

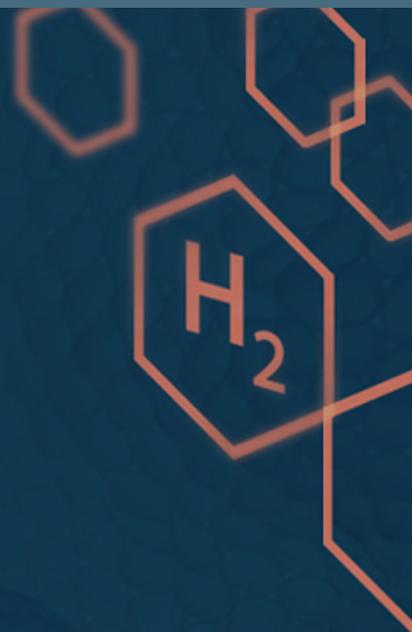
CEBRI

CENTRO BRASILEIRO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS

NÚCLEO ENERGIA

HIDROGÊNIO E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: OPORTUNIDADES PARA O BRASIL

Maio, 2022





CENTRO BRASILEIRO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS

www.cebri.org

#2 Think Tank na América do Sul e Central

University of Pennsylvania's Think Tanks and Civil Societies Program 2021 Global Go To Think Tank Index Report

PENSAR
DIALOGAR
DISSEMINAR
INFLUENCIAR

O Centro Brasileiro de Relações Internacionais (CEBRI) é um *think tank* independente e plural, que há mais de vinte anos se dedica à promoção do debate propositivo sobre a política externa brasileira.

O CEBRI é uma instituição sem fins lucrativos, com sede no Rio de Janeiro e reconhecida internacionalmente, que propõe soluções pragmáticas e inovadoras para alavancar a inserção internacional positiva do país dentro do contexto global.

Formado por figuras proeminentes na sociedade brasileira, o Conselho Curador é parte fundamental da rede apartidária, diversa e plural do CEBRI, composta por mais de 100 especialistas de diversas áreas de atuação e de pensamento.

As atividades do CEBRI são organizadas em torno de 14 Núcleos Temáticos, coordenadas por membros do Conselho do CEBRI e *Senior Fellows*. O Núcleo Energia é um dos mais ativos e possui, no comando de suas atividades, o Vice-Presidente do CEBRI, Jorge Camargo, e a *Senior Fellow* Rafaela Guedes.

NÚCLEO ENERGIA

O Núcleo trata do futuro da energia, das tendências energéticas globais e busca soluções para a criação de um ambiente de investimentos competitivo e atrativo para o Brasil.

Todos os direitos reservados.

CENTRO BRASILEIRO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS
Rua Marquês de São Vicente, 336 - Gávea
Rio de Janeiro / RJ - CEP: 22451-044
Tel + 55 21 2206-4400 - cebri@cebri.org.br
www.cebri.org



CONSELHEIRO

Jorge Camargo

Vice-Presidente do CEBRI e coordenador do Núcleo de Energia. Integra os Conselhos de Administração dos Grupos Ultrapar e Prumo Logística Global. Presidiu o Instituto Brasileiro do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP) e hoje é membro emérito do seu Conselho de Administração. Ocupou posições executivas na Petrobras, inclusive como membro da Diretoria Executiva, responsável pela Área Internacional, e na Equinor, inicialmente como Vice-Presidente Senior, na sede da empresa na Noruega, depois como Presidente da Equinor no Brasil.



SENIOR FELLOW

Rafaela Guedes

Rafaela Guedes é Gerente Executiva de Responsabilidade Social na Petrobras. Nesta função, ela é responsável por trabalhar junto as comunidades criando soluções que transformem positivamente as regiões onde a empresa atua, antecipando e gerenciando impactos sociais e ambientais das atividades da empresa. Busca garantir o respeito aos Direitos Humanos e a promoção da Diversidade. Atualmente é membro do Comitê Executivo da OGCI (Iniciativa de Petróleo e Gás para o Clima).



PESQUISADOR SÊNIOR

Gregório Araújo

Gregório Araújo é economista sênior da Petrobras desde 2008, exercendo funções de gestão na gerência de Estratégia e Planejamento. Atuou como membro do "Future Energy Leaders Program" e do "Scenarios Committee" do World Energy Council, e secondee na International Energy Agency, contribuindo para elaboração do capítulo especial sobre Brasil no WEO 2013.



NÚCLEO ENERGIA

HIDROGÊNIO E TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: OPORTUNIDADES PARA O BRASIL

Maio, 2022

ÍNDICE

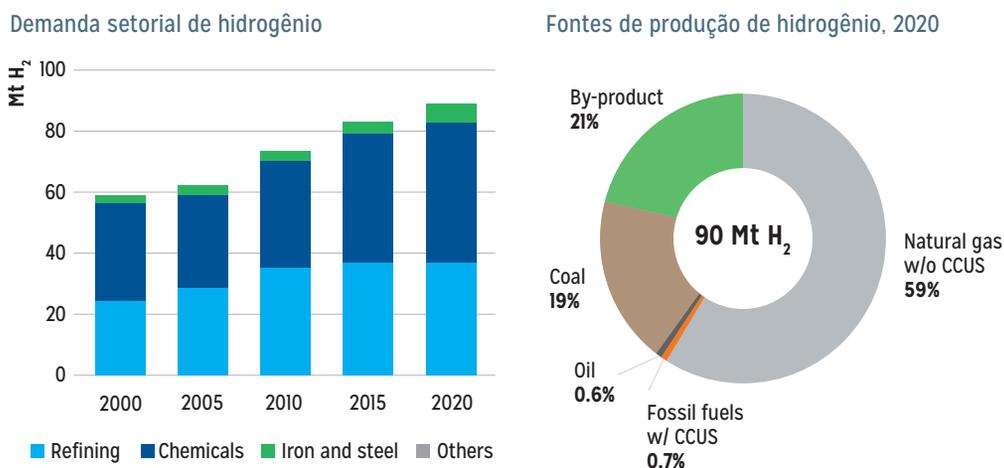
- 6 Contexto
- 8 Hidrogênio: um elemento necessário para neutralidade em carbono
- 14 Uma economia do hidrogênio no Brasil
- 18 Oportunidades de Colaboração Brasil e Noruega
- 19 Considerações Finais

