

Os caminhos do país na construção da economia global do hidrogênio

Fernanda Delgado

Professora de Geopolítica da Energia e coordenadora de pesquisa da FGV Energia

Agnes M. da Costa

Chefe da Assessoria Especial em Assuntos Regulatórios do Ministério das Minas e Energia

O pano de fundo sobre o papel do hidrogênio na matriz energética mundial são as estratégias de transição energética anunciadas por diversos países, em resposta ao Acordo de Paris, que cada vez mais têm apontado para o potencial desse energético versátil, pelas diversas possibilidades de produção e uso, como fonte de energia principal na economia global do futuro.

Países com metas ambiciosas de descarbonização de suas matrizes elétrica e energética, e de suas economias como um todo, têm demonstrado interesse pelo hidrogênio verde, aquele produzido a partir da eletricidade gerada por meio de fontes renováveis (sem emissões de GEE), com base em um processo (eletrólise) ainda não competitivo. Já se observa, ainda, nesse contexto, a busca por mercados exportadores desse hidrogênio verde, onde o Brasil desponta como natural futuro candidato exportador.

Observa-se, ainda, que o Brasil, apesar desse potencial e da recente publicação do Plano Nacional de Energia 2050,¹ e diferentemente de



outros países do mundo, não possui, até o momento, uma estratégia específica para a regulação, produção, consumo, transporte e estocagem, e, inclusive, a exportação, que possibilite a incorporação do hidrogênio no planejamento energético e na matriz energética do país.

A estratégia do Brasil como futuro exportador de hidrogênio (inclusive o verde) está calcada não só na disponibilidade de vários recursos energéticos dispersos geograficamente no seu território, mas também em um momento oportuno de sérias mudanças de paradigmas em relação ao uso dos hidrocarbonetos como impulsionadores principais da economia global.

A reflexão sobre uma mudança de paradigma em termos do energético que estará na base das economias do mundo, nasce no contexto do esforço de diversos países para reduzir a emissão de GEE com base nos compromissos assumidos na 21ª Conferência das Partes (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Para tanto, os países signatários vêm adotando medidas para des-

carbonizar suas economias, isto é, para uma redução da intensidade de emissão de GEE de suas atividades econômicas. Nesse contexto, o setor energético, de maneira geral, se apresenta como um forte candidato à descarbonização, considerando o papel preponderante que os combustíveis de origem fóssil, emissores de GEE, desempenham nas matrizes energéticas nacionais e mundial.

O movimento de mudança estrutural da matriz energética mundial, que engloba forças ambientais, sociais, econômicas e políticas, é chamado de transição energética.

Nessa transição o Brasil ocupa uma posição privilegiada com relação à maioria dos países do mundo, tendo em vista a significativa renovação de suas matrizes elétrica e energética, considerando índices de mais de 40% de uso de renováveis na matriz geral e mais de 80% na matriz elétrica, por exemplo. Coloca o Brasil em uma posição onde os demais países gostariam de já estar.

E essa realidade só é possível dada a abundância de recursos energéticos naturais e renováveis existentes no território brasileiro, cujo gerenciamento constitui inclusive um desafio para o país, conforme argumentado no Plano Nacional de Energia 2050 – PNE 2050 (figura 1).

E é partindo dessa abundância que se pode pensar em um futuro promissor nacional em uma economia baseada em hidrogênio, dado o grande potencial de produção a partir de diversas fontes de energia, dentre as quais se destacam o etanol, o gás natural, o biogás, os resíduos

O hidrogênio é um energético versátil podendo substituir outros nos mais distintos usos, em edificações, na indústria, na geração de energia, em transportes e em refinarias

sólidos, a biomassa, a termossolar, a fotovoltaica, a eólica e a hidroeletricidade (Abeeólica, 2020; Nadaleti *et al.*, 2020; de Souza, 2021).²

