

Impactos regionais de uma tarifa ambiental da UE nas cadeias agropecuárias do Brasil

Michelle Márcia Viana Martins¹, Arthur da Silva Ferreira², Marcos Spínola Nazareth³, Cícero Lima Zanetti⁴

Resumo: O estudo quantifica, por meio do modelo PAEG de equilíbrio geral computável, os efeitos de uma tarifa punitiva de 4% imposta pela União Europeia sobre todas as importações do agronegócio brasileiro. Os resultados revelam queda de 0,013% no bem-estar nacional (aproximadamente US\$ 291 milhões) e de 0,006% no PIB real (cerca de US\$ 199 milhões). A contração atinge com mais força as regiões Centro-Oeste, Norte e Sul, onde a especialização agroexportadora é maior e a terra se desvaloriza até 1,16%. Observa-se desvio de comércio para a Ásia e para parceiros do Mercosul, porém insuficiente para compensar a perda no mercado europeu. A combinação de redução na demanda externa, queda de preços agrícolas e realocação parcial de fatores explica o recuo da renda primária. O exercício demonstra que medidas unilaterais voltadas ao desmatamento podem transferir custos aos exportadores sem garantir redução global da conversão florestal se não vierem acompanhadas de coordenação internacional e reciclagem das receitas tarifárias.

Palavras-chave: Equilíbrio geral computável; PAEG; Tarifas ambientais; Desmatamento; Exportações agropecuárias; Comércio Internacional.

Regional impacts of an EU environmental tariff on Brazil's agricultural supply chains

Abstract: This paper employs the PAEG computable general equilibrium model to measure the macroeconomic impact of a 4% punitive tariff levied by the European Union on all Brazilian agri-trade imports. Results indicate a 0.013% decline in national welfare (about US\$ 291 million) and a 0.006% drop in real GDP (around US\$ 199 million). Losses concentrate in the Centre-West, North, and South, where agro-export specialization is higher and land rents fall by up to 1.16%. Trade is partially diverted to Asian markets and Mercosur partners, yet the gains, typically below 3%, do not offset the contraction of up to 30% in EU sales. Lower external demand, declining agricultural prices, and incomplete factor reallocation jointly reduce primary income. The findings suggest that isolated anti-deforestation tariffs can shift costs onto exporters without securing global forest conservation unless accompanied by international coordination and revenue-recycling schemes.

Keywords: Computable general equilibrium; PAEG; Environmental tariffs; Deforestation; Agricultural exports; Trade.

JEL: F13; Q17; Q56; C68; O13.

1. Introdução

Desde os anos 1990 a preocupação global com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável tem se intensificado. No setor corporativo muitas empresas passaram a incorporar padrões de sustentabilidade em suas cadeias produtivas, seja por meio da adoção de normas voluntárias de sustentabilidade (Martins et al., 2023), ou pelo avanço de estratégias ambientais, sociais e de governança (ESG) (Li et al., 2023). Na esfera pública, a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em 1972 inaugurou um processo de

¹ Professora no Departamento de Economia, Universidade Federal de Viçosa. michelle.viana@ufv.br

² Bacharel em Ciências Econômicas, Universidade Federal de Viçosa. arthur.s.ferreira@ufv.br

³ Professor de Economia e Finanças do Centro Universitário de Viçosa – Univiçosa. marcos.snazareth@gmail.com

⁴ Professor na FGV AGRO e FGV Bioeconomia. cicero.lima@fgv.br

sucessivas cúpulas, como a Rio-92, Cúpula Mundial de 2002, Rio+20 e COP-21, que definiram instrumentos como a Agenda 21, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e o Acordo de Paris, todos voltados à conciliação entre crescimento econômico, conservação de recursos naturais e mitigação da mudança do clima (Barbado & Leal, 2021; Rahangdale, 2018).

Para alcançar os compromissos ambientais delineados pelos ODS, especialmente aqueles voltados ao consumo e produção sustentáveis (ODS 12), ao combate às mudanças climáticas (ODS 13) e à conservação da vida terrestre (ODS 15), é necessário estabelecer mudanças sobre os sistemas de produção agrícola global. O crescimento da atividade agropecuária e as transformações no uso da terra, impulsionados pela crescente demanda mundial por alimentos, têm intensificado a conversão de florestas em áreas agrícolas (Antle & Ray, 2020, Abman & Lundberg, 2020). O sistema alimentar global, responsável por cerca de 80% do desmatamento tropical, é um dos principais vetores de degradação dos solos, desertificação, escassez hídrica e perda de biodiversidade (Hendriks et al., 2023).

Nesse sentido, Abman e Lundberg (2020) estabelecem conexões entre o comércio e o desmatamento no âmbito dos acordos comerciais regionais. Ao possibilitar a intensificação dos fluxos de bens entre os países signatários, a liberalização do comércio contribui para o aumento do desmatamento, sobretudo em regiões tropicais. Farrokhi et al. (2023) corroboram esse achado, abordando a redução das barreiras comerciais como indutora do desmatamento em países com vantagens comparativas na agricultura. Ao mesmo tempo, países importadores preservam ou expandem suas áreas florestais, “importando” o desmatamento atrelado aos bens oriundos de áreas de perda florestal. Apesar de algumas análises apontarem efeitos heterogêneos, revisões sistemáticas (Balogh & Jámbor, 2020; Wang et al., 2023) concluem que os estudos, em geral, encontram que a liberalização do comércio agrícola está associada ao avanço das taxas globais de desmatamento. Schmitz (2015) reforça esse argumento ao mostrar que a maior abertura comercial favorece a expansão agrícola na América do Sul, especialmente na Amazônia.

Rajão et al. (2020) mostram que aproximadamente 20% das exportações brasileiras estão potencialmente ligadas ao desmatamento ilegal. Notavelmente, cerca de um quinto dos estabelecimentos envolvidos nessa parcela estão relacionados à produção de soja na Amazônia e no Cerrado brasileiro, sendo a UE um importante destino para esses produtos. Bager et al. (2021) reafirma que o consumo europeu de bens é uma das principais causas do desmatamento incorporado ao comércio, com destaque para soja e carne bovina do Brasil. Pendrill et al. (2019) estimam que entre 29% e 39% das emissões ligadas ao desmatamento tropical provêm de produtos comercializados internacionalmente e que cerca de um sexto da pegada de carbono alimentar média europeia está associada a essa perda florestal.

No contexto do comércio entre a UE e Brasil, Arima et al. (2021) discutem possíveis impactos de um acordo comercial entre o bloco e o Mercosul. Um aumento nas transações comerciais poderia intensificar o desmatamento nos países sul-americanos, especialmente no Brasil, onde prevê-se uma perda de cobertura florestal de 173 mil hectares, em oposição a um ganho de 5,5 milhões de hectares de área florestal nos países membros da UE. Para maximizar os benefícios do acordo, os autores enfatizaram a necessidade de uma política de baixo desmatamento, sugerindo que os países do Mercosul deveriam cumprir padrões socioambientais mais rigorosos estabelecidos pelos importadores da UE. Berthet et al. (2023) argumentam que o Brasil tem um papel importante nas discussões sobre a redução do desmatamento, e, portanto, medidas para mitigar o desmatamento em nível global devem, necessariamente, incluir o Brasil.

Sob essa perspectiva, a UE estabeleceu, como parte do Pacto Ecológico Europeu (Green Deal), o Regulamento de Desmatamento da União Europeia (EUDR) 2023/1115⁵, que adota uma abordagem unilateral para reduzir a conversão de áreas florestais em terras agrícolas, que produzirão produtos consumidos na Europa. Essa política condiciona o acesso de determinados bens agrícolas e florestais à comprovação de origem livre de conversão de terras a partir de 31 de dezembro de 2020. O texto determina que infratores que colocarem no mercado europeu produtos vinculados a desmatamento, estão sujeitos a penalidades efetivas, proporcionais e dissuasivas. Entre as sanções, uma multa mínima correspondente a 4 % do faturamento anual total da empresa na UE no exercício anterior à infração, calculada segundo o artigo 5.º, n.º 1, do Regulamento (CE) n.º 139/2004 (Regulamento 2023/1115, art. 32, § 2.º, alínea a).

A partir dessa política, a responsabilidade pelo desmatamento⁶ recai sobre os operadores e comerciantes europeus que importam produtos provenientes de área desmatada por meio do comércio agroalimentar, e sobre os exportadores e comerciantes que desejam vender ou enviar seus produtos para dentro ou fora da UE. O intuito é assegurar que, a partir de uma lista selecionada de produtos agrícolas e florestais que entram no mercado europeu, a EU não contribua para o desmatamento e a degradação florestal em outros países.

O EUDR, embora destaque a necessidade de combater o desmatamento global, não é simples de implementar. Primeiro, as cadeias de suprimentos globais que envolvem produtos agrícolas originados de área desmatada constituem uma cadeia complexa e de difícil rastreabilidade, a exemplo da cadeia de grãos. A logística envolve o transporte e armazenamento a granel, o que permite a mistura de produtos provenientes de diferentes áreas. Durante o processo de escoamento da produção, grãos de origens distintas são frequentemente armazenados em silos e navios, sem separação por lote ou propriedade rural. Essa rede complexa torna desafiador o processo de assegurar que os produtos associados ao desmatamento sejam eficazmente excluídos do mercado da UE (Berthet et al., 2023).

Apesar desse desafio, é certo que o Brasil será potencialmente afetado por esse regulamento, já que os produtos mais exportados pelo país estão associados ao desmatamento e estão no escopo da lei europeia, tais como soja, carne bovina, madeira, cacau e café. Só a produção de soja e carne bovina, juntas, representam 68% da área desmatada da floresta amazônica (Aleixandre-Benavent et al., 2018). A UE, especificamente, é destino de 50% do comércio de desmatamento incorporado do Brasil. Desse total, a parcela de 61% representa a produção de soja e 12% a produção de cacau e café (Müller, 2020).

