



Hidrogênio verde e o futuro das matrizes energéticas

Novembro de 2022

PwC Brasil



pwc

Conteúdo

1	Hidrogênio e suas classificações	03
2	Brasil: importante <i>player</i> em potencial	07
3	Para que o hidrogênio verde será usado?	09
4	Demanda por hidrogênio verde	11
5	Como enxergamos o mercado futuro?	13
	Contato	15

1

Hidrogênio e suas classificações

Muito se fala em descarbonização. Ela pode ser resumida como o processo de redução ou eliminação das emissões de gases que causam o efeito estufa. Para torná-la realidade, é essencial conseguir produzir energia limpa, sem emissão de CO₂.

Uma das respostas para isso pode estar no hidrogênio, o elemento mais abundante e leve do mundo, com uma ampla gama de aplicações, de refino a petroquímica e fabricação de aço. Ele é também uma rica fonte de energia, muito mais eficiente do que outros combustíveis. A demanda por hidrogênio vem aumentando a um ritmo constante nas últimas quatro décadas. O problema é que os meios tradicionais de produzi-lo – a partir de combustíveis fósseis (o chamado hidrogênio cinza) – geram grandes volumes de CO₂.

Se há captura e armazenamento de carbono no processo de produção a partir de combustíveis fósseis, o hidrogênio é rotulado como azul. Quando a tecnologia para sua geração está baseada em um processo químico conhecido como eletrólise – que utiliza a corrente elétrica para separar o hidrogênio do oxigênio que existe na água, sem liberar dióxido de carbono na atmosfera –, ele é chamado de verde. Na prática, o hidrogênio é incolor e a rotulação é uma mera referência às suas fontes de produção e os potenciais danos à natureza.

Assegurar a efetiva redução de emissões é um desafio. Se a eletrólise da água não for feita a partir de fontes de energia renováveis, o processo pode não ser efetivo, uma vez que a eficiência energética é de cerca de 80% (para cada 100 quilowatts/quilo são necessários 100 kWh de eletricidade).

Os avanços na tecnologia para eletrólise e a queda do custo das energias renováveis permitem a produção em massa de hidrogênio verde, que é mais sustentável. A tecnologia para produção já está consolidada e esses desenvolvimentos estão alterando a curva de custo do hidrogênio, criando uma oportunidade significativa para viabilizar projetos e impulsionar o crescimento econômico sustentável, acelerando a substituição dos combustíveis fósseis.



Classificações do hidrogênio

Além das três classificações tradicionais (cinza, azul e verde), existem outros métodos de obtenção de hidrogênio e cores associadas para representar a sua forma de produção.

Hidrogênio Azul

Produzido por reforma a vapor do gás natural (eventualmente, também de outros combustíveis fósseis com CCUS*)



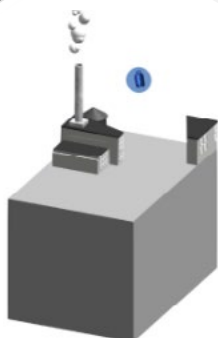
Hidrogênio Verde

Produzido via eletrólise da água com energia de fontes renováveis (principalmente eólica e solar)



Hidrogênio Branco

Produzido por extração de hidrogênio natural ou geológico

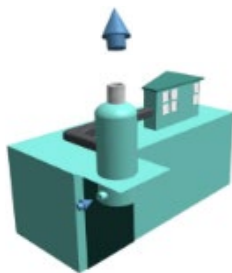


Hidrogênio Cinza

Produzido por reforma a vapor do gás natural sem CCUS

*CCUS: Carbon Capture, Utilization and Storage, na sigla em inglês. Tecnologias de captura, utilização e sequestro de carbono que reduzem a pegada de carbono.

Fonte: Agência de Notícias da Indústria. [CNI aponta caminhos para Brasil adotar hidrogênio sustentável como nova fronteira energética](#), 15/8/2022.