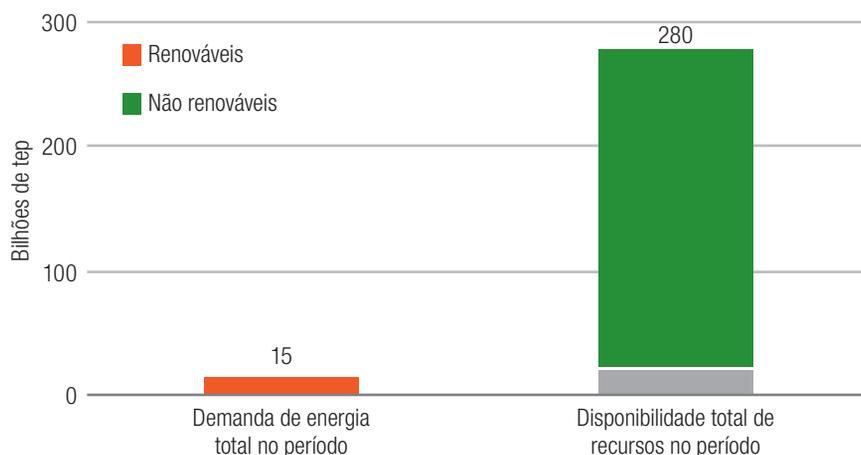
Importa reiterar, também, que o hidrogênio é um energético versátil podendo substituir outros nos mais distintos usos, entre os quais o uso em edificações, na indústria, para

geração de energia elétrica, em transportes e em refinarias.

Outrossim, para efeitos de descarbonização da economia mundial, cumpre observar, todavia, que não são todos os processos de produção de hidrogênio, denominados de “rotas”, que não emitem GEE, conforme esquematizado na figura 2.

Diversos países já publicaram suas estratégias para o hidrogênio. Destaca-se que, na Estratégia para Integração do Sistema Energético da União Europeia, foi adotada uma estratégia dedicada a este, possuindo diferentes vertentes de ação, de pesquisa e inovação sobre produção e infraestrutura. Segundo o European Green Deal,³ a nova estratégia para o hidrogênio explorará o potencial limpo para ajudar o processo de descarbonização, em linha com a meta de neutralidade climática para 2050. Idealmente, ditas estratégias, ao alavancarem a atividade econômica, contribuem para a

Figura 1 Comparação entre potencial de recursos e demanda de energia até 2050



Fontes: MME e EPE, 2020.

recuperação dos efeitos econômicos da Covid-19.

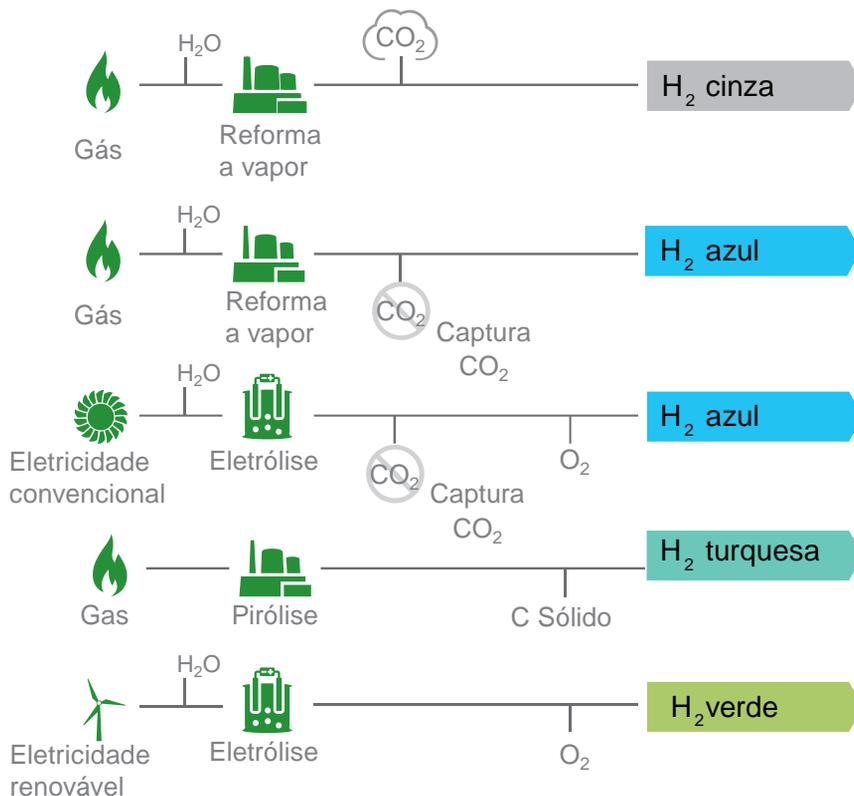
Nesse contexto, já se observa que, para nações como a Alemanha (Abeólica, 2020; Kelman *et al.*, 2020; FGV Energia, 2020),⁴ países como o Brasil, com grande potencial para a produção de hidrogênio verde, potencialmente mais competitivo em função da já competitiva geração de eletricidade a partir das fontes renováveis, se tornam naturais candidatos à exportação desse energético limpo, sendo, todavia, naturalmente necessário ser considerado o custo do transporte aos mercados consumidores no valor que se consideraria competitivo (Cesar *et al.*, 2019; Heuser *et al.*, 2019; Kelman *et al.*, 2020).⁵

