



PNH₂

**Programa Nacional
do Hidrogênio**

Proposta de Diretrizes

Julho de 2021

Ministério de Minas e Energia

Ministro

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

Secretária Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Paulo Cesar Magalhaes Domingues

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

José Mauro Ferreira Coelho

Participantes do Trabalho

Ministério de Minas e Energia

Marisete Fátima Dadald Pereira
Agnes Maria de Aragão da Costa
Patricia Naccache Martins da Costa
Paulo César Magalhães Domingues
Marcello Nascimento Cabral Da Costa
Carlos Alexandre Príncipe Pires
André Luiz Rodrigues Osorio
Samira Sana Fernandes de Sousa Carmo
José Mauro Ferreira Coelho
Pietro Adamo Sampaio Mendes
Marisa Maia de Barros
Rafael Bastos da Silva
Aldo Barroso Cores Junior
Fernando Massaharu Matsumoto
Marlon Arraes Jardim Leal
Christian Vargas
Lucas Vinicius Sversut

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Eduardo Soriano Lousada
Rafael Silva Menezes
Dante Luiz Da Ros

FINEP

Diego de Carvalho Frade
Erick Meira de Oliveira

Empresa de Pesquisa Energética

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira
Patricia Costa Gonzalez de Nunes
Bruno Abreu Bastos
Giovani Vitória Machado
Jeferson Borghetti Soares
Luciano Basto Oliveira
Marcelo Costa Almeida
Mariana Lucas Barroso
Rodrigo Vellardo Guimarães
Heloisa Borges Esteves
Angela Oliveira da Costa
Gabriel de Figueiredo da Costa
Patrícia Feitosa Bonfim Stelling
Rachel Martins Henriques
Erik Eduardo Rego
Gustavo Pires da Ponte

Ministério do Desenvolvimento Regional

Leandro Gomes Cardoso
Carolina Gonçalves Pinheiro

Ministério da Educação

Tomas Dias Sant'Ana
Sergio Ricardo Calderini Rosa
Fabio De Medeiros Souza

Sumário

1 Histórico do Hidrogênio no Brasil	5
2 Contexto Internacional	8
3 Visão de Futuro	11
4 Objetivos	13
5 Eixos e Diretrizes	15
6 Governança do PNH₂	20
8 Referências	21

Apresentação

Em 17 de maio de 2021, foi publicada no Diário Oficial da União a Resolução CNPE nº 6, de 20 de abril de 2021, do Conselho Nacional de Política Energética, aprovada pelo Exmo. Sr. Presidente da República, determinando a realização, no prazo de até sessenta dias, de estudo para proposição de diretrizes para o **Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂)**.

Em observância a essa determinação, o Ministério de Minas e Energia (MME), em cooperação com os Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) e Desenvolvimento Regional (MDR), com o apoio técnico da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), promoveram a realização de reuniões envolvendo instituições e agentes dos setores público e privado.

O presente documento traz o resultado do trabalho desenvolvido. Após esta apresentação, o primeiro capítulo deste relatório traz um histórico sobre o hidrogênio no Brasil. Em seguida, são apresentados o contexto internacional e a visão de futuro. Depois, são apontados os objetivos, os principais eixos e as diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio, e, por fim, a governança relacionada ao Programa.

1 Histórico do Hidrogênio no Brasil

Este capítulo traz um breve histórico das políticas públicas relacionadas a hidrogênio no Brasil, a partir das iniciativas propostas nos anos 90 até o estabelecimento do Programa Nacional do Hidrogênio, cujas diretrizes são apresentadas neste relatório, e do desenvolvimento do setor no País.

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 trocar informações governamentais, industriais e acadêmicas no assunto de células a combustível e o hidrogênio na sociedade. Originalmente, a representação oficial na parceria era de responsabilidade do MME, tendo sido alterada para o MCTI em 2017. A Parceria reúne-se semestralmente, e o Brasil envia informações atualizadas sobre o assunto, contando com apoio do governo, da academia e da indústria.

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, por exemplo), agências governamentais (Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, CNPq, Finep, BNDES e Inmetro, por exemplo) e instituições de pesquisa (Cepel, CPqD, INT e Lactec, por exemplo) para ações de curto (0 a 5 anos), médio (5 a 10 anos) e longo prazo (10 a 15 anos). Naquela época, algumas orientações ao MCTI foram apontadas, tais como: i) realizar projetos de demonstração; ii) equilibrar investimentos em pesquisa básica e aplicada; iii) prover continuidade à formação de recursos humanos

¹ International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy. Mais informações em iphe.net

por meio de bolsas de estudos; iv) incentivar o desenvolvimento tecnológico, em eletrólise da água, reforma de hidrocarbonetos e gaseificação de biomassa; e v) incentivar o desenvolvimento tecnológico, em células a combustível, com objetivo de redução de custos de membranas separadoras, o conjunto membrana-eletródos (MEAs), catalisadores com maior tolerância a contaminantes e eletrônica de potência.

Em 2012, no Workshop Internacional sobre Hidrogênio e Células a Combustível (WICaC), uma apresentação do MCTI mostrou algumas questões importantes após dez anos de investimentos em projetos: i) uma "euforia" no início dos anos 2000, que perdurou até 2008 e ii) após esse período, uma desaceleração de investimentos. No Brasil, também foi observada alteração de prioridades na agenda de política energética, em parte motivada pelas descobertas de petróleo e gás na camada geológica do pré-sal em 2006 (EPE, 2021) e, ademais, muitos projetos realizados com concessionárias de energia foram descontinuados.

