Fabio Almeida Jornalista, pesquisador independente e escritor, Brasil.

A GEOECONOMIA DO "FERRO VERDE": BRASIL, EUROPA E A NOVA DIVISÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO INDUSTRIAL

29 setembro 2026

A descarbonização da siderurgia está a reorganizar a geografia da indústria mundial, aproximando a produção de ferro das regiões com energia renovável competitiva. Isto abre oportunidades de investimento e exportação para o Brasil, mas levanta uma questão: produzir ferro de baixo carbono para transformação em aço na Europa ampliará a capacidade industrial brasileira ou reforçará as etapas de maior valor nos mercados desenvolvidos? O projeto HYDEAS oferece um caso concreto para examinar essa disputa.

A transição energética global deixou de ser apenas uma agenda ambiental. Tornou-se um dos principais terrenos da competição geoeconómica contemporânea.

Políticas industriais no hemisfério norte – como o *Inflation Reduction Act* (IRA), nos Estados Unidos, e o Mecanismo de Ajustamento de Carbono nas Fronteiras (CBAM), na União Europeia (UE) – procuram descarbonizar indústrias pesadas sem abandonar sua base manufatureira. Nesse processo, parte das etapas mais intensivas em energia e recursos pode ser deslocada para regiões onde a energia renovável seja competitiva.

O Brasil reúne duas condições estratégicas para essa reconfiguração: recursos minerais e grande potencial de geração renovável. A oportunidade, porém, contém uma pergunta que não pode ser escondida atrás da palavra "descarbonização": quem ficará com as etapas de maior valor quando a indústria pesada for reorganizada em torno da energia limpa?

O problema não é saber se o Brasil deve participar da descarbonização da siderurgia mundial. É saber em que posição da cadeia produtiva essa participação ocorrerá.

Produzir ferro de baixo carbono no Brasil para posterior transformação em aço na Europa pode reduzir custos globais e contribuir para a descarbonização. Mas também pode reproduzir uma divisão internacional do trabalho em que energia renovável, água, território e minério são mobilizados no Brasil, enquanto as etapas posteriores de transformação permanecem nos mercados industriais desenvolvidos.

O projeto HYDEAS – *Hydrogen Decarbonization Alliance Steel*, em Bacabeira, no Maranhão, oferece um caso concreto para testar essa hipótese.

O arco regulatório europeu e a barreira da adicionalidade

O Mecanismo de Ajustamento de Carbono nas Fronteiras (CBAM) entrou no seu regime definitivo no primeiro dia de janeiro de 2026 e abrange, entre outros setores, ferro e aço. O mecanismo procura fazer com que o custo de carbono incorporado nas importações seja refletido no mercado europeu, complementando o Sistema de Comércio de Licenças de Emissão da União Europeia (EU ETS).

> A comparação não deve ser feita pela simples oposição entre uma tecnologia "verde" e outra "não verde". É preciso comparar ciclo de vida, intensidade energética, uso da terra, água, capital, tecnologia e, sobretudo, quanto valor permanece no território.

Produtos ferrosos obtidos por redução direta do minério de ferro estão entre os produtos relevantes para o regime de ferro e aço.

Ao mesmo tempo, a legislação europeia estabelece critérios de adicionalidade, correlação temporal e correlação geográfica para o reconhecimento de hidrogénio como combustível renovável de origem não biológica (*Renewable Fuel of Non-Biological Origin* – RFNBO). A regra de adicionalidade exige, entre outras condições, conexão com nova capacidade renovável. A correlação temporal é mensal até o fim de 2029 e passa a ser horária a partir de 2030, ressalvadas as condições previstas na legislação.

Há, entretanto, uma distinção decisiva para o caso brasileiro.

