rehidro); cria o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC); e altera as Leis nºs 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e 9.478, de 6 de agosto de 1997. (Brasil, 2024).

A edição do Marco Legal do Hidrogênio representa segundo Calixto e Salgado (2025) “um avanço inquestionável para a indústria brasileira na medida em que estabelece as bases e oferece a segurança jurídica necessárias para a concretização dos primeiros investimentos nessa tecnologia”, ou seja, embora represente apenas um início, a consolidação dessa iniciativa dependerá da adoção de uma regulação e regulamentação efetivas, as quais, se alinhadas às diretrizes legais, poderão afirmar o Brasil como liderança global na descarbonização da economia, com destaque para a produção de Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono.

3.2 INCENTIVOS FISCAIS E REGULATÓRIOS PARA A FABRICAÇÃO DE HIDROGÊNIO RENOVÁVEL

Segundo dados aferidos pela McKinsey, empresa de consultoria estratégica americana, o Brasil figura entre os líderes globais em competitividade na produção de hidrogênio verde, com estimativa que o custo nivelado do hidrogênio verde brasileiro será cerca de 1,50 USD

por quilo até 2030. (Gurlit; Guillaumon; Aude, 2021). Entretanto, o alto custo para produção desse insumo ainda é um desafio no país, necessitando de políticas regulatórias e fiscais que auxiliem no aumento do interesse e proveito dos agentes econômicos envolvidos e interessados na produção deste insumo renovável.

Assim sendo, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES desempenha papel fundamental no fomento do desenvolvimento da indústria de H₂V, contribuindo para a viabilização de empreendimentos, utilizando como principal instrumento linhas de financiamento, como por exemplo a Linha BNDES Finem (Financiamento a Empreendimentos), que conta com a Finem Meio Ambiente, que possui o objetivo de incentivar a redução da utilização de recursos naturais e materiais, além de financiar projetos que promovam a ecoeficiência, insumos reciclados ou renováveis, armazenamento de energia, (BNDES, 2025) entre outros.

Já o Programa Fundo Clima, criado pela Lei n. 12.114/2009, é um dos mecanismos da Política Nacional sobre Mudança do Clima, funcionando como um fundo de natureza contábil vinculado ao Ministério do Meio Ambiente. Sua finalidade é assegurar recursos para apoiar projetos ou estudos e financiar empreendimentos voltados à mitigação das mudanças climáticas, além de apoiar a implementação de empreendimentos, a aquisição de máquinas e equipamentos, e o desenvolvimento tecnológico voltados à redução das emissões de gases de efeito estufa, bem como à adaptação às mudanças climáticas e seus impactos. (BNDES. Fundo Clima, 2025).

O Fundo Clima conta com algumas modalidades como Indústria Verde, que incentiva a produção de bens e serviços de forma sustentável, mitigando impactos ambientais negativos; Logística de Transporte, e Mobilidade Verdes, que apoia a expansão e modernização de transportes e equipamentos que diminuam a emissão de GEE; Transição Energética, que incentiva o uso de fontes de energia renovável, incluindo a produção de hidrogênio verde, e Serviços e Inovações Verdes, que apoia soluções sustentáveis, colaborando com a transição para uma economia mais sustentável. (BNDES, 2025).

Em relação aos incentivos fiscais, o Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI trata sobre a isenção dos equipamentos sob a NCM 8543.30, como máquinas e aparelhos elétricos com função própria e equipamentos de eletrólise, (FAZCOMEX, 2024), podendo ser um caminho para a isenção de alíquota do eletrolisador, que possui alto e custo é o ponto focal na produção de hidrogênio verde.

No Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento de Infraestrutura - REIDI, criado pela Lei n. 11.488/2007 e regulamentado pelo Decreto n. 6.144/2007, existem

incentivos que abrem portas para investimentos do setor de energia, com a implementação de usinas, aquisição de equipamentos, descontos e isenções, se destacando no contexto de energia limpa. (Brasil, 2007).

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - Proinfa, instituído pela Lei n. 10.438/2002, regulamentado pelo Decreto n. 4.541/2002, apresenta-se como uma *feed-in tariff*, que é um benefício financeiro para que se utilize mais fontes de energia renováveis, ao invés de não renováveis, ao passo que previa 3,3 GW de capacidade de recursos renováveis, advinda de pequenas centrais hidrelétricas, biomassa e eólica, por meio de tarifas incentivadas, disponibilizando 1,1 GW de recursos renováveis para cada setor em seu projeto inicial. (Proinfa, 2024).

