Moratória da Soja, Desempenho Ambiental e Exportações Brasileiras para a União Europeia

Soy Moratorium, Environmental Performance, and Brazilian Exports to the European Union

Fernanda Cigainski Lisbinski
USP-ESALQ, Piracicaba, SP, Brasil
Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho
USP-ESALQ, Piracicaba, SP, Brasil

GT 04 – Meio ambiente, agroecologia, sustentabilidade e mudanças climáticas

Resumo: Este trabalho analisa o impacto potencial do fim da Moratória da Soja sobre a dinâmica do desmatamento na Amazônia Legal e na expansão da área plantada, bem como se as melhorias nas condições ambientais da produção estão associadas ao desempenho exportador brasileiro, especialmente para a União Europeia (UE), caracterizada por elevados padrões regulatórios. Para isso, inicialmente, aplica-se um modelo de diferenças-em-diferenças com tendência temporal para avaliar os efeitos da moratória sobre a área plantada e o desmatamento no período de 1988 a 2024; em seguida, constrói-se um indicador de desempenho ambiental, o Índice de Adequação Ambiental da Soja (IAAS), por meio de análise de componentes principais; e por fim, o IAAS é incorporado a um modelo gravitacional de comércio internacional, estimado via Poisson Pseudo-Maximum Likelihood (PPML) com efeitos fixos, a fim de investigar sua relação com as exportações brasileiras de soja para a UE no período de 2012 a 2024.Os resultados indicam que, no período anterior à moratória, a expansão da soja estava fortemente associada ao aumento do desmatamento. Após sua implementação, observa-se uma desaceleração no ritmo de crescimento do desmatamento, sem evidências de redução na expansão da área cultivada, sugerindo que o crescimento da produção passou a ocorrer com menor associação à conversão de vegetação nativa. No âmbito comercial, os resultados mostram que melhores condições ambientais da produção estão associadas a maiores fluxos de exportação para a UE, indicando que a sustentabilidade pode atuar como fator de competitividade em mercados mais exigentes. Os achados contribuem para a literatura ao mostrar que políticas como a Moratória da Soja podem desempenhar papel duplo, ao promover a conservação ambiental e fortalecer a inserção internacional. Em um contexto de crescente regulação ambiental no comércio internacional, como o Regulamento Europeu de Produtos Livres de Desmatamento (EUDR) e o Acordo Mercosul–UE, os resultados sugerem que a conformidade ambiental tende a se consolidar como requisito de acesso a mercados, e não apenas como um atributo voluntário.
Palavras-chave: Deforestation in the Amazon; Environmental indicators; Environmental policy; International environmental regulation; Land use.

Abstract: This study analyzes the potential impact of ending the Soy Moratorium on deforestation dynamics in the Legal Amazon and on cropland expansion, as well as whether improvements in environmental production conditions are associated with Brazil's export performance, particularly to the European Union (EU), which is characterized by stringent regulatory standards. To this end, the study first applies a difference-in-differences model with a time trend to assess the effects of the moratorium on planted area and deforestation over the period from 1988 to 2024. It then constructs an environmental performance indicator—the Soy Environmental Adequacy Index (IAAS)—using principal component analysis. Finally, the IAAS is incorporated into an international trade gravity model, estimated using Poisson Pseudo-Maximum Likelihood (PPML) with fixed effects, in order to examine its relationship with Brazilian soybean exports to the EU between 2012 and 2024. The results indicate that, prior to the moratorium, soybean expansion was strongly associated with increased deforestation. Following its implementation, a slowdown in deforestation growth is observed, with no evidence of a reduction in cropland expansion, suggesting that production growth became less dependent on the conversion of native vegetation. In the trade dimension, the findings show that improved environmental production conditions are associated with higher export flows to the EU, indicating that sustainability may function as a source of competitiveness in more demanding markets. These results contribute to the literature by demonstrating that policies such as the Soy Moratorium can play a dual role, promoting environmental conservation while strengthening international market integration. In the context of increasing environmental regulation in international trade—such as the European Union Deforestation Regulation (EUDR) and the EU–Mercosur Agreement—the findings suggest that environmental compliance is likely to become a prerequisite for market access rather than a voluntary attribute.
Keywords: De três a cinco palavras-chave, separadas por vírgulas, em letras minúsculas. Times New Roman, tamanho 10. Espaçamento simples.

1. Introdução

A urgência em conter o desmatamento global tem motivado novas regulamentações comerciais e ambientais em várias regiões. Na União Europeia (UE), o Regulamento de Produtos Livres de Desmatamento (EUDR), adotado em 2023 e com vigência a partir de 2025-2026, exige que operadores comprovem, por meio de due diligence, que *commodities* como soja e derivados não se originam de áreas desmatadas após 2020, com rastreabilidade completa da produção (Zu Ermgassen et al., 2020; Schleifer, 2023; Garrett et al., 2019; European Commission, 2026). Essa medida integra a estratégia da UE de reduzir em até 55% as emissões de GEE até 2030 e mitigar perdas de biodiversidade associadas ao consumo (Parlamento Europeu, 2025).

Nesse contexto, o Brasil é o maior exportador global de soja. Em 2025, exportou 108,2 milhões de toneladas, gerando US$ 43,5 bilhões. A soja lidera a pauta agropecuária, compondo o complexo soja (grão, farelo e óleo), responsável por parcela relevante das exportações do agronegócio. A União Europeia destaca-se tanto pelo volume quanto pelas exigências regulatórias, sendo o principal destino para farelo (50,27%) e biodiesel (93,28%), além de absorver 5,75% da soja em grão e 0,03% do óleo (MDIC, 2026). O que mostra a importância do bloco europeu para o comércio internacional da soja brasileira, principalmente para produtos de maior valor agregado como o biodiesel.

Para responder à crescente pressão por cadeias produtivas livres de desmatamento, o setor agropecuário brasileiro passou a adotar, desde os anos 2000, iniciativas de governança socioambiental. Destaca-se a Moratória da Soja, acordo voluntário firmado em 2006 por produtores, governo e sociedade civil, que proíbe a comercialização de soja oriunda de áreas desmatadas na Amazônia após julho de 2008. Monitorada por sensoriamento remoto, a iniciativa está associada à desaceleração do desmatamento ligado à soja, cuja taxa caiu de cerca de 10,6 mil km²/ano para aproximadamente 3 mil km²/ano. Atualmente, estima-se que apenas 3% da soja amazônica seja cultivada em áreas desmatadas após 2008 (ABIOVE, 2026). Reconhecida internacionalmente, a moratória contribui tanto para a conservação ambiental quanto para a inserção da soja brasileira em mercados mais exigentes (Gibbs et al., 2015; Heilmayr, 2020).

Apesar desses dados indicarem a efetividade da Moratória da Soja, recentemente o acordo tem sido alvo de crescente contestação no âmbito institucional e regulatório no Brasil. O debate ganhou destaque no Supremo Tribunal Federal (STF, 2026), onde entidades do setor produtivo, como a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2026a), questionam sua legalidade e efeitos concorrenciais, enquanto a Advocacia-Geral da União (AGU, 2026) defende sua compatibilidade com a proteção ambiental e compromissos internacionais. Esse

embate também se reflete em iniciativas estaduais que buscam restringir incentivos a empresas signatárias, ampliando a insegurança jurídica. Paralelamente, a saída de grandes tradings tem intensificado as incertezas sobre sua continuidade, com indícios de que seu eventual fim pode elevar o desmatamento e comprometer a inserção da soja brasileira em mercados mais exigentes (Wenzel, 2026).

