



GESEL
Grupo de Estudos do Setor Elétrico
UFRJ

20
anos

Contribuições do Grupo de Estudos do Setor Elétrico à Consulta Pública nº95 /2020 referente ao PNE 2050: Hidrogênio

Nivalde de Castro
Vitor Manuel Santos
Sidnei Martini
Eduardo Serra
Maurício Moszkowicz
Ana Carolina Chaves
Bianca de Castro
Caroline Chantre
Vinícius Botelho

Outubro de 2020

1. Contextualização¹

A Consulta Pública nº 95, aberta pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 13 de julho de 2020, trata da coleta de contribuições para o aprimoramento do Plano Nacional de Energia (PNE) 2050. Primeiramente, os autores do presente documento manifestam seu reconhecimento à seriedade e qualidade do relatório sob consulta.

Posto isto, estas contribuições estão direcionadas à questão do hidrogênio, tendo como objetivo auxiliar na elaboração de diretrizes e estratégias nacionais, assim como na identificação de possíveis cooperações com instituições internacionais. Neste sentido, o documento traz contribuições para o desenvolvimento de um mercado nacional do hidrogênio e apresenta um panorama da experiência europeia na definição de políticas públicas, destacando os possíveis caminhos para a abordagem da temática no Brasil.

No PNE 2050, o hidrogênio é abordado no Capítulo destinado aos Desafios e Recomendações por Fontes e Tecnologias Principais, na Seção sobre Tecnologias Disruptivas, onde são abordados os possíveis usos energéticos do hidrogênio no sistema energético nacional. Dentre estes usos, o relatório destaca as alternativas para a geração, o armazenamento e o transporte de energia, no qual o hidrogênio é especialmente atrativo para os setores de difícil descarbonização. Adicionalmente, a precificação do carbono é apontada como um instrumento de mercado capaz de aumentar a competitividade do hidrogênio (MME, 2020).

Por se tratar de uma fonte energética recente, existem desafios relacionados à cadeia de valor, sobretudo no que tange os custos de desenvolvimento tecnológico e de infraestrutura. Dentre estes desafios, o PNE 2050 ressalta a elaboração de normatizações para uso, transporte e armazenamento e o desenho de aprimoramentos regulatórios relacionados à qualidade, à segurança, à mistura com gás natural na malha de transporte, ao armazenamento geológico e à inserção no mercado consumidor. Recomenda-se, ainda, a articulação com outras instituições internacionais que tenham iniciativas na área de hidrogênio, contribuindo para o avanço na curva de aprendizagem e a ampliação dos benefícios deste mercado (MME, 2020).

¹ Este documento de contribuição ao PNE 2050 foi realizado no âmbito do Grupo de Trabalho estruturado pelo GESEL-UFRJ, no qual participaram Nelson Hubner, Paulo Emílio Miranda e Sayonara Andrade, a quem agradecemos, destacando que as opiniões e posições expressas são de exclusiva responsabilidade dos autores.

2. Contribuições

Estas contribuições estão direcionadas à produção e exportação do hidrogênio e a possíveis cooperações internacionais. Nas próximas seções, estes elementos serão abordados de forma detalhada.

2.1. Mercado Nacional do Hidrogênio

No que diz respeito à produção do hidrogênio, a reforma a vapor em larga escala já é praticada na indústria de petróleo e gás, portanto se sugere a viabilização econômica desta tecnologia com captura de CO₂, em escala compatível com outros segmentos industriais que possam fazer uso do H₂.

Quanto à produção do hidrogênio a partir de biocombustíveis, em particular no caso do etanol, atualmente, a dependência deste mercado ao preço das *commodities* de açúcar e etanol traz a necessidade do estabelecimento de contratos com metas de produção de H₂, fato que suscita o questionamento sobre a viabilidade desta alternativa. Por outro lado, o etanol apresenta uma significativa participação no setor de transporte, com grande potencial de expansão através do uso de veículos híbridos (etanol+bateria), podendo contribuir com o mercado nacional de células a combustível.

Apesar de o PNE2050 apenas mencionar a possibilidade de desenvolvimento da cadeia industrial nuclear associada à geração do hidrogênio, destaca-se que somente os reatores de quarta geração estarão preparados para operar de forma flexível, de modo a atender tanto o acompanhamento de carga, quanto a prover a capacidade de eletrólise de alta temperatura. Portanto, considerando o histórico brasileiro de construção de centrais nucleares, esta não parece ser uma rota de transformação viável no momento.