Por fim, outro instrumento de auxílio ao fomento das práticas renováveis são os leilões sistematizados (EPE, 2024) pelo novo modelo do setor elétrico instituído pela Lei n. 10.848/2004, que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica e Decreto n. 5.613/2004, que regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de sua geração, que auxiliaram no controle de custos e eficiência, aumentando a disputa e crescimento das fontes renováveis no sistema de energia elétrica.

A partir do exposto, observa-se que o Brasil possui alguns incentivos relacionados ao setor de energia limpa, todavia, os incentivos voltados especificamente para o setor do hidrogênio verde ainda são escassos e pouco explorados. Tendo isso em vista, urge a necessidade da criação de mais políticas governamentais e institucionais para a aceleração do desenvolvimento da indústria do hidrogênio renovável no país, a fim de garantir seu espaço no cenário nacional e internacional.

4 O AGRONEGÓCIO COMO MEIO DE DESENVOLVIMENTO DO MERCADO DE HIDROGÊNIO VERDE

4.1 O PAPEL DO AGRONEGÓCIO NA ECONOMIA E SUA RELAÇÃO COM AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O Brasil é amplamente reconhecido por sua capacidade de produção agrícola, uma vez que, na primeira metade do século XX, a agricultura no país era predominantemente familiar, com 60% da população vivendo em áreas rurais, focada no trabalho manual e com menos de 2% das propriedades rurais utilizando maquinário agrícola. (Elesbão, 2007). Com o avanço industrial e a criação de grandes complexos agroindustriais, a produtividade cresceu

significativamente, por isso, a produção de grãos, que era de 47 milhões de toneladas em 1977, aumentou para 237 milhões de toneladas em 2017, representando um aumento de 137% na produtividade agrícola brasileira. (Embrapa, 2018).

Nesse contexto, todas as transformações e esforços para alavancar o agronegócio trouxeram resultados imponentes para o setor econômico, isto porque, apenas no ano de 2021, o setor representou 27,4% do PIB brasileiro, o que representa um crescimento de 8,36%, tornando-se o mais percentual desde 2004, quando foi de 27,53%, conforme pesquisas realizadas pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA/USP em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA. (CEPEA, 2021).

De acordo com o CEPEA/USP, o PIB do agronegócio atualmente corresponde a 23,8% do PIB do País, demonstrando a queda do setor que vem acontecendo desde 2022, em decorrência da queda dos preços em todos os segmentos, (CEPEA, 2021) entretanto, ainda assim, o setor é de extrema importância para o país, já que é responsável pelo abastecimento alimentar, geração de empregos e pilar para as relações de importação e exportação, já que o Brasil é considerado o “celeiro do mundo”.

Entretanto, o posto de “celeiro do mundo” traz algumas dificuldades para o setor e para o país, já que, segundo o estudo “Análise das Emissões de Gases de Efeito Estufa e suas Implicações para as Metas Climáticas do Brasil”, disponibilizado em 2023 e elaborado pelo Observatório do Clima, que é a principal rede da sociedade civil brasileira sobre a agenda climática, os sistemas alimentares responderam, em 2021, por 73,7% (1,8 bilhão de toneladas) (Observatório do Clima, 2023) das 2,4 bilhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa emitidas pelo país no ano de 2021, registrando um aumento de 12,2% em relação a 2020, quando o país havia emitido 2,1 bilhões de toneladas. (Potenza et al, 2023).

Na agropecuária, no ano de 2021, as emissões do setor foram as mais altas da série histórica, resultando em 601 milhões de toneladas de CO₂ equivalente (GWP AR5), o que totaliza um aumento de 3,8% em relação a 2020 (579 milhões de toneladas), (Potenza et al, 2023) tornando-se o maior incremento percentual desde 2004 e correspondendo a um aumento de 4,1%, o que representa emissões maiores que as da África do Sul.

Ainda, segundo o estudo, somadas as emissões por desmatamento e outras mudanças de uso da terra com as do setor agropecuário, o setor da agropecuária responde por 74% de toda a poluição climática brasileira (Potenza et al, 2023). Da análise dos dados apresentados, as emissões de GEE do setor agropecuário aumentaram em 182% desde 1970, se comparado ao ano de 2021.

Isso demonstra o impreterível dever do setor do agronegócio buscar por alternativas

sustentáveis que auxiliem na continuação do seu desempenho de produtor com destaque mundial, e que, ao mesmo tempo, esteja alinhado aos Acordos e Metas Internacionais que o país segue.