No âmbito das negociações Mercosul–UE, intensificam-se os debates sobre exigências ambientais. O acordo firmado em 2026 amplia a vinculação entre benefícios tarifários e o cumprimento de normas ambientais, prevendo a exigência de rastreabilidade total das cadeias produtivas (MAPA, 2026; CNA, 2026b). Na prática, exportadores de soja deverão fornecer dados georreferenciados que comprovem origem livre de desmatamento, inclusive sob critérios alinhados ao regulamento europeu (Nonnenberg et al., 2025). Assim, o acesso a tarifas preferenciais passa a depender da adoção de padrões ambientais equivalentes aos da UE (MMA, 2026; CNA, 2026b). Nesse contexto, desmatamento zero e rastreabilidade tornam-se requisitos centrais de competitividade, reforçando a relevância de instrumentos como a Moratória da Soja para alinhar a produção doméstica às exigências internacionais.

Casos internacionais ilustram os desafios de integrar políticas ambientais e comércio exterior. Na Indonésia, medidas no setor de óleo de palma incluíram, desde 2011, moratórias sobre novas licenças em florestas primárias e áreas de turfa, ampliadas em 2018 para novas plantações (Busch et al., 2015; Austin et al., 2019; Pirard et al., 2015). Ainda assim, o desmatamento permaneceu elevado (Gaveau et al., 2016; Margono et al., 2014), gerando pressões internacionais e disputas na OMC sobre os impactos de restrições ambientais da UE (World Trade Organization, 2026). Esse caso mostra que políticas ambientais podem gerar tensões com a competitividade externa, afetando exportações e reputação internacional (Busch et al., 2015; Schleifer & Sun, 2023). Nesse sentido, instrumentos como a Moratória da Soja tendem a fortalecer a inserção comercial do Brasil em mercados mais exigentes, como a UE.

Diante desse contexto, emerge a seguinte questão de pesquisa: em que medida políticas ambientais domésticas, como a Moratória da Soja, são capazes de reduzir o desmatamento sem comprometer a expansão produtiva e, adicionalmente, influenciar a inserção internacional da soja brasileira em mercados mais exigentes, como a UE, especialmente no contexto do Acordo Mercosul–EU? Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo investigar a influência da Moratória da Soja sobre o desmatamento nos estados da Amazônia Legal, bem como sobre o crescimento da área cultivada com soja, e analisar se os ganhos ambientais associados a essa política se refletem positivamente no comércio exterior brasileiro, em particular, nas exportações para a UE. Para atingir esse objetivo, o estudo se desdobra nos seguintes objetivos

específicos: (i) avaliar o impacto da Moratória da Soja sobre o desmatamento nos estados da Amazônia Legal; (ii) analisar se a moratória afetou a expansão da área cultivada com soja; e, (iii) investigar se melhorias nas condições ambientais da produção influenciam positivamente os fluxos de exportação de soja para mercados mais exigentes, em especial a UE.

Este estudo parte de três hipóteses principais: (i) a Moratória da Soja contribuiu para a redução do desmatamento na Amazônia Legal; (ii) essa redução ocorreu sem comprometer o crescimento da área cultivada com soja; e (iii) melhorias nas condições ambientais da produção estão associadas a maiores fluxos de exportação para mercados com maior rigor regulatório, como a UE. Para testar essas hipóteses, a metodologia encontra-se estruturada em três etapas. Inicialmente, aplica-se um modelo de diferenças-em-diferenças para estimar os efeitos do marco temporal de 2008 sobre a expansão da área plantada e sobre a taxa de desmatamento em municípios produtores de soja. Em seguida, é construído o Índice de Adequação Ambiental da Soja (IAAS), um indicador de sustentabilidade da produção regional. Por fim, o IAAS é incorporado a um modelo gravitacional de comércio, com o objetivo de quantificar o impacto das condições ambientais da produção sobre o volume exportado de soja para a UE, avaliando se melhorias no indicador estão associadas a maiores fluxos comerciais.

O principal diferencial deste estudo está na integração entre a dimensão ambiental e a dimensão comercial da produção de soja. Enquanto a literatura já documenta os efeitos da Moratória da Soja sobre o desmatamento (Gibbs et al.; 2015; Valdiones et al., 2022; Vasconcelos et al., 2022; Paim, 2021; Heilmayr et al., 2020; Amaral et al., 2021), este trabalho avança ao investigar se essas melhorias ambientais se refletem na inserção internacional do Brasil, especialmente em mercados mais exigentes como a UE. Para isso, combina uma metodologia baseada em diferenças-em-diferenças, a construção de um indicador de adequação ambiental (IAAS) e sua incorporação em um modelo gravitacional de comércio. Assim, o estudo contribui ao oferecer evidências sobre o papel potencial da sustentabilidade como fator de competitividade no comércio internacional de commodities agrícolas.

Por fim destaca-se que, a relevância deste estudo se intensifica no contexto atual de crescente regulação ambiental no comércio internacional e de incerteza institucional em torno da continuidade da Moratória da Soja no Brasil. Diante da implementação de políticas como o Regulamento Europeu de Produtos Livres de Desmatamento (EUDR) e do avanço das exigências ambientais no Acordo Mercosul–UE, compreender como políticas domésticas de governança ambiental contribuem simultaneamente para a redução do desmatamento e para o fortalecimento da inserção comercial torna-se fundamental.

2. Metodologia

2.1 Dados e Variáveis do Modelo

Os dados utilizados são de fontes secundárias e combinam três bases, conforme as etapas metodológicas. Para a análise de diferenças-em-diferenças, que avalia o impacto da Moratória da Soja sobre a área plantada e o desmatamento, utiliza-se uma série histórica de 1988 a 2024. Os dados de área plantada foram obtidos no IBGE, enquanto os de desmatamento provêm da plataforma TerraBrasilis (INPE), fonte oficial de monitoramento no Brasil.

Para a construção do indicador ambiental via análise de componentes principais (PCA), utilizam-se dados de 2012 a 2024. As informações sobre uso e cobertura da terra foram obtidas do MapBiomas, enquanto os dados de desmatamento provêm da TerraBrasilis/INPE. A partir dessas variáveis, foi elaborado o Índice de Adequação Ambiental da Soja (IAAS), que sintetiza as condições ambientais da produção, cuja composição é detalhada a seguir.

Para a estimação do modelo gravitacional, utilizou-se um painel de 2012 a 2024 com exportações brasileiras de soja para países da UE. Os dados de exportação foram obtidos no ComexStat (MDIC), em valores monetários. O PIB dos países importadores foi coletado no World Bank, enquanto o PIB dos estados exportadores foi construído a partir do IBGE e convertido em dólar com base na taxa de câmbio do Banco Central.

