INSPER

Arthur Dimas de Melo Pimenta

O Impacto da Balança Comercial na Emissão de CO2

São Paulo
2021

O Impacto da Balança Comercial na Emissão de CO2

Entrega do TCC, apresentada ao Insper, como parte das exigências para a conclusão do curso de Ciências Econômicas.

Prof. Priscila Borin de Oliveira Claro
Orientadora
Insper

São Paulo, 21 de novembro de 2021.

Sumário

Resumo……06
Introdução 07
Referencial Teórico..... 10
Metodologia..... 13
Análise Descritiva..... 16
Análise Econométrica.....19
Análise dos Resultados..... 21
Análise Case Brasil.....23
Conclusão.....26
Limitações.....27
Referências Bibliográficas 28

Sumário das Figuras

Figura 1 - Principais fontes de emissão de CO2 8
Figura 2 - Emissão anual total de CO2, por região..... 8
Figura 3 - Globalização ao longo dos séculos 9
Figura 4 - Income per capita (US$) - 2018..... 15
Figura 5 - Population size - 2018.....15
Figura 6 - Emissão de CO2 per capita.....17
Figura 7 - Evolução do número de patentes aplicadas anualmente.....18
Figura 8 - Análise de resíduos.....19
Figura 9 - Balança comercial brasileira.....24

Tabela 1..... 11
Tabela 2..... 12
Tabela 3..... 14
Tabela 4.....16
Tabela 5.....16
Tabela 6.....18
Tabela 7.....20
Tabela 8.....20
Tabela 9.....21
Tabela 10.....24
Tabela 11.....25

RESUMO

A emissão de gás carbônico, principal causa da atual degradação ambiental, é pauta recorrente entre os governos globais. Desde a conferência Rio-92 o tema vem ganhando importância, dado que o nível emitido anual aumentou significativamente nas últimas décadas. Ao mesmo tempo, o mundo vem se globalizando cada vez mais, gerando um maior engajamento entre países, o que permite um comércio internacional mais robusto. O estudo procura, portanto, entender a influência da troca comercial na emissão de CO2, mais especificamente se ser um país exportador gera maior degradação ambiental do que um importador. Exportação acaba impactando a emissão positivamente por meio de maior consumo de energia e recursos naturais, enquanto reduz com a maior experiência na técnica de produção adquirida ao longo do tempo. Já importação impacta positivamente a emissão com um aumento da atividade de transporte e consumo de produtos intensivos em uso energético, enquanto impacta de forma negativa ao incentivar os países a melhor trabalharem com seus recursos escassos. Esta dualidade presente em ambos os fatores nos faz questionar sobre qual direção gera uma maior degradação ambiental.

Com isso, a pesquisa foi realizada por meio do método econométrico Dados em Painel longitudinal com 42 países de diferentes níveis de renda per capita, tamanho da população e localização geográfica, no período compreendido de 2000 a 2020. Após os ajustes necessários, a regressão encontrada acabou confirmando três das quatro hipóteses construídas: enquanto exportação demonstrou um impacto positivo na emissão de gás carbônico, importação demonstrou ser negativa, tendo um maior impacto final das exportações em si. Consequentemente, a variável principal de análise, a dummy de balança comercial, se mostrou positiva, o que confirma a teoria primordial do estudo, em que ser um país exportador gera maior degradação ambiental pela emissão de CO2 do que ser um país importador.

Vale ressaltar que também foi realizado um estudo de caso do Brasil com a aplicação dos resultados encontrados, indicando que para o país reduzir a emissão atual de gás carbônico um dos caminhos seria reduzir as exportações da indústria de transformação e aumentar as importações, desse modo tornando a balança comercial menos positiva e menos nociva ao meio ambiente.

Introdução

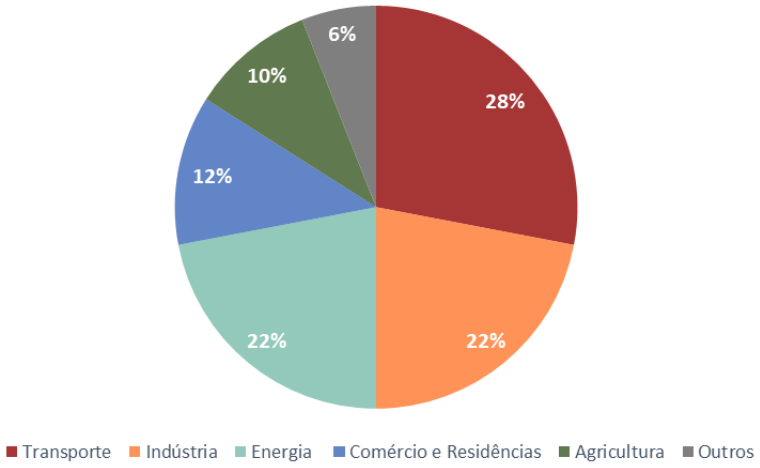
A degradação do meio ambiente veio se tornando um tema amplamente discutido pelas organizações mundiais nos últimos 30 anos. Em 1992 ocorreu a Rio-92, conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano no Brasil, que deu início ao aprofundamento das discussões em torno da deterioração ambiental. Já em 1995, surgiu o Protocolo de Kyoto em Berlim que visou materializar metas específicas para a diminuição da emissão de gases pelos países participantes. No último ano de 2020, ocorreu o Acordo de Paris em que 195 países assinaram um compromisso em que se foi revisado as metas para a redução da emissão de gases de efeito estufa.

De acordo com Tyagi (2014), as principais causas da deterioração da biodiversidade são a poluição, o aquecimento global, o desmatamento e a desertificação, que também afetam negativamente a saúde da população. Considerando a crescente curva de emissão de CO2 (Figura 2) e por ser uma das principais causas dos problemas ambientais, é inegável a necessidade de uma compreensão mais profunda das causas dessa emissão.

Afunilando a pesquisa para as principais fontes de emissão, a EPA, *United States Environmental Protection Agency,* constatou que em 2018 a distribuição de emissão de CO2 por setor da economia se deu da seguinte maneira[1]: 28% por transporte, 22% pela indústria, 22% por energia, 12% por comércio e residências, 10% pela agricultura e 6% por outros (Figura 1). Isso demonstra como a emissão se dá de forma diversificada e não apresenta uma fonte única a ser trabalhada, por isso o entendimento de quesitos macroeconômicos, que também impactam e são impactados de forma geral pelos diversos setores da economia, é de suma importância para a aplicação eficiente de políticas públicas orientadas para a solução do problema.