Essa necessidade se mostra ainda mais clara quando analisada a posição do Brasil como exportador e negociador no cenário global, levando em consideração que o Pacto Ecológico Europeu, por exemplo, também chamado de *Green Deal*, faz com que até mesmo os países com quem a União Europeia negocia sejam impactados, exigindo que seus parceiros comerciais sigam suas exigências para que negociações sejam realizadas. Outrossim, o presidente do Comitê de Comércio do Parlamento Europeu, já havia informado que o acordo comercial entre países do Mercosul e União Europeia, não seria ratificado sem que houvesse regras claras que certificassem o comprometimento dos países do Mercosul com o desenvolvimento sustentável. (Brasil, Câmara dos Deputados, 2020).

A partir da análise dos dados, portanto, resta evidente a grande relevância econômica do agronegócio brasileiro no cenário mundial, agora, a grande dificuldade do setor é equilibrar a alta demanda e importância no setor comercial com o período de transição energética e necessidade da mitigação das mudanças climáticas por meio da redução das emissões de GEE.

4.2 APLICAÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE NO SETOR DE FERTILIZANTES

O Brasil possui uma forte presença no mercado mundial quando se trata de produtos agrícolas, exportando para inúmeros países ao redor do globo. Nesse interim, a China se destaca como um dos principais importadores das *commodities* brasileiras, além de países integrantes da União Europeia, como Alemanha, Espanha, Holanda e França, que possuem uma forte questão com práticas sustentáveis e a certificação de produtos.

Contudo, o Brasil ainda se vê muito dependente de importações na questão de fertilizantes, visto que, segundo pesquisa realizada pela Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA, mais de 70% dos fertilizantes utilizados no país são provenientes de importação. (Cavalheiro, 2023). Ademais, a Guerra da Ucrânia afeta ainda mais o setor na questão de fertilizantes, já que a Rússia dispõe da posição de segundo maior produtor mundial de fertilizantes nitrogenados e de potássios, sendo 23% do consumo brasileiro advindo daquele território. (Gielow, 2023).

O Brasil possui uma dependência do mercado externo imensa em relação à nutrientes de potássio (94%), fosfato (55%) e nitrogenados (76%), sendo o quarto consumidor mundial de fertilizantes, (Osaki, 2022) e a expansão desse setor brasileiro possui dificuldades, levando

em conta que alguns desses nutrientes estão situados em locais como a Amazônia, que requer proteção ambiental extrema em todos os quesitos.

A fim de diminuir sua dependência na importação de fertilizantes, deixando a produção interna mais forte e atrativa, e ao mesmo tempo buscando alcançar esse objetivo por meio de práticas sustentáveis e que mitiguem as emissões de GEE, o hidrogênio verde surge como uma aposta robusta no setor de fertilizantes, sendo introduzido na produção de amônia verde, que é um dos principais componentes e fontes de nitrogênio para fertilizantes.

O nitrogênio serve de base para os fertilizantes, necessitando também da amônia para a sua produção, que é elemento essencial para a obtenção de ureia, que consiste em um dos fertilizantes nitrogenados mais utilizados no setor do agronegócio. Nesse caso, a produção de amônia passa pelo chamado processo de Haber-Bosch, que possui uma corrente separada de hidrogênio e nitrogênio, resultando na amônia líquida, (Ribeiro, 2013) ainda esse processo de obtenção do hidrogênio pode ser realizado a partir da eletrólise da água, o que nos leva diretamente ao hidrogênio verde, que produz esse hidrogênio a partir de fontes renováveis.

Nesse sentido, a amônia verde seria a produção desse elemento realizada de forma que seja proveniente de fontes renováveis, assim, como o hidrogênio é elemento essencial para a obtenção de amônia, a partir do momento em que esse processo é realizado pela eletrólise da água, por exemplo, sem emitir gases poluentes na atmosfera, isso torna a obtenção da amônia sustentável, resultando na amônia verde. Essa técnica é capaz de produzir amônia com uma quantidade de energia bem menor e com um valor agregado maior do que de outros produtos. (Hunt, 2023).

A ureia é outro elemento composto por nitrogênio que ajuda no desenvolvimento das plantas, além de ser um fertilizante sintético que auxilia negativamente na dependência da importação de fertilizantes no país, haja vista a necessidade de buscar ureia em outros países para suprir a demanda interna. A amônia é elemento crucial para a produção dessa ureia, todavia, é necessário a utilização de gás carbônico (CO₂) para obtenção da ureia, o que prejudica a produção sustentável desejada para o setor. (Hunt, 2023).