Em face ao exposto, o objetivo desse estudo é quantificar, mediante o modelo PAEG de equilíbrio geral computável (EGC), os efeitos de uma tarifa punitiva de 4% pela EU sobre todas as importações do agronegócio brasileiro. Esse cenário funcionaria como proxy para um choque tarifário punitivo e corresponde a uma alternativa ao EUDR. A opção por traduzir a multa em tarifa *ad valorem* possibilita avaliar, em cenário contrafactual, os efeitos econômicos de uma medida de alcance abrangente que onera o ingresso de *commodities* associadas a risco de desmatamento, sem reproduzir integralmente o mecanismo de *due-diligence* previsto no regulamento europeu, que proíbe as importações.

Logo, o problema desse estudo poderia ser formulado da seguinte forma: se a UE decidisse encarecer em 4% todos os itens agropecuários brasileiros, o que aconteceria com o Brasil, suas regiões e como mundo? Essa abordagem permite testar os impactos macroeconômicos nacionais e regionais, de uma política comercial desenhada para internalizar, no preço de importação, parte do custo ambiental da produção. Ao estimar os resultados, pretende-se avaliar como este instrumento tarifário unilateral, inspirado na lógica de

⁵ Disponível em: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32023R1115>>. Acesso em 29 de agosto de 2023.

⁶ O regulamento exige que o produto não seja proveniente de uma área aberta após 31 de dezembro de 2020. É uma medida com data retroativa.

penalização do EUDR, afeta a competitividade do setor agropecuário brasileiro e a distribuição de renda entre as macrorregiões do País, além de identificar eventuais deslocamentos de comércio para outros mercados.

O texto organiza-se em cinco seções além desta introdução. A seção 2 discute o arcabouço teórico sobre tarifas ambientais e clubes climáticos; a seção 3 detalha a metodologia e a modelagem do choque; a seção 4 apresenta e analisa os resultados; a seção 5 traz as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

2. Aplicação das tarifas anti-desmatamento como uma alternativa ao regulamento europeu

O documento da Organização Mundial do Comércio (OMC) intitulado “Proposta da UE para um regulamento sobre produtos livres de desmatamento” (WTO, 2022) aponta o desagrado manifestado pelo Brasil e por outros grandes produtores agrícolas diante da ausência de consultas prévias à adoção do regulamento europeu, bem como da desconsideração das legislações nacionais, dos esforços locais de contenção do desmatamento e do princípio das responsabilidades comuns porém diferenciadas. Entre os principais pontos de crítica estão os critérios avaliativos considerados punitivos e potencialmente discriminatórios, capazes de originar distorções comerciais e tensões diplomáticas sem ganhos ambientais comprovados; os exigentes mecanismos de *due diligence* baseados em rastreabilidade e geolocalização, que podem colocar em risco a permanência de pequenos e médios produtores de economias emergentes; a incerteza quanto ao escopo dos produtos abrangidos; os critérios de risco sujeitos a interpretações subjetivas; e o curto período de transição, unilateralmente estabelecido, insuficiente para ajustes nos países afetados. O texto também ressalta que restrições ao comércio não constituem o instrumento preferencial para a consecução de metas ambientais, recomendando que a União Europeia harmonize o regulamento às normas multilaterais.

À luz desse debate, discute-se a hipótese de utilização de tarifas para desestimular a importação de produtos associados ao desmatamento. Essa alternativa encontra respaldo teórico no Artigo XX do *General Agreement on Tariffs and Trade* (GATT), que admite exceções às obrigações de não discriminação e de tratamento nacional quando necessárias para proteger a vida e a saúde de pessoas, animais ou plantas, ou ainda para preservar recursos naturais esgotáveis, desde que não configurem discriminação arbitrária ou restrição disfarçada ao comércio (Thorstensen, 1998).

Portanto, qualquer tarifa ambiental precisaria ser formulada de maneira a não impor tratamento mais rigoroso aos bens estrangeiros do que aos produtos domésticos e a não favorecer determinados parceiros comerciais, obedecendo aos requisitos do Artigo I (nação-mais-favorecida) e do Artigo III (tratamento nacional). Os acordos SPS e TBT, por sua vez, exigem que padrões técnicos tenham justificativa científica e não criem obstáculos indevidos ao comércio, o que reforça a necessidade de fundamentação sólida e proporcionalidade.

Uma tarifa ambiental graduada de acordo com a intensidade de desmatamento oferece vantagens institucionais e econômicas em comparação à estratégia de restringir o comércio, tal como postulado pelo EUDR. Por manter os fluxos comerciais abertos, o imposto viabiliza um ajuste paulatino dos agentes produtivos e evita a ruptura súbita de cadeias globais de suprimentos, circunstância especialmente relevante para países em desenvolvimento que dependem do acesso ao mercado europeu. Ao mesmo tempo, a tarifa internaliza, no preço final, o custo ambiental gerado pela conversão de florestas, criando um sinal de mercado que recompensa produtores com práticas sustentáveis e desestimula a expansão das áreas desmatadas. Diferentemente de uma proibição ou exigência rígida de rastreabilidade, o mecanismo tarifário permite graus crescentes de ambição: alíquotas podem ser reduzidas ou

eliminadas à medida que indicadores de conservação melhorem, condição que fornece transparência sobre os requisitos de conformidade e reforça a previsibilidade regulatória.

Além de preservar a diversidade de fornecedores, a arrecadação poderia, por exemplo, ser canalizada para um fundo internacional voltado a programas de restauração florestal, difusão de tecnologias de baixa emissão e assistência técnica em países exportadores, reforçando a coerência entre objetivos ambientais e metas de desenvolvimento. Essa estrutura cumpre o princípio do poluidor-pagador e promove a corresponsabilidade financeira de consumidores e importadores.

O desenho tarifário, se amparado em critérios objetivos de medição de desmatamento, tende a superar alegações de discriminação arbitrária, pois respeita o Artigo XX do GATT, ao admitir exceções ambientais sem criar barreiras nem privilegiar produtores domésticos, muitas vezes amparados por altos contingentes de subsídios. Ao substituir proibições absolutas por incentivos de preço, o instrumento se mostra compatível com a lógica dos acordos SPS e TBT. Nessa perspectiva, a tarifa ambiental seria uma solução pragmática para alinhar a preservação florestal ao dinamismo comercial.

Nas seções seguintes são discutidas as implicações comerciais das tarifas e a teoria dos clubes climáticos, ambas podem sustentar a ideia do uso de tarifas anti-desmatamento.

2.1. Efeitos comerciais das tarifas anti-desmatamento

Em 2023, o Parlamento Europeu estabeleceu a inclusão do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM) como medida para reduzir as emissões de CO₂ e evitar o vazamento de carbono (European Parliament, 2023). O plano consiste em cobrança de taxas sobre emissões embutidas em importações de setores intensivos em carbono a partir de 2026, incluindo cimento, ferro, aço, alumínio, fertilizantes, hidrogênio e eletricidade (Vielle; Oliveira, 2024). Essa política se assemelha ao efeito de uma política tarifária para incentivar práticas de produção menos poluentes (Garaffa et al., 2021).

Estudos que avaliaram os efeitos do CBAM, observaram que a medida pode reduzir marginalmente o PIB global e os níveis de bem-estar das famílias, mas, por outro lado, promoveria ganhos ambientais (Xiaobei; Fan; Jun, 2022). Zhang et al. (2024) mostram que a implementação do CBAM na China poderia reduzir as exportações de produtos intensivos em carbono e gerar ajustes no mercado interno, incentivando a descarbonização parcial de cadeias produtivas. Vielle e Oliveira (2024) aplicaram modelos de equilíbrio geral computável (EGC) ao setor industrial do Brasil e identificaram que o CBAM poderia reduzir exportações em setores como siderurgia e cimento, mas potencializaria ganhos de competitividade para setores menos intensivos em carbono no longo prazo, ao mesmo tempo em que incentivaria o Brasil a avançar em seu mercado regulado de carbono.

A literatura que investiga tarifas desenhadas para inibir o desmatamento ainda é relativamente restrita, porém já oferece alguns resultados para entender seus possíveis efeitos de comércio e de bem-estar. Em um modelo de EGC dinâmico que incorpora incentivos de longo prazo, Harstad (2024) demonstra que tarifas aplicadas ao estoque de floresta remanescente podem reduzir a velocidade de conversão de terras, ao mesmo tempo em que mantêm e até ampliam, os benefícios de comércio quando combinadas a subsídios alinhados à conservação. O mecanismo proposto pelo autor depende da credibilidade de sanções futuras: ao vincular a liberalização tarifária a metas de cobertura florestal, o país exportador internaliza o custo ambiental associado ao avanço da fronteira agrícola, elevando o valor presente de manter a floresta em pé.

Em contraste, análises empíricas sugerem que medidas unilaterais sujeitas a vazamentos, ou seja, desvio de comércio para países ambientalmente mais brandos, podem ter eficácia ambiental limitada. Wilman (2019) avaliou o efeito de tarifas ou proibições voltadas

ao óleo de palma. O estudo conclui que parte dos fluxos comerciais é redirecionada para mercados sem restrições, fenômeno que dilui os ganhos ambientais esperados e impõe perdas de receita aos exportadores eficientes de países de baixa renda. Outros estudos baseados em modelos de EGC também avançam na quantificação de impactos macroeconômicos. De la Vega (2024) simula o EUDR sob a ótica argentina e projeta queda de 0,46% no PIB entre 2025 e 2030, acompanhada de redução de 6,6% na área desmatada e leve retração nas emissões de gases de efeito estufa. Resultados semelhantes são discutidos por Mukwaya (2025) para exportadores africanos de cacau e café: despesas adicionais de conformidade reduzem as vendas externas em 24% e geram perda líquida de bem-estar de aproximadamente US\$ 2 bilhões. Apesar de esses dois exercícios analisarem barreiras regulatórias e não tarifas clássicas, suas evidências corroboram a expectativa de que qualquer tributo aplicado na fronteira com o objetivo de excluir mercadorias ligadas a desmatamento tende a realocar fluxos comerciais, afetar preços relativos e induzir ajustes produtivos domésticos.

