O agro entre dois mundos: regulação ambiental e o acesso a mercados

Coordenador (a): Michelle Márcia Viana Martins (UFV)
Apresentadores (as): Michelle Márcia Viana Martins (UFV), Alícia Cechin (Unochapecó), Angélica Massuquetti (UFPel), Rosiani Aparecida Gonçalves Fonseca (ufv)

Justificativa

A regulação ambiental do comércio agrícola passou de tema periférico a condição de acesso a mercados em menos de uma década. O EUDR, o CBAM, a multiplicação de cláusulas ambientais em acordos regionais e a proliferação de medidas notificadas na Base de Dados Ambiental da OMC configuram um cenário em que países exportadores de commodities precisam demonstrar conformidade ambiental para manter posições comerciais. Para a América do Sul, cuja pauta exportadora é concentrada em produtos intensivos em terra, água e carbono, essa mudança tem implicações que atravessam a política comercial, a governança ambiental e a estrutura produtiva subnacional. Esta seção organizada reúne quatro trabalhos que examinam essa interface por ângulos complementares: o mapeamento e a tipologia de políticas ambientais agrícolas em nove países sul-americanos, com análise de sentimento regulatório; a atuação de Brasil e África do Sul na OMC frente a medidas unilaterais de países desenvolvidos; a evolução das cláusulas ambientais no acordo Mercosul-UE à luz do Acordo de Paris; e a quantificação da pegada de carbono e água incorporada nas exportações e no mercado interno do agro brasileiro, com indicadores de troca ecologicamente desigual e vazamento inter-regional. As quatro contribuições dialogam entre si ao conectar a dimensão normativa (que instrumentos existem e como são formulados), a dimensão multilateral (como os países em desenvolvimento negociam espaço regulatório), a dimensão bilateral (como cláusulas ambientais se materializam em acordos comerciais) e a dimensão produtiva (onde se concentram as assimetrias entre carga ambiental e retorno econômico). O conjunto oferece insumos para pesquisadores e formuladores de política interessados em alinhar competitividade exportadora, conformidade ambiental e distribuição territorial dos custos de adaptação.

1. Governança da agricultura sustentável na América do Sul: tipologias de políticas e prontidão comercial

Michelle Márcia Viana Martins

Os países da América do Sul ocupam posição de destaque na oferta global de alimentos, fibras e energia renovável, abrigando alguns dos maiores exportadores mundiais de commodities agrícolas como soja, carne bovina, café e açúcar. Esse perfil agrícola expõe a região a requisitos de sustentabilidade ambiental que os países importadores vêm incorporando à política comercial, como o Regulamento da União Europeia contra o Desmatamento (EUDR), que exige que importadores demonstrem que os produtos não se originam de áreas desmatadas após 2020, e o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM), que estende a precificação de carbono às importações (Conte Grand et al., 2024). Um levantamento da OCDE identificou 130 medidas comerciais vinculadas à sustentabilidade agrícola adotadas por seus membros entre 1997 e 2024, com mais da metade introduzida após 2020 (Frezal e Deuss, 2025). As disposições ambientais em acordos comerciais regionais multiplicaram-se em paralelo, e a base Ag-ERPs da FAO registra que cláusulas ambientais voltadas para agricultura, pesca e florestas cresceram mais de 800% nos acordos firmados entre 2008 e 2022 em comparação com os firmados antes de 2008 (Avesani et al., 2024). Países exportadores latino-americanos manifestaram preocupações no Comitê de Comércio e Meio Ambiente da OMC quanto aos custos de conformidade e à natureza potencialmente discriminatória de exigências unilaterais impostas por parceiros comerciais (TESS, 2024), e para as economias sul-americanas, cujas pautas exportadoras são intensivas em recursos naturais, a adaptação a esses parâmetros ambientais tornou-se condição para a manutenção do acesso a mercados.

A interface entre comércio, meio ambiente e desenvolvimento sustentável está consolidada no sistema multilateral desde a Rodada Uruguai, que em 1994 incorporou referências à sustentabilidade no preâmbulo do Acordo de Marrakesh. O Comitê de Comércio e Meio Ambiente (CTE), criado em 1995 no âmbito da OMC, e a Base de Dados Ambiental (EDB) da organização compilam notificações relacionadas ao meio ambiente, permitindo acompanhar a proliferação de medidas ambientais vinculadas ao comércio (Santeramo, 2022). A literatura indica que tais iniciativas, embora variadas em escopo e grau de obrigatoriedade, tornaram-se instrumentos para vincular metas ambientais a estratégias de acesso a mercados, particularmente em setores intensivos em recursos naturais (Bellelli e Xu, 2024). Nonnenberg et al. (2025) apontam que a exposição agregada do Brasil ao CBAM e à EUDR é relativamente baixa, em torno de 0,5% das exportações totais no cenário mais restritivo, mas os efeitos setoriais sobre cadeias como carne, soja e café são mais expressivos.

Este estudo mapeia e analisa políticas ambientais aplicadas ao setor agrícola na Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Paraguai, Peru e Uruguai entre 2010 e 2024, com três objetivos: identificar e classificar os instrumentos econômicos presentes nas regulações ambientais nacionais que estimulam a agricultura sustentável; avaliar o tom regulatório dessas políticas por meio de análise de sentimento; e discutir a capacidade desses marcos regulatórios de responder às exigências do comércio internacional. A base FAOLEX forneceu 59.772 atos normativos do conjunto de dados Meio Ambiente e Ecossistemas, dos quais se extraíram 3.750 documentos em PDF após filtragem por metadados para os nove países, restrição temporal ao período 2010-2024 e limitação a atos relacionados à agricultura. Os textos completos foram extraídos pela biblioteca pdftools do R, tokenizados e normalizados em letras minúsculas. A classificação temática utilizou um dicionário trilíngue (português, espanhol, inglês) estruturado ad hoc, cobrindo quatro classes de instrumentos de política ambiental, e o sentimento médio foi calculado pelo pacote sentimentr, que ajusta a polaridade

palavra a palavra considerando negações e intensificadores. Um escore positivo indica predomínio de vocabulário promocional e orientado a benefícios, enquanto um escore negativo reflete dependência de linguagem restritiva e centrada em obrigações. Com base em um segundo dicionário trilíngue, os documentos foram também rotulados como restritivos, promocionais ou tecnológicos conforme a categoria cujos termos apareceram com maior frequência.

A tipologia proposta organiza os instrumentos em quatro classes. A primeira compreende instrumentos de comando e controle (CC), ancorados na dissuasão regulatória, pelos quais o Estado estabelece padrões de conduta legalmente obrigatórios, define a unidade geográfica ou setorial de aplicação e cria sistemas de monitoramento e sanção, categoria que inclui legislações florestais e de uso do solo com cotas obrigatórias de manutenção de vegetação nativa e cadastros georreferenciados, moratórias e compromissos setoriais privados que assumem caráter quase regulatório ao serem internalizados nas políticas de compra das grandes tradings (Gibbs et al., 2015), além de proibições ou restrições a insumos agroquímicos por meio das Convenções de Roterdã e Estocolmo. A segunda classe consiste em instrumentos econômicos fundados na lógica pigouviana de internalização de externalidades via preços, incluindo taxas climáticas sobre o conteúdo de carbono ou emissões diretas, créditos verdes condicionados que operam na lógica de incentivo versus penalidade (Kedward et al., 2024) e pagamentos por serviços ambientais (PSA) que remuneram práticas geradoras de benefícios difusos não apropriáveis individualmente. Simulações baseadas em cenários de recuperação de pastagens degradadas sob crédito orientado no Brasil estimam ganhos sociais de R$ 80,5 bilhões e redução de 1,3 Gt CO2eq (Gianetti e Souza Ferreira Filho, 2024), o que ilustra o potencial dos instrumentos econômicos quando articulados com metas de baixo carbono.