Contudo, na produção de nitrato de amônia, que é um fertilizante muito eficiente, esse problema é superado, pois é possível utilizar ácido nítrico juntamente com a amônia. Esse caminho pode ser praticável e proveitoso, já que o hidrogênio verde pode ser utilizado na produção do ácido nítrico, tornando sua produção sustentável, originando o chamado nitrato de amônia verde. Ainda, esse elemento demonstra menos perdas em comparação com a ureia, resultando em um rendimento maior. (Hunt, 2023).

Em suma, a decomposição imediata do nitrato de amônia na terra beneficia diretamente

as raízes das plantas. Ao contrário disso, a ureia passa por inúmeros processos antes de alcançar as raízes, o que reduz sua eficiência, dessa forma, o nitrato de amônia, por reduzir perdas e converter melhor o nitrogênio conforme a necessidade da planta, é mais rapidamente absorvido pelo solo. (Yara Brasil, 2022).

Com a demonstração da alta capacidade do hidrogênio verde ser cada vez mais utilizado no mercado de fertilizantes, ajudando na redução da dependência de importação de países do exterior e no alcance de práticas mais sustentáveis e que tenham menos impactos negativos no meio ambiente, as empresas já estão buscando meios de implantar o hidrogênio verde em seus métodos de produção.

Nessa proposta, a Atlas Agro, empresa suíça com foco na produção de fertilizantes nitrogenados com zero emissões de carbono, construirá a primeira fábrica de fertilizantes nitrogenados a partir do hidrogênio verde no Brasil. (Atlas Agro, 2024) O projeto será construído em Uberaba, no Estado de Minas Gerais, totalizando investimentos no valor de R\$ 4,3 bilhões, com previsão de iniciar suas operações em 2028, assim, a empresa produzirá hidrogênio verde, amônia verde e nitrato de amônia verde, com expectativa de consumir 2,5 Terawatt-hora (TWh) de energia renovável anualmente.

Outra empresa que possui destaque internacional, a Yara, empresa líder mundial em nutrição de plantas e soluções industriais de nitrogênio, inaugurou, em junho de 2024, a maior planta de produção de H₂V da Europa, dedicada para a produção de amônia verde para fertilizantes. O projeto será operado pela subsidiária *Yara Clean Ammonia* e terá capacidade de 24 MW, utilizando eletrólise da água alimentada por energia renovável para produzir hidrogênio, além disso, a empresa já produziu e entregou as primeiras toneladas de fertilizantes feitos de amônia verde para uma cooperativa agrícola na Noruega. (Medeiros, 2024).

Ao substituir o gás natural por hidrogênio renovável, a Yara pretende reduzir 41 mil toneladas de CO₂ lançados na atmosfera por ano, (Chiappini, 2024) o que demonstra a atual preocupação mundial de minimizar as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, além da recorrente busca por desenvolver tecnologias que equilibrem a necessidade produção do mercado, com a produção sustentável desses produtos, a fim de atender a população, auxiliar no crescimento econômico e, ao mesmo tempo, minimizar as mudanças climáticas causadas pelo lançamento desses gases na atmosfera.

Destarte, observa-se a preocupação dos impactos mundiais no desenvolvimento econômico sustentável global, como analisado, o Brasil ainda possui muitas mudanças a serem realizadas dentro do tema da sustentabilidade, haja vista que ainda ocorrem grandes emissões de GEE por parte do setor do agronegócio e grande dependência do mercado externo em

relação à produção de fertilizantes. Entretanto, as possibilidades de utilização de hidrogênio verde na produção desses fertilizantes já estão ativas no mundo e começando a trilhar seu caminho no país, expondo a real perspectiva do Brasil estar por dentro do assunto e ser um dos países mais engajados com a transição energética.

Também a ABIHV (2025), ao divulgar projeções para H2V no Brasil em 2025, apresenta seis projetos “de investimento para projetos de hidrogênio verde, amônia verde, metanol e fertilizantes nitrogenados”. Ou seja: 1 - Fortescue, no Complexo do Pecém, CE, (R\$20 bilhões); 2 - Casa dos Ventos - Pecém, CE, (R\$12 bilhões); 3 - European Energy em Suape, PE, (R\$ 2 bilhões); 4- Atlas Agro em Uberaba, MG, (5 bilhões); 5 - Voltalia, Pecém, CE, (R\$9 bilhões) e 6 - Solatio, no Parnaíba, PI, (R\$29,3 bilhões).

