



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JOÃO FURTADO DOS SANTOS NETO

**PEGADA DE CARBONO E INDICADORES DE
SUSTENTABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DA
INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO EM PAÍSES
SELECIONADOS**

Londrina
2023

JOÃO FURTADO DOS SANTOS NETO

**PEGADA DE CARBONO E INDICADORES DE
SUSTENTABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DA
INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO EM PAÍSES
SELECIONADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia Regional (PPE) – Mestrado – da Universidade Estadual de Londrina, como exigência parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: prof. Dr. Umberto Antônio Sesso Filho.

Londrina
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Santos Neto, João Furtado dos .

Pegada de carbono e indicadores de sustentabilidade na cadeia produtiva da indústria da construção em países selecionados / João Furtado dos Santos Neto. - Londrina, 2023.

49 f. : il.

Orientador: Umberto Antônio Sesso Filho.

Dissertação (Mestrado em Economia Regional) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Estudos Sociais Aplicados, Programa de Pós-Graduação em Economia Regional, 2023.

Inclui bibliografia.

1. Pegada de carbono na cadeia produtiva da construção civil - Tese. I. Sesso Filho, Umberto Antônio . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Estudos Sociais Aplicados. Programa de Pós-Graduação em Economia Regional. III. Título.

CDU 33

JOÃO FURTADO DOS SANTOS NETO

**PEGADA DE CARBONO E INDICADORES DE
SUSTENTABILIDADE NA CADEIA PRODUTIVA DA
INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO EM PAÍSES
SELECIONADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia Regional (PPE), Mestrado, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Umberto Sesso Filho
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof.. Dr. Emerson Guzzi Zuan Esteves
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Patrícia Pompermayer Sesso
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná –
IDR

Londrina, 27 de janeiro, 2023.

DEDICATÓRIA

*Em memória de João Cesar dos Santos e Farid Manoel Neto