Nesse contexto, 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 2018, conforme explicitado no Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis, o "uso de energias renováveis no Brasil representa uma oportunidade para a produção de hidrogênio por eletrólise quando houver excesso de oferta de energia elétrica de origem intermitente. O hidrogênio possibilita o armazenamento eficiente de energia por longos períodos e pode ser utilizado para mobilidade e geração distribuída de energia. Além do uso direto do hidrogênio, o domínio de sua produção também agrega a geração de gás de síntese ($H_2 + CO$) necessário para o desenvolvimento de rotas alternativas para produção sintética e renovável de combustíveis, aproveitando a infraestrutura existente, melhorando o acesso a combustíveis em regiões remotas, com resultados locais diretos no desenvolvimento social, econômico e ambiental". Assim, tem crescido o interesse pelo desenvolvimento da geração de energia a partir do hidrogênio.

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, entre as quais se podem elencar o adequado desenho do arcabouço jurídico-regulatório que incentive a penetração de tecnologias aplicáveis à cadeia energética do hidrogênio como um todo (produção, transporte, armazenamento e consumo), assim como a necessidade trabalhar de forma articulada e coordenada com instituições internacionais.

Nesse sentido, o MME indicou à EPE o interesse no desenvolvimento de novo roteiro para o desenvolvimento das tecnologias energéticas relacionadas ao hidrogênio. Assim, 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. Tal documento buscou consolidar aspectos conceituais e fundamentais para a subsidiar a construção da estratégia brasileira de hidrogênio, destacando a importância

de o “País aproveitar ao máximo suas vantagens competitivas existentes e construir novas vantagens competitivas em benefício de sua sociedade.”

Também foi desenvolvido pelo MME, no âmbito do Parceria Energética Brasil-Alemanha², o estudo “Mapeamento do Setor de Hidrogênio Brasileiro: Panorama Atual e Potenciais para o Hidrogênio Verde”, o qual ofereceu um panorama da indústria e dos principais atores acadêmicos e institucionais atuantes no Brasil na área de hidrogênio, bem como uma visão geral sobre as principais tecnologias de aplicação de hidrogênio e *Power-to-X*³, e o seu estado de maturidade no Brasil em comparação aos países líderes nessas tecnologias. O estudo também traz os resultados de uma ampla pesquisa de opinião com mais de 100 atores identificados sobre suas impressões e expectativas sobre um mercado de hidrogênio no país. O documento está em fase final de editoração para publicação.

Em 2021, diversos eventos (*workshops*, seminários e conferências) têm ocorrido, envolvendo governos, academia, indústria e agentes de mercado, os quais têm debatido questões relacionadas à importância de um programa nacional do hidrogênio, ao hidrogênio verde, ao hidrogênio para América Latina e Caribe e a HUBs de hidrogênio, dentre outras temáticas relacionadas à estruturação de um novo mercado. Desse modo, tem-se observado que o Brasil está abordando o assunto do hidrogênio em nível nacional, contando com o envolvimento de diversos atores da sociedade.

Nesse movimento, o CNPE publicou, em 2021, 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), já mencionado anteriormente.

Ainda durante o ano de 2021, o Brasil co-lidera o Diálogo de Alto Nível das Nações Unidas sobre Energia, havendo apresentado pacto energético sobre hidrogênio. Os pactos energéticos são compromissos voluntários que visam a acelerar o cumprimento das metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7), que trata do acesso universal a energias limpas. O pacto energético sobre hidrogênio tem por objetivo fomentar o desenvolvimento da indústria e mercado do hidrogênio no País por meio de consolidação de uma base de conhecimento sobre esse vetor energético no Brasil, com base em três pilares: i) políticas de pesquisa, desenvolvimento e inovação; ii) capacitação e treinamento; e iii) criação de uma plataforma para consolidação e disseminação de informações sobre hidrogênio no País.

² Parceria Energética Brasil-Alemanha (Energiepartnerschaft) é um projeto de cooperação entre o Ministério Alemão de Economia e Energia (BMWi), por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, e o Ministério Brasileiro de Minas e Energia (MME).

³ Power-to-X: diferentes caminhos de conversão, armazenamento e reconversão de eletricidade que usam hidrogênio como vetor para produção de combustíveis gasosos, líquidos ou sólidos.

2 Contexto Internacional

Assim como o Brasil, diversos outros Países vêm apresentando estratégias para o desenvolvimento da economia de hidrogênio. Este capítulo resume a conjuntura internacional do mercado de hidrogênio e os movimentos observados com relação a outros Países.

O mercado mundial de hidrogênio é bastante relevante atualmente, sendo estimado ter respondido entre US\$ 110 a US\$ 136 bilhões em 2019, majoritariamente para uso não energético, em aplicações que incluem a produção de intermediários para fertilizantes, indústria alimentícia e produção de derivados de petróleo, entre outros. A expectativa é de crescimento significativo nos próximos anos, podendo atingir valores de até US\$ 200 bilhões, impulsionados pela perspectiva de uso do hidrogênio como vetor necessário para viabilizar a descarbonização profunda da economia mundial, requerida para a consecução das metas do Acordo de Paris no horizonte 2050 (EPE, 2021).

Há de se destacar, contudo, que a concretização do uso energético do hidrogênio como este vetor apresenta ainda significativos desafios tecnológicos e de mercado, ao longo de toda a sua cadeia energética (produção, transporte, armazenamento e consumo), impondo a necessidade de um olhar estruturado em torno do desenvolvimento deste mercado e, nesse contexto, se inserem diversas ações ao redor do mundo, em termos de planos e políticas energéticas como foco no uso de hidrogênio como um dos elementos para acelerar a transição energética em diversos Países.

