



O Mecanismo de Ajustamento de Carbono na Fronteira (CBAM) da União Europeia: implicações para as exportações brasileiras

Bruna Ribeiro Silva
Marta Castilho
Kaio Vital¹

Resumo: O mecanismo de ajustamento de carbono na fronteira (CBAM) da União Europeia (UE) representa uma medida regulatória para evitar o chamado “vazamento de carbono”, fenômeno em que a produção é deslocada para países com regulamentações ambientais menos rigorosas. Em sua fase inicial, o mecanismo abrange os setores ferro e aço, alumínio, cimento, fertilizantes, hidrogênio e eletricidade, responsáveis por parcela relevante das emissões globais. Este estudo analisa os impactos potenciais do CBAM sobre as exportações brasileiras, com foco no setor brasileiro mais vulnerável ao mecanismo, o setor de aço e ferro, por meio da estimativa do equivalente tarifário *ad valorem* implícito associado ao custo do carbono. A metodologia combina dados de comércio internacional, intensidade de emissões de CO₂eq por produto e preços das licenças do Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), permitindo converter o custo ambiental em uma métrica comparável às tarifas comerciais tradicionais. Os resultados indicam que, no curto prazo, o impacto sobre as exportações brasileiras é limitado, com equivalente tarifário inferior a 1% em 2026. Contudo, com a expansão progressiva do mecanismo, esse valor pode atingir até 29,4% em 2034. Observou-se ainda que os efeitos do CBAM dependem não apenas da intensidade de emissões, mas também da estrutura de preços dos exportadores, o que permite a preservação da competitividade relativa de produtores com menores custos. Para o Brasil, o mecanismo representa uma ameaça para setores intensivos em carbono, mas também uma oportunidade de *upgrading* produtivo, especialmente considerando sua matriz energética relativamente limpa.

Palavras-chave: CBAM; comércio internacional; descarbonização industrial

Código JEL: F180 Comércio e Meio Ambiente

Área Temática: 2. Comércio internacional, cadeias de valor e internacionalização

¹ Bruna Ribeiro Silva, bruna.silva@ppge.ie.ufrj.br, doutoranda e assistente de pesquisa no Grupo da Indústria e Competitividade (GIC) (IE_UFRJ, Brasil). Marta dos Reis Castilho, castilho@ie.ufrj.br, professora e coordenadora do Grupo da Indústria e Competitividade (GIC) (IE_UFRJ, Brasil). Kaio Glauber Vital da Costa, kaio.costa@ie.ufrj.br, professor e membro do Grupo da Indústria e Competitividade (GIC) (IE_UFRJ, Brasil)

The European Union's Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM): Implications for Brazilian Exports

Abstract: The European Union's Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) represents a regulatory measure designed to prevent so-called "carbon leakage," a phenomenon in which production is relocated to countries with less stringent environmental regulations. In its initial phase, the mechanism covers the iron and steel, aluminum, cement, fertilizers, hydrogen, and electricity sectors, which account for a significant share of global emissions. This study analyzes the potential impacts of the CBAM on Brazilian exports, focusing on the Brazilian sector most vulnerable to the mechanism, iron and steel, by estimating the implicit ad valorem tariff equivalent associated with carbon costs. The methodology combines international trade data, product-level CO₂eq emissions intensity, and prices of allowances from the European Union Emissions Trading System (EU ETS), allowing the environmental cost to be expressed in a metric comparable to traditional trade tariffs. The results indicate that, in the short term, the impact on Brazilian exports is limited, with a tariff equivalent of less than 1% in 2026. However, as the mechanism is progressively expanded, this value may reach up to 29.4% in 2034. The findings also show that the effects of the CBAM depend not only on emissions intensity but also on exporters' price structures, allowing lower-cost producers to preserve their relative competitiveness. For Brazil, the mechanism represents both a threat to carbon-intensive sectors and an opportunity for productive upgrading, particularly given its relatively clean energy matrix.

Keywords: CBAM; international trade; industrial decarbonization

Introdução

O Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM) é o instrumento por meio do qual a União Europeia (EU) passa a incorporar a intensidade de emissões de carbono dos bens importados ao custo de acesso ao seu mercado, alinhando o tratamento de produtos estrangeiros às regras do Sistema de Comércio de Emissões europeu (EU-ETS, na sigla em inglês). Em vez de uma tarifa fixa, o mecanismo vincula o encargo à quantidade de CO₂eq incorporada na produção do bem e ao preço do carbono na UE, afetando diretamente setores intensivos em carbono, como aço e ferro, alumínio, cimento, fertilizantes, eletricidade e hidrogênio.

Grande parte da literatura acadêmica tem se concentrado em estudos sobre a viabilidade legal e política do CBAM, bem como em sua eficácia na redução do vazamento de carbono e nos impactos sobre a competitividade global de alguns países (Böhringer et al., 2022; Beaufils et al., 2023; CNI, 2024; International Institute For Sustainable Development (IISD), 2024). Lim et al. (2021) fornecem evidências empíricas sobre potenciais efeitos de retaliação, apresentando cenários que resultam, em sua maioria, em consequências negativas para a implementação do mecanismo, enquanto Magacho, Espagne e Godin (2022) mostram perdas significativas nas receitas de exportação, no emprego e no salário de economias em desenvolvimento. O estudo da African Climate Foundation (ACF) e London School of Economics (LSE) (2023) indicam ainda que, à medida que o sistema se expande e o preço do carbono aumenta, os impactos sobre países em desenvolvimento se intensificam. Embora parte da literatura defenda que um CBAM global coordenado poderia nivelar o rigor ambiental entre países, estruturas produtivas ainda intensivas em carbono tornam as economias em desenvolvimento desproporcionalmente vulneráveis.

Para o Brasil, o mecanismo é particularmente relevante porque atinge setores industriais que detém peso relevante na pauta exportadora, sendo a União Europeia um de seus principais destinos. Embora os produtos abrangidos pelo CBAM representem uma parcela limitada do valor total exportado, concentram fluxos de alto peso econômico e tecnológico, com destaque para a cadeia siderúrgica. Ao mesmo tempo, o país enfrenta a combinação de estruturas produtivas ainda intensivas CO₂eq, elevada exigência de capital para a modernização tecnológica e crescente sensibilidade dos parceiros comerciais à interação entre emissões e preços de exportação.

O objetivo deste artigo é avaliar os impactos do CBAM no comércio exterior do Brasil, identificando os desafios e os potenciais efeitos sobre as exportações brasileiras. A contribuição principal consiste em combinar uma análise detalhada dos fluxos comerciais dos setores abrangidos com uma estimativa quantitativa do equivalente tarifário do CBAM para o setor de aço e ferro, segmento mais relevante e vulnerável no Brasil. Ao mensurar o peso econômico implícito deste instrumento com base na intensidade de emissões e nos preços das licenças do EU ETS, o estudo busca oferecer um diagnóstico mais preciso sobre a competitividade e a vulnerabilidade dos setores afetados pelo CBAM frente às novas exigências europeias, bem como apontar ameaças e oportunidades de reorientação produtiva.

O artigo está estruturado em quatro seções, além desta introdução e das considerações finais. A primeira seção apresenta a definição e a metodologia atualizada do CBAM sob o Regulamento 2025/2083. A segunda discute os principais desafios internacionais associados ao mecanismo. A terceira analisa a exposição do Brasil à União Europeia por meio dos fluxos comerciais entre 2014 e 2023. Por fim, a quarta seção apresenta a simulação da equivalência tarifária para o setor de aço e ferro, explorando como os custos efetivos do carbono podem redefinir a competitividade brasileira sob o novo regime comercial.

1. Definição e metodologia do CBAM

Criado como parte do *European Green Deal*², o CBAM é uma estratégia da UE para limitar as emissões de CO₂, mais precisamente CO₂eq, emissões equivalentes de gases de efeito estufa

² European Green Deal é o pacto ecológico europeu lançado em 2019 com a intenção de reduzir em 55% até 2030 as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e chegar à neutralidade climática até 2050 (CNI, 2024).

(GEE). Esse ajuste busca mitigar o vazamento de carbono, isto é, a transferência de produção para países com normas ambientais mais brandas, e incentivar os países e indústrias a adotarem práticas mais sustentáveis (CNI, 2024).

