

ANÁLISE DO COMÉRCIO INTERNACIONAL DA AMÉRICA LATINA: ASPECTOS ECONÔMICOS, ENERGÉTICOS E AMBIENTAIS

Amaro Olimpio Pereira Junior¹
Rodrigo Gomes Távora Maia²

SINOPSE

O objetivo deste estudo é analisar o comércio internacional dos países da América Latina sob os aspectos econômicos, energéticos, hídricos e de emissões de GEE. Para tanto, são calculados os referidos aspectos ambientais embutidos nas exportações e importações de bens e serviços a partir de matrizes insumo-produto ecológico-econômicas globais. São analisados também os benefícios das exportações com base na teoria kaldoriana. Os resultados mostram que a América Latina tem um saldo positivo na balança comercial, mas isso representa um aumento das emissões de GEE, de estresse hídrico e do consumo de energia. Esses indicadores podem ser usados como referência para identificar os melhores parceiros comerciais e as atividades econômicas mais sustentáveis na região.

Palavras-chave: comércio internacional; modelos ecológico-econômicos; teoria Kaldoriana; matriz insumo-produto híbrida; Nexus Energia-Água-Clima.

ABSTRACT

The aim of this study is to examine Latin American countries' international trade in economic, energy, water, and greenhouse gas emissions terms. To this end, the aforementioned environmental aspects embodied in goods and services exported and imported are calculated using global ecological-economic input-product matrices. In addition, the Kaldorian theory is used to analyze the benefits of exports. The findings show that Latin America has a positive trade balance, but this is followed by an increase in greenhouse gas emissions, water stress, and energy consumption. These indicators can be used to identify the best trading partners and the most sustainable economic activities in the region.

Keywords: international trade; ecological-economic models; kaldorian theory; hybrid input-output matrix; energy-water-climate nexus

JEL: F18.

Artigo recebido em 13/5/2021 e aprovado em 31/8/2021.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/bepi31art5>

1 INTRODUÇÃO

Os processos produtivos sempre envolvem o consumo de água e o uso de alguma forma de energia e, muitas vezes, resultam em emissão de gases de efeito estufa (GEE), que provoca sérios impactos ambientais. Em outras palavras, o sistema econômico está intrinsecamente ligado ao meio ambiente e, assim sendo, é fundamental ter conhecimento dos efeitos das atividades econômicas sobre o meio ambiente.

1. Professor associado do Programa de Planejamento Energético (PPE) do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Coppe/UFRJ).

2. Mestrando do PPE do Coppe/UFRJ.

É possível citar diversas formas em que o ser humano interage com o meio ambiente que o cerca e causa impactos ambientais. Entre os efeitos sobre a água, destacam-se a modificação deliberada de conectividade de sistemas fluviais, mudanças nos fluxos dos rios, efeitos da construção de barragens, modificação da vegetação, drenagem, exploração da água subterrânea e superficial, poluição da água, eutrofização, desmatamento e seus efeitos na qualidade da água e poluição térmica. Em relação à atmosfera, pode-se citar a poluição urbana, a concentração de GEE e a diminuição da camada de ozônio. No que diz respeito ao uso e à produção de energia, os impactos ambientais mais relevantes são a poluição do ar, o aquecimento global, a chuva ácida, a diminuição da camada de ozônio, a destruição de florestas e a emissão de substâncias radioativas.

Assim sendo, ao se analisar a produção de bens e serviços, deve-se levar em consideração os seus efeitos sobre o meio ambiente que o cerca, não somente os efeitos diretos, mas em toda a sua cadeia produtiva. Daí surge o conceito de conteúdo de energia, água e emissões de GEE embutidas em bens e serviços. Pode-se referir à energia total necessária para produzir um bem como a soma da energia direta demandada no seu processo de fabricação, com a energia necessária para produzir e transportar os seus insumos, chamada de energia indireta. De forma análoga, esse conceito pode ser aplicado para o consumo de água e para a emissão de GEE. Ou seja, consome-se água diretamente para produzir bens e indiretamente para produzir e transportar insumos de produtos, assim como os processos produtivos remetem à emissão de GEE para a fabricação de todos os seus componentes e subcomponentes, levando ao conceito de emissões diretas e indiretas.

Nessa linha, mensurar o uso de recursos para a produção de bens e serviços destinados ao comércio internacional também é um exercício importante pois, enquanto o impacto ambiental da produção acontece no país que hospeda os processos produtivos, o bem-estar gerado através do consumo de bens e serviços se dá em outro país. Assim, teoricamente, a importação de bens intensivos em energia, água ou emissões seria uma forma de um país se isolar dos impactos ambientais causados pela produção dos bens e serviços que consome.

Dessa maneira, a estrutura da indústria dos países pode evoluir de forma diversa; alguns se especializando em produzir bens e serviços que possuam elevado consumo de recursos naturais e com processos produtivos caracterizadamente poluidores do meio ambiente; outros construindo uma indústria limpa ou fundamentada especialmente em bens de alta tecnologia. Notadamente, os países que hospedam majoritariamente as indústrias poluidoras são os países em desenvolvimento, marcados muitas vezes por elevados índices de pobreza e desigualdade social, enquanto os países que usufruem do consumo desses bens e serviços contam com economias já consolidadas e um elevado nível de desenvolvimento.

O objetivo deste estudo é, portanto, analisar o comércio internacional dos países da América Latina sob os aspectos econômicos, energéticos, hídricos e de emissões de GEE. Para isso, serão calculados os referidos aspectos ambientais embutidos nas exportações e importações de bens e serviços a partir de matrizes insumo-produto globais ecológico-econômicas.

Sob o aspecto econômico é possível analisar a vocação do país em exportar produtos a partir da teoria kaldoriana,³ que relaciona o potencial exportador de um país ao seu crescimento econômico. Essa ligação se dá quando se observam os bens e serviços de maior participação na pauta exportadora de um país. De acordo com essa teoria, se um país produzir bens de alta tecnologia, essa produção inerentemente gera efeitos multiplicadores positivos na economia, beneficiando-a como um todo, formando o que Kaldor chama de ciclo virtuoso kaldoriano.⁴ Uma vez que as exportações são um elemento da demanda agregada, seu aumento leva à expansão do produto interno bruto (PIB) do país, que, devido aos ganhos de escala,⁵ gera um aumento de produtividade na economia, trazendo competitividade ao mercado internacional. Isso retroalimenta de forma continuada o crescimento das exportações e todos os efeitos que ela conjuga na economia (McCombie e Thirlwall, 1994).