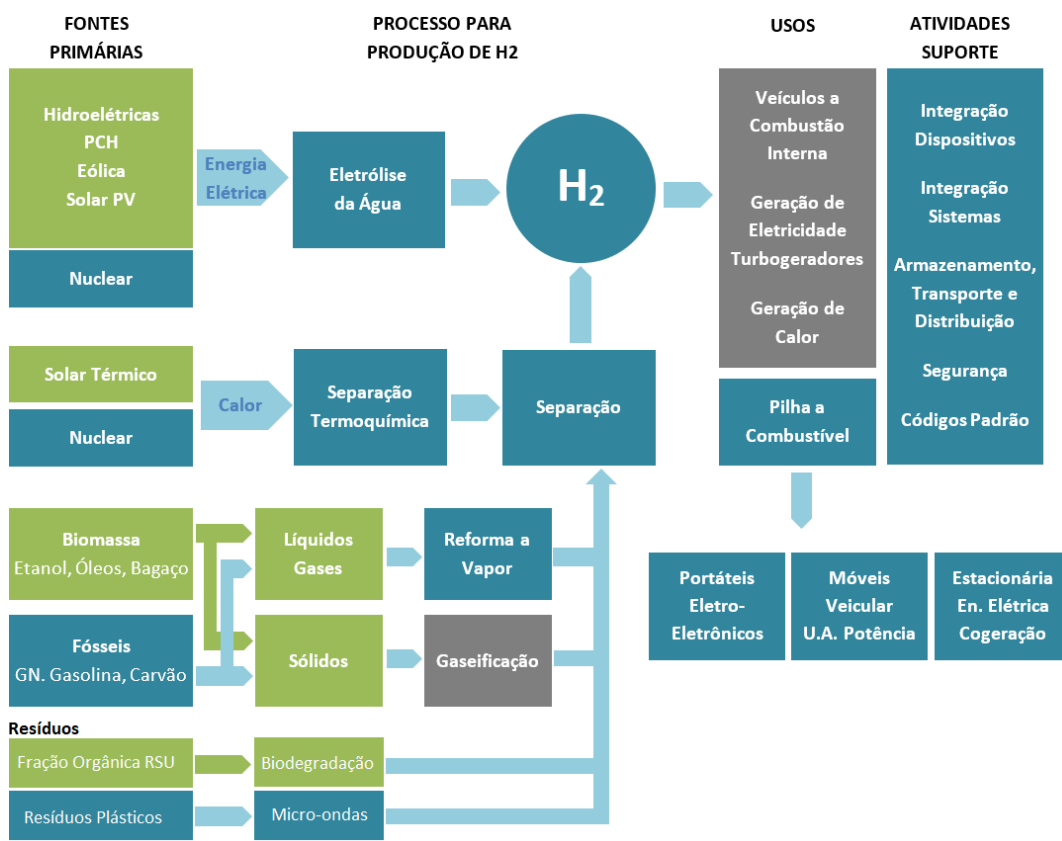
O hidrogênio se tornou prioridade na estratégia de energia e climática de diversos Países, sobretudo, por prover uma alternativa para setores de difíceis abatimento de emissões de carbono (*hard-to-abate sectors*) e por se constituir também em um vetor de energia, possibilitando o armazenamento de energia e favorecendo o acoplamento do setor de energia aos setores de indústria e transporte. Mesmo nos transportes leves, o hidrogênio pode ter papel importante, trazendo mais uma alternativa tecnológica para o processo de eletrificação de veículos (diretamente, por meio células a combustível ou, indiretamente, por meio de combustíveis sintéticos – *e-fuels*).

Sem a viabilização técnica e econômica do hidrogênio de zero ou baixo carbono, será muito difícil para os Países atingirem os compromissos e ambições nacionais do Acordo de Paris e de neutralidade líquida de emissões de carbono em 2050. Ademais, o desenvolvimento da economia do hidrogênio pode trazer outros benefícios aos Países nas áreas de segurança energética e inovação tecnológica. Observa-se um movimento internacional em torno do hidrogênio como solução de descarbonização em importantes mercados de produção de eletricidade como a União Europeia (UE) – em particular a Alemanha –, o Japão e os EUA, por exemplo.

A aceleração do desenvolvimento do mercado de hidrogênio trará ampla gama de oportunidades de negócios (para petróleo e gás, renováveis, biocombustíveis, nuclear e outras indústrias), uma vez que existem diferentes rotas tecnológicas e insumos para a produção de hidrogênio (*Hydrogen Council*, 2020). Hoje, cerca de 70% da produção de hidrogênio é baseada na reforma do metano a vapor usando gás natural como insumo

(IEA, 2019). As tecnologias de captura, sequestro e uso de carbono (CCUS) podem tornar o hidrogênio produzido a partir de gás natural (cinza) em hidrogênio de baixo carbono (azul), reduzindo em 90% sua pegada de carbono. Além disso, espera-se que o hidrogênio produzido pela eletrólise da água a partir da eletricidade gerada por fontes renováveis (verde), como a hidroeletricidade, a eólica e a solar, seja competitivo até 2030 (BNEF, 2020). O hidrogênio produzido pela reforma a vapor do etanol e de outros biocombustíveis também ampliará as alternativas de hidrogênio renovável, não só para o Brasil, e algumas alternativas ainda permitirão emissões negativas ao associarem CCUS. Outra opção de hidrogênio de zero carbono ocorre por meio de energia nuclear, tanto pela rota termoquímica, quanto pela própria eletrólise da água. Há, ainda, diversas outras rotas para a produção de hidrogênio, como pirólise, gaseificação, biodegradação e micro-ondas (para conversão de resíduos plásticos). Tecnologias híbridas também podem desempenhar papel no desenvolvimento da economia de hidrogênio de baixo ou zero carbono, com base uma variedade de matérias-primas. A Figura 1 a seguir mostra a representação esquemática de rotas tecnológicas para obtenção de hidrogênio.