2.2. Teoria dos clubes climáticos

A literatura sobre cooperação internacional resgata o conceito de clube para explicar como um grupo de países pode oferecer a si próprio um bem público, no contexto deste estudo, um clima estável, ao partilhar custos e benefícios de políticas de redução de emissões. Segundo Nordhaus (2015), um clube se forma por adesão voluntária e depende de dois elementos: um preço-alvo comum para o carbono, que cada membro aplica no formato mais adequado às suas condições internas, e um mecanismo de penalização comercial aplicado de maneira uniforme às importações originárias de não membros. Ao impor tarifas de entrada sobre esses produtos, o clube elimina a vantagem competitiva de quem se abstém de mitigar e, assim, desalinha o incentivo ao comportamento de carona (*free-rider*). A estrutura consolida um equilíbrio em que o ingresso se torna a melhor resposta individual, pois a combinação de preço do carbono e sanções remove o ganho em permanecer fora.

Esse arcabouço teórico respalda iniciativas que procuram disciplinar impactos ambientais por meio de barreiras na fronteira. O CBAM da UE, que estabelece a cobrança de um preço implícito de carbono sobre bens intensivos em emissões; e projeto norte-americano FOREST Act (*Fostering Overseas Rule of Law and Environmentally Sound Trade Act*), que vincula o acesso ao mercado à comprovação de que commodities agrícolas não derivam de desmatamento ilegal (Schatz, 2023).

Embora concebidas com alcances distintos, o primeiro para reduzir as emissões industriais, o segundo para promover a conservação florestal, ambas operam a lógica do clube: criam um núcleo de países com padrões ambientais convergentes e condicionam o comércio de terceiros a esses parâmetros. Sob essa ótica, tarifas anti-desmatamento podem ser interpretadas como instrumento de adesão a um clube climático voltado à proteção de florestas, sobretudo se o desenho contemplar redistribuição das receitas para financiar a transição produtiva nos exportadores participantes. Dessa forma, alinham-se incentivos, reduzem-se emissões associadas ao uso da terra e evita-se a fuga de comércio para jurisdições menos exigentes, aproximando a prática regulatória dos princípios propostos por Nordhaus (2015).

Hagen e Schneider (2022) avaliam clubes de reduzido número de membros e mostram que sanções tarifárias podem levar à retaliação de grandes exportadores externos, o que reduz a adesão e até resulta na dissolução do grupo. Os autores propõem um escalonamento progressivo de exigências, começando por metas de transparência e assistência técnica e avançando, em etapas subsequentes, para a adoção de preços de carbono plenos, de modo a manter o apelo do clube para economias em desenvolvimento. Böhringer, Carbone e Rutherford (2016) aplicam um modelo de EGC para verificar os efeitos de uma simples ameaça de tarifa de carbono. Os resultados indicam que essa ameaça por si só, conduz o sistema a um equilíbrio

de Nash: nesse ponto, os países reguladores induzem as regiões não cooperantes a internalizar parte de suas emissões, reduzindo o custo global de mitigação em aproximadamente um terço em comparação a um cenário de ação unilateral.

A ideia de combinar penalidades comerciais com incentivos positivos é explorada por Berthet et al. (2025), que propõem um “Forest Club”, a partir de tarifas sobre bens associados ao desmatamento acoplada a transferências para financiar agricultura de baixo carbono nos países membros. A simulação sugere potencial de redução de até 15 milhões de hectares de floresta tropical sem perdas líquidas de bem-estar, reforçando que a inclusão de mecanismos compensatórios eleva a atratividade política do clube. No plano jurídico, Copeland e Taylor (2003) discutem a compatibilidade entre instrumentos ambientais na fronteira e as regras da OMC, ressaltando que medidas baseadas em critérios objetivos de risco, como intensidade de carbono ou desmatamento comprovado, podem enquadrar-se na exceção do Artigo XX do GATT desde que aplicadas de modo não discriminatório. Essa discussão sustenta que um esquema tarifário graduado e transparente, associado a metas ambientais claras, tem maior probabilidade de resistir a contestações em painéis de disputa.

Essas contribuições convergem para três recomendações de desenho: (i) atrelar benefícios comerciais tangíveis aos custos de conformidade ambiental, reforçando a cooperação voluntária; (ii) modular exigências e combinar sanções com transferências para mitigar riscos distributivos e de retaliação; (iii) adotar critérios técnicos objetivos, alinhados ao Artigo XX, a fim de garantir legitimidade jurídica. Tais elementos oferecem a base conceitual para a proposta de tarifas anti-desmatamento apresentada neste estudo.

3. Metodologia

3.1 O modelo de equilíbrio geral computável

Os modelos de EGC expressam o funcionamento de uma economia por meio de equações que representam o comportamento dos agentes econômicos nos diversos mercados de bens, serviços e fatores de produção (Suela et al., 2025). Esses modelos partem do pressuposto de que os agentes buscam maximizar o bem-estar sujeitos a restrições orçamentárias e consideram uma economia operando sob competição perfeita e retornos constantes de escala, de modo que não há lucro econômico, pois os custos com insumos intermediários e fatores de produção equivalem ao valor da produção (Gurgel et al., 2022).

O equilíbrio obtido confere ao modelo solidez matemática para analisar políticas econômicas e comerciais, permitindo observar os efeitos de choques externos sobre todas as variáveis endógenas (Silva, 2016), o que o torna adequado para estudar choques tarifários e alterações nos fluxos de comércio entre países (Suela et al., 2025).

Para avaliar os efeitos de tarifas anti-desmatamento sobre a estrutura produtiva e os fluxos comerciais do Brasil, optou-se pelo modelo PAEG – Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira, que incorpora as especificidades regionais da economia nacional. O modelo é abordado em outros estudos que avaliam choques na economia brasileira (Barbosa et al., 2022, Gurgel et al., 2024, Nazareth et al., 2025). O PAEG desagrega os fluxos econômicos para as cinco macrorregiões do País (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul) e mantém, para o restante do mundo, uma desagregação geográfica compatível com os principais parceiros comerciais envolvidos no choque analisado.

A base de dados do PAEG está acoplada a versão 11 do *Global Trade Analysis Project* (GTAP - Projeto de Análise do Comércio Global), calibrada para 2017. O modelo é comparativo-estático: calcula dois equilíbrios, o de referência e o pós-choque. Os resultados refletem as diferenças a partir do cenário base.

3.2 Choque, estrutura de desagregações do PAEG e pressupostos

O choque tarifário de 4% sobre todas as importações de produtos agropecuários brasileiros pela UE baseia-se na multa mínima prevista no EUDR (Regulamento 2023/1115, art. 32, § 2.º, alínea a), equivalente a 4%⁷ do faturamento anual na UE das empresas infratoras. Ao converter essa penalidade em tarifa *ad valorem*, o modelo PAEG reproduz, em cenário contrafactual, uma sanção de magnitude comparável àquela estabelecida pelo regulamento europeu, sem replicar integralmente o complexo mecanismo de *due diligence*.

Para simular o choque, seguiu-se quatro passos. Primeiro, a própria base do PAEG é consultada para obter o valor das exportações agropecuárias do Brasil à UE no ano-base; segundo, foram calculados os 4% desse montante; terceiro, somou-se a penalidade ao valor inicial, obtendo a nova receita líquida que o exportador precisaria gerar para vender a mesma quantidade; quarto, essa nova receita é dividida pelo fluxo original para reescrever o sobrepreço como uma alíquota de importação. Esse coeficiente substitui, nas equações de importação, o parâmetro *rtms(agro, bra, "EUR")*, simulado em GAMS. Todos os demais pares país-produto mantêm as tarifas de referência, o que garante que qualquer variação nos resultados se explique exclusivamente pela medida punitiva contra o Brasil.

Nesse estudo, o PAEG está desagregado em dezenove setores de bens e serviços (sete agrícolas), cinco fatores primários (capital, trabalho qualificado, trabalho não qualificado, terra e recursos naturais) e vinte e uma regiões, entre as quais distinguimos as cinco macrorregiões brasileiras: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul (Tabela 1).

Tabela 1. Regiões, setores e fatores de produção.

Regiões (R)	Código R	Setores (S)	Código S	Fatores de produção (F)	Código F
Norte – BR*	NOR	Arroz em casca – AGROPEC**	PDR	Capital	CAP
Nordeste – BR*	NDE	Grãos de cereais – AGROPEC**	GRO	Trabalho	LAB
Centro-Oeste – BR*	COE	Sementes oleaginosas – AGROPEC**	OSD	Terra	LND
Sudeste – BR*	SDE	Cana-de-açúcar – AGROPEC**	C B	Recursos naturais	RES
Sul – BR*	SUL	Produtos de origem animal – AGROPEC**	OAP		
Resto do Mercosul	RMS	Leite e derivados – AGROPEC**	RMK		
EUA	USA	Outros produtos agrícolas - AGROPEC**	AGR		
Canadá	CAN	Produtos alimentícios	FOO		
México	MEX	Têxteis	TEX		
Resto das Américas	ROA	Vestuário e produtos de couro	WAP		
União Europeia	EUR	Produtos de madeira	LUM		
Resto da Europa	REU	Produtos de papel e publicações	PPP		
Japão	JPN	Produtos químicos, de borracha e plástico	CRP		
Rússia	RUS	Outras indústrias	MAN		
China	CHN	Eletricidade, gás e água	SIU		
Índia	IND	Construção	CNS		

⁷ Essa porcentagem é descrita no texto do regulamento da seguinte forma: “The penalties provided for in paragraph 1 shall be effective, proportionate and dissuasive. Those penalties shall include: (a) fines proportionate to the environmental damage and the value of the relevant commodities or relevant products concerned, calculating the level of such fines in such way as to ensure that they effectively deprive those responsible of the economic benefits derived from their infringements, and gradually increasing the level of such fines for repeated infringements; in the case of a legal person, the maximum amount of such a fine shall be at least 4% of the operator’s or trader’s total annual Union-wide turnover in the financial year preceding the fining decision, calculated in accordance with the calculation of aggregate turnover for undertakings laid down in Article 5(1) of Council Regulation (EC) No 139/2004 (24), and shall be increased, where necessary, to exceed the potential economic benefit gained”. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1115>>. Acesso em 29 de agosto de 2023.