A capacidade de difusão de inovações é o que coloca a indústria tecnológica como pivô das transformações de uma economia. O efeito gerado pelos retornos crescentes de escala transborda para a economia, uma vez que as transformações produzidas em um nível produtivo induzem a ocorrência de melhorias, inovações e retornos crescentes de escala em outros níveis da cadeia produtiva, impactando assim os diversos setores produtivos que se relacionam com a indústria de alta tecnologia.⁶

Como hipótese, é possível que, ao se analisar suas exportações totais, um país este demonstre fraca vocação para a exportação de bens com alto conteúdo tecnológico. Mas ao analisar suas transações com determinados parceiros econômicos é possível verificar relacionamentos que induzem a formação de ciclos virtuosos kaldorianos na economia. Silva (2017), ao verificar as exportações brasileiras para 2005 utilizando a metodologia insumo-produto, apurou que o Brasil possui esse ciclo virtuoso para comercializações no âmbito do Mercado Comum do Sul (Mercosul), mas não possui para a comercialização com o resto do mundo devido, principalmente, ao montante relativo a exportações de *commodities*, produtos com baixo conteúdo tecnológico agregado. Sendo assim, o Mercosul mostra-se como o melhor parceiro econômico para induzir o crescimento da economia nacional. Essa metodologia será estendida para incorporar aspectos ambientais.

As análises partem da construção de matrizes insumo-produto globais híbridas, considerando dados monetários, energéticos, hídricos e de emissão de GEE. Os resultados permitirão analisar os termos de troca do comércio exterior brasileiro, considerando não somente aspectos econômicos, mas também ambientais, podendo ser denominados como termos de troca ambiental, em que são calculadas em exportações líquidas dos aspectos ambientais aqui referidos. Assim sendo, será possível definir os melhores parceiros comerciais para os países da América Latina sob o ponto de vista da sustentabilidade.

3. A teoria kaldoriana foi concebida entre 1960 e 1970 com a finalidade de investigar os processos de desenvolvimento econômico de diferentes regiões, dentre elas a Grã-Bretanha. De acordo com Kaldor, as desigualdades regionais são resultado das diferentes taxas de crescimento das regiões. Essas diferentes taxas de crescimento, por sua vez, possuem como base em sua explicação a ocorrência de economias industriais (Kaldor, 1966; 1970).

4. Kaldor (1966; 1970) descreve a formação do ciclo virtuoso kaldoriano e a relação entre crescimento econômico e comércio exterior.

5. Para Kaldor (1970, tradução nossa), essa economia de escala tem como base os efeitos inerentes ao crescimento industrial. No caso, o crescimento de uma indústria fomentaria “o desenvolvimento de habilidade e conhecimento; oportunidades para a fácil comunicação de ideias e experiências; oportunidade de crescente diferenciação de processos e de especialização em atividades humanas”.

6. Oliveira (2011) discorre sobre o papel das inovações e da economia de escala no transbordamento de efeitos positivos para a economia. Thirlwall (1983) discute sobre a capacidade da indústria em aumentar sua produção, afirmando que quanto maior a velocidade de crescimento da produção da indústria, conseqüentemente maior será a velocidade de crescimento da produtividade dos trabalhadores.

2 MATRIZ INSUMO-PRODUTO HÍBRIDA GLOBAL

2.1 Base de dados

Para a construção das matrizes insumo-produtos híbridas, é necessária uma base de dados mundial para permitir o cálculo do conteúdo energético, hídrico e de emissões dos bens produzidos na América Latina e nos países, regiões ou continentes onde há uma relação comercial.

Há várias iniciativas no mundo para a construção de tal base de dados. Entre elas, pode-se citar as que fizeram parte da edição especial de revista *Economic Systems Research* (Tukker e Dietzenbacher, 2013), que publicou vários modelos insumo-produto multirregionais globais (GMRIO), considerando as extensões ambientais.

Entre elas, pode-se destacar a World Input-Output Tables (WIOT) (Dietzenbacher *et al.*, 2013), a base de dados global de cadeias de suprimento Eora (Lenzen *et al.*, 2012a; Lenzen *et al.*, 2012b) e a Exiobase 3 (Stadler *et al.*, 2018). As referidas matrizes foram construídas a partir da iniciativa de grupos de pesquisa que se beneficiaram de dados harmonizados de contas nacionais com informações de comércio internacional, como os do Global Trade Analysis Project (GTAP) e da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE).

A organização das matrizes insumo-produto globais multirregionais não é tarefa fácil, pois envolve um volume significativo de informações. Ainda mais considerando a inclusão das tabelas com as extensões ambientais, como os recursos hídricos, as emissões de GEE e o uso de energia. Por isso, é necessário construir rotinas que permitam montar as matrizes e fazer todos os cálculos necessários para a análise. Carbernard, Pfister e Hellweg (2019), nesse sentido, desenvolveram um método que pode ser aplicado a qualquer sistema de matrizes multirregionais insumo-produto (MRIO) para rastrear os impactos de qualquer setor ou região sem dupla contagem a montante e a jusante (*backward e forward linkages*) da cadeia de valor global. O método foi aplicado nos dados da Exiobase 3, considerando categorias de impacto ambiental regionalizado e indicadores socioeconômicos.

A rotina desenvolvida por Carbernard, Pfister e Hellweg (2019) foi implementada no *software* MatLab, projetado especificamente para análise e desenvolvimento de sistemas e produtos, usando os dados da Exiobase 3, disponíveis *online*,⁷ sendo necessário apenas um cadastro para ter acesso.

Considerando que seus dados contemplam categorias de impacto ambiental regionalizado e indicadores socioeconômicos, a Exiobase 3 foi definida como a base de dados a ser utilizada neste estudo. Os dados serão organizados e os indicadores serão calculados utilizando-se a rotina desenvolvida por Carbernard, Pfister e Hellweg (2019).

2.2 Construção da matriz insumo-produto

A matriz insumo-produto é uma fotografia de uma economia que mostra como foram as transações econômicas em um dado período de tempo de uma região predefinida. A análise normalmente é feita para um ano contábil e pode ser realizada no nível regional ou tomar maiores proporções como na análise de economias nacionais, blocos econômicos etc.

7. Disponível em: <www.exiobase.eu>.

Seja uma economia onde existam n setores produtivos, a matriz insumo-produto é uma forma de representar os fluxos de produtos, em termos monetários,⁸ entre os setores produtores e consumidores. Os fluxos são caracterizados pelos setores e fazem parte das negociações de compra e venda. Dessa forma, os setores produtivos realizam transações entre si para que sejam produzidos bens e serviços em uma economia.

