
IMPACTOS DA INTRODUÇÃO DE UM IMPOSTO SOBRE O CARBONO NO BRASIL 2025 – 2030:

Uma Aplicação de Modelo de Equilíbrio Geral Dinâmico Recursivo



SOBRE ESTA

NOTA TÉCNICA

Esta Nota Técnica foi elaborado pela Rede Sul-Americana de Economia Aplicada / Red Sur no âmbito do projeto:

“Elevando e conectando pesquisas da América Latina e África para informar o G20 e a COP30: dívida pública, cuidados e mudança climática”, com o apoio do Centro Internacional de Pesquisas para o Desenvolvimento - IDRC do Canadá.

Esta publicação corresponde ao PILAR 4 do referido projeto: “Liberar incentivos ecológicos para a transição climática e a industrialização ecológica.”

Introdução

A transição para uma economia de baixo carbono é essencial para mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas. No entanto, atrasos na implementação de políticas climáticas podem aumentar significativamente os riscos financeiros, especialmente os riscos de cauda, que representam eventos extremos com baixa probabilidade, mas alto impacto.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), órgão das Nações Unidas que promove o avanço científico sobre o clima, destaca que os efeitos econômicos negativos das mudanças climáticas induzidas pelo homem estão se tornando cada vez mais evidentes, resultando em perdas e danos significativos para a natureza e as sociedades humanas em todo o mundo, conforme apresentado em *Climate Change 2022-Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers* (Adrian et al., 2022). Com o aquecimento global, espera-se que os riscos físicos e seus impactos, como eventos climáticos extremos (por exemplo, furacões, inundações, secas e incêndios florestais), aumentem em frequência e intensidade. Limitar o aquecimento global requer esforços e compromissos substanciais para reduzir as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE). Essas ações podem ter impactos econômicos e financeiros significativos em empresas e setores intensivos em emissões, bem como em famílias e governos, por meio de diversos canais. Assim, à medida que a economia transita para um modelo de baixo carbono, surgem riscos de transição que podem afetar vários setores econômicos e financeiros.

Este estudo avalia os impactos econômicos da introdução de uma tarifa de carbono no Brasil entre 2025 e 2030, utilizando um modelo de equilíbrio geral computável dinâmico-recursivo (CGE-RD). A análise busca compreender de que forma a precificação do carbono pode influenciar setores produtivos e a estrutura macroeconômica nacional, estimulando mudanças tecnológicas voltadas à redução das emissões GEE. Para isso, o texto incorpora estimativas setoriais de emissões e simula os efeitos de uma tarifa progressiva de US\$ 50 por tonelada de CO₂ equivalente. A abordagem considera encadeamentos intersetoriais e mobilidade de fatores. São apresentados resultados para o Produto Interno Bruto (PIB), emissões e impactos por setor. O trabalho também discute as limitações do modelo e sugere caminhos para aperfeiçoamentos futuros.

O texto está organizado em seis seções, além desta introdução. A Seção 2 traça um panorama da relação entre economia, meio ambiente e emissões, com foco na evolução do pensamento econômico e no papel das tarifas de carbono. A Seção 3 descreve o modelo CGE-RD adotado, detalhando sua estrutura dinâmica-recursiva e os dados utilizados. A Seção 4 apresenta as estimativas de emissões setoriais no Brasil, com base em metodologias adaptadas aos dados nacionais. Em seguida, a Seção 5 discute os principais resultados da simulação da tarifa de carbono entre 2025 e 2030, com destaque para os impactos diferenciados entre os setores. A Seção 6 reúne as considerações finais, refletindo sobre os efeitos econômicos da política simulada e apontando questões para futuras investigações. Por fim, a Seção 7 lista as referências bibliográficas que fundamentam a análise.

A Economia, Meio Ambiente e Emissões

1.1 Da Fisiocracia à Economia Verde e o Papel das Tarifas de Carbono

Desde seus primórdios, a economia mantém vínculos com a natureza. A fisiocracia, escola francesa do século XVIII, defendia que apenas atividades baseadas na terra — como a agricultura — eram geradoras de excedente econômico (Quesnay, 2012). Com a economia clássica, a terra passou a ser tratada como fator de produção ao lado do capital e do trabalho (Smith, 2023). No entanto, ao longo do século XX, a teoria econômica passou a negligenciar os recursos naturais nos principais modelos, como os de Harrod-Domar e Solow-Swan, que não os incorporam explicitamente (Dafermos, 2015).

Essa omissão prejudicou a capacidade analítica da economia diante da crise ecológica. A economia ambiental busca corrigir essa falha, tratando o meio ambiente como bem público e foco de externalidades, especialmente negativas. As tarifas de carbono emergem nesse contexto como instrumento eficiente para internalizar o custo social das emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Segundo Nordhaus (2013), vencedor do Nobel de Economia, a precificação do carbono é o mecanismo mais eficaz para mitigar mudanças climáticas. Ao atribuir um preço ao carbono, corrige-se a falha de mercado que permite sua emissão sem custo, e estabelece-se um novo sistema de incentivos à descarbonização.

A economia verde, por sua vez, propõe um modelo de crescimento baseado em baixa emissão de carbono, proteção ambiental e inclusão social (Korpar, Larch e Stöllinger, 2023). Contudo, sua implementação enfrenta desafios significativos nos países em desenvolvimento, como o aumento das importações de tecnologias limpas e os impactos fiscais da transição energética.

As tarifas de carbono aplicadas por países desenvolvidos — como o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM) da União Europeia — podem ainda penalizar economias exportadoras com matriz energética intensiva em carbono, alterando preços relativos e a competitividade internacional (D’Arcangelo *et al.*, 2022).

Do ponto de vista macroeconômico, a transição ecológica afeta tanto a oferta quanto a demanda agregadas, pressionando preços e exigindo políticas fiscais e monetárias adaptativas (Baer, 2024). Batten, Sowerbutts e Tanaka (2016) argumentam que os riscos climáticos, físicos e de transição, introduzem incertezas profundas no sistema financeiro, exigindo que bancos centrais incorporem critérios ambientais em sua modelagem. No plano microeconômico, a economia ecológica critica a suposição de substitutibilidade entre capital e natureza presente em funções do tipo Cobb-Douglas, propondo uma visão biofísica na qual os recursos naturais são limites absolutos ao crescimento (Georgescu-Roegen, 1986). Por isso, alguns autores defendem o decrescimento econômico como única alternativa sustentável.