Figura 1 - Representação esquemática de rotas tecnológicas para obtenção de hidrogênio



Fonte: Elaboração própria, a partir de CGEE (2010).

No contexto internacional, para desenvolver uma economia do hidrogênio, cada País busca definir uma estratégia nacional que seja adequada à sua realidade, seus interesses e suas vantagens competitivas. Assim, há Países que decidem se concentrar em rotas

tecnológicas específicas, nas quais dispõem de adequada base de fonte primária (matéria-prima ou recursos) e vantagens na capacitação tecnológica, bem como priorizar o desenvolvimento de alguns segmentos de mercados que lhes tragam outras vantagens benéficas. Muitas vezes, essa escolha consegue, ainda, reduzir sua dependência de petróleo e gás natural e/ou inseri-los em um potencial elo da cadeia global de valor do hidrogênio: fornecedor de equipamentos ou serviços tecnológicos, fornecedor de *commodity*, fornecedor de infraestrutura e/ou logística (dutos, vasos, embarcações, serviços de engenharia) etc.

Outros Países, com leques mais amplos de base de fonte primária e de variedades tecnológicas, têm a possibilidade de definir estratégias mais flexíveis, envolvendo diversas rotas que podem se complementar, acelerando o desenvolvimento da economia de hidrogênio. O Brasil se encontra nesse segundo grupo de Países, que buscam estratégias mais amplas, complementares e compatíveis com suas bases diversificadas de fontes primárias e capacitações tecnológicas, como é o caso de EUA, Canadá, Noruega e Rússia, por exemplo.

Não há estratégia certa ou errada, há estratégias aderentes à realidade, interesses e vantagens competitivas dos Países para o desenvolvimento de uma economia do hidrogênio de baixo ou zero carbono e sua inserção nas cadeias nacionais e globais de valor. As estratégias nacionais de hidrogênio devem ser compreendidas e elaboradas dessa forma.

3 Visão de Futuro

Este Programa almeja contribuir de forma significativa para que o País caminhe na rota do desenvolvimento sustentável com o aumento da competitividade e da participação do hidrogênio na matriz energética brasileira, tendo em vista sua importância econômica, social e ambiental para o desenvolvimento.

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, é importante que o Brasil também se posicione a partir da definição de abordagens, direcionamentos e atuações no que se refere à produção e à utilização energética do hidrogênio no País.

A construção desse posicionamento deve necessariamente levar em consideração as características próprias da economia e do mercado brasileiro, bem como seu posicionamento estratégico diante das oportunidades emergentes para o hidrogênio a nível mundial. Entre as características que compõem esse pano de fundo, destacam-se: i) potencial de recursos energéticos diversificados disponíveis (inclusive gás natural, principal insumo na produção de hidrogênio no mundo); ii) alta participação de fontes renováveis na matriz energética nacional; iii) infraestrutura de transporte de energia; iv) disponibilidade hídrica; v) base instalada de potencial consumo na indústria, para transportes, comércio/ serviços e residências, bem como seu potencial de expansão; vi) infraestrutura portuária e logística favorável para inserção global; vii) base de capacitação tecnológica e de recursos humanos já estabelecida e com considerável potencial de expansão; viii) disponibilidade de fundos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PD&I; e ix) condições diversas de financiamento para renováveis e projetos de hidrogênio.

Desta forma, consideram-se que as diretrizes a serem estabelecidas, alinhadas à visão de futuro que perpassa a construção do Programa Nacional de Hidrogênio (PNH₂), devem se pautar na avaliação do diagnóstico de riscos e oportunidades relacionados a:

1. Recursos de gás natural disponíveis no País, que, associados à tecnologia de captura e armazenagem de CO₂, permitem a produção de hidrogênio azul;
2. Potencial e competitividade de fontes renováveis de geração elétrica para produção do hidrogênio verde;
3. Aproveitamento da energia do hidrogênio contida nos biocombustíveis (etanol e biogás, por exemplo);
4. Desenvolvimento de rotas alternativas de produção de hidrogênio, tais como energia nuclear, hidrogênio natural (proveniente de rochas) e plásticos, por exemplo;
5. Consideração dos aspectos relacionados aos usos múltiplos da água, buscando promover a diversificação destas fontes para as rotas de produção de hidrogênio que a utilizem;

6. Aproveitamento de infraestruturas existentes, como elemento de transição competitiva, para uma economia de hidrogênio – por exemplo, através de misturas de hidrogênio na rede dutoviária de gás natural, em níveis regulamentados e sem comprometimento da infraestrutura existente;
7. Potencial de uso de hidrogênio em veículos pesados, tais como caminhões, locomotivas, embarcações e aeronaves;
8. Penetração do hidrogênio no processo produtivo de hidrocarbonetos renováveis no setor de transportes;
9. Inserção competitiva do uso de hidrogênio na indústria brasileira, tendo em vista sua diversificação e dinâmica;
10. Promoção de desenvolvimento inclusivo da sociedade brasileira no processo de desenvolvimento deste mercado, sob os aspectos socioeconômico e educacional, considerando também aqueles relacionados ao aspecto fiscal;
11. Promoção do desenvolvimento urbano sustentável e a melhoria da qualidade de vida nas cidades brasileiras;
12. Uso estacionário do hidrogênio, por exemplo, de células a combustível como fontes alternativas de energia; e
13. Potencial propiciado pelas tecnologias digitais, com amplo espaço de aplicações nesse contexto.