Seja z_{ij} o valor monetário dos fluxos que saem dos setores i (oferta) para os setores j (demanda). Seja f_i a demanda final do setor i e x_i a produção total do setor i . Para um dado setor i pode-se escrever sua produção total em função dos fluxos dos setores produtivos e da demanda final como:

$$x_i = z_{i1} + \dots + z_{ij} + \dots + z_{in} + f_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + f_i \quad (1)$$

O somatório dos fluxos dos setores de pagamento dos fatores de produção representa o valor adicionado. Por sua vez, o valor adicionado de todos os setores da economia constitui o PIB. Seja l_i a representação de salários e n_i todas as demais remunerações dos fatores de produção como impostos, juros, aluguéis e lucros. O valor adicionado de um setor dessa economia é definido como $vi = li + ni$.

Outra variável importante são os fluxos de bens importados pelo país para fazer parte dos produtos produzidos nacionalmente. Em geral, os dados de importação de insumos dos setores são expostos como uma das contas constituintes dos setores de pagamento.⁹

Por fim, merece destaque os vetores exógenos do modelo, também chamados de demanda final, que são vetores de consumo das famílias (ci), investimento do setor privado (ii), compras do governo (gi) e exportações (ei). Assim, a demanda final é composta por $f_i = ci + ii + gi + ei$ para cada setor da economia. As interseções das linhas de valor adicionadas com a demanda final representam os pagamentos feitos pelos consumidores finais por serviços de produção, como salários de trabalhadores domésticos, salários de funcionários públicos, impostos, importação de itens pelo governo etc., conforme ilustrado no quadro 1.

QUADRO 1

Representação básica de uma matriz insumo-produto

	Setores produtivos		Demanda final				Produto total	
	1	2	c_1	i_1	g_1	e_1		
Setores produtivos	1	Z_{11}	Z_{21}	c_1	i_1	g_1	e_1	X_1
	2	Z_{12}	Z_{22}	c_2	i_2	g_2	e_2	X_2
Valor agregado		l_1	l_2					L
		n_1	n_2					N
Importações		m_1	m_2					M
Total		X_1	X_2	C	I	G	E	

Fonte: Miller e Blair (2009).
Elaboração dos autores.

8. Em geral, as transações da matriz insumo-produto são mostradas em termos monetários, apesar de muitas vezes isso levar a inconsistências em análises interperíodos quando há mudanças de preços.

9. Outra configuração possível é debitar os valores de importações dos valores de exportações resultando em exportações líquidas como uma das contas da demanda final. No entanto, um tratamento adicional é necessário para contabilizar aquelas importações de produtos que são também produzidos no país (chamados de importações competitivas) e aqueles que não possuem produção local (importações não competitivas).

Quanto às relações intersetoriais, é importante definir os coeficientes técnicos como o valor da transação de um setor para outro dividido pela produção total do setor produtivo que está comprando o insumo. Como particularidade, nos modelos de Leontief, os valores dos coeficientes técnicos são fixos. Dessa forma, esse conjunto de proporções fixas se comporta como se fosse o custo de produzir uma unidade de valor monetário de um bem.

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_i} \quad (2)$$

Assim, a equação (1) pode ser reescrita em termos desses coeficientes fixos como:

$$x_i = a_{i1}x_1 + \dots + a_{ii}x_i + \dots + a_{in}x_n + f_i \quad (3)$$

Rearranjando os termos, tem-se:

$$x_i - a_{i1}x_1 + \dots + a_{ii}x_i + \dots + a_{in}x_n = f_i \quad (4)$$

e

$$x_i - a_{i1}x_1 + \dots + a_{ii}x_i + \dots + a_{in}x_n = f_i \quad (5)$$

Que pode ser escrita como a equação matricial:

$$(I - A)x = f \quad (6)$$

Multiplicando ambos os lados à esquerda pela matriz inversa $(I-A)^{-1}$, ou matriz inversa de Leontief (L), tem-se a produção total x :

$$x = (I - A)^{-1}f = Lf \quad (7)$$

A partir da equação (7), é possível inferir que ao multiplicar L pelo vetor exógeno de demanda final mostra-se qual o valor da produção total dos setores para atender a essa demanda final. Essa formulação é importante para se entender o conceito de requerimentos diretos e indiretos da produção. Assim, multiplicar o vetor da demanda final L permite extrair o impacto total de uma mudança na demanda final em uma economia capturando a mudança no fluxo de toda a cadeia produtiva.

É possível analisar como esse efeito indireto acontece na economia analisando como L é formada etapa por etapa. Esse procedimento é representado pela multiplicação indefinida das matrizes de coeficientes técnicos, que representa a produção nos elos da cadeia produtiva, que pode ser aproximada por um produto de uma série de potência das matrizes.

$$(I - A)(I + A + A^2 + A^3 + \dots + A^n) = (I - A^{n+1}) \quad (8)$$

Se para um n suficientemente grande, tendendo ao infinito, os elementos de A^{n+1} se tornam 0, ou seja, $A^{n+1} \rightarrow 0$, o lado direito será a matriz identidade e, portanto, a matriz que multiplica $(I-A)$ será a sua inversa $(I-A)^{-1}$, chamada de L .

2.3 Matriz insumo-produto multirregional

A matriz insumo-produto pode ser construída considerando várias regiões que tenham relação de interdependência. Assim sendo, pode-se captar o impacto que a variação na demanda final de

uma região pode ter em outra região. Essas regiões podem ser representadas por estados, países ou continentes, dependendo do objetivo do estudo. Nesse caso, a matriz é chamada de inter-regional, se for composta por duas regiões; ou multirregional, se composta por três ou mais regiões. O quadro 2 ilustra uma matriz multirregional com três regiões. A relação entre as variáveis é similar à da matriz insumo-produto normal.

QUADRO 2

Matriz insumo-produto multirregional

	Região 1	Região 2	Região 3	Demanda final (região 1)	Demanda final (região 2)	Demanda final (região 3)	Produção total
Região 1	Z11	Z12	Z13	F			X
Região 2	Z12	Z22	Z23				
Região 3	Z13	Z23	Z33				

Elaboração dos autores.

Um dos resultados mais relevantes que pode ser obtido através de modelos insumo-produto são os impactos econômicos relativos à renda gerada por um país ou por uma região. Para se analisar esse aspecto e simular os efeitos de mudanças em variáveis exógenas ao modelo, faz-se necessário o uso de multiplicadores. A forma geral quando se quer analisar efeitos de impactos exógenos ou quando se quer fazer previsões sobre um modelo é dada pela equação (10), sendo necessária atenção sobre necessidades de mudanças nos coeficientes de L ou nos parâmetros de f a fim de se realizar a simulação.

$$\Delta X = L\Delta f \quad (9)$$

Analisando-se novamente a equação (8), tem-se que os efeitos iniciais de uma mudança exógena ao modelo causa pode ser associada ao termo I da expressão, A significa os efeitos diretos da mudança enquanto o resto do termo $A^2 + A^3 + \dots$ remete aos efeitos indiretos causados pela mudança. Efeitos diretos e indiretos são aqueles decorrentes de uma variação da demanda final.