Austrália e Nova Zelândia	ANZ	Comércio	TRD		
Ásia em rápido desenvolvimento	ASI	Transporte	OTP		
África	AFR	Serviços	SER		
Oriente Médio	MES				
Resto da Ásia	RAS				

Nota: (*) BR representam as regiões do Brasil; (**) AGROPEC representam os setores agropecuários afetados pelo choque. Fonte: Elaborado pelo autor.

O lado da oferta supõe empresas em concorrência perfeita operando com retorno constante de escala; a função de produção combina insumos intermediários com um agregado de fatores via tecnologia CES. O lado da demanda interna é representado por um consumidor representativo por região, cuja utilidade também segue estrutura CES entre bens domésticos e importados. Para diferenciar origem e destino de cada mercadoria emprega-se a hipótese de Armington: bens produzidos em regiões distintas não são perfeitamente substitutos.

Os principais pressupostos macroeconômicos adotados no cenário-padrão são: a poupança é exógena, determinada por uma propensão marginal a poupar fixa; o governo não tem obrigação de manter seu gasto real inalterado, de modo que a arrecadação tributária, afetada pelas mudanças de preço e de quantidade, se traduz em expansão ou contração automática do consumo público; a taxa de câmbio real é implícita; um dos preços internos (o deflator da macrorregião de maior consumo) é escolhido como numerário; o saldo de transações correntes é mantido no seu valor de referência. No mercado de fatores considera-se, para este exercício, que capital, trabalho e terra não podem migrar entre as cinco macrorregiões, refletindo fricções reais de curto prazo; dentro de cada região, entretanto, capital e trabalho deslocam-se livremente entre setores numa mesma região brasileira, enquanto a terra é específica da agropecuária. Recursos naturais imprimem renda apenas aos setores extrativos. Todos os mercados ajustam-se pelo preço: não há desemprego involuntário nem capacidade ociosa permanente.

Como indicadores-chave, são extraídas as variações, em nível nacional e por macrorregião, do PIB real, do consumo público, do bem-estar (medido pela variação equivalente), dos salários, da renda da terra e do capital, dos volumes e valores exportados e importados, além dos preços relativos.

A partir de uma análise inicial dos dados do PAEG, observa-se que a distribuição dos setores agropecuários pelas macrorregiões brasileiras reflete padrões consistentes com estatísticas oficiais e levantamentos setoriais. Por exemplo, o Centro-Oeste concentra especialmente soja e pecuária de corte (IBGE, 2025), enquanto no Sudeste predominam café e cana-de-açúcar (Syngenta Digital, 2025) e no Sul são majoritários suinocultura e avicultura (IBGE, 2023). A fruticultura destaca-se no Nordeste, e a expansão da fronteira agrícola via MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) tem maior expressão no Norte (Embrapa, 2025). Isso implica que a simulação do encargo *ad valorem* afeta as macrorregiões com intensidades distintas, conforme a participação de cada setor nas exportações para ao mercado europeu, a elasticidade de substituição entre destinos (oferta) e entre origens (procura europeia) e a intensidade de uso de fatores como terra e trabalho não qualificado. Setores fortemente voltados para a EU tendem a apresentar queda mais acentuada na demanda externa e no preço doméstico, com conseqüente deslocamento de mão-de-obra e terra, enquanto atividades voltadas ao mercado interno ou a outros parceiros podem experimentar impactos menos severos ou até ganhos relativos.

4. Resultados

A elevação de 4% nos preços europeus desencadeia, no modelo, queda de demanda na UE, desvalorização dos fatores ligados ao campo, realocação de recursos para outros setores e,

por fim, redução do bem-estar agregado, efeitos cuja magnitude e distribuição espacial serão discutidos na seção de resultados. Os resultados estão divididos em duas subseções. A primeira apresenta os resultados da modelagem e a segunda apresenta a discussão dos principais achados.

4.1. Impactos do choque tarifário

A imposição de uma tarifa punitiva de 4% pela UE sobre as importações de produtos do agronegócio brasileiro desencadeia um novo equilíbrio na economia brasileira e no mundo. Os resultados são discutidos à luz da queda da demanda externa, que por sua vez, provoca recuo nos preços, deslocamento de fatores de produção e uma consequente perda de renda primária. A análise detalhada revela que as regiões mais dependentes do setor agroexportador são as mais severamente atingidas, um resultado que ressoa com a literatura que aborda a vulnerabilidade de economias especializadas a choques comerciais e regulatórios (Wilman, 2019). Primeiro é apresentada a análise detalhada por regiões do Brasil (tabela 2), onde é apresentada a heterogeneidade a partir da vulnerabilidade das economias regionais mais dependentes do agronegócio exportador, depois é apresentado os efeitos dos choques para o Brasil (tabela 3) e para o cenário mundial (tabelas 4 e 5).

A tabela 2 compara a variação do choque para as variáveis macroeconômicas. Os resultados revelam uma dinâmica assimétrica entre as macrorregiões, porém convergente quanto ao enfraquecimento das variáveis reais depois do choque. O conceito de bem-estar utilizado nesta análise refere-se à variação no consumo das famílias, uma medida padrão em modelos de EGC que representa o valor em dólares que seria necessário transferir às famílias para mantê-las no mesmo nível de bem-estar anterior ao choque. Esta métrica captura as variações diretas de renda e os efeitos indiretos sobre o poder de compra decorrentes de mudanças nos preços relativos e na disponibilidade de bens e serviços.

Tabela 2. Efeitos do choque sobre as variáveis macroeconômicas, para as regiões brasileiras.

Variáveis macroeconômicas		Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Bem-estar (Δ consumo das famílias)	$\Delta\%$	-0,027%	-0,016%	-0,031%	-0,004%	-0,022%
	Δ bi US\$	-0,034	-0,056	-0,072	-0,048	-0,082
PIB	$\Delta\%$	-0,016%	-0,011%	-0,023%	0,001%	-0,014%
	Δ bi US\$	-0,027	-0,049	-0,073	0,023	-0,073
Gastos do governo	$\Delta\%$	0,010%	0,043%	-0,020%	0,034%	-0,031%
	Δ bi US\$	0,002	0,024	-0,007	0,063	-0,017
Investimento	$\Delta\%$	-0,002%	0,000%	0,000%	-0,001%	0,000%
	Δ bi US\$	-0,001	0,000	0,000	-0,003	0,000
Exportações	$\Delta\%$	0,010%	-0,012%	-0,010%	-0,028%	-0,005%
	Δ bi US\$	0,005	-0,009	-0,007	-0,109	-0,011
Importações	$\Delta\%$	0,000%	0,009%	-0,020%	-0,028%	-0,020%
	Δ bi US\$	0,000	0,009	-0,013	-0,120	-0,038
Arrecadação do governo	$\Delta\%$	0,012%	0,044%	-0,020%	0,036%	-0,030%
Índice de Preços $\Delta\%$		-0,083%	-0,079%	-0,091%	-0,057%	-0,068%
Fatores de produção $\Delta\%$	Terra	-1,157%	-0,478%	-0,561%	-0,875%	-1,077%
	Recursos naturais	0,087%	0,131%	0,135%	0,08%	0,071%
	Capital	-0,031%	-0,018%	-0,038%	-0,012%	-0,03%
	Trabalho não qualificado	-0,021%	-0,022%	-0,038%	-0,019%	-0,037%
	Trabalho qualificado	0,031%	0,016%	0,016%	0,03%	0,029%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A maior contração ocorre no Centro-Oeste, com perda de 0,031% no bem-estar (US\$ 72 milhões em 2017) e redução de 0,023% no PIB real (US\$ 73 milhões), refletindo sua especialização na produção de commodities agrícolas destinadas à exportação para EU (soja, milho e algodão) (MAPA, 2025). O fator terra desvaloriza-se em 0,561%, evidenciando menor rentabilidade decorrente da queda na demanda externa. Esse recuo pode representar um estímulo à queda do desmatamento, por refletir redução da remuneração da terra agrícola. O

índice de preços ao consumidor na região reduz-se em 0,091 pontos percentuais, variação que embora numericamente modesta, representa alívio deflacionário equivalente a aproximadamente US\$ 45 milhões em poder de compra adicional para os consumidores regionais, considerando o PIB regional de 2017. Contudo, este benefício é insuficiente para compensar as perdas de renda primária decorrentes da contração do setor agroexportador.

As regiões Norte e Sul exibem impactos semelhantes com intensidades distintas conforme suas estruturas produtivas: no Norte, o bem-estar cai 0,027% (US\$ 34 mi) e o PIB real 0,016% (US\$ 27 mi); no Sul, recua 0,022% (US\$ 82 mi) e 0,014% (US\$ 73 mi). Ambas dependem do setor agroexportador, o Norte em produtos florestais, carne bovina e grãos; o Sul em soja, milho, carne suína e aves. A desvalorização do fator terra atinge 1,157% no Norte e 1,077% no Sul, as maiores entre todas as regiões, refletindo a queda da demanda externa por fatores especializados, e o índice de preços ao consumidor recua 0,083 pp no Norte e 0,068 pp no Sul, gerando ganhos de poder de compra de US\$ 14 mi e US\$ 35 mi, respectivamente, valores que não compensam as perdas de renda agroexportadora.

O Nordeste absorve melhor o choque tarifário que outras regiões especializadas em agronegócio, com queda de 0,016% no bem-estar (US\$ 56 milhões) e de 0,011% no PIB real (US\$ 49 milhões). Esse desempenho reflete a pauta exportadora diversificada da região, pautada em cana-de-açúcar, frutas tropicais e, em menor escala, soja, que depende menos do mercado europeu ao atender também cadeias domésticas e outros destinos internacionais. O aumento de 0,043% nos gastos governamentais (US\$ 24 milhões) sustenta a demanda regional. A terra desvaloriza-se em 0,478%, o menor recuo entre todas as regiões, enquanto o índice de preços ao consumidor cai 0,079 ponto percentual, gerando cerca de US\$ 28 milhões em ganho de poder de compra.