A Comissão Europeia esclarece que produtos produzidos utilizando hidrogénio como agente redutor, como o ferro reduzido diretamente (*Direct Reduced Iron* – DRI), não são, por si mesmos, RFNBOs. A própria orientação acrescenta que, na fabricação de aço pela rota DRI, o hidrogénio renovável utilizado como agente redutor pode ser RFNBO, enquanto o ferro-gusa/ferro resultante da redução direta com hidrogénio renovável não é classificado como RFNBO.

Isso significa que a classificação regulatória do hidrogénio e a classificação do produto siderúrgico não são a mesma coisa. Portanto, não se deve afirmar que as regras europeias de RFNBO imponham diretamente ao projeto HYDEAS uma determinada configuração energética.

A questão é outra: em que medida os critérios europeus de rastreabilidade e contabilização de emissões podem produzir vantagens regulatórias e comerciais para determinadas rotas tecnológicas de descarbonização?

Essa questão permanece aberta. E ela importa porque a transição energética não elimina a competição entre tecnologias. Ela reorganiza essa competição.

Nesse contexto, a rota do hidrogénio verde concorre com alternativas já existentes no Brasil, entre elas a siderurgia baseada em carvão vegetal e outros biocarbonos.

A comparação não deve ser feita pela simples oposição entre uma tecnolo-

gia "verde" e outra "não verde". É preciso comparar ciclo de vida, intensidade energética, uso da terra, água, capital, tecnologia e, sobretudo, quanto valor permanece no território.

O caso HYDEAS: Testando a hipótese em Bacabeira

O principal caso empírico é o projeto Hydrogen Decarbonization Alliance Steel (HYDEAS), associado à Vale e à Green Energy Park (GEP), para instalação na Zona de Processamento de Exportação (ZPE) de Bacabeira, no Maranhão.

Em 25 de agosto de 2026, o Conselho Nacional das Zonas de Processamento de Exportação (CZPE) aprovou o projeto industrial da HYDEAS para futura instalação na ZPE. O Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) informa investimento previsto de R$ 18,5 bilhões para produção de HBI (*Hot Briquetted Iron*)[i] "verde" a partir de fontes renováveis.

Mas aprovação regulatória não é decisão final de investimento. A aprovação do CZPE autoriza a futura instalação. O projeto continua dependente das etapas empresariais, financeiras e técnicas necessárias para sua execução.

Essa distinção é fundamental. Um projeto aprovado não é uma planta construída. Uma autorização não é uma decisão de investimento.

Quando o ferro fica no Brasil e o aço fica na Europa

O desenho económico do projeto deve ser separado de sua arquitetura física. Produzir HBI no Brasil e transformá-lo em aço na Europa pode ser racional do ponto de vista de custos, especialmente quando energia renovável mais barata compensa parte do custo adicional da siderurgia de baixo carbono.

A Agência Internacional de Energia (IEA), no relatório *Energy Technology Perspectives 2026*, modela precisamente a possibilidade de deslocar a produção de ferro para regiões com energia competitiva – incluindo o Brasil como referência para abastecer a indústria europeia – e importar o ferro para a fabricação de aço localmente.

> O risco não é apenas tecnológico. É o risco de coordenar, ao mesmo tempo, oferta de energia, produção de hidrogénio, produção de HBI, logística internacional e demanda siderúrgica europeia.

A IEA observa que essa configuração pode reduzir o diferencial de custos da siderurgia de baixo carbono na Europa. Do ponto de vista do sistema mundial, a solução pode fazer sentido. Mas uma solução eficiente para o sistema mundial não produz automaticamente o mesmo desenvolvimento industrial em cada território que participa dela. A própria IEA destaca que setores a jusante normalmente geram mais valor agregado direto, embora setores a montante possam produzir efeitos indiretos relevantes.

A localização de cada etapa, portanto, não é apenas uma decisão tecnológica. É uma decisão económica. E é uma decisão estratégica. Produzir mais não significa necessariamente desenvolver mais. O que importa é o que permanece.

FIGURA 1: VARIÁVEIS CRÍTICAS PARA A VIABILIDADE
Fonte: Elaboração pelo autor.