No entanto, a equação (9) mostra o resultado de uma variação da demanda final na produção total. Para a análise dos efeitos de uma variação de um elemento da demanda final na renda faz-se necessário o uso de multiplicadores. Seja h o vetor ao qual é atribuído o valor adicionado de cada setor i da economia e x o vetor da produção total de cada setor da economia.

$$h' = \frac{h}{x} = (h'_{n+1,1}, \dots, h'_{n+1,n}) \quad (10)$$

Multiplicando-se cada elemento do vetor gerado pela equação (10) pelos elementos de L e somando esses resultados, obtém-se o multiplicador da renda.

$$m(h)j = \sum_{i=1}^n h'_{n+1,i} l_{i,j} \quad (11)$$

2.4 Matrizes híbridas

Suponha agora que se deseje calcular os impactos em uma economia de um crescimento em um vetor que compõe a demanda final associado a esse país. No entanto, antes de haver essa mudança na demanda total, essa economia apresentava determinado montante de valor agregado (PIB), determinado consumo de energia, determinado consumo de água e emitia determinada quantidade de GEE. Ao se dividir esses valores pela produção total da economia, x , e multiplicar por L , obtém-se multiplicadores da renda e ambientais. Para se obter os impactos de uma mudança no vetor exportações quanto a esses parâmetros, basta multiplicar a nova demanda total, resultante da modificação exógena, por esses multiplicadores.

Portanto, para realizar a análise insumo-produto para energia, água e emissões de GEE é preciso inserir na análise variáveis adicionais sob forma de commodities ecológicas, que podem servir como *inputs* em processos econômicos, como água e energia, ou que se caracterizam como *outputs* de processos produtivos – por exemplo, poluição ambiental. Assim sendo, tem-se uma matriz híbrida com dados monetários e físicos, denominada também de matriz ecológico-econômica.

Seja a matriz $M = mkj$, em que cada elemento representa a quantidade de inputs em *commodity* ecológica de tipo k (água, terra, energia), usada na produção de *outputs* do setor econômico j . De forma análoga, define-se a matriz de *outputs* em *commodity* ecológica $N = nkj$ a matriz que define a quantidade de *outputs* em *commodities* ecológicas de tipo k associadas ao *output* do setor j . O quadro 3 mostra como as *commodities* ecológicas são inseridas na análise insumo-produto, como contas-satélites.

QUADRO 3

Representação esquemática de modelos ecológico-econômicos

		Transações interindustriais			Demanda final	Produção total	Commodities ecológicas	
		Setores					1	2
		A	B	C				
Setores	A	Z			F	X	N	
	B							
	C							
Commodities ecológicas	1	M						
	2							

Fonte: Miller e Blair (2009).

Elaboração dos autores.

Assim, da mesma forma em que a matriz A é definida na equação (2) como a matriz de coeficientes técnicos, define-se as matrizes R e Q de forma análoga, em que cada rkj define a quantidade de *commodity* k requerida por unidade monetária do *output* da indústria j , e cada qkj define a quantidade de *commodity* ecológica k gerada por unidade monetária de *output* da indústria j .¹⁰

$$R = Mx^{-1} \quad (12)$$

$$Q = N'x^{-1} \quad (13)$$

As matrizes R e Q permitem definir as matrizes de coeficientes de impactos indiretos, ou seja:

10. N' é a matriz de *outputs* em *commodities* ecológicas transposta.

$$R^* = R(I - A)^{-1} \tag{14}$$

$$Q^* = Q(I - A)^{-1} \tag{15}$$

Da mesma forma que na matriz insumo-produto, é possível também representar matrizes híbridas, ou ecológica-econômica, com uma matriz multirregional, como ilustra o quadro 4.

QUADRO 4

Modelos ecológico-econômicos multirregionais

	Região 1	Região 2	Região 3	Demanda final (região 1)	Demanda final (região 2)	Demanda final (região 3)	Produção total	Commodities ecológicas (região 1)	Commodities ecológicas (região 2)	Commodities ecológicas (região 3)
1	Z ¹¹	Z ¹²	Z ¹³	F			X	N		
2	Z ²¹	Z ²²	Z ²³							
3	Z ³¹	Z ³²	Z ³³							
1	M									
2										

Elaboração dos autores.

Para exemplificar didaticamente o procedimento de cálculo, considere uma matriz multirregional híbrida, como três países (país 1, país 2 e país 3), quatro setores (setor 1, setor 2, setor 3 e setor 4) e uma commodity ecológica (emissão de CO₂), conforme ilustram as tabelas 1, 2 e 3.

TABELA 1

Matriz multirregional: consumo intermediário

		País 1				País 2				País 3			
		Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4
País 1	Setor 1	346	156	95	594	819	154	832	397	409	562	241	554
País 1	Setor 2	354	443	7	908	42	92	561	839	470	770	83	368
País 1	Setor 3	291	795	243	825	753	2	340	232	251	605	526	610
País 1	Setor 4	637	259	289	813	500	716	947	645	856	221	898	41
País 2	Setor 1	547	466	910	276	518	149	779	553	197	285	305	828
País 2	Setor 2	752	936	822	638	611	496	98	924	608	689	872	972
País 2	Setor 3	295	444	7	828	929	535	367	257	890	429	641	26
País 2	Setor 4	113	518	791	459	79	748	254	218	586	673	424	157
País 3	Setor 1	46	457	552	572	632	680	730	607	796	186	15	958
País 3	Setor 2	962	96	544	96	675	113	711	337	787	571	241	211
País 3	Setor 3	531	190	686	191	374	615	788	738	351	32	565	622
País 3	Setor 4	857	776	897	18	915	482	308	458	253	145	982	270

Elaboração dos autores.

TABELA 2

Matriz multirregional: valor adicionado e conta-satélite de emissões de CO₂

		País 1	País 1	País 1	País 1	País 2	País 2	País 2	País 2	País 3	País 3	País 3	País 3
		Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4
País 1	Valor adicionado	1.172	1.120	1.676	1.648	-	-	-	-	-	-	-	-
País 2	Valor adicionado	-	-	-	-	1.019	4.730	401	471	-	-	-	-
País 3	Valor adicionado	-	-	-	-	-	-	-	-	626	1.278	1.532	2.995
Insumo total		6.901	6.657	7.518	7.868	7.864	9.511	7.117	6.677	7.082	6.445	7.326	8.612
Emissões diretas (kt CO ₂)		300	320	280	400	400	320	200	150	400	230	400	500

Elaboração dos autores.