A terceira classe abrange instrumentos de promoção tecnológica e inovação destinados a romper a dependência de trajetória na produção agrícola, compreendendo programas de bioinsumos, planos de agricultura de baixo carbono que integram pacotes de plantio direto, fixação biológica de nitrogênio e sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), além de programas de digitalização agropecuária. No Brasil, o projeto ILPF da Embrapa demonstra capacidade de sequestrar entre 0,5 e 2,0 toneladas de CO2eq por hectare ao ano (Nobre e Oliveira, 2018), enquanto a combinação de mitigação, adaptação e produtividade torna esses programas particularmente relevantes para conciliar metas das NDCs com segurança alimentar. A quarta classe trata da integração comércio-ambiente, abrangendo cláusulas ambientais em acordos comerciais, padrões voluntários de sustentabilidade (VSS) e verificação digital de origem por rastreabilidade satelital, blockchain e IoT (Kamilaris et al., 2019). Lee e Ignaciuk (2025) demonstram que a combinação de instrumentos CC com programas de inovação e incentivos econômicos apresenta potencial de redução de emissões superior ao de qualquer categoria isolada, e a literatura sobre governança policêntrica sugere que a harmonização de critérios entre normas públicas, privadas e híbridas melhora a previsibilidade de conformidade e reduz custos de transação (Ostrom, 2010).

O Brasil lidera em números absolutos com 509 documentos (24,2%), seguido pelo Peru com 452 (21,5%), Colômbia (334, 15,9%) e Equador (272, 12,9%), enquanto Argentina, Chile, Paraguai, Bolívia e Uruguai completam a amostra com volumes menores. A dinâmica temporal da produção normativa atingiu o pico entre 2010 e 2015, quando mais de um quarto das medidas foram publicadas, e desacelerou nos anos subsequentes, embora se observe mudança lenta mas contínua na composição, com a participação das medidas CC se reduzindo proporcionalmente, o que sugere que os países andinos em particular diversificaram seus portfólios de instrumentos. O predomínio de instrumentos CC (66,1% do total) é coerente com a tradição jurídica sul-americana, influenciada por códigos de uso do solo, legislação florestal e regimes de autorização administrativa. O Brasil apresenta o caso mais equilibrado, pois 355 atos de

comando coexistem com volume idêntico de medidas de inovação e promoção e com 46 instrumentos de incentivo, refletindo a maturidade de programas como o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (ABC/ABC+), as linhas de crédito verde do Sistema Nacional de Crédito Rural e as iniciativas de PSA sob a Lei da Mata Atlântica. Os mecanismos que integram comércio e meio ambiente somam apenas 109 documentos (3,9%), e sua concentração no Brasil e na Colômbia sugere que a maioria dos países ainda não internalizou a convergência regulatória demandada pelos compradores internacionais.

A análise de sentimento revela que a estratégia regulatória dominante produz escores de polaridade negativos, refletindo o teor das medidas restritivas, mas o Brasil constitui caso distinto, com positividade elevada (média de 0,72 para inovação e 0,68 para políticas CC), o que decorre do equilíbrio entre CC, incentivo e inovação, pois quando os textos tratam de inovação, as confirmações de benefícios pretendidos contrabalançam o vocabulário restritivo dos padrões obrigatórios. O Chile apresenta padrão de cautela, com polaridade negativa mesmo em instrumentos de incentivo, possivelmente porque as linhas de crédito ambiental identificadas são acompanhadas de instruções estritas de conformidade e exigências de relatórios anuais. A inversão de sinal no Peru e no Uruguai revela realidade distinta, pois em ambos os casos o núcleo normativo ancorado em zonas-tampão ambientais e requisitos de manejo de recursos naturais adota linguagem mais restritiva, empurrando as médias para abaixo de zero. A proporção de documentos classificados por tom regulatório confirma esses padrões, com o tom restritivo ultrapassando 70% dos documentos na maioria dos países, as medidas promocionais alcançando no máximo 29% no Brasil e o tom tecnológico atingindo maior relevância no Uruguai com cerca de 37% do total de regulações.

A evolução temporal mostra trajetória ascendente no Brasil desde 2010, com saltos positivos em 2015 e 2016 que coincidem com o Acordo de Paris e a expansão dos programas de agricultura de baixo carbono, e novo crescimento a partir de 2022 com a renovação de compromissos climáticos. O Equador exibe pequenos ciclos de positividade em 2014 e 2019, alinhados a decretos sobre PSA e adaptações da Estratégia Nacional de Biodiversidade, mas recua em 2021 e volta a crescer em 2024. O contraste geral sustenta a tese de que o tom não decorre apenas de quantas leis cada país publica, mas de como o texto é articulado para legitimar a política, de modo que quando as justificativas recorrem a ganhos de produtividade, acesso a mercados ou inovação, o escore se desloca para o campo positivo.

A América do Sul possui arcabouço regulatório ambiental agrícola numeroso, marcado por desigualdades entre países quanto aos instrumentos mais aplicados, e embora as medidas CC dominem o panorama, a combinação dessas normas com incentivos financeiros e agendas tecnológicas altera o tom regulatório, como demonstrado pelo caso brasileiro. A baixa incidência de instrumentos que articulam comércio e meio ambiente (4% dos atos analisados) constitui lacuna que merece atenção, dado que parceiros comerciais vêm condicionando o acesso a mercados a demonstrações de conformidade ambiental. A diversidade de políticas se relaciona com maior resiliência discursiva, de modo que textos combinando metas obrigatórias, programas de promoção e incentivos econômicos empregam linguagem de oportunidade em vez de proibição, o que pode facilitar a aceitação social e a adoção voluntária pelos produtores. A ausência de taxonomias verdes harmonizadas representa outro desafio para o comércio regional, pois diferentes países adotam critérios distintos para definir práticas agrícolas sustentáveis, criando confusão para exportadores que operam em múltiplos mercados. Para que a América do Sul mantenha sua posição no comércio agrícola global, as políticas ambientais precisam avançar rumo a abordagens que alinhem produção, conservação e objetivos comerciais, fortalecendo sistemas de monitoramento, reporte e verificação (MRV), harmonizando taxonomias verdes na região, diversificando fontes de financiamento por meio de títulos verdes e parcerias de financiamento misto, e garantindo que os custos de

conformidade não recaiam desproporcionalmente sobre a agricultura familiar, que representa parcela expressiva da produção alimentar da região.