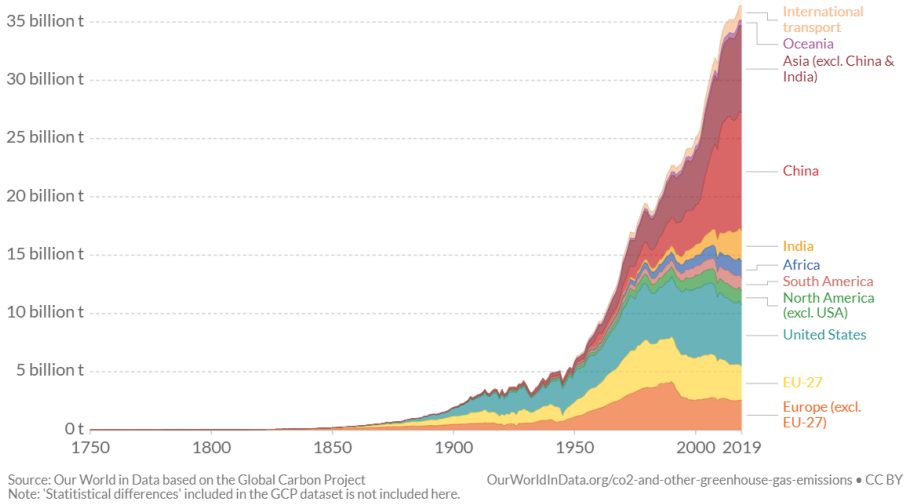
[1] https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions

Figura 1 – Principais fontes de emissão de CO2



Fonte: *United States Environmental Protection Agency* (2018)

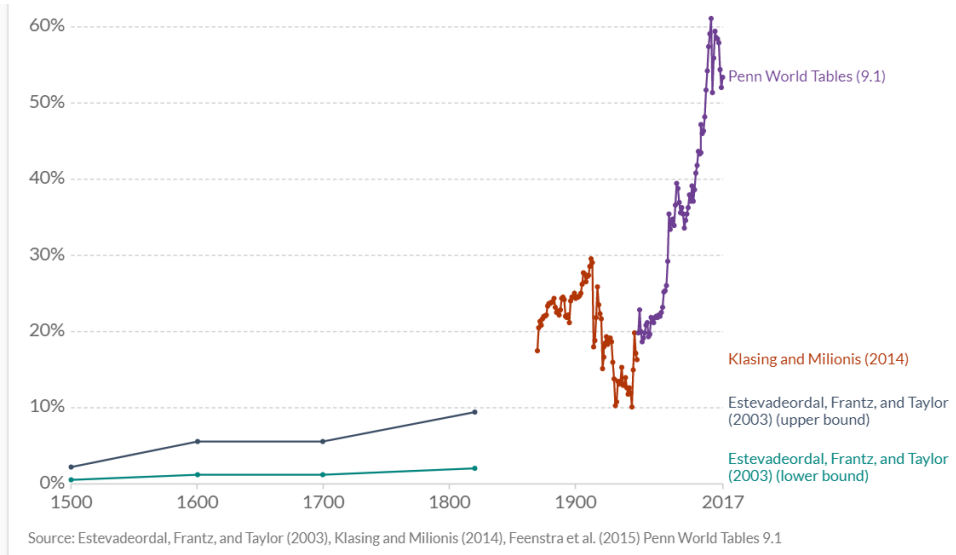
Figura 2 – Emissão anual total de CO2, por região



Fonte: *Our World in Data* (2017)

A (Figura 3) demonstra a evolução do "*openness index*", ou seja, do índice do nível de abertura comercial, ao longo dos últimos 5 séculos. O índice é a soma das importações e exportações globais dividida pelo PIB mundial, e quanto maior seu valor, maior é a influência de transações de troca na atividade econômica global. Em vista que a emissão de CO2 depende e é influenciada pela dinâmica dos índices econômicos e que o comércio entre os países vem se tornando uma vertente fundamental para a economia, o estudo das balanças comerciais entra em pauta.

Figura 3 – Globalização ao longo dos séculos



Fonte: *Our World in Data* (2017)

De acordo com Sadorsky (2011), tanto exportação quanto importação apresentam um impacto positivo no consumo de energia de um país e, dado que os dois indicadores também influenciam transporte e produção industrial, incorporando um efeito nas três principais fontes de emissão. Diante do exposto, este estudo empírico procura entender como a balança comercial pode impactar a emissão de CO2, ou seja, qual o efeito do comércio internacional, especificamente exportação e importação, no nível de emissão de países de diferentes regiões. Deste modo, o estudo espera contribuir para a literatura desenvolvendo uma visão global do efeito da balança comercial, sem segregar os grupos por região, como ocorre em Salman (2019), ou por renda. Isso irá possibilitar os países que possuem a métrica de balança comercial mais emissora, que será apontada no final do estudo, a atribuir este fator como fonte de emissão e procurar por meio de políticas públicas trabalhar para reduzi-la.

O Brasil em 2018 foi o 14° país que mais emitiu dióxido de carbono no mundo[2] e apresentou em 2020 uma balança comercial superavitária de US$ 18,26 bilhões[3]. Tendo isso em vista, o estudo procurará também no final entender se o Brasil pode

[2] https://www.bbc.com/portuguese/brasil-50811386

[3] https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impostos-e-gestao-publica/2021/05/brasil-bate-recorde-historico-de-superavit-da-balanca-comercial-em-abril#:~:text=Brasil%20bate%20recorde%20hist%C3%B3rico%20de%20super%C3%A1vit%20da%20balan%C3%A7a%20comercial%20em%20abril,-.

atribuir certo peso de suas emissões para o nível da balança comercial que opta por ter, sendo possível direcionar políticas públicas para a redução do mesmo.

O estudo será estruturado da seguinte maneira. A segunda seção trará a revisão da literatura. A terceira seção apresentará a metodologia utilizada. A quarta seção analisará os resultados empíricos encontrados. A quinta seção será composta pela análise específica do caso Brasil. A sexta seção será composta da conclusão e, por último, serão descritas as limitações do estudo e a bibliografia utilizada.

Referencial Teórico

O estudo do impacto de índices econômicos na emissão de gás carbônico é bem documentado e aprofundado na literatura. O crescimento econômico, dado pelo PIB, é o tema mais discutido, porém existem também trabalhos bem elaborados em relação a exportação e importação, com distintos métodos econométricos. Como exemplo, Peters et. Al (2011) introduziu o cálculo do consumo de gás carbônico não só pela ótica do gasto doméstico de combustível fóssil, mas também pela soma de emissão de CO2 por importação menos exportação. Ele procurou capturar o efeito do comércio internacional, ao procurar entender se países em desenvolvimento estavam crescendo seu nível de emissão por algum fator de produção gerado pela demanda internacional.

O artigo de Salman (2019), principal base bibliográfica para este paper, utiliza dados em painel para entender os diferentes efeitos da exportação e importação na emissão de CO2 de 1990 a 2017 entre os 7 países da ASEAN (*Association of Southeast Asian Nations*), sendo eles: Indonésia, Malásia, Filipinas, Singapura, Tailândia, Vietnam e Brunei. O autor conclui que exportação tem um efeito claro positivo na emissão de gás carbônico, enquanto importação apresentou resultados heterogêneos entre os países selecionados. Porém, Salman indica a redução de importação de produtos que necessitam de poluição intensiva para sua produção. Além disso, ele investiga o efeito do tamanho da população e intensidade energética, e mostra que ambos apresentam impacto positivo na emissão. Já a inovação tecnológica diminui o consumo de energia

ao aprimorar a eficiência energética nos processos produtivos, reduzindo assim a emissão de gases.