Para os países europeus, essa divisão de esforços entre governos, indústria e organizações internacionais deriva do pressuposto de necessidade de fomento intencional à tecnologia, o que é resumido nos pontos-chaves do plano para ampliação da escala do hidrogênio verde, segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, em inglês):

O caminho de redução de custos (...) depende do estabelecimento de metas e medidas pelos governos para apoiar a demanda de hidrogênio verde, o que, por sua vez, promoverá o aumento de escala (explícita ou implicitamente) e o aumento da concorrência

na fabricação e implantação de eletrolisadores (...) Uma combinação de apoio governamental para programas de pesquisa em paralelo com o estabelecimento de políticas e metas, combinada com esforços do setor privado para padronização e projetos otimizados levará a custos mais baixos do eletrolisador e, em última instância, hidrogênio verde mais barato (...) O custo de investimento é apenas um componente do custo total do hidrogênio verde. Para alcançar competitividade de custos com hidrogênio de base fóssil, será necessário baixo custo de eletricidade, regulamentação favorável, maior eficiência e uma vida útil mais longa (Irena, 2020, p. 86, tradução livre das autoras).

Figura 2 Rotas para produção do hidrogênio



Fonte: Albrecht *et al.*, 2020.

Ganhos de competitividade

O Programa em Colaboração Tecnológica IEA (IEA Hydrogen)⁶ apresenta, como pode ser esperado, o ganho de competitividade de diferentes rotas tecnológicas para a produção de hidrogênio ao longo do tempo, sendo possível observar que a reforma de vapor a metano, a partir do gás natural mas também do biogás, com menores emissões de GEE, desponta como tecnologias mais promissoras em mais curto prazo.

Sobre os processos de produção de hidrogênio, cumpre observar ainda que, dependendo da tecnologia, essa produção pode ocorrer de forma “centralizada”, por meio do processo de reforma de vapor a metano, em refinarias, como apon-

tado por César *et al.* (2019), mas também de forma “descentralizada”, mais dispersa territorialmente como por meio de eletrólise, perto dos parques de geração de energia eólica, inclusive *offshore* (Abeeólica, 2020; Albtecht *et al.*, 2020)⁷ solar, mas também a partir do biogás ou de biocombustíveis.

Todavia, pode-se caracterizar o mercado de hidrogênio para a geração de energia como praticamente inexistente, visto que a produção anual de hidrogênio brasileira, de aproximadamente 920 mil toneladas, é destinada aos usos em processos químicos como reagente (César *et al.*, 2019).

Assim, considerando o movimento de transição energética global que aponta para o hidrogênio como forte candidato à substituição dos combustíveis fósseis no médio e longo prazos, o estado da arte tecnológico para a produção de hidrogênio no mundo, as expectativas de evolução tecnológica a esse respeito, e o indicador potencial brasileiro de produção com base nos diferentes energéticos disponíveis no país, identifica-se a oportunidade de reflexão sobre uma estratégia brasileira para o hidrogênio, ainda não existente.