A variável distância foi construída a partir da distância geodésica entre os principais portos exportadores brasileiros e o porto de Rotterdam, utilizando coordenadas do World Port Index e a metodologia de Mayer e Zignago (2011). Para cada estado, considerou-se a principal rota de escoamento e calculou-se uma distância média ponderada pelo volume exportado, aproximando os custos efetivos de transporte. A amostra do modelo gravitacional inclui países da UE relevantes como destinos das exportações de soja e estados inseridos na área da Moratória da Soja, com destaque para regiões de expansão agrícola, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição das variáveis utilizadas

Variável	Descrição	Fonte	Ano	Sinal esperado	Fonte Bibliográfica
X_{ijt}	Fluxo de exportações de soja dos estados brasileiros para os países da UE, em valores monetários	MDIC – ComexStat	2012–2024		Tinbergen (1962); Anderson (1979); Head & Mayer (2014)
PIB_{it}	Produto Interno Bruto da unidade exportadora (estado brasileiro)	IBGE	2012–2024	(+)	Tinbergen (1962); Linnemann (1966); Anderson & van Wincoop (2003)
PIB_{jt}	Produto Interno Bruto do país importador	World Bank	2012–2024	(+)	Anderson (1979); Bergstrand (1985); Head & Mayer (2014)
$Dist_{ij}$	Distância geodésica entre os principais portos brasileiros de exportação e o porto de Rotterdam	National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) World Port Index	2012–2024	(–)	Mayer & Zignago (2011); Head & Mayer (2014)

		(WPI) / MDIC – ComexStat			
$IAAS_{it}$	Índice de Adequação Ambiental da Soja, construído via PCA com base em vegetação nativa, desmatamento e disponibilidade de vegetação natural	MapBiomas; TerraBrasilis/INPE	2012–2024	(+)	Proxy para adequação ambiental da soja
$area$	Área plantada de soja por estado	IBGE	1988–2024	–	–
$Área_desmatad$	Área desmatada por estado	TerraBrasilis – INPE	1988–2024	–	–
Estados	Mato Grosso (MT); Mato Grosso do Sul (MS); Distrito Federal (DF); Goiás (GO); Pará (PA); Rondônia (RO); Roraima (RR); Tocantins (TO); Maranhão (MA); Piauí (PI).				
Países	Mato Grosso (MT); Mato Grosso do Sul (MS); Distrito Federal (DF); Goiás (GO); Pará (PA); Rondônia (RO); Roraima (RR); Tocantins (TO); Maranhão (MA); Piauí (PI).				

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.
Nota: O período de análise varia conforme a estratégia empírica adotada: o modelo de diferenças-em-diferenças utiliza dados de 1988 a 2024, enquanto a construção do índice ambiental (PCA) e o modelo gravitacional utilizam o período de 2012 a 2024, em função da disponibilidade e consistência das bases de dados.

2.2 Modelo de Diferenças-em-Diferenças

Para avaliar o impacto da Moratória da Soja, implementada a partir de 2008, utiliza-se um modelo de diferenças-em-diferenças com tendência temporal, que permite identificar mudanças na trajetória de crescimento das variáveis de interesse. A análise é conduzida em duas dimensões complementares: (i) agregada, para o Brasil como um todo, e (ii) desagregada, em nível estadual.

A especificação empírica adotada corresponde ao modelo com quebra de nível e mudança de tendência, sendo dada por:

$$\ln(Y_{it}) = \alpha_i + \beta_1 t + \beta_2 (t \times Post_t) + \beta_3 Post_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

em que Y_{it}representa, alternativamente, a área plantada de soja ou o desmatamento no estado $i$no período t; $\alpha_i$são efeitos fixos específicos de cada estado, capturando heterogeneidades não observadas e invariantes no tempo; $t$representa uma tendência temporal linear; $Post_t$é uma variável dummy que assume valor 1 a partir de 2008, período posterior à implementação da moratória; e ε_{it}é o termo de erro.

Essa especificação permite decompor o efeito da política em três componentes distintos. O coeficiente $\beta_1$captura a tendência de crescimento no período pré-moratória, enquanto $\beta_2$mede a mudança no ritmo de crescimento após 2008, refletindo alterações na inclinação da trajetória temporal. Já o coeficiente $\beta_3$representa a quebra de nível associada ao impacto imediato da política.

Na análise agregada, o modelo é estimado para o conjunto dos estados brasileiros, permitindo identificar o efeito médio da moratória sobre a área plantada e o desmatamento. A inclusão de efeitos fixos controla características estruturais dos estados, enquanto a tendência temporal capta a evolução das variáveis ao longo do tempo. Adicionalmente, a análise é

replicada em nível estadual para unidades selecionadas (Quadro 1), concentradas em áreas historicamente associadas ao desmatamento, o que permite avaliar de forma mais precisa os efeitos da política em regiões mais expostas. Por fim, os erros-padrão são estimados de forma robusta, corrigindo heterocedasticidade e autocorrelação serial, e garantindo maior confiabilidade às inferências.

2.3 Construção do Indicador Ambiental da Produção de Soja

A produção de soja no Brasil está fortemente associada à dinâmica de uso da terra, especialmente em regiões de fronteira agrícola, onde a expansão produtiva interage diretamente com ecossistemas naturais (Nepstad et al., 2006; DeFries et al., 2010). A conversão de vegetação nativa em áreas agrícolas tem sido historicamente um dos principais vetores de desmatamento, sobretudo nos biomas Amazônia e Cerrado (Gibbs et al., 2015; Gardner et al., 2013). Ao mesmo tempo, a soja desempenha papel central na inserção do Brasil no comércio internacional de commodities, o que reforça a necessidade de analisar conjuntamente as dimensões produtiva e ambiental (Lima, 2024; Weinhold, 2013; Valdes et. Al, 2024).

Neste contexto, três dimensões ambientais fundamentais são consideradas. A primeira refere-se à cobertura de vegetação nativa, que expressa o grau de conservação dos ecossistemas naturais. A segunda é o desmatamento, que captura diretamente a conversão de áreas naturais em uso antrópico. A terceira dimensão está relacionada à disponibilidade relativa de áreas naturais, que representa o potencial de conversão futura e o equilíbrio entre áreas preservadas e áreas suscetíveis à transformação.

A variável disponibilidade relativa de vegetação natural, é construída da seguinte forma:

$$DispNat_{it} = \frac{Forest_{it} + NonForestNatural_{it}}{NonForestNatural_{it}} \quad (2)$$

em que $Forest_{it}$ representa áreas florestais e $NonForestNatural_{it}$ corresponde a formações naturais não florestais no estado i no período t. Essa medida captura a relação entre o estoque total de vegetação natural e a parcela de áreas potencialmente mais suscetíveis à conversão. Valores mais elevados indicam maior disponibilidade relativa de vegetação preservada, sugerindo menor pressão imediata por expansão sobre novas áreas, enquanto valores mais baixos refletem maior proximidade de limites de conversão e maior intensidade potencial de uso da terra.

Dada a natureza multidimensional das condições ambientais, optou-se pela construção de um indicador sintético por meio de análise de componentes principais (Principal Component Analysis – PCA), visando reduzir problemas de autocorrelação e colinearidade. Antes da

aplicação da técnica, todas as variáveis foram padronizadas para média zero e variância unitária, garantindo comparabilidade e evitando distorções decorrentes de diferenças de escala.

Adicionalmente, a adequação dos dados à aplicação da análise fatorial foi verificada por meio do teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e do teste de esfericidade de Bartlett, assegurando a existência de correlações significativas entre as variáveis e a validade estatística da decomposição fatorial.

Destaca-se que a PCA consiste na decomposição da matriz de variância-covariância das variáveis padronizadas em combinações lineares ortogonais que maximizam a variância explicada. O primeiro componente principal foi selecionado como indicador sintético, por concentrar a maior parcela da variabilidade dos dados.