Outro estudo importante que trabalha com uma visão individualizada de um determinado país é o de Sánchez-Chóliz (2004). O estudo procura entender por meio de um modelo input-output, como a exportação e importação da Espanha, segregada por setor da economia, afetam a emissão de CO2 do país e dos países que fornecem suas importações. Os autores concluem que os setores de transporte de material, mineração e energia, indústrias não metálicas, químicos e metais são os mais relevantes exportadores de gás carbônico, enquanto outros serviços, construção e alimentos são os mais relevantes importadores.

Aprofundando a pesquisa teórica de pôr quais vias a exportação em específico impacta as emissões, Bosupeng (2016) afirma que exportar apresenta uma relação direta com consumo de energia, ou seja, quanto mais exportação, maior o consumo e, consequentemente, maior poluição será gerada. Já Schmalensee et al. (1998) deduz que a exportação por um país consome os recursos naturais do mesmo, o que leva a um aumento da combustão de combustível fóssil que acaba degradando o meio ambiente pela emissão de carbono. Como último argumento, Salman (2019) menciona que o aumento da exportação pode com o tempo reduzir a emissão de gases já que, quanto mais experiência na técnica de produção, as indústrias terão mais possiblidade de transacionar para um método que degrade menos o ambiente, com o passar do tempo.

Tabela 1

Mecanismos de impacto da exportação	Efeito na emissão de CO2
Maior consumo de energia	+
Maior consumo de recursos naturais	+
Maior experiência na técnica de produção	-

Em relação as vias de impacto da importação na emissão de CO2, Sadorsky (2012) apresenta duas teorias importantes por meio de estimativas de um painel de cointegração entre 7 países da América do Sul, sendo a primeira que o aumento de produtos importados, aumenta a atividade de transporte, que consome mais combustível, levando a mais emissão. Já a segunda, se refere a produtos importados

consumidores intensivos de energia, como eletrodomésticos, ar-condicionado, entre outros, que acabam aumentando o consumo energético do país e, consequentemente, emitem mais gás carbônico. Favorecendo a importação para a redução da degradação ambiental, Shahbaz (2013) argumenta que a abertura comercial fornece a possiblidade de acesso destes países ao mercado internacional, o que acaba aumentando a competição entre eles e, deste modo, ocorre uma maior eficiência de uso dos recursos escassos, o que encoraja a importação de tecnologias mais limpas para a redução da emissão de CO2.

Tabela 2

Mecanismos de impacto da importação	Efeito na emissão de CO2
Maior atividade de transporte	+
Produtos importados consumidores intensivos de energia	+
Maior eficiência dos recursos escassos	-

Como tanto exportação quanto importação apresentam argumentos a favor e contra o seu efeito sobre a emissão, ainda fica no ar se um país com tendências de exportação realmente degradam mais o ambiente do que países importadores. Levando isto em consideração, este paper procura analisar diretamente balanças comerciais negativas e positivas de diversos países, para identificar seu impacto final na emissão de gases de efeito estufa. Está análise será realizada com a validação das seguintes hipóteses:

1. Importação afeta positivamente a emissão de CO2.
2. Exportação afeta positivamente a emissão de CO2.
3. Exportação tem maior impacto na emissão do que importação.
4. Ter uma balança comercial positiva influencia mais a emissão de gás carbônico do que uma balança negativa.

Metodologia

A metodologia de estudo será baseada no STIRPAT model, "*Stochastic Impacts by Regression on Population, Affluence and Technology*", primeiramente introduzida em Dietz and Rosa (1994). Está ferramenta é amplamente utilizada para entender o efeito de certos indicadores econômicos na degradação do meio ambiente. Porém, o STIRPAT foi adaptado de uma primeira versão do IPAT, que representa o estudo do impacto humano, da população, da riqueza e da tecnologia na qualidade ambiental. Como o IPAT, modelo original que procura explicar os impactos ambientais por meio de três forças: população, afluência (consumo ou produção per capita) e tecnologia, ou seja, *I = PAT*, apresenta alguns problemas econométricos, a versão estocástica desenvolvida por Dietz and Rosa (1994) é mais precisa e bem fundamentada para a análise.

O modelo terá como foco o estudo do impacto das seguintes variáveis na emissão de CO2:

- Tamanho da população (POP),
- PIB per capita (PIB),
- Nível de inovação tecnológica (IT),
- Exportação (EX),
- Importação (IM),
- Intensidade energética (IE),
- *Dummy* Balança Comercial (BC),
- Serviço de transporte, como % dos serviços exportados (TEX),
- Serviço de transporte, como % dos serviços importados (TIM),

$$CO2_{it}(POP_{it}, PIB_{it}, IT_{it}, EX_{it}, IM_{it}, IE_{it}, BC_{it}, TEX_{it}, TIM_{it}, CEX_{it}, CIM_{it})$$

$i = país.$
$t = ano.$

As seis primeiras variáveis escolhidas se baseiam no trabalho de Salman (2019), sendo nível de inovação tecnológica (IT) especificamente medida pela contagem de patentes aplicadas. A dummy de balança comercial será crucial para o desenvolvimento do estudo. Ela separará os dois grupos de países, sendo os com

balança comercial positiva designados com o número 1 e os com balança comercial negativa com o número 0. Os serviços de transporte servirão como controle e para identificar em que direção o transporte tem maior efeito, já que a série de dados é medida pela % dos serviços totais influenciados pelas trocas comerciais.

A base de dados das variáveis apresentadas terá como fonte a WDI (*World Development Indicators*), com um período compreendido de 2000 a 2020. Os países selecionados (Tabela 3) fazem parte de uma pré-seleção, sendo a continuação de sua participação na base dependente da disponibilidade de dados das variáveis indicadas. A escolha dos 60 países se deu pelo filtro da diversificação, ou seja, existe uma distribuição heterogênea de renda per capita (Figura 4), tamanho populacional (Figura 5), magnitude da balança comercial (positiva e negativa)[4] e localização geográfica na base selecionada, com o objetivo de minimizar possíveis vieses no estudo. Como se pode observar na tabela 3, os 60 países foram segregados em dois grupos de 30.