Segundo Delgado (2025): “No total, o setor tem a previsão de investimentos da ordem de R\$ 188,7 bilhões no Brasil, numa estimativa feita pela Confederação Nacional da Indústria (CNI). Afirma: “Eles representam uma verdadeira transformação econômica e ambiental, consolidando o Brasil como protagonista da transição energética global, com impacto em geração de empregos, inovação tecnológica e atração de novos negócios”. (Delgado, 2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças climáticas representam uma ameaça urgente e significativa ao futuro da Terra, e a transição para fontes de energia limpa, como o hidrogênio verde, é essencial para combater essa crise. O aquecimento global está associado a eventos climáticos extremos, aumento do nível do mar e perda de biodiversidade, que têm impactos devastadores nas comunidades e ecossistemas ao redor do mundo, fazendo com que a adoção de tecnologias de energia limpa seja uma das estratégias mais eficazes para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e limitar o aumento da temperatura global, ao passo que protege o planeta para as presentes e futuras gerações.

A partir do estudo realizado, infere-se que o hidrogênio verde é um grande aliado ao processo de transição energética mundial atual e sua importância no cenário econômico mundial e brasileiro é inegável, pois não só auxilia na redução das emissões de gases de efeito estufa, mas também promove a inovação tecnológica, a diversificação das fontes de energia e o crescimento concorrencial econômico sustentável. No entanto, a adoção e expansão do hidrogênio verde enfrenta desafios significativos, como os elevados custos de produção e a necessidade de infraestrutura adequada.

Observou-se que, no Brasil, o hidrogênio verde representa uma oportunidade

estratégica para fortalecer a matriz energética do país e reduzir a dependência de combustíveis fósseis. O país possui um enorme potencial para a produção de energia renovável, o que pode ser aproveitado para liderar a produção mundial de hidrogênio verde, além disso, a implementação dessa tecnologia pode gerar novos empregos, estimular a economia e posicionar o Brasil como um líder global em energia limpa.

Entretanto, para que isso se torne realidade e o Brasil possa explorar plenamente o potencial do hidrogênio verde, é essencial que haja incentivos legislativos, fiscais e regulatórios robustos, com políticas claras e favoráveis para atrair investimentos e fomentar o desenvolvimento de infraestrutura necessária para a produção, armazenamento e distribuição de hidrogênio verde. Incentivos fiscais, como isenções de impostos e subsídios, podem reduzir os custos iniciais de implementação, tornando o hidrogênio verde mais competitivo no mercado. Além disso, regulamentações que estabeleçam padrões de produção e certificação garantem a qualidade e a sustentabilidade do hidrogênio produzido, aumentando a confiança dos consumidores e investidores.

Constatou-se que, no setor do agronegócio, particularmente na produção de fertilizantes, o hidrogênio verde pode desempenhar um papel transformador, utilizando-o para a produção de amônia verde, reduzindo significativamente a pegada de carbono do setor agrícola, promovendo práticas mais sustentáveis e aumentando a competitividade no mercado global, onde há uma demanda crescente por produtos mais sustentáveis.

Portanto, para que o hidrogênio verde atinja seu potencial completo e contribua significativamente para a mitigação das mudanças climáticas, é necessário um esforço coordenado entre governo, indústria e academia. A colaboração entre esses setores pode acelerar a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias, além de facilitar a implementação de soluções inovadoras em larga escala. Com o apoio adequado e um compromisso claro com a sustentabilidade, o Brasil pode se posicionar como um líder global na produção e utilização de H₂V, promovendo um futuro energético mais limpo e sustentável.

REFERÊNCIAS

ABIHV. Disponível em: <https://brasilenergia.com.br/energia/hidrogenio/abihv-divulga-projecoes-para-h2v-no-brasil-em-2025>. Acesso em: 27 abr. 2025.

ALCOFORADO, Fernando A. G. O futuro da energia requerido para o mundo. **LinkedIn**, 2023. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/o-futuro-da-energia-requerido-para-mundo-fernando-a-g-alcoforado-diejf>. Acesso em: 01 jun. 2024.

ATLAS AGRO. **Atlas Agro inicia fase de engenharia para a construção da primeira fábrica de fertilizantes nitrogenados verdes no Brasil**. Disponível em: <https://www.atlasagro.ag/pt/atlas-agro-inicia-fase-de-engenharia-para-a-construcao-da-primeira-fabrica-de-fertilizantes-nitrogenados-verdes-no-brasil/>. Acesso em: 08 abr. 2025.

BADRA, Mateus. CCEE lança primeira certificação brasileira de hidrogênio renovável. **Canal Solar**, 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/ccee-lanca-primeira-certificacao-brasileira-de-hidrogenio-renovavel/>. Acesso em: 21 jun. 2024.

BNDES. **BNDES Finem Meio Ambiente**. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finem-meio-ambiente>. Acesso em: 26 abr. 2025.