Contexto

O mercado global de hidrogênio (H₂) é estimado em cerca de US\$ 190 bilhões em 2020, alcançando um volume de aproximadamente 90 milhões de toneladas (MM ton), o que significa uma oferta 50% maior do que em 2000 (IEA, 2019 e 2021). Deste total, 72 MM ton (80%) são produzidas por meio de plantas dedicadas à produção de hidrogênio, obtido quase inteiramente por combustíveis fósseis (com destaque para 60% de gás natural e 19% de carvão); e 18 MM ton (20%) são um subproduto de plantas projetadas primariamente para obtenção de outros produtos.

Olhando pelo lado da demanda, 72 MM ton são consumidas na forma de hidrogênio puro e 18 MM ton são misturas de hidrogênio com outros gases que se destinam para produção de metanol e de aço por meio da redução direto do ferro (DRI). Independente da forma como o hidrogênio é demandado, quase todo consumo ocorre em refinarias de petróleo e para usos industriais. As refinarias de petróleo respondem por cerca de 40 MM ton, utilizando o hidrogênio para especificação da qualidade dos combustíveis em unidades de hidrotratamento e hidrocraqueamento. A indústria química demanda outras 45 MM ton, com quase ¾ destinado à produção de amônia. A produção de aço responde pelas restantes 5 MM ton. Esta distribuição setorial praticamente se manteve estável nos últimos 20 anos (IEA, 2021).

FIGURA 1 - MERCADO GLOBAL DE HIDROGÊNIO, DEMANDA E OFERTA



Fonte: IEA, 2021

A despeito do quadro atual, o hidrogênio apresenta uma versatilidade importante no contexto da transição energética para uma economia de baixo carbono, podendo ser utilizado diretamente como fonte de energia de baixo ou nulo carbono (a depender de seu processo de produção, com captura ou oriundo de fontes renováveis), em setores de difícil descarbonização ou como vetor para armazenamento de energia, viabilizando maior entrada de renováveis intermitentes como a eólica e a solar.

Desde a metade do século XX, observam-se momentos de entusiasmo global para o uso generalizado do hidrogênio como energético, mas que não se materializaram em capacidade produtiva. No entanto, alguns fatores indicam que pode-se estar iniciando uma fase de robusto crescimento para efetivação de uma economia do hidrogênio: i) a redução dos custos das renováveis para produção de hidrogênio de baixo carbono; ii) o posicionamento favorável à economia de hidrogênio por parte de vários governos e grandes *players* industriais, iii) avanços tecnológicos com impactos positivos sobre a competitividade do hidrogênio, indicando que o hidrogênio pode assumir um percentual significativo da energia de baixo carbono no futuro (E+ TRANSIÇÃO ENERGÉTICA, 2021).

Com efeito, crescentemente o hidrogênio é visto como elo necessário para alcançar uma abrangente descarbonização das economias, atuando como um produto com capacidade de promover o acoplamento dos mercados de combustíveis, elétrico e industrial, de forma que a redução dos custos da geração de energia renovável também impacte os setores difíceis de eletrificar.

Neste sentido, o Consulado da Noruega, em parceria com o CEBRI, promoveu no dia 29 de setembro de 2021 um painel com o objetivo de debater as perspectivas, os desafios tecnológicos e a viabilidade econômica de projetos de produção de hidrogênio, bem como alternativas estratégicas nacionais de desenvolvimento dessa tecnologia e potenciais vantagens para o Brasil como ator relevante em uma economia a partir do hidrogênio. O Painel contou com a participação da Cônsul Geral da Noruega, Mariane Fosland, e do Conselheiro do CEBRI, Winston Fritsch, além dos painelistas que proferiram as seguintes palestras:

- *“Rising to the challenge of a hydrogen economy”* do Líder Global de Sistema de Energia de Baixo Carbono da DNV, Jørg Aarnes.
- *“Water Electrolysers for Applications of Green Hydrogen”* do Gerente de Vendas Regional da NEL Hydrogen, Tom Skoczylas.
- *“Green Hydrogen: Brazil Advantages”* do Diretor Comercial Brasil e Argentina da Air Products, Marcus Silva.
- *“Opportunities for a Low Carbon Hydrogen Economy in Brazil”* do Diretor de Estudos Econômicos-Energéticos e Ambientais da EPE, Giovani Machado.
- *“Solutions for Hydrogen Production & Purification”* do Diretor Comercial da Hytron, Daniel Lopes.

As apresentações estão disponíveis no site do CEBRI: [Hidrogênio e Transição energética: oportunidades para o Brasil](#).

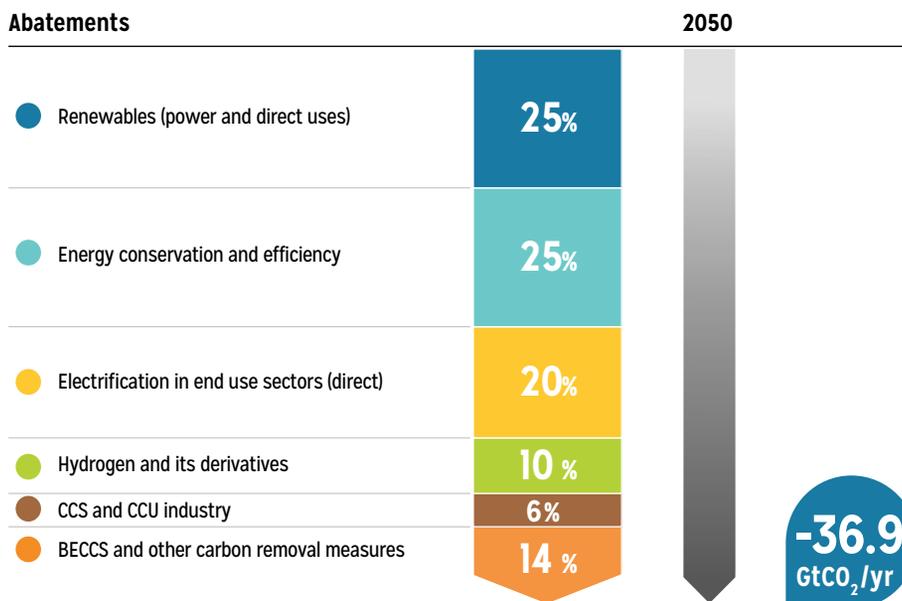
Hidrogênio: um elemento necessário para neutralidade em carbono