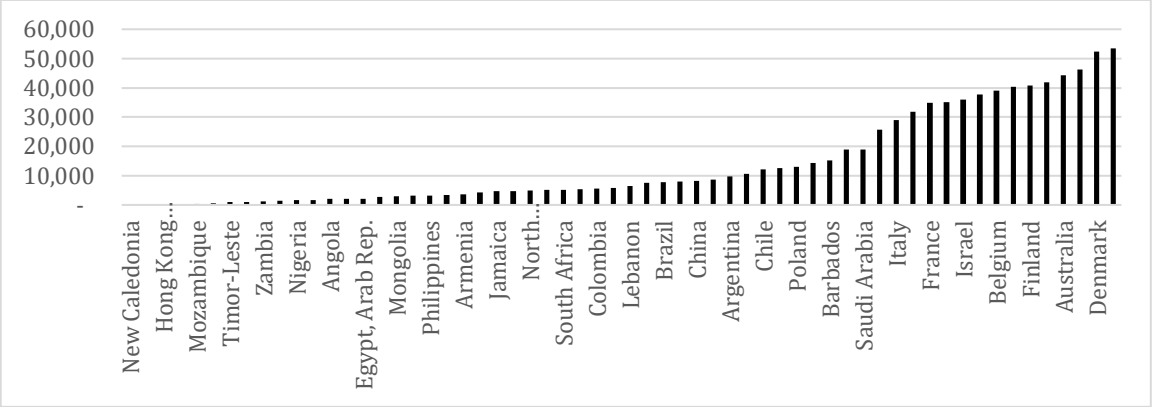
Tabela 3

	Europa	America	Asia	Africa	Oceania
Balança Comercial Positiva	Belgica	Argentina	Azerbaijão	Angola	Australia
	Dinamarca	Brasil	China	Congo	Nova Zelândia
	Alemanha	Chile	Timor Leste	Africa do Sul	
	Italia	Equador	Indonesia	Zambia	
	Irlanda	Mexico	Japão		
	Polonia	Peru	Mongolia		
	Russia	Porto Rico	Arabia Saudita		
	Suécia	Paraguai	Coreia do Sul		
	Europa	**America**	**Asia**	**Africa**	**Oceania**
Balança Comercial Negativa	França	Barbados	Armênia	Egito	Fiji
	Albania	Canada	Hong Kong	Moçambique	Nova Caledônia
	Croacia	Estados Unidos	India	Marrocos	
	Finlandia	Uruguai	Israel	Nigeria	
	Macedonia	Honduras	Libano		
	Portugal	Costa Rica	Filipinas		
	Espanha	Colombia	Paquistão		
	Turquia	Jamaica	Nepal		

Fonte: *Trading Economics.*

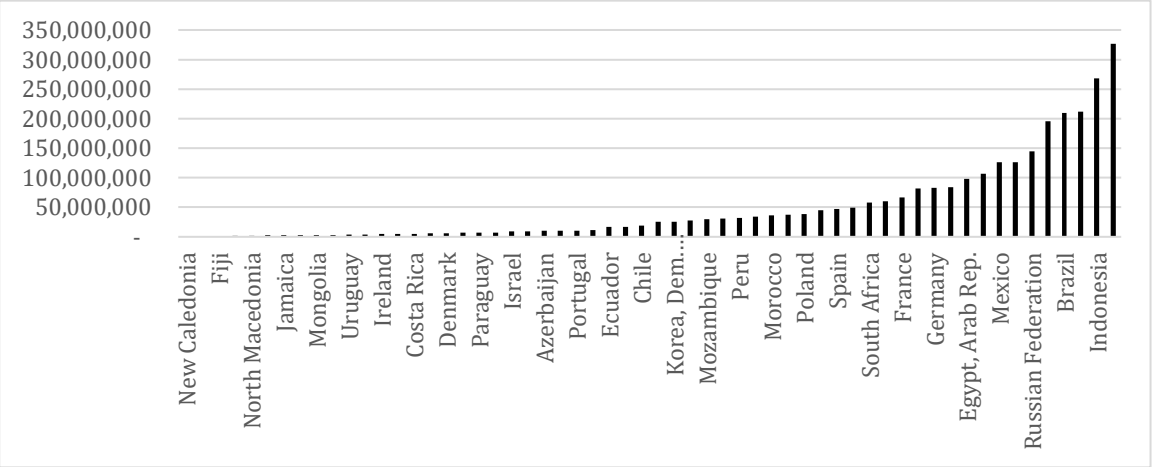
[4] https://tradingeconomics.com/country-list/balance-of-trade

Figura 4 – Income per capita (US$) - 2018



Fonte: *World Development Indicators* (2018)

Figura 5 – Population size - 2018



Fonte: *World Development Indicators* (2018)

A técnica econométrica utilizada será Dados em Painel Longitudinal, seguindo de forma similar o estudo realizado em Salman (2019), principal referencial teórico, a fim de compreender o efeito das variáveis não só em uma data específica, mas também sua progressão ao longo do tempo. O fator temporal é de grande importância para o trabalho, dado que a emissão de gás carbônico se modifica de forma significativa de um ano para o outro, tornando o estudo de somente um recorte pequeno temporal insuficiente para concluir as hipóteses testadas. A regressão estudada terá como variável dependente o nível de emissão de gás carbônico e as independentes serão todas as outras anteriormente apresentadas.

Análise Descritiva

Após a construção da base de dados, alguns países foram descartados da análise por não apresentarem valores para algumas das variáveis explicativas escolhidas, se resumindo em 42 finais para o estudo (Tabela 4).

Tabela 4

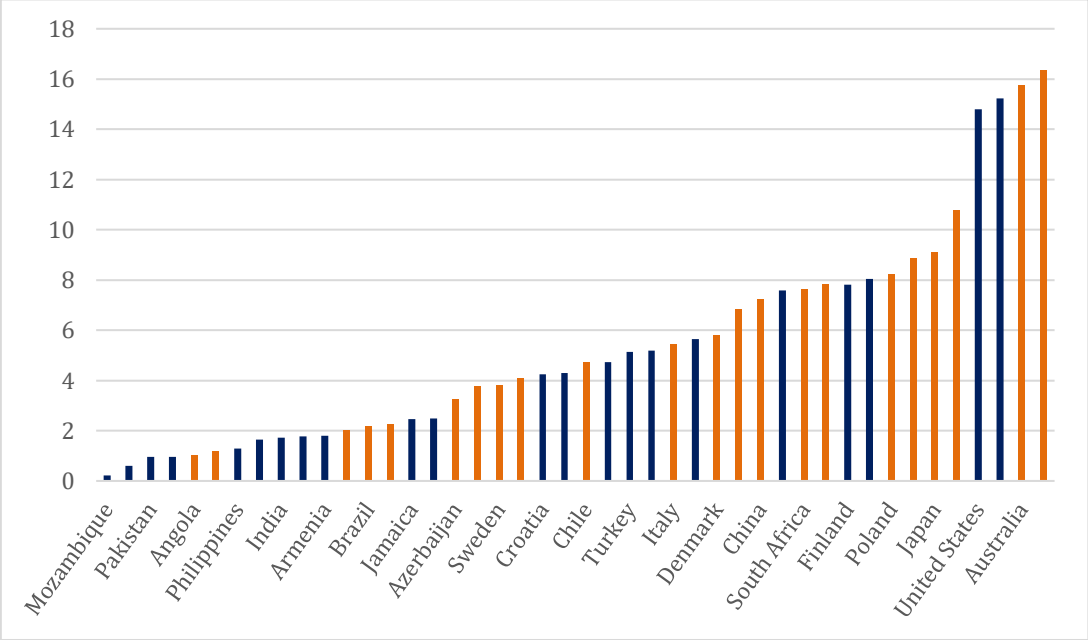
	Europa	America	Asia	Africa	Oceania
Balança Comercial Positiva	Dinamarca	Argentina	Azerbaijão	Angola	Australia
	Alemanha	Brasil	China	Africa do Sul	Nova Zelândia
	Italia	Chile	Indonesia		
	Irlanda	Equador	Japão		
	Polonia	Mexico	Arabia Saudita		
	Russia	Paraguai			
	Suécia				
	Europa	**America**	**Asia**	**Africa**	**Oceania**
Balança Comercial Negativa	França	Estados Unidos	Armênia	Egito	
	Croacia	Uruguai	India	Moçambique	
	Finlandia	Honduras	Israel	Nigeria	
	Portugal	Costa Rica	Libano		
	Espanha	Jamaica	Filipinas		
	Turquia		Paquistão		