As cargas fatoriais associadas ao primeiro componente indicam relação positiva com a cobertura de vegetação nativa e com a disponibilidade relativa de vegetação natural, e relação negativa com o desmatamento. Esse padrão revela que o componente captura um gradiente ambiental associado à qualidade do uso da terra, refletindo simultaneamente conservação, disponibilidade de recursos naturais e intensidade de conversão.

O indicador resultante, denominado Índice de Adequação Ambiental da Produção de Soja (IAAS), é interpretado como uma medida sintética do grau de alinhamento da produção de soja com condições ambientais mais favoráveis. Valores mais elevados do índice estão associados a maior preservação de vegetação nativa, menor intensidade de desmatamento e maior disponibilidade relativa de áreas naturais, indicando melhor desempenho ambiental. Por outro lado, valores mais baixos refletem maior conversão de áreas naturais e condições ambientais mais adversas.

2.4 Modelo Gravitacional de Comércio

Para avaliar a relação entre as condições ambientais da produção e os fluxos de exportação, estimou-se um modelo gravitacional de comércio internacional. A especificação empírica adotada neste estudo é dada por:

$$X_{ijt} = \exp\left(\beta_0 + \beta_1 IAAS_{it} + \beta_2 \ln area_{it} + \beta_3 \ln PIB_{it} + \beta_4 \ln PIB_{jt} + \beta_5 \ln Dist_{ij} + \gamma_{ij} + \delta_t\right) + \varepsilon_{ijt} \quad (3)$$

em que X_{ijt}representa as exportações de soja do estado i para o país j no período t; $IAAS_{it}$ corresponde ao Índice de Adequação Ambiental da Soja; PIB_{it} e PIB_{jt} representam, respectivamente, o produto interno bruto da região exportadora e do país importador; $Dist_{ij}$ corresponde à distância geográfica entre a origem e o destino; γ_{ij} representa efeitos fixos específicos do par estado–país; e δ_t são efeitos fixos temporais. A variável distância foi

construída utilizando a metodologia sugerida por Mayer e Zignago (2011), conforme estacado anteriormente.

As variáveis incluídas no modelo seguem a literatura clássica de comércio internacional. O produto interno bruto da região exportadora (PIB_{it}) capta a capacidade produtiva e o nível de atividade econômica, estando associado à oferta de bens exportáveis. Já o produto interno bruto do país importador (PIB_{jt}) representa o tamanho do mercado e a demanda potencial por importações. Espera-se, portanto, que ambas as variáveis apresentem coeficientes positivos (Bergstrand, 1985; Anderson & van Wincoop, 2003). A distância geográfica ($Dist_{ij}$) atua como proxy para os custos de comércio, incluindo custos de transporte, barreiras informacionais e fricções logísticas, sendo esperado um efeito negativo sobre os fluxos comerciais (Head & Mayer, 2014).

O principal diferencial do modelo reside na inclusão do Índice de Adequação Ambiental da Soja ($IAAS_{it}$), que sintetiza as condições ambientais da produção e permite avaliar seu papel nos fluxos comerciais. Busca-se testar se mercados com maior rigor regulatório, como a UE, favorecem produtos oriundos de cadeias mais sustentáveis. Essa análise é particularmente relevante diante do avanço de exigências ambientais no comércio internacional, como o EUDR, o acordo Mercosul–UE e iniciativas privadas como a Moratória da Soja. Nesse contexto, a adequação ambiental assume também um papel econômico, influenciando a competitividade. Assim, ao incorporar o $IAAS_{it}$ no modelo gravitacional, o estudo investiga se melhorias ambientais estão associadas a maiores exportações para mercados mais exigentes, contribuindo para o debate sobre o papel das políticas ambientais na inserção internacional.

A estimação do modelo é realizada por meio do método Poisson Pseudo-Maximum Likelihood (PPML), conforme proposto por Silva e Tenreyro (2006). Esse estimador apresenta vantagens importantes em relação à estimação tradicional por mínimos quadrados ordinários em modelos log-linearizados, especialmente por lidar adequadamente com a presença de heterocedasticidade e permitir a inclusão de observações com fluxos comerciais nulos, frequentemente observados em dados desagregados de comércio.

Adicionalmente, a inclusão de efeitos fixos bilaterais (γ_{ij}) permite controlar as características invariantes no tempo específicas de cada par estado–país, como fatores institucionais, históricos e culturais que influenciam o comércio. Os efeitos fixos temporais (δ_t) capturam choques comuns a todos os pares, como variações nos preços internacionais de commodities, mudanças macroeconômicas globais e alterações nas condições de demanda.

Antes da estimação final, foram realizados testes para avaliar a adequação das especificações. Estimaram-se modelos em painel com efeitos fixos e aleatórios, aplicando-se o teste de Hausman (Hausman, 1978) para seleção do modelo. A heterocedasticidade foi verificada pelo teste de Breusch-Pagan (Breusch & Pagan, 1979) e a autocorrelação serial pelo teste de Wooldridge (2018). A presença desses problemas justificou a adoção do estimador PPML, robusto a tais violações.

O coeficiente associado ao índice ambiental (β_1), permite avaliar se melhores condições ambientais estão associadas a maiores exportações. Um valor positivo indica que a adequação ambiental se tornou um fator de competitividade, especialmente em mercados mais exigentes, como a UE.

3. Resultados e Discussão

3.1 Efeitos da Moratória da Soja sobre Área Plantada e Desmatamento

Os resultados apresentados na Tabela 1 indicam padrões distintos na dinâmica da área plantada de soja e do desmatamento antes e após a implementação da Moratória da Soja em 2008. No período pré-moratória, observa-se uma tendência de crescimento positiva e estatisticamente significativa para ambas as variáveis. A área plantada apresentou crescimento médio anual de aproximadamente 6,35%, enquanto o desmatamento crescia a uma taxa mais elevada, em torno de 27,24% ao ano.

Tabela 1 - Efeitos da Moratória da Soja sobre a Área Plantada e o Desmatamento para o Brasil (Modelo Diferenças-em-Diferenças)

Variáveis	Área	Desmatamento
Constante	4.061*** (0.1626)	3.953*** (0.3607)
Tendência pré-2008	0.0635*** (0.0165)	0.2724*** (0.0354)
Tendência × Pós-2008	-0.0024 (0.0046)	-0.1223*** (0.0159)
Quebra de nível pós-2008	-0.0024 (0.0047)	-0.1223*** (0.0161)
Observações	999	999
R^2	0.742	0.635
Efeitos fixos (UF)	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

A partir de 2008, observa-se mudança na dinâmica do desmatamento. O coeficiente da interação entre tendência temporal e período pós-moratória é negativo e significativo, indicando desaceleração de cerca de 12,23% ao ano. A quebra de nível também é negativa e significativa,

sugerindo redução imediata após a política. Em conjunto, os resultados apontam uma inflexão na trajetória do desmatamento, compatível com a atuação da Moratória da Soja (Gibbs et al., 2015; Macedo et al., 2012; Heilmayr et al., 2020).

No caso da área plantada, embora a tendência pré-2008 seja positiva e significativa, não há evidências de mudança no ritmo de crescimento ou de quebra de nível após a moratória. Isso indica que a expansão da soja se manteve ao longo do período, sem alteração significativa em sua trajetória (Macedo et al., 2012; Heilmayr et al., 2020; Rausch et al., 2019).