Diante de externalidades difusas, riscos intergeracionais e defasagens temporais entre custos privados (de curto prazo) e sociais (de longo prazo), a atuação estatal é essencial. A precificação do carbono, os investimentos verdes e a reforma dos subsídios fósseis devem ser parte de uma estratégia abrangente de transição ecológica, especialmente para economias emergentes.

1.2 Emissões Setoriais e Estimações Macroeconômicas Ambientais

Em artigo recente, Luiz Fernando Rodrigues de Oliveira e Felipe Morelli da Silva (IPEA) ressaltam a relevância de se mensurar as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) em nível setorial como base para análises econômicas voltadas à transição para uma economia de baixo carbono.

A utilização de modelos multissetoriais, como a Matriz Insumo-Produto (MIP) e os Modelos de Equilíbrio Geral Computável Recursivo e Dinâmico (CGE-RD), é central para compreender os impactos econômicos associados à adaptação às mudanças climáticas. Esses modelos permitem captar os efeitos da atividade produtiva sobre o meio ambiente, apoiando o planejamento de políticas públicas sustentáveis.

A análise insumo-produto é destacada como ferramenta consagrada na literatura internacional e nacional para vincular emissões a setores produtivos com base nas contas nacionais. Trabalhos diversos baseados na metodologia criada por Leontief (1986) têm sido utilizados para diversas avaliações de impactos de análises estruturais no nível setorial e/ou regional. Por exemplo, Magacho *et al.* (2023) propõem uma metodologia de avaliação da exposição de países a setores emissores, os chamados "setores decadentes", a partir de Matriz Insumo Produto multirregionais (MIPmr). Oliveira e Morelli (2025) ressaltam a importância e realizam a adaptação dessa abordagem à realidade brasileira, com desagregação setorial no nível do Sistema de Contas Nacionais e com análise temporal, cobrindo o período de 2010 a 2019.

A proposta metodológica apresentada por Oliveira e Morelli (2025) se afasta da classificação de setores decadentes, propondo a identificação de "setores críticos" que, embora emissores, mostram potencial de reestruturação tecnológica. A mensuração se utiliza das emissões setoriais estimadas pelos autores, incluindo impactos induzidos (via consumo e renda das famílias), permite diferenciar setores que devem ser desestimulados daqueles que necessitam de apoio para inovar. Essa abordagem apoia uma "mudança estrutural ecológica", ainda conforme Oliveira e Morelli (2025), capaz de conciliar crescimento econômico e redução das emissões de GEE, especialmente se associada a investimentos em progresso técnico.

Por fim, os autores defendem o uso de MIPmr e CGE-RD como instrumentos robustos para avaliar medidas de mitigação e adaptação climática. Se por um lado a MIP oferece precisão contábil e detalhamento intersetorial, de outro, suas limitações de avaliação temporais e rigidez de linearidade impõem limitações em sua capacidade analítica de avaliação de impactos. O CGE-RD, além de utilizar de dados de MIPs, agrega capacidade de simular ajustes comportamentais e de equilíbrio econômico ao longo do tempo, fundamentais para políticas de transição climática que respeitem as especificidades nacionais e busquem mitigar os impactos socioeconômicos da necessária reestruturação produtiva. Assim, diante de externalidades difusas, riscos intergeracionais e defasagens temporais entre custos optou-se neste estudo pela utilização de CGE-RD.

Estrutura de Modelagem

A simulação da implantação de tarifas de carbono como política de estímulo a redução de emissões de GEE, requer a capacidade de simular mudanças estruturais na economia e de avaliar como setores e regiões reagem ao longo do tempo a políticas como a precificação do carbono. Além disso, deve-se incorporar elasticidades de substituição e encadeamentos intersetoriais.

Dentre os diversos modelos existentes, modelos CGE-RD são especialmente adequados para analisar a transição para uma economia de baixo carbono. Eles permitem capturar impactos diferenciados da tarifa de carbono em setores com maior ou menor intensidade de emissões e a heterogeneidade das respostas dos setores econômicos às variações no custo do carbono. Além disso, há a possibilidade de avaliar efeitos de compensações e perdas setoriais.

A adoção de modelos CGE-RD é central para simular os efeitos econômicos de políticas climáticas como tarifas de carbono. Esses modelos fornecem uma base robusta para subsidiar decisões de política fiscal, regulatória e de mitigação climática de forma transparente e baseada em evidências. Modelos CGE-RD, atualmente, estão entre os mais utilizados para esse tipo de estimação.

Recentemente, Reinders *et al.* (2021) simularam a implantação de tarifa de carbono sobre variáveis macroeconômicas como PIB, investimento e emprego da Colômbia utilizando CGE-RD. Os autores utilizaram uma versão do modelo desenvolvido pelo *Departamento Nacional de Planeación* (DNP), calibrado com dados da economia colombiana. Eles avaliaram diversos cenários, nos quais combinaram cortes mais ou menos profundos nas emissões combinadas com prazos mais curtos ou longos. Todos através da implantação de tarifas associadas às emissões.

Em todos os cenários avaliados por Reinders *et al.* (2021), o crescimento do PIB é impactado negativamente no curto prazo. No mais ambicioso deles, a redução acumulada do PIB entre 2028 e 2030 pode alcançar até 1,6% em comparação com o cenário de referência sem a implantação da tarifa. Sendo a distribuição dos impactos é bastante desigual entre os setores.

Também Laliotis e Lamichhane (2023), mais recentemente, utilizaram modelo CGE-RD combinado com modelo financeiro estocástico, para investigar como atrasos na transição climática podem amplificar os riscos financeiros sistêmicos, particularmente os riscos de cauda (eventos extremos de baixa probabilidade e alto impacto). O México é usado como estudo de caso, mas a abordagem tem escopo global e é adaptável a outros países.

Simulando tarifa de carbono do US\$ 50 por tCO₂e implantadas ao longo do tempo até 2030, o estudo aponta que os impactos setoriais são assimétricos. Setores intensivos em carbono são os mais afetados.

1.1 Modelo de Equilíbrio Geral Dinâmico Recursivo

Para avaliar os impactos econômicos setoriais da implantação de taxaço de carbono, utilizou-se o modelo de Equilíbrio Geral Computável Recursivo Dinâmico (CGE-RD).