A variável resposta do estudo, emissão de CO2, apresenta uma maior presença no grupo 1, países com balança comercial positiva, por meio da análise descritiva (Figura 6). Além disso, se pode notar a diferença de nível emitido entre os dois grupos pela Tabela 5, que basicamente separa os 42 países em quartis por nível de emissão, ou seja, os países no “Quartil 1” emitem menos gás carbônico, enquanto os países no “Quartil 4” emitem mais, e por grupo (0 e 1). O percentual apresentado enaltece a forte representatividade do Grupo 0, balança comercial negativa, no “Quartil 1”, enquanto o Grupo 1 se sobressai nos quartis seguintes.

Tabela 5

	Grupo 0	Grupo 1
Quartil 1	81.8%	18.2%
Quartil 2	36.4%	63.6%
Quartil 3	45.5%	54.5%
Quartil 4	36.4%	63.6%

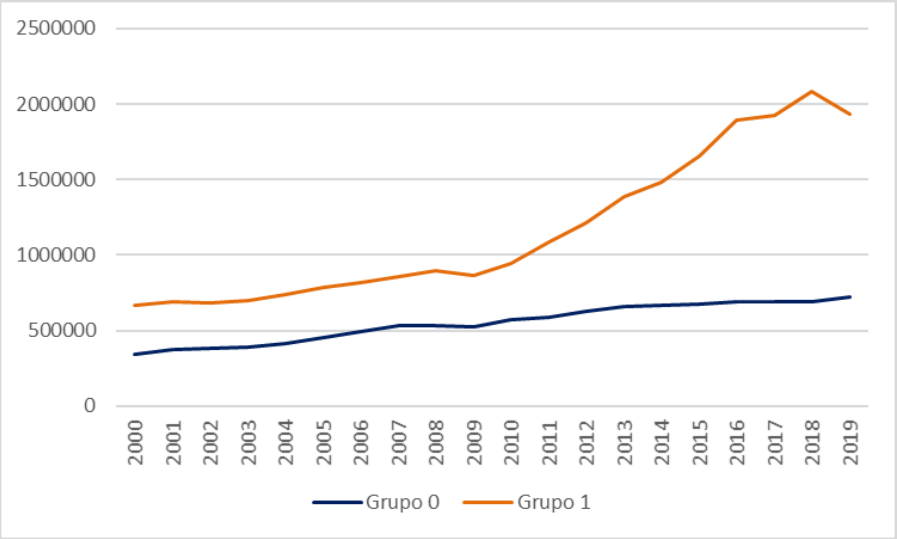
Figura 6 – Emissão de CO2 per capita - 2017



Fonte: *World Development Indicators* (2017)

Dentre as variáveis explicativas escolhidas, uma das mais relevantes e que se espera um efeito negativo na emissão de CO2 é o nível tecnológico do país, que neste caso é o número absoluto de patentes aplicadas. Sua correlação com o PIB se mostrou forte positivamente (0.78), o que reforça a indicação de que quanto mais tecnologia implementada, mais o país se desenvolve economicamente. Também é interessante notar (Figura 7) que os países com balança comercial positiva (Grupo 01) apresentaram um número muito maior de patentes aplicadas anualmente e demonstraram um nível de crescimento elevado a partir de 2010. Essa diferença evidencia a necessidade de aumento do nível tecnológico para os países exportadores, já que existe uma demanda pela constante melhoria dos métodos de produção.

Figura 7 – Evolução do número de patentes aplicadas anualmente



Fonte: *World Development Indicators* (2019)

Além destas variáveis, é importante analisar o impacto da balança comercial em si, sendo o nível de exportação menos o nível de importação, no PIB dos respectivos países, dado que a exportação (0.89) e importação (0.95) se mostraram extremamente correlacionadas ao nível do PIB. Por meio de uma média da representatividade da balança comercial no PIB de 2019 dos países dos dois grupos estudados, foi concluído que a balança impacta somente 4% positivo o grupo 1, enquanto reduz o PIB em 7% para o grupo 0, indicando que o nível de importação apresenta uma significância maior para o nível de desenvolvimento dos países. Os três países mais impactados de cada grupo, pela balança comercial, podem ser encontrados na Tabela 6.