No segmento de transporte, ratifica-se a importância destinada ao transporte pesado (rodoviário, ferroviário e marítimo). Já em relação às tecnologias de armazenamento químico, ressalta-se que o hidrogênio poderia compensar as variabilidades de fontes renováveis intermitentes, trazendo segurança e confiabilidade ao sistema.

Dado o potencial energético brasileiro de aumento de participação das fontes eólica e solar, ressalta-se a necessidade de uma abordagem mais detalhada sobre o potencial de produção do hidrogênio verde, incluindo a oportunidade do país se tornar um grande *player* de exportação de H₂. A partir da redução dos custos de produção de energias renováveis, o Brasil apresenta uma vantagem competitiva que pode viabilizar a sua especialização na produção e exportação de hidrogênio.

Além disso, a aposta no hidrogênio baseada em uma inserção adequada nas cadeias de valor globais pode constituir uma estratégia de diversificação da estrutura econômica, a qual estimularia a criação de emprego e o crescimento econômico inclusivo e sustentável.

O país pode, também, utilizar o hidrogênio como *input* para a produção de amônia, a redução direta de minério de ferro, a produção de metanol, a refinação de produtos petrolíferos ou biocombustíveis ou a produção de eletrocombustíveis, criando um *cluster* industrial associado à produção do H₂.

Portanto, o Brasil possui as opções de ascender na cadeia de valor do ferro e aço, com a geração de um valor acrescentado mais elevado, exportando ferro e aço “verde”, ou exportar hidrogênio verde. Torna-se importante, assim, o desenvolvimento de uma cadeia de valor apoiada pela regulação, para que, dentre outras opções, o Brasil se imponha como um exportador de hidrogênio.

2.2. Experiência Internacional

No que se refere à experiência internacional, destacam-se as estratégias de expansão e os planos de metas da Comissão Europeia para o mercado do hidrogênio, assim como os planos a nível nacional de alguns países, como Portugal e Alemanha. Neste sentido, a visão da Comissão Europeia é muito clara: o hidrogênio de baixo carbono será relevante no curto e médio prazo, mas o hidrogênio verde é o objetivo a longo prazo.

A experiência internacional da União Europeia neste mercado contribui diretamente para a formulação de normas, regulamentos e boas práticas quanto ao uso do hidrogênio no Brasil. Desta forma, citam-se, a seguir, algumas das principais políticas públicas europeias relevantes para o caso brasileiro.

Em linhas gerais, as políticas da União Europeia visam criar incentivos que permitam reduzir o *gap* de custos entre o hidrogênio verde e o hidrogênio de base fóssil, estimulando o *take-off* da cadeia de valor do H₂. Nestes termos, as políticas de regulamentação e incentivos buscam (i) a dinamização da procura e o escalamento da oferta; (ii) o estímulo à pesquisa e desenvolvimento; (iii) o aproveitamento da infraestrutura existente; e (iv) a cooperação e as parcerias internacionais.

2.2.1. Mecanismos que viabilizam o investimento na descarbonização das atividades que utilizam hidrogênio de base fóssil

A princípio, a proposta da Comissão Europeia parece estar focada no uso dos chamados Contratos de Carbono às Diferenças (CCD), em fase de concetualização e sobre os quais não se conhece proposta concreta. Tendo em

vista a alta volatilidade dos preços nos mercados de direitos de emissão de CO₂, verifica-se um aumento do risco e das incertezas de receitas futuras, reduzindo os investimentos em tecnologias inovadoras de baixo carbono. Neste sentido, os CCD permitem minimizar a incerteza associada ao preço futuro do CO₂.

Destaca-se que os CCD devem ser implementados através de um mecanismo competitivo neutro do ponto de vista tecnológico. Ademais, um mecanismo competitivo é a solução mais eficiente para endereçar o problema de informação assimétrica que existe entre o governo e os promotores industriais.

2.2.2. Mecanismos competitivos que incentivam o investimento na produção de hidrogênio de base renovável

A Estratégia da União Europeia para o Hidrogênio estabelece princípios gerais para a promoção do H₂ de base renovável. Embora estes princípios não sejam aprofundados no documento, atualmente, existem mecanismos de mercado para a promoção de investimentos em renováveis que podem vir a ser aplicados de forma semelhante no mercado do hidrogênio.