Não obstante, a peça oficial de planejamento setorial de caráter estratégico, o Plano Nacional de Energia, publicado em dezembro de 2020, apresenta uma seção a respeito do hidrogênio no capítulo dedicado a “Tecnologias disruptivas”. Em grandes linhas, o PNE 2050 apresenta como principais desafios a ampliação da escala de sua produção e de consumo, a elaboração de normatização para uso,

A elaboração de uma estratégia nacional para o hidrogênio seria um passo fundamental para que o Brasil acelere o movimento de constituição dessa indústria e seu mercado

transporte e armazenamento, observado em especial que o hidrogênio é bastante inflamável pois reage com o oxigênio de modo violento (explosivo), originando água. Ou seja, a normatização em questão é relevante para proteger segurança e saúde públicas.

Nesta linha, o PNE 2050 recomenda o desenho de aprimoramentos regulatórios relacionados à qualidade, segurança, infraestrutura de transporte, armazenamento e abastecimento, o que igualmente foi apontado por Cesar *et al.* (2019), mas também a articulação com outras instituições internacionais que tenham iniciativas na área de hidrogênio inclusive para o estabelecimento de parcerias para transferência de tecnologia, como apontado por Cesar *et al.* (2019), que também destaca a necessidade de no Brasil serem realizados investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação em hidrogênio.

Dessa forma, ao se pensar em uma estratégia para o hidrogênio no Bra-

sil, vale mencionar não apenas o viés do desenvolvimento tecnológico e dos benefícios dos investimentos em PD&I, mas ponderar que qualquer que seja essa estratégia, ela influenciará a geopolítica entre os países, em especial os do Cone Sul. Segundo Van der Graaf *et al.* (2020),⁸ o acirramento do comércio marítimo do hidrogênio pode vir a ser objeto de competição entre os diferentes atores e países. Em especial o comércio marítimo transfronteiriço redesenhará, com o tempo, a geografia do comércio global de energia, remodelando as relações e alianças entre os países.

Ao contrário de economias desenvolvidas e maduras, no Brasil, uma política para o desenvolvimento do hidrogênio não necessariamente implicaria a substituição de fontes, mas a complementação, haja vista o crescimento do consumo de energia no país. De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (MME e EPE, 2020),⁹ espera-se entre 2021 e 2030 um crescimento do consumo de energia de 27%. O país possui a quinta maior população do mundo e a nona maior economia, de modo que as perspectivas para desenvolvimento de um mercado interno para o hidrogênio não devem ser subestimadas.

Para a criação desse mercado interno, com neutralidade tecnológica, considerando as diversas rotas de produção, suas diferentes maturidades e competitividades, bem como a dispersão dos recursos energéticos no território brasileiro, faz sentido que hajam institucionalidades (normas, regulações, especificações) e correlações de integração com outras indústrias,

assim como logística e investimentos em transporte e armazenamento.

Estratégia necessária

A elaboração de uma estratégia nacional para o hidrogênio seria, assim, um passo fundamental para que o Brasil acelere o movimento de constituição dessa indústria e seu mercado, olhando prioritariamente o atendimento do mercado interno. Dita estratégia deve considerar o interesse de potenciais parceiros com recursos disponíveis destinados à pesquisa, ao aumento da escala e ao ganho de competitividade do hidrogênio verde. Importante atentar para o progresso dessa rota, haja vista o desenvolvimento tecnológico ainda necessário para sua plena competitividade que aparenta ser essencial para possibilitar uma futura mudança de paradigma: de uma economia de combustíveis fósseis para uma economia global do hidrogênio, observando sempre uma coordenação eficiente do ponto de vista do planejamento energético garantindo a acessibilidade a este.

O Brasil ocupa uma posição ímpar em termos de abundância de bioenergia. Uma possível futura economia do hidrogênio traria para o país um papel de maior destaque ainda (com a paulatina redução do custo dos eletrolisadores). Dessa forma, os países que já possuem eletricidade renovável e biocombustíveis acessíveis já saem na frente.

