

## MERCADO DE HIDROGENIO NO CONTEXTO DA ECONOMIA CIRCULAR

Helga de Almeida Miranda<sup>1</sup>

Rubens Rosental<sup>2</sup>

O mundo está em um processo de transição energética, tendo como um de seus vetores a descarbonização. Em 2015, em Paris, aconteceu a vigésima primeira sessão da Conferência das Partes (*Conference of the Parties, COP*). A COP 21 deu origem ao Acordo de Paris, assinado por 195 países, com o objetivo de limitar o aumento médio da temperatura da Terra e reverter as mudanças climática. Para implementar o Acordo, o Brasil, como país signatário, promulgou a Contribuição Nacionalmente Determinada (*Nationally Determined Contribution, NDC*). A NDC do Brasil, assinada em 2016, apresenta meta de 37% de redução de gases de efeito estufa para todo o conjunto da economia até 2025, e uma contribuição indicativa de redução de 43% para 2030, com base nas emissões de 2005.

Quando se fala em descarbonização, muitos dos estudos acadêmicos e das políticas públicas se voltam para a transição da matriz energética, como se a descarbonização fosse acontecer quando a geração de energia através de combustíveis fósseis fosse substituída pela geração através de fontes sustentáveis. Estudos da Fundação Ellen MacArthur (Ellen MacArthur Foundation – EMF 2021) mostram que o consumo de energia nas residências e no transporte é responsável por 55% das emissões

---

<sup>1</sup> Advogada e aluna do curso de Pós Graduação em Regulação do Setor Elétrico do GESEL-UFRJ.

<sup>2</sup> Pesquisador Sênior do GESEL-UFRJ.

globais de carbono, e os 45% restantes advêm à maneira como os bens e produtos vindos da terra são produzidos e gerenciados. Para a Fundação, o foco da transição energética tem estado, nos últimos anos na energia, contudo, o uso da energia, por si só, não é suficiente para que se atinja emissão zero de CO<sub>2</sub> em 2050, é necessário que se dê atenção as emissões de CO<sub>2</sub> não relacionadas à produção de energia. A aplicação da economia circular (Circular Economy - CE) ao cimento, plástico, aço e alumínio (há previsão de que a demanda desses materiais até quadruplique no mundo), pode gerar uma redução na emissão de CO<sub>2</sub> na ordem de 40% até 2050, se acrescentar o sistema alimentar, as reduções podem chegar a 45%, que são valores bastante significativos, ainda mais se considerarmos o cenário brasileiro (EMF, 2021).

É uma estratégia eficiente aliar a CE a Economia do Hidrogênio. A Economia de Hidrogênio é o termo utilizado para expressar a capacidade de aplicação transversal nos processos produtivos da economia como um todo. O Hidrogênio Verde pode ser utilizado em diversos segmentos que compõem a matriz energética, destacando sua utilização em vetores de difícil descarbonização, como a indústria siderúrgica, química, cimenteira, entre outros.

O entendimento de que a geração de energia através de fontes renováveis é a solução para a redução da emissão de gases poluentes, se mostra insuficiente. Com relação a energia, sua geração, transmissão, distribuição e consumo não são exatamente climaticamente neutros, como não o são toda a realidade de cadeia de produção da economia linear, logo, são necessárias práticas como a energia circular, para que se atinja uma transição energética mais eficiente e também se atinjam as metas de descarbonização (Khan et al, 2021a, 2021d).

A Economia Circular passou a ganhar representatividade com o apoio de instituições como a Ellen MacArthur Foudation que iniciaram programas e parcerias com organizações públicas e privadas para acelerar a transição da economia linear para o modelo circular. Segundo EMF, a economia circular é restauradora e regenerativa por definição e visa manter produtos, componentes e materiais em sua maior utilidade e valor em todos os momentos. (EMF, 2015).

O Portal da Indústria utiliza a definição desenvolvida pela Organização Internacional de Normalização (ISO). Segundo a entidade, CE “é um sistema econômico que utiliza uma abordagem sistêmica para manter o fluxo circular dos recursos, por meio da adição, retenção e regeneração de seu valor, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.” (CNI, 2021). A Fundação Ellen MacArthur complementa o conceito, trazendo a ideia de que a CE é baseada nos princípios de eliminar resíduos e poluição, e manter os produtos e materiais na cadeia de uso, e ainda regenerar sistemas naturais (EMF, 2015).

Observa-se que a economia circular na política pública brasileira ainda é muito incipiente (e isso gera insegurança ao setor industrial), estando os conceitos presentes em várias legislações, planos, programas e projetos, porém de forma descentralizada. É importante a criação de um plano estratégico nacional que contenha medidas concretas de fomento de pesquisas, tecnologias e modelos de negócio que promovam o desenvolvimento da economia circular de forma compatível com a necessidade de desenvolvimento econômico (CNI, 2019, pg. 33).