Este é o caso dos modelos de remuneração subjacentes do leilão português realizado em agosto de 2020 para a instalação de um centro electroprodutor solar fotovoltaicoⁱ, apresentados abaixo:

- Prêmio Variável por Diferenças: estabelece um preço fixo baseado em um mecanismo competitivo alternativo à fixação administrativa das tarifas *feed-in*, com a vantagem de minimizar o problema suscitado pela definição de tarifas administrativas, em um contexto de informação assimétrica entre o governo e o promotor. Este mecanismo é muito semelhante aos contratos de carbono às diferenças.
- Compensação Fixa ao Sistema Elétrico Nacional: permite que o concorrente opte por oferecer um “desconto” com base nas quantidades de energia transacionadas no mercado diário, em um período de 15 anos, como contrapartida de poder vender a eletricidade produzida ao preço de mercado diário.
- Prêmio Fixo por Flexibilidade: permite que o concorrente ofereça dois serviços, a prestação de serviços de fornecimento de eletricidade e a disponibilização de serviços de flexibilidade, desenvolvendo duas atividades verticalmente integradas, ou seja, produção de energia e armazenagem.

Os concorrentes optaram, de forma muito expressiva, pela possibilidade de operarem no mercado, simultaneamente, como geradores e armazenadores. A

opção pela integração vertical é dada pela capacidade de explorar as economias de escala e de obter vantagem competitiva resultante de “informações privilegiadas” das perspectivas futuras de inovação tecnológica, bem como pela possibilidade de balancear entre as taxas de remuneração de três atividades distintas e, eventualmente, de proceder subsídios cruzados entre elas, reduzindo substancialmente o risco de investir em atividades com ritmos de inovação tão expressivos.

2.2.3. Dinamização da procura de hidrogênio de base renovável

A Estratégia Europeia para o Hidrogênio atribui uma grande relevância à dinamização da procura de H₂, estabelecendo metas de redução das emissões de CO₂ mais restritivas nos transportes pesados, fixando quotas de utilização de hidrogênio renovável a alguns setores industriais (refinarias, indústrias químicas e produtos siderúrgicos) ou definindo quotas nas compras públicas para a aquisição de bens e serviços descarbonizados, como poderá ser o caso dos veículos pesados a hidrogênio.

A certificação e a garantia de origem são temas relevantes na dinamização da procura do hidrogênioⁱⁱ. De acordo com o Plano de Ação definido na Estratégia Europeia para o Hidrogênio, a Comissão Europeia irá propor uma metodologia sobre esta matéria até junho de 2021.

Neste ponto, destaca-se a importância de o Brasil fixar de limites de emissões, fomentando a geração de inovações constantes para o mercado.

2.2.4. Infraestrutura

O desenvolvimento de infraestruturas de transmissão, distribuição e armazenamento de hidrogênio é uma pré-condição essencial para a consolidação de sua cadeia de valor. Em países onde não se dispõe de uma rede de gás natural robusta, os investimentos em redes terão de ser mais expressivos para capacidades instaladas de eletrolisadores da mesma dimensão.

Existe um debate sobre a produção de hidrogênio ser centralizada ou descentralizada. O documento da Comissão Europeia deixa claro que a União Europeia vai adotar uma solução de compromisso, na qual, em uma primeira fase, o processo de produção será descentralizado, envolvendo a instalação local de uma capacidade de, pelo menos, 6 GW de eletrolisadores, de modo a produzir 1 milhão de toneladas de hidrogênio verde. Em uma segunda fase, procedem-se à instalação de 40 GW em países da União Europeia, produzindo 10 milhões de toneladas, e a importação da produção de uma capacidade de 40 GW de países terceiros.

Esta segunda fase pressupõe a criação de uma rede europeia integrada, envolve investimentos de adaptação nas redes de gás natural para permitir o *phasing-out* do gás natural e o *blending* com o hidrogênio. Ademais, será necessária a realização de investimentos em infraestruturas dedicadas ao hidrogênio.