O modelo, apresentado em Oliveira (2020) se baseia em abordagens de comércio espacial e migração inspiradas principalmente em Caliendo, Dvorkin e Parro (2019). Oliveira (2020) adaptou o modelo para refletir a estrutura federativa brasileira com 27 unidades da federação, 10 países/blocos e 68 setores produtivos. Neste estudo utilizou-se versão adaptada para 11 países/blocos, considerando o Brasil como um deles. O modelo permite que seja verificada a evolução de fundamentos da economia ao longo do tempo, entre eles: Produto Interno Bruto, Produtividade e Emprego.

Trata-se de um modelo dinâmico de tempo discreto que simula a evolução da economia em diferentes períodos, em resposta à introdução de choques tarifários. Sua característica "recursiva" decorre do fato de que os agentes econômicos tomam decisões em cada período com base apenas em informações correntes, sem antecipação perfeita dos eventos futuros. Essa hipótese é compatível com o comportamento realista dos agentes, sobretudo em contextos institucionais complexos e de mudanças graduais. Desse modo, O modelo dinâmico-recursivo incorpora mudanças temporais de alocação de fatores de produção em cenários onde a mudança tarifária gradual em período definido seja exógena. Desse modo, são incorporados explicitamente no modelo a variação do estoque pessoal ocupado, a dinâmica de variação do capital e os mecanismos de investimento.

O modelo incorpora famílias heterogêneas que decidem sua alocação de trabalho entre setores e regiões com base em diferenciais salariais, custos de mudança e preferências individuais. Essas decisões são modeladas por meio de uma estrutura de escolha discreta dinâmica, onde os agentes enfrentam choques idiossincráticos do tipo valor extremo (Gumbel) e optam pela alocação que maximiza sua utilidade esperada ao longo do tempo. A mobilidade intersetorial e inter-regional da força de trabalho é controlada por parâmetros de elasticidade estimados empiricamente, permitindo simular padrões realistas de migração e requalificação profissional, conforme Caliendo, Dvorkin e Parro (2019).

Do lado da produção, o modelo considera firmas competitivas com retornos constantes de escala, que utilizam funções de produção Cobb-Douglas combinando trabalho, capital e insumos intermediários provenientes de todos os setores e regiões. As decisões de oferta e demanda de insumos refletem os custos locais, os preços de transporte (representados por custos do tipo iceberg) e as tarifas incidentes, permitindo capturar os encadeamentos produtivos setoriais e/ou inter-regionais. A presença de comércio internacional é modelada por meio de fluxos bilaterais baseados em vantagens comparativas e fricções de comércio.

Uma característica inovadora do modelo é a incorporação da Dynamic Hat Algebra, conforme proposto por Dekle, Eaton e Kortum (2008) e adaptado por Costinot e Rodríguez-Clare (2014), que permite simular trajetórias de equilíbrio contrafactual usando apenas variações relativas das variáveis (em vez de seus níveis absolutos). Essa abordagem evita a necessidade de calibrar toda a estrutura de parâmetros não observáveis, como produtividade absoluta ou custos de migração específicos por origem e destino. Assim, é possível comparar diretamente os efeitos de diferentes choques

(como mudanças em tarifas ou tempos de transição) sobre variáveis como PIB, emprego e bem-estar.

O modelo é então resolvido para cenários sem e com mudanças tarifárias, cenário base e contrafactual. Em cada cenário é obtido equilíbrio da economia para cada período, sendo o equilíbrio obtido no período t a base inicial para as simulações no período $t+1$. A dinâmica recursiva se dá através de equilíbrio estacionário de mobilidade de fatores na forma intertemporal e é obtido com a convergência dessa mobilidade também de forma intertemporal.

O modelo, ricardiano por característica construtiva, estabiliza a oferta e a demanda nos vários mercados, fatores e insumos, de comércio e migração espacial e setorial de fatores, para entender e quantificar os efeitos desagregados resultantes de mudanças no ambiente econômico. Assim, o modelo reconhece explicitamente o papel das fricções de mobilidade da mão de obra, atritos de mobilidade de bens, fatores geográficos, vínculos entre insumo e produto, além do comércio internacional na definição dos efeitos dos choques nos diferentes mercados. Assim, o modelo contém comércio intersetorial, internacional e a dinâmica dos mercados de fatores.

Para avaliar impactos econômicos de tarifação de carbono, foram utilizados dados da MIP nacional para o Brasil e dados da Base de dados *Global Trade Analysis Project – GTAP – versão 11*, conforme especificado em (Aguiar *et al.*, 2022). A MIP para o ano de 2018 foi estimada a partir das Tabelas de Recursos e Usos divulgadas pelo IBGE e estimada conforme Alves-Passoni e Freitas (2023).

A economia de referência (baseline) foi calibrada para o ano de 2018, contendo Brasil no nível nacional e outros países/regiões¹. Para produzir a solução do modelo,

¹ A saber: China, Estados Unidos, Mercosul, Comunidade Europeia (EU28), Ásia, Associados do Mercosul, Resto da Américas, Oriente Médio, África e resto do mundo. O critério de agregação/desagregação dos países/regiões foi baseado em ranking de exportações/importações dos países com o Brasil para o ano de 2018.

primeiro resolveu-se o modelo para a economia de linha de base para evolução real no período de 2018 a 2023 e estimada em 2024. Em seguida para o período de 2025 a 2030, sem aplicação de tarifação relativa às GEEs. Então, resolveu-se o cenário contrafactual com a implementação da tarifa para mesmo período de 2025 a 2030. Desse modo obteve-se as diferenças dos fundamentos econômicos entre o cenário contrafactual e a linha de base.

Há ainda que se explicitar as limitações do modelo, que têm implicações para a interpretação dos resultados; em particular, (i) a hipótese de homogeneidade das firmas em cada setor, o que exclui a possibilidade de investigar possíveis ganhos de eficiência associados à melhor alocação intrasetorial e (ii) a hipótese de dinâmica do capital a partir da variação intertemporal no período analisado, sem considerar o estoque anterior, o que tende a subestimar os ganhos na alocação intersetorial. Além disso, diferença entre os cenários pode ser afetada se colocasse a produtividade exógena ao modelo. Todavia, essa estratégia pode tornar difusa os reais impactos da implantação da tarifa, uma vez que ganhos de produtividade, tornada exógena em modelos EGC, tendem mitigar efeitos negativos. Portanto, o modelo CGE-RD adotado oferece um arcabouço rigoroso e flexível para avaliar os impactos a implantação de tarifa associada às emissões de GEEs sobre a economia brasileira.