Variável	Relevância
Preço da energia	Determina parcela central do custo do hidrogénio e do HBI.
Adicionalidade e certificação	Podem afetar a configuração dos projetos renováveis e a contabilização das emissões.
Abastecimento hídrico	Exige disponibilidade, tratamento e licenciamento compatíveis com a escala.
Logística	Condiciona o custo de transporte do HBI até os mercados europeus.
Offtake	Contratos de compra de longo prazo podem ser decisivos para a bancabilidade do empreendimento.
FID (*Final Investment Decision*)	Permanece como marco empresarial distinto da aprovação regulatória da Zona de Processamento de Exportação (ZPE).

O impasse financeiro: *Offtake* e decisão de investimento

O HYDEAS recebeu reconhecimento institucional europeu: a parceria entre Vale e Green Energy Park foi incluída na lista prioritária do Global Gateway da União Europeia.

Ao mesmo tempo, as informações públicas disponíveis não indicam que o projeto tenha alcançado a decisão final de investimento. A Green Energy Park apresenta o empreendimento como dependente de estudos de viabilidade, engenharia e estruturação financeira. Até à data deste artigo, não foi identificado publicamente um contrato vinculante de compra de longo prazo para a produção da HYDEAS.

O problema económico está no encontro de cinco variáveis: custo de produção, custo de capital, preço da energia, logística e disposição dos compradores europeus a pagar por material de menor emissão.

A IEA observa que os custos de produção de aço baseado em hidrogénio permanecem significativamente superiores aos das rotas convencionais em grande parte das regiões na próxima década. Ao mesmo tempo, a agência mostra que a produção de ferro em regiões com energia renovável competitiva pode reduzir essa diferença.

O projeto brasileiro, portanto, depende de uma combinação específica: energia renovável competitiva, financiamento, logística, reconhecimento das emissões incorporadas e compradores dispostos a contratar o produto.

O *offtake* é particularmente importante porque o HBI não é o produto siderúrgico final. O seu valor económico depende da existência de uma cadeia posterior capaz de transformá-lo em aço. Sem contratos de compra suficientemente previsíveis, o financiamento de uma instalação eletrointensiva dessa escala se torna mais difícil.

O risco não é apenas tecnológico. É o risco de coordenar, ao mesmo tempo, oferta de energia, produção de hidrogénio, produção de HBI, logística internacional e demanda siderúrgica europeia. A tecnologia pode funcionar. O desafio é fazer funcionar a cadeia inteira.

Lições para a inserção brasileira

A trajetória do HYDEAS pode ser lida como parte de uma transformação maior das cadeias industriais.

Se regiões com energia renovável competitiva produzirem ferro de baixa emissão para mercados que concentram a transformação siderúrgica, a divisão internacional do trabalho poderá mudar sem desaparecer.

A siderurgia continuará integrada globalmente. O que muda é a localização de suas etapas. Ela poderá ser reorganizada em torno do custo da energia e da intensidade de carbono. Para o Brasil, isso cria uma questão de política industrial. O país pode capturar ganhos relevantes produzindo um insumo de maior valor que o minério bruto, atraindo infraestrutura renovável, tecnologia e exportações. Mas também pode permanecer concentrado em uma etapa intermediária, enquanto a fabricação de aço e os setores consumidores de maior valor permanecem fora do território. O problema, portanto, não é exportar HBI. É saber o que essa exportação acrescenta à capacidade industrial brasileira.

Quatro questões merecem atenção.

- Primeiro, benefícios fiscais e infraestrutura pública associados a grandes projetos exportadores podem ser vinculados a metas progressivas de adensamento produtivo, fornecedores nacionais, formação de mão de obra e desenvolvimento tecnológico.
- Segundo, o Brasil pode buscar reconhecimento internacional para diferentes rotas de descarbonização, desde que comparadas por critérios transparentes de ciclo de vida e sustentabilidade.
- Terceiro, projetos que dependam de grande volume de infraestrutura pública podem ser avaliados também pela qualidade e previsibilidade de seus contratos comerciais.
- Quarto, empreendimentos eletrointensivos e hidrointensivos de grande escala devem ser analisados em relação à capacidade regional de energia, água, logística e infraestrutura, para que o custo de sua expansão não seja deslocado para outros usuários.