4 Objetivos

A Resolução CNPE nº 6/2021 expôs os fatores motivadores e orientadores fundamentais para o **Programa Nacional do Hidrogênio**:

- I - O interesse em desenvolver e consolidar o mercado de hidrogênio no Brasil e a inserção internacional do País em bases economicamente competitivas;
- II - A inclusão do hidrogênio como um dos temas prioritários para investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, conforme Resolução CNPE nº 2, de 10 de fevereiro de 2021, aprovada pelo Conselho Nacional de Política Energética;
- III - A importância do hidrogênio como vetor energético que, combinado a outras soluções, tem potencial para contribuir globalmente para uma matriz energética de baixo carbono;
- IV - O interesse na cooperação internacional para o desenvolvimento tecnológico e de mercado para produção e uso energético do hidrogênio;
- V - A diversidade de fontes energéticas disponíveis no País para a produção de hidrogênio;
- VI - As tecnologias associadas a esse vetor energético já desenvolvidas e em desenvolvimento no País;
- VII - A diversidade de aplicações do hidrogênio na economia;
- VIII - O potencial de demanda interna e para exportação de hidrogênio no contexto de transição energética; e
- IX - A liderança do Brasil no tema "Transição Energética" no Diálogo de Alto Nível das Nações Unidas sobre Energia.

Dessa forma, estabelecem-se como princípios do Programa Nacional do Hidrogênio:

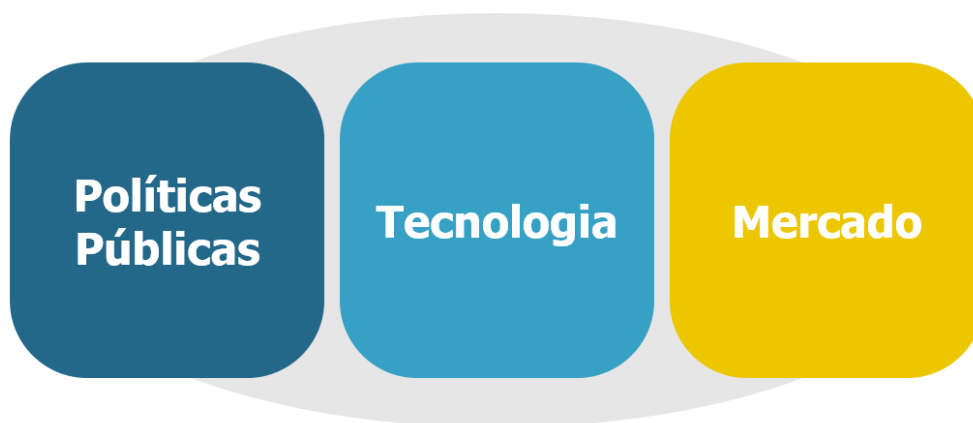
- **Valorizar o potencial nacional de recursos energéticos:** reconhecendo as diversas fontes para obtenção do hidrogênio, sendo elas renováveis ou não, bem como a ampla gama de aplicações em múltiplos setores da economia (transportes, energia, siderurgia e mineração, por exemplo);
- **Ser abrangente:** reconhecendo a diversidade de fontes energéticas e alternativas tecnológicas disponíveis ou potenciais, inclusive as possíveis sinergias, para produção, logística, armazenamento e uso do hidrogênio;
- **Alinhar-se às ambições de descarbonização da economia:** considerando trajetórias que viabilizem que o hidrogênio contribua para a neutralidade líquida de carbono até 2050;
- **Valorizar e incentivar o desenvolvimento tecnológico nacional:** tendo em vista os investimentos e experiências já existentes no País e a necessidade

da continuidade do esforço em pesquisa, desenvolvimento e inovação, com vistas à capacitação e autonomia tecnológica e desenvolvimento do sistema produtivo nacional;

- **Almejar o desenvolvimento de um mercado competitivo:** considerando o potencial de demanda interna e para exportação de hidrogênio, bem como a evolução dos custos e riscos nos horizontes de curto, médio e longo prazos;
- **Buscar sinergias e articulação com outros Países:** reconhecendo que esse mercado deve ter abrangência global e seu desenvolvimento pode ser acelerado por meio de cooperação e coordenação internacional;
- **Reconhecer a contribuição da indústria nacional:** o País tem base industrial robusta para a produção de bens de capital, produtos e serviços aptos para contribuir com a economia do hidrogênio.

Sob outra perspectiva, o PNH₂ se propõe a definir um conjunto de ações que facilite o desenvolvimento conjunto de três pilares fundamentais para o sucesso de uma trajetória de desenvolvimento da economia do hidrogênio: políticas públicas, tecnologia e mercado. São pilares interdependentes e que precisam evoluir de forma síncrona para que possam promover uma aceleração na obtenção dos resultados almejados.

Figura 2 - Representação dos pilares essenciais para o desenvolvimento da economia do hidrogênio



Fonte: Elaboração própria.

5 Eixos e Diretrizes

De modo a cobrir os princípios apontadas no capítulo anterior, o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂) se estrutura em seis eixos, conforme ilustrado na Figura 3. As diretrizes inclusas em cada um desses eixos serão explicitadas nas seções 5.1 a 5.6.