BNDES. **BNDES Inovação**. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-inovacao>. Acesso em: 26 abr. 2025.

BNDES. **Fundo Clima**. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/fundo-clima>. Acesso em: 26 abr. 2025.

BNEF – BLOOMBERGNEF. **‘Green’ Hydrogen to Outcompete ‘Blue’ Everywhere by 2030**. 2022b. Disponível em: <https://about.bnef.com/blog/green-hydrogen-to-outcompete-blue-everywhere-by-2030/>. Acesso em: 16 abr. 2024.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Descaso com metas de sustentabilidade pode impedir acordo Mercosul-UE, diz parlamentar**. 2020. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/700378-descaso-com-metas-de-sustentabilidade-pode-impedir-acordo-Mercosul-ue-diz-parlamentar/>. Acesso em: 06 abr. 2025.

BRASIL. Enchentes no RS: 417 municípios já foram atingidos. **Senado Federal**, 2024. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/videos/2024/05/enchentes-no-rs-417-municipios-ja-foram-atingidos>. Acesso em: 01 abr. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007**. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111488.htm. Acesso em: 26 jun. 2024.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2050**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/sntep/publicacoes/plano-nacional-de-energia/plano-nacional-de-energia-2050>. Acesso em: 21 jun. 2024.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resolução institui o Programa Nacional do Hidrogênio**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/resolucao-institui-o-programa-nacional-do-hidrogenio>. Acesso em: 21 jun. 2024.

BRASIL. **Lei nº 14.948, de 02 de agosto de 2024**. Institui o marco legal do hidrogênio de baixa emissão de carbono. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Lei/L14948.htm. Acesso em: 20 abr. 2025.

CALIXTO, Elise; SALGADO, Valério. **Marco Legal do Hidrogênio: oportunidades e desafios para o Brasil**. Disponível em: <https://www.jota.info/artigos/marco-legal-do-hidrogenio-oportunidades-e-desafios-para-o-brasil>. Acesso em: 20 abr. 2025.

CAVALHEIRO, Gabriel. Dependência de fertilizantes é grande desafio para o Brasil. **CANAL RURAL**, 2023. Disponível em: <https://www.canlrural.com.br/agricultura/dependencia-de-fertilizantes-e-grande-desafio-para-o-brasil/>. Acesso em: 06 jul. 2024.

CDP. **Latin America**. Disponível em: <https://la-pt.cdp.net/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

CEPEA. **CEPEA: PIB do agro cresce 8,36% em 2021; participação no PIB brasileiro chega a 27,4%**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-do-agro-cresce-8-36-em-2021-participacao-no-pib-brasileiro-chega-a-27-4.aspx/>. Acesso em 24 set. 2022. Acesso em: 03 abr. 2025.

CEPEA. **PIB do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acesso em: 03 abr. 2025.

CHIAPPINI, Gabriel. Banco europeu libera € 720 milhões para projetos de hidrogênio de eletrólise. **EPBR**, 2024. Disponível em: <https://epbr.com.br/banco-europeu-libera-e-720-milhoes-para-projetos-de-hidrogenio-de-eletrolise/>. Acesso em: 11 jun. 2024.

CHIAPPINI, Gabriel. EPBR. Yara inaugura maior planta de hidrogênio verde da Europa. **EPBR**, 2024. Disponível em: <https://epbr.com.br/yara-inaugura-maior-planta-de-hidrogenio-verde-da-europa/>.

CHIAPPINI, Gabriel. Primeiro projeto de hidrogênio no Suape trava em disputa por área. **EPBR**, 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/primeiro-projeto-de-hidrogenio-no-suape-trava-em-disputa-por-area/>. Acesso em: 25 jun. 2024.

COMISSÃO DE MEIO AMBIENTE. Projeto de lei nº 1878, de 2022: Cria a Política que regula a produção e usos para fins energéticos do Hidrogênio Verde. **Senado Federal**, 2022. Documento 9180876. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9180876&ts=1658512959345&disposition=inline>. Acesso em: 21 jun. 2024.

DELGADO, Fernanda. **Projetos de H2V com investimentos de R\$ 77,3 bi vão sair do papel em 2025**. Disponível em: <https://movimentoeconomico.com.br/economia/energia/2025/01/13/projetos-de-h2v-com-investimentos-de-r-773-bi-vao-sair-do-papel-em-2025/> Acesso em: 27 abr; 2025.

ELESBÃO, I. O espaço rural brasileiro em transformação. **Finisterra**, v. 42, n. 84, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.18055/Finis1421>. Acesso em: 03 jul. 2024.

