

Hidrogênio para reduzir o carbono da matriz energética⁽¹⁾

Pietro Erber⁽²⁾

A redução dos custos da energia elétrica obtida de fontes renováveis contribui para a descarbonização da matriz energética, bem como para obter economicamente hidrogênio (H₂) por eletrólise da água. A tecnologia é conhecida e os custos, declinantes, atenderão à necessidade de reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE). Esse processo evitará o consumo de combustíveis fósseis destinados à produção de H₂, e este poderá substituí-los em atividades industriais nas quais a utilização de energia elétrica não seja viável. Todavia, a descarbonização não dispensa o aumento da eficiência na obtenção e uso da energia, da utilização de biocombustíveis, a redução do consumo de combustíveis fósseis, do desmatamento, das emissões do setor agropecuário.

A recente mobilização industrial, acadêmica e governamental, que visa a obtenção, transporte e utilização do H₂ deve privilegiar a seleção de suas fontes primárias e a avaliação de custos, inclusive os sócio-ambientais e considerar as eficiências das suas cadeias energéticas, da origem ao uso final da energia.

A intermitência da geração eólica, solar, requer integração com o sistema interligado, o que afetará seus custos

Cerca de 99% da produção mundial do H₂ (mais de 90 Mt/ano), utiliza gás natural e carvão. Libera anualmente 800 milhões de toneladas de CO₂, portanto cerca de 1,5% das emissões mundiais de GEE. A indústria de petróleo consome perto de 60% desse gás e a de fertilizantes, 30%.

O transporte do H₂ pode ser feito por dutos ou envasado, comprimido ou liquefeito. Os dutos da rede de transporte de gás natural têm sido utilizados de forma limitada, em misturas de H₂ com aquele gás. Entretanto, o H₂, por sua baixa densidade, pode apresentar fugas, que contribuem para o efeito-estufa, pois seu poder de aquecimento é cinco vezes maior do que o do CO₂. Usualmente, o dispêndio de energia na compressão do H₂ é de 13% do seu conteúdo energético e, para sua liquefação, 40%. Nesta condição seu emprego na propulsão de navios poderá ser mais viável do que por baterias. Também se considera utilizar e/ou transportar o hidrogênio sob a forma de amônia (NH₃). O armazenamento de energia elétrica sob forma de H₂ comprimido constitui uma alternativa às usinas hidrelétricas reversíveis, mas sua eficiência global é substancialmente inferior, considerando que o gás será utilizado para gerar energia elétrica.

O H₂ tem sido designado por várias cores, conforme sua origem. Considera-se adiante o H₂ cuja obtenção seja isenta de emissões de GEE, além do atualmente predominante, denominado Cinza, obtido a partir de gás natural. O H₂ Verde e o H₂ Rosa são obtidos por via eletrolítica a partir de fontes renováveis ou nuclear,

respectivamente. O H2 Azul é obtido a partir de combustíveis fósseis, com captura e sequestro do CO2 emitido. Apesar de custos adicionais e do risco de fuga de CO2, o H2 tem sido considerado promissor, dado que o custo do H2 Cinza é muito inferior ao do eletrolítico, que requer cerca de 50 kWh/kg.

Recente artigo do The Economist indica que o H2 Cinza custaria US\$ 1,5/kg e o H2 Verde, de US\$ 2,5/kg a até mais de US\$ 5/kg. Estima-se que a US\$ 50/MWh, o H2 Verde custe US\$ 3,1/kg. Se da produção de 1 kg de H2 Cinza decorrer a emissão de 8 kg de CO2, a diferença de custo seria compensada pela redução da emissão de CO2 se este fosse valorizado a US\$ 200/t. Esse valor elevado reflete o esforço que será preciso envidar para evitar custos muito maiores, devidos ao aquecimento global. Para que o H2 Verde custasse o mesmo que o H2 Cinza, a energia elétrica teria de custar US\$ 24/MWh.

Em vista dos custos adicionais e fugas de CO2 apresentados pelo H2 Azul, as considerações a seguir destinam-se à produção e utilização do H2 Verde e, por extensão, ao Rosa, pois também não envolve emissões de GEE. Se o H2 for obtido pela reforma de biocombustíveis, como o etanol, ele poderá ser equiparado ao H2 Verde, dado que o CO2 liberado é reabsorvido na safra subsequente.

Num contexto mundial onde a descarbonização é prioritária, a oferta e a utilização de H2 deve privilegiar, dentre outros fatores, as cadeias de transformações que envolvam, desde sua obtenção até sua utilização final, a maior eficiência agregada e a menor emissão de carbono. A destinação do H2 deveria priorizar atividades nas quais a dificuldade de substituição de combustíveis fósseis por energia elétrica seja maior. Por outro lado, cabe comparar essas utilizações com as de outras energias renováveis, como biocombustíveis. É o caso da siderurgia, onde o carvão vegetal talvez concorra com o H2. Dentre os meios de transporte, veículos pesados, sobretudo navios, teriam preferência, dado que o armazenamento e a utilização do H2, evitaria baterias pesadas e volumosas. Já tal finalidade dificilmente se justifica em se tratando de veículos leves, nos quais o emprego de baterias é viável e a eficiência da cadeia energética é o dobro daquela do H2.

Um mercado potencial expressivo para o H2 Verde (ou Rosa) é, naturalmente, a substituição da produção atual de H2 baseada (quase toda) em combustíveis fósseis. Mas depende do custo da energia elétrica e do valor do CO2 evitado. A substituição do gás natural em usos urbanos como o doméstico e comercial também pode não ser oportuna, devido a possíveis fugas do H2 das redes de distribuição, com riscos de explosão, além do consumo de energia para o bombeamento do H2. Alternativamente, talvez seja economicamente justificável abastecer essas redes com metano (CH4) obtido a partir do H2 e do CO2 do ar. O uso do H2 Verde na geração elétrica por turbinas a gás também é questionado devido à baixa eficiência global e produção de óxidos de nitrogênio (NOx). Do ponto de vista da eficiência energética e dependendo do custo de capital e da energia elétrica, a eletrificação de ferrovias pode ser mais vantajosa do que usar H2 Verde em células a combustível.

A conversão da produção atual de H2 para a via eletrolítica demandaria cerca de 1200 GW de capacidade geradora eólica ou cerca o dobro de capacidade fotovoltaica. Essas estimativas chamam atenção para quanto que a produção de H2 poderá impactar os sistemas elétricos dos maiores produtores, como o Brasil deverá vir a ser.

A intermitência da geração eólica, solar ou hidrelétrica não regularizada requer armazenamento e integração com o sistema interligado, o que afetará seus custos. Valores nivelados não são representativos, e a compensação da intermitência não mais deverá ser arcada pelo sistema interligado. Portanto é necessário conhecer os

reais custos da energia para avaliar corretamente o do H2 Verde.

Em resumo, uma política de obtenção e utilização de H2 deve privilegiar aquele obtido por via eletrolítica a partir de fontes renováveis ou da energia nuclear, considerar em cada caso a eficiência global da respectiva cadeia energética, os custos sistêmicos do suprimento de energia elétrica, os benefícios ambientais decorrentes da utilização desse H2, sua viabilidade e vantagem em relação ao uso direto de energia elétrica ou de outras energias e participar do desenvolvimento tecnológico da sua obtenção, transporte e utilização.

(1) Artigo publicado no O Valor Econômico. Disponível em:

<https://valor.globo.com/opiniao/coluna/hidrogenio-para-reduzir-o-carbono-da-matriz-energetica.ghtml>

. Acesso em 09 de novembro de 2021.

(2) Pietro Erber é engenheiro eletricista.