Depois de décadas sendo considerado uma fonte energética de grande potencial e disruptiva para o futuro, mas com significativos desafios tecnológicos e de mercado, o hidrogênio tem se consolidado como um objetivo estratégico de governos (e mesmo empresas) em todo o mundo. Atualmente, *roadmaps* de hidrogênio já foram apresentados por 18 países (HYDROGEN COUNCIL, 2020), mais de 20 governos já anunciaram publicamente que estão buscando desenvolver suas estratégias para promoção do hidrogênio em suas economias, assim como há um grande número de empresas que investigam oportunidades de negócios na economia do hidrogênio (IEA, 2021).

A expectativa é que o mercado de hidrogênio ganhará tração a partir das políticas energéticas pós-pandemia, de estímulo econômico e aceleração da transição energética em diversos países. De acordo com o estudo da Agência Internacional de Energia (IEA, 2021b), *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, será necessário promover o uso de hidrogênio para diferentes partes de um sistema energético neutro em carbono, de forma que ele representará 10% do consumo final total de energia em 2050.

Da mesma forma, a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), projeta que o H₂ e representará cerca de 12% do consumo final de energia até 2050. Dois terços desta produção será de hidrogênio verde, produzido de eletricidade renovável, demandando cerca de 5.000 GW de capacidade de eletrólise. O restante será produzido do gás natural com captura do carbono (hidrogênio azul). Considerando o cenário em que o aumento de temperatura fica restrito à 1,5°C, cerca de 10% do abatimento necessário é devido ao uso do H₂ de baixa emissão (IRENA, 2020).

FIGURA 2 - ABATIMENTO DAS EMISSÕES DE CARBONO PARA O CENÁRIO DE 1,5°C



Fonte: IRENA, 2021

Outros cenários ratificam que o hidrogênio é o vetor energético sem o qual não será possível alcançar os compromissos de controle da temperatura nos marcos do Acordo de Paris. Por exemplo, o *Energy Transition Outlook*, elaborado pela DNV, avalia que nos cenários futuros mais prováveis, atualmente, de transição energética, as metas do Acordo de Paris não serão alcançadas e que, possivelmente, o limite de 1,5°C já será atingido na próxima década e o de 2,0°C por volta de 2053. Nestes cenários, o hidrogênio representaria apenas 5% do consumo final de energia em 2050 e, somente na próxima década, começaria a apresentar um aumento de demanda consistente.

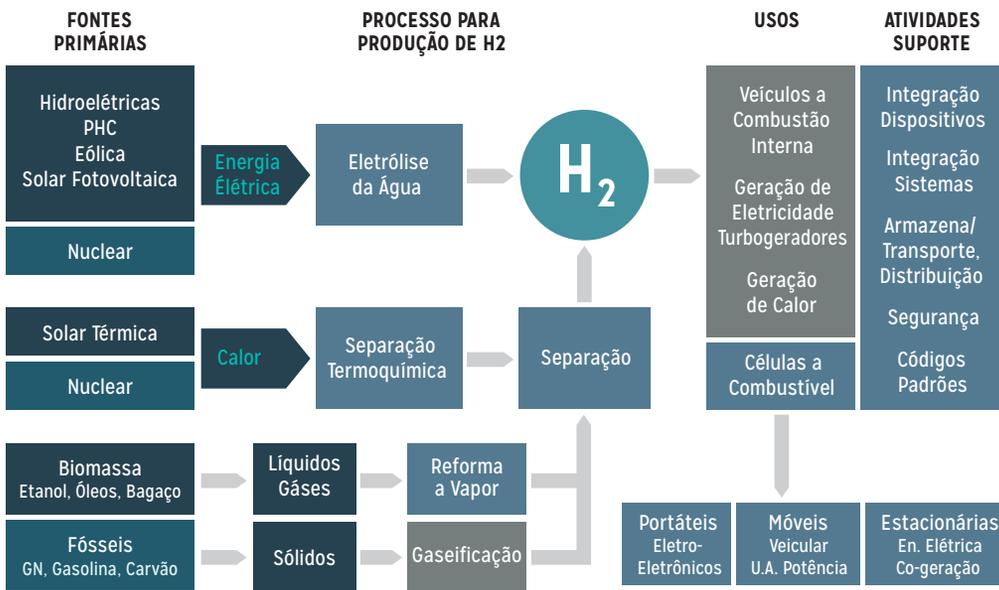
O estudo da DNV corrobora que o H₂ terá um papel relevante para a descarbonização da economia global no longo prazo, porém alerta para a necessidade de realização de ações estruturantes que devem ser iniciadas nesta década para que as ambições do Acordo de Paris sejam alcançadas. Neste contexto, algumas iniciativas, como adição de H₂ nos dutos de gás natural, estão sendo propostas no sentido de facilitar a distribuição para acelerar o processo de desenvolvimento da cadeia de suprimentos do hidrogênio, facilitar a entrada das renováveis intermitentes e auxiliar na descarbonização do setor industrial.

A despeito destas iniciativas, existem diversos desafios tecnológicos, energéticos e econômicos ao longo da cadeia de valor do hidrogênio que precisam ser superados, visando promover a produção de um hidrogênio de baixo carbono, competitivo e adequado a transição energética justa.