Referências

Avesani, C., Dervisholli, E., Schéré, E. e Solórzano López, J. D. (2024). Ag-ERPs database: A novel repository of environment-related provisions for agriculture, fisheries and forestry in regional trade agreements. FAO.

Bellelli, F. S. e Xu, A. (2024). The impact of environmental measures on trade and innovation: Evidence from the WTO Environmental Database. Environmental and Resource Economics, 87, 2629-2682.

Conte Grand, M., Schulz-Antipa, P. e Rozenberg, J. (2024). Potential exposure and vulnerability to broader climate-related trade regulations: An illustration for LAC countries. Environment, Development and Sustainability.

Frezal, C. e Deuss, A. (2025). Trade-related measures linked to the environmental sustainability of agriculture: A stocktake and typology. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, n. 216.

Gianetti, G. W. e Souza Ferreira Filho, J. B. (2024). Pasture recovery, emissions, and the Brazilian Paris Agreement commitments. Land Use Policy, 141, 107118.

Gibbs, H. K., Rausch, L., Munger, J., Schelly, I., Morton, D. C., Noojipady, P. e Walker, N. F. (2015). Brazil's soy moratorium. Science, 347(6220), 377-378.

Kamilaris, A., Fonts, A. e Prenafeta-Boldú, F. X. (2019). The rise of blockchain technology in agriculture and food supply chains. Trends in Food Science & Technology, 91, 640-652.

Kedward, K., Gabor, D. e Ryan-Collins, J. (2024). Carrots with(out) sticks: Credit policy and the limits of green central banking. Review of International Political Economy, 31(5), 1593-1617.

Lee, L. e Ignaciuk, A. (2025). Mitigating climate change in the agriculture, forestry and other land-use sectors: A literature review on policy effectiveness. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers.

Nobre, M. M. e Oliveira, I. R. (2018). Agricultura de baixo carbono: Tecnologias e estratégias de implantação. Embrapa.

Nonnenberg, M. J. B., Martins, M. M. V., Cechin, A., Vianna, R. D. S., Cruz, C. C. P., Silva, F. A. e Santos, F. (2025). Efeitos da lei europeia contra desmatamento sobre as exportações brasileiras. IPEA.

Ostrom, E. (2010). Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change. Global Environmental Change, 20(4), 550-557.

Santeramo, F. G. (2022). Trade and environment policies: Synergies and rivalries. IATRC Policy Brief n. 2022-11.

TESS, Forum on Trade, Environment and the SDGs (2024). Trade and environment at the World Trade Organization: State of play and entry points. Geneva Graduate Institute.

2. Strengthening the multilateral trade system for green growth and development: South Africa and Brazil within the WTO

Alicia Cechin

As global concerns about environmental protection grow, nations are implementeing policies to achieve sustainability goals. This is reflected not only in their national plans, but in the trade policies that affect the dynamics of international trade. For instance, the European Union's unilateral policies, such as the European Union Deforestation Regulation (EUDR) and the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), affect trade due to stringent and inflexible UE standards that foreign companies must adopt to maintain access to the European market. In the environmental context, the measures are non-negotiable and require full compliance from all trading partners; and the indivisibility of its standards (Bradford, 2020).

Similarly, the Inflation Reduction Act (IRA), passed in the United States (U.S.) in 2022, is a comprehensive legislation aimed at reducing inflation through investments in clean energy, healthcare, and cost control for medications. A key focus of the IRA is the promotion of sustainable technologies and energy, with tax incentives for the production and use of clean energy. The IRA affects international trade by subsidizing domestic renewable energy industries and electric vehicles, creating a competitive advantage for U.S. companies in these sectors. This market distortion may lead to disguised protectionism and could trigger trade disputes with exporting countries.

The environmental measures often differ between developed countries (DCs) and developing countries (DCCs), particularly impacting the latter when exporting to the DCs, as these measures are often perceived as barriers to trade. Brazil has been a key player in multilateral discussions on the intersection of environmental issues and international trade, particularly within the World Trade Organization (WTO) framework. The country actively engages in the Committee on Trade and Environment (CTE) and in related committees such as Agriculture, Sanitary and Phytosanitary Measures (SPS) and Technical Barriers to Trade (TBT). Brazil has consistently emphasized the need to balance environmental commitments with economic growth, especially for DCCs. Its proactive stance in these discussions, highlighted by participation in the Trade and Environmental Sustainability Structured Discussions (TESSD), reflects Brazil's commitment to shaping a global trading system that protects the environment and supports sustainable development.

Along the same lines, South Africa has also consistently reiterated the importance of balancing environmental commitments with economic growth, particularly in the context of developing countries. Through its participation in WTO discussions, South Africa has expressed concerns about the growing trend of using unilateral trade measures to achieve environmental and climate objectives, which often have extraterritorial impacts. The African Group SACU (Southern African Customs Union), which South Africa is part of, has highlighted the risks that such measures pose to the exports of developing and least developed countries, potentially undermining their competitiveness in global markets. The objective of this paper is to analyze the positions and strategies of Brazil and South Africa within the WTO and other international forums, to explore the broader implications of environmental policies on global trade dynamics and sustainable development efforts.

Using environment-related notifications for analysis (EDB WTO, 2024), we found that most policies and regulations focus on the agricultural, manufacturing and chemicals sectors. When dividing the data by development level, the type of policy varies across sectors and trade regulations (Table 1). In DCs, most policies involve subsidies and direct payments to promote agriculture as well as alternative and renewable energy, the latter being a focus in these

countries' national environmental policies. Additionally, there are policies related to technical specifications in the chemicals sector, addressing safety for consumers and the environment, as well as in the forestry sector, focusing on legal trade and environmental certification. DCCs primarily notified policies concerning technical specifications and import licenses for sectors that require stricter safety standards, such as chemicals and manufacturing. These policies are more directly tied to trade control, through import licenses, and do not necessarily approach key sectors to development in these countries, such as the agricultural sector.

Table 1. Environment-related notifications by type of policy across different sectors and trade regulations.

Source of notification	Trade policy	Agriculture	Chemicals	Manufacturing	Energy	Others
Developed countries	Grants and direct payments	2,453	27	572	1,163	2,798
	Technical regulation or specifications	662	1,344	1,358	150	567
	Others	3,212	1,715	1,792	1,466	5,284
Developing countries	Technical regulation or specifications	1,259	1,108	2,220	139	721
	Import licences	396	1,082	448	92	1,700
	Others	3,841	1,784	1,920	525	4,345
Brazil	Technical regulation or specifications	313	307	104	3	20
	Conformity assessment procedures	12	6	46	2	6
	Others	60	14	12	5	59
South Africa	Technical regulation or specifications	8	2	19	0	9
	Non-monetary support	30	0	0	0	0
	Others	22	5	4	1	8

Source: Own elaboration with WTO Environmental Database.

According to the IPCC (2023), in 2019, approximately 79% of global GHG emissions originated from energy, industry, transportation and buildings sectors, while 22% came from agriculture, forestry, and other land uses (LULUCF - Land Use, Land-Use Change, and Forestry). Additionally, about 35% of the world's population lives in countries that emit more than 9 tCO2-eq per capita (excluding CO2-LULUCF), while 41% live in countries that emit less than 3 tCO2-eq per capita; among these, a substantial portion lacks access to modern energy services. The top 10% of households with the highest per capita emissions contribute 34-45% of global consumption-based GHG emissions, while the poorest 50% contribute only 13-15%. This disparity underscores the need for climate justice, ensuring that the countries and populations least responsible for emissions are not disproportionately affected by climate change, mainly through trade policies.