TABELA 3

Matriz multirregional: demanda final

		País 1	País 1	País 2	País 2	País 3	País 3	Produção total	Exportação		
		Consumo das famílias	Varição de estoque	Consumo das famílias	Varição de estoque	Consumo das famílias	Varição de estoque		Total	Setores	Demanda final
País 1	Setor 1	394	0	902	0	446	0	6.901	5.316	3.968	1.348
País 1	Setor 2	514	0	694	0	512	0	6.657	4.431	3.225	1.206
País 1	Setor 3	384	0	753	0	909	0	7.518	4.980	3.318	1.662
País 1	Setor 4	91	0	653	0	301	0	7.868	5.778	4.825	954
País 2	Setor 1	630	0	565	0	857	0	7.864	5.300	3.813	1.487
País 2	Setor 2	847	0	209	0	37	0	9.511	7.173	6.289	884
País 2	Setor 3	165	0	419	0	886	0	7.117	4.610	3.559	1.051
País 2	Setor 4	800	0	355	0	501	0	6.677	5.022	3.721	1.301
País 3	Setor 1	338	0	320	0	194	0	7.082	4.934	4.276	658
País 3	Setor 2	479	0	14	0	608	0	6.445	4.027	3.535	492
País 3	Setor 3	269	0	814	0	559	0	7.326	5.197	4.114	1.083
País 3	Setor 4	700	0	822	0	729	0	8.612	6.233	4.710	1.522

Elaboração dos autores.

Considerando que o país 1 seja a América Latina, o primeiro passo é calcular a matriz de coeficiente de independência, ou L deste país, a partir dos dados do país 1 constantes na tabela 1. Isto é feito seguindo o que foi apontado nas equações (1) a (7).

TABELA 4

Matriz Leontief (país 1)

País 1	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4
Setor 1	1,0647	0,0331	0,0177	0,0960
Setor 2	0,0728	1,0803	0,0077	0,1461
Setor 3	0,0679	0,1409	1,0402	0,1455
Setor 4	0,1157	0,0564	0,0468	1,1378

Elaboração dos autores.

O mesmo procedimento deve ser feito para os outros países. Em seguida calcula-se as exportações de CO₂ embutidas nos bens e serviços destinados aos países 2 e 3. Isso é feito a partir das equações (13) e (15), mostradas anteriormente. São calculadas também as exportações de CO₂ embutidas nos bens e serviços dos países 2 e 3 para o país 1. Assim, obtém-se as importações de CO₂ embutidas nos bens e serviços do país 1 provenientes dos países 2 e 3. O resultado é mostrado na tabela 5.

TABELA 5

Exportações líquidas de CO₂ embutido em kt (país 1)

	Exportações		Importações		Exportações líquidas	
	País 2	País 3	País 2	País 3	País 2	País 3
Setor 1	163	117	190	158	-27	-41
Setor 2	152	140	170	104	-18	35
Setor 3	119	142	77	136	42	6
Setor 4	230	160	75	225	155	-64
Total	663	559	511	623	152	-64

Elaboração dos autores.

Nota-se que o país 1 é exportador líquido de CO₂ embutido nos bens e serviços provenientes do país 2 e importador líquido do país 3. Esse é um resultado interessante porque, nas exportações diretas em unidades monetárias, o resultado é exatamente o inverso, como ilustra o tabela 6.

TABELA 6

Exportações líquidas diretas em unidades monetárias (país 1)

	Exportações		Importações		Exportações líquidas	
	País 2	País 3	País 2	País 3	País 2	País 3
Setor 1	3.104	2.212	2.829	1.964	275	248
Setor 2	2.227	2.204	3.995	2.178	-1.768	26
Setor 3	2.079	2.901	1.738	1.867	341	1.034
Setor 4	3.461	2.317	2.680	3.248	781	-931
Total	10.871	9.634	11.242	9.258	-371	377

Elaboração dos autores.

Assim, o país 3 aparece como um bom parceiro comercial para o país 1, mas, quando se analisam questões ambientais – nesse caso, as emissões de CO₂ –, a conclusão é diferente. Esse resultado também aparece quando aplicados os conceitos da teoria kaldoriana. No exemplo apresentado, para cada unidade monetária gerada no país 1 a partir das exportações para o país 2, há um aumento de 1,4% nas emissões de CO₂ geradas no país 1. Enquanto que, para cada unidade monetária gerada no país 1 a partir das exportações para o país 3, há uma redução de 1,7% nas emissões de CO₂ geradas no país 1. Essa análise será feita para a América Latina com os dados da Exiobase 3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As regiões escolhidas para o estudo foram: África, Austrália, China, Outros Ásia, Europa, Índia, Oriente Médio, América do Norte e Rússia, além, é claro, da América Latina. Os anos de estudo foram 2000, 2005, 2010 e 2015.

As *commodities* consideradas foram: as emissões de GEE, em MtCO₂ equivalente; a demanda de energia primária, em Peta Joules (PJ); e o estresse hídrico, em bilhões de m³. Estresse hídrico é definido como uma situação em que a demanda por água é maior do que a sua disponibilidade e capacidade de renovação em determinada localidade.

Os dados de emissões de GEE e de energia foram estruturados pela Exiobase 3 a partir dos balanços energéticos nacionais e regionais da Agência Internacional de Energia (International Energy Agency – IEA).¹¹ No caso de estresse hídrico, Carbernard, Pfister e Hellweg (2019) usam os dados da Exiobase 3 sobre disponibilidade dos países e regiões, além de uso e consumo que abrangem treze categorias de consumo de água em atividades agrícolas para água verde e azul, doze categorias de consumo de água azul na produção pecuária, sete categorias de consumo de água azul em setores de manufatura agregados e duas relacionadas à produção de eletricidade. Para os sete setores de manufatura e os dois de produção de eletricidade, também são fornecidos dados sobre a retirada de água azul.¹²