Emissões Setoriais no Brasil

Segundo Oliveira e Morelli (2025), No Brasil, o órgão responsável pelas estimativas das emissões é o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), através do projeto SIRENE (Sistema de Registro Nacional de Emissões). O SIRENE utiliza como base a metodologia do IPCC, mas, quando possível, adapta essa metodologia aos dados brasileiros para torná-la mais precisa. O MCTI divulga as emissões anuais a cada dois anos. A última publicação foi em 2022, referente às emissões até 2020.

Além disso, a metodologia completa pode ser consultada nos relatórios de referência disponíveis no site do MCTI, conforme Oliveira e Morelli (2025), que coletaram dados do Quarto Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatório de Referência, para todos os grupos de setores para produzir a estimativa das emissões dos setores econômicos no nível das Contas Nacionais.²

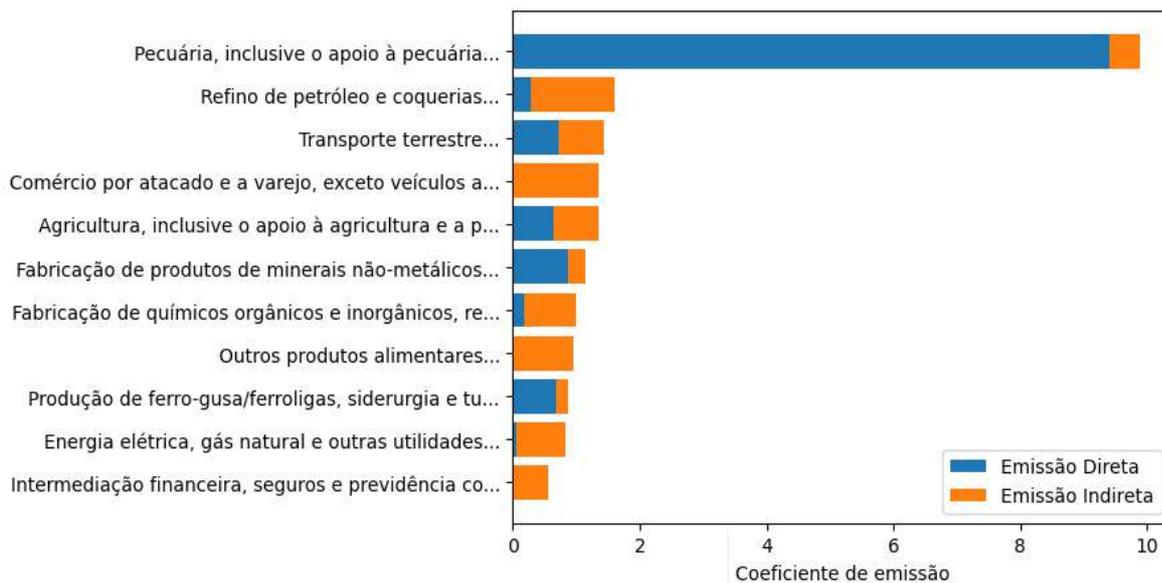
O

Gráfico **1** apresenta as emissões setoriais totais, diretas e indiretas, conforme BCB (2024). Nele fica evidente que as emissões da atividade Pecuária é a principal fonte emissora de GGE na economia brasileira. Todos os demais setores têm nível de emissão em patamar muito menor. Nota-se também que, quando se avalia as emissões indiretas, outras atividades são ofensoras: Refino de Petróleo, Transportes Terrestres, Comércio, Fabricação de Químicos, de Outros Produtos Alimentares e Energia Elétrica.

Gráfico 1: Emissões Setoriais – Direta e Indireta - 2019

(Toneladas de GEE)

² O quarto relatório apresenta dados das emissões para os seguintes grupos: Agropecuária; Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos; Setor Energia - Subsetor Queima de Combustíveis - Abordagem Setorial; Setor Resíduos; e Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF).



Fonte: BCB (2024). (s.d.)

Esses resultados também são confirmados, quando se analisa por tipo de emissão. Oliveira e Morelli (2025) observaram que a principal fonte emissora é o Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF), com cerca de 38% das emissões, seguido pela Agropecuária com 28%, Energia com 23%, Processos Industriais com 6% e Resíduos com 4%. Os autores também mostram que, em 2020 o dióxido de carbono (CO₂) foi o principal gás de efeito estufa emitido pelo Brasil, correspondendo a cerca de 65% das emissões totais, seguido do metano (CH₄) com aproximadamente 24%, e do óxido nitroso (N₂O) com cerca de 5%.

Os possíveis impactos dessas emissões na economia brasileira também foram estimados por Oliveira e Morelli (2025).

O.

Os resultados apresentados no Gráfico 1 são compatíveis com os do Gráfico 2, embora este último desvende algumas informações. As emissões da Pecuária são as que causam

mais impactos na economia como um todo. Porém, eles são divididos entre impactos diretos e à jusante. Ou seja, grande parte desses impactos são irradiados para as demais atividades. Em especial para o setor de Abate e Produtos de Carne que recebe a maior proporção de impactos à montante.