O enquadramento jurídico do CBAM foi consolidado pelo Regulamento (UE) 2023/956 e aprimorado pelo Regulamento (UE) 2025/2083, de 8 de outubro de 2025, que estabeleceu as normas para a transição definitiva do mecanismo em 1 de janeiro de 2026. Do ponto de vista técnico, o CBAM opera como uma extensão do Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), visando equalizar o custo do carbono entre bens produzidos internamente e bens importados de jurisdições com políticas climáticas menos rigorosas.

O CBAM passou por duas fases, a primeira foi a fase de transição, de 1 de outubro de 2023 a 31 de dezembro de 2025, e a fase definitiva iniciou em 1 de janeiro de 2026. Na fase de transição os importadores enviaram relatórios trimestrais com um conjunto de informações sobre os produtos importados que estão dentro do escopo do CBAM, incluindo as emissões geradas por esses produtos. Foi uma fase de aperfeiçoamento do sistema, para que, tanto os importadores quanto os exportadores pudessem se adequar sem a cobrança da tarifa.

A fase definitiva do mecanismo iniciou-se oficialmente em 1 de janeiro de 2026, e com a entrada em vigor do Regulamento (UE) 2025/2083, o sistema passou a exigir obrigações financeiras reais para os importadores, visando a integração definitiva do custo do carbono nas trocas comerciais com a União Europeia. Uma das principais inovações deste novo regulamento é a introdução de uma isenção de *minimis*, que desonera importadores cujas mercadorias nos setores de ferro, aço, alumínio, fertilizantes e cimento não excedam cumulativamente o limite de 50 toneladas de massa líquida por ano civil. Contudo, esta isenção não se aplica aos setores de eletricidade e hidrogênio, dadas as suas características específicas de intensidade de emissão.

Para operar nesta fase, os importadores devem obrigatoriamente obter o estatuto de declarante CBAM autorizado antes de ultrapassarem o referido limite de massa. O processo de reporte também sofreu alterações, migrando da periodicidade trimestral para uma declaração anual, que deve ser submetida através do registo CBAM até ao dia 30 de setembro do ano subsequente ao da importação. Consequentemente, o primeiro acerto financeiro, que envolve a venda e a devolução efetiva de certificados CBAM pelos Estados-Membros, ocorrerá em 2027, tendo como base as emissões incorporadas nas mercadorias importadas durante o exercício de 2026.

No que diz respeito à gestão financeira dos certificados, o declarante autorizado tem a responsabilidade de assegurar que, ao final de cada trimestre, a sua conta no registo possua um número de certificados correspondente a, pelo menos, 50% das emissões incorporadas em todos os bens importados desde o início do ano civil. A metodologia de liquidação desses títulos contempla um ajuste destinado a refletir as atribuições gratuitas de licenças de emissão vigentes no Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS), estabelecendo uma transição escalonada da cobrança entre 2026 e 2033, até a convergência para a cobertura integral de 100% em 2034.

A natureza desse ajuste fundamenta-se no princípio da paridade competitiva e na prevenção do “vazamento de carbono”. O mecanismo opera como um instrumento de correção de assimetrias de custos ambientais, e à medida que as indústrias sediadas na União Europeia perdem gradualmente suas alocações gratuitas e passam a internalizar o custo total das emissões via EU ETS, o CBAM impõe um encargo equivalente aos produtos importados, evitando a substituição da produção doméstica por importações de países com normas ambientais menos rigorosas. A União Europeia argumenta que o CBAM é compatível com o princípio de não-discriminação da Organização Mundial do Comércio (OMC), uma vez que o chamado “Fator CBAM” assegura que o produto importado receba um tratamento simétrico ao similar doméstico, ou seja, o importador recebe o desconto na proporção exata das licenças gratuitas da indústria europeia. O cronograma de descontinuação dessas alocações gratuitas, e o consequente aumento da exigência financeira sobre as importações, foi estabelecido pela Diretiva (UE) 2023/959³, que altera a Diretiva 2003/87/CE.

³ De acordo com a DIRETIVA (UE) 2023/959 o fator de redução à atribuição de licenças de emissão a título gratuito corresponde a 100% durante o período de transição, findo no final de 2025 e, “... sob reserva da aplicação do disposto no artigo 36º, nº 2, alínea b), desse regulamento, a 97,5% em 2026, 95% em 2027, 90% em 2028, 77,5% em 2029, 51,5% em 2030, 39% em 2031, 26,5% em 2032

Além disso, o regulamento estabelece que a utilização de dados de emissões reais nas declarações exige, de forma mandatória, a verificação por auditores independentes e certificados pela União Europeia. Caso o importador não forneça informações verificáveis, a Comissão aplicará valores padrão baseados na intensidade média das instalações menos eficientes ou na média dos dez países exportadores com maiores emissões para o produto em questão. Este novo quadro normativo também prevê sanções para o descumprimento das normas, embora permita reduções nas penalidades em casos de erros não intencionais ou quando o limite de massa for excedido em apenas 10%.

A metodologia do CBAM é baseada na intensidade das emissões de carbono de produtos importados e os produtos afetados inicialmente incluem ferro e aço, alumínio, cimento, fertilizantes, hidrogênio e eletricidade, com a possibilidade de expansão, posteriormente, para outros setores. A UE fornece informações detalhadas sobre os produtos que serão afetados pelo CBAM através de códigos do Sistema Harmonizado (*HS Code*) e sobre como mensurar as emissões utilizando o escopo 1 e 2⁴. Por ora, o mecanismo exclui as emissões de Escopo 3 (cadeia de suprimentos e logística). (European Commission, 2021; União Europeia, 2023).

De acordo com o Artigo 2º, nº 3 do Regulamento (UE) 2023/956, não estão sujeitos ao CBAM a Islândia, Liechtenstein, Noruega e Suíça, que possuem um mercado de carbono integrado ou equivalente, e o preço do CO₂eq já é internalizado no custo de produção nesses países nos mesmos patamares da EU.

Para explicar a sistemática operacional dos certificados na fase definitiva do CBAM, iniciada em 1 de janeiro de 2026, é necessário distinguir os fluxos de aquisição e de quitação das obrigações, processo este denominado tecnicamente como devolução. A devolução consiste na entrega definitiva dos certificados à autoridade climática europeia para compensar as emissões incorporadas declaradas, o que resulta no cancelamento desses títulos e impede a sua reutilização ou comercialização futura. O funcionamento desses fluxos apresenta diferentes temporalidades e regras de cálculo:

- Fluxo de aquisição e precificação: A venda de certificados CBAM pelos Estados-Membros em plataforma centralizada tem início previsto para 1 de fevereiro de 2027. Como regra geral, o preço é determinado pela média semanal dos preços de fechamento das licenças do Sistema de Comércio de Emissões da UE (EU ETS). No entanto, em caráter excepcional para o exercício de 2026, o cálculo será baseado na média trimestral dos preços do trimestre em que as mercadorias foram importadas.

- Obrigação de manutenção de saldo: Embora a prestação de contas final seja anual, o regulamento exige um monitoramento trimestral de estoque. A partir de 1 de janeiro de 2027, o declarante autorizado deve assegurar que, ao final de cada trimestre, a sua conta no registo CBAM contenha, no mínimo, 50% dos certificados correspondentes às emissões totais acumuladas desde o início do ano civil em curso.

- Pagamento final (Devolução): O acerto de contas definitivo ocorre anualmente. Cada declarante deve utilizar o registo CBAM para devolver o número total de certificados correspondente às emissões verificadas do ano civil anterior até o dia 30 de setembro. Desta forma, a primeira devolução financeira referente às obrigações da fase definitiva ocorrerá em 30 de setembro de 2027, cobrindo as importações realizadas em 2026.

Esta estrutura garante que o custo do carbono seja integrado gradualmente ao longo do ano, culminando na quitação anual obrigatória que valida a conformidade ambiental do importador. Além disso, certificados que permaneçam em conta sem uso por um período prolongado estarão sujeitos a anulação automática sem compensação, como ocorrerá em 1 de novembro de 2027 para os títulos relativos a 2026.

1.1 Mensuração do Custo e da Equivalência Financeira do CBAM⁵

O custo financeiro associado ao CBAM é definido pela EU como uma obrigação financeira

e 14% em 2033. A partir de 2034, não é aplicado qualquer fator CBAM.”

⁴ “As referidas informações devem incluir fatores de emissão normalizados a utilizar no cálculo das emissões incorporadas diretas, designadamente fatores de emissão de combustíveis e fatores de emissão de processos e também fatores de eficiência de referência para a produção de eletricidade e calor.” (União Europeia, 2023).