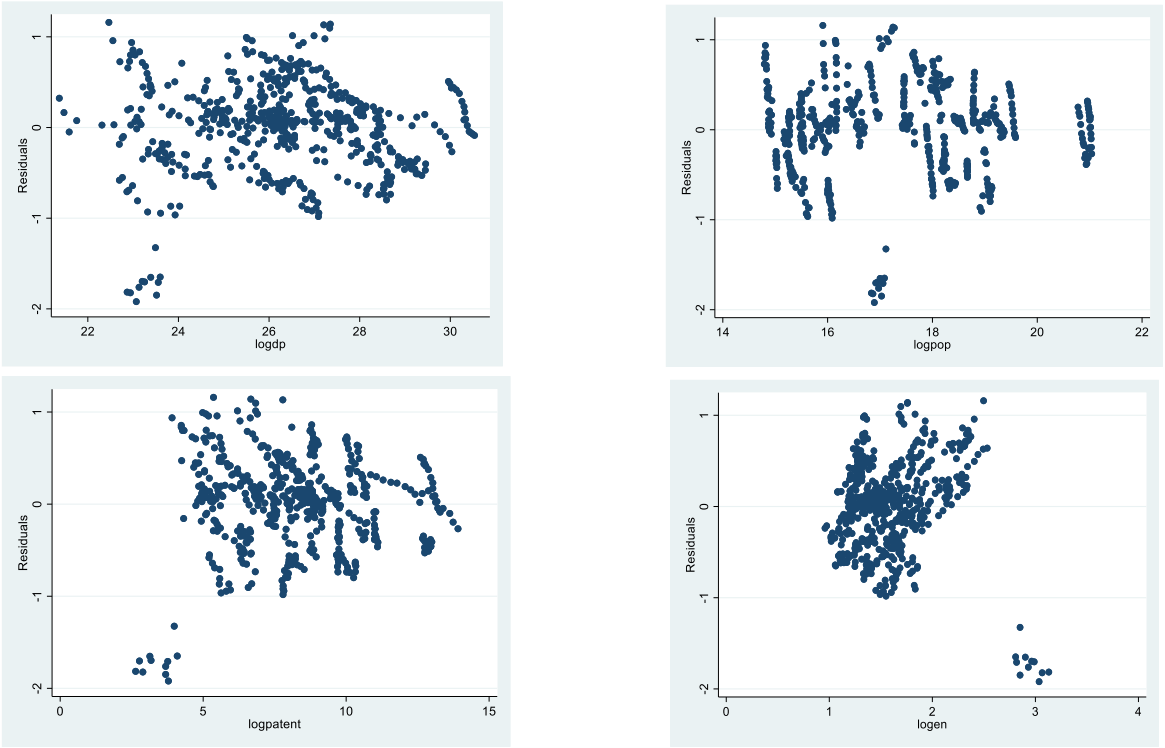
Tabela 6

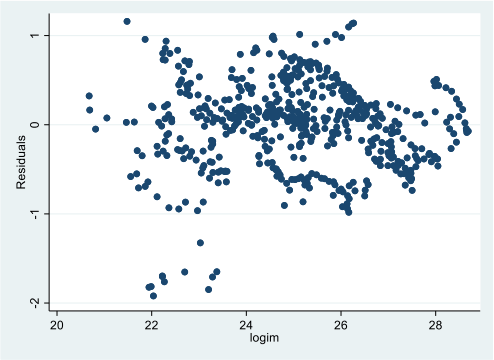
País	% da balança comercial no PIB
Azerbaijão	12.3%
Irlanda	12.3%
Angola	14.4%
Armênia	-13.4%
Jamaica	-14.0%
Honduras	-18.2%

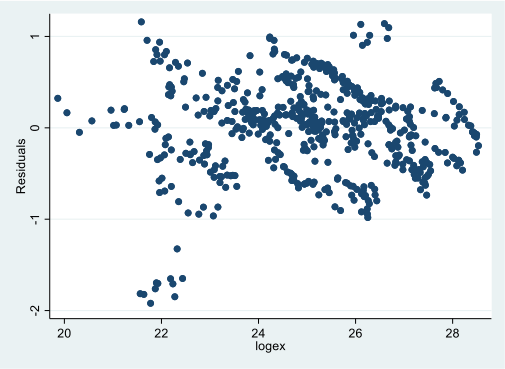
Análise Econométrica

Em seguida foi realizada a análise econométrica baseada em Dados em Painel, com os devidos ajustes econométricos, para a conclusão do trabalho. Primeiramente, por conta de uma endogeneidade presente entre a variável explicativa “PIB” e a variável resposta, foi selecionado uma terceira variável como instrumento para inibir este efeito. Após uma análise de correlação regular e com os termos de erro, “Serviço de transporte, como % dos serviços exportados (TEX)” foi a melhor candidata para seguir como instrumento para o modelo, apresentando correlação de -0.092 com “PIB” e -0.027 com “CO2 emission”. Além disso, foi aplicado o log na série, a convertendo para um formato log-log, dada a existência de uma diferença significante de magnitude entre a variável dependente e as independentes, podendo assim, inibir o efeito com a transformação logarítmica das variáveis explicativas. Seguem os gráficos de resíduos por cada um dos regressores analisados:

Figura 8 – Análise de resíduos







Além dos resíduos dos regressores apresentados, foi realizado um teste de Wald modificado para analisar de forma precisa a presença de heterocedasticidade no modelo. Conforme demonstrado na Tabela 7 e com 95% de confiança, o teste confirmou a não presença de heterocedasticidade, o que não se foi necessário, consequentemente, utilizar um método robusto na regressão.

Tabela 7

	chi2	Prob>chi2
Modified Wald test	12.96	0.67

Fonte: *Software Stata*

Tabela 8

	chi2	Prob>chi2
Hausman test	62.48	0.00

Fonte: *Software Stata*

Após a realização da regressão simples Pooled OLS, com resultado relevante e significativo, o teste de parâmetros foi aplicado para identificar se era necessário seguir com uma regressão de efeito fixo ou aleatório em vez da básica demonstrada. Com 95% de confiança, o teste indicou seguir adiante com a análise. Para isso, foi realizado uma regressão de efeito fixo com os devidos ajustes explicados anteriormente e outra com efeito aleatório também com os devidos ajustes. Vale ressaltar que a principal diferença entre os modelos é que o fixo considera que os efeitos que não são observáveis são correlacionados com o termo regressor, enquanto o aleatório segue a linha inversa. Em seguida, para definir qual dos dois

modelos seria mais apropriado adotar para a conclusão do estudo, foi realizado um teste de Hausman (Tabela 8) que acabou apontando para a regressão de efeito aleatório como a mais apropriada para a análise. Esta escolha faz sentido também em uma ótica teórica já que os efeitos observados entre os diferentes países da amostra selecionada são identificados como heterogêneos. Portanto, a equação final da regressão se dá da seguinte maneira:

$$\ln(CO_{2i,t}) = \beta_0 + \beta_1 BC_{i,t} + \beta_2 \ln(POP)_{i,t} + \beta_3 \ln(PIB)_{i,t} + \beta_4 \ln(IT)_{i,t} + \beta_5 \ln(EX)_{i,t} + \beta_6 \ln(IM)_{i,t} + \beta_7 \ln(IE)_{i,t} + \beta_8 \ln(TEX)_{i,t} + \beta_9 \ln(TIM)_{i,t} + \alpha_i + \varepsilon_{i,t}$$

Análise dos Resultados

Conforme a explicação dada acima sobre a análise econométrica realizada, segue abaixo a Tabela 9 com o resultado das três regressões, lembrando que a mais adequada no caso foi a regressão com efeito aleatório. O modelo no geral apresenta que os regressores explicam 75,44% das variações da variável resposta, o que é significante e satisfatório para seguir com a análise.