Os trabalhos em todos os eixos deverão prever ações com o objetivo de promover a comunicação com a sociedade e agentes interessados, inclusive no sentido de esclarecer os riscos e benefícios relacionados ao hidrogênio.

Figura 3 - Eixos temáticos que compõem o PNH₂



Fonte: Elaboração própria.

5.1 Eixo 1: Fortalecimento das Bases Científico-Tecnológicas

Mapear e aumentar as competências existentes no País para o desenvolvimento da economia do hidrogênio, bem como as lacunas a serem preenchidas, com as seguintes diretrizes:

- Mapear os investimentos e as iniciativas já realizadas ou em andamento no País e suas fontes de recursos;
- Identificar instituições acadêmicas, centros de pesquisa e instituições de fomento à pesquisa e inovação atuantes e com potencial de atuação no setor;
- Identificar empresas de tecnologia atuantes e com potencial de atuação no setor;

- d. Identificar gargalos e desafios tecnológicos e logísticos, bem como incentivar novas tecnologias para emprego do hidrogênio no setor produtivo;
- e. Apoiar a pesquisa, o desenvolvimento tecnológico, a inovação e o empreendedorismo para o desenvolvimento da cadeia produtiva;
- f. Apoiar a estruturação de plantas piloto para produção e armazenamento de hidrogênio;
- g. Apoiar a estruturação de laboratórios, bem como prover a capacitação laboratorial, para produção e armazenamento de hidrogênio;
- h. Promover interação entre o governo, a academia e a indústria (tríplice hélice), inclusive internacionalmente;
- i. Apoiar a criação e articulação de redes de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), bem como projetos cooperativos de forma a garantir a convergência de esforços e otimização de recursos; e
- j. Fomentar PD&I em aplicações do hidrogênio, inclusive, para combustíveis, siderurgia, fertilizantes, processos químicos/industriais, energia elétrica e transportes.

5.2 Eixo 2: Capacitação de Recursos Humanos

Desenvolver recursos humanos nacionais com competências para planejamento, licenciamento, implantação e operação de projetos relacionados à produção, transporte, armazenamento e uso do hidrogênio, por meio de:

- a. Promover capacitação de nível técnico e profissional sobre hidrogênio;
- b. Incentivar o desenvolvimento de disciplinas, em nível de graduação e pós-graduação, sobre hidrogênio;
- c. Fomentar a formação de recursos humanos em nível de pós-graduação sobre o hidrogênio;
- d. Incentivar o desenvolvimento de patentes, livros e publicações técnico-científicos sobre hidrogênio;
- e. Promover o intercâmbio entre o setor privado e a academia;
- f. Promover capacitação no âmbito do setor público, para desenho de políticas públicas relacionadas a hidrogênio e tecnologias relacionadas; e
- g. Estimular a criação de grupos de pesquisa que tenham como foco a utilização do hidrogênio em diferentes setores.

5.3 Eixo 3: Planejamento Energético

Realizar estudos de demanda e oferta existente e potencial e aprimorar sua representação e modelagem no processo de planejamento energético nacional, considerando:

- a. Aperfeiçoar as bases de dados e de informações, inclusive com pesquisa primária;
- b. Desenvolver estudos técnicos e econômicos, nos diversos setores de aplicação energética, ou como matéria-prima, podendo identificar potencial de desenvolvimento de rotas e *hubs* específicos;
- c. Incorporar o hidrogênio nos estudos do planejamento do setor de energia, considerando os aspectos de oferta e demanda, e, em especial, os efeitos sobre a expansão do setor elétrico e os impactos socioambientais e sobre recursos hídricos;
- d. Considerar alinhamento e sinergia com demais políticas, planos e programas, principalmente os relacionados às mudanças climáticas, considerando participação dos setores envolvidos na cadeia do hidrogênio;
- e. Promover o mapeamento das estruturas geológicas nacionais existentes para CCUS; e
- f. Promover mapeamento de ocorrências de reservas de hidrogênio natural ou geológico e avaliar a viabilidade de sua utilização.

5.4 Eixo 4: Arcabouço Legal e Regulatório-Normativo

Mapear legislações e regulações nacionais existentes para subsidiar a inclusão do Hidrogênio, como vetor energético e combustível na matriz energética brasileira. Promover a regulação, por meio de agências governamentais, sobre produção, transporte, qualidade, armazenamento e uso do hidrogênio e suas tecnologias ao:

- a. Mapear as competências existentes das agências reguladoras, órgãos ou entidades competentes, bem como novas necessidades;
- b. Avaliar a necessidade de proposição de normativos sobre novas tecnologias nos três níveis (federal, estadual e municipal);
- c. Observar que a regulação se mantenha aberta às condições de mercado e evitando barreiras e trancamentos tecnológicos;
- d. Avaliar interrelações entre setores e propor harmonizações;
- e. Buscar desenvolver e estabelecer códigos, normas e padrões expedidos pelas instituições nacionais em consonância com regras internacionais;

- f. Promover a cooperação entre agências governamentais para a regulação do hidrogênio, considerando suas múltiplas fontes e utilizações, buscando a harmonização regulatória, citando-se como exemplo o transporte do hidrogênio misturado ao gás natural;
- g. Avaliar a necessidade de proposição de normas adicionais relativas à segurança, para produção, transporte e utilização do hidrogênio; e
- h. Avaliar a necessidade de desenvolver mecanismos de certificação de hidrogênio, para produção e consumo.