⁵ Para detalhes sobre os cálculos do CBAM, verificar o regulamento de execução (UE) 2023/1773 da comissão de 17 de agosto de 2023 (União Europeia, 2023).

proporcional às emissões de carbono incorporadas nos bens importados, porém, consiste em um imposto incidente sobre produtos importados e por isso, se assemelha à uma tarifa aduaneira e torna possível o cálculo de um equivalente tarifário, como ver-se-á na seção 4.

O montante de certificados a serem liquidados depende do volume das mercadorias, da intensidade de emissões incorporadas, do fator de ajuste referente às licenças gratuitas concedidas internamente na União Europeia e das deduções efetivadas no país de origem. A equação matemática para determinar o custo total do ajuste de fronteira (C_{CBAM}) pode ser expressa como:

$$C_{CBAM} = [(m \times I_c) \times P_{ETS} \times F_{CBAM}] - D_{origem} \quad (1)$$

Onde:

- m : volume líquido do produto importado (em toneladas);
- I_c : intensidade de emissão de CO₂eq incorporadas, diretas e indiretas (em tCO₂eq);
- P_{ETS} : preço médio semanal das licenças de emissão no sistema EU ETS (em EUR);
- F_{CBAM} : fator de redução progressiva (conforme DIRETIVA (UE) 2023/959);
- D_{origem} : dedução referente ao preço do carbono efetivamente pago no país de origem pela mesma quantidade de emissões incorporadas.

A operacionalização do CBAM distingue a mensuração técnica das emissões de sua liquidação financeira. O processo inicia-se com o cálculo do volume total de emissões incorporadas e a obrigação de entrega de certificados é filtrada pelo Fator de redução CBAM, que ajusta a base à paridade com as licenças gratuitas da União Europeia. Portanto, a aquisição de títulos eletrônicos não incide sobre o montante total, sendo limitada ao volume residual já ajustado pelo fator de transição vigente no ano da importação e pelas deduções de origem, se o país exportador possua políticas de precificação do carbono, neste caso, o declarante pode solicitar uma redução correspondente ao preço pago na origem.

As emissões podem variar significativamente dependendo do setor, das instalações de produção e do produto produzido, por exemplo, o aço produzido no alto-forno ou no forno elétrico⁶.

2. Desafios internacionais do CBAM

Ainda que o mecanismo já esteja na sua fase de aplicação definitiva, enfrenta desafios críticos relacionados à sua implementação e aceitação global. Estes obstáculos podem ser categorizados em dimensões técnicas, jurídicas e socioeconômicas, afetando de forma distinta os diversos parceiros comerciais da União Europeia.

2.1 Desafios Técnicos e Metodológicos

A complexidade do sistema exige uma infraestrutura administrativa robusta para a determinação das emissões incorporadas, demandando transparência absoluta dos exportadores, gerando dúvidas sobre a conformidade das abordagens de mensuração, que envolvem o rastreamento de cadeias de suprimento complexas. Enquanto os protocolos contábeis nacionais geralmente medem emissões ao nível da instalação, a metodologia do CBAM exige o detalhamento ao nível do produto, uma transição particularmente complexa para unidades produtivas que processam múltiplos bens ou utilizam diversos insumos emissores (IIDS, 2024; Veiga; Rios, 2024).

Outro desafio técnico está relacionado à precificação das emissões de carbono. Prever a taxa do CBAM é desafiador devido à natureza do sistema de comércio de emissões, que não define um imposto fixo por tonelada de carbono, mas cria um mercado no qual o preço do carbono é estabelecido indiretamente e pode variar ao longo do tempo. Apesar da expansão recente dos instrumentos de precificação de carbono, ainda é relativamente pequeno o número de países que operam sistemas

⁶ A UE disponibiliza instruções de cálculo de forma detalhada para os produtores exportadores através de vídeos disponíveis no site da Comissão Europeia e no Regulamento de execução (União Europeia, 2023).

domésticos plenamente regulamentados e comparáveis ao europeu, dessa forma, muitos exportadores de bens intensivos em emissões permanecem, na prática, sujeitos aos parâmetros de preço do carbono definidos pela União Europeia no âmbito do CBAM. Entre as jurisdições que já contam com esquemas formais de precificação destacam-se além da União Europeia, o Canadá, o México, a China, o Japão, a Coreia do Sul e algumas regiões dos Estados Unidos, além de outros países que combinam mercados de emissões e tributos sobre carbono (Word Bank, 2025).

No caso brasileiro, a aprovação recente do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões (SBCE) instituído pela Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024, inaugura um mercado regulado doméstico, ainda em fase de implementação, que poderá no futuro dialogar com esses sistemas internacionais e reduzir a dependência em relação ao preço do carbono importado da EU (Agência Senado, 2024).

2.2 Políticas Industriais e a Corrida por Subsídios Verdes

Para além da precificação direta das emissões, os instrumentos de política industrial, com destaque para os subsídios, configuram-se como estratégias centrais na mitigação climática, alterando significativamente a dinâmica do comércio internacional. O papel dos subsídios é dúbio, quando direcionados à planeamento e desenvolvimento (P&D), podem fomentar inovações tecnológicas de baixo carbono, facilitando a transição global e reduzindo custos para importadores de tecnologias limpas. No entanto, a proliferação de subsídios à produção e exportação tem gerado preocupações sobre a integridade do sistema de comércio multilateral.

A implementação de pacotes massivos de apoio industrial em economias avançadas – como o *Green Deal Industrial Plan* na UE e o *Inflation Reduction Act* (IRA) nos Estados Unidos – sinaliza o início de uma corrida global por subsídios verdes. Segundo Böhringer et al. (2022), esta dinâmica pode conferir vantagens estratégicas às empresas nacionais, distorcendo a oferta e a procura ao longo das cadeias de valor globais. Tais medidas podem fragmentar o mercado, uma vez que a capacidade de atrair indústrias verdes passa a depender da força fiscal do Estado, minando a eficácia do CBAM.

Subsídios que visam reduzir os custos operacionais da produção que é intensiva em CO₂eq podem atuar como um desconto de exportação indireto. Nestes casos, o subsídio funciona como um financiador da tarifa imposta pelo CBAM, permitindo que o exportador mantenha a sua quota de mercado na UE sem realizar os investimentos necessários para a redução das emissões. Esta prática neutraliza o sinal de preço pretendido pelo mecanismo e compromete os objetivos climáticos globais.

2.3 Implicações Jurídicas e Geopolíticas

No âmbito do comércio multilateral, o CBAM é frequentemente percebido como uma forma de protecionismo, podendo gerar barreiras não-tarifárias e retaliações comerciais. A compatibilidade da medida com as regras da Organização Mundial do Comércio (OMC) depende da sua interpretação como imposto interno ou medida de fronteira. Caso prevaleça a segunda visão, o mecanismo poderá violar princípios fundamentais do Acordo Geral de Tarifas e Comércio (GATT), como por exemplo o Tratamento Nacional e a Nação Mais Favorecida.

Além das tensões diplomáticas, a imprevisibilidade do preço do carbono no mercado europeu (EU ETS) dificulta o planeamento económico dos exportadores. A magnitude dos impactos permanece incerta, sujeitando as empresas a pagamentos diretos, cobranças sobre insumos (como eletricidade) e à investimentos em tecnologias de baixo carbono.

2.4 Impactos sobre Países em Desenvolvimento

Países em desenvolvimento enfrentam vulnerabilidades desproporcionais devido às suas estruturas industriais intensivas em carbono e sua limitada capacidade fiscal para financiar a transição energética, a disparidade no espaço fiscal entre os países agrava a assimetria competitiva.

Enquanto países desenvolvidos mobilizam altos recursos públicos para descarbonizar as suas indústrias, os países em desenvolvimento enfrentam restrições orçamentais severas e custos de capital mais elevados. Sem mecanismos de compensação ou cooperação tecnológica, o CBAM, em conjunto com as políticas de subsídios, pode consolidar uma nova divisão internacional do trabalho, onde os países em desenvolvimento permanecem retidos em etapas produtivas de menor valor agregado ou

enfrentam barreiras intransponíveis para a modernização das suas infraestruturas (WTO, 2023).

A escassez de capacidade técnica e de infraestrutura de dados para o monitoramento rigoroso das emissões representa outro gargalo significativo e aumenta o fosso entre os países em desenvolvimento e os desenvolvidos.