This is particularly relevant because, in international trade terms, DCs tend to have stricter environmental regulations, which negatively affect the exports of DCCs. These countries struggle to meet these demands due to financial and institutional limitations that hinder the enforcement of more stringent laws. Two examples of how trade policies from DCs can impact DCCs' exports are the unilateral European Union regulations: the EU Deforestation Regulation (EUDR) and the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM). The EUDR, an anti-deforestation policy, requires companies to ensure that the products they place on the EU market do not contribute to deforestation. This regulation directly affects Brazil's agricultural exports, particularly in sectors like soy and beef production. These industries have historically been linked to deforestation, and the EUDR imposes stringent due diligence requirements on exporters, potentially leading to increased costs and reduced market access for Brazilian producers who struggle to comply with these regulations.

Similarly, the CBAM is a policy designed to impose a carbon price on imports of goods like cement, steel, aluminum, and fertilizers, equivalent to what EU producers pay under the EU Emissions Trading System (ETS). This mechanism affects South Africa's exports,

especially in energy-intensive sectors like steel production. The additional costs imposed by the CBAM can make South African exports less competitive in the EU market. While the EUDR and the CBAM are instrumental in helping the UE achieve their national carbon neutrality goals, they often place additional burdens on DCCs and they do not necessarily support these countries in achieving their own national sustainability goals. Instead, they reinforce the limited finance and technical capacity of DCCs, by increasing the cost of compliance and limiting market access, hindering the progress towards their environmental objectives.

Suppose countries like Brazil and South Africa lack sufficient financial support, technical assistance, and innovation to transform their production practices. In that case, they will be less equipped to address issues such as climate justice, climate-induced migration, and access to clean energy. The principle of common but differentiated responsibilities (CBDR) in international environmental law emphasizes that environmental protection is a shared responsibility of all nations, but recognizes that DCs are better equipped to support DCCs in their pursuit of sustainable development. In this context, financing for environmental conservation and support for enhancing the trade competitiveness of DCCs are important strategies, particularly in scenarios where DCs provide subsidies to their industries.

Data from Official Development Assistance (ODA) indicates that while there has been an overall increase in financial support from DCs, multilateral organizations, and financial institutions to DCCs, the funding directed specifically to Brazil and South Africa has not followed this trend. On average, Brazil received just 2% of the total ODA financing, and South Africa's share was even lower, at around 1%. ODA data also allow notice of the tendency of projects aimed at RIO markers, which involves funds for environmental conservation, climate adaptation, climate mitigation and desertification; and initiatives intended to support trade, particularly in enhancing competitiveness and compliance with trade barriers. The recommendation is clear: for developing countries to meet their climate goals, there needs to be a significant increase in financial support, including public and private investments, along with enhanced technology transfer and capacity-building efforts, facilitated by stronger international cooperation.

Brazil has been an important player on multilateral discussions concerning environmental issues and their relation to international trade, especially those conducted on the Committee on Trade and Environment (CTE) of the World Trade Organization (WTO), but also on other committees that intersects with environmental matters, like Agriculture, Sanitary and Phitosanitary Measures (SPS) and Technical Barriers to Trade (TBT). Most recently, the country adhered to the Trade and Environmental Sustainability Structured Discussions (TESSD), an initiative launched by some WTO members in 2020 intended to complement the work of the CTE and other relevant WTO bodies, envisaging a global trading system that protects and preserves the environment in accordance with sustainable development. It highlights the Brazilian wish to have a firm stance and a decisive role on multilateral discussions regarding environmental rules and norms that impact not only trade but socio-economic development perspectives.

In recent years, this strategy did not change, but, with climate change and environmental concerns becoming a trending topic in national and international policy-making, beside the rising tide of protectionism in countries central to the international trade system, Brazil has been adopting a more proactive stance in trade and environment discussions – though it continued to be focused on the agricultural sector. In a joint Communication delivered to the CTE and to the Committee on Agriculture in 2021, Brazil presented “Principles and Values of the Region Regarding the Production of Food within the Framework of Sustainable Development” (G/AG/GEN/187, WT/CTE/GEN/24). Finally, still in this document, Brazil also highlighted the importance of initiatives such as the Global Biofuels Alliance, launched in 2023, to

accelerate the global energy transition. The country proposed that biofuels be promoted as a viable solution to reduce carbon emissions and create economic opportunities for rural communities, especially in developing countries.

In reviewing some of the documents submitted to the WTO, South Africa has consistently reiterated the importance of balancing environmental commitments with economic growth, particularly in developing countries. The following are the main points concerning this issue. On February 2, 2024, the Committee on Trade and Environment (CTE) released the report from the meeting held on November 13, 14, and 16, 2023 (WTO/AIR/CTE/22; WTO/AIR/CTE/22/Rev.1), which addresses environmental and climate issues, technology, protectionist measures, and the concerns of emerging countries regarding environmental measures.

The African Group presented a study commissioned by the African Foundation on July 13, 2023, which measured the potential impact of CBAM based on different scenarios for the carbon price per tonne. The results show that even in the mildest scenario with the most limited impact, Africa would be negatively affected by the CBAM, with exports to the EU decreasing by 4% in total, where the African Group would be more affected than any of the other major economies analysed. They also highlight that even at 40 euros per tonne, the CBAM will substantially increase EU import tariff revenues, but will have little impact on overall CO2 emissions. With a higher carbon price and more extensive product coverage, Africa's exports to the EU would decrease by 5.75%. One of the most affected African countries would be Mozambique, where cast aluminum is an important export product. According to the Center for Global Development, CBAM duties on its aluminum exports could reduce its GDP by 1.5%. This places a huge disproportionate responsibility on a continent that is among the least responsible for greenhouse gas emissions but among the most affected by climate change.

Another point highlighted in the document is that environmental concerns also run the risk of being used as a justification for the implementation of technical barriers to trade (TBT), further limiting market access for developing countries, including least developed countries. Furthermore, attempts to recategorize agricultural subsidies in the context of agricultural reform negotiations only perpetuate imbalances in global agricultural trade. They state that any environmental tariff and non-tariff barriers should be subject to multilateral discussions and agreements and not to unilateral, arbitrary or discriminatory environmental measures.

They also consider that the CBDR-RC (Common but Differentiated Responsibilities and Respective Capabilities) principle recognizes that each country must assume responsibilities and recognizes the different capacities and different responsibilities of each country in addressing climate change, and that developed countries should assume primary responsibilities, since they have contributed to the largest proportion of historical and current greenhouse gas emissions. Countries can only mitigate after the necessary adaptation; therefore, adequate financing for adaptation must be provided. In this regard, the African Group in a document of 3 July 2023, proposes that discussions on the role of WTO rules on climate-resilient technologies in the context of climate change mitigation and adaptation begin as soon as possible in the Committee on Trade and Environment.