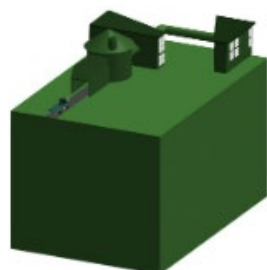


Hidrogênio Turquesa

Produzido por pirólise do metano, sem gerar CO_2

Hidrogênio Preto

Produzido por gaseificação do carvão mineral (antracito), sem CCUS

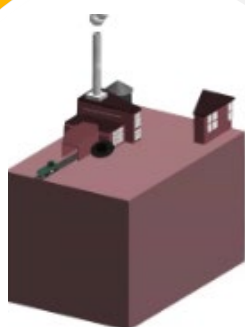
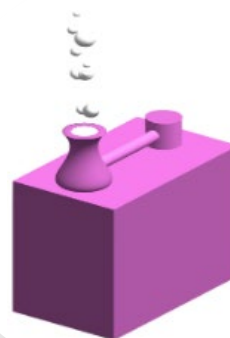


Hidrogênio Musgo

Produzido por reforma catalítica, gaseificação de plásticos residuais ou biodigestão anaeróbica de biomassa ou biocombustíveis, com ou sem CCUS

Hidrogênio Rosa

Produzido com fonte de energia nuclear



Hidrogênio Marrom

Produzido por gaseificação do carvão mineral (hulha), sem CCUS

2

Brasil: importante *player* em potencial

O Brasil tem grande potencial de produção de hidrogênio verde, uma vez que possui recursos naturais em abundância para produção do combustível a custo competitivo. Além disso, tem uma das matrizes elétricas mais limpas do mundo, com cerca de 85% da energia proveniente de fontes renováveis.

Para se ter ideia desse potencial, grandes economias mundiais têm cerca de 30%-40% da sua matriz elétrica composta por fontes renováveis e terão que aumentar essa produção tanto para substituir outras fontes de eletricidade em utilização quanto para suprir a necessidade de energia elétrica para a produção do hidrogênio verde, o que aumenta o desafio, uma vez que serão necessários investimentos tanto na planta de pirólise quanto na geração de energia limpa.

O Chile, por exemplo, cuja matriz elétrica tem uma concentração de cerca de 50% em renováveis e é um dos países que têm feito anúncios públicos demonstrando alto interesse em hidrogênio verde, vem desenvolvendo projetos de produção de hidrogênio associados a outros de geração de energia elétrica renovável (solar e eólica) para conseguir atingir seus objetivos estratégicos de produção de hidrogênio verde em larga escala, principalmente para atender ao mercado internacional, notadamente a Europa. Importante destacar os acordos internacionais em discussão, os quais podem acelerar os projetos chilenos.

Além da matriz elétrica substancialmente verde, o Brasil também tem boa localização geográfica para exportar para a Europa. O Nordeste se destaca nesse quesito, especialmente os estados do Ceará e de Pernambuco. Fora da região, o Rio de Janeiro também tem conduzido projetos importantes para a produção de hidrogênio verde.

Entretanto, conforme ressalta o presidente da Confederação Nacional da Indústria (CNI), Robson Braga de Andrade, para desenvolver o hidrogênio sustentável no país, “o foco é a construção de marcos regulatórios que tragam segurança aos investimentos, incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologias e adoção das melhores práticas internacionais para exportação”, entre outras medidas. A infraestrutura de transporte e armazenamento do hidrogênio é outro fator importante que deve ser repensado e representa um desafio nesse processo produtivo.



3

Para que o hidrogênio verde será usado?

Acredita-se que o hidrogênio verde tenha potencial para descarbonizar diversos setores, inclusive aqueles com desafios maiores para as reduções de emissões, visto que ele pode substituir as grandes quantidades de gás que são produzidas atualmente usando métodos intensivos em carbono (hidrogênio cinza) para satisfazer as necessidades da indústria. As principais indústrias a serem impactadas pela substituição seriam a química e a petroquímica, bem como as indústrias de metais e de cimento.