2.5 Assimetria Competitiva e Barreiras Administrativas

Existe também um desafio crítico no âmbito microeconômico, que é o impacto desigual do CBAM sobre diferentes portes de empresas. A exigência de uma infraestrutura administrativa robusta para coletar, processar e relatar dados de emissões impõe um ônus financeiro e técnico desproporcional às pequenas e médias empresas. Enquanto grandes exportadores possuem escala para absorver os custos de conformidade (softwares de monitoramento, consultorias ambientais e auditorias externas), os pequenos produtores carecem de recursos para tal adaptação.

O Regulamento (UE) 2025/2083 tentou remendar essa questão ao estabelecer a isenção *de minimis* para importações anuais de até 50 toneladas. No entanto, empresas que operam ligeiramente acima deste limite enfrentam um abismo regulatório, onde o custo de conformidade pode inviabilizar a margem de lucro da exportação. Essa dinâmica pode resultar em uma concentração de mercado, onde apenas os grandes produtores conseguem manter o acesso, aprofundando a desigualdade competitiva e dificultando a inserção internacional de novos atores industriais menos capitalizados.

Apesar destes desafios, parte da literatura e a própria Organização Mundial do Comércio (OMC) sugerem que o CBAM pode atuar como um catalisador para que outros países adotem políticas climáticas mais rigorosas em busca da manutenção da competitividade internacional (Parry et al., 2021; Beaufils et al., 2023; WTO, 2023).

3. O impacto do CBAM nas exportações brasileiras

Esta seção apresenta o estudo sobre a inserção do comércio internacional brasileiro frente às exigências do CBAM, considerando que o Brasil figura entre os maiores produtores globais de ferro e aço, alumínio e cimento, setores de elevada intensidade de carbono (Nogueira, 2022). O objetivo é quantificar a exposição da pauta exportadora nacional e identificar os vetores de vulnerabilidade e competitividade que emergem com a operacionalização do mecanismo.

A análise está estruturada em três etapas. Inicialmente, determina-se a importância relativa dos produtos abrangidos pelo CBAM no montante total das exportações brasileiras, visando mensurar a representatividade desses setores para o comércio exterior do país. Em seguida, verifica-se a relevância da União Europeia como mercado de destino, avaliando o grau de dependência desses fluxos comerciais. O terceiro eixo de análise dedica-se à identificação dos principais concorrentes globais do Brasil no mercado europeu para os produtos em questão, fator determinante para compreender as pressões competitivas sob as novas regras de ajuste de carbono na fronteira.

Os dados de comércio internacional dos produtos afetados pelo CBAM listados pelo mecanismo no Regulamento de Execução UE 2023/1773 foram extraídos da base de dados UN-COMTRADE para o período de 2014 a 2023.

3.1 Importância dos produtos CBAM e relevância da União Europeia

A análise dos fluxos comerciais brasileiros entre 2014 e 2023 mostra que no acumulado do período, os produtos CBAM totalizaram US\$ 151,5 bilhões, representando 6,3% do valor total das exportações brasileiras para o mundo (Tabela 1). Embora esse percentual pareça modesto no montante global, a relevância do mecanismo torna-se evidente ao observar a distribuição geográfica desses fluxos e o perfil dos parceiros comerciais envolvidos.

Tabela 1 – Evolução das Exportações Brasileiras Totais e de Produtos CBAM (2014-2023; em milhões de US\$; %)

Ano	Exp. Total Mundo	Exp. Total UE	Part. UE (%)	Exp. CBAM Mundo	Part. CBAM / Total (%)	Exp. CBAM UE	Part. EU/CBAM (%)
2014	220.920,76	36.156,60	16,4	16.584,53	7,5	2.846,00	17,2
2015	186.774,92	28.817,72	15,4	13.498,29	7,2	2.315,45	17,2
2016	179.526,13	27.146,38	15,1	10.417,00	5,8	2.209,06	21,2
2017	214.988,11	30.236,53	14,1	13.913,61	6,5	2.758,24	19,8
2018	231.889,52	34.299,44	14,8	15.637,06	6,7	2.860,70	18,3
2019	221.126,81	29.988,02	13,6	13.025,47	5,9	1.591,12	12,2
2020	209.180,24	27.664,99	13,2	10.280,75	4,9	901,74	8,8
2021	280.814,58	36.547,87	13,0	18.064,53	6,4	1.675,17	9,3
2022	334.463,08	50.835,21	15,2	21.028,60	6,3	2.510,83	11,9
2023	339.695,77	46.316,39	13,6	19.078,22	5,6	2.387,38	12,5
Total	2.419.379,90	348.009,15	14,4	151.528,06	6,3	22.055,68	14,6

Fonte: Elaboração própria com dados do UN Comtrade (2024)

Observa-se uma trajetória de redução na dependência relativa da União Europeia que em 2014 representava 17,2% do destino das exportações brasileiras CBAM, recuando para 12,5% em 2023 (Tabela 1). Esse comportamento evidencia que, apesar do crescimento nominal dos valores exportados nos últimos anos, a participação do bloco europeu no total comercializado pelo Brasil não recuperou a margem anterior à pandemia.

Enquanto na pauta exportadora total o Brasil tem a China como principal parceiro (26,3%), sua relevância para os produtos sensíveis ao carbono é secundária, representando 5,2% do total exportado para a china. O eixo das exportações brasileiras de produtos CBAM desloca-se para o ocidente, onde Estados Unidos e União Europeia controlam, conjuntamente, 46,4% do mercado exportador nacional. Os Estados Unidos figuram como o principal destino (31,8%), seguidos pela União Europeia, que absorve 14,6% do valor total exportado pelo Brasil nos setores CBAM (Tabela 2). Esse padrão exportador indica a exposição do país às regulamentações ambientais impostas por esses mercados aos setores intensivos em carbono.

Dentro da União Europeia, a demanda por produtos CBAM apresenta uma alta concentração geográfica, quatro países respondem por mais de 68,0% de todas as exportações brasileiras desses produtos para o bloco, Países Baixos (23,3%), Itália (16,8%), Bélgica (14,9%) e Alemanha (13,5%), essa concentração indica que a exposição do Brasil ao mecanismo está vinculada a mercados específicos que atuam como importantes centros industriais ou de distribuição logística na Europa, como é o caso dos Países Baixos.

Tabela 2 – Principais Destinos das Exportações Brasileiras (Acumulado 2014-2023; em milhões de US\$; %)

Parceiros (Total)	Exp. Total Mundo	Part. Total (%)	Parceiros (CBAM)	Exp. CBAM Mundo	Part. CBAM (%)
China	635.415,76	26,3	Estados Unidos	48.152,80	31,8
União Europeia	348.009,15	14,4	União Europeia	22.055,68	14,6
Estados Unidos	289.262,26	12,0	Argentina	13.017,67	8,6
Argentina	135.238,96	5,6	Japão	7.896,75	5,2
Chile	57.558,05	2,4	China	7.865,11	5,2
Japão	54.069,10	2,2	México	4.708,61	3,1
México	50.001,70	2,1	Coreia do Sul	3.677,13	2,4
Índia	41.619,64	1,7	Paraguai	3.217,39	2,1
Coreia do Sul	41.115,44	1,7	Turquia	3.144,75	2,1
Cingapura	37.479,69	1,5	Egito	3.060,86	2,0
Outros	729.610,16	30,2	Outros	34.731,31	22,9
Total	2.419.379,90	100,0	Total	151.528,06	100,0

Fonte: Elaboração própria com dados do UN Comtrade (2024)

Dentre os setores afetados pelo CBAM, o aço e ferro apresenta a maior representatividade na pauta exportadora brasileira (Tabela 3). Entre 2014 e 2023, o Brasil exportou US\$ 136,6 bilhões em produtos deste setor, o que equivale a 90,1% do total das exportações brasileiras no escopo do mecanismo. Desse montante global, a União Europeia absorveu 15,0%. Sob a ótica das exportações destinadas especificamente ao bloco europeu, a dominância do setor é ainda mais acentuada,

representando 92,7% do total de produtos CBAM enviados ao bloco. As exportações são seguidas pelo alumínio (6,5%), fertilizantes (1,5%), cimento (1,2%), eletricidade (0,6%) e hidrogênio quase não aparece nas exportações desses setores para o mundo.

Embora o setor de cimento apresente um volume financeiro reduzido na pauta exportadora, totalizando US\$ 1,8 bilhões do total CBAM, ele revela uma vulnerabilidade crítica sob a ótica da dependência geográfica. Quase metade das exportações brasileiras desse segmento (48,9%) tem como destino a União Europeia. Assim, apesar de representar apenas 4,0% do valor total de produtos CBAM exportados para o bloco, o setor de cimento é o que apresenta a maior exposição proporcional às novas regras de ajuste de carbono na fronteira, dado o reduzido espaço para redirecionamento desse fluxo comercial para outros mercados.