Embora consistentes com a moratória, os resultados não permitem inferência causal estrita, podendo refletir fatores concomitantes.Adicionalmente, o elevado poder explicativo dos modelos (R^2) e a inclusão de efeitos fixos por unidade federativa reforçam a robustez dos resultados ao controlar heterogeneidades regionais. Esses achados fundamentam as análises subsequentes, especialmente a construção do indicador ambiental e sua relação com o comércio internacional.

3.1.1 Heterogeneidade Regional dos Efeitos da Moratória

Os resultados em nível estadual (Tabela 2) revelam elevada heterogeneidade nos efeitos da Moratória da Soja sobre o desmatamento. No período pré-2008, predomina tendência positiva e significativa, refletindo o crescimento associado à expansão agrícola. Após a moratória, observa-se desaceleração em diversos estados, como Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Goiás, Tocantins, Maranhão e Piauí, conforme os coeficientes negativos e significativos na interação pós-política. Em alguns casos, há quebra de nível positiva, indicando patamar inicial mais elevado, ainda que com crescimento mais lento ao longo do tempo.

Por outro lado, em estados da Amazônia Legal, como Pará, Rondônia e Roraima, não há evidências estatisticamente significativas de mudança na trajetória do desmatamento. Esse padrão sugere que os efeitos da moratória dependem de fatores locais, como estrutura fundiária, fiscalização e presença de áreas protegidas, sendo consistente com a literatura sobre variação regional de políticas ambientais em áreas de fronteira agrícola (Arima et al., 2011; Richards et al., 2017).

Tabela 2 - Efeitos da Moratória da Soja sobre a Área Plantada e o Desmatamento para os estados brasileiros (Modelo Diferenças-em-Diferenças)

Estado	Variável	Constante	Tendência pré-2008	Tendência × Pós-2008	Mudança no ritmo pós-2008	Obs.	R^2
MT	Área	7.123*** (0.0522)	0.0841*** (0.0045)	-0.0390*** (0.0081)	0.7256*** (0.2007)	37	0.973
	Desmatamento	8.437*** (0.1402)	0.0458*** (0.0120)	-0.0203 (0.0217)	-0.8691 (0.5395)	37	0.582

MS	Área	6.826*** (0.0617)	0.0311*** (0.0053)	0.0334*** (0.0095)	-0.7741** (0.2374)	37	0.912
	Desmatamento	-2.183** (0.7201)	0.5128*** (0.0616)	-0.5319*** (0.1113)	9.345*** (2.771)	37	0.771
DF	Área	3.757*** (0.0658)	0.0036 (0.0056)	0.0324*** (0.0102)	-0.5261* (0.2530)	37	0.750
	Desmatamento	-0.9043* (0.3577)	0.2128*** (0.0306)	-0.2746*** (0.0553)	4.671*** (1.377)	37	0.637
GO	Área	6.646*** (0.0523)	0.0625*** (0.0045)	-0.0168** (0.0081)	0.2154 (0.2012)	37	0.956
	Desmatamento	-2.268** (0.7758)	0.5383*** (0.0664)	-0.5930*** (0.1199)	10.67*** (2.986)	37	0.758
PA	Área	-1.073*** (0.2517)	0.2634*** (0.0215)	-0.0874** (0.0389)	2.055** (0.9866)	37	0.954
	Desmatamento	8.426*** (0.1196)	0.0251* (0.0102)	-0.0007 (0.0185)	-0.3988 (0.4603)	37	0.210
RO	Área	0.5746 (0.3044)	0.2048*** (0.0260)	-0.0875 (0.0470)	1.759 (1.171)	37	0.876
	Desmatamento	7.581*** (0.1608)	0.0201 (0.0138)	0.0174 (0.0249)	-1.108 (0.6187)	37	0.215
RR	Área	-0.4034 (0.2619)	0.1390*** (0.0224)	0.1136*** (0.0405)	-3.416** (1.008)	37	0.874
	Desmatamento	5.414*** (0.1687)	0.0364* (0.0144)	0.0406 (0.0261)	-1.299 (0.6494)	37	0.513
TO	Área	2.220*** (0.2435)	0.1825*** (0.0208)	-0.0880** (0.0376)	1.859 (0.9372)	37	0.897
	Desmatamento	5.857*** (0.2768)	0.0942*** (0.0237)	-0.0988** (0.0428)	1.873 (1.065)	37	0.470
MA	Área	2.927*** (0.1545)	0.1831*** (0.0132)	-0.1142*** (0.0239)	1.845*** (0.5947)	37	0.934
	Desmatamento	6.502*** (0.2148)	0.0857*** (0.0184)	-0.0695** (0.0332)	0.796 (0.8265)	37	0.457
PI	Área	-0.0169 (0.1775)	0.3202*** (0.0152)	-0.2510*** (0.0274)	4.559*** (0.6830)	37	0.969
	Desmatamento	-2.187** (0.6729)	0.5043*** (0.0576)	-0.5327*** (0.1040)	10.06*** (2.590)	37	0.809

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

No que se refere à área plantada, os resultados mostram que a produção de soja continuou crescendo após 2008 na maior parte dos estados. Em estados como Mato Grosso, Goiás, Pará, Tocantins, Maranhão e Piauí, a área plantada aumentava antes da moratória e continuou aumentando depois de sua implementação. A diferença é que, após 2008, esse crescimento passou a ocorrer em um ritmo menor. Em contraste, nos estados de Mato Grosso do Sul, Distrito Federal e Roraima, a taxa de crescimento da área plantada aumentou após 2008, ou seja, a área passou a crescer mais rapidamente ao longo do tempo. No entanto, o nível da área plantada apresentou uma queda no momento inicial após a moratória, indicando que a quantidade de área cultivada imediatamente após 2008 foi menor do que no período anterior. Em outras palavras, houve uma redução inicial da área plantada, seguida por um crescimento mais acelerado nos anos seguintes.

Em conjunto, esses resultados sugerem que a Moratória da Soja não interrompeu a expansão produtiva, mas contribuiu para alterar seu padrão espacial, reduzindo a associação direta entre crescimento agrícola e desmatamento. Esse comportamento é compatível com a

literatura que documenta um processo de desacoplamento entre expansão da soja e conversão de vegetação nativa, com a produção passando a ocorrer predominantemente em áreas previamente abertas (Macedo et al., 2012; Gibbs et al., 2015; Heilmayr et al., 2020; Amaral et al., 2021). Assim, a evidência estadual reforça que os efeitos da moratória não foram uniformes, mas, em diversas regiões, associados à redução do desmatamento sem comprometer a continuidade da expansão agrícola.

Por fim, os elevados valores de R^2 indicam bom ajuste dos modelos, enquanto a análise desagregada indica a heterogeneidade dos efeitos da Moratória da Soja no território brasileiro. Esse padrão reforça a importância de considerar especificidades locais na análise da relação entre produção agrícola e desmatamento.

3.2 Adequação Ambiental e Exportações: Evidências do Modelo Gravitacional

Em um primeiro momento, destaca-se que a adequação da aplicação da PCA foi verificada por meio de testes estatísticos preliminares. O índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) apresentou valor de 0,65, indicando nível moderado de adequação da amostra, considerado aceitável na literatura, especialmente em contextos com número reduzido de variáveis (Kaiser, 1974; Hair et al., 2018; Field, 2018). Adicionalmente, o teste de esfericidade de Bartlett resultou em estatística qui-quadrado de 363, com p-valor inferior a 0,001, rejeitando a hipótese nula de ausência de correlação entre as variáveis (Bartlett, 1954). Em conjunto, esses resultados confirmam que a estrutura de correlação dos dados é estatisticamente adequada para a extração de componentes principais, permitindo a identificação de um fator comum representativo das condições ambientais associadas à produção de soja (Jolliffe & Cadima, 2016). Detalhes adicionais do PCA, incluindo a validação da estrutura fatorial e a definição do número de componentes, são apresentados no Apêndice A (Figuras 1, 2 e 3).