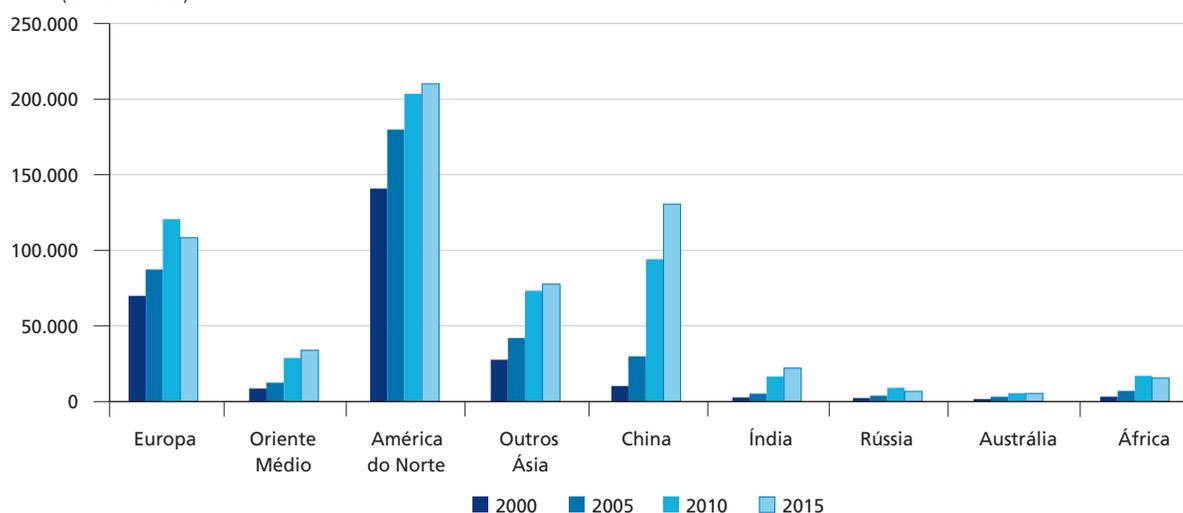
As matrizes híbridas, ou ecológico-econômicas, multirregionais globais foram construídas a partir da metodologia e base de dados estabelecidas por Carbernard, Pfister e Hellweg (2019) a partir de rotinas que geram as matrizes e todos os cálculos necessários para a análise. Os resultados foram armazenados em arquivos Excel bastante volumosos que podem ser disponibilizados pelos autores, bastando fazer uma solicitação por *e-mail*.

O gráfico 1 mostra as exportações líquidas, em milhões de euros, da América Latina.

GRÁFICO 1

Exportações líquidas (exportações menos importações) da América Latina

(Em € milhões)



Elaboração dos autores.

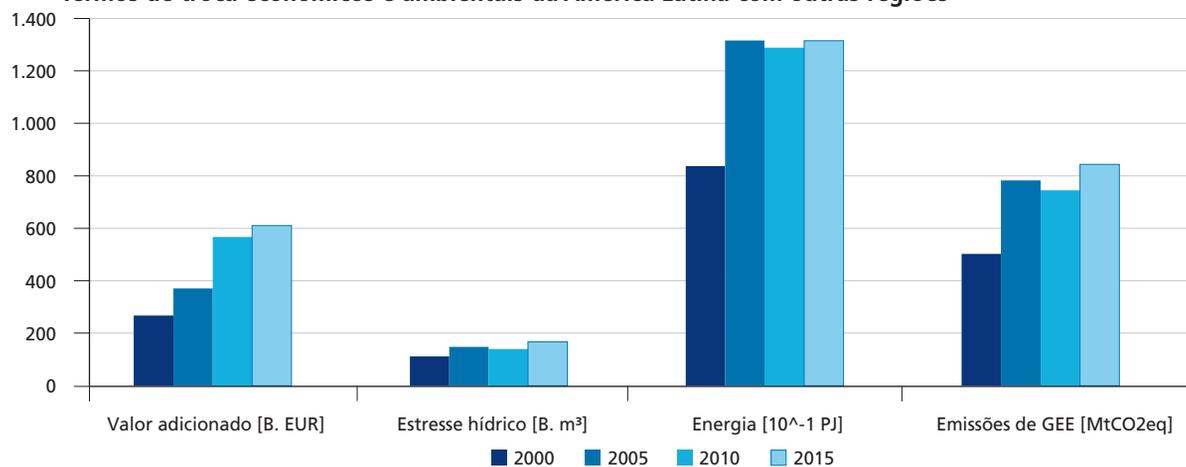
11. Disponível em: <www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview>.

12. Os conceitos de água azul e verde utilizados no cálculo do estresse hídrico são detalhados em Mekonnen e Hoekstra (2012).

A América Latina tem um saldo positivo na balança comercial, sendo a América do Norte o principal parceiro comercial, seguida por China e Europa. Destaca-se um grande crescimento do comércio com a China, partindo de € 10.230 milhões em 2000 e chegando a € 130.529 milhões em 2015. Dos grandes parceiros comerciais, destaca-se o decréscimo de 2010 para 2015 com a Europa.

As exportações pautadas por produtos primários se refletem no alto conteúdo de energia e nas emissões de GEE. O gráfico 2 demonstra a evolução histórica da exportação líquida total da América Latina das variáveis econômica e ambientais.

GRÁFICO 2

Termos de troca econômicos e ambientais da América Latina com outras regiões

Elaboração dos autores.

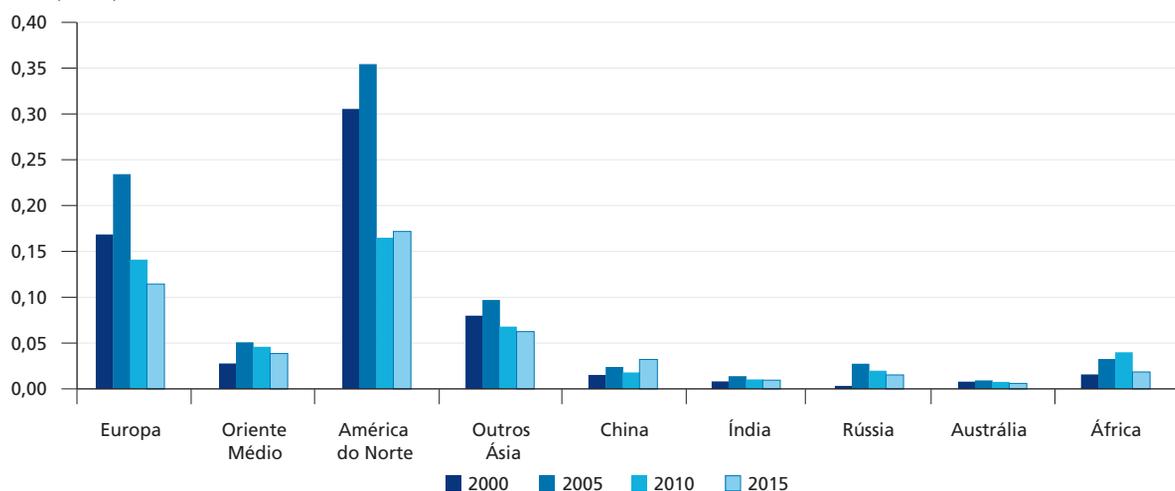
Observa-se que, além do crescimento da exportação líquida de valor adicionado da América Latina, já observado no gráfico 1, houve um crescimento da exportação líquida também dos termos ambientais. Apesar de o Brasil ser um país com grande disponibilidade hídrica, outros países da América Latina sofrem mais fortemente com o estresse hídrico, o que torna a região uma exportadora líquida dessa *commodity*.