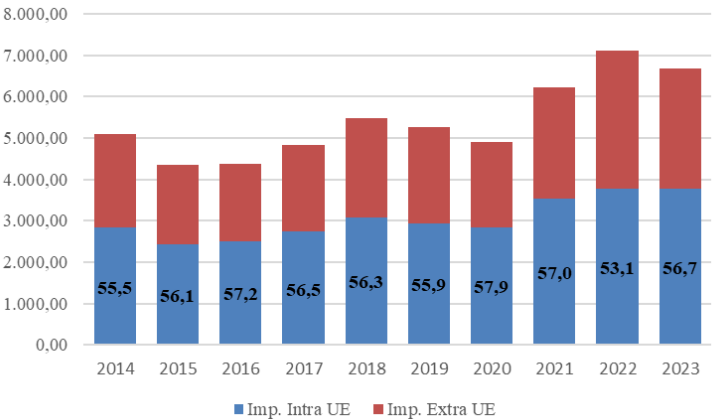
Tabela 3 – Exportações Brasileiras por Setores do Escopo CBAM (Acumulado 2014-2023; em milhões de US\$; %)

Setores CBAM	Exp. CBAM Mundo	Part. do Setor (%)	Exp. CBAM UE	Part. UE no Setor (%)	Part. do Setor no Total da UE (%)
Aço e Ferro	136.593,29	90,1	20.438,56	15,0	92,7
Alumínio	9.880,15	6,5	687,09	7,0	3,1
Fertilizantes	2.294,98	1,5	49,78	2,2	0,2
Cimento	1.799,18	1,2	880,25	48,9	4,0
Eletricidade	960,3	0,6	0	0,0	0,0
Hidrogênio	0,16	0,0	0	0,0	0,0
Totais	151.528,06	100,0	22.055,68	14,6	100,0

Fonte: Elaboração própria com dados do UN Comtrade (2024)

A análise da competitividade brasileira no mercado europeu exige a compreensão da magnitude e da distribuição das importações totais do bloco. As importações da União Europeia tiveram crescimento após 2020, atingindo o volume total de importações de US\$ 6,6 trilhões em 2023. Há o predomínio do comércio com os próprios países-membros da União Europeia (Intra UE), que se mantiveram a média de 56,0% das importações durante o período analisado.

Gráfico 1 – Importações da União Europeia intra e extrabloco (2014-2023; em bilhões de US\$; %)



Fonte: Elaboração própria com dados do UN Comtrade (2024)

Nota: rótulos indicam a participação percentual das Importações Intra UE

No acumulado de 2014 a 2023 a China se consolida como o principal parceiro comercial da União Europeia, detendo 19,5% de todas as importações provenientes de fora do bloco. Em seguida, destacam-se os Estados Unidos (11,9%), o Reino Unido (8,2%) e a Rússia (6,1%). O Brasil ocupa a 12ª posição no ranking de parceiros Extra-UE com participação de 1,5% do valor total importado. Embora o Brasil seja um parceiro relevante, ele opera em um mercado altamente pulverizado, onde competidores como Turquia (3,4%), Índia (2,1%) e Vietnã (1,8%) apresentam participação de mercado superiores ou próximas, competindo diretamente por setores que em breve serão impactados pelas novas regras de ajuste de carbono (Tabela 4).

Tabela 4 – Fornecedores da União Europeia Extra e Intra-bloco (% Acumulada 2014-2023)

Parceiros UE	Extra Part. Total Imp. UE (%)	Parceiros UE	Intra Part. Total Imp. UE (%)
China	19,5	Alemanha	23,3
Estados Unidos	11,9	Países Baixos	11,0
Reino Unido	8,2	França	9,4
Rússia	6,1	Itália	8,4
Suíça	5,4	Bélgica	7,8
Turquia	3,4	Espanha	6,1
Japão	3,4	Polônia	5,8
Noruega	2,9	República Tcheca	4,3
Coreia do Sul	2,5	Áustria	3,6
Índia	2,1	Hungria	2,8
Vietnã	1,8	Suécia	2,8
Brasil	1,5	Irlanda	2,3
Outros parceiros	31,3	Outros parceiros	12,4
Total Importações	100,0	Total Importações	100,0

Fonte: Elaboração própria com dados do UN Comtrade (2024)

Um aspecto central para compreender as pressões competitivas enfrentadas pelo Brasil diz respeito à origem dos fluxos de importação da União Europeia nos setores cobertos pelo CBAM. No período acumulado entre 2014 e 2023, os produtos sujeitos ao mecanismo representaram, em média, 5,9% do total das importações europeias, o equivalente a US\$ 3,2 trilhões. Os dados revelam que o abastecimento desses setores é predominantemente garantido por fluxos intra-EU, que mantiveram média de 68,4% durante o período analisado, em 2023, 68,3% das importações de produtos CBAM originaram dos Estados-membros, somando US\$ 262,6 bilhões (Tabela 5).

Tabela 5 – Importações da União Europeia de produtos CBAM (2014-2023; bilhões US\$; %)

Ano	Imp. Total Mundo	Imp. CBAM Mundo	Part. Imp. CBAM/Total Mundo (%)	Imp. CBAM Intra UE	Part. Imp. CBAM/Intra UE (%)
2014	5.090,30	284,43	5,6	197,42	69,4
2015	4.348,95	243,67	5,6	168,49	69,1
2016	4.380,64	234,21	5,3	162,04	69,2
2017	4.836,22	278,72	5,8	191,11	68,6
2018	5.475,84	320,20	5,8	217,85	68,0
2019	5.259,12	287,02	5,5	195,82	68,2
2020	4.910,03	251,37	5,1	174,95	69,6
2021	6.219,03	400,69	6,4	273,64	68,3
2022	7.106,34	509,27	7,2	339,96	66,8
2023	6.669,01	384,57	5,8	262,55	68,3
Total	54.295,47	3.194,16	5,9	2.183,84	68,4

Fonte: Elaboração própria com dados do UN Comtrade (2024)

Nesse contexto, a disputa comercial relevante para exportadores extra-UE, como o Brasil, restringe-se à parcela de 31,7% das importações europeias de produtos CBAM, aproximadamente US\$ 122 bilhões em 2023. Contudo, essa competição ocorre sob a referência de um mercado majoritariamente intra-UE, no qual cerca de 70% da oferta já está integrada às regras do Sistema de Comércio de Emissões (ETS). Esses produtores internos estabelecem o padrão regulatório, tecnológico e de custo ambiental que condiciona o acesso e a competitividade no segmento externo. Assim, a capacidade do Brasil de manter ou ampliar sua participação dependerá do grau de alinhamento entre sua eficiência produtiva e seus custos implícitos de CO₂eq em relação a esse benchmark europeu.

Analisando as importações dos setores separadamente, verifica-se que o mecanismo de ajuste de carbono possui um impacto altamente concentrado no setor de aço e ferro, respondendo por 65,1% do total acumulado das importações entre 2014 e 2023. Embora tenha havido uma redução na participação setorial em 2022, o volume financeiro permanece dominante frente aos demais grupos.

O setor de alumínio aparece como o segundo mais relevante, com uma participação de 19,9%, oscilando na faixa dos 20,0% durante o período e fechando 2023 com 20,1% de participação. Somados, os setores de aço e ferro e alumínio respondem por aproximadamente 85,0% do valor total das importações sob o mecanismo, mostrando que o ajuste de carbono na fronteira é, principalmente, um instrumento direcionado à cadeia metalúrgica.

Fertilizantes responde por 4,6% e cimento 1,0% do total CBAM. Setores como eletricidade (9,5%) e hidrogênio (0,03%) apresentam participações que, embora menores no acumulado, demonstram tendências de crescimento atreladas à transição energética do bloco (Tabela 6).