According to the African Development Bank (2022), Africa is the least climate-resilient global region, characterized by high vulnerability and inadequate preparedness for climate change. This vulnerability is largely attributed to its desert and semi-desert climate zones, low levels of socioeconomic development, and lack of technological capacity and financing for climate adaptation. Additionally, the scarcity of rivers and water bodies contributes to serious risks of shortages and presents a large water deficit. Additional environmental problems include air and water pollution, soil and water contamination due to the use of agricultural pesticides,

acid rain, and widespread erosion. The threat of desertification is a constant concern for the African continent, including South Africa.

In the case of Brazil, there are some environmental problems similar to those in South Africa, such as water and air pollution, soil degradation, and soil and water contamination due to the use of pesticides. However, one of the biggest problems, if not the biggest, is the issue of deforestation. Deforestation is one of the main causes of greenhouse gas emissions, loss of biodiversity, and threats to rural livelihoods. Deforestation in Brazil showed significant fluctuations during the data collection period carried out by the Satellite Monitoring Project for Deforestation in the Legal Amazon (Prodes). The years with declines can be explained by the various programs implemented by the Brazilian government, such as the PPCDAm and the implementation of the New Forest Code. However, it is worth noting that between 1988 and 2022, Brazil deforested 306,369,950 hectares, with the largest amounts occurring in the Amazon and Cerrado biomes.

Another point to be raised is the composition of the export agenda of the two countries under analysis. There is a movement in international trade, mainly in the European Union, when recognizing the environmental effects of deforestation as well as the issues of mitigating climate change when creating two environmental policies. The European Union Anti-Deforestation Law (EUDR) takes into account the production chain of seven products, namely: cocoa, coffee, palm oil, rubber, soybeans and timber. And the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), which aims to avoid the risk of carbon leakage, covers electricity generation and energy-intensive industries, such as cement, steel, aluminum, oil refining, paper, glass, chemicals and fertilizer production. This analysis provides an overview of the environmental and trade policies of Brazil and South Africa, focusing on their current challenges within the global regulatory landscape. It outlines how both countries have evolved their policies in response to international pressures and the need to balance economic growth with environmental sustainability. It highlights the influence of international agreements, such as the Paris Agreement, and regional commitments on shaping these strategies, revealing the complexities that developing nations face in balancing economic and environmental priorities.

Referências

African Development Bank Group. (2022). *African Economic Outlook, 2022*. Disponível em: https://www.afdb.org/en/documents/african-economic-outlook-2022-highlights. Acesso em 12 de junho de 2023.

Bradford, A. (2020). The Brussels effect: How the European Union rules the world. Oxford University Press, USA.

EDB WTO. (2024). *Environmental Database*. World Trade Organization. https://edb.wto.org/ (Accessed 16 August 2024).

World Trade Organization. (2024b). *Environmental Database*. https://edb.wto.org/. Accessed 16 August 2024.

3. Comércio internacional e agenda ambiental: uma análise do Acordo Mercosul-UE

Angélica Massuquetti

A crescente importância da agenda ambiental no comércio internacional abre caminho para uma análise aprofundada sobre os principais agentes envolvidos e as dinâmicas de pressão exercidas nesse cenário. A transição para práticas comerciais sustentáveis revela um complexo jogo de influências, no qual nações desenvolvidas e em desenvolvimento enfrentam desafios distintos. Enquanto as primeiras dispõem de mais recursos para se adaptar às novas exigências, os países em desenvolvimento buscam equilibrar o crescimento econômico com as restrições ambientais globais. Esse panorama destaca o papel crucial de organizações internacionais, empresas multinacionais e grupos ativistas, cada qual com agendas próprias e capacidade de influenciar políticas globais.

No âmbito internacional, a Organização das Nações Unidas (ONU) atua como o principal fórum de debate, especialmente por meio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Um marco fundamental desse processo foi a 3ª Conferência das Partes, em 1997, onde se adotou o Protocolo de Kyoto, estabelecendo metas obrigatórias para a União Europeia (UE) e 37 países desenvolvidos. Anos depois, o regime climático foi atualizado com o Acordo de Paris, que hoje conta com 194 partes, engajando tanto nações desenvolvidas quanto em desenvolvimento. Outras instituições, como o Banco Mundial, financiam projetos estruturados sob o pilar do desenvolvimento sustentável. Paralelamente, a Organização Mundial do Comércio (OMC) - cujas raízes remontam ao *General Agreement on Tariffs and Trade* (GATT) de 1947 - consolidou a temática ambiental em sua agenda de negociações a partir da Rodada Uruguai (1986-1994).

As mudanças climáticas e suas consequências sistêmicas ressaltam a necessidade de políticas ambientais integradas. Tais fenômenos não apenas afetam a vida humana e a infraestrutura, mas impactam a economia global ao elevar custos governamentais e interromper cadeias de suprimentos. Essa relevância reflete-se na evolução dos tratados internacionais, como o acordo de livre comércio entre o Mercado Comum do Sul (Mercosul) e a UE, que passou a incorporar cláusulas ambientais fundamentais.

Mercosul e UE mantêm uma longa relação comercial e diplomática, debatendo a criação de uma área de livre comércio há mais de duas décadas. Recentemente, o diálogo ganhou novo vigor com a estruturação de um acordo que inclui um capítulo específico sobre comércio e desenvolvimento sustentável. Esse dispositivo estabelece direitos e obrigações relativos ao cumprimento das metas de redução de Gases de Efeito Estufa (GEE) e outros temas ambientais sensíveis.

O presente estudo explora essa interseção entre comércio e sustentabilidade por meio de uma revisão sistemática. O objetivo é responder à seguinte questão: Como evoluíram os acordos comerciais entre Mercosul e UE à luz da adesão de ambos os blocos ao Acordo de Paris? A relevância do tema reside em seu impacto direto sobre empresas e cidadãos, posicionando-se como um tópico central da economia contemporânea. A pesquisa justifica-se pela oportunidade de sintetizar as análises de pesquisadores globais em tempo real, oferecendo aos agentes políticos e econômicos uma visão estratégica sobre as transformações dos acordos comerciais no pós-Paris.

Além da revisão sistemática, o estudo delineou a evolução dos acordos ambientais nos últimos 30 anos, destacando o aumento do engajamento global até a consolidação do Acordo de Paris. Paralelamente, realizou-se uma reconstrução histórica dos acordos comerciais para identificar as principais preocupações dos blocos envolvidos. Essa base comparativa permitiu

avaliar o progresso (ou a estagnação) das discussões e a efetivação de medidas de mitigação das mudanças climáticas antropogênicas.

As pesquisas avaliadas concentraram-se nos setores com maior participação nas emissões atuais e nos impactos decorrentes das políticas de mitigação. Analisou-se, ainda, a inclusão de cláusulas de proteção ambiental em acordos comerciais, buscando mensurar os riscos assumidos por cada signatário. O debate acadêmico perpassa a viabilidade das metas de Paris e as consequências econômicas para países em desenvolvimento que buscam enquadrar-se a tais exigências. Por fim, emergiu a discussão sobre a responsabilidade comum, porém diferenciada: o impacto de ações unilaterais, as metodologias de cálculo de emissões e como essas métricas evidenciam as disparidades entre nações desenvolvidas e em desenvolvimento.