Um dos grandes desafios técnicos para maior utilização energética do hidrogênio é seu transporte. As soluções tecnológicas disponibilizam três alternativas para distribuí-lo até os centros de consumo: na forma gasosa (comprimido ou por meio de gasodutos), liquefeita ou por meio de um *carrier*, como amônia ou metanol. A expectativa é que nos mercados em que houver maior desenvolvimento do uso do hidrogênio no consumo final, o hidrogênio seja misturado ao gás natural transportado nos gasodutos e que, futuramente, seja desenvolvida ou adaptada uma rede de dutos dedicada ao hidrogênio. Para transporte em longas distâncias, incluído o comércio internacional, amônia é um método promissor, exigindo investimentos a jusante para extração do hidrogênio puro no destino.

Outro desafio relevante é o das emissões derivadas da produção do hidrogênio. Atualmente, o processo predominante de produção de hidrogênio é a reforma de gás natural ou, alternativamente, a oxidação parcial de combustíveis fósseis como o carvão. O processo gera grandes quantidades de dióxido de carbono, na ordem de 10 tCO₂/tH₂ na produção a partir do gás natural, e de 12 até 19 tCO₂/tH₂ quando produzido a partir do carvão (IEA, 2019).

FIGURA 3 - POSSÍVEIS ROTAS PARA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DO HIDROGÊNIO



Fonte: CGEE, 2010

Para que o H₂ possa se concretizar como solução de descarbonização é preciso buscar por processos e fontes energéticas que permitam sua produção sem emissão de CO₂, o que tem suscitado uma série de propostas e classificações segundo sua matéria-prima/processo para obter o H₂. Os tipos de hidrogênios de menor pegada de carbono mais comumente mencionados são o H₂ azul (obtido por reforma catalítica do gás natural com captura de carbono) e o H₂ verde (obtido por eletrólise da água por meio de energia elétrica de fontes renováveis).

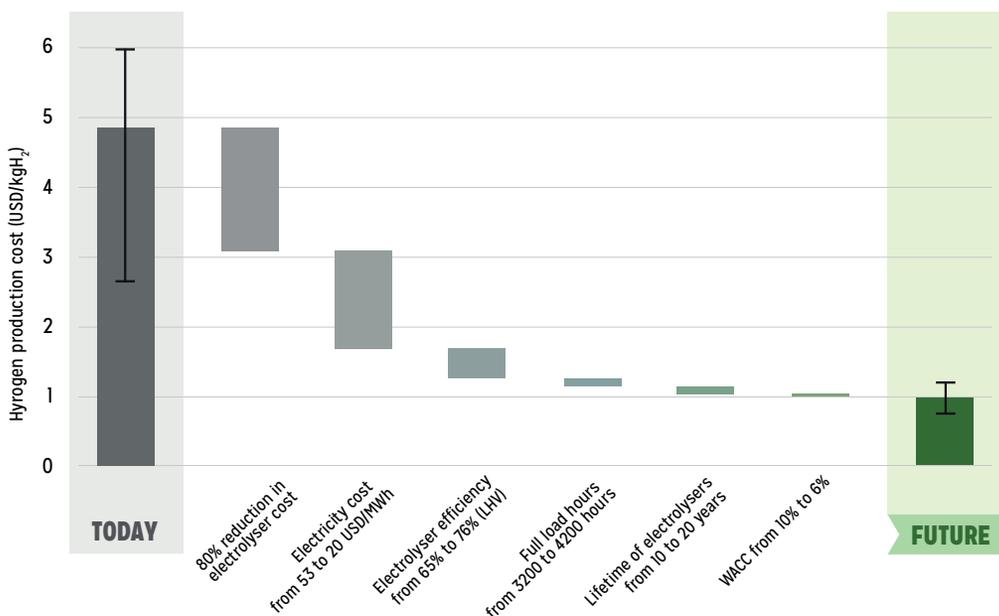
FIGURA 4 - CLASSIFICAÇÃO DO H₂ DE ACORDO COM A MATÉRIA-PRIMA E PROCESSO PRODUTIVO



Outro elemento crucial é a condição de competitividade na produção de um hidrogênio de baixo carbono. De fato, a queda de custos na geração do hidrogênio verde é um dos fatores com maior influência na definição da velocidade e tamanho do mercado potencial deste energético. O avanço da tecnologia e o ganho de escala são determinantes para redução dos custos dos eletrolisadores e de geração da eletricidade renovável, principais componentes para competitividade do hidrogênio verde.

Reduções nos custos da eletricidade e dos eletrolisadores, combinados com maior eficiência e vida útil, podem proporcionar uma redução de 80% no custo do hidrogênio verde, tornando-o competitivo para uma série de aplicações no futuro.