Tabela 6 – Participação dos setores CBAM no total das Importações da União Europeia (2014-2023; em milhões US\$; %)

Ano	Imp. CBAM Mundo	Part. Aço e Ferro (%)	Part. Alumínio (%)	Part. Fertilizante (%)	Part. Cimento (%)	Part. Eletricidade (%)	Part. Hidrogênio (%)
2014	284.433,74	67,6	19,8	5,1	1,0	6,4	0,04
2015	243.674,86	66,4	20,8	5,3	1,0	6,3	0,03
2016	234.207,00	67,2	21,3	4,4	1,1	5,9	0,03
2017	278.719,13	68,6	20,5	4,0	1,0	5,9	0,03
2018	320.202,11	68,8	20,2	3,6	0,9	6,4	0,03
2019	287.023,33	68,2	20,2	4,1	1,0	6,5	0,03
2020	251.366,70	67,7	21,0	4,2	1,2	5,9	0,01
2021	400.690,30	65,3	18,9	4,2	0,9	10,7	0,02
2022	509.268,29	55,9	18,4	5,9	0,8	19,1	0,04
2023	384.571,16	63,1	20,1	4,2	1,0	11,5	0,03
Total	3.194.156,61	65,1	19,9	4,6	1,0	9,5	0,03

Fonte: Elaboração própria com dados do UN Comtrade (2024)

Dentro da disputa pelo mercado extrabloco de aço e ferro, o Brasil ocupa a 11ª posição, com uma participação de 3,6% sobre o total de importações. A pressão competitiva sobre os exportadores brasileiros é exercida principalmente pela China, que detém 16,1% da participação extra UE, seguida pela Rússia (10,2%), Reino Unido (8,4%) e pela Turquia (8,3%). É importante notar que competidores como a Turquia e a Índia (5,9%) possuem estruturas produtivas que concorrem diretamente com o Brasil neste setor, tornando a eficiência nas emissões de carbono um fator decisivo para a manutenção de mercado sob as novas regras.

No setor de alumínio o Brasil apresenta uma inserção marginal, ocupando o 29º lugar com apenas 0,3% de participação. Neste mercado, a hegemonia é exercida pela Noruega (14,8%) e pela Rússia (12,2%). No setor de Fertilizantes o Brasil ocupa apenas a 34ª posição (0,1%), enquanto o mercado é amplamente dominado pela Rússia, que detém 28,0% das importações extrabloco.

Em contrapartida, o setor de cimento revela uma oportunidade estratégica e uma pressão competitiva elevada para o Brasil. Apesar de o setor representar apenas 1,0% do valor total acumulado das importações CBAM, o Brasil assume um papel de protagonista, posicionando-se como o 4º maior fornecedor externo da União Europeia, com 14,6% do mercado extrabloco. Nesse setor, o país compete diretamente com a Turquia (16,9%), os Estados Unidos (15,7%) e o Reino Unido (14,6%), dessa forma, qualquer alteração nos custos de conformidade ambiental poderá alterar significativamente o ranking de liderança deste setor (Tabela 7).

Tabela 7 – Participação dos principais exportadores para a UE por setor CBAM (2014-2023; em milhões US\$; %)

Aço e Ferro			Alumínio			Fertilizante		
Total	2.078.141,86	Part. Imp. CBAM/Total	Total	636.872,39	Part. Imp. CBAM/Total	Total	145.419,02	Part. Imp. CBAM/Total
Extra EU	602.600,15	Extra EU (%)	Extra EU	257.079,68	Extra EU (%)	Extra EU	63.798,66	Extra EU (%)
1° China		16,1	1° Noruega		14,8	1° Rússia		28,0
2° Rússia		10,2	2° Rússia		12,2	2° Argélia		11,9
3° Reino Unido		8,4	3° China		11,0	3° Egito		11,4
4° Turquia		8,3	4° Turquia		7,5	4° Marrocos		7,5
5° Ucrânia		6,7	5° Suíça		7,0	5° Trinidad e Tobago		4,6
6° Índia		5,9	6° Islândia		6,7	6° Noruega		3,5
7° Coreia do Sul		5,3	7° Reino Unido		5,9	7° Estados Unidos		3,3
8° Outros Países da Ásia		5,1	8° Emirados Árabes		5,5	8° Reino Unido		3,3
9° Estados Unidos		4,4	9° Moçambique		4,1	9° Belarus		3,3
10° Suíça		4,3	10° Estados Unidos		3,1	10° Chile		3,0
11° Brasil		3,6	29° Brasil		0,3	34° Brasil		0,1
Cimento			Eletricidade			Hidrogênio		
Total	30.822,91	Part. Imp. CBAM/Total	Total	301.934,33	Part. Imp. CBAM/Total	Total	966,10	Part. Imp. CBAM/Total
Extra EU	9.814,70	Extra EU (%)	Extra EU	77.008,74	Extra EU (%)	Extra EU	15,94	Extra EU (%)
1° Turquia		16,9	1° Suíça		24,6	1° Reino Unido		52,4
2° Estados Unidos		15,7	2° Noruega		14,4	2° Suíça		21,4
3° Reino Unido		14,6	3° Reino Unido		10,4	3° Sérvia		10,3
4° Brasil		14,6	4° Sérvia		10,3	4° Argélia		5,3
5° Ucrânia		12,2	5° Rússia		6,0	5° Macedônia do Norte		3,9
6° Argélia		3,4	6° Bósnia e Herz.		3,7	6° Estados Unidos		2,4
7° Tunísia		2,0	7° Ucrânia		3,2	7° Japão		1,6
8° Colômbia		2,0	8° Macedônia do Norte		2,2	8° Noruega		1,3
9° Belarus		1,7	9° Montenegro		2,1	9° Guiana		0,4
10° Vietnã		1,6	10° Albânia		1,2	10° China		0,3

Fonte: Elaboração própria com dados do UN Comtrade (2024)

O setor de eletricidade ocupa uma parcela relevante do escopo do CBAM, com um mercado acumulado de US\$ 301,9 bilhões no período analisado. No entanto, trata-se de um segmento com uma característica estrutural específica, associada à sua natureza física e territorial. Diferentemente de bens como aço ou cimento, que podem ser comercializados globalmente, o comércio internacional de eletricidade depende de interconexões físicas por meio de redes de transmissão transfronteiriças. Essa condição restringe o mercado efetivamente concorrencial aos países que fazem fronteira com a União Europeia, excluindo o Brasil da competição direta nesse segmento.

A pressão competitiva na fronteira elétrica da União Europeia é liderada pela Suíça (24,6%), Noruega (14,4%) e Reino Unido (10,4%). É relevante notar que a Sérvia (10,3%) e a Rússia (6,0%) também figuram como fornecedores estratégicos, embora o fluxo proveniente desta última tenha sofrido alterações em função do cenário geopolítico recente.

Para o Brasil, a importância deste setor no CBAM não reside na exportação direta da energia em si, mas sim no impacto que o custo da eletricidade tem sobre as emissões indiretas, e neste caso, o Brasil deve focar em utilizar sua matriz energética predominantemente renovável como um diferencial competitivo para reduzir o custo de conformidade ambiental de seus produtos manufaturados, como o alumínio e o aço e o ferro.

4. Equivalência Tarifária no Setor de Ferro e Aço

Esta seção dedica-se à mensuração da exposição econômica da siderurgia brasileira frente ao CBAM, por meio da simulação do equivalente tarifário *ad valorem*. O setor siderúrgico foi selecionado como objeto central deste estudo por representar o segmento de maior vulnerabilidade estratégica, dada a sua expressiva participação nos fluxos comerciais afetados e a elevada intensidade de carbono inerente aos seus processos produtivos. A conversão do custo ambiental em uma métrica tarifária permite comparar o encargo do carbono com as barreiras comerciais tradicionais, facilitando a compreensão do impacto sobre a competitividade do aço e ferro nacionais no mercado europeu.

4.1 Procedimentos Metodológicos e Fontes de Dados

Para o cálculo do custo financeiro do CBAM, utilizou-se uma metodologia que integra variáveis de volume, intensidade de CO₂eq e seu preço de mercado. O equivalente *ad valorem* do CBAM (EAV_CBAM) é determinado pela razão entre o custo CBAM total e o valor total das

exportações, conforme a equação abaixo:

$$EAV_CBAM_{ij} = \frac{[(\sum_k (m_k \times I_{c_k}) \times P_{ETS} \times F_{CBAM}) - D_{origem}]}{VT_{ij}} \quad (2)$$

Onde:

- EAV_CBAM_{ij} : Equivalente *ad valorem* do setor i proveniente do país j;
- $\sum_k$: Somatório de todos os produtos k que pertencem ao setor i, calculados individualmente;
- m_k : Massa líquida total exportada do produto k (em toneladas);
- I_{c_k} : Intensidade de emissões de CO₂eq incorporadas do produto k (em tCO₂eq/t);
- P_{ETS} : Preço dos certificados de carbono da União Europeia;
- F_{CBAM} : Fator de redução progressiva;
- D_{origem} : Dedução referente ao preço de carbono já pago no país de origem;
- VT_{ij} : Valor total FOB das exportações do setor i do país j para o mercado europeu.