EMBRAPA. **Visão 2030**: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF, 2018.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Bases para a consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio**. 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidroge%CC%82nio_23Fev2021NT%20%282%29.pdf. Acesso em: 25 maio 2024.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Leilões de energia**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes>. Acesso em: 26 jun. 2024.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2024>. Acesso em: 04 jun. 2024.

FAJARDY, M.; REINDER, D. M. Electrification of residential and commercial heating. In: GLACHANT, J.-M.; JOSKOW, P. L.; POLLIT, M. G. (Orgs.). **Handbook on Electricity Markets**. Cheltenham, UK/Northampton, MA, EUA: Edward Elgar, 2021.

FAZCOMEX. **85433090 – Outros**. Disponível em: <https://ncm.fazcomex.com.br/85433090-outros/>. Acesso em: 26 jun. 2024.

GIELOW, I. Fabricantes russos de fertilizantes buscam opções para manter exportação. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 8 mar. 2022. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/03/fabricantes-russos-de-fertilizantes-buscam-opcoes-para-manterexportacao.shtml?aff_source=56d95533a8284936a374e3a6da3d7996. Acesso em: 11 out. 2022. Acesso em: 07 jul. 2024.

GREENPEACE BRASIL. **Acordo de Paris que visa combater as mudanças climáticas vira lei no Brasil**. Disponível em: https://www.greenpeace.org/brasil/blog/acordo-de-paris-que-visa-combater-as-mudancas-climaticas-vira-lei-no-brasil/?utm_term=&utm_campaign=pareto.de.gsn+-+Sales-Performance+Max+-+DOAÇÃO&utm_source=google&utm_medium=cpc&hsa_acc=3659611372&hsa_cam=16555859233&hsa_grp=&hsa_ad=&hsa_src=x&hsa_tgt=&hsa_kw=&hsa_mt=&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=Cj0KCQjw166aBhDEARIsAMEyZh796bF8ufFBR1dfZSgEBHgvmuSGHHpaRmuX8ZuHM5rajzzZuACVxoaAsroEALw_wcB. Acesso em: 02 jun. 2024.

GURLIT, Wieland; GUILLAUMON, João; AUDE, Marcelo. Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade para o Brasil e o mundo. In: **MCKINSEY & COMPANY**,

2021. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/br/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo> . Acesso em: 25 jun. 2024.

HUNT, J. et al. **Hidrogênio Verde (H₂ Pt-X) e outras aplicações**. [livro eletrônico]: volume 2. Brasília, DF: LASUS FAU, 2023.

HYDROGEN COUNCIL. **An update on the state of the global hydrogen economy, with a deep dive into North America**. 2023. Disponível em: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2023/05/Hydrogen-Insights-2023.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2024.

IBERDROLA. **Eletrolisador**: fator-chave na produção de hidrogênio verde. S.d. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/eletrolisador>. Acesso em: 15 jul. 2024.

IBERDROLA. **Sustentabilidade**: hidrogênio verde. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/hidrogenio-verde>. Acesso em: 05 jun. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **The Future of Hydrogen**: Seizing today's opportunities. Report prepared by the IEA for the G20, Japan, 2019. Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/direct/2803>. Acesso em: 26 maio 2024.

INTERNATIONAL PARTNERSHIP FOR HYDROGEN AND FUEL CELLS IN THE ECONOMY (IPHE). **About IPHE**. Disponível em: <https://www.iphe.net/about> . Acesso em: 21 jun. 2024.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Green hydrogen cost reduction**, dez. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3dRdOKC>. Acesso em: 01 jun. 2024.

LACLIMA. **Propostas para superar os desafios jurídicos da descarbonização no Brasil até 2030**. São Paulo: LACLIMA, 2022. Disponível em: https://laclima.org/wp-content/uploads/2022/11/LACLIMA_propostas_para_superar_os_desafios_da_descarbonizacao_Brasil_2030.pdf. Acesso em: 02 jun. 2024.

MATOS, E. B.; TAKAHASHI, T. S. Hidrogênio Verde – A nova aposta para a diversificação da matriz energética nacional. **Jota**, jan. 2023.

MATTOS, Mariana. Políticas públicas no Brasil associadas ao hidrogênio e suas tecnologias. E= **EDP Brasil**, 2022. Disponível em: <https://brasilenergia.com.br/energia/opinioao/politicas-publicas-no-brasil-associadas-ao-hidrogenio-e-suas-tecnologias>. Acesso em: 21 jun. 2024.

