



ARTIGO

A era do hidrogênio verde no século XXI

Roberto Giannetti da Fonseca

Economista e empresário, ex-Secretário Executivo da Câmara de Comércio Exterior – CAMEX e Presidente do LIDE ENERGIA e da Kaduna Consultoria.

Para muitos o título deste artigo pode parecer pretensioso, mas eu não creio que o seja. Assim como o século XX poderia ser definido como a ERA DO PETRÓLEO, não considero exagerado imaginar o papel central que o H2Verde deverá ter na profunda reestruturação da matriz energética mundial nos próximos anos e décadas a porvir.

Descrito tecnicamente pela primeira vez no século XVI e produzido artificialmente pelo alquimista suíço T. Von Hohenheim (também conhecido como Paracelso, 1493–1541)¹ por meio da reação química entre metais e ácidos fortes, o Hidrogênio é o elemento mais abundante no universo, compondo 75% da matéria normal por massa do universo. A maior parte do hidrogênio do nosso planeta está na forma de compostos químicos, sendo este o terceiro elemento mais abundante na superfície da Terra.

Desde o final do século XIX e ao longo de décadas do século XX, houve uma predominância majoritária dos combustíveis fósseis, aí incluídos o petróleo, o gás natural, e o carvão mineral, seja na geração termo-

elétrica, seja na forma de combustíveis automotivos, ou ainda como matérias primas petroquímicas. Os combustíveis fósseis assim pode-se dizer, sustentaram o processo de industrialização mundial, mas por outro lado foram também os maiores responsáveis pelas emissões de CO₂ e outros Gases de Efeito Estufa (GEE).

A indústria em geral passou a dar mais atenção para o Hidrogênio durante momentos de risco de escassez no suprimento de petróleo, seja durante a Segunda Guerra Mundial de 1940 a 1945, ou posteriormente por ocasião da primeira grande crise do Petróleo nos anos 1970. Entretanto devido aos altos custos de produção associados do Hidrogênio, e as subseqüentes melhorias na oferta de petróleo, carvão, e gás natural, restringiu-se a época uma aplicação mais abrangente deste vetor energético, que permaneceu restrito a poucas aplicações industriais até os dias de hoje. Por que então agora, já no limiar da terceira década do século XXI, reaparece com tanto destaque um interesse mundial na utilização do H2Verde como alternativa preferencial na reestruturação da matriz energética

1 <https://pt.wikipedia.org/wiki/Paracelso>

global? Podemos listar três fatores determinantes que impulsionaram este mercado nos últimos anos e falaremos, de forma resumida, sobre cada um deles:

1) Questões climáticas e a retomada econômica pós-pandemia da COVID-19.

Desde as primeiras Conferências Mundiais sobre o Clima realizadas no ano de 1972 em Estocolmo, seguida de outra no ano de 1979 em Genebra, e finalmente a Rio92 no Brasil, a Organização das Nações Unidas, juntamente com a comunidade acadêmica tem apresentado estudos científicos e promovido debates técnicos com a participação de lideranças globais e diferentes setores econômicos objetivando sensibilizar os povos e nações sobre o grande risco que tudo isto representa.

A questão central deste debate é encontrar um ponto de equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a manutenção do meio ambiente. A busca por esta convergência foi determinante para cunhar o conceito de **Desenvolvimento Sustentável**, termo utilizado pela primeira vez no *Relatório Brundtland*. Este relatório, elaborado em 1987, sob a coordenação da então Primeira-Ministra da Noruega, **Gro Harlem Brundtland**, e o patrocínio da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, definiu assim o termo Desenvolvimento Sustentável:

“O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que permite satisfazer as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades”

Ao longo de décadas os combustíveis fósseis, sustentaram o processo de industrialização mundial e foram os maiores responsáveis pelas emissões de CO₂ e outros Gases de Efeito Estufa (GEE). É impossível imaginar a vida moderna sem este recurso energético. O custo de todo este desenvolvimento industrial, significou até os dias de hoje, um aumento de 31% nas concentrações de CO₂ na atmosfera terrestre deste a Revolução Industrial iniciada na segunda metade do século XVIII. Estamos convivendo a décadas com um modelo insustentável de consumo e de produção que virá comprometer as necessidades das futuras gerações.

O Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change*), aponta que até 2100 os níveis de CO₂ na atmosfera terrestre chegarão ao dobro dos parâmetros anteriores à Revolução Industrial, resultando em um aumento na temperatura do globo terrestre variando entre 1,5°C e 5,8°C seguida de catástrofes ambientais imensuráveis.

A certeza que temos, atualmente, é de que o caminho para conter um “desastre anunciado” será realizado através de um **processo de gradual e acelerada descarbonização da economia global**, reduzindo a dependência econômica de combustíveis fósseis e adotando padrões de consumo sustentáveis. Daí desponta o H2Verde como um dos principais vetores deste processo já em curso inicial em vários países do mundo.

O processo tradicional de produção de Hidrogênio utiliza como matéria prima o Gás Natural (Hidrogênio Cinza) e resulta na emissão de CO₂, sendo este utilizado em processos industriais muito específicos como, por exemplo, a produção de fertilizantes e o refino de petróleo. Entretanto, os recentes e notáveis avanços tecnológicos no campo das energias renováveis estão viabilizando do ponto de vista econômico a produção de Hidrogênio utilizando eletrolisadores alimentados por sistemas elétricos fotovoltaicos e eólicos. Neste processo industrial a partir da utilização de energia renovável e da água (H₂O) como fonte de hidrogênio na sua composição química, obtém-se através da eletrólise da água, a separação das moléculas de hidrogênio e oxigênio, surgindo assim o **HIDROGÊNIO VERDE (H2VERDE)**, aquele produzido através de energias renováveis não resultando na emissão de CO₂ e com um potencial energético superior aos combustíveis fósseis.

Pelo que tenho aprendido através da leitura de artigos especializados e dos debates técnicos em vários países do mundo, não há dúvida de que uma exponencial evolução tecnológica tanto no campo das energias renováveis, como no desenvolvimento de eletrolisadores resultarão até 2030, numa substancial redução nos custos de produção de H2Verde, a patamares mais baixos do que o custo de produção do hidrogênio “cinza”, aquele que utiliza gás natural como matéria prima e resulta na emissão de CO₂.

Considerando as metas estabelecidas no Acordo de Paris, em 2015, onde será necessário cortar em 60% as emissões globais de CO₂ até 2050, fica claro que o H₂Verde é o vetor energético capaz de conduzir a economia global à sua rápida descarbonização, a começar por setores industriais energeticamente intensivos como a siderurgia, transportes rodoviário, ferroviário, naval bem

como na produção de fertilizantes. Embora ainda existam significativos desafios tecnológicos e/ mercado-lógicos pela frente, este vetor energético ganha mais destaque em um cenário "pós-pandemia", promovendo a retomada econômica por meio da aceleração do processo de transição energética global.

O Hydrogen Council, que reúne CEOs de 92 empresas globais, estima que o Hidrogênio Verde deverá responder por quase 20% da demanda de energia no mundo até 2050, com um mercado estimado em US\$ 2,5 trilhões e potencial de gerar 30 milhões de empregos. De forma prática, o H₂Verde é o novo fiador do **Desenvolvimento Sustentável**, pois ao mesmo tempo em que garante as necessidades atuais (desenvolvimento econômico global) é capaz de preservar as necessidades das gerações futuras (um planeta limpo e livre de extremos climáticos).

2) Avanços Tecnológicos com reduções exponenciais de custos

Como forma de diminuir a dependência por combustíveis fósseis, a sociedade sempre buscou por tecnologias de produção de energia baseada em recursos renováveis. No caso do Brasil, destacamos o Progamma Pró Álcool, que desde a década de 70 desenvolveu combustível à base de cana-de-açúcar e permitiu ao país se tornar o segundo maior produtor mundial de Etanol e o maior exportador do mundo.

No campo das Energias Renováveis, o crescimento recorde da capacidade instalada mundial de novas fontes energéticas como a fotovoltaica e a eólica, é fruto dos avanços tecnológicos ocorridos de forma surpreendente na última década, provocando uma queda contínua e acentuada nos custos de geração elétrica. Por exemplo, os preços dos módulos fotovoltaicos tiveram uma queda de cerca de 80%, enquanto turbinas eólicas terrestres uma redução na ordem de

45%, isso desde 2010. E ao mesmo tempo a eficiência de geração destes equipamentos vem melhorando de forma contínua ao longo do tempo. O surgimento recente da modalidade de energia solar flutuante, utilizando a lâmina d'água de represas, lagos, e reservatórios hídricos para a geração de energia fotovoltaica, inclusive na forma híbrida associada as fontes hidroelétricas, abre novos horizontes ainda mais competitivos para a produção de H₂Verde em dezenas ou centenas de represas e reservatórios hídricos.