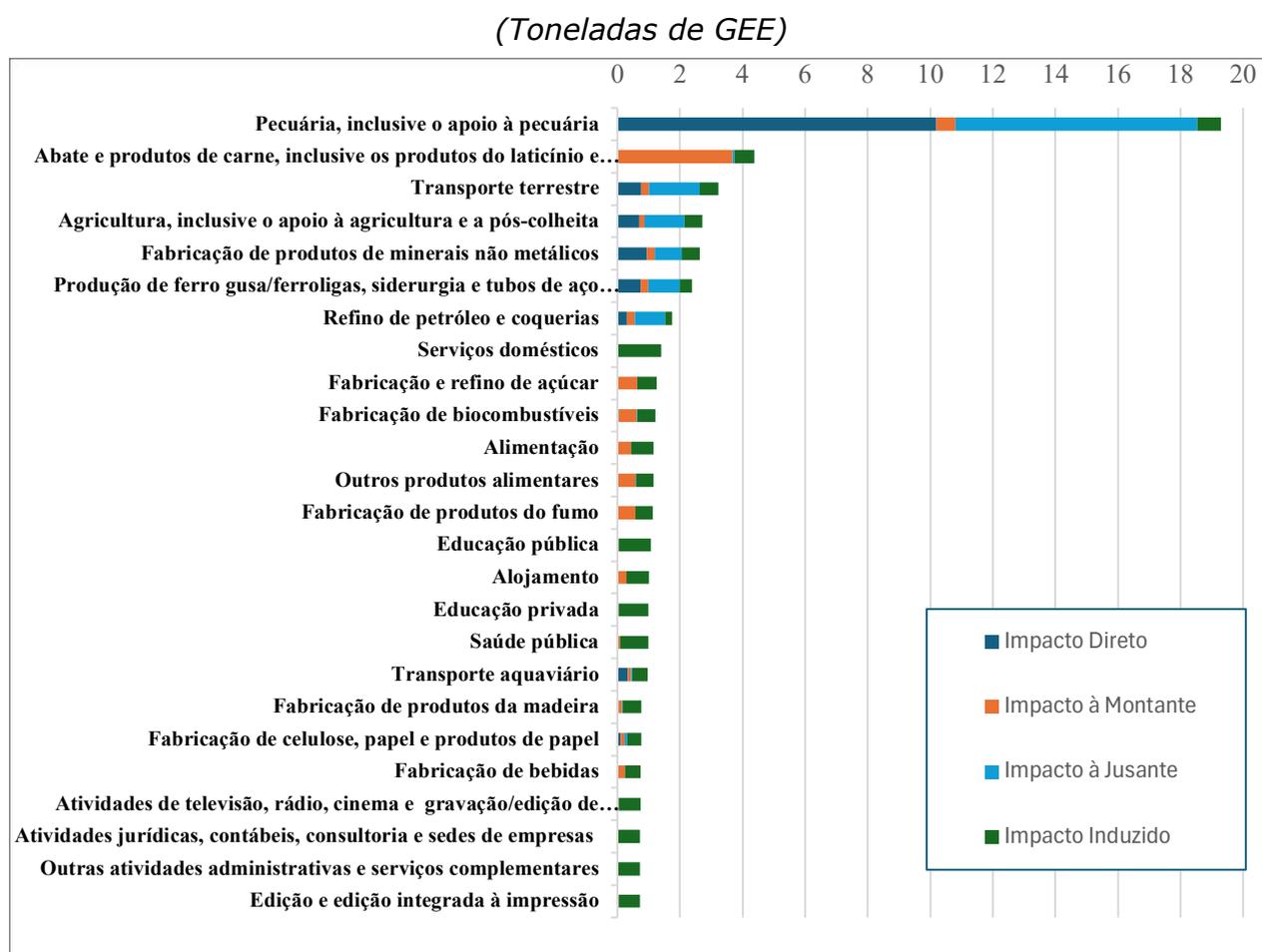
Outros setores também têm expressivos impactos à jusante: Transporte Terrestre; Agricultura; Fabricação de Produtor Minerais Não Metálicos; Produção de Ferro e Refino de petróleo. Cabe salientar que, todos esses setores têm pequenas proporções de impactos induzidos. Em especial a Pecuária.

Gráfico 2 mostra os vinte maiores setores críticos para a adaptação na direção de uma economia de baixa emissão. Os autores estimaram impactos diretos, à montante, à jusante e induzidos para o ano de 2019, utilizando o arcabouço teórico da Matriz de Leontief, conforme proposto por Magacho *et al.* (2023).

Os resultados apresentados no Gráfico 1 são compatíveis com os do Gráfico 2, embora este último desvende algumas informações. As emissões da Pecuária são as que causam mais impactos na economia como um todo. Porém, eles são divididos entre impactos diretos e à jusante. Ou seja, grande parte desses impactos são irradiados para as demais atividades. Em especial para o setor de Abate e Produtos de Carne que recebe a maior proporção de impactos à montante.

Outros setores também têm expressivos impactos à jusante: Transporte Terrestre; Agricultura; Fabricação de Produtor Minerais Não Metálicos; Produção de Ferro e Refino de petróleo. Cabe salientar que, todos esses setores têm pequenas proporções de impactos induzidos. Em especial a Pecuária.

Gráfico 2 - Impactos das emissões setoriais – Direta, À Montante, À Jusante e Induzido - 2019



Fonte: Oliveira e Morelli (2025)

Análise de Resultados

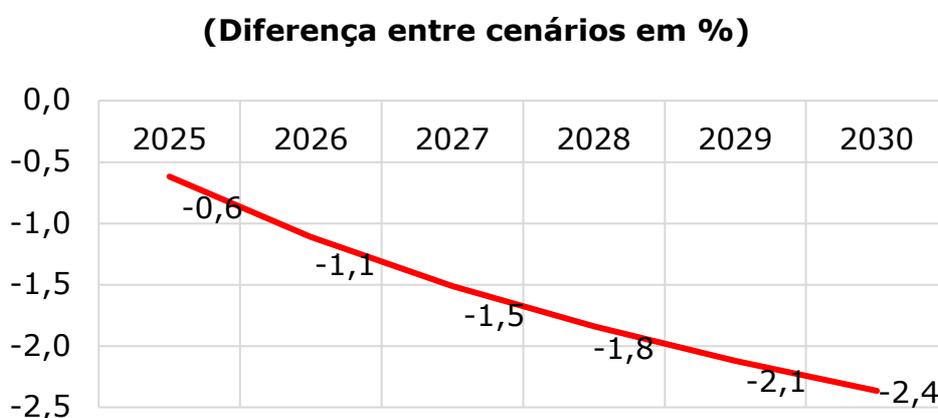
A seguir, apresenta-se os principais impactos da implantação de tarifa de carbono para o Brasil. Através da utilização de modelo CGE-RD que contemplou 67 setores de atividade econômica em nível nacional, e sua inserção comercial global, considerando outros 10

países/regiões, simulou-se a tarifa de carbono do US\$ 50 por tCO₂e aplicada de forma crescente entre 2025 e 2030 nos setores intensivos em emissões. Nos mesmos moldes que Laliotis e Lamichhane (2023) simularam para o México.