MCKINSEY. Hidrogênio verde: uma oportunidade de geração de riqueza com sustentabilidade, para o Brasil e o mundo, nov. 2021. Acesso em: 28 maio 2024.

MEDEIROS, Andriely. Maior planta de hidrogênio verde da Europa é inaugurada pela Yara. **PETROSOLGÁS**, 2024. Disponível em: <https://petrosolgas.com.br/maior-planta-de-hidrogenio-verde-da-europa-e-inaugurada-pela-yara/>. Acesso em: 17 jun. 2024.

NOGUEIRA, Lais Leda. Marco legal para o hidrogênio verde avança no Senado. **Senado Federal**, 2024. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/audios/2024/06/marco-legal-para-o-hidrogenio-verde-avanca-no-senado>. Acesso em: 21 jun. 2024.

O hidrogênio verde (H₂V). Disponível em: <https://ch2v.unifei.edu.br/o-hidrogenio-verde-h2v/>. Acesso em: 05 abr. 2025.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Produção de comida responde por 74% das emissões do Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/producao-de-comida-responde-por-74-das-emissoes-do-brasil/> . Acesso em: 03 jul. 2024.

OSAKI, M. Conflito no Leste Europeu completa um mês e setor de fertilizantes segue apreensivo. **Cepea, Esalq, USP**, 4 abr. 2022. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opinioao-cepea/conflito-no-leste-europeu-completa-um-mes-e-setor-defertilizantes-segue-apreensivo.aspx>. Acesso em: 12 mar. 2025.

PAIVA, L. Crises e transição energética global pressionam Brasil a acelerar nova matriz. **Jota**, jan. 2021.

PEOPLE'S CLIMATE VOTE. **People's Climate Vote**. Disponível em: <https://peoplesclimate.vote/>. Acesso em: 17abr. 2025.

POTENZA, Renata Fragozo et al. **SEEG 10 anos**. Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil / 1970-2021. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2023/04/SEEG-10-anos-v5.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2024.

PRATES, Jean Paul. 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. **Senado Federal**, 2022. Documento 9096609. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9096609&ts=1648597804854&disposition=inline>. Acesso em: 21 jun. 2024.

PRD-NEW INOVA. **BNDES | Finem Crédito Inovação Direto**. Disponível em: <https://prd-new-inova.klabin.com.br/-/bndes-%7C-finem-cr%C3%A9dito-inova%C3%A7%C3%A3o-direto>. Acesso em: 26 jun. 2024.

PROINFA. Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. **Energias renováveis e o papel do Brasil no contexto global**. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudos/seminarios/energiasrenov/custodio2.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2024.

PUSZ, J. Alternative energy sources. In: **fuelcells**, s.d. Disponível em: <http://www.fuelcells.prv.pl>. 2001. p. 57–8. Acesso em: 24 maio 2024.

RIBEIRO, D. Processo de Haber-Bosch. **Revista Ciência Elementar**, v. 1, n. 1, p. 031, 2013. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2013/031/>. Acesso em: 07 jul. 2024.

SAMPAIO, Amanda Ferreira. **Estimativa da produção de hidrogênio verde por meio da análise da energia eólica usando variáveis atmosféricas**. Estudo de caso: região nordeste do Brasil. Tese de Doutorado, 2024. https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/60947/1/Estimativaproducaohidrogenio_Sampaio_2024.pdf. Ver também: <https://www.ufrn.br/imprensa/reportagens-e-saberes/88363/hidrogenio-verde> Acesso em: 27 abr. 2025.

SANTOS JR., A. G.; BIEHL, L. V. Estudo da interação e dos danos causados pelo hidrogênio aos metais. **Vetor**, Rio Grande, v. 24, n. 2, p. 70-92, 2014. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/vetor/article/download/3725/3819/17375>. Acesso em: 7 jun. 2021.

STEIN, R. M.; GALVÃO, B. Hidrogênio verde na Europa e por que isso importa para o Brasil. **Jota**, jan. 2022.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). **80 percent of people globally want stronger climate action from governments, according UN Development Programme survey**. 2024. Disponível em: <https://www.undp.org/press-releases/80-percent-people-globally-want-stronger-climate-action-governments-according-un-development-programme-survey> . Acesso em: 18 jun. 2024.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). **People's Climate Vote 2024**. Disponível em: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-06/undp-oxford-peoples-climate-vote-2024.pdf> . Acesso em: 18 jun. 2024.

YARA BRASIL. **Ureia agrícola x nitrato de amônio**. 2022. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/ureia-agricola-x-nitrato-de-amonio/>. Acesso em: 26 jun. 2024.