A descarbonização de sistemas de aquecimento residencial e comercial é um grande desafio em países que atualmente dependem do gás natural. Uma possível utilização imediata, ainda que parcial, seria misturar hidrogênio verde ao gás natural para reduzir o teor de carbono deste último.

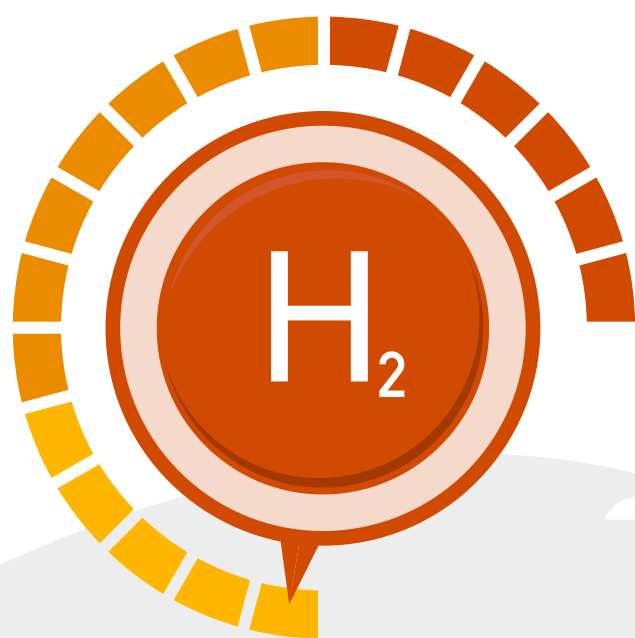
Além disso, em um prazo mais longo, o hidrogênio verde poderá ser utilizado como combustível para meios de transporte (carros, navios, caminhões, ônibus) e como fonte de segurança para o sistema energético (comportando-se como uma espécie de bateria).

O grande desafio atual refere-se aos custos de produção, mas diversas razões levam a crer que, no mundo, o custo de produção deve seguir caindo. Em setembro de 2022, os Estados Unidos aprovaram a Lei de Redução de Inflação, que prevê um crédito tributário de até US\$ 3 para cada quilo de hidrogênio verde. Com esse incentivo, certas regiões daquele país podem chegar a produzir o H₂ verde mais barato do mundo, tornando esse produto extremamente competitivo.

A Comissão Europeia segue pelo mesmo caminho e aprovou, em julho de 2022, um subsídio de até 5,4 bilhões de euros de apoio público a um projeto de interesse comum na cadeia do hidrogênio. Quinze dos 27 estados-membros apoiarão financeiramente pesquisas, inovações e a primeira implantação industrial de uma cadeia de valor para o hidrogênio limpo na região.

Para aproveitar o seu potencial, o Brasil também precisará abrir essa discussão localmente. Não há como evoluir sem colocar foco na construção de marcos regulatórios que tragam segurança aos investimentos, incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologias e adoção das melhores práticas internacionais para exportação.

Recentemente, o governo publicou a Portaria nº 52/GM/MME e a Portaria Interministerial MME/MMA nº 03/2022, que definem, respectivamente, os regramentos e diretrizes complementares para cessão de uso de áreas fora da costa, e as diretrizes para criação do Portal Único para Gestão do Uso de Áreas Offshore para Geração de Energia.. Essas portarias são um primeiro passo importante para dar maior segurança aos projetos e investidores.



4

Demanda por hidrogênio verde

Um ponto fundamental para tomada de decisões sobre investimentos em projetos de infraestrutura é a garantia de demanda mínima estável no longo prazo. As projeções de demanda de hidrogênio verde, no entanto, variam significativamente devido, em parte, a diferentes premissas utilizadas na modelagem. As principais premissas são:



Desenvolvimento das atividades econômicas.



Demanda global de energia.



Desenvolvimento de preços de eletricidade renovável.



Intensidade de uso em diferentes setores.