A criação de uma rede de infraestruturas de hidrogênio integrada, eficiente e com garantias de interoperabilidade suscita, entre outras, as seguintes ponderações:

- No caso concreto do Brasil, que pretende se posicionar como um *hub* regional do H₂, é necessário assegurar a adequada capacidade de interligação entre os diferentes países contíguos e proceder a harmonização gradual da regulamentação e dos modelos regulatórios, bem como dos sistemas de certificação e garantias de origem e dos padrões de qualidade técnica de serviço;
- A utilização das infraestruturas ociosas de gás natural para realizar o transporte e a distribuição de hidrogênio suscita várias condicionantes, como o *blending* e os custos adicionais que poderiam ser necessários para evitar os problemas de fragilização pelo hidrogênio dos gasodutos e dos componentes anteriormente projetados para transporte de gás natural;
- Deve-se optar pela separação de atividades ou pela integração vertical da cadeia de valor, de forma a potencializar a exploração das economias de escala e os benefícios das sinergias.

2.2.5. *A cooperação internacional no âmbito da estratégia do hidrogênio da União Europeia*

A Estratégia Europeia para o hidrogênio verde aponta para a ocorrência de parcerias internacionais a dois níveis distintos: na pesquisa e desenvolvimento e na aposta no comércio e no investimento internacional com países terceiros. É bem evidente que a Europa e o Brasil podem se beneficiar em ambas as dimensões.

Neste sentido, destaca-se o plano da União Europeia em relação à capacidade instalada de eletrolisadores, que poderá chegar a 80 GW, em 2030ⁱⁱⁱ, dentre os quais 40 GW serão instalados nos Estados Membros da União Europeia e o restante, 40 GW, em países terceiros.

Como é sublinhado na Estratégia de Comissão Europeia, a prioridade é atribuída aos países do norte de África, devido, certamente, à contiguidade geográfica e às condicionantes que caracterizam o transporte de hidrogênio a longa distância. Contudo, talvez não será de se excluir uma visão geoestratégica mais abrangente da União Europeia, relacionada à crise das migrações

provenientes do continente africano, que privilegia o investimento e o comércio com os países do continente e, sobretudo, com aqueles que se localizam na orla sul do Mediterrâneo.

Neste contexto, o Brasil estará provavelmente perante um desafio de natureza econômica e diplomática, o qual deverá superar.

Outra possível cooperação pode ocorrer com a Alemanha, país líder tecnológico nos diferentes segmentos da cadeia de valor do hidrogênio, mas que não dispõe de uma vantagem competitiva de custos na produção de eletricidade de base renovável. De forma a concretizar este objetivo, a Estratégia para o Hidrogênio da União Europeia define claramente as parcerias a serem estabelecidas com seus Estados Membros. Em relação a países terceiros, a estratégia não explicita, *a priori*, relações privilegiadas.

Nesta linha, os países da orla do Mediterrâneo e, em particular, os países do norte de África parecem ser parceiros privilegiados por razões econômicas e políticas^{iv}. Entretanto, existem estudos, notícias e entrevistas dadas por entidades oficiais que indiciam alguns sinais sobre as orientações futuras da Alemanha em relação à sua estratégia para o hidrogênio, muito focada nas parcerias internacionais^v.

Os acordos de parceria incluem o cofinanciamento do investimento, a cooperação em pesquisa e desenvolvimento e uma visão holística que não está confinada ao hidrogênio, mas é extensível às cadeias de valor dos setores utilizadores (química e petroquímica, ferro e aço, transportes rodoviários pesados, aviação e transportes marítimos) e do setor energético.

Referências Bibliográficas

Australia's National Hydrogen Strategy (2019). Disponível em: <https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2019-11/australias-national-hydrogen-strategy.pdf>

Comissão Europeia (2020). A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. Comissão Europeia, Julho de 2020. Disponível em: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

Estratégia Nacional para o Hidrogênio. Portugal, Maio de 2020. Disponível em: <https://participa.pt/contents/consultationdocument/Estrate%CC%81gia%20Nacional%20para%20o%20Hidroge%CC%81nio%20DRAFT%20publicac%CC%A7ao.pdf>

Fraunhofer (2020). Industrial Innovation: Pathways to Deep Decarbonisation of Industry, DIW Berlin. Disponível em:

https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/strategies/2050/docs/industrial_innovation_part_1_en.pdf

Gerres, T.; Linares, P. (2020). Carbon Contracts for Differences: Their role in European industrial decarbonization. Setembro de 2020. Disponível em: https://climatestrategies.org/wp-content/uploads/2020/09/Carbon-Contracts_CFMP-Policy-Brief-2020.pdf

IEA, International Energy Agency (2019). The future of hydrogen: Seizing today's opportunities. Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/direct/2803>