No sistema energético, a economia circular pode trazer soluções que maximizem o uso eficiente de recursos naturais para produção de energia e seu uso final. Estudo realizado pela EPE afirma a importância da CE no setor energético em exemplos como o reuso de infraestrutura de produção/geração de energia; aproveitamento de resíduos para geração de energia; e cooperação entre indústrias e empresas (EPE, 2022).

Fundamental também para que se atinjam as metas de descarbonização, é o papel do hidrogênio. Ele tem inúmeras utilizações, sendo realmente sustentável quando produzido a partir de fontes renováveis (Bonciu, 2020 e Nadaleti et al. 2020).

A captura e armazenamento de carbono (Carbon Capture Utilization and Storage, CCUS), é uma tecnologia que converte quimicamente o CO<sub>2</sub> em produtos de maior valor agregado, podendo ser realizada a produção de hidrogênio, dando origem ao hidrogênio azul. O hidrogênio azul é uma grande oportunidade para o Brasil se destacar no contexto da transição energética.

Os processos biológicos para a produção de hidrogênio tem estado em evidência, por causa dos ganhos ambientais e adequação a CE. E a utilização de biorresíduos para a produção de bio-hidrogênio, através da transformação do metano, é uma possibilidade para questões que envolvam demanda de energia e gerenciamento de resíduos (Lee, 2020). Sendo assim. o bio-hidrogênio gera uma oportunidade na transição para a CE.

Mesmo havendo iniciativas de sucesso e um enorme potencial a ser explorado no setor, ainda há muito o que se desenvolver, a falta de informação associada a tecnologias defasadas ou inadequadas, projetos circulares limitados, poucos exemplos de demonstração em larga escala e a falta de dados sobre impactos são algumas das barreiras tecnológicas encontradas. Dentre os aspectos econômicos, a demanda de altos investimentos iniciais e linhas de crédito limitadas para modelos de negócios circulares, a concorrência do material reciclado/reutilizado com os baixos preços de materiais virgens são barreiras relevantes. O fator regulatório/institucional pode ser considerado um indutor ou uma barreira para a economia circular em função da existência ou não da criação de fundos de apoio, políticas de tributação e subsídio, além do ordenamento jurídico e os requisitos padrões, principalmente as normas e leis ambientais e as diretrizes para gestão de resíduos.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para que a transição para a CE ocorra, é necessário o apoio de diversas partes interessadas, incluindo a criação de políticas de CE, que respondam à tecnologia, infraestrutura, mudança de comportamento e contexto. Com relação às políticas, estas devem responder a muitas barreiras, entre elas a falta de apoio financeiro e governamental, falta de conscientização pública; a demanda por novas tecnologias e o reduzido compartilhamento de conhecimento e atitudes organizacionais; e questões da cadeia de suprimentos circulares ocasionadas por parcerias e limitações de rede (Kivimaa, 2019).

Apesar do reconhecimento do papel da CE associada ao Mercado de Hidrogênio em alcançar emissões zero, a compreensão e o caminho específico para isso permanecem um pouco obscuros, tanto na literatura, quanto nas políticas e no mercado. Há uma predominância de estudos na literatura sobre tecnologias de CE olhando para a digitalização, o setor de energia, construção, gestão de resíduos e agricultura. A principal implicação dessas descobertas é que, para que a CE contribua para a emissão líquida zero acelerada, defende-se que devem haver políticas coordenadas para influenciar a quantidade de financiamento disponível para empresas e tecnologias circulares inovadoras dentro de um ecossistema que gera mudanças comportamentais em direção à circularidade (Khalifa et al, 2022). Alcançar emissões líquidas zero usando CE e o Hidrogênio Verde como uma alavanca exigirá políticas para mobilizar o financiamento de tecnologias e novos modelos de negócios dentro de um ecossistema que promova comportamentos eficientes de recursos. Num contexto global, os principais instrumentos de política pública são: instrumentos regulatórios, ações fiscais, medidas de amparo a pesquisa, educação e informação, plataformas colaborativas, auxílios financeiros, investimento em infraestrutura e subsídios a negócios.

Como mecanismos regulatórios ainda em desenvolvimento, a CE aliada ao Hidrogênio Verde trará oportunidades e desafios ao mercado e ao setor energético, mas além dos prêmios descritos acerca da eficiência, descarbonização e sustentabilidade, a transição para a CE e o Mercado Hidrogênio Verde têm vantagens como fomentar a segurança energética, vantagens sociais como os empregos criados, vantagens aos consumidores, além do potencial de economia real nos custos de toda a cadeia de produção.