FIGURA 5 - FATORES DETERMINANTES PARA A QUEDA DE CUSTOS DO HIDRÓGENIO VERDE

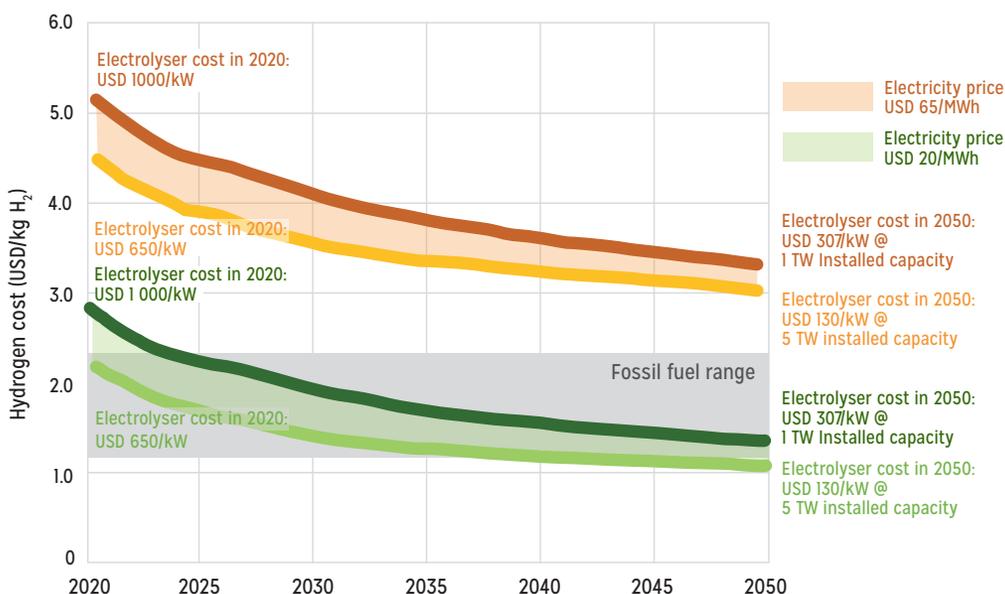


Note: 'Today' captures best and average conditions. 'Average' signifies an investment of USD 770/kilowatt (kW), efficiency of 65% (lower heating value - LHV), an electricity price of USD 53/MWh, full load hours of 3200 (onshore wind), and a weighted average cost of capital (WACC) of 10% (relatively high risk). 'Best' signifies investment of USD 130/kW, efficiency of 76% (LHV), electricity price of USD 20/MWh, full load hours of 4200 (onshore wind), and a WACC of 6% (similar to renewable electricity today).

Fonte: IRENA, 2020

Tão importante quanto entendermos a projeção de custos de longo prazo é estimarmos a velocidade da queda destes custos. Os gráficos da Figura 6 indicam que os países que conseguem produzir eletricidade renovável próximo de 20 US\$/kW teriam condições de gerar hidrogênio verde com custos compatíveis com a geração de hidrogênio fóssil ainda nesta década.

FIGURA 6 - TRAJETÓRIA DE QUEDA DE CUSTOS DO H₂ VERDE EM FUNÇÃO DO PREÇO DE ELETRICIDADE E DO CAPEX DOS ELETROLISADORES



Note: Efficiency at nominal capacity is 65%, with a LHV of 51.2 kilowatt hour/kilogramme of hydrogen (kWh/kg H₂) in 2020 and 76% (at an LHV of 43.8 kWh/kg H₂) in 2050, a discount rate of 8% and a stack lifetime of 80 000 hours. The electrolyser investment cost for 2020 is USD 650-1000/kW. Electrolyser costs reach USD 130-307/kW as a result of 1-5 TW of capacity deployed by 2050.

Fonte: IRENA, 2020

Nesse contexto, o Brasil tem uma vantagem competitiva, figurando entre os países mais bem posicionados para a produção de hidrogênio verde. Com uma matriz elétrica composta por 85% de participação de fontes renováveis, o Brasil é o terceiro país no mundo que mais gera eletricidade renovável. Adicionalmente, parte relevante da nova capacidade que tem sido adicionada ao sistema provém da geração eólica e solar com custos cada vez mais atraentes. Por exemplo, no 35º Leilão de Energia Nova, ocorrido em 2021, a média dos projetos vencedores apresentou preços na ordem de 27 US\$/ MWh para a eólica e de 31 US\$/ MWh para solar, considerando a taxa de câmbio da época.

Além disso, com um sistema de transporte que conecta a maior parte do país, engendra-se a possibilidade de desenvolver projetos de produção de hidrogênio conectados ao *grid* que, além de permitir um melhor dimensionamento e maior fator de utilização dos eletrolisadores, possibilita a eventual venda e compra de eletricidade excedente.

Um estudo recente da McKinsey (2021), confirma a posição competitiva do Brasil. Segundo este estudo, o custo nivelado do hidrogênio (LCOH) verde brasileiro ficaria em torno de 1,50 US\$/kg de H₂ em 2030 e 1,25 US\$/kg de H₂ em 2040, alinhado às melhores localizações dos EUA, Austrália, Espanha e Arábia Saudita. O estudo também aponta que, no horizonte de 2030, os projetos fora do *grid* provavelmente terão um LCOH em torno de 10% mais alto em relação aos projetos conectados ao *grid*, com as melhores localizações no Sudeste ligeiramente mais competitivas em relação às do Nordeste, mantendo a configuração de tarifas atual da rede.

Além da eletricidade como o principal fator de custo para produção de hidrogênio verde, questão bem endereçada no cenário brasileiro, é necessário focar também na queda de custos e no aumento de eficiência dos eletrolisadores para que o país viabilize o hidrogênio verde de eletricidade.

FIGURA 7 - TABELA COMPARATIVA ENTRE AS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS PARA PRODUÇÃO DE H₂ VERDE DE ELETROLISE

	2020				2050			
	Alkaline	PEM	AEM	SOEC	Alkaline	PEM	AEM	SOEC
Cell pressure [bara]	< 30	< 70	< 35	< 10	> 70	> 70	> 70	> 20
Efficiency (system) [kWh/KgH ₂]	50-78	50-83	57-69	45-55	< 45	< 45	< 45	< 40
Lifetime [thousand hours]	60	50-80	> 5	< 20	100	100-120	100	80
Capital costs estimate for large stacks (stack-only > 1 MW) [USD/kW _{el}]	270	400	-	> 2 000	< 100	< 100	< 100	< 200
Capital cost range estimate for the entire system > 10 MW [USD/kW _{el}]	500-1000	700-1400	-	-	< 200	< 200	< 200	< 300

Note: PEM = Polymer Electrolyte Membrane (commercial technology); AEM = Anion Exchange Membrane (lab-scale today); SOEC = Solid Oxide Electrolysers (lab-scale today).

Fonte: IRENA, 2020

Atualmente, existem diversas tecnologias estudadas para produção de H₂ por eletrólise, conforme indicado na Figura 7. Cada tecnologia apresenta vantagens e desvantagens em relação às demais e é esperado que, com o avanço de maturidade, ocorra uma competição entre elas no futuro. Atualmente, as tecnologias Alkaline e PEM possuem níveis de maturidade mais elevados e podem ser consideradas como as principais tecnologias disponíveis para o desenvolvimento de projetos de maior escala.