Implantação de tecnologia, como eletrificação ou captura e utilização/armazenamento de carbono.



Desenvolvimento do quadro regulatório.

Entretanto, boa parte dos relatórios prevê um crescimento limitado, mas constante, da demanda de hidrogênio até 2030, por vários motivos.

Em primeiro lugar, os atuais projetos de hidrogênio em construção e em operação estão, apesar das capacidades crescentes, quase exclusivamente na fase pré-comercial e têm capacidades limitadas de eletrolisador, normalmente bem abaixo de 50 MW. As usinas propostas têm capacidades de eletrolisador maiores do que 100 MW, mas ainda são pequenas em comparação com as atuais usinas de produção de hidrogênio cinza.

Além disso, o planejamento e a construção da infraestrutura para uso de hidrogênio em grande escala, como dutos ou terminais de exportação/importação, demandam um prazo de construção estimado entre 7 e 12 anos. Idealmente, a infraestrutura necessária será construída em paralelo à crescente demanda de hidrogênio a custos decrescentes para garantir que até 2030 ele possa ser comercializado e transportado nas quantidades necessárias.

Os cenários de moderada e alta ambição apresentam uma demanda de hidrogênio mais forte a partir de 2030 e outro forte aumento a partir de 2035. Para cumprir as metas climáticas de Paris, o planejamento da infraestrutura deve começar agora.

5

Como enxergamos o mercado futuro?

No estudo *Hydrogen Demand and Cost Dynamics*, em parceria com o World Energy Council, a PwC avalia a trajetória do custo de produção do hidrogênio verde em todo o mundo, revelando uma melhor compreensão de quais países e regiões deverão ser os pioneiros e grandes fornecedores em potencial. Os principais resultados de nossa análise incluem:



Até 2030, a demanda de hidrogênio crescerá a um ritmo moderado e constante, com base em muitas aplicações de nicho nos setores industrial, de transporte, energia e aquecimento residencial e comercial.



Novas alianças serão formadas para desenvolver projetos de hidrogênio por meio de colaborações intersetoriais.



Os custos de produção de hidrogênio diminuirão cerca de 50% até 2030 e continuarão a cair de forma constante a uma taxa ligeiramente mais lenta até 2050.



Em 2050, os custos de produção de hidrogênio verde em algumas partes do Oriente Médio, África, Rússia, China, EUA e Austrália estarão na faixa de € 1 a € 1,5/kg.



Na mesma época, os custos de produção em regiões com recursos renováveis limitados, como grande parte da Europa, Japão ou Coreia do Sul, serão de aproximadamente € 2/kg, tornando esses mercados prováveis importadores de hidrogênio verde de outros lugares.