O futuro hidrogênio verde brasileiro deve ser capaz não só de suprir outros países em suas necessidades, mas, principalmente, o Brasil, benefi-

O futuro hidrogênio verde brasileiro deve ser capaz não só de suprir outros países em suas necessidades, mas, principalmente, o Brasil, beneficiando suas indústrias e sua economia

ciando suas indústrias e sua economia com um energético limpo e competitivo. E, para isso, entende-se como mais do que oportuno que no país se iniciem as reflexões sobre como desenvolver física, técnica, comercial e regulatoriamente essa indústria. 

¹EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Estudos de longo prazo – mudanças climáticas e desdobramentos sobre os estudos de planejamento energético: considerações iniciais. *Documento de Apoio ao PNE 2050*, 2018. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Mudancas%20Climaticas%20e%20Planejamento%20Energetico.pdf>>. Acesso em: 31 dez. 2020.

²ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEÓLICA). *Webinar: hidrogênio e o seu papel na transformação energética*. YouTube, 6 nov. 2020. Disponível em: <<https://youtu.be/VKrxOovSos0>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

NADALETI, W. C.; DOS SANTOS, G. B.; LOURENÇO, V. A. The potential and economic viability of hydrogen production from the use of hydroelectric and wind farms surplus energy in Brazil: A national and pioneering analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 45, p. 1373-1384, 2020.

DE SOUZA, T. A. Z.; CORONADO, C. J. R.; SILVEIRA, J. L.; PINTO, G. M. Economic assessment

of hydrogen and electricity cogeneration through steam reforming-SOFC system in the Brazilian biodiesel industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 279, 123814, 2021.

³EUROPEAN COMMISSION. *Energy. Hydrogen*. Disponível em: <https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-system-integration/hydrogen_en>. Acesso em: 30 dez. 2020.

⁴KELMAN, R.; GASPAR, L. S.; GEYER, F. S.; BARROSO, L. A. N.; PEREIRA, M. V. F. Can Brazil become a green hydrogen powerhouse? *Journal of Power and Energy Engineering*, v. 8, p. 21-32, 2020.

FGV ENERGIA. *Webinar: Energy transition: The role of hydrogen, global and Brazil*. YouTube, 17 dez. 2020. Disponível em: <<https://youtu.be/79tYshLP8DE>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

HEUSER, P. M.; RYBERG, D. S.; GRUBE, T.; ROBINIUS, M.; STOLTEN, D. Techno-economic analysis of a potential energy trading link between Patagonia and Japan based on CO2 free hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 44, p. 12733-12747, 2019.

⁵CESAR, A. S.; VERAS, T. S.; MOZER, T. S.; SANTOS, D. C. R. M.; CONEJERO, M. A. Hydrogen productive chain in Brazil: An analysis of the competitiveness' drivers. *Journal of Cleaner Production*, v. 207, p. 751 e 763, 2019.

⁶INTERNATIONAL 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: 30 dez. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY HYDROGEN TECHNOLOGY COLLABORATION PROGRAM (IEA HYDROGEN). *Global trends and outlook for hydrogen*, 2017. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/455410344/Global-Outlook-and-Trends-for-Hydrogen-Dec2017-WEB-pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2020.

⁷ALBRECHT, U.; BÜNGER, U.; MICHALSKI, J.; RAKSHA, T.; WURSTER, R.; ZERHUSEN, J. *International hydrogen strategies – A study commissioned by and in cooperation with the World Energy Council – Germany – Executive Summary*, 2020.

⁸VAN DER GRAAF, T.; OVERLAND, I.; SCHOLTEN, D.; WESTPHAL, K. The new oil? The geopolitics and international governance of hydrogen. *Energy Research & Social Science*, v. 70, p. 101667, 2020.

⁹MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (MME e EPE). *Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2050 – versão para Consulta Pública*, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-538/PDE%202030_EnvioMME_rv2.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2020.