O Sudeste apresenta um comportamento distinto em relação às demais regiões, caracterizando-se como a única a registrar crescimento do PIB real, ainda que modesto, de 0,001% (US\$ 23 milhões), mesmo experimentando uma perda de bem-estar de 0,004% (US\$ 48 milhões). Essa aparente contradição reflete a complexidade dos mecanismos de transmissão do choque tarifário em uma economia regionalmente diversificada. O crescimento do PIB regional decorre de três fatores interconectados: a participação relativamente reduzida do agronegócio na estrutura de valor adicionado regional, com a economia caracterizada pela diversificação industrial e forte setor de serviços, que reduz a exposição direta aos efeitos da tarifa sobre produtos agrícolas; a região se beneficia da deflação nos preços internos de alimentos, com o índice de preços ao consumidor recuando 0,057 pontos percentuais, o menor entre todas as regiões, proporcionando ganhos de competitividade para setores industriais que utilizam insumos agrícolas e aumentando o poder de compra dos consumidores em aproximadamente US\$ 65 milhões; por fim, a expansão de 0,034% no consumo governamental (US\$ 63 milhões) compensa parcialmente a retração dos investimentos privados, sustentando a demanda agregada regional.

A perda de bem-estar no Sudeste, apesar do crescimento do PIB, resulta da deterioração dos termos de troca nacionais e da redução das transferências inter-regionais via cadeia agroindustrial. A região, como centro de processamento industrial de produtos agrícolas originários de outras regiões, experimenta uma diminuição na renda recebida dessas atividades, o que reduz a base tributária regional e afeta negativamente o rendimento de fatores de produção, particularmente o trabalho não qualificado. A desvalorização da terra atinge 0,875%, refletindo a presença de atividades agrícolas na região, embora em menor escala relativa. O trabalho qualificado, por outro lado, experimenta uma valorização de 0,030%, sugerindo uma realocação setorial favorável à indústria de transformação e serviços urbanos, setores que se beneficiam da redução nos custos de insumos agrícolas e da expansão da demanda governamental.

A realocação de fatores de produção em resposta ao choque tarifário mostra desvalorização da terra em todas as regiões, com as maiores quedas no Norte (-1,157%) e Sul (-1,077%), seguidas por Sudeste (-0,875%), Centro-Oeste (-0,561%) e Nordeste (-0,478%), refletindo a intensidade da especialização agrícola e a dependência dos mercados europeus; o capital também recua em todas as regiões, de 0,012% no Sudeste a 0,038% no Centro-Oeste, indicando menor demanda por investimentos nos setores afetados. O trabalho não qualificado registra perdas de até 0,038% no Centro-Oeste e Sul, em linha com a redução de atividades agrícolas e de processamento primário, enquanto o trabalho qualificado valoriza-se entre 0,016% (Nordeste e Centro-Oeste) e 0,031% (Norte), sugerindo migração de mão de obra para indústria e serviços. Os recursos naturais aumentam de valor em todas as regiões, de 0,071% no Sul a 0,135% no Centro-Oeste, refletindo o redirecionamento para setores extrativos menos penalizados pela tarifa. Na conta externa, as exportações caem em geral (p. ex., 0,028% no Sudeste, US\$ 109 mi), exceto leve crescimento de 0,010% no Norte, possivelmente por redirecionamento aos mercados alternativos; as importações seguem padrão semelhante, com quedas de -0,020% no Centro-Oeste e Sul a 0,028% no Sudeste. Por fim, a arrecadação governamental cresce no Norte (0,012%), Nordeste (0,044%) e Sudeste (0,036%) e contrai-se no Centro-Oeste (0,020%) e Sul (0,030%), em função das diferentes bases tributárias regionais e dos efeitos da deflação sobre a receita real.

Em termos agregados, os resultados para o Brasil são apresentados na tabela 3. No agregado nacional, o choque tarifário reduz o excedente de bem-estar em 0,013%, ou cerca de US\$ 291 milhões de dólares, enquanto o PIB real cede 0,006% (US\$ 199 milhões). A perda de bem-estar é relativamente maior que a do produto ao incorporar a queda direta do consumo das famílias, que não é compensado pelo avanço que ocorreu dos gastos públicos. O aumento de 0,065% na despesa governamental real eleva a demanda por serviços internos e ameniza a contração do PIB, mas pesa pouco na ótica do consumidor representativo, pois a função bem-estar do modelo atribui maior peso ao consumo privado do que à provisão pública.

Tabela 3. Variação percentual e monetária sobre as variáveis macroeconômicas, para o Brasil

Variáveis macroeconômicas		Brasil
Bem-estar (Δ consumo das famílias)	$\Delta\%$	-0,013%
	Δ bi US\$	-0,291
PIB	$\Delta\%$	-0,006%
	Δ bi US\$	-0,291
Gastos do governo	$\Delta\%$	0,018%
	Δ bi US\$	0,065
Investimento	$\Delta\%$	-0,001%
	Δ bi US\$	-0,004
Exportações	$\Delta\%$	-0,016%
	Δ bi US\$	-0,130
Importações	$\Delta\%$	-0,019%
	Δ bi US\$	-0,161
Arrecadação do governo	$\Delta\%$	0,020%

Fonte: Elaborado pelo autor.

O setor externo agrava o impacto sobre a renda: exportações recuam 0,016% (US\$ 130 mi) devido à contração física e à queda dos preços internacionais, e importações caem 0,019% em resposta à menor renda interna e à desvalorização de terra e trabalho não qualificado, resultando em contribuição negativa da balança comercial líquida e deterioração dos termos de troca, o que explica por que a variação do bem-estar supera a do PIB. Já a arrecadação avança 0,020% apesar da queda de atividade, em razão da manutenção de alíquotas combinada ao recuo do índice de preços ao consumidor, que eleva o valor real dos tributos indiretos, e da migração da base tributária para bens menos taxados no comércio exterior e mais no mercado interno, como serviços, gerando superávit que financia parte do aumento real da despesa pública.

Como os setores agropecuários são distribuídos de forma desigual entre as regiões, o encargo tarifário afeta as macrorregiões em intensidade distinta. A análise da tabela 4 apresenta os resultados setoriais, focando apenas nos bens do agronegócio. Para todos os produtos agregados, as cinco regiões brasileiras sofrem um corte de dois dígitos nas vendas para a UE.

Os impactos variam de -7,7% nos cereais até -30,5% no arroz, passando por -18,1% na cana, -13,1% na oleaginosas e -23,5% nos laticínios. Embora o Brasil seja um importador líquido de arroz, o impacto neste setor quer dizer que, em relação ao cenário base antes da tarifa, as exportações teriam um recuo nas proporções indicadas. O mesmo raciocínio é aplicado para leite e derivados. Supondo que o Norte exporte apenas US\$ 100 dólares de arroz para a EU, uma redução de 30,3% após o choque, significa que exportará apenas US\$ 69,7 dólares.

Nos demais destinos aparecem pequenos valores positivos, tipicamente entre 0,5% e 3%, indicando desvio de comércio: parte do excedente que não é importado pela EU, encontra compradores na América do Norte, Ásia ou mesmo em parceiros do Mercosul (RMS). Entretanto, esses ganhos são pouco expressivos e não se aproximam do volume perdido no mercado europeu, de modo que a soma mundial continua negativa para cada cadeia.

Os resultados da tarifa ficam ainda mais evidentes nas regiões mais dependentes do agronegócio. O Centro-Oeste perde 30,3% do seu arroz para a UE e só ganha cerca de 2% na China ou na Índia. Na soja, o recuo de 13,1% para a Europa é compensado por 1,5% em mercados asiáticos. Já no Sudeste, cuja pauta exportadora é mais diversificada, as quedas também atingem 30,3% no arroz e perto de 10,4% em lácteos, mas esse bloco responde por fatia menor da renda regional, o que explica o PIB praticamente estável visto na análise macro.

Uma exceção são os produtos alimentícios processados (último bloco da tabela). Como não estão cobertos pela tarifa, as vendas ao mercado europeu não caem; na verdade crescem levemente (0,17% no Norte, 0,19% no Nordeste). Esses números ajudam a entender por que o índice de preços ao consumidor recua: com matérias-primas baratas e tarifa restrita ao insumo primário, o processamento doméstico ganha alguma margem.

A tabela 5 detalha a variação percentual nas exportações totais de diversos setores econômicos do Brasil para diferentes regiões e parceiros comerciais do mundo, revelando os efeitos do desvio de comércio, onde as restrições impostas pelo EUDR redirecionam fluxos comerciais de mercados tarifados para mercados com menos restrições comerciais. Este fenômeno assume características particulares no contexto de políticas ambientais unilaterais, onde os efeitos de vazamento (leakage) podem comprometer a eficácia global das medidas de proteção florestal. Com a perda de competitividade na Europa, os produtores brasileiros redirecionam parte de sua oferta para China (CHN), Japão (JPN), Resto da Ásia (RAS) e para o Mercosul (RMS). No entanto, os ganhos nesses mercados, que variam de +0,5% a +3%, são insuficientes para compensar as perdas registradas no mercado europeu. Isto é, embora exista uma capacidade de realocação, os demais mercados não absorvem o volume de produtos anteriormente destinado à UE, resultando em uma perda líquida para o agronegócio brasileiro.

4.2. Discussões

Os impactos econômicos observados, embora numericamente modestos em termos percentuais, revelam a direção e o peso relativo regional e setorial dos efeitos economicamente relevantes quando convertidos para valores absolutos. A redução de 0,013% no bem-estar nacional, equivalente a US\$ 291 milhões, e a contração de 0,006% no PIB, correspondente a US\$ 199 milhões, demonstram que mesmo variações aparentemente pequenas em pontos percentuais podem representar montantes substanciais em uma economia do porte da brasileira. Esta magnitude é consistente com estudos que avaliaram os impactos de políticas comerciais restritivas sobre economias dependentes de recursos naturais.