Para a aplicação da análise kaldoriana, analisou-se o impacto no PIB da América Latina relativo a uma expansão de 10% das exportações para cada uma das regiões (ou países) consideradas neste estudo, para 2015. Os resultados são mostrados no gráfico 3.

GRÁFICO 3

Impacto econômico causado pelo aumento das exportações

(Em %)



Elaboração dos autores.

Pode-se verificar a grande redução do impacto econômico no aumento das exportações de 2015 e 2010 em comparação com 2005. Todas as regiões, exceto a China, apresentaram essa redução. Mesmo assim, desde 2000, América do Norte e Europa são as regiões que mais geram renda para a América Latina.

A mesma análise foi feita para as variáveis ecológico-econômicas, ou seja, considerando uma expansão de 10% das exportações para cada uma das regiões, ou países, quais seriam os impactos nas variáveis ambientais em cada ano considerado.

O gráfico 4 mostra os impactos nas variáveis ambientais devido à expansão de 10% das exportações da América Latina para cada uma das regiões em 2000, 2005, 2010 e 2015.

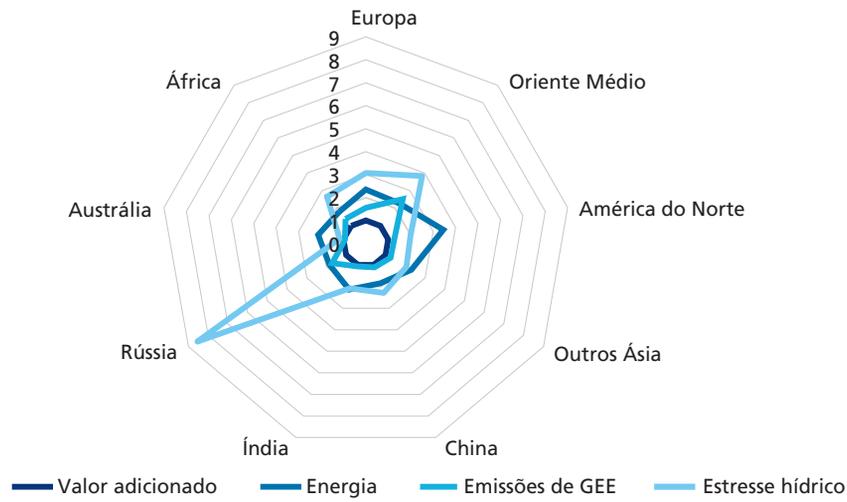
Em todos os anos, o aumento das exportações para a Rússia é o que mais causa impacto na variável de estresse hídrico – isto é, para aumentar em uma unidade o valor adicionado das exportações para esse país, a pressão sobre essa variável (custo ambiental) é maior. Apesar de isso acontecer em todos os anos, a cesta de exportações da América Latina para a Rússia mudou consideravelmente. Em 2000, houve uma forte participação das atividades de plantação e refino de açúcar, responsáveis por € 619 milhões (19% do valor adicionado total exportado para o país). Sabe-se que, historicamente, essas atividades acontecem em sua grande parte no Sudeste, em especial no estado de São Paulo, que possui regiões com alto estresse hídrico.¹³ Porém, já a partir de 2005, o açúcar passa a perder o predomínio e, em 2015, sua participação mínima chega a ser de apenas 3% do valor adicionado total, com atividades de pecuária bovina sendo as principais atividades de exportação para a Rússia ao ser responsável por 10% (€ 1.938 milhões) do valor adicionado total exportado.

13. Disponível em: <<https://www.wri.org/aqueduct>>.

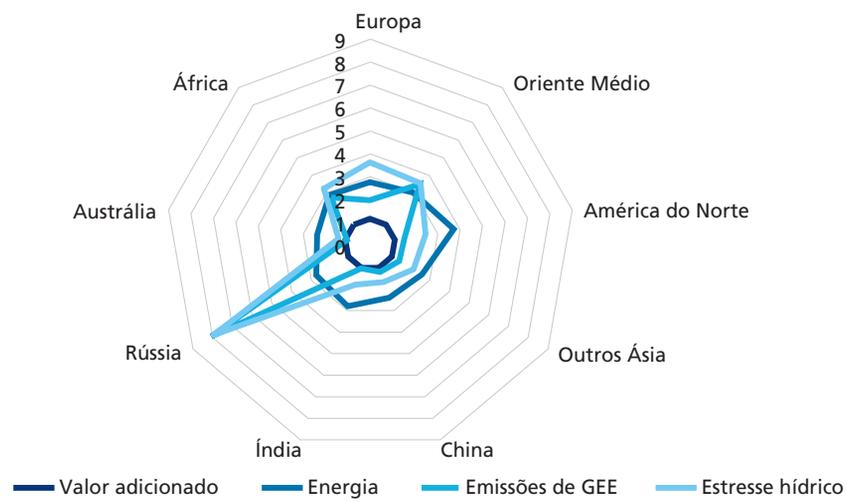
GRÁFICO 4

Impactos ambientais (normalizados) causados pelo aumento de exportações da América Latina