A questão central, portanto, não é escolher entre hidrogénio e biocarbono como se uma única tecnologia pudesse determinar o futuro da siderurgia brasileira. É decidir quais condições económicas e regulatórias permitirão ao país participar da transição energética como produtor de baixo carbono e, simultaneamente, como território de industrialização.

A IEA oferece um ponto de partida particularmente relevante para essa discussão. O ETP 2026 mostra que a competitividade da indústria pesada de baixo carbono dependerá fortemente dos custos de energia e que a produção de ferro em regiões com renováveis competitivas pode reduzir os diferenciais de custo enfrentados por produtores europeus.

Essa arquitetura pode ser eficiente para a descarbonização global. Mas a pergunta geoeconómica para o Brasil é outra: que parcela do valor, da tecnologia, do emprego e da capacidade industrial permanecerá no território quando o ferro produzido aqui atravessar o Atlântico para ser convertido em aço?

Essa é a questão que o ferro verde coloca. Não apenas quanto carbono será reduzido. Mas o que permanecerá depois que a redução acontecer. ●

https://doi.org/10.26619/2183-4822.2026.CJ.32

Nota

[i] O HBI (Hot Briquetted Iron, ou ferro briquetado a quente) é produzido pela compactação a quente do ferro obtido por redução direta do minério de ferro. Trata-se de um produto intermediário rico em ferro metálico, utilizado como matéria-prima na fabricação de aço.

Referências

Comissão Europeia (s.d.). Agenda de Investimento Global Gateway UE-ALC. Parcerias Internacionais: Global Gateway. https://international-partnerships.ec.europa.eu/policies/global-gateway/eu-lac-global-gateway-investment-agenda_pt

European Commission, Taxation and Customs Union (s.d.). *CBAM definitive regime* (website). https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism/cbam-definitive-regime_en

Government of the United States of America (2022). *The Inflation Reduction Act of 2022.* https://www.irs.gov/inflation-reduction-act-of-2022

Governo Federal do Brasil (2026). *CZPE aprova R$ 206 bi de investimentos industriais e de serviços no Ceará, Maranhão e Piauí.* Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, 26.08.2026. https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/noticias/2026-periodo-eleitoral/agosto/czpe-aprova-r-206-bi-de-investimentos-industriais-e-de-servicos-no-ceara-maranhao-e-piaui

IEA (2026a). *Levelised cost of steel production via hydrogen-based direct reduced iron in the Stated Policies Scenario, 2035* – data & charts, updated December 2025. https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/levelised-cost-of-steel-production-via-hydrogen-based-direct-reduced-iron-in-the-stated-policies-scenario-2035

IEA (2026b). *Energy Technology Perspectives 2026 (ETP 2026).* International Energy Agency. https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2026

União Europeia (2023). *Regulamento Delegado (UE) 2023/1184 da Comissão de 10 de fevereiro de 2023 que completa a Diretiva (UE) 2018/2001 do Parlamento Europeu e do Conselho estabelecendo uma metodologia da União que determina regras pormenorizadas aplicáveis à produção de combustíveis líquidos e gasosos renováveis de origem não biológica para os transportes.* C/2023/1087. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1184

União Europeia (2025). Comunicação da Comissão – *Orientações sobre as metas relativas ao consumo de combustíveis renováveis de origem não biológica nos setores da indústria e dos transportes estabelecidas nos artigos 22.o-A, 22.o-B e 25.o da Diretiva (UE) 2018/2001 relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis, com a redação que lhe foi dada pela Diretiva (UE) 2023/2413.* Documento C/2025/2983, nota 14. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX:52025XC02983