A Tabela 3 apresenta resultados de várias especificações do modelo gravitacional (Pooled OLS, efeitos aleatórios e fixos) apenas para fins comparativos. No entanto, a interpretação central recai sobre o modelo PPML com efeitos fixos por par origem-destino e ano, conforme recomendado na literatura mais recente.

Tabela 3 – Resultados das estimações do modelo gravitacional para as exportações brasileiras de soja: comparação entre diferentes especificações

Variáveis	Pooled OLS	Efeitos Aleatórios (RE)	Efeitos Fixos (FE – robusto)	PPML FE (par origem-destino + ano)	PPML (país+ano)
$lnarea_{it}$	0.931***	0.795**	3.260***	0.424*	0.997**
	(0.157)	(0.296)	(1.123)	(0.269)	(0.417)
$lnIAAS_{it}$	1.802***	1.992***	0.177	2.091***	0.689***
	(0.222)	(0.474)	(2.593)	(0.551)	(0.154)

$lnDist_{ij}$	-5.702** (1.998)	-4.321 (4.270)	—	—	-4.399* (3.214)
$lnPIB_{it}$	0.094** (0.034)	0.077** (0.029)	0.031 (0.045)	0.002 (0.008)	0.015 (0.013)
$lnPIB_{jt}$	1.380*** (0.133)	1.277*** (0.305)	0.841 (1.987)	0.740* (0.979)	0.698 (0.821)
Intercepto	12.808671 (17.927935)	4.272 (39.447)	—	—	—
Obs.	1.940	1.940	1.940	1.885	1.914
R^2	0.242	0.131	—		
Pseudo R^2				0.857	0.717

Testes

Teste	Resultado	Interpretação
Hausman	$\chi^2 = 16.18$ ($p = 0.0027$)	FE preferido
Breusch-Pagan	BP = 287.37 ($p < 0.001$)	heterocedasticidade presente
Wooldridge	F = 37.43 ($p < 0.001$)	autocorrelação presente

Fonte: Elaborado pelos autores, 2026

Nos resultados do modelo principal (PPML FE por par-ano), a variável logaritmo da área plantada de soja ($lnarea_{it}$) apresentou coeficiente positivo e significativo a 10%, indicando que um aumento de 1% na área está associado a um crescimento de 0,42% nas exportações para a UE. Esse resultado sugere que estados com maior expansão produtiva tendem a exportar mais, em linha com a teoria gravitacional, que destaca a capacidade produtiva como determinante dos fluxos comerciais. Assim, confirma-se que a escala do exportador impulsiona as exportações, refletindo a resposta positiva da oferta à expansão agrícola (Anderson & van Wincoop, 2003; Head & Mayer, 2014; Yotov et al., 2016).

A variável central do estudo, o IAAS ($lnIAAS_{it}$), apresentou coeficiente positivo e significativo a 1%, indicando que um aumento de 1% no índice está associado a um crescimento de aproximadamente 0,02% nas exportações para a UE. Esse resultado sugere que melhores condições ambientais da produção favorecem os fluxos comerciais, indicando a sustentabilidade como fator de competitividade. Em termos econômicos, produtores alinhados a critérios ambientais tendem a obter vantagens em mercados mais exigentes, como o europeu, em linha com a literatura que aponta que padrões ambientais mais rigorosos podem gerar ganhos de acesso e diferenciação no médio e longo prazo (Porter & van der Linde, 1995; Aichele & Felbermayr, 2012; Shapiro, 2021).

No caso da soja, esse resultado dialoga com o recente ambiente regulatório internacional. Políticas como o EUDR e o Acordo Mercosul–UE reforçam critérios ambientais como condicionantes de acesso ao mercado. Nesse contexto, rastreabilidade e comprovação de origem livre de desmatamento tornam-se requisitos centrais, reduzindo assimetrias de informação e valorizando cadeias sustentáveis. Instrumentos como a Moratória da Soja

contribuíram para o desenvolvimento dessas capacidades, permitindo ao Brasil atender a padrões mais rigorosos (Gibbs et al., 2015; Heilmayr et al., 2020; zu Ermgassen et al., 2020).

A internalização dessas exigências tende a transformar a adequação ambiental em vantagem competitiva, especialmente em mercados mais regulados. A literatura indica que padrões ambientais mais elevados, quando incorporados à produção, geram ganhos de eficiência, acesso a mercados e diferenciação de produto ao longo do tempo (Porter & van der Linde, 1995; Aichele & Felbermayr, 2012; Shapiro, 2021). No Brasil, instrumentos como o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o monitoramento por sensoriamento remoto têm fortalecido a governança ambiental, ampliando a rastreabilidade, reduzindo assimetrias de informação e diminuindo custos de compliance.

Adicionalmente, a implementação de sistemas de monitoramento e certificação ambiental tem ampliado a credibilidade internacional das commodities brasileiras, especialmente em mercados que exigem comprovação de origem livre de desmatamento (Heilmayr et al., 2020; Garrett et al., 2019). Assim, a consolidação desses instrumentos não apenas facilita o cumprimento de regulações como o EUDR, mas também fortalece a inserção competitiva do Brasil no comércio internacional ao alinhar sua produção aos padrões ambientais demandados pela UE.

As variáveis de controle tiveram comportamento menos esperado. O PIB do exportador estadual ($lnPIB_{it}$) não foi significativo no PPML, em linha com evidências de modelos com efeitos fixos bilaterais, nos quais essa variável perde significância (Head & Mayer, 2014). Já o PIB do importador mostrou coeficiente positivo e significativo a 10%, indicando que um aumento de 1% no PIB do país importador (lnPIB_jt) está associado a um crescimento de aproximadamente 0,74% nas exportações. Esse resultado é consistente com a teoria gravitacional, que aponta o tamanho econômico do importador como determinante central dos fluxos comerciais, refletindo maior capacidade de absorção de importações (Anderson & van Wincoop, 2003; Yotov et al., 2016).

O *Pseudo* R^2 elevado (0,857) indica bom ajuste do modelo PPML. Em síntese, embora a expansão da área plantada permaneça como principal determinante das exportações, a dimensão ambiental emerge como fator relevante. Assim, a sustentabilidade tende a ganhar importância na competitividade internacional da soja brasileira. Em mercados mais exigentes, como a UE, a produção ambientalmente adequada deve gerar ganhos no médio prazo, apesar dos custos de conformidade no curto prazo.

Por fim, esses resultados devem ser interpretados à luz do atual contexto regulatório internacional. A implementação do EUDR e o avanço das cláusulas ambientais no Acordo

Mercosul–UE reforçam a centralidade da rastreabilidade e da conformidade ambiental nas cadeias globais de valor. Nesse cenário, os efeitos sobre o comércio tendem a se materializar de forma gradual, à medida que produtores e exportadores internalizam essas exigências. Dessa forma, o presente estudo contribui ao mostrar que a sustentabilidade ambiental tende a assumir papel crescente na determinação dos fluxos comerciais, embora seus impactos devam ser melhor apresentados em estudos futuros.