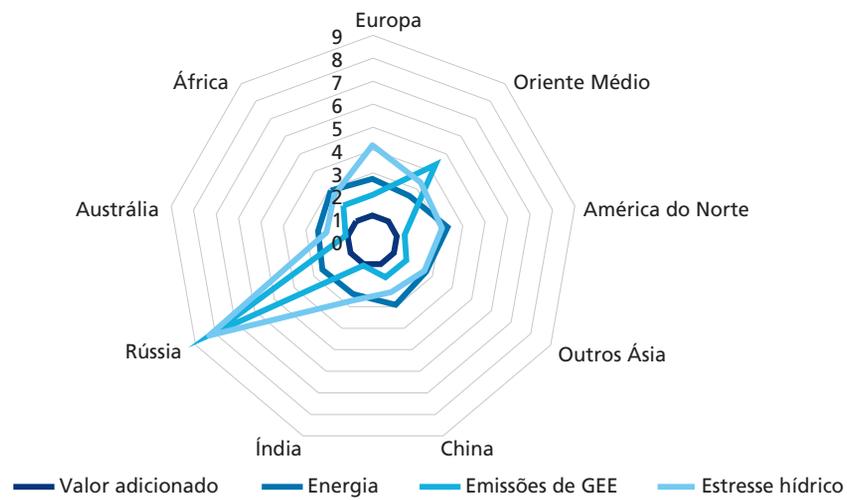
4A – 2000



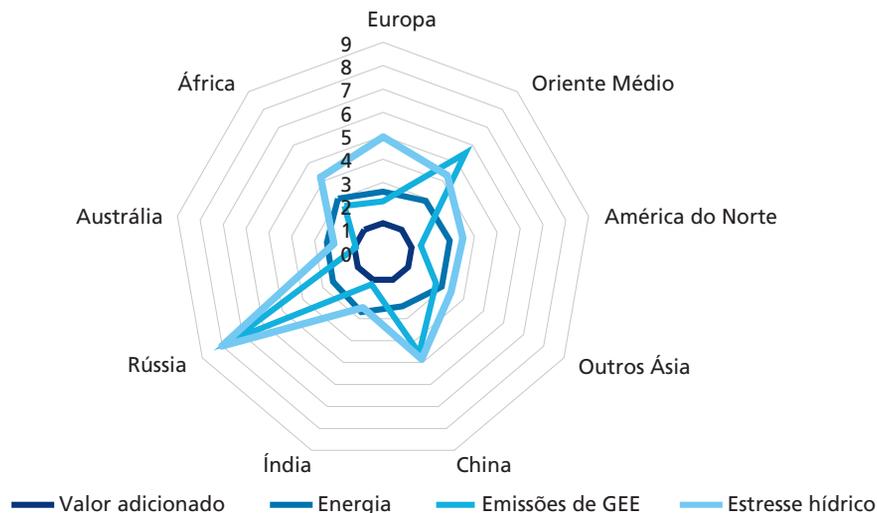
4B – 2005



4C – 2010



4D – 2015



Em contrapartida, um aumento das exportações para a Austrália é o que menos impacta na variável de estresse hídrico, com uma cesta bem distinta da Rússia, com atividades de indústria de transformação sendo predominantes. Nesse caso, a fabricação de veículos automotores é a que possui maior participação, com 7% (€ 617 milhões) do valor adicionado total exportado pela América Latina para o país.

Para a variável de emissões de GEE, com exceção de 2000, o aumento das exportações para a Rússia também é o que mais causa impacto. Isso condiz com a troca da cesta de exportações a partir de 2005, apontadas anteriormente, com grande redução da participação de atividades de produção de açúcar e grande crescimento de atividades de pecuária, em especial a bovina, atreladas ao desmatamento e, conseqüentemente, a emissões de GEE.

Para a variável de energia, observa-se um equilíbrio ao longo dos anos entre as regiões. De 2000 a 2010, um aumento das exportações para a América do Norte causaria um impacto um pouco maior. Porém, em 2015, a África passou a assumir esse posto. Cabe destacar a redução total histórica, a partir de 2005, do impacto do aumento de exportações para todas as regiões na variável de energia, causada principalmente pela redução da participação de atividades de petróleo nas exportações da América Latina.

Apesar do comércio com a Austrália ter, de maneira geral, um impacto ambiental menor, observa-se que não há um comércio unânime sob esse aspecto. Diferentes regiões, devido aos diferentes produtos comercializados, possuem vantagens e desvantagens em relação aos impactos das variáveis ambientais analisadas. Portanto, cabe aos tomadores de decisão ponderar as variáveis e, conseqüentemente, incentivar o aumento ou a diminuição das exportações para determinada região.

4 CONCLUSÕES

Os resultados indicam a necessidade de um aprofundamento da análise relativa dos produtos da pauta de exportações da América Latina para propor medidas que orientem políticas econômicas e políticas ambientais. Portanto, torna-se necessário repensar as exportações para internalizar questões

ambientais nas tomadas de decisão e, conseqüentemente, minimizar os impactos ambientais negativos considerados prioritários.

Como os dados da Exiobase 3 estão agregados no Brasil e em outros países da América Latina, a análise por setor fica um pouco prejudicada. De qualquer forma, fica evidente a predominância de exportação de produtos agropecuários e outros produtos primários, o que se reflete nas exportações líquidas de emissões de GEE, estresse hídrico e de energia.

REFERÊNCIAS

- CABERNARD, L.; PFISTER, S.; HELLWEG, S. A new method for analyzing sustainability performance of global supply chains and its application to material resources. **Science of the Total Environment**, v. 684, p. 164-177, 2019.
- DIETZENBACHER, E. *et al.* The construction of world input-output tables in the WIOD project. **Economic Systems Research**, v. 25, n. 1, p. 71-98, 2013.
- KALDOR, N. Causes of the slow rate of economic growth of the United Kingdom. **Recherches Économiques de Louvain**, v. 34, n. 2, p. 222, 1968.
- _____. The case for regional policies. **Scottish Journal of Political Economy**, v. 17, n. 3, p. 337-348, 1970.
- LENZEN, M. *et al.* International trade drives biodiversity threats in developing nations. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 109-112, 2012a.
- LENZEN, M. *et al.* Mapping the structure of the world economy. **Environmental Science and Technology**, v. 46, n. 15, p. 8374-8381, 2012b.
- MCCOMBIE, J. S. L.; THIRLWALL, A. P. **Economic growth and the balance-of-payments constraint**. London: Palgrave Macmillan, 1994.
- MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. **A global assessment of the water footprint of farm animal products**. **Ecosystems**, v. 15, n. 3, p. 401-415, 2012.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-output analysis: foundations and extensions**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- OLIVEIRA, D. R. **O processo de mudança estrutural no pós-1990: uma análise da heterogeneidade produtiva na perspectiva kaldoriana**. Rio de Janeiro: EdUFF, 2011.
- SILVA, F. D. **Exportações brasileiras sob a ótica estruturalista-kaldoriana: uma análise de insumo-produto**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2017.
- STADLER, K. *et al.* Exiobase 3: developing a time series of detailed environmentally extended multi-regional input-output tables. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 3, p. 502-515, 2018.
- THIRLWALL, A. P. A plain man's guide to Kaldor's growth laws. **Journal of Post Keynesian Economics**, v. 5, n. 3, p. 345-358, 1983.
- TUKKER, A.; DIETZENBACHER, E. Global multiregional input-output frameworks: an introduction and outlook. **Economic Systems Research**, v. 25, n. 1, p. 1-19, 2013.