Tabela 4 – Efeitos setoriais do choque sobre o agronegócio para as regiões do Brasil.

Setor	Região	EUR	RMS	USA	CAN	MEX	ROA	REU	JPN	RUS	CHN	IND	ANZ	ASI	AFR	MES	RAS	
Arroz em casca	NOR	-30.263	1.333	1.959			1.401	-30.263				2.141			2.115	1.896	2.131	
	NDE	-30.478	1.142	1.645	1.686		1.215	-30.478		1.818		1.826	1.840	1.940	1.800	1.709	1.816	
	COE	-30.268	1.442	1.951	1.993		1.515	-30.268		2.125		2.133	2.147	2.247	2.107	2.010	2.123	
	SDE	-30.321	1.201	1.875	1.916		1.267	-30.321			2.048		2.056	2.070	2.170	2.030	1.761	2.046
	SUL	-30.246	1.444	1.984	2.026		1.516	-30.246			2.158		2.166	2.179	2.280	2.139	2.012	2.155
Grãos de cereais	NOR	-7.705	0.948	1.142		1.019	0.991	-7.705	1.439	0.950	1.522	1.197	1.098	1.258	0.873	1.083	1.101	
	NDE	-7.781	0.865	1.058		0.936	0.908	-7.781	1.355	0.867	1.438	1.113	1.015	1.175	0.790	1.000	1.018	
	COE	-8.149	0.475	0.666		0.534	0.507	-8.149	0.952	0.465	1.034	0.936	0.614	0.822	0.389	0.598	0.615	
	SDE	-7.691	0.974	1.166		1.036	1.008	-7.691	1.455	0.966	1.538	1.364	1.115	1.313	0.889	1.099	1.117	
	SUL	-7.913	0.726	0.918		0.792	0.765	-7.913	1.211	0.723	1.293	1.035	0.871	1.048	0.646	0.856	0.874	
Sementes oleaginosas	NOR	-13.089	1.571		1.618	1.445	1.537	-13.089	2.687	1.483	1.824	0.844		3.058	1.106	1.718	1.509	
	NDE	-13.070	1.594		1.600	1.465	1.559	-13.070	2.709	1.507	1.843	0.867		3.040	1.129	1.729	1.532	
	COE	-13.073	1.590		1.592	1.461	1.555	-13.073	2.706	1.504	1.839	0.864		3.032	1.125	1.724	1.529	
	SDE	-13.053	1.613		1.653	1.486	1.579	-13.053	2.730	1.525	1.866	0.886		3.093	1.148	1.758	1.551	
	SUL	-13.092	1.568		1.578	1.439	1.533	-13.092	2.683	1.481	1.817	0.841		3.018	1.103	1.704	1.506	
Cana-de-açúcar	NOR	-18.068	0.964	1.077		1.060	1.198	-18.068	1.194	1.169		1.146	1.120		1.055	1.182	1.169	
	NDE	-18.199	0.803	0.916	0.883	0.899	1.036	-18.199	1.032	1.007	1.032	0.984	0.958	1.064	0.893	1.021	1.007	
	COE	-18.093	0.934	1.047	1.013	1.030	1.168	-18.093	1.163	1.139		1.115	1.089	1.195	1.024	1.152	1.138	
	SDE	-18.029	1.013	1.126	1.093	1.109	1.247	-18.029	1.243	1.218	1.242	1.195	1.169	1.275	1.104	1.231	1.218	
	SUL	-18.023	1.020	1.133	1.100	1.116	1.254	-18.023	1.250	1.225		1.202	1.176	1.282	1.111	1.238	1.225	
Produtos de origem animal	NOR	-10.403	0.407	0.591	0.604		0.512	-10.403	0.429	0.593	0.618	0.612	0.555	0.602	0.601	0.503	0.458	
	NDE	-10.496	0.307	0.487	0.500		0.413	-10.496	0.341	0.490	0.514	0.508	0.455	0.498	0.497	0.409	0.367	
	COE	-10.418	0.405	0.574	0.587		0.512	-10.418	0.447	0.578	0.601	0.595	0.552	0.587	0.586	0.513	0.473	
	SDE	-10.442	0.269	0.550	0.562		0.365	-10.442	0.235	0.537	0.568	0.566	0.421	0.542	0.545	0.324	0.269	
	SUL	-10.394	0.350	0.603	0.615		0.448	-10.394	0.316	0.595	0.624	0.621	0.501	0.602	0.603	0.409	0.353	
Leite e derivados	NOR	-23.507	1.264	1.486	1.531	1.475	1.513	-23.507	1.594	1.506	1.564	1.505	1.511	1.567	1.486	1.532	1.505	
	NDE	-23.645	1.081	1.303	1.348	1.292	1.331	-23.645	1.411	1.323	1.381	1.322	1.329	1.384	1.303	1.349	1.323	
	COE	-23.501	1.271	1.493	1.538	1.482	1.521	-23.501	1.601	1.513	1.571	1.512	1.518	1.574	1.493	1.539	1.513	
	SDE	-23.537	1.224	1.446	1.491	1.435	1.474	-23.537	1.554	1.466	1.524	1.465	1.472	1.527	1.446	1.492	1.466	
	SUL	-23.460	1.326	1.548	1.593	1.537	1.576	-23.460	1.656	1.568	1.626	1.567	1.574	1.630	1.548	1.594	1.568	
Outros produtos agrícolas	NOR	-15.011	2.608	3.257	3.260	3.274	3.300	-15.011	3.344	3.192	3.322	3.242	3.275	3.252	3.218	3.393	3.318	
	NDE	-15.183	2.410	3.080	3.073	3.094	3.123	-15.183	3.159	3.021	3.142	3.024	3.068	3.082	3.023	3.194	3.128	
	COE	-15.219	2.388	3.105	3.077	3.115	3.147	-15.219	3.165	3.059	3.159	2.962	3.030	3.121	3.010	3.172	3.127	
	SDE	-14.554	3.192	3.918	3.889	3.928	3.960	-14.554	3.978	3.872	3.971	3.769	3.839	3.935	3.820	3.983	3.939	
	SUL	-15.325	2.256	2.963	2.939	2.974	3.005	-15.325	3.027	2.915	3.018	2.837	2.900	2.977	2.875	3.039	2.990	
Produtos alimentícios	NOR	0.173	0.133	0.167	0.167	0.168	0.166	0.173	0.180	0.169	0.166	0.170	0.162	0.171	0.165	0.173	0.164	
	NDE	0.187	0.146	0.181	0.180	0.182	0.180	0.187	0.195	0.183	0.180	0.184	0.175	0.184	0.179	0.187	0.178	
	COE	0.171	0.131	0.166	0.165	0.169	0.166	0.171	0.181	0.169	0.166	0.170	0.160	0.168	0.163	0.172	0.163	
	SDE	0.115	0.075	0.109	0.109	0.111	0.109	0.115	0.123	0.111	0.108	0.113	0.104	0.112	0.107	0.116	0.106	
	SUL	0.167	0.126	0.161	0.160	0.163	0.161	0.167	0.175	0.163	0.160	0.165	0.155	0.164	0.159	0.167	0.158	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 – Efeitos setoriais do choque para todos os setores das regiões do Brasil e do mundo.