Uma economia do hidrogênio no Brasil

O estudo da McKinsey (2021) dimensiona um mercado potencial de hidrogênio no país na ordem de 15-20 bilhões dólares em 2040, com a maior parte deste potencial (entre US\$ 10-12 bilhões) para atender o mercado doméstico, em particular o transporte de carga por caminhões, a siderurgia e outros usos energéticos industriais. Outros US\$ 4-6 bilhões seriam oriundos das exportações de derivados de hidrogênio verde para a Europa e os EUA.

Certamente existe grande incerteza com relação à materialização deste cenário acelerado de desenvolvimento de uma economia de hidrogênio no país. Para além dos desafios técnicos, parte já mencionados, é necessário a construção de um Plano Nacional que explicita uma visão de longo prazo, as estratégias nacionais e um roadmap de ações, com destaque para desenvolvimento de arranjos regulatórios, institucionais e de políticas de incentivos que viabilizem os US\$ 200 bilhões em investimentos necessários para possibilitar aquele cenário, incluindo os 180 GW de capacidade de geração de eletricidade renovável adicional.

É preciso frisar que Brasil tem demonstrado interesse no desenvolvimento do hidrogênio pelo menos desde 1975, com ações de desenvolvimento da economia do hidrogênio como a criação do Laboratório do Hidrogênio (LH2). Em 1995, o MCTI iniciou sua atuação na temática da Energia do Hidrogênio, e um dos primeiros grandes marcos foi a implementação do Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio (CENEH), em 1998. Em 2002, o mencionado Ministério divulgou o Programa Brasileiro de Células a Combustível (ProCaC), que possuía como objetivo “organizar e promover ações de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, por intermédio de projetos associados entre entidades de pesquisa e a iniciativa privada”. O ProCaC contou com a participação de empresas e universidades e, em 2005, passou por uma reformulação, recebendo o nome de “Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio” (ProH2).

Em 2003, o País tornou-se membro da Parceria Internacional para Hidrogênio e Células a Combustível na Economia – IPHE1 (*International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy*), que visa a troca de informações governamentais, industriais e acadêmicas no assunto de células a combustível e o hidrogênio na sociedade.

Dois anos depois, foi publicado o “Roteiro para a Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil” (MME, 2005), com metas ao longo de 20 anos, apontando: i) a importância das diferentes rotas tecnológicas nas quais o Brasil pudesse ter vantagens competitivas; ii) o papel do

gás natural na transição até o predomínio do hidrogênio verde; e iii) a difusão nos mercados de geração distribuída, regiões isoladas e ônibus urbanos.

Em 2010, a publicação *“Hidrogênio energético no Brasil: Subsídios para políticas de competitividade: 2010-2025”* (CGEE, 2010) expôs recomendações para o incentivo à economia do hidrogênio, com a inclusão de ministérios (MCTI, MME e MMA), agências governamentais (Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, CNPq, Finep, BNDES e Inmetro) e instituições de pesquisa (Cepel, CPqD, INT e Lactec) para ações de curto (0 a 5 anos), médio (5 a 10 anos) e longo prazo (10 a 15 anos).

A criação da Associação Brasileira do Hidrogênio (ABH2), em 2017, foi uma iniciativa para organizar melhor as ações e recursos (públicos e privados), o que tem gerado bons resultados com uma ação coordenada junto ao MCTI, MEC, MME, ANEEL, ANP e Eletrobras, entre outros órgãos do governo federal.

Em 2020, o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050) apontou o hidrogênio como uma tecnologia disruptiva e como elemento de interesse no contexto da descarbonização da matriz energética, elencando diversos usos e aplicações, além de trazer recomendações para a política energética.

Em 2021, a EPE publicou as *“Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio”*, abordando o panorama do mercado, rotas tecnológicas, custos, desafios, o papel do hidrogênio na transição energética e, por fim, as implicações para políticas públicas.

Também foi desenvolvido pelo MME o estudo *“Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro: Panorama Atual e Potenciais para o Hidrogênio Verde”*, que ofereceu um panorama da indústria e dos principais atores acadêmicos e institucionais atuantes na área de hidrogênio no Brasil, bem como uma visão geral sobre as principais tecnologias de aplicação de hidrogênio.

Em 2021, o CNPE publicou duas resoluções com implicações positivas para o desenvolvimento do hidrogênio no País. A primeira delas, Resolução CNPE nº 2 de 2021, orienta a priorização da destinação de recursos de pesquisa, desenvolvimento e inovação regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e pela Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustível - ANP para o hidrogênio, entre outros temas relacionados ao setor de energia e à transição energética. A segunda, Resolução CNPE nº 6 de 2021, trata de determinação para a proposição de diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2).

Observa-se os primeiros sinais do nascimento de uma economia do hidrogênio no Brasil. Vale menção ao projeto *“HUB de Hidrogênio Verde Pecém – Ceará”*, lançado pelo Governo do Ceará, Complexo do Pecém (CIPP S/A) e Federação das Indústrias do Estado (Fiec) e Universidade Federal do Ceará (UFC). O projeto tem atraído empresas interessadas em atuar na cadeia de valor do hidrogênio verde, que abrange desde a geração de energia renovável à produção de hidrogênio verde e derivados, armazenamento, distribuição, consumo doméstico e exportação.

A região do Nordeste possui características diferenciadas para a produção de hidrogênio verde. Apresenta um potencial eólico e solar que possibilita a criação de usinas híbridas capazes de fornecer energia renovável a custos competitivos e com baixa intermitência. Além disso, possui condição logística favorável para acessar o mercado internacional, estando a cerca de oito dias do Porto de Rotterdam.

Já a região Sudeste possui uma concentração de atividades industriais como a indústria de refino de petróleo e siderúrgica. Além disso, o Sudeste tem maior oferta de gás natural, biometano e etanol que podem servir de insumo para o aumento da produção de hidrogênio na região.