IRENA, International Renewable Energy Agency (2019). Hydrogen: A renewable energy perspective. Report prepared for the 2nd Hydrogen Energy Ministerial Meeting, Tokyo, Japan. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Sep/IRENA_Hydrogen_2019.pdf

IRENA, International Renewable Energy Agency (2020) Reaching zero with renewables: Eliminating CO₂ emissions from industry and transport in line with the 1,5°C climate goal. Setembro de 2020. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Sep/IRENA_Reaching_zero_2020.pdf

Nagashima, M. (2018). Japan's Hydrogen Strategy and its Economic and Geopolitical Implications. Institut Francais des Relations Internationales (Ifri) - Centre for Energy. Paris. Disponível em: https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/nagashima_japan_hydrogen_2018.pdf

Oliver, S.; Bataille, C. (2019). Decarbonising basic materials in Europe, IDDRI. Disponível em: https://www.iddri.org/sites/default/files/PDF/Publications/Catalogue%20IDDRI/Etude/201910-ST0619-CCfDs_0.pdf

Portal de Candidatura dos Leilões de Solar Fotovoltaico. <https://leiloes-renovaveis.gov.pt/>

Richstein, J. C. (2017). Project-Based Carbon Contracts: A way to finance innovative low-carbon investments. DIW Discussion Paper, 1714. Disponível em: https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.575021.de/dp1714.pdf

Spanish Institute for Strategic Studies (2019). Energy and Geostrategy 2019. Disponível em: <http://www.ieee.es/Galerias/fichero/cuadernos/EnergyandGeostrategy2019.pdf>

The National Hydrogen Strategy. Germany, Junho de 2020. Disponível em: https://www.bmbf.de/files/bmwi_Nationale%20Wasserstoffstrategie_Eng_s01.pdf

The Oxford Institute for Energy (2020). EU Hydrogen Vision: Regulatory opportunities and challenges. Setembro de 2020. Disponível em: <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2020/09/Insight-73-EU-Hydrogen-Vision-regulatory-opportunities-and-challenges.pdf>

Westpal, K. *et al.* (2020). The international dimensions of Germany's hydrogen policy. SWP, International and Security Affairs. Disponível em: <https://www.swp-berlin.org/en/publication/the-international-dimensions-of-germanys-hydrogen-policy/>

https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/monitoring_en

<https://www.certifyhy.eu/79-slideshow/118-what-is-a-guarantee-of-origin.html>

<https://www.hinicio.com/file/2017/01/CertifHy-Presentation-short-final.pdf>

<https://ember-climate.org/data/carbon-price-viewer/>

<https://www.pv-tech.org/news/australia-pens-deal-with-germany-to-explore-green-hydrogen-exports>

<https://www.smh.com.au/world/europe/germany-names-hydrogen-the-hero-of-its-post-coal-future-20200923-p55y7y.html>

<https://eco.sapo.pt/2020/09/23/portugal-e-holanda-selam-alianca-para-o-hidrogenio-verde-com-alemanha-na-mira/>

ⁱ Sobre este assunto, indica-se o Portal de Candidatura dos Leilões de Solar Fotovoltaico. <https://leiloes-renovaveis.gov.pt/>

ⁱⁱ Sobre este tema, indicam-se, a título ilustrativo, os seguintes links:

https://ec.europa.eu/clima/policies/ets/monitoring_en

<https://www.certifyhy.eu/79-slideshow/118-what-is-a-guarantee-of-origin.html>

<https://www.hinicio.com/file/2017/01/CertifHy-Presentation-short-final.pdf>

ⁱⁱⁱ Sobre este assunto, indica-se “*A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe, European Commission*”.

^{iv} Westpal, K. *et al.* (2020), The internacional dimensions of Germany's hydrogen policy. SWP, International and Security Affairs. Disponível em: <https://www.swp-berlin.org/en/publication/the-international-dimensions-of-germanys-hydrogen-policy/>

^v Para mais informações sobre este tema, indicam-se os seguintes links:

<https://www.pv-tech.org/news/australia-pens-deal-with-germany-to-explore-green-hydrogen-exports>

<https://www.smh.com.au/world/europe/germany-names-hydrogen-the-hero-of-its-post-coal-future-20200923-p55y7y.html>

<https://eco.sapo.pt/2020/09/23/portugal-e-holanda-selam-alianca-para-o-hidrogenio-verde-com-alemanha-na-mira/>