Tabela 9

Variáveis Independentes	Pooled OLS	Efeito Fixo	Efeito Aleatório
Balança Comercial	0.1109**(0.0535)	0.1478***(0.0517)	0.1225**(0.0535)
ln (Tamanho da População)	-0.5458***(0.0216)	-0.5561***(0.0290)	-0.5451***(0.0216)
ln (PIB per capita)	0.1696**(0.0829)	0.2378***(0.0794)	0.2255***(0.0819)
ln (Inovação Tecnológica)	0.2335***(0.0230)	0.1486***(0.0236)	0.2048***(0.0232)
ln (Exportação)	0.3089***(0.0854)	0.1593*(0.0957)	0.2815***(0.0968)
ln (Importação)	-0.0854 (0.1026)	0.1103 (0.1093)	-0.1011**** (0.1087)
ln (Intensidade Energética)	0.3219***(0.6596)	0.2854***(0.0643)	0.3312***(0.0658)
ln (Transporte IM)	0.0485 (0.0345)	-0.3111***(0.6037)	-0.3179***(0.0611)
ln (Transporte EX)	-0.2814***(0.0626)	-	-
R^2	0.7579	0.7473	0.7544
Corr.		-0.2005	0

Fonte: *Software Stata*

Observação p-valor: **** = < 0.15*** = < 0.10, ** = < 0.05 e * = < 0.1.

De início, pode se observar que a única variável explicativa que se mostrou menos relevante de acordo com o p-valor, foi o nível de importação, mas mesmo assim sua análise ainda é válida, significando que um aumento de 1% no nível de importação reduz a emissão de gás carbônico em -0.1011 pontos percentuais. Além disso, vale lembrar que a variável serviço de transporte EX não possui valor por ter sido designada como um instrumento para a regressão. Dentre as variáveis explicativas relevantes, com 95% de confiança, somente serviço de transporte IM e tamanho da população demonstraram coeficientes negativos, o que significa que um aumento percentual de 1% no serviço de transporte, como % dos serviços importados, gera uma redução de -0.318 pontos percentuais na emissão de CO2, enquanto um aumento de 1% no tamanho da população reduziria a emissão de gás carbônico em -0.54 pontos percentuais, o que neste caso não vai em linha com o esperado.

Já para os regressores que apresentaram um coeficiente positivo, pode se notar que os que demonstram maior impacto e mais causam emissão de gás carbônico são: intensidade energética e nível de exportação. De acordo com os resultados, e com 95% de confiança, um aumento de 1% da intensidade energética utilizada, gera um aumento de 0.33 pontos percentuais de emissão de CO2, enquanto um aumento de 1% do nível de exportação gera um crescimento de 0.28 pontos percentuais de emissão do gás carbônico, o que já pode ser um indício de que uma variação no nível de exportação deve ter um maior impacto positivo na degradação ambiental do que uma variação na importação.

Além dos regressores citados, a balança comercial, ou seja, se o país faz parte do grupo com balança negativa ou positiva, o PIB per capita e inovação tecnológica se apresentaram com um coeficiente positivo. Tendo isso em vista, pode se concluir que a presença de uma balança comercial positiva acaba aumentando a emissão de gás carbônico em 0.1225 pontos percentuais, o crescimento de 1% do PIB per capita impacta positivamente em 0.2255 pontos percentuais a degradação ambiental e, na mesma linha, um aumento de 1% de inovação tecnológica deve gerar um crescimento de 0.2048 pontos percentuais na emissão de CO2.

Em relação as quatro hipóteses definidas na introdução, pode se concluir que somente a primeira “importação afeta positivamente a emissão de CO2” não foi de acordo com

o esperado já que o coeficiente se mostrou negativo. A segunda e a terceira foram validadas com o coeficiente de nível de exportação positivo e influenciando mais a emissão de gases do que a importação que claramente afeta menos neste caso. Por último, a quarta e mais relevante hipótese também foi validada com um coeficiente da variável Balança Comercial positivo, indicando que possuir uma balança comercial positiva e exportadora ajuda na emissão de gás carbônico.

Análise Case Brasil

Tendo em vista que o resultado encontrado neste artigo é fundamentado por um escopo macroeconômico e generalista, está seção busca demonstrar como a análise realizada pode ser utilizada por um país específico e como isso iria de fato beneficiá-lo em termos de redução de degradação ambiental.

O Brasil, país escolhido para a aplicação direta, manifestou algumas mudanças em sua balança comercial ao longo dos últimos 20 anos. O país se mostrou exportador na maioria do tempo das últimas duas décadas[5], mais especificamente obtendo uma balança comercial positiva de 2001 a 2012 e de 2015 a 2017, principalmente por conta da forte exportação de minério e insumos agrícolas. Segue na Figura 9 o histórico da balança comercial brasileira em termos absolutos.

Neste ano de 2021, o Brasil apresentou uma balança comercial positiva com um cenário macroeconômico favorável, dada a forte influência da crise do COVID-19 na dinâmica global de exportação e importação. Com um problema estrutural de falta de container para transporte e a própria produção dos produtos com o lockdown em 2020, os estoques de forma geral ficaram deficitários, necessitando uma retomada de suprimento forte em 2021 para compensar tal cenário. Como o Brasil é um país rico em matéria-prima, acaba tendo uma capacidade suficiente para se beneficiar com essa falta de produtos em geral e exportar para os países mais necessitados, expandindo a vertente exportadora da balança comercial. Por outro lado, com a crise e o forte aumento da taxa de juros neste ano, o real acaba sofrendo uma depreciação

[5] https://tradingeconomics.com/brazil/balance-of-trade

considerável que estimula a diminuição da importação de produtos. Esses dois fatores acabam convergindo a balança comercial para o valor positivo observado na Tabela 10.

Figura 9 – Balança comercial brasileira

Fonte: tradingeconomics.com e MDIC.

Tabela 10

	Exportação	Importação	Corrente de Comércio	Saldo Comercial
		US$ bilhões FOB		
1º trim.	55,7	47,6	103,2	8,1
2º trim.	80,5	51,6	132,1	29,0
3º trim.	77,2	57,6	134,8	19,5
Acumulado	213,4	156,8	370,1	56,6
		Variação % a.a.		
1º trim.	15,7	5,0	10,5	189,7
2º trim.	53,1	55,9	54,2	48,5
3º trim.	40,2	57,7	47,2	5,5
Acumulado	37,0	36,4	36,7	38,7

Fonte: *SECEX/ME*

Levando em consideração o histórico apresentado e o atual cenário, é possível traçar, pelo breakdown mensal mais recente descrito na Tabela 11, um certo plano para tornar a balança comercial menos positiva e exportadora. Vale ressaltar que é de suma importância analisar o caso específico do país. Como o Brasil é um país primordialmente exportador e que supre uma quantidade significativa de países, não é correto simplesmente querer reverter a balança comercial em negativa, é preciso ter

uma sensibilidade de até que ponto é saudável para o meio ambiente reduzir as exportações sem agredir a economia do país.

No caso brasileiro, pode se perceber pela Tabela 11 que o segmento que melhor poderia sofrer uma redução na exportação, sem agredir a economia, seria o de Indústria de Transformação, já que uma mudança marginal nele, de por exemplo 10%, teria um impacto maior na balança do que os outros e ele em si poderia provavelmente ser compensado com um incremento no nível de importação, que já é alto no segmento.