	NOR	NDE	COE	SDE	SUL	RMS	USA	CAN	MEX	ROA	EUR	REU	JPN	RUS	CHN	IND	ANZ	ASI	AFR	MES	RAS
Arroz em casca	0.065	-0.19	0.017	0.074	0.064	-0.349	-0.035	0.078	0.249	0.009	-0.085	-0.058	0.011	-0.018	-0.016	-0.029	-0.2	0.017	-0.134	-0.07	-0.021
Grãos de cereais	-0.063	-0.255	-0.376	-0.193	-0.174	-0.004	-0.031	0.023	-0.032	0.181	0.084	0.056	0.101	-0.003	-0.127	-0.138	-0.006	-0.082	-0.021	-0.001	-0.019
Sementes oleaginosas	0.029	-0.009	-0.003	0.016	0.008	0.02	-0.015	0.005	0.813	0.502	0.074	0.338	1.78	0.382	1.026	0.23	0.193	0.116	0.078	0.984	-0.16
Cana-de-açúcar	0.038	-0.117	-0.006	0.108	0.088	0.035	0.01	0.032	0.043	-0.015	-0.021	0.097	0.089	0.073	0.135	0.083	-0.084	0.054	0.06	0.073	0.087
Produtos de origem animal	0.031	-0.074	0.009	-0.009	0.058	0.027	0.009	-0.002	-0.003	-0.016	-0.006	0.002	0.011	0.024	0.011	-0.013	-0.005	0.007	-0.008	0.006	0.004
Leite e derivados	0.025	-0.16	0.032	-0.007	0.09	0.065	0.04	0.053	0.045	-0.007	-0.084	0.043	0.057	0.16	0.057	0.071	-0.092	0.082	0.081	0.081	0.047
Outros produtos agrícolas	-0.344	-1.725	-0.375	-2.247	-0.43	-0.147	0.042	0.005	0.003	0.047	0.038	0.089	0.079	0.034	0.045	0.118	0.007	0.095	0.138	0.108	0.073
Produtos alimentícios	0.094	0.112	0.057	0.057	0.029	0.014		-0.001	-0.002	-0.008	-0.003	-0.013	-0.001	0.003	-0.008	-0.005	-0.003	-0.001	-0.014		-0.003
Têxteis	0.269	0.021	0.161	0.008	0.015	-0.008	-0.001		-0.001	-0.005	-0.001	-0.002			-0.001	-0.008	-0.001	-0.001	-0.007	-0.001	-0.002
Vestuário, artigos de couro	0.277	0.118	0.237	0.068	0.006	0.036	0.001			-0.005		-0.004		0.004	-0.001	-0.001	-0.001		-0.009	0.001	
Produtos de madeira	0.039	0.109	0.15	0.05	0.025	-0.005		-0.001	0.007	-0.013	-0.002	-0.003	-0.009	-0.002	-0.006	-0.037	-0.003	-0.003	-0.024	-0.007	-0.008
Produtos de papel, publicações	0.056	0.05	0.073	0.02	0.052	0.009	-0.001	-0.001	-0.004	-0.003	-0.001	-0.002	-0.001	-0.002	-0.002	-0.006	-0.003	-0.001	-0.005	-0.001	-0.005
Produtos químicos, borracha, plástico	0.087	0.032	0.113	0.008	0.031	0.001	-0.001		-0.003	-0.006		-0.002	-0.001	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.001	-0.006	-0.001	-0.004
Outras indústrias	0.025	0.05	0.061	0.029	0.047	0.004	-0.001			-0.001	-0.001	-0.002			-0.001	-0.003	-0.001		-0.003		-0.002
Eletricidade, gás, fabricação, distribuição, água	0.433	0.382	0.068	-0.043	0.036	-0.127	0.005	-0.001	0.007	-0.012	-0.001	-0.014	0.01	0.013	-0.001	-0.001	-0.012	0.003	-0.006	0.008	
Construção	0.416	0.337	0.14	-0.075	0.058	0.013	0.001			-0.002	-0.004	-0.003				-0.003		-0.005			
Comércio	0.043	0.017	0.104	0.046	0.045	0.017	0.001	-0.002	-0.006	-0.012	-0.011	-0.019	0.003	0.005	-0.003	-0.005	-0.011	-0.001	-0.016		-0.001
Transporte	0.064	0.096	0.16	0.117	0.067	0.014	-0.001	-0.001	-0.004	-0.006	-0.004	-0.01	0.001		-0.003	-0.005	-0.005	-0.001	-0.008	-0.001	-0.004
Serviços	0.312	0.101	0.14	0.012	0.045	0.018	0.001		-0.002	-0.007	-0.006	-0.013	0.003	0.001	-0.001	-0.003	-0.008	-0.001	-0.012	-0.001	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A interpretação desses resultados requer perspectiva sobre a significância econômica de variações percentuais pequenas em economias de grande escala. O PIB brasileiro em 2017 situava-se em aproximadamente US\$ 2,1 trilhões, o que significa que uma redução de 0,006% representa uma perda absoluta de cerca de US\$ 126 milhões anuais. Quando projetada ao longo de múltiplos anos, esta magnitude torna-se economicamente superior ao que foi observado na Argentina, particularmente considerando que os efeitos podem ser cumulativos e que a implementação do EUDR representa uma mudança estrutural permanente nas condições de acesso aos mercados europeus.

O fenômeno de vazamento comercial (trade leakage) identificado nos resultados setoriais, onde pequenos ganhos em mercados alternativos (tipicamente entre +0,5% e +3%) não compensam as perdas no mercado europeu (entre -7,7% e -30,5%), constitui uma confirmação empírica das preocupações teóricas levantadas pela literatura sobre a eficácia de políticas unilaterais de combate ao desmatamento. Johnston et al. (2025) alertaram para os riscos de que regulamentações como o EUDR possam simplesmente redirecionar fluxos comerciais para mercados menos regulamentados, sem necessariamente reduzir a pressão global sobre recursos florestais, enquanto Yarlagadda et al. (2025) demonstram que restrições de importação sobre commodities ligadas ao desmatamento podem resultar em vazamento de emissões, particularmente quando a participação de mercado dos importadores que impõem tais restrições é limitada. Segundo os autores, as restrições atuais da UE sobre óleo de palma e soja têm impacto mínimo devido à participação relativamente pequena e declinante da UE na demanda global por esses produtos, achado que corrobora os padrões de desvio comercial identificados nos resultados brasileiros.

Os resultados aqui apresentados demonstram que, mesmo com a existência de mercados alternativos, a magnitude do desvio comercial é insuficiente para neutralizar os impactos negativos sobre a economia brasileira. Na soja, por exemplo, o recuo de -13,1% para a Europa é compensado por apenas +1,5% em mercados asiáticos. Esta assimetria sugere que a participação da UE nos mercados de commodities agrícolas brasileiras permanece suficientemente relevante para que restrições unilaterais produzam efeitos econômicos mensuráveis, mesmo quando expressos em frações de pontos percentuais.

A resposta diferenciada do Sudeste, que apresentou crescimento modesto do PIB apesar da perda de bem-estar, ilustra como a diversificação econômica pode funcionar como mecanismo de proteção contra choques setoriais específicos. Esta dinâmica encontra paralelos nas análises de Böhringer et al. (2016) sobre os efeitos distributivos de políticas climáticas em economias com diferentes graus de especialização produtiva. No caso brasileiro, a combinação de base industrial diversificada no Sudeste, com setor de serviços desenvolvido e menor dependência relativa do agronegócio exportador, permitiu que a região se beneficiasse da deflação nos preços de alimentos (decorrente da redução nos preços de commodities) e da expansão dos gastos públicos (0,018%), compensando parcialmente os efeitos negativos da redução nas exportações agrícolas.

Os resultados também revelam aspectos importantes sobre os mecanismos de transmissão de políticas comerciais através de cadeias produtivas integradas. O fato de que produtos alimentícios processados apresentaram ligeiro crescimento nas exportações para a UE (+0,17% a +0,19%) enquanto as matérias-primas sofreram reduções, sugere que a estrutura tarifária simulada pode inadvertidamente incentivar a agregação de valor doméstica. Este efeito, embora não tenha sido suficiente para compensar as perdas gerais, ilustra o fenômeno “escalada tarifária reversa”, onde produtos processados enfrentam barreiras comerciais menores que as matérias-primas. Esse fenômeno mantém economias em desenvolvimento presas em estágios iniciais das cadeias de valor globais, ao impor tarifas progressivamente maiores sobre produtos com maior grau de processamento (UNCTAD, 2025). No contexto das tarifas anti-

desmatamento simuladas, observa-se o efeito inverso: a isenção de produtos processados cria incentivos relativos para agregação de valor doméstica, ainda que de magnitude limitada.

A formação de clubes climáticos representa uma dimensão analítica relevante, já que bens clube são excludentes (é possível impedir o acesso de determinados países) e não rivais (a adesão de um não impede a de outros). No contexto do EUDR, a conformidade com normas de sustentabilidade configura um bem clube em que o acesso aos mercados europeus é o benefício condicionado ao cumprimento de critérios ambientais. Os resultados mostram que países ou regiões não aderentes enfrentam exclusão efetiva nas exportações setoriais e a teoria dos clubes aponta que essa estratégia pode contornar problemas de ação coletiva em bens públicos globais como a proteção florestal. Nesse caso, a UE atua como organizadora ao definir critérios de entrada e oferecer acesso preferencial como incentivo. Os custos de exclusão, mesmo sob choques tarifários, são elevados o bastante para estimular a adesão, sobretudo em regiões dependentes de exportações agrícolas, mas a eficácia dessa estrutura depende da capacidade de monitoramento e *enforcement* das normas. Sob este último aspecto, o Brasil ainda enfrenta desafios técnicos e institucionais em cadeias complexas, e os vazamentos comerciais observados, com redirecionamento para mercados menos regulados (+0,5% a +3%), sugerem que o clube climático europeu pode ter efeito limitado na redução global do desmatamento se não for acompanhado de mecanismos de coordenação internacional. A exclusão de produtores não conformes, embora incentive mudanças, também pode gerar efeitos distributivos regressivos ao penalizar economias em desenvolvimento com menor capacidade técnica e financeira para implementar sistemas de rastreabilidade, como ilustram os impactos regionais diferenciados no Brasil.

5. Conclusão

O presente estudo ofereceu uma análise dos impactos de uma tarifa punitiva de 4% imposta pela UE sobre as importações de produtos agropecuários brasileiros, simulada por meio do modelo de equilíbrio geral computável, o PAEG. Os resultados demonstram que a medida poderá causar uma contração no bem-estar nacional, com redução de 0,013%equivalente a 291 milhões, e no PIB real, a contração é de 0,006%. Uma vez que o acesso ao mercado europeu torna-se mais caro, o bloco reduz a demanda por produtos como soja, carne, madeira, e o demais itens do agronegócio, pressionando para baixo os preços de exportação, o que diminui a renda obtida por agricultores e empresas exportadoras e piora os termos de troca do país.

Outro canal que justifica essa redução é a contração do setor agropecuário, que libera terra, capital e trabalho que não se deslocam imediatamente para atividades de maior valor agregado; essa realocação parcial faz com que o nível agregado de produção caia mais do que compensaria qualquer ganho de eficiência. No entanto, as regiões do Brasil têm diferentes impactos com a aplicação da taxa.

O estudo também demonstrou como a aplicação da tarifa tem efeitos diferentes nas regiões do Brasil, devido as suas características constitutivas. As regiões que dependem em maior grau da exportação do agronegócio, como o Centro-Oeste, Norte e Nordeste tiveram os piores resultados em relação a perda do PIB e do bem-estar. No entanto, a região Sudeste, que apresenta maior diversificação na economia e menos dependência das exportações do setor agro, apresentou um modesto crescimento do PIB real. A deflação generalizada nos Índices de Preços regionais, mesmo oferecendo alívio marginal aos custos de vida, não consegue compensar a perda de renda dos produtores, o que indica que os ganhos para os consumidores são superados pelos custos sociais impostos pela tarifa. Além disso, a diminuição dos retornos sobre os fatores de produção (terra, capital e trabalho), especialmente nas regiões agrícolas, causa mudança na estrutura setorial e produtiva das regiões. O aumento no preço dos recursos naturais na região Norte sugere um redirecionamento de fatores para atividades extrativas.