O Gráfico 3 Apresenta a variação da diferença acumulada do PIB brasileiro decorrente da implantação dessa tarifa. Por ele, tudo o mais constante, a implantação da tarifa de carbono causaria diminuição do PIB brasileiro em 2,4% até 2030, a preços de 2023.

Da mesma forma que Laliotis e Lamichhane (2023) e considerando os impactos mensurados por Oliveira e Morelli (2025), a simulação realizada mostra impactos setoriais assimétricos. Setores intensivos em carbono são os mais afetados. Os resultados setoriais são apresentados em agrupamento de 18 setores.

Gráfico 3: Variação da diferença acumulada do PIB no nível nacional – 2025 a 2030

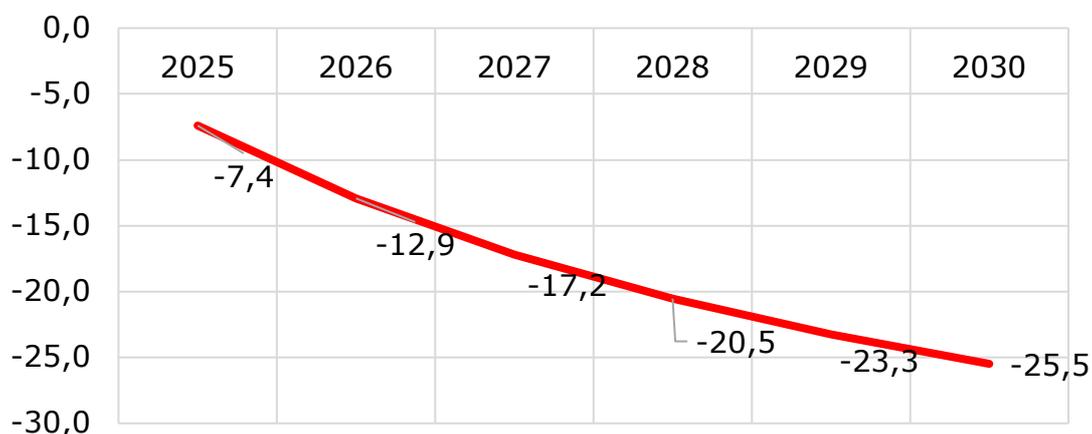


Fonte: Elaboração do autor a partir dos resultados do modelo

O Gráfico 4 apresenta a variação da diferença acumulada do PIB da Agropecuária. Ela diminuirá seu PIB em 25,5% até 2030, com a implantação da tarifa de carbono. Este é o grupo de atividades mais impactado. A Agropecuária é composta por: Agricultura, Pecuária e Produção Florestal.

Gráfico 4: Variação da diferença acumulada do PIB da Agropecuária no nível nacional – 2025 a 2030

(Diferença entre cenários em %)



Fonte: Elaboração do autor a partir dos resultados do modelo

O resultado do grupo é bastante sintomático, uma vez que este grupo é composto também pela Produção Florestal que tem GEE negativo. Todavia, o PIB dela é muito menor que o da Pecuária. Assim, enquanto a Produção Florestal não seria afetada pela tarifa, a Pecuária será muito impactada. Afinal, conforme já apresentado no

Gráfico **1** e no .

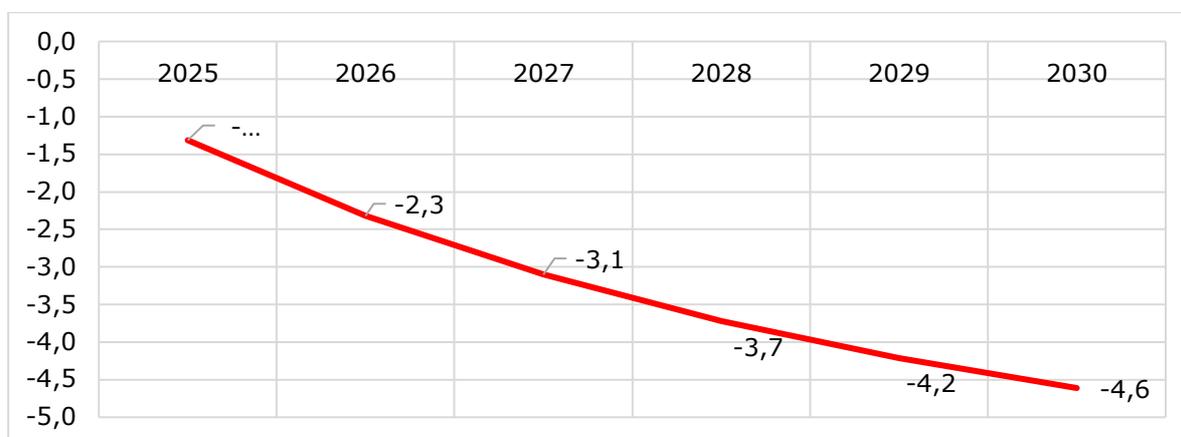
Os resultados apresentados no Gráfico 1 são compatíveis com os do Gráfico 2, embora este último desvende algumas informações. As emissões da Pecuária são as que causam mais impactos na economia como um todo. Porém, eles são divididos entre impactos diretos e à jusante. Ou seja, grande parte desses impactos são irradiados para as demais atividades. Em especial para o setor de Abate e Produtos de Carne que recebe a maior proporção de impactos à montante.

Outros setores também têm expressivos impactos à jusante: Transporte Terrestre; Agricultura; Fabricação de Produtor Minerais Não Metálicos; Produção de Ferro e Refino de petróleo. Cabe salientar que, todos esses setores têm pequenas proporções de impactos induzidos. Em especial a Pecuária.

Gráfico 2, a Pecuária é a principal ofensora em termos de emissões na economia brasileira. Também neste grupo são produzidas principais commodities exportadas pelo Brasil. Possivelmente, a tarifa vai aumentar o custo desses produtos o que causará perdas de exportação com a implantação da tarifa.

Gráfico 5: Variação da diferença acumulada do PIB da Indústria Extrativa no nível nacional – 2025 a 2030

(Diferença entre cenários em %)



Fonte: Elaboração do autor a partir dos resultados do modelo

As perdas da Indústria Extrativa são menores que as da Pecuária, conforme apresentado pelo Gráfico 5. Esse grupo de setores é composto por: Extração de carvão Mineral; Petróleo e Gás; Minério de ferro e Outros Minerais. Seu PIB diminuirá 4,6% até 2030 com a implantação da tarifa de carbono.