É consenso entre os autores a necessidade de uma política global que integre responsabilidades distintas e ações efetivas. Reconhece-se o protagonismo da UE, que adota políticas vinculativas e punitivas sobre emissões de GEE, em contraste com o Acordo de Paris, que atua predominantemente como um fórum de coordenação para iniciativas nacionais voluntárias.

Conclui-se que o debate não deve mais se limitar às vantagens ou desvantagens de vincular pautas ambientais ao comércio, nem ao impacto econômico imediato dessas medidas. Partindo da premissa de que a mitigação de emissões é uma necessidade dada, o foco científico deve deslocar-se para a mensuração prática: o volume de investimento necessário para a transição setorial "verde"; o cronograma dessa mudança; os impactos no mercado de trabalho (criação e extinção de postos); e as formas específicas de contribuição de cada país.

A análise global do cenário suscita questões críticas que permanecem em aberto:

- Como sensibilizar tomadores de decisão para uma política de mitigação global em um contexto de conflitos armados e multilateralismo fragilizado?
- Como convencer agentes econômicos a investirem em alternativas aos combustíveis fósseis sem a garantia de lucro imediato?
- Se a solução exigir a redução da produção, do consumo e do fluxo comercial, como a sociedade lidará com essa nova perspectiva?
- Seria esse cenário de retração econômica mais gravoso do que as consequências climáticas, que já comprometem a capacidade produtiva de diversas regiões?

Essas lacunas demandam atenção em estudos futuros. Para enriquecer o campo, sugere-se a formação de grupos de pesquisa multidisciplinares que integrem economia, ciência política, relações internacionais, biologia, geografia e ciência de dados. Adicionalmente, dada a evolução tecnológica, o uso integral de Inteligência Artificial (IA) para o mapeamento e análise de grandes bases de dados seria de valor inestimável para futuras revisões e meta-análises.

Referências

African Development Bank Group (2022). African Economic Outlook, 2022. Disponível em: https://www.afdb.org/en/documents/african-economic-outlook-2022-highlights.

Bas Vilizzio, M. (2019). Acuerdo Mercosur-Unión Europea: sombras y ausencia de la solución de controversias inversor-Estado. Documentos de Trabajo, n. 21 (2ª época). Fundación Carolina.

Bradford, A. (2020). The Brussels effect: How the European Union rules the world. Oxford University Press.

Brasil (2019). Capítulo 16 Comércio e Desenvolvimento Sustentável. Acordo de Associação UE-Mercosul. Disponível em: https://www.gov.br/siscomex/pt-br/acordos-comerciais/mercosul-uniao-europeia.

Cetkovic, J., Slobodanlakic, A. Z., Zarkovic, M. e Vujadinovic, R. (2021). Economic analysis of measures for GHG emission reduction. Sustainability, 13(4), 1712.

Clora, F. e Wusheng, Y. (2022). GHG emissions, trade balance, and carbon leakage: Insights from modeling thirty-one European decarbonization pathways towards 2050. Energy Economics, 113.

Echaide, J. (2022). Environmental impacts of the agreement between the European Union and Mercosur. Novos Estudos Jurídicos, 27(1), 166.

EDB WTO (2024). Environmental Database. World Trade Organization. https://edb.wto.org/.

European Commission (2019). The EU-Mercosur agreement explained. Disponível em: https://policy.trade.ec.europa.eu/eu-trade-relationships-country-and-region/countries-and-regions/mercosur/eu-mercosur-agreement/agreement-explained_en.

Fezzigna, P., Borghesi, S. e Caro, D. (2019). Revising emission responsibilities through consumption-based accounting: A European and post-Brexit perspective. Sustainability, 11(2), 488.

Gabnai, Z. (2022). Development of the European Union's environmental policy and its measures for climate protection: A review. APSTRACT: Applied Studies in Agribusiness and Commerce, 15(1).

Galvão, M. C. B. e Ricarte, I. L. M. (2019). Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. Logeion: Filosofia da Informação, 6(1), 57-73.

Heras, B. P. (2023). European Union and New Zealand Free Trade Agreement: Promoting a global climate agenda. Araucaria, 25(54), 69-88.

IPCC (2022). Sixth Assessment Report, Mitigation of Climate Change. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/.

Jiang, X., Peters, G. P. e Green, C. (2019). Global rules mask the mitigation challenge facing developing countries. Earth's Future, 7(4), 428-432.

Jurafsky, D. e Martin, J. (2023). Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition. 3ª ed. (draft).

Le, T. H., Chang, Y. e Park, D. (2016). Trade openness and environmental quality: International evidence. Energy Policy, 92, 45-55.

Lucke, F. (2021). Principled pragmatism in climate policy? The EU and changing practices of climate justice. Political Geography, 86.

Lumkowsky, M., Emily, K., Carlton, D. e Victor, A. (2023). Determining the willingness to link climate and trade policy. Climatic Change, 176(10), 133.

Marhold, A. A. (2019). Externalising Europe's energy policy in EU free trade agreements: A cognitive dissonance between promoting sustainable development and ensuring security of supply? Europe and the World, 3(1).

Mercosul (2026). Mercado Comum do Sul. Disponível em: https://www.mercosur.int/pt-br/.

Milani, C. R. S. e Chaves, L. N. (2022). How and why European and Chinese pro-climate leadership may be challenged by their strategic economic interests in Brazil. Asia Europe Journal, 20(4), 403-422.

Moreira, J. (2023). Uma análise dos standards ambientais no acordo de comércio livre União Europeia-Mercosul: as incertezas do futuro. Debater a Europa, 26/27, 15-39.

Nakanishi, Y. (2020). Climate change and environmental issues in the economic partnership agreement and the strategic partnership agreement between the European Union and Japan. Hitotsubashi Journal of Law and Politics, 48, 9-21.

Page, M. J., Moher, B. P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C. e Mulrow, C. D. (2021). PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. BMJ, 372, 160.

Rotko, J. (2019). The future of conventional coal plants in the light of the international law and the European law. Krytyka Prawa, 11(4), 326-348.

UNFCCC (2026). United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponível em: https://unfccc.int/kyoto_protocol.

United Nations (2025). Climate Action. Disponível em: https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change.

Viola, E. (2002). O regime internacional de mudança climática e o Brasil. Revista Brasileira de Ciências Sociais, 17(50), 25-46.

Viola, E. (2010). A dinâmica das potências climáticas e o Acordo de Copenhague. Boletim da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, edição especial, 23/24, 16-22.

Vrontisi, Z., Fragkiadakis, K., Kannavou, M. e Capros, P. (2020). Energy system transition and macroeconomic impacts of a European decarbonization action towards a below 2°C climate stabilization. Climatic Change, 162(4), 1857-1875.

World Bank (2026). DataBank. Disponível em: https://databank.worldbank.org/Institutional-Quality/id/98e680fc.

WTO (2026). The GATT years: from Havana to Marrakesh. Disponível em: https://www.wto.org/english/thewto_e/whatis_e/tif_e/fact4_e.htm#rounds.