5.5 Eixo 5: Abertura e Crescimento do Mercado e Competitividade

Mapear atores nacionais que já operam com aplicações de hidrogênio em serviços de energia elétrica e transportes, por exemplo, a fim de mobilizar outros *players* para adoção do uso de tecnologias do hidrogênio em outras cadeias produtivas, tais como siderurgia, fertilizantes e processos químicos. As linhas de atuação do Eixo 5 incluem:

- a. Mapear a cadeia de valor do hidrogênio, desde a geração de energia até seu consumo final em diferentes setores;
- b. Avaliar os aspectos tributários sobre a viabilização do setor, assim como a aplicabilidade ao hidrogênio de incentivos existentes no setor energético, como REIDI e debêntures de infraestrutura;
- c. Avaliar e propor instrumentos para fortalecimento da cadeia do hidrogênio, incluindo a possibilidade de induzir o desenvolvimento de micro e pequenas empresas de serviços e produtos em tecnologias de energia do hidrogênio;
- d. Identificar possibilidades de demandas de rápida disseminação para aplicação do hidrogênio;
- e. Identificar possibilidades de agregação de demanda para viabilização de projetos e tecnologias, reduzindo custos de transação;
- f. Avaliar a possibilidade de utilização da infraestrutura existente para transporte e estocagem de hidrogênio, inclusive em mistura com gás natural, considerando desde o sistema dutoviário até os equipamentos dos consumidores;
- g. Avaliar a inserção do Brasil nas cadeias internacionais de valor;
- h. Avaliar as necessidades e condições de financiamento de projetos;
- i. Estimar os impactos da precificação de carbono (nacional e internacional) na competitividade relativa do hidrogênio (nas diferentes rotas), inclusive no longo prazo, avaliando o efeito indutor de investimentos
- j. Acompanhar a evolução da política internacional de taxaço de importações e/ou de fronteira;

- k. Avaliar a competitividade, nas diferentes rotas, em comparação com outros Países, considerando as estratégias nacionais, a cooperação internacional, custos de transporte e potenciais reduções de custo de produção; e
- l. Avaliar as rotas de produção de hidrogênio que melhor se adequem à realidade brasileira, considerando as potencialidades regionais.

5.6 Eixo 6: Cooperação Internacional

Considerar a dimensão da cooperação internacional como elemento integral do domínio do ciclo tecnológico completo, do desenvolvimento industrial e da consolidação da economia do hidrogênio no Brasil. Nesse sentido, entre as diretrizes vislumbradas, destacam-se:

- 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; e
- 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.

6 Governança do PNH₂

Para o estabelecimento de uma boa governança, ficam definidas as diretrizes adicionais a seguir:

- a. Instituir o Comitê Técnico PNH₂, representativo das partes interessadas para gerenciar o programa, que se reunirá em periodicidade a ser definida no seu ato de constituição, o qual preverá, ainda, a forma de prestação de contas e de monitoramento dos resultados, alinhada com os compromissos assumidos no âmbito do diálogo em Alto Nível das Nações Unidas sobre Energia;
- b. O Comitê Técnico PNH₂ aprovará periodicamente plano de trabalho, com as ações, responsáveis e prazos com horizonte, podendo o plano ser submetido à consulta pública; e
- c. As ações aprovadas deverão buscar harmonizar e criar sinergia com outros programas e políticas públicas, como, por exemplo:
 - Modernização do Setor Elétrico;
 - Novo Mercado de Gás;
 - RenovaBio;
 - Políticas industriais;
 - Políticas tributárias;
 - Eficiência energética;
 - Abastece Brasil;
 - Política Nacional de Desenvolvimento Regional - PNDR (D9810/2019);
 - Política Nacional de Desenvolvimento Urbano – PNDU (em formulação – publicação 2021/2);
 - Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU (L12587/2012);
 - Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH;
 - Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab;
 - Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS;
 - Plano Nacional de Recursos Hídricos;
 - Política Energética Nacional;
 - Política Nacional de Mudanças Climáticas; e
 - Política Nacional de Inovação.

8 Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2021). ABNT/CEE-067 - Comissão de Estudo Especial de Tecnologias de Hidrogênio. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/cee-67>.

AUSTRALIA (2019). National Hydrogen Roadmap: Pathways to an economically sustainable hydrogen industry in Australia. Novembro.

BAKER MCKENZIE (2020). Shaping tomorrow's Global hydrogen market. Disponível em: <https://www.bakermckenzie.com/en/insight/publications/2020/01/shapingtomorrows-global-hydrogen-market>.

BNEF – Bloomberg New Energy Finance (2020). Hydrogen Economy Outlook Key messages. Disponível em: <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-EconomyOutlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf>.

CANADA (2020). Hydrogen Strategy For Canada - https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/environment/hydrogen/NRCan_Hydrogen-Strategy-Canada-na-en-v3.pdf

CEPAL - Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe) e CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2020). "Panorama dos investimentos em inovação em energia no Brasil: dados para um grande impulso energético", Documentos de Projetos (LC/TS.2020/62; LC/BRS/TS.2020/4), Santiago.

CÉSAR, Aldara da Silva; VERAS, Tatiane da Silva; MOZER, Thiago Simonato; DOS SANTOS, Danielle da Costa Rubim Messeder; CONEJERO, Marco Antonio (2019). Hydrogen productive chain in Brazil: An analysis of the competitiveness' drivers. Journal of Cleaner Production. Vol 207, pp. 751-763.

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2010). Hidrogênio energético no Brasil. Subsídios para políticas de competitividade, 2010-2025, tecnologias críticas e sensíveis em setores prioritários – Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

CHILE (2020). National Green Hydrogen Strategy. Novembro.