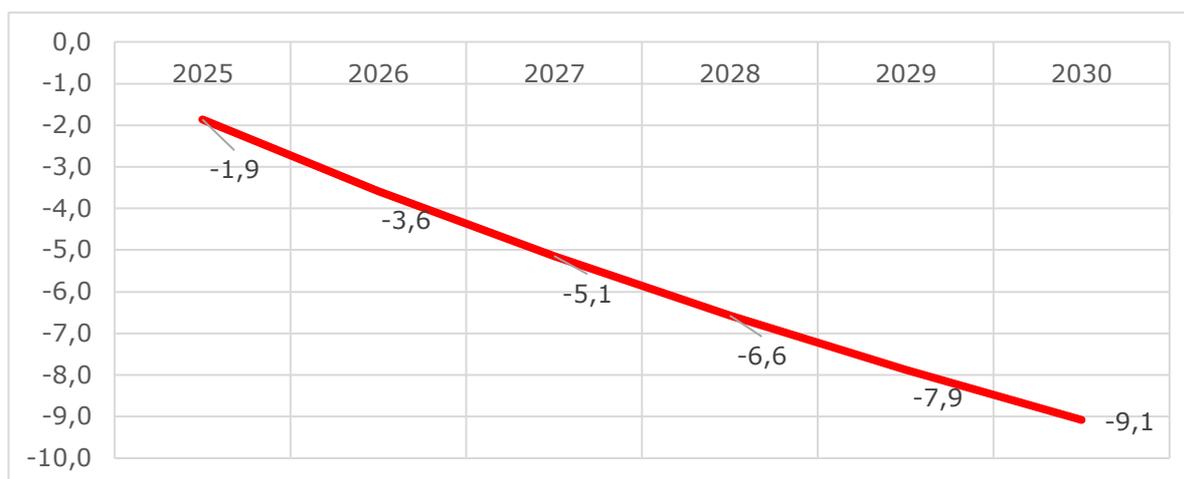
Neste grupo está a extração de Minério de Ferro, outra das commodities exportadas em larga escala pelo Brasil. Provavelmente, a tarifa impactará suas exportações.

A Indústria de Transformação perderá 9,1% do seu PIB até 2030, conforme o Gráfico 6. Neste grupo encontra-se toda a indústria manufatureira brasileira. Da indústria Alimentícia à Metalmeccânica, incluindo a Indústria Automotiva e Indústrias Químicas. Apesar de serem menos emissoras que as anteriores, esse conjunto de atividades será impactado indiretamente pela queda da atividade econômica.

Além da queda do PIB gerada pela introdução da tarifa de carbono associada as emissões de GEE, também haverá queda das emissões.

Gráfico 6: Variação da diferença acumulada do PIB da Indústria de Transformação no nível nacional – 2025 a 2030

(Diferença entre cenários em %)

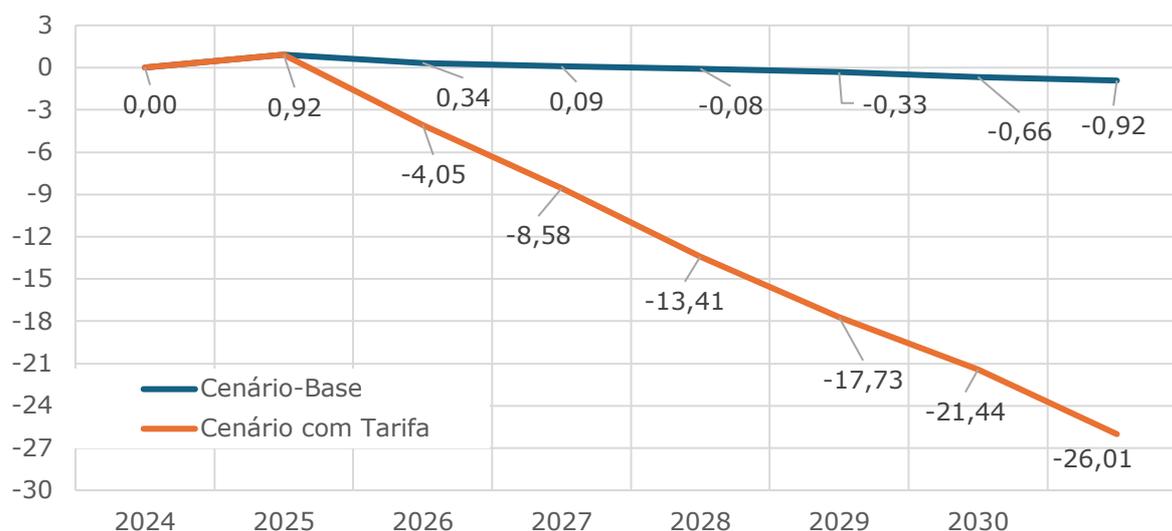


Fonte: Elaboração do autor a partir dos resultados do modelo

Conforme mostra o

Gráfico 7, as emissões serão reduzidas em 26,01% até 2030. Esse efeito, em parte advém da redução da atividade econômica, como resultado das características intrínsecas de modelos de equilíbrio geral. Todavia, também pelo efeito da recursividade e da dinâmica, específicas do modelo utilizado na simulação, espera-se que exista um comportamento dos setores da atividade econômica de ajuste tecnológico. Infelizmente, o modelo utilizado não modela essa questão explicitamente. Há que se incorporar essa funcionalidade em simulações futuras.

Gráfico 7: Variação acumulada das emissões de GEE – 2025 a 2030
(Diferença entre cenários em %)



Fonte: Elaboração do autor a partir dos resultados do modelo

Considerações Finais

Este estudo simulou a implantação de uma tarifa de carbono associada às emissões setoriais decorrentes da produção na economia brasileira. Evidentemente, é esperado que a criação de uma nova tarifa resulte em aumento de preços e na diminuição de demanda. Todavia, como a simulação foi realizada utilizando modelo CGE-RD com abertura setorial, esses resultados são significativos.