A despeito destas iniciativas, o Brasil ainda precisa avançar em uma estratégia nacional detalhada para o aproveitamento de suas potenciais vantagens no desenvolvimento de uma economia do hidrogênio. Conforme já comentado, o Brasil figura como um dos mercados mais competitivos para geração eólica e solar, atraindo diversos investidores nacionais e internacionais e com potencial ainda a ser explorado. Além disso, o país possui outras fontes que tornam a condição do país singular. Segundo o estudo do E+ TRANSIÇÃO ENERGÉTICA (2021), o Brasil se diferencia com desenvolvimentos em escala piloto de tecnologias de reforma de etanol, biogás e glicerol, e na geração de hidrogênio verde a partir da fermentação de resíduos agroindustriais.

Com o objetivo de mobilizar o setor público e privado, bem como a academia e parceiros internacionais para desenvolver um amplo e competitivo mercado de hidrogênio no país foi criado o Programa Nacional de Hidrogênio (PNH2).

O programa tem seis eixos principais, conforme indicado na Figura 8.

FIGURA 8 - EIXOS DO PROGRAMA NACIONAL DE HIDROGÊNIO



Fonte: PNH2

No que tange à Cooperação Internacional prevista no Eixo 6 do PNH2, algumas diretrizes foram vislumbradas como:

-
- a. **Mapear e repertoriar** o tratamento dado ao hidrogênio no planejamento energético e nas políticas setoriais correspondentes dos principais Países e atores internacionais no setor de hidrogênio;

 - b. **Desenvolver e aprofundar** o diálogo e a cooperação internacional – nos planos bilateral, regional e multilateral – em matéria de hidrogênio, com abordagem flexível e universal em termos de parceiros e interlocutores – governos, organismos internacionais e agências especializadas – e de rotas tecnológicas adotadas;

 - c. **Estimular e facilitar** parcerias industriais e produtivas na cadeia de hidrogênio, com foco tanto na atração de investimentos quanto na inserção do País em cadeias de valor global, segundo os interesses e as vantagens competitivas nacionais;

 - d. **Participar**, de forma soberana, das discussões internacionais relacionadas à definição da cadeia de produção e uso de hidrogênio, bem como à conformação do mercado global de hidrogênio (taxonomias e critérios ESG, certificações, padrões, entre outros), com vistas à competitividade internacional do setor de hidrogênio brasileiro em suas diferentes rotas;

 - e. **Identificar** fontes e instrumentos de financiamento internacional, tais como fundos “verdes”, agências de cooperação internacional e bancos multilaterais de desenvolvimento e fundos de investimento, bem como instrumentos de “*blended finance*”, para o apoio e realização de projetos relacionados à produção e uso de hidrogênio no Brasil;

 - f. **Fomentar** o intercâmbio entre instituições brasileiras e instituições e centros de estudo internacionais dedicados à pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica no setor de hidrogênio.

Oportunidades de Colaboração Brasil e Noruega

Independente da rota de produção, os desafios para criação de toda a infraestrutura para economia de hidrogênio são enormes. São desafios globais, grandes demais para serem endereçados somente por algumas empresas ou até mesmo países. Neste contexto, um amplo envolvimento e colaboração entre os governos e agentes do mercado é fundamental para o sucesso da economia de hidrogênio.

Outro aspecto que merece a atenção são os processos para certificação do hidrogênio limpo. Os critérios devem ser acordados e reconhecidos internacionalmente. O Brasil já avançou nesta direção com o programa Renovabio, mas pela complexidade e diversidade de fontes para produção de hidrogênio esse é um tema que merece ser aprofundado. Cabe destacar o exemplo da fabricante de fertilizantes Yara, que contratou o fornecimento de biometano para produção de amônia. Esta amônia, uma vez certificada a origem da matéria-prima, poderá ser comercializada como amônia verde, conferindo competitividade em mercados que já começam a tributar o conteúdo de carbono na cadeia de valor dos produtos comercializados.

Brasil e Noruega têm diversas características comuns, como matrizes energéticas muito limpas, competências na geração de energias renováveis, petróleo e gás natural, um setor industrial e naval importantes. Estas características geram bases relevantes para criação de um mercado de hidrogênio.

A Noruega, assim como o Brasil, está ativamente envolvida em várias iniciativas internacionais para o desenvolvimento da economia do hidrogênio. Além disso, os países têm uma longa tradição de colaboração no setor energético, que pode ser ampliada para o desenvolvimento da economia de hidrogênio.

Foram destacados três aspectos que aproximam Brasil e Noruega no desenvolvimento de uma economia de hidrogênio:

- Ambos os países têm uma enorme geração de hidroeletricidade que poderia levar os países a liderarem a produção de H₂/NH₃ verde;
- Noruega lidera a corrida pelo desenvolvimento de embarcações de baixa emissão de carbono, como embarcações à bateria, hidrogênio e amônia;
- Noruega também tem liderado os esforços em CCS. Uma cooperação entre os países pode levar o Brasil a uma posição de destaque na produção de hidrogênio e amônia azul.

Considerações Finais

Tendo em vista o reconhecimento do papel relevante que a produção e uso do hidrogênio pode desempenhar em uma trajetória de emissões líquidas neutras em carbono e que o Brasil se destaca pelo potencial de recursos energéticos diversificados, o país tem plenas condições de se destacar neste mercado.

Como os desafios para o desenvolvimento da economia de hidrogênio são enormes, destaca-se a importância de o Brasil construir uma visão de longo prazo, com estratégias nacionais e um *roadmap* de ações, que visem desenvolver arranjos regulatórios, institucionais e de políticas de incentivos que viabilizem os investimentos necessários. Igualmente importante é cooperação com outros países que estão mais adiantados na materialização de uma economia do hidrogênio, buscando atalhos para promover os avanços técnicos e regulatórios para acelerar a consolidação deste vetor energético no país.