Está em consulta pública o Plano de Trabalho Trienal 2023-2025, como desdobramento próprio do Programa Nacional do Hidrogênio recentemente instituído, a partir do movimento político e governamental do Brasil em inserir o hidrogênio entre os temas prioritários para fins de pesquisa e desenvolvimento na área de energia.

O Hidrogênio Verde e a descarbonização são elementos de interesse e que estruturam, ainda que de forma incipiente, o programa e seu plano trienal. Quanto às competências regulatórias há prevalência de uma agência nacional, em razão das ações eleitas e dos objetivos traçados, por se tratar de ato político e de governo, a despeito da tecnologia existente e das discussões a níveis mundiais.

O plano trienal está em andamento, tratando-se de processo governamental de contínuo aprimoramento de conhecimento no decorrer do planejamento temporal traçado (MME, 2022), cujos resultados esperados preveem atos normativos a serem entregues pela ANEEL, sendo possível que a ANEEL ganhe espaço e regule o hidrogênio verde.

Apesar da urgência do tema, há ainda um longo caminho a se percorrer, a exemplo do que aconteceu na União Europeia, em que a reunião de negociações sobre diretrizes para energia renovável foi cancelada devido ao não recebimento pela Comissão Europeia do ato delegado sobre hidrogênio (ECEEE, 2023).

No cenário atual brasileiro, observa-se a falta de estudos, políticas, regulamentação e conhecimento em relação a Economia Circular em conjunto com o Hidrogênio Verde, e ao mesmo tempo é incontestável a infinidade de oportunidades de negócios que poderiam ser gerados através da transição da economia linear para a economia circular.

## REFERÊNCIAS

Bonciu, F. **The European Union Hydrogen Strategy as a significant step towards a circular economy**. Romanian Journal of European Affairs, Volume 20, nº 02, p. 36-48, 2020.

Confederação Nacional da Indústria. **Economia Circular: Caminho estratégico para a indústria Brasileira**. 2019. Disponível em:

[https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/bd/3f/bd3f2589-ed8c-43ad-ab33-b75a370ef66b/economia\\_circular.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/bd/3f/bd3f2589-ed8c-43ad-ab33-b75a370ef66b/economia_circular.pdf) . Acesso em: 15 de fevereiro de 2023.

Confederação Nacional da Indústria. **Gestão Sustentável de Energia**. 2021. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-sustentavel/temas-de-atuacao/energias-renovaveis/> . Acesso em: 15 de fevereiro de 2023.

ECEEE, **Hydrogen standoff brings EU renewables law to screeching halt**. Disponível em <https://www.ecee.org/all-news/news/hydrogen-standoff-brings-eu-renewables-law-to-screaching-halt/> . Acesso em: 04 de março de 2023.

Ellen MacArthur Foundation. **Rumo à Economia Circular**, 2015.

[https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-%C3%A0-economia-circular\\_SumarioExecutivo.pdf](https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-%C3%A0-economia-circular_SumarioExecutivo.pdf). Acesso em: 16 de fevereiro de 2023.

Ellen MacArthur Foundation. **Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change**, 2021. Disponível em:

<https://ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2023.

EPE, Ministério de Minas e Energia. **Iniciativas nas cidades para o uso inteligente da energia**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-519/topico-626/IT2%20-%20Iniciativas%20na%20cidades%20para%20o%20uso%20inteligente%20da%20energia.pdf> . Acesso em: 15 de fevereiro de 2023.

Khalifa, A. A., Ibrahim, A., Amhamed, A. I. **Accelerating the Transition to a Circular Economy for Net-Zero Emissions by 2050 : A Systematic Review**, Sustainability, MDPI, vol. 14(18), pages 1-20, September. 2022.

Khan, S. A. R., Godil, D. I., Jabbour, C. J. C., Shujaat, S., Razzaq, A., and Yu, Z. **Green Data Analytics, Blockchain Technology for Sustainable Development, and Sustainable Supply Chain Practices: Evidence from Small and Medium Enterprises**, 2021a. Ann. Operations Res,1-25. doi:10.1007/s10479-021-04275-x.

Kivimaa, P.; Hyysalo, W.; Klerkx, L. **Towards a typology of intermediaries in sustainability transitions: A systematic review and a research agenda**. Res. Policy.

2019, 48, 1062–1075. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733318302385>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2023.

Lee, B., Lee, H., Lim, D., Brigljević, B., Ho, W., Cho, H.-S., Kim, C.-H., Lim, H.

**Renewable methanol synthesis from renewable H<sub>2</sub> and captured CO<sub>2</sub>: How can power-to-liquid technology be economically feasible?** Appl. Energy. 2020, 279, 115827.

Ministério de Minas e Energia. **Programa nacional do hidrogênio:**

**proposta de diretrizes.** 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programa-nacional-do-hidrogenio-pnh2/HidrogênioRelatríodiretrizes.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2022.