Wu, L., Liu, C., Ma, X., Liu, G., Miao, C. e Wang, Z. (2019). Global carbon reduction and economic growth under autonomous economies. Journal of Cleaner Production, 224, 719-728.

4. Para onde vai o capital natural do agro? Pegada de carbono e água incorporada nas exportações e no mercado interno brasileiro

Rosiani Aparecida Gonçalves Fonseca

O Brasil é um dos maiores exportadores mundiais de soja, carne bovina, café, celulose e açúcar, e a produção dessas commodities envolve uso intensivo de terra, água e energia, com emissões associadas ao desmatamento, à conversão de vegetação nativa e ao uso de insumos químicos. A literatura sobre impactos ambientais do comércio internacional tem concentrado esforços na mensuração de emissões e recursos naturais incorporados nos fluxos de exportação, geralmente por meio de modelos multirregionais de insumo-produto que conectam países a cadeias globais de valor (Lenzen et al., 2012; Wiedmann et al., 2015), o que permitiu estimar pegadas de carbono, água e materiais associadas ao consumo de países importadores, revelando assimetrias entre quem consome e quem suporta a carga ambiental da produção (Dorninger et al., 2021; Hickel et al., 2022). No caso brasileiro, o complexo agropecuário ocupa posição central nesse debate, pois a produção de commodities destinadas ao mercado externo e ao mercado interno mobiliza volumes expressivos de recursos naturais ao longo de cadeias produtivas que se estendem por múltiplos estados e setores da economia.

Haddad et al. (2024), em estudo publicado na Nature Sustainability, mostraram que 59,7% do desmatamento na Amazônia Legal responde à demanda de outras regiões do Brasil e 23,5% à demanda internacional, invertendo a narrativa predominante de que as exportações são o motor central da destruição florestal e colocando a demanda doméstica no centro do debate sobre governança ambiental. Afonso et al. (2025) ampliaram a análise para os seis biomas brasileiros e demonstraram que 37,2% da conversão de vegetação nativa foi acionada pelo consumo local (dentro do próprio estado), 34,8% pela demanda de outros estados brasileiros e 28% pelo comércio internacional. Esses achados indicam que a pegada ambiental do agro não pode ser compreendida pela lente das exportações isoladamente, e que a comparação entre destinos (mercado interno versus mercado externo) é condição para mapear onde se concentram assimetrias entre carga ambiental e retorno econômico. Num contexto em que o Regulamento Europeu contra o Desmatamento (EUDR) e o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM) impõem requisitos de mensuração e verificação sobre a pauta exportadora brasileira, entender como a pegada ambiental se distribui entre destinos e entre territórios é condição prévia para desenhar instrumentos que evitem pressão desproporcional sobre determinados estados e cadeias produtivas. A contribuição deste artigo é transpor a análise de pegada ambiental para a escala subnacional, comparando sistematicamente exportações e mercado interno para o complexo agro completo (14 setores, da produção primária à agroindústria), e integrando em um modelo o cálculo de pegada por destino, índices de ligação ambientalmente estendidos, termos de troca ambientais, decomposição por camadas da cadeia e vazamento inter-regional.

A teoria da troca ecologicamente desigual tem raízes no trabalho de Emmanuel (1972) sobre troca desigual no comércio internacional, reinterpretado por Hornborg (1998) sob uma perspectiva ecológica. A proposição central é que o comércio internacional transfere recursos biofísicos (energia, materiais, terra, trabalho) de países de renda baixa para países de renda alta sem compensação monetária proporcional ao conteúdo ambiental dos fluxos. Dorninger et al. (2021) formalizaram essa ideia por meio de modelagem de insumo-produto multirregional estendida ambientalmente, demonstrando que países de alta renda são importadores líquidos de materiais, energia, terra e trabalho incorporados no comércio, ao mesmo tempo em que geram superávit monetário com esse mesmo comércio, e que o valor adicionado por tonelada de matéria-prima incorporada nas exportações de países de alta renda é 11 vezes superior ao de

países de renda mais baixa. Essa lógica tem sido aplicada à América Latina por Alonso-Fernández e Regueiro-Ferreira (2022), que documentaram fluxos de materiais do subcontinente para economias de alta renda entre 1990 e 2017, e por Pérez-Rincón (2006), que articulou uma tese de Prebisch ecológica para a Colômbia. A transposição dessa perspectiva para a escala subnacional é tanto possível quanto desejável, pois dentro de um país com a heterogeneidade territorial do Brasil, estados da fronteira agrícola suportam cargas ambientais que atendem à demanda de estados industrializados e urbanizados, configurando um padrão de telecoupling interno análogo ao descrito entre países.

Este artigo combina a teoria da troca ecologicamente desigual com os índices de ligação de Rasmussen-Hirschman ambientalmente estendidos (Lenzen, 2003; Miller e Blair, 2009). Os índices de ligação para trás medem o poder de dispersão de um setor, isto é, o quanto de produção é ativado ao longo de toda a cadeia de fornecedores quando a demanda final daquele setor aumenta em uma unidade. A extensão ambiental desses índices, desenvolvida por Lenzen (2003) e aplicada em diversos contextos nacionais (Nagashima et al., 2017; Haddad, Mengoub e Vale, 2020), substitui a medida de produção ativada pela medida de emissão (ou uso de água) ativada na cadeia, permitindo criar uma tipologia setorial que cruza o poder de dispersão ambiental com o poder de dispersão de valor adicionado. Setores que ativam muita emissão e pouco valor adicionado são candidatos a intervenções de mitigação, enquanto setores que ativam pouca emissão e muito valor adicionado representam cadeias ambientalmente mais eficientes. A combinação dessas duas dimensões com a comparação de pegada por destino permite perguntar se os setores agro com alto poder de dispersão ambiental são os mesmos que apresentam termos de troca desfavoráveis nas exportações, questão que informa diretamente o desenho de políticas de conformidade e rastreabilidade ambiental.

A base de dados utilizada é a matriz insumo-produto inter-regional do Brasil para 2019, construída pelo NEREUS-USP, com 27 unidades da federação, 68 setores e 128 produtos. A dimensão inter-regional do sistema gera uma matriz de consumo intermediário de ordem (27 × 128) × (27 × 68), e a inversa de Leontief resultante tem dimensão 1.836 × 1.836, em que cada elemento indica quanto de produção bruta o setor i precisa gerar para atender a um aumento unitário na demanda final do setor j. Para cada setor inter-regional, são definidos coeficientes de intensidade ambiental: emissões diretas de CO2 (toneladas), uso direto de água (hm^3) e valor adicionado bruto, todos divididos pela produção bruta do setor. A demanda final é dividida em dois vetores, exportações e demanda doméstica (investimento, famílias, governo e ISFLSF), filtrados para reter 14 setores do complexo agro: agricultura, pecuária, produção florestal e pesca, abate e carnes, óleos e gorduras vegetais, laticínios, açúcar, outros alimentos, bebidas, fumo, calçados e couro, madeira, celulose e papel, e biocombustíveis. A pegada ambiental por destino é calculada multiplicando-se os coeficientes de intensidade pela produção requerida em toda a economia para cada vetor de demanda.