Conselho Curador

Presidente
José Pio Borges

Presidente Emérito
Fernando Henrique Cardoso

Vice-Presidentes
Jorge Marques de Toledo Camargo
José Alfredo Graça Lima
Tomas Zinner

Fundadores
Carlos Mariani Bittencourt
Celso Lafer
Daniel Klabin
Gelson Fonseca Jr.
João Clemente Baena Soares
Marcus Vinicius Pratini de Moraes
Maria do Carmo (Kati) Nabuco de Almeida Braga
Roberto Teixeira da Costa
Eliezer Batista da Silva *(in memoriam)*
Luciano Martins de Almeida *(in memoriam)*
Luiz Felipe Palmeira Lampreia *(in memoriam)*
Luiz Olavo Baptista *(in memoriam)*
Sebastião do Rego Barros Netto *(in memoriam)*
Walter Moreira Salles *(in memoriam)*

Vice-Presidentes Eméritos
Daniel Klabin
José Botafogo Gonçalves
Luiz Augusto de Castro Neves
Rafael Benke

Conselheiros Eméritos
Luiz Felipe de Seixas Corrêa
Luiz Fernando Furlan
Marcos Azambuja
Pedro Malan
Rubens Ricupero
Winston Fritsch

Diretora-Presidente
Julia Dias Leite

Conselheiros
André Lara Resende
André Clark
Armando Mariante
Armínio Fraga
Clarissa Lins
Claudio Frischtak
Demétrio Magnoli
Edmar Bacha
Henrique Rzezinski
Ilona Szabó
Izabella Teixeira
Joaquim Falcão
José Aldo Rebelo
José Luiz Alquéres
Luiz Ildefonso Simões Lopes
Marcos Galvão
Paulo Hartung
Renato Galvão Flôres Jr.
Roberto Abdenur
Roberto Jaguaribe
Ronaldo Veirano
Sergio Amaral
Vitor Hallack

Conselho Consultivo Internacional

Albert Fishlow
Alfredo Valladão
André Corrêa do Lago
Antonio Patriota
Felix Peña
Flávio Damico
Hussein Kalout
Ivan Sandrea
Jackson Schneider
Joaquim Levy
Leslie Bethell
Marcos Caramuru
Marcos Jank
Monica de Bolle
Paolo Bruni
Sebastião Salgado

Senior Fellows

Adriano Proença
Ana Célia Castro
Ana Paula Tostes
Ana Toni
André Soares
Benoni Belli
Carlos Milani
Daniela Lerda
Denise Nogueira Gregory
Diego Bonomo
Evangelina Seiler
Fabrizio Sardelli Panzini
Fernanda Magnotta
José Mario Antunes
Larissa Wachholz
Leandro Rothmuller
Leonardo Burlamaqui
Lia Valls Pereira
Lourival Sant'anna
Mário Ripper
Matias Spektor
Miguel Correa do Lago
Monica Herz
Patrícia Campos Mello
Paulo Sergio Melo de Carvalho
Pedro da Motta Veiga
Philip Yang
Ricardo Ramos
Ricardo Sennes
Rafaela Guedes
Rogerio Studart
Ronaldo Carmona
Sandra Rios
Tatiana Rosito
Vera Thorstensen
Victor do Prado

Associados

Aegea
Alterra
BAMIN
Banco Bocom BBM
BASF
BAT Brasil
Bayer
BDMG
BMA Advogados
BRF
Bristow
Brookfield Brasil
Captalys Investimentos
CCCC/Concremat
Consulado Geral da Irlanda em São Paulo
Consulado Geral da Noruega no Rio de Janeiro
Consulado Geral dos Países Baixos no Rio de Janeiro
Consulado Geral do México no Rio de Janeiro
CTG Brasil
Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira
EDP
Eletrobras
Embaixada da China no Brasil
Embaixada da República da Coreia
Embraer
ENEVA
ENGIE Brasil
Equinor
ExxonMobil
FCC S.A.
Galp
Grupo Lorentzen
Grupo Ultra
Haitong
Huawei
IBÁ
IBRAM
Icatu Seguros
Instituto Clima e Sociedade
Itaú Unibanco
JETRO
Klabin
Lazard
Light
Machado Meyer
Mattos Filho Advogados
Michelin
Microsoft
Museu do Amanhã
Neoenergia
Paper Excellence
Patri
Petrobras
Pinheiro Neto Advogados
Prumo Logística
Repsol Sinopec
Sanofi
Santander
Shell
Siemens
Siemens Energy
SPIC Brasil
State Grid
Suzano
Tecnoil
Total E&P do Brasil
Unilever
Vale
Veirano Advogados
Vinci Partners

Equipe CEBRI

Diretora-Presidente

Julia Dias Leite

Diretora de Projetos

Luciana Gama Muniz

Diretora de Relações Externas

Carla Duarte

Projetos

Diretora Adjunta de Projetos

Marianna Albuquerque

Coordenadores de Projetos

Barbara Brant

Léa Reichert

Marina do Couto Rosa Liuzzi

Analistas de Projetos

Eduardo Neiva Souza

Thais Jesinski Batista

Assistente de Projetos

Larissa Vejarano

Relações Institucionais

Coordenadora de Parcerias

Cintia Hoskinson

Coordenadora de Relações Institucionais

Fernanda Araripe

Coordenador de Projetos Especiais

Caio Vidal

Analista de Relações Institucionais

Bruno Garcia

Analista de Projetos Especiais

Lucas Bilheiro

Estagiário

Heron Fiório

Comunicação e Eventos

Diretora Adjunta de Relações Externas

Betina Moura

Coordenadora de Eventos

Nana Villa Verde

Analista de Comunicação

Paula Reisdorf

Analista de Eventos

Vitoria Gonzalez

Analista de TI

Eduardo Pich

Secretária Executiva

Rigmor Andersen

Administrativo e Financeiro

Coordenadora Administrativa-Financeira

Fernanda Sancier

Analista Administrativo

Kelly C. Lima

CEBRI

CENTRO BRASILEIRO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS

Rua Marquês de São Vicente, 336
Gávea, Rio de Janeiro - RJ - Brasil
22451-044

Tel: +55 (21) 2206-4400
cebri@cebri.org.br

[@cebrionline](#)

cebri.org