Dados estatísticos da *International Renewable Energy Agency (IRENA)*, evidenciados na Figura 1, demonstram a queda contínua nestes custos.

Tomando como exemplo sistemas solares fotovoltaicos, **saímos de um custo nivelado de energia - Levelized Cost of Energy - (LCOE) de USD 0,381/KWh em 2010 para USD 0,057/KWh em 2020 uma queda a patamares de 85%.**

Tendências Globais

Este painel fornece uma visão geral das últimas tendências globais em custos de energia renovável. Ele exhibe os custos médios globais ponderados de instalação, fatores de capacidade e LCOE por tecnologia.

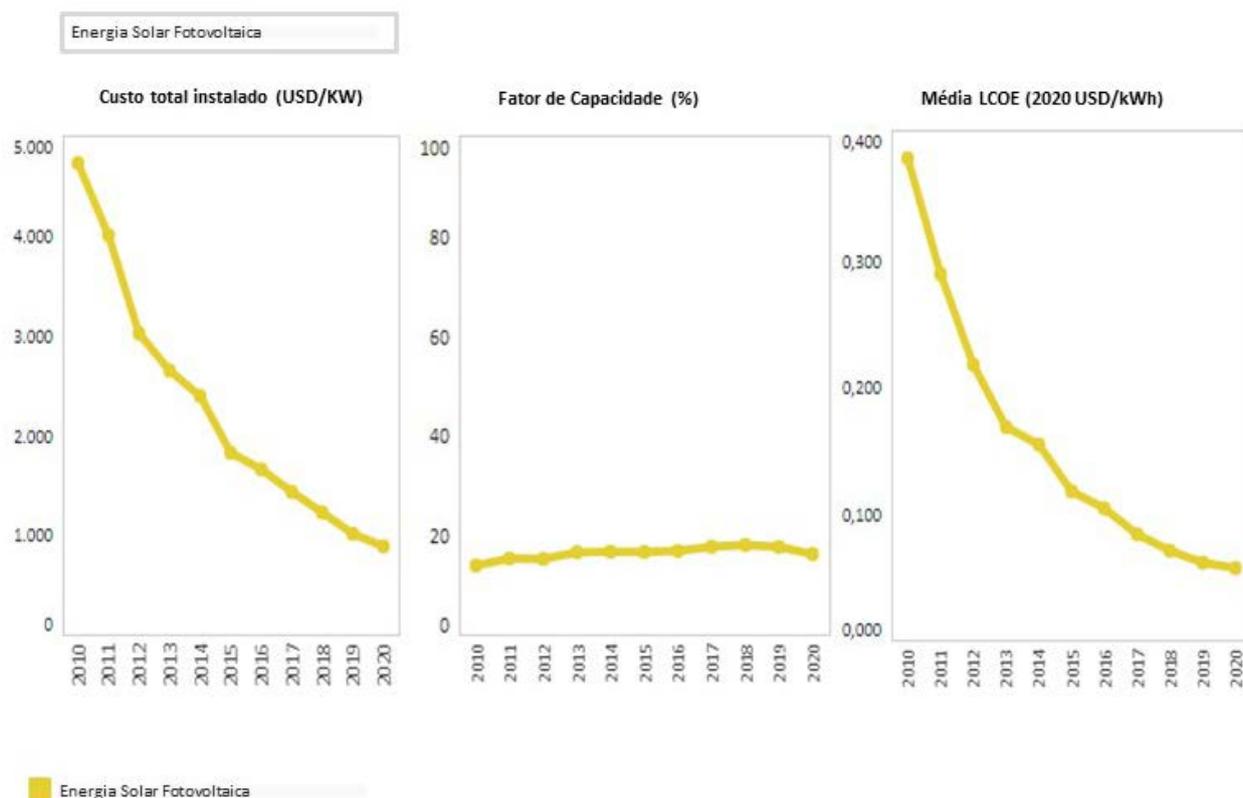
Fica evidente neste gráfico que a queda de preços desencadeada pelos avanços tecnológicos é um caminho contínuo, e que a oferta de energias renováveis tende a ser abundante e com custos cada vez mais competitivos. Cabe destacar que atualmente estima-se que a energia aplicada no processo de eletrólise da água significa cerca de 70% do custo total de produção do H₂Verde.