Para a intensidade de CO₂eq foi utilizado o *Default Values for the Transitional Period of the CBAM* disponibilizado pela Comissão Europeia em 2023. O documento apresenta as emissões calculadas para todos os produtos cobertos pelo mecanismo para orientar os declarantes no cumprimento de suas obrigações de reporte durante a fase de transição. Os valores referentes ao preço das licenças de emissão foram obtidos por meio da plataforma *Trading Economics*, que monitora as cotações do Sistema de Comércio de Emissões da União Europeia (EU ETS). Foram utilizados o menor preço do ano € 60,94 (09/04/2025) Cenário 1, a média anual € 74,95 Cenário 2 e o maior preço do ano € 88,54 (23/12/2025) Cenário 3, convertidos para o dólar do mesmo dia (US\$ 67,26, US\$ 88,21 e US\$ 104,24 respectivamente), uma vez que as exportações são calculadas nessa moeda.

É fundamental ressaltar que os resultados obtidos através da metodologia de equivalência tarifária representam a exposição hipotética do setor siderúrgico brasileiro, porque a intensidade de CO₂eq utilizada pelo cálculo é a média dos principais parceiros da União Europeia, mas, os valores estarão sujeitos a alteração caso o Brasil consiga registrar suas emissões efetivas pelos canais autorizados pela Comissão Europeia. Além disso, na prática, a operacionalização financeira do mecanismo seguirá o cronograma de transição estipulado pela Diretiva (UE) 2023/959. No primeiro ano de cobrança efetiva (2026), o exportador brasileiro arcará com apenas 2,5% da intensidade de carbono incorporada, escalonando para 5%, 10%, 12,5% ao longo dos anos até atingir a cobertura integral de 100% em 2034. Esta progressividade oferece um fôlego temporal para a adaptação produtiva, mas projeta uma curva de perda de competitividade acentuada a partir de 2030, quando o redutor das licenças gratuitas sofre cortes de quase 50,0%.

Com a finalidade de conferir maior aderência à realidade cronológica do mecanismo, o impacto foi calculado em três etapas distintas, conforme o cronograma de extinção gradual das alocações gratuitas, utilizando o valor total das exportações do setor nos 3 cenários. As etapas são: i) início da cobrança efetiva em 2026: $F_{CBAM} = 0,025$; ii) um ponto intermediário de forte redução das licenças gratuitas em 2030: $F_{CBAM} = 0,485$ e iii) cobertura integral prevista para 2034: $F_{CBAM} = 1,0$.

4.2 Equivalência Tarifária para o Setor Aço e Ferro

Observa-se que, no curto prazo ($F_{CBAM} = 0,025$), o equivalente tarifário permanece inferior a 1,0% em todos os cenários e anos, indicando um impacto ainda limitado sobre a competitividade. À medida que o fator de cobertura aumenta para 0,485, as alíquotas implícitas transitam entre 7,3% e 14,3%, dependendo do cenário de preço do carbono. No limite, com $F_{CBAM} = 1,0$, os valores de exposição máxima seguem na faixa de 15,0% a 29,4%.

Tabela 8 – Equivalência tarifária do CBAM para o setor aço e ferro (em %)

	FCBAM = 0,025			FCBAM = 0,485			FCBAM = 1,0		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Cenário 1	0,4	0,4	0,5	7,3	7,7	9,2	15,0	15,9	19,0
Cenário 2	0,5	0,5	0,6	9,5	10,1	12,1	19,7	20,9	24,9
Cenário 3	0,6	0,6	0,7	11,3	12,0	14,3	23,3	24,7	29,4

Fonte: Elaboração própria com dados do Comtrade (2024) e Comissão Europeia (2023)

Os resultados mostram que o equivalente tarifário decorre da interação entre dois vetores fundamentais: i) a intensidade de emissões de cada produto (t CO₂eq/t) e ii) o valor unitário das vendas externas. Para um dado preço do carbono, bens com maior CO₂eq por tonelada e baixo preço de exportação tendem a apresentar EAV mais elevado, enquanto produtos de maior valor unitário conseguem diluir o custo de carbono, reduzindo a tarifa equivalente mesmo quando exibem emissões relativamente altas. Na prática, o CBAM opera como uma tarifa *ad valorem* implícita, cuja alíquota varia significativamente dentro do próprio setor siderúrgico, refletindo tanto a tecnologia empregada quanto a posição de cada bem na cadeia de valor.

Um resultado interessante emerge da análise do minério de ferro aglomerado (HS 261200). Apesar de, em 2023, responder por cerca de 71% do volume total exportado de aço e ferro do Brasil para a União Europeia, a intensidade de emissões associada a esse produto é relativamente baixa, em torno de 0,36 tCO₂eq por tonelada produzida, e seu preço médio por tonelada é reduzido frente aos produtos transformados. A combinação entre baixa intensidade de carbono e valor unitário modesto gera um equivalente tarifário relativamente pequeno, de modo que o principal item em volume da pauta não é o mais penalizado pelo mecanismo. Em contraste, alguns produtos semiacabados e laminados planos, com maior intensidade de emissões e/ou maior preço unitário, registram alíquotas equivalentes significativamente superiores à média, deslocando o peso do CBAM para os segmentos mais próximos dos elos industriais de maior valor agregado.

Essa diferenciação intrasetorial tem implicações diretas para a competitividade brasileira no mercado europeu. Os segmentos de maior valor agregado da cadeia, como chapas grossas, bobinas laminadas e alguns produtos transformados, enfrentam tarifas implícitas mais elevadas, justamente nos nichos em que o Brasil disputa mercado com exportadores como Turquia, Índia e China. Nessas situações, variações relativamente pequenas na intensidade de emissões ou no preço unitário podem se traduzir em diferenças relevantes de EAV, abrindo espaço para deslocamento de participação de mercado em favor de fornecedores que consigam comprovar menor intensidade de CO₂eq por tonelada ou internalizar o custo adicional sem perda substancial de competitividade.

Entretanto, a forma como o CBAM se traduz em decisões efetivas de compra é mais complexa quando se observa o lado do importador. O custo de carbono é pago na fronteira europeia, por tonelada importada, a partir do fator de emissões do produto e do preço das licenças, independentemente do valor de venda. Assim, se dois fornecedores apresentam a mesma intensidade de emissões, o desembolso com certificados será idêntico por tonelada, e a escolha continuará dominada pelo diferencial de preço FOB. Em outras palavras, o fato de o EAV de um exportador ser maior em termos percentuais não significa, por si só, que seu produto se torne mais caro em termos absolutos para o importador, o que importa é a soma entre preço do bem e custo do CO₂eq.

Esse ponto é particularmente relevante no caso da China, pois se a siderurgia chinesa mantiver preços de exportação estruturalmente inferiores aos brasileiros e apresentar intensidades de emissões similares, o CBAM tende apenas a adicionar um mesmo custo de carbono por tonelada para ambos os fornecedores, preservando a vantagem de custo chinesa. Por outro lado, à medida que a China avança em sua estratégia de descarbonização – com tecnologias mais avançadas e instalações mais novas – e consolida ganhos tecnológicos em rotas de baixo carbono, abre-se a possibilidade de combinar preços competitivos com fatores de emissão inferiores aos brasileiros. Nesse cenário, o mecanismo, concebido para corrigir assimetrias ambientais, pode acabar reforçando a posição chinesa, em vez de redistribuir mercado em favor de produtores intermediários como o Brasil (Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI), 2025).

A efetividade do mecanismo em reordenar fluxos comerciais dependerá da magnitude dos diferenciais de emissões e da capacidade de cada país em ajustar sua estrutura de custos. Para o Brasil, que combina matriz energética relativamente limpa com processos siderúrgicos ainda heterogêneos

em termos de CO₂eq, o desafio consiste em transformar esse potencial em vantagem mensurável por produto, sob pena de permanecer numa posição desconfortável, nem suficientemente barato quanto à China, nem tão descarbonizado quanto os produtores mais avançados em tecnologias verdes.