As implicações para política econômica derivadas deste estudo são múltiplas. Os resultados sugerem que políticas de diversificação econômica regional podem reduzir a vulnerabilidade a choques comerciais externos, particularmente em regiões altamente especializadas em commodities agrícolas. Além disso, a magnitude das perdas econômicas observadas indica que mecanismos compensatórios podem ser necessários para mitigar os custos distributivos de políticas ambientais restritivas, alinhando-se com propostas na literatura sobre “clubes climáticos” que combinam restrições comerciais com transferências financeiras. Por fim, a evidência de vazamento comercial limitado sugere que políticas unilaterais podem ter eficácia econômica, embora sua eficácia ambiental permaneça uma questão empírica que requer investigação adicional.

O estudo também contribui para o debate metodológico sobre a aplicação de modelos de EGC na avaliação de políticas ambientais. A capacidade do modelo PAEG de capturar heterogeneidades regionais e realocações setoriais demonstra o valor de abordagens desagregadas na análise de políticas que afetam diferentemente distintas regiões e setores.

Algumas limitações devem ser reconhecidas e contextualizadas adequadamente. Os modelos de equilíbrio geral computável constituem ferramentas de projeção e não de previsão, fornecendo cenários contrafactuais que ilustram possíveis trajetórias econômicas sob pressupostos específicos, mas não previsões determinísticas sobre eventos futuros. Os resultados apresentados devem ser interpretados como estimativas condicionais que dependem criticamente dos pressupostos estruturais do modelo, incluindo elasticidades de substituição, especificações funcionais e hipóteses sobre mobilidade de fatores. Ademais, o modelo não incorpora explicitamente dinâmicas de uso da terra, desmatamento ou outros indicadores ambientais, limitando a capacidade de avaliar a eficácia ambiental das políticas simuladas. Esta limitação é particularmente relevante dado que o objetivo declarado de tarifas anti-desmatamento é reduzir a conversão de florestas em áreas agrícolas, um efeito que não pode ser diretamente mensurado através do modelo utilizado.

Referências

Abman, R., & Lundberg, C. (2020). Does free trade increase deforestation? The effects of regional trade agreements. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 7(1), 35-72.

Aleixandre-Benavent, R., Aleixandre-Tudó, J. L., Castelló-Cogollos, L., & Aleixandre, J. L. (2018). Trends in global research in deforestation: A bibliometric analysis. *Land Use Policy*, 72, 293-302.

Antle, J. M., & Ray, S. (2020). Challenges of sustainable agricultural development in high-income countries. In *Sustainable agricultural development* (pp. 139-165). Palgrave Macmillan.

Arima, E., Barreto, P., Taheripour, F., & Aguiar, A. (2021). Dynamic Amazonia: The EU–Mercosur trade agreement and deforestation. *Land*, 10(11), 1243.

Bager, S. L., Persson, U. M., & dos Reis, T. N. P. (2021). Eighty-six EU policy options for reducing imported deforestation. *One Earth*, 4(2), 289-306.

Balogh, J. M., & Jámbor, A. (2020). The environmental impacts of agricultural trade: A systematic literature review. *Sustainability*, 12(3), 1152.

Barbado, N., & Leal, A. C. (2021). Cooperação global sobre mudanças climáticas e a implementação do ODS 6 no Brasil. *Research, Society and Development*, 10(3), e29110313290.

Barbosa, M. N., de Azevedo, A. F. Z., Massuquetti, A., & Gurgel, A. C. (2022). Programa BR do Mar e seus efeitos sobre a matriz de transporte e rotas inter-regionais no Brasil. *Economia Aplicada*, 26(3), 275-304.

- Berthet, É., Koundouri, P., & Landis, C. (2023). Curbing deforestation through strategic trade and subsidy policies: A global imperative. *SDG Action*.
- Berthet, É., Koundouri, P., & Landis, C. (2025). The forest content of global supply chains: Which policy mitigation options. Trabalho apresentado na *26th Annual Conference on Global Economic Analysis*.
- Böhringer, C., Carbone, J. C., & Rutherford, T. F. (2016). The strategic value of carbon tariffs. *American Economic Journal: Economic Policy*, 8(1), 28-51.
- Copeland, B. R., & Taylor, M. S. (2003). *Trade and the environment: Theory and evidence*. Princeton University Press.
- De la Vega, P. (2024). *The European Union Deforestation Regulation: The impact on Argentina* (Working Paper No. 4932013).
- Embrapa. (2025). Dados econômicos - Soja. Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>
- European Parliament. (2023). *Regulation (EU) 2023/1115 on deforestation-free products*.
- Farrokhi, F., et al. (2023). Deforestation: A global and dynamic perspective. Manuscrito não publicado.
- Garaffa, R., Cunha, B. S., Cruz, T., Bezerra, P., Lucena, A. F., & Gurgel, A. C. (2021). Distributional effects of carbon pricing in Brazil under the Paris Agreement. *Energy Economics*, 101, 105396.
- Gurgel, A. C., et al. (2022). *Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira*. PAEG.
- Gurgel, A. C., Seabra, J. E., Arantes, S. M., Moreira, M. M., Lynd, L. R., & Galindo, R. (2024). Contribution of double-cropped maize ethanol in Brazil to sustainable development. *Nature Sustainability*, 7(11), 1429-1440.
- Hagen, A., & Schneider, J. (2022). Small climate clubs should not use trade sanctions. *Energy Research & Social Science*, 92, 102777.
- Harstad, B. (2024). Trade and trees. *American Economic Review: Insights*, 6(2), 155-175.
- Hendriks, S., et al. (2023). Ensuring access to safe and nutritious food for all through the transformation of food systems. In J. von Braun (Ed.), *Science and innovations for food systems transformation* (pp. 31-58). Springer.
- IBGE. (2023). Pesquisa da Pecuária Municipal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>
- IBGE. PAM - Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html>. Acesso em: 11 jul. 2025.
- Johnston, C., Guo, J., & Prestemon, J. P. (2025). The European Union Deforestation Regulation: Implications for the global forest sector. *Forest Policy and Economics*, 173, 103462.
- Li, J., Bouraoui, T., & Radulescu, M. (2023). On the drivers of sustainable development: Empirical evidence from developed and emerging markets. *Applied Economics*.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrostat - Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/AGROSTAT.html>. Acesso em: 11 jul. 2025.
- Martins, M. M. V., Denny, D. M. T., Cechin, A., Bispo, S. Q. A., Nonnenberg, M. J. B., & Carneiro, F. L. (2022). Normas voluntárias de sustentabilidade e sua importância no comércio internacional.

- Mukwaya, R. (2025). Trade effect of the European Union Deforestation Regulation on African cocoa and coffee exports. Trabalho apresentado na *28th Annual Conference on Global Economic Analysis*.
- Müller, C. (2020). *Brazil and the Amazon: Rainforest deforestation, biodiversity and cooperation with the EU and international forums*. Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies.
- Nazareth, M. S., Wolf, R., de Lima, C. Z., Gurgel, A. C., Martins, M. M. V., & Junior, G. B. M. (2025). Efeitos de choques tecnológicos na produtividade agrícola e emissões de gases: O caso do Cerrado. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*.
- Nordhaus, W. (2015). Climate clubs: Overcoming free-riding in international climate policy. *American Economic Review*, *105*(4), 1339-1370.
- Pendrill, F., Persson, U. M., Godar, J., Kastner, T., Moran, D., Schmidt, S., & Wood, R. (2019). Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. *Global Environmental Change*, *56*, 1-10.
- Rahangdale, P. (2018). Climate change vis-à-vis sustainable development. *International Journal of Innovative Knowledge Concepts*, *6*(5), 99-108.
- Rajão, R., et al. (2020). The rotten apples of Brazil's agribusiness. *Science*, *369*(6501), 246-248.
- Schatz, B. (2023). *Fostering Overseas Rule of Law and Environmentally Sound Trade Act* (FOREST Act). Senado dos Estados Unidos.
- Schmitz, C., et al. (2015). Agricultural trade and tropical deforestation: Interactions and related policy options. *Regional Environmental Change*, *15*(8), 1757-1772.
- Silva, P. C. (2016). *Modelos de equilíbrio geral computável: Fundamentos teóricos e aplicações em política comercial* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Viçosa.
- Suela, A. G. L., Zanetti de Lima, C., Wolf, R., & Trotter, I. M. (2025). Modelo de equilíbrio geral computável para análise do pagamento por serviços ambientais no Cerrado brasileiro. *Informe GEPEC*, *29*(1), 184-204.
- Syngenta Digital. Guia das regiões agrícolas do Brasil e suas atividades. Blog Syngenta Digital. Disponível em: <https://blog.syngentadigital.ag/regioes-agricolas-brasil/>. Acesso em: 11 jul. 2025.
- Thorstensen, V. (1998). A OMC e as negociações sobre comércio, meio ambiente e padrões sociais. *Revista Brasileira de Política Internacional*, *41*(2), 29-58.
- UNCTAD. (2025). Tariff escalation keeps developing economies from moving up global value chains. UNCTAD News.
- Vielle, M., & Oliveira, T. D. (2024). The EU carbon border adjustment mechanism: Implications on Brazilian energy-intensive industries. *Climate Policy*, *24*(2), 260-273.
- Wang, P., Ren, Z., & Qiao, G. (2023). How does agricultural trade liberalization have environmental impacts? Evidence from a literature review. *Sustainability*, *15*(12), 9379.
- Wilman, E. A. (2019). Market redirection leakage in the palm oil market. *Ecological Economics*, *159*, 226-234.
- Xiaobei, H., Fan, Z., & Jun, M. (2022). The global impact of a carbon border adjustment mechanism: A quantitative assessment. In *Climate Change and Law Collection*.
- Yarlagadda, B., Zhao, X., Iyer, G., Wild, T., Hultman, N., & Lamontagne, J. (2025). Emissions leakage and economic losses may undermine deforestation-linked oil crop import restrictions. *Nature Communications*, *16*, 1520.
- Zhang, K., Yao, Y. F., Qian, X. Y., Zhang, Y. F., Liang, Q. M., & Wei, Y. M. (2024). Could the EU carbon border adjustment mechanism promote climate mitigation? An economy-wide analysis. *Advances in Climate Change Research*, *15*(3), 557-571.