3) Questões relacionadas à nova Geopolítica Mundial

A consolidação de uma economia à base de Hidrogênio Verde tem grande potencial de moldar novas dinâmicas geopolíticas. A definição de rotas tecnológicas, diferentes cenários na cadeia de valor e domínio de processos produtivos podem criar um mercado global, distribuído e regionalizado.

Não foi este o caso dos combustíveis fósseis, onde os cinco maiores produtores mundiais de Petróleo (Irã, Iraque, Kuwait, Arábia Saudita e Venezuela) fundaram em 1960, a Organização dos Países Exportadores de

Figura 1 - Custos totais instalados médios ponderados globais, fatores de capacidade e LCOE 2010-2020



Fonte: IRENA

Petróleo (OPEP)², controlando atualmente mais de 81% de todas as reservas mundiais desta commodity e ditando os preços globais do barril de petróleo.

No tabuleiro geopolítico atual, vivenciamos uma grave crise entre a Rússia e Ucrânia, que além de questões territoriais, étnicas etc., apresenta também uma questão energética muito sensível. Como resultado deste conflito militar e ameaças de suspensão de fornecimento de gás natural pela Rússia aos países europeus, **surge o argumento geopolítico de maior independência energética do continente europeu “a qualquer custo”!**

Nas pesadas negociações diplomáticas entre as partes, o suprimento de gás natural da Rússia para a

Europa, sempre foi considerado como mecanismo de pressão para obter influência geopolítica sobre a Ucrânia e outros países do Leste Europeu. A União Europeia e o restante dos países desenvolvidos despertam para uma nova realidade: O petróleo do mundo árabe ou o gás natural russo, grandes emissores de Gases de Efeito Estufa (GEE), perderão rapidamente, esta corrida para o H2Verde que alcança custos altamente competitivos a cada dia que passa.

Não há dúvidas de que o H2Verde influenciará a nova a geopolítica global e o comércio de energia. Este assunto é tão complexo que foi tema do Relatório **Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor** produzido pela *International Renewable Energy Agency (IRENA)* e publicado em Janeiro de 2022.

2 https://pt.wikipedia.org/wiki/Organiza%C3%A7%C3%A3o_dos_Pa%C3%ADses_Exportadores_de_Petr%C3%B3leo

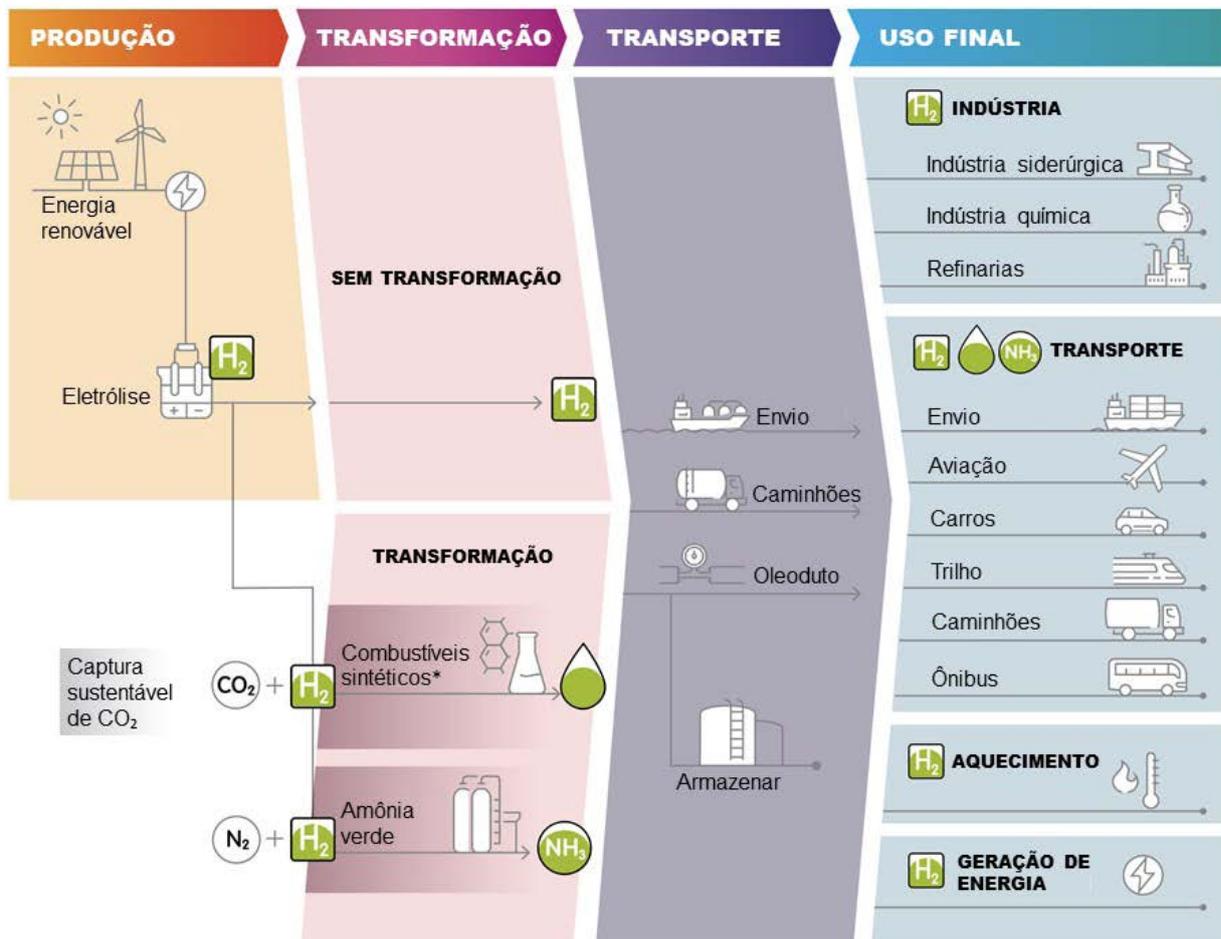
E aonde entra o Brasil nesta histórica transição energética global?