Além dos efeitos imediatos sobre a competitividade, os resultados sugerem que o CBAM pode reforçar estratégias já em curso em alguns países, baseadas na compressão de custos e na manutenção de preços FOB artificialmente baixos. Dada a elevada intensidade de capital e a longa vida útil dos altos-fornos, a siderurgia convencional constitui um típico caso de lock-in tecnológico, em que os investimentos passados dificultam a substituição rápida por rotas de baixo carbono (de Paula, 2025; Rocha; Silva, 2025). Nessas circunstâncias, governos com maior espaço fiscal podem preferir sustentar subsídios à produção e à exportação, amortecendo o custo da transição verde sem desmontar imediatamente a capacidade instalada. O risco, para economias como a brasileira, é competir simultaneamente com produtores que mantêm estruturas intensivas em carbono subsidiadas e com aqueles que avançam mais rapidamente em tecnologias verdes, sem dispor de instrumentos equivalentes de política industrial e climática.

Considerações Finais

Os resultados deste estudo indicam que o CBAM inicia um novo modelo de concorrência em que competitividade passa a depender simultaneamente, da intensidade de emissões e da estrutura de preços dos produtos. Em mercados como o siderúrgico, não basta ser menos emissor, pois diferenças no preço FOB podem amplificar ou neutralizar o efeito do custo de CO₂eq, tornando o comércio internacional ainda mais sensível à combinação entre política climática e estratégias de precificação.

Buscou-se aqui quantificar essa pressão em termos comparáveis a uma tarifa, mostrando que, no limite da transição, o encargo implícito pode atingir níveis equivalentes a barreiras industriais elevadas. A tradução do custo de CO₂eq em equivalente *ad valorem* oferece um instrumento concreto para a avaliação do custo desta medida e, por consequência, das perdas potenciais de competitividade. Como visto, dependendo dos cenários, o valor dos produtos brasileiros pode ser acrescido em até 29%, o que afeta consideravelmente a competitividade dos produtos brasileiros, ainda mais se considerado o cenário global do setor caracterizado por crescente concorrência e restrições comerciais.

Diante das perspectivas, algumas estratégias de ação e de políticas públicas (não excludentes) podem ser evocadas. A primeira consiste em acelerar a consolidação do mercado doméstico de carbono regulado, capaz de gerar preço interno e permitir o abatimento na fronteira. A segunda aponta para a articulação das políticas industrial e climática para reduzir emissões efetivas nos setores mais vulneráveis, por meio de incentivos para novas rotas tecnológicas, por meio da concessão de financiamento de longo prazo, inclusive, que enfrentem o *lock-in* da capacidade instalada nos setores hard-to-abate. Adicionalmente, pode-se explorar de forma ativa a combinação entre matriz energética relativamente limpa e setores relevantes, como cimento e determinados produtos siderúrgicos, para orientar investimentos privados e públicos em projetos que reduzam as emissões dos bens exportados e reforcem a posição brasileira em cadeias produtivas mais limpas.

Importante ainda considerar a possibilidade de expansão da lista de produtos cobertos pelo CBAM, inclusive para bens associados ao desmatamento e à mudança de uso da terra, hoje já alvo do Regulamento para Produtos Livres de Desmatamento (EUDR sigla em inglês). Dado que mudança de uso da terra e agropecuária respondem por parcela majoritária das emissões brasileiras, a combinação entre CBAM-EUDR tende a reforçar a centralidade de uma estratégia nacional que integre políticas comercial, ambiental e industrial, sob pena de restrição crescente ao acesso de produtos brasileiros a mercados chave.

Nessa perspectiva, o CBAM se apresenta simultaneamente como uma ameaça e uma oportunidade para as exportações brasileiras. Aparece como ameaça pois pode reforçar uma posição em que o Brasil permanece fornecedor de produtos de base sob forte pressão de custos e sujeito a regras externas, e, como oportunidade, por fornecer um sinal claro de preços e parâmetros regulatórios capazes de induzir estratégias de *upgrading* produtivo verde, permitindo reposicionar o país como

exportador competitivo de bens intensivos em CO₂eq, usuários de uma matriz energética relativamente limpa, em um contexto de transição para a neutralidade.

Referências Bibliográficas

AFRICAN CLIMATE FOUNDATION (ACF); LONDON SCHOOL OF ECONOMICS (LSE).

Implications For African Countries Of A Carbon Border Adjustment Mechanism In The EU.

African Climate Foundation and The London School of Economics and Political Science, 2023.

AGÊNCIA SENADO. **Sancionada lei que regula mercado de carbono no Brasil.** Senado

Notícias. Publicado em 12 de dezembro de 2024. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2024/12/12/sancionada-lei-que-regula-mercado-de-carbono-no-brasil> Acessado em: 15 jan 2026.

BEAUFILS, T.; WARD, H.; JAKOB, M.; WENZ, L. **Assessing different European Carbon Border Adjustment Mechanism implementations and their impact on trade partners.**

Commun Earth Environ 4, 131. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00788-4>, 2023.

BÖHRINGER, C.; FISCHER, C.; ROSENDAHL, K. E.; RUTHERFORD, T. F. **Potential impacts and challenges of border carbon adjustments.** Nature Climate Change, 12(1), p. 22–29.

<https://doi.org/10.1038/s41558-021-01250-z>, 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Manual sobre a fase transitória do mecanismo de ajuste de carbono na fronteira (CBAM) da União Europeia.** CNI. Brasília, 2024.

EUROPEAN COMMISSION. **Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a carbon border adjustment mechanism (CBAM).** Brussels, 2021. COM

(2021) 564 final. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0564>. Acesso em: 23 nov. 2024.

EUROPEAN COMMISSION. **Default values for the transitional period of the CBAM** between 1 October 2023 and 31 December 2025. Brussels: Directorate General for Taxation and Customs Union, 22 Dec. 2023. Disponível em: <https://taxation-customs.ec.europa.eu/system/files/2023-12/Default%20values%20transitional%20period.pdf> Acesso em: 17 jan 2026.

EUROPEAN UNION. **Directive 2003/87/EC** of 13 October 2003. Official Journal of the European Union: L 275, 25 Oct. 2003. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/87/oj> Acesso em: 12 jan 2026.

EUROPEAN UNION. **Regulation (EU) 2023/956** of the European Parliament and of the Council of 10 May 2023 establishing a carbon border adjustment mechanism. Official Journal of the European Union, L 130, 16 May 2023. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R0956>. Acesso em: 23 nov. 2024.

EUROPEAN UNION. **Commission Implementing Regulation (EU) 2023/1773** of 17 August 2023. Official Journal of the European Union, 15 set 2023. Disponível em : https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2023/1773/oj Acesso em: 23 nov 2024.

EUROPEAN UNION. **Directive (EU) 2023/959** of 10 May 2023. Official Journal of the European Union: L 130, 16 May 2023. Disponível em : <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/959/oj> Acesso em: 12 jan 2026.

EUROPEAN UNION. **Regulation (EU) 2025/2083** of the European Parliament and of the Council amending Regulation (EU) 2023/956 establishing a carbon border adjustment mechanism. Official Journal of the European Union, 2025. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/>. Acesso em: 12 jan 2026.

INSTITUTO DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (IEDI). O Brasil na transição energética: oportunidades a serem aproveitadas. Carta IEDI, Ed. 1324. Publicada em: 15/08/2025. Disponível em: https://www.iedi.org.br/cartas/carta_iedi_n_1324.html. Acesso em: 16

fev 2026.

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (IISD). **Global Dialogue on Border Carbon Adjustments. Stakeholders perspectives in Brazil, Canada, Trinidad Tobago, UK and Vietnam.** IISD Report. Canadá, 2024.

MAGACHO, M.; ESPAGNE, E.; GODIN, A. **Impacts of CBAM on EU trade partners:** consequences for developing countries. Agence Française de Développement, n. 238, 2022.

PARRY, I.; DOHLMAN, P.; HILLIER, C. H.; KAUFMAN, M.; KWAK, K.; MISCH, F.; ROAF, J.; WAERZEGGERS, C. **Carbon Pricing: What Role for Border Carbon Adjustments?** IMF Staff Climate, Note 2021/004, 2021. Disponível em: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/Staff-Climate-Notes/2021/English/CLNEA2021004.ashx> Acesso em: 07 dez 2024.

VEIGA, P. da M; RIOS, S. P. **O CBAM da União Europeia:** dos Desafios da Implementação aos Impactos sobre Países em Desenvolvimento. Centro de Estudos de Integração e Desenvolvimento (CINDES). Rio de Janeiro, 2024.

WORLD BANK. State and Trends of Carbon Pricing 2025. Washington, DC: World Bank. DOI: 10.1596/978-1-4648-2255-1, 2025.

WORLD TRADE ORGANIZATION (WTO). **World Trade Report 2023:** Re-globalization for a secure, inclusive and sustainable future. 2023.