Tabela 11

US$ Milhões	**Exportação**	**Importação**	**BC**
Agropecuária	1,607.96	242.14	1,365.82
Indústria Extrativa	1,981.95	722.99	1,258.96
Indústria de Tranformação	6,355.32	8,413.25	(2,057.93)
Total	9,945.23	9,378.38	566.85

Fonte: *SECEX/ME*

Para essa dinâmica ocorrer, o governo precisaria intervir em algum dos lados, ou seja, ele poderia aumentar os impostos na produção dos bens da Indústria de Transformação ou reduzir os impostos de importação destes respectivos bens, com ambos os casos movimentando as duas vertentes. Enquanto o aumento dos impostos de produção reduz a produção de forma geral, freando a exportação e ao mesmo tempo necessitando de uma compensação da importação para suprir a demanda reprimida interna, a redução dos impostos de importação aceleram a atratividade da importação destes bens e reduz a necessidade de tanta produção interna, reduzindo também a exportação de forma geral.

Arrematando a discussão desta seção, para aplicar de forma especifica os resultados generalistas encontrados neste artigo é necessário compreender o histórico da balança comercial do país em questão, seu atual cenário e as especificidades dele que o tornam mais inclinado para exportação ou importação. Após isso, o ideal seria compreender o breakdown setorial da balança comercial e definir qual setor seria mais vantajoso atacar sem desequilibrar de forma significativa a economia do país.

Conclusão

Dada a existência de teorias distintas afirmando que a degradação ambiental ocorre por países importadores e exportadores, deixando a dúvida de qual dinâmica efetivamente corrobora menos para a emissão de CO2, este estudo buscou exatamente compreender o impacto da dinâmica do comércio internacional, mais especificamente de se ter uma balança comercial positiva ou negativa, na emissão de gás carbônico, pauta essencial das discussões internacionais desde a conferência da Rio-92. O método de análise elaborado foi econométrico por meio de dados em painel longitudinal, com uma base de dados composta por 42 países de diferentes regiões e composições de balança comercial.

Como citado na seção da “Análise dos Resultados”, a variável dummy da Balança Comercial, que designa os países com balança positiva como grupo 1 e os com balança negativa como grupo 0 e que engloba a principal tese deste artigo, se mostrou com um coeficiente positivo, de acordo com o esperado, de 0.1225. Isso significa que, em linhas gerais, ter uma balança comercial exportadora tem maior efeito na emissão de gás carbônico global do que ter uma balança importadora.

O resultado encontrado também acaba concluindo a questão levantada na seção de “Referencial Teórico”, em que por se ter teses distintas de Bosupeng (2016), Schmalensee et al. (1998) e Salman (2019) defendendo que um aumento de exportação aumentaria ou diminuiria a emissão de CO2, dependendo da teoria, e que Sadorsky (2012) e Shahbaz (2013) também fazem o mesmo estilo de análise, porém para importação, a dúvida de qual força da balança comercial mais influencia a emissão de gás carbônico ficou à tona, até a análise econométrica realizada neste estudo, que indica um direcionamento mais inclinado para a força exportadora descrita por Bosupeng (2016), Schmalensee et al. (1998) e Salman (2019).

Vale ressaltar por fim que as informações encontradas com o estudo podem servir de base para a implementação de políticas públicas para diferentes países. Como exemplo temos o caso do Brasil citado na seção anterior, mas basicamente com as novas restrições e metas para redução de gás carbônico pelo mundo até 2050, um país muito dependente de exportação pode procurar migrar ao longo dos anos para

uma balança comercial mais negativa ou menos exportadora, reduzindo a emissão e convergindo cada vez mais para a sua meta de redução da emissão de CO2.

Limitações

O estudo, assim como qualquer artigo que busca aplicar um método econométrico, apresenta algumas limitações e possíveis melhorias para tornar a análise ainda mais robusta e aperfeiçoada.

Em relação a escolha da base de dados, foi necessário um corte de 30% dos países originalmente selecionados por falta de variáveis dos 18 desconsiderados para a base final. O estudo continuou com um número relevante e uma boa diversificação entre as regiões, mas seria ideal obter mais países para tornar a análise ainda mais robusta. Além disso, o painel em si se mostrou desbalanceado por conta da omissão de dados em alguns anos da amostra.

Como melhoria e futura utilização deste artigo em outros estudos, seria importante realizar uma análise microeconômica qualitativa do país em questão, antes de somente aplicar a conclusão mais genérica e macroeconômica encontrada neste paper em algum país específico que deseja reduzir sua emissão de gás carbônico. Também vale ressaltar que a emissão do gás é realizada por diversos fatores e não somente pelos que estão ligados à balança comercial. Este estudo busca especificamente entender o papel das balanças em si e não resolver o problema como um todo da degradação ambiental pela emissão excessiva de CO2. O caminho para tais metas ainda é longo e complexo.

Referências Bibliográficas

BOSUPENG, Mpho. **The Effect of Exports on Carbon Dioxide Emissions:** Policy Implications**.** International Journal of Management and Economics, No. 51. 2016. 20-32 p.

DIETZ, Thomas. ROSA, Eugene. **Rethinking the Environmental Impacts of Population, Affluence and Technology.** Human Ecology Review, Vol. 1. No. 2. 1994. 277-300 p.

PETERS, Glen P. MINX, Jan C. WEBER, Christopher L. EDENHOFER, Ottmar. **Growth in emission transfers via international trade from 1900 to 2008.** PNAS. Vol. 108. 2011. 8903-8908 p.

SADORSKY, Perry. **Trade and energy consumption in the Middle East.** Energy Economics 33. 2011. 739-749 p.

SADORSKY, Perry. **Energy consumption, output and trade in South America.** Energy Economics 34. 2012. 476-488 p.

SALMAN, Muhammad. LONG, Xingle. DAUDA, Lamini. MENSAH, Claudia. MUHAMMAD, Sulaman. **Different impacts of export and importo on carbon emissions across 7 ASEAN countries:** A panel quantile regression approach. Science of the Total Environment, 2019.

SÁNCHEZ-CHÓLIZ**,** Julio. DUARTE, Rosa. **CO2 emissions embodied in international trade:** evidence for Spain**.** Energy Policy. 2004. 1999-2005 p.

SCHMALENSEE, Richard. STOKER, Thomas. JUDSON, Ruth. **World Carbon Dioxide Emissions:** 1950 – 2050. 1998.

SHAHBAZ, Muhammad. HYE, Qazy Muhammad Adnan. TIWARI, Aviral Kumar. LEITÃO, Nuno Carlos. **Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions in Indonesia.** Renewable and Sustainable Energy Reviews 25. 2013. 109-121 p.

TYAGI, Swati. GARG, Neelam. PAUDEL, Rajan. **Environmental Degradation:** Causes and Consequences**.** Vol. 81. No. 8-2. 2014.1491-1498 p.