4. Considerações finais

Os resultados deste estudo indicam que a Moratória da Soja esteve associada a uma mudança na dinâmica de uso da terra no Brasil, contribuindo para a redução do desmatamento sem comprometer a expansão da produção. Os achados sugerem a ocorrência de um processo de desacoplamento entre crescimento agrícola e conversão de vegetação nativa, no qual a expansão da soja passou a ocorrer, ao menos parcialmente, em áreas previamente abertas.

Adicionalmente, ao integrar a dimensão ambiental à análise do comércio internacional, os resultados mostram que melhorias nas condições ambientais da produção, capturadas pelo IAAS, estão associadas a maiores fluxos de exportação para mercados mais exigentes, como a UE. Esse achado sugere que a sustentabilidade ambiental pode atuar como um fator de competitividade internacional, especialmente em um contexto de crescente incorporação de critérios socioambientais às regras do comércio global.

Nesse sentido, os resultados dialogam com as recentes transformações na governança do comércio internacional. O EUDR e as cláusulas ambientais do Acordo Mercosul–UE reforçam a rastreabilidade e a conformidade como requisitos de acesso ao mercado, demonstrando a convergência entre políticas ambientais e exigências comerciais. Nesse contexto, a sustentabilidade deixa de ser voluntária e passa a constituir um fator de competitividade.

A partir dessa perspectiva, a Moratória da Soja pode ser interpretada não apenas como um instrumento de governança ambiental, mas também como um mecanismo que contribuiu para preparar o setor produtivo brasileiro para esse novo ambiente regulatório. Ao fortalecer sistemas de monitoramento, rastreabilidade e conformidade, a moratória reduziu assimetrias de informação e aumentou a credibilidade da soja brasileira em mercados mais exigentes.

Por outro lado, o atual contexto de contestação institucional e possível enfraquecimento da Moratória da Soja introduz um elemento relevante de incerteza. À luz dos resultados obtidos, a eventual descontinuidade desse mecanismo pode gerar impactos não apenas ambientais, mas também comerciais, ao comprometer a capacidade do Brasil de atender às exigências de

mercados com maior rigor regulatório, como a UE. Além disso, a fragilização de políticas ambientais pode resultar simultaneamente em aumento do desmatamento e perda de competitividade externa, reforçando a importância da credibilidade institucional na governança ambiental.

Do ponto de vista de política econômica, os resultados indicam que instrumentos de governança ambiental podem desempenhar um papel duplo ao contribuir para a conservação ambiental e, simultaneamente, fortalecer a inserção internacional da produção agrícola em mercados cada vez mais regulados. À medida que critérios ambientais se tornam parte integrante das regras do comércio internacional, políticas que ampliam a rastreabilidade, a transparência e a conformidade tendem a reduzir custos de transação no longo prazo e facilitar o acesso a mercados.

Este estudo contribui ao integrar os impactos ambientais e comerciais da produção de soja, indicando que políticas como a Moratória da Soja influenciam tanto o desmatamento quanto a inserção internacional em mercados mais exigentes. A associação positiva entre desempenho ambiental e exportações reforça o papel da sustentabilidade como fator de competitividade. Em termos práticos, os resultados indicam que mecanismos de governança ambiental podem simultaneamente promover conservação e fortalecer a competitividade, especialmente em um contexto de maior regulação, como o EUDR e o Acordo Mercosul–UE.

Apesar disso, algumas limitações devem ser consideradas. A estratégia de diferenças-em-diferenças não permite inferência causal estrita, o IAAS não captura todos os aspectos da sustentabilidade, e a relação entre desempenho ambiental e exportações mostrou-se sensível à especificação econométrica. Por fim, os resultados devem ser interpretados à luz da transição na governança do comércio internacional. A implementação do EUDR e o avanço das cláusulas ambientais tendem a ampliar a relevância dos critérios ambientais, com efeitos graduais sobre o comércio. Estudos futuros podem aprofundar essa análise com dados mais desagregados e horizontes mais longos.

Referências

AICHELE, R.; FELBERMAYR, G. Kyoto and the carbon footprint of nations. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 75, p. 1–15, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.07.005.

AMARAL, D. F. et al. Expansion of soybean farming into deforested areas in the Amazon biome: the role and impact of the soy moratorium. *Sustainability Science*, v. 16, n. 4, p. 1295–1312, 2021.

ANDERSON, J. E. A theoretical foundation for the gravity equation. *American Economic Review*, v. 69, n. 1, p. 106–116, 1979.

ANDERSON, J. E.; VAN WINCOOP, E. Gravity with gravitas: a solution to the border puzzle. *American Economic Review*, v. 93, n. 1, p. 170–192, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1257/000282803321455214.

ARIMA, E. Y. et al. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. *Science*, v. 334, n. 6056, p. 1421–1425, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). *Moratória da soja*. 2026. Disponível em: https://abiove.org.br/esg/iniciativas/moratoria-da-soja.

AUSTIN, K. G. et al. Shifting patterns of oil palm-driven deforestation in Indonesia and implications for zero-deforestation commitments. *Land Use Policy*, v. 84, p. 146–153, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.036.

BARTLETT, M. S. A note on the multiplying factors for various chi square approximations. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. 16, n. 2, p. 296–298, 1954.

BERGSTRAND, J. H. The gravity equation in international trade: some microeconomic foundations and empirical evidence. *The Review of Economics and Statistics*, v. 67, n. 3, p. 474–481, 1985. Disponível em: https://doi.org/10.2307/1925976.

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A simple test for heteroskedasticity and random coefficient variation. *Econometrica*, v. 47, n. 5, p. 1287–1294, 1979. Disponível em: https://doi.org/10.2307/1911963.

BUSCH, J. et al. Reductions in emissions from deforestation from Indonesia's moratorium. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 112, n. 5, p. 1328–1333, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1073/pnas.1412514112.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). No STF, CNA pede fim da suspensão das ações sobre a moratória da soja. 2026a. https://cnabrasil.org.br/noticias/no-stf-cna-pede-fim-da-suspensao-das-acoes-sobre-a-moratoria-da-soja.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). *Acordo de parceria entre Mercosul e União Europeia*. 2026b. Disponível em: https://www.cnabrasil.org.br/publicacoes/acordo-de-parceria-entre-mercosul-e-uniao-europeia.

COPELAND, B. R.; TAYLOR, M. S. Trade, growth, and the environment. *Journal of Economic Literature*, v. 42, n. 1, p. 7–71, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1257/002205104773558047.

DEFRIES, R. S. et al. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience*, v. 3, n. 3, p. 178–181, 2010.

EUROPEAN COMMISSION. *Regulation on deforestation-free products*. 2026. Disponível em: https://environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation/regulation-deforestation-free-products_en.

EUROPEAN PARLIAMENT. *Redução das emissões de carbono: metas e políticas da UE*. 2025. Disponível em: https://www.europarl.europa.eu/topics/pt/article/20180305STO99003.

FIELD, A. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. 5. ed. London: Sage, 2018.

ALMEIDA, P. W. et al. Um olhar sobre a lei antidesmatamento da União Europeia (EUDR). Fundação Getulio Vargas (FGV), 2024. Disponível em: https://portal.fgv.br/artigos/um-olhar-sobre-lei-antidesmatamento-da-uniao-europeia-eudr-identificando-os-desafios-para-o.