A tarifa de carbono implantada no período sequencialmente entre 2025 e 2030, produzirá uma queda acumulada do PIB brasileiro em 2,4% até 2030, a preços de 2023, refletindo os ajustes provocados pela precificação do carbono. Os setores mais afetados, os que terão maior redução de PIB, são os que se configuram como os mais emissores de GEE. A Agropecuária, atividade com maior intensidade de emissões, perderá 25,5% de seu PIB até 2030. Portanto, a distribuição dos impactos é bastante desigual entre os setores. Por outro lado, setores menos intensivos em carbono ou com maior potencial de adaptação tecnológica são menos afetados. Já setores como serviços financeiros, educação e saúde são praticamente neutros em termos de impacto, por serem menos expostos às mudanças nos preços relativos à tarifa associada às emissões.

O modelo também sugere que os efeitos sobre o comércio exterior são relevantes. Com a descarbonização parcial da matriz produtiva, as exportações de produtos intensivos em emissões tendem a cair, mas há aumento relativo das exportações de bens com menor pegada de carbono. Essa mudança estrutural, embora benéfica para o ambiente, pode afetar adversamente a balança comercial no curto prazo, exigindo políticas de compensação e apoio à reconversão produtiva.

Por fim, o modelo mostra que as emissões diminuirão. Todavia, algumas questões surgem. A redução pode ser atribuída apenas a diminuição da atividade econômica? As perdas da economia podem ser mitigadas com uma implantação da tarifa em maior espaço de tempo? Qual o nível de investimento necessário para que mudanças tecnológicas tragam ganhos de produtividade ambiental? A arrecadação gerada pela tarifa será suficiente para financiar esses investimentos? E, caso não seja como a economia brasileira financiará esses investimentos?

Embora o modelo não inclua explicitamente os ganhos tecnológicos endógenos, os resultados indicam que políticas de precificação do carbono, aliadas a investimentos em inovação e transição produtiva, podem ser eficazes para induzir uma mudança estrutural ecológica.

Assim, cenários alternativos a serem simulados, incorporando novas características ao modelo, podem apresentar resultados com custos econômicos menores e maior estabilidade macroeconômica. Afinal, os desafios setoriais e fiscais exigem políticas complementares para mitigar os efeitos adversos e viabilizar uma trajetória de desenvolvimento sustentável.

Referências

ADRIAN, R. *et al.* Climate Change 2022-Impacts, Adaption and Vulnerability. Summary for Policymakers. 2022.

AGUIAR, A. *et al.* The global trade analysis project (GTAP) data base: Version 11. **Journal of Global Economic Analysis**, v. 7, n. 2, 2022.

ALVES-PASSONI, P.; FREITAS, F. Estimação de matrizes insumo-produto anuais para o Brasil no Sistema de Contas Nacionais: referência 2010. 2023.

BAER, M. **Climate risk scenario analysis and the role of central banks and supervisors in safeguarding financial stability in the net-zero transition.** [s.l.] University of Oxford, 2024.

BATTEN, S.; SOWERBUTTS, R.; TANAKA, M. Let's talk about the weather: the impact of climate change on central banks. 2016.

BCB, B. C. DO B. **Banking Report 2023 Banco Central do Brasil**, 2024. Disponível em: <https://cdn-www.bcb.gov.br/content/publications/bankingreport/2023/BAR_2023.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2024

CALIENDO, L.; DVORKIN, M.; PARRO, F. Trade and labor market dynamics: General equilibrium analysis of the china trade shock. **Econometrica**, v. 87, n. 3, p. 741–835, 2019.

COSTINOT, A.; RODRÍGUEZ-CLARE, A. Trade theory with numbers: Quantifying the consequences of globalization. *Em: **Handbook of international economics***. [s.l.] Elsevier, 2014. v. 4p. 197–261.

DAFERMOS, Y. **Eckhard Hein, Distribution and Growth after Keynes: A Post-Keynesian Guide**, 2015. Disponível em: <<https://journals.econsciences.com/index.php/JEL/article/download/306/464>>. Acesso em: 15 maio. 2025

D'ARCANGELO, F. M. *et al.* A framework to decarbonise the economy. **OECD Economic Policy Papers**, n. 31, p. 0_1-88, 2022.

DEKLE, R.; EATON, J.; KORTUM, S. Global rebalancing with gravity: Measuring the burden of adjustment. **IMF Staff Papers**, v. 55, n. 3, p. 511–540, 2008.

GEORGESCU-ROEGEN, N. The entropy law and the economic process in retrospect. **Eastern Economic Journal**, v. 12, n. 1, p. 3–25, 1986.

KORPAR, N.; LARCH, M.; STÖLLINGER, R. The European carbon border adjustment mechanism: a small step in the right direction. **International Economics and Economic Policy**, v. 20, n. 1, p. 95–138, fev. 2023.

LALIOTIS, M. D.; LAMICHHANE, S. **Delays in Climate Transition Can Increase Financial Tail Risks: A Global Lesson from a Study in Mexico**. [s.l.] International Monetary Fund, 2023.

LEONTIEF, W. **Input-output economics**. [s.l.] Oxford University Press, 1986.

MAGACHO, G. *et al.* Macroeconomic exposure of developing economies to low-carbon transition. **World Development**, v. 167, p. 106231, 2023.

NORDHAUS, W. **The climate casino: Risk, uncertainty, and economics for a warming world**. [s.l.] Yale University Press, 2013.

OLIVEIRA, J. M. **Efeitos da equalização tributária regional e setorial da equalização tributária regional e setorial no Brasil: uma aplicação de equilíbrio geral dinâmico**. Brasília: Universidade de Brasília, 20 fev. 2020.

OLIVEIRA, L. F. R.; MORELLI, F. A EXPOSIÇÃO DA ECONOMIA BRASILEIRA AOS SETORES DE MAIOR IMPACTO NAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA: UMA ANÁLISE INSUMO-PRODUTO. **Texto para discussão - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, n. IPEA, mimeo.

QUESNAY, F. Tableau Économique - 1758. *Em*: KLAUS, P.; MÜLLER, S. (Eds.). . **The Roots of Logistics**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 127–132.

REINDERS, H. J. *et al.* Not-So-Magical Realism: A Climate Stress Test of the Colombian Banking System. 2021.

SMITH, A. **A riqueza das nações - 1776**. [s.l.] Nova Fronteira, 2023.