Os termos de troca ambientais (TTA) são definidos como a razão entre pegada de CO2 e valor adicionado retido para cada destino e cada setor, e o indicador de troca ecologicamente desigual é a razão entre os TTA de exportação e de mercado interno: valores acima de 1 indicam que exportar gera mais carga ambiental por unidade de retorno econômico. Os índices de ligação ambientalmente estendidos medem a soma da coluna da inversa de Leontief ponderada pelas intensidades de emissão, e o índice normalizado compara cada setor com a média da economia. A decomposição por camadas (tiers) da cadeia produtiva separa efeitos diretos (produção no próprio setor) e indiretos (fornecedores de primeiro, segundo e terceiro nível), e a matriz exportador-produtor identifica vazamentos inter-regionais, calculando que fração da pegada total associada às exportações de cada UF é gerada fora de seu território.

O mercado interno responde pela maior parcela da pegada em todos os indicadores: 921 milhões de toneladas de CO2 (contra 327 milhões para exportação), 146 mil hm^3 de água

(contra 111 mil hm³), R$ 625 bilhões de valor adicionado (contra R$ 247 bilhões) e 16,1 milhões de empregos (contra 5,0 milhões). A razão entre pegada de CO2 do mercado interno e das exportações é de 2,8, enquanto para água é de 1,3 e para valor adicionado é de 2,5, o que reforça os achados de Haddad et al. (2024) sobre a predominância da demanda doméstica na pressão ambiental, mas revela que a intensidade dessa assimetria varia conforme o indicador. Para CO2, a dominância do mercado interno é pronunciada, refletindo a extensão da pecuária voltada ao consumo doméstico e o desmatamento associado. Para água, a assimetria é menor porque a agricultura irrigada destinada à exportação (soja, café, algodão) consome volumes elevados na cadeia exportadora. Na desagregação setorial, a pecuária domina em ambos os destinos, mas a assimetria é mais pronunciada no mercado interno: 629 milhões de toneladas de CO2 no mercado doméstico contra 145 milhões nas exportações.

Os termos de troca ambientais revelam, porém, que a intensidade ambiental por unidade de valor adicionado é mais elevada nas exportações para setores primários: a pecuária exporta 20% mais CO2 por unidade de valor adicionado do que quando produz para consumo doméstico, e calçados e couro chegam a uma razão de 2,86, indicando que a cadeia exportadora de couro mobiliza proporcionalmente mais emissão para gerar cada real de retorno econômico. O resultado para calçados e couro decorre da composição da cadeia: a exportação de couro envolve etapas de abate e pecuária com alto conteúdo de emissões, e o valor adicionado retido domesticamente na cadeia exportadora é menor do que na cadeia voltada ao mercado interno, onde o produto final tende a ter maior valor agregado. Setores como açúcar, bebidas e celulose e papel apresentam, ao contrário, termos de troca favoráveis nas exportações (razão inferior a 1), indicando que a cadeia exportadora desses setores é ambientalmente mais eficiente por unidade de valor adicionado do que a cadeia doméstica.

A decomposição por camadas mostra que a pegada indireta (fornecedores de segundo e terceiro nível) responde por mais de 50% do total em estados industrializados, enquanto em estados da fronteira agrícola predomina o efeito direto. A matriz exportador-produtor identifica vazamentos inter-regionais em que estados como Santa Catarina (84,9% da pegada gerada fora do estado), São Paulo (70,8%) e Paraná (69,0%) têm a maior parte da pegada de CO2 de suas exportações agro gerada em outras UFs. Santa Catarina é um caso revelador: o estado exporta volumes expressivos de carne de frango e suínos, mas a produção de grãos para ração e a emissão associada ocorrem em outros estados, notadamente Mato Grosso e Goiás. Esse padrão tem implicações para a repartição de custos de conformidade: se as exigências ambientais recaem sobre o estado exportador, mas a pressão ambiental ocorre no estado produtor, há um desalinhamento entre quem paga e quem é responsável pela emissão.

Os indicadores construídos neste artigo oferecem insumos para o desenho de políticas de governança ambiental do comércio. A identificação de setores com termos de troca desfavoráveis permite priorizar cadeias onde a conformidade ambiental pode trazer ganhos de eficiência. O mapeamento de vazamentos inter-regionais informa a repartição de custos de rastreabilidade entre estados produtores e exportadores. E a comparação entre destinos demonstra que políticas focadas nas exportações capturam fração minoritária da pressão ambiental do agro brasileiro, reforçando a necessidade de instrumentos que alcancem também o mercado interno.

Referências

Afonso, D. L., Perobelli, F. S., Faria, W. R. e zu Ermgassen, E. (2025). The role of domestic and international markets in the loss of nature across Brazil. Research Square (preprint).

Alonso-Fernández, P. e Regueiro-Ferreira, R. M. (2022). Extractivism, ecologically unequal exchange and environmental impact in South America: A study using Material Flow Analysis (1990-2017). Ecological Economics, 194, 107351.

Dorninger, C., Hornborg, A., Abson, D. J., von Wehrden, H., Schaffartzik, A., Giljum, S., Engler, J. O., Feller, R. L., Hubacek, K. e Wieland, H. (2021). Global patterns of ecologically unequal exchange: Implications for sustainability in the 21st century. Ecological Economics, 179, 106824.

Emmanuel, A. (1972). Unequal Exchange: A Study of the Imperialism of Trade. Monthly Review Press.

Haddad, E. A., Araújo, I. F., Feltran-Barbieri, R., Perobelli, F. S., Rocha, A., Sass, K. S. e Nobre, C. A. (2024). Economic drivers of deforestation in the Brazilian Legal Amazon. Nature Sustainability, 7, 1046-1055.

Haddad, E. A., Mengoub, F. E. e Vale, V. A. (2020). Water content in trade: A regional analysis for Morocco. Economic Systems Research, 32(4), 565-584.

Hickel, J., Dorninger, C., Wieland, H. e Suwandi, I. (2022). Imperialist appropriation in the world economy: Drain from the global South through unequal exchange, 1990-2015. Global Environmental Change, 73, 102467.

Hornborg, A. (1998). Towards an ecological theory of unequal exchange: Articulating world system theory and ecological economics. Ecological Economics, 25(1), 127-136.

Lenzen, M. (2003). Environmentally important paths, linkages and key sectors in the Australian economy. Structural Change and Economic Dynamics, 14(1), 1-34.

Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K. e Geschke, A. (2012). Mapping the structure of the world economy. Environmental Science & Technology, 46(15), 8374-8381.

Miller, R. E. e Blair, P. D. (2009). Input-Output Analysis: Foundations and Extensions (2ª ed.). Cambridge University Press.

Nagashima, F., Kagawa, S., Suh, S., Nansai, K. e Moran, D. (2017). Identifying critical supply chain paths and key sectors for mitigating primary carbonaceous PM2.5 mortality in Asia. Economic Systems Research, 29(1), 105-123.

Pérez-Rincón, M. A. (2006). Colombian international trade from a physical perspective: Towards an ecological Prebisch thesis. Ecological Economics, 59(4), 519-529.

Wiedmann, T. O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J. e Kanemoto, K. (2015). The material footprint of nations. Proceedings of the National Academy of Sciences, 112(20), 6271-6276.