CHINA (2019). Overview of Hydrogen and Fuel Cell Developments in China. Janeiro.

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética (2021). Resolução CNPE nº 2 de 2021. Brasília.

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética (2021). Resolução CNPE nº 6 de 2021. Brasília.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2020). Relatório Final do PNE 2050. Rio de Janeiro.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2021). Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira de Hidrogênio. Nota Técnica. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nota-tecnica-bases-para-a-consolidacao-da-estrategia-brasileira-do-hidrogenio>

ESPAÑA (2020) Hoja de ruta de hidrogeno renovable https://www.miteco.gob.es/images/es/hojarutahidrogenorenovable_tcm30-525000.PDF

FRANCE (2019). Hydrogen Roadmap and Industrial Development in France. Junho

GERMANY (2020). The National Hydrogen Strategy. Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, Public Relations Division, 019 Berlin. Disponível em: https://www.bmbf.de/files/bmwi_Nationale%20Wasserstoffstrategie_Eng_s01.pdf.

GLOBAL MARKET INSIGHTS (2020). Hydrogen Generation Market to hit \$160 billion by 2026, Says Global Market Insights, Inc.. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/newsrelease/2020/04/01/2009765/0/en/Hydrogen-Generation-Market-to-hit-160-billionby-2026-Says-Global-Market-Insights-Inc.html>.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ (2020). Governo do Ceará e instituições parceiras lançam HUB de Hidrogênio Verde. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2021/02/19/governo-do-ceara-e-instituicoes-parceiraslançam-hub-de-hidrogenio-verde/>

GRAND VIEW RESEARCH (2020). Hydrogen Generation Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application (Coal Gasification, Steam Methane Reforming), By Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio 29 Systems (Merchant, Captive), By Technology, And Segment Forecasts, 2020 – 2027. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hydrogengeneration-market>.

GUBAN, Dorottya; MURITALA, Ibrahim Kolawole; ROEB, Martin; SATTLER Christian (2020). Assessment of sustainable high temperature hydrogen production technologies, International Journal of Hydrogen Energy, Volume 45, Issue 49: pp. 26156-26165.

H2-VIEW (2020). Hydrogen: Clearing up the colours. Disponível em: <https://www.h2-view.com/story/hydrogen-clearing-up-the-colours/>.

HOU, Tengfei; ZHANG, Shaoyin; CHEN, Yongdong; WANG, Dazhi; CAI, Weijie. (2015). Hydrogen production from ethanol reforming: Catalysts and reaction mechanism. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 44 pp. 132–148.

HYDROGEN COUNCIL (2020). Path to hydrogen competitiveness - A cost perspective. Disponível em: https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2020/01/Path-to-Hydrogen-Competitiveness_Full-Study-1.pdf.

HYDROGEN COUNCIL (2021). Hydrogen Insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness. Disponível em:

<https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights2021-Report.pdf>.

IAEA – International Atomic Energy Agency (2013). Hydrogen Production Using Nuclear Energy. — Vienna: International Atomic Energy Agency

IEA – International Energy Agency (2019). The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities. Report prepared by the IEA for the G20, Japan. Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/direct/2803>.

IEA – International Energy Agency (2020). Tracking Energy Integration 2020. IEA, Paris. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration-2020>.

INDIA (2018). Hydrogen – Roadmap.

INSTITUTO E+ TRANSIÇÃO ENERGÉTICA (2021). Hidrogênio: o possível elo faltante para a descarbonização das economias. 2021. Disponível em: www.emaisenergia.org

ITALY (2019). National Plan for Hydrogen Mobility.

IRENA – International Renewable Energy Agency (2019). Hydrogen: A renewable energy perspective. (Report prepared for the 2nd Hydrogen Energy Ministerial Meeting in Tokyo, Japan). Abu Dhabi.

JAPAN (2019). The Strategic Road Map for Hydrogen and Fuel Cells. Março.

MARKETS AND MARKETS (2020). Hydrogen Generation Market by Generation, Application (Petroleum Refinery, Ammonia Production, Methanol Production, Transportation, Power Generation), Technology (Steam Reforming, Water Electrolysis, & Others), Storage, and Region - Global Forecast to 2023. (Acesso apenas à página na internet do documento). Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/hydrogen-generationmarket-494.html>.

MME - Ministério de Minas e Energia (2005). Roteiro para Estruturação da Economia do Hidrogênio no Brasil. (Coordenação geral: MME - Ministério de Minas e Energia; Integração Técnica: MCT - Ministério de Ciência e Tecnologia; Operação: LACTEC/UFPR; Sub-coordenações: UNICAMP, CENPES, COPPE/UFRJ e INMETRO).

MME - Ministério de Minas e Energia (2009). Cenários para a estruturação da Economia do hidrogênio no Brasil. Apresentação realizada por Marco Antonio Martins Almeida, Diretor do Departamento de Gás Natural da Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis do Ministério de Minas e Energia.

NETHERLANDS (2020). The Northern Netherlands Hydrogen Investment Plan 2020. Novembro.

NORWAY (2020). The Norwegian Government's hydrogen strategy. Agosto.

PORTUGAL (2020). Plano Nacional do Hidrogênio. Disponível em: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc22/comunicacao/documento?i=plano-nacionaldo-hidrogenio>.

UNITED STATES OF AMERICA (2020): Fuel Cell and Hydrogen Energy Association Road Map to a US Hydrogen Economy.

RUSSIA (2019). The Hydrogen Economy - A Path Towards Low Carbon Development. Junho.

SOUTH COREA (2018). Roadmap Towards a Hydrogen Economy: South Korea. Novembro.