Está a se desenhar atualmente pelo menos quatro hubs para produção de hidrogênio verde no país. Esses polos potencialmente produtores de H2Verde orbitam em torno dos portos de Pecém, no Ceará, de Alcântara no Maranhão, de Suape, em Pernambuco, e do Açu, no Rio de Janeiro. Todos já firmaram memorandos de entendimentos preliminares com grandes grupos internacionais, sendo que o objetivo declarado é a exportação especialmente para o continente europeu.

A logística de transporte do H2Verde é uma questão central na viabilidade de sua utilização em larga escala no futuro próximo. Na navegação marítima o desafio de criar embarcações seguras e competitivas tem sido enfrentado por grandes estaleiros mundiais

e surgem soluções técnica e economicamente satisfatórias. Mesmo incluídos os custos de atravessar o Atlântico, o Brasil tem as condições de ser um dos fornecedores de H2Verde mais competitivos do mundo. Diz-se no mercado que “o Brasil está para o H2Verde assim como a Arábia Saudita está para o petróleo”.

Segundo a EPE - Empresa de Pesquisa Energética o potencial de geração eólica do país é de mais de 1050 GW (em terra e no mar), dos quais somente 16 GW estão instalados. Em energia solar, o potencial é quase cem vezes superior à capacidade instalada. Grande parte deste potencial energético, limpo, renovável, e sobretudo competitivo será aplicado na futura produção de H2Verde, de forma centralizada para exportação, e na forma descentralizada (próximo dos centros de consumo) para o mercado interno.



O desafio é transformar essa energia em hidrogênio verde a um custo viável. O hidrogênio verde ainda custa entre US\$ 3 a US\$ 5 o quilo. Já o produzido a partir de combustíveis fósseis, entre US\$ 2 e US\$ 3, mas com forte tendência de alta devido

aos correntes problemas geopolíticos. Como referência, a energia gerada por 1 kg de hidrogênio equivale à de 3,2 kg de gasolina. Mas a expectativa é que o hidrogênio, em especial o H2Verde, torne-se uma commodity energética fundamental no mundo pós-combustíveis fósseis.

Que a diplomacia mundial tenha sabedoria para mitigar os riscos geopolíticos e capitalizar as oportunidades de modo a construir sociedade global próspera e solidária.



Roberto Giannetti da Fonseca

Economista e empresário, ex-Secretário Executivo da Câmara de Comércio Exterior – CAMEX e Presidente do LIDE ENERGIA e da Kaduna Consultoria