WORLD TRADE ORGANIZATION (WTO). *European Union — certain measures concerning palm oil and oil palm crop-based biofuels (WT/DS593/R)*. 2025. Disponível em: https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/593r_e.pdf.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). *Sistema Gerenciador de Séries Temporais (SGS)*. 2026. Disponível em: https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do.

NATIONAL GEOSPATIAL-INTELLIGENCE AGENCY (NGA). *Maritime Safety Information (MSI)*.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). *Safra de grãos*. 2026. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS (MDIC). *Comex Stat: estatísticas do comércio exterior brasileiro*. 2026. Disponível em: https://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral.

GARDNER, T. A. et al. A social and ecological assessment of tropical land uses at multiple scales: the Sustainable Amazon Network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, v. 368, n. 1619, 2013.

GARRETT, R. D. et al. Criteria for effective zero-deforestation commitments. *Global Environmental Change*, v. 54, p. 135–147, 2019.

GAVEAU, D. L. A. et al. Rapid conversions and avoided deforestation: examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo. *Scientific Reports*, v. 6, p. 32017, 2016.

GIBBS, H. K. et al. Brazil's soy moratorium. *Science*, v. 347, n. 6220, p. 377–378, 2015.

HAIR, J. F. et al. *Multivariate data analysis*. 8. ed. Boston: Cengage, 2018.

HAUSMAN, J. A. Specification tests in econometrics. *Econometrica*, v. 46, n. 6, p. 1251–1271, 1978. Disponível em: https://doi.org/10.2307/1913827.

HEAD, K.; MAYER, T. Gravity equations: workhorse, toolkit, and cookbook. In: GOPINATH, G.; HELPMAN, E.; ROGOFF, K. (org.). *Handbook of international economics*. v. 4. Amsterdam: Elsevier, 2014. p. 131–195. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-444-54314-1.00003-3.

HEILMAYR, R. et al. Brazil's Amazon soy moratorium reduced deforestation. *Nature Food*, v. 1, n. 12, p. 801–810, 2020.

HERTEL, T. W. et al. Effects of US maize ethanol on global land use and greenhouse gas emissions: estimating market-mediated responses. *BioScience*, v. 60, n. 3, p. 223–231, 2010.

JOLLIFFE, I. T.; CADIMA, J. Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v. 374, n. 2065, 2016.

KAISER, H. F. An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, v. 39, n. 1, p. 31–36, 1974.

LIMA, M. I. L. S. *Padrões voluntários de sustentabilidade e a regulação ambiental da União Europeia: governança e desafios na exportação da soja brasileira*. 2024. 216 f. Tese (Doutorado em Direito) – Universidade Católica de Santos, Santos, 2024.

MACEDO, M. N. et al. Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 109, n. 4, p. 1341–1346, 2012.

MAYER, T.; ZIGNAGO, S. *Notes on CEPII's distances measures: the GeoDist database*. Paris: CEPII, 2011. (Working Paper n. 2011-25).

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). *Acordo Mercosul-União Europeia*. 2026. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/relacoes-internacionais/negociacoes-comerciais/acordo-mercosul-uniao-europeia.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Aprovação do acordo Mercosul-União Europeia fortalece compromissos do Brasil. 2026. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/aprovacao-do-acordo-mercosul-uniao-europeia.

MORTON, D. C. et al. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 103, n. 39, p. 14637–14641, 2006.

NEPSTAD, D. C.; STICKLER, C. M.; ALMEIDA, O. T. Globalization of the Amazon soy and beef industries: opportunities for conservation. *Conservation Biology*, v. 20, n. 6, p. 1595–1603, 2006.

NONNENBERG, M. J. B. et al. *Efeitos da lei europeia contra desmatamento sobre as exportações brasileiras*. Rio de Janeiro: IPEA, 2025. (Texto para Discussão n. 3016).

PAIM, M. A. Zero deforestation in the Amazon: the soy moratorium and global forest governance. *Review of European, Comparative & International Environmental Law*, v. 30, n. 2, p. 220–232, 2021.

PIRARD, R. et al. Deforestation-free commitments: the challenge of implementation. *Forest Policy and Economics*, v. 54, p. 105–108, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.forpol.2015.03.006.

PORTER, M. E.; VAN DER LINDE, C. Toward a new conception of the environment–competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, v. 9, n. 4, p. 97–118, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97.

RAUSCH, L. L. et al. Soy expansion in Brazil. *Environmental Research Letters*, v. 14, n. 5, 2019.

RICHARDS, P. et al. Are Brazil's deforesters avoiding detection? *Global Environmental Change*, v. 43, p. 1–12, 2017.

SCHLEIFER, P. *Global shifts: business, politics, and deforestation in a changing world economy*. Cambridge: MIT Press, 2023.

SHAPIRO, J. S. The environmental bias of trade policy. *The Quarterly Journal of Economics*, v. 136, n. 2, p. 831–886, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1093/qje/qjaa046.

SILVA, J. M. C. S.; TENREYRO, S. The log of gravity. *The Review of Economics and Statistics*, v. 88, n. 4, p. 641–658, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1162/rest.88.4.641.

SPERA, S. A. et al. Land-use change affects water recycling in Brazil's agricultural frontier. *Environmental Research Letters*, v. 11, n. 12, 2016.

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL (STF). STF encaminha ações sobre restrições a benefícios por acordos ambientais para solução consensual. 2026. Disponível em: https://noticias.stf.jus.br/postsnoticias/stf-encaminha-acoes.

VALDES, C.; GILLESPIE, J.; DOHLMAN, E. *Soybean production, marketing costs, and export competitiveness in Brazil and the United States*. 2023.

VALDIONES, A. P. et al. Soja e desmatamento ilegal: estado da arte e diretrizes para um protocolo ampliado de grãos em Mato Grosso. Instituto Centro de Vida, 2022.

VASCONCELOS, A. et al. Desmatamento ilegal e exportações brasileiras de soja: o caso de Mato Grosso. Trase; Imaflora; ICV, 2020.

WEINHOLD, D.; KILLICK, E.; REIS, E. J. Soybeans, poverty and inequality in the Brazilian Amazon. *World Development*, v. 52, p. 132–143, 2013.

WENZEL, F. Fim da moratória da soja pode aumentar em 30% o desmatamento da Amazônia. *Mongabay Brasil*, 2026. Disponível em: https://brasil.mongabay.com/2026/02/fim-da-moratoria-da-soja-pode-aumentar-em-30-o-desmatamento-da-amazonia.

WOOLDRIDGE, J. M. *Introductory econometrics: a modern approach*. 7. ed. Boston: Cengage Learning, 2018.

WORLD TRADE ORGANIZATION (WTO). *European Union — certain measures concerning palm oil and oil palm crop-based biofuels (WT/DS593/R)*. 2026. Disponível em: https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/593r_e.pdf.

YOTOV, Y. V. et al. *An advanced guide to trade policy analysis: the structural gravity model*. Geneva: World Trade Organization, 2016.

ZU ERMGASSEN, E. K. H. J. et al. Using supply chain data to monitor zero-deforestation commitments. *Global Environmental Change*, v. 62, p. 102067, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102067.

BRASIL. Advocacia-Geral da União (AGU). AGU defende validade da moratória da soja no STF. 2026. Disponível em: https://www.gov.br/agu/pt-br/comunicacao/noticias/agu-defende-validade-da-moratoria-da-soja-no-stf-1.