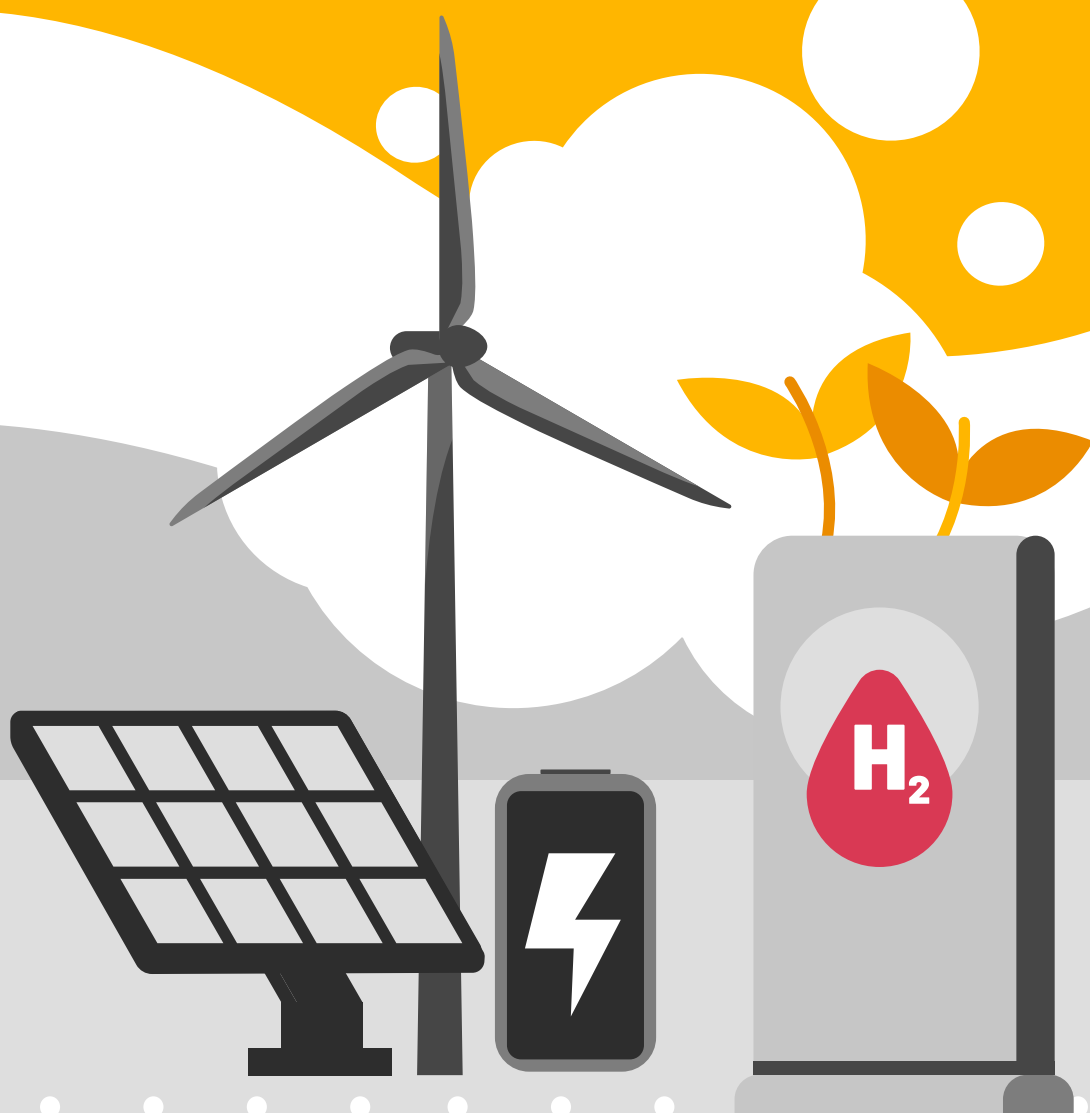
Mesmo regiões com bons recursos renováveis, mas com áreas densamente povoadas, importarão hidrogênio, pois as restrições de terra limitam a produção de eletricidade verde para uso direto e conversão em hidrogênio.



Muitos países grandes – como EUA, Canadá, Rússia, China, Índia e Austrália – têm regiões para produção competitiva e não competitiva de hidrogênio, o que pode levá-los a desenvolver o comércio interno.



Os *hubs* de exportação e importação se desenvolverão em todo o mundo, como ocorreu com os atuais *hubs* de petróleo e gás, mas com novos participantes em regiões ricas em energias renováveis.



Contato



Adriano Correia

Sócio e líder de Energia e Serviços
de Utilidade Pública

adriano.correia@pwc.com



www.pwc.com.br

 PwC Brasil  @PwCBrasil  PwC Brasil  @PwCBrasil  PwC Brasil  @PwCBrasil

Neste documento, “PwC” refere-se à PricewaterhouseCoopers Brasil Ltda., firma membro do network da PricewaterhouseCoopers, ou conforme o contexto sugerir, ao próprio network. Cada firma membro da rede PwC constitui uma pessoa jurídica separada e independente. Para mais detalhes acerca do network PwC, acesse: www.pwc.com/structure

© 2022 PricewaterhouseCoopers Brasil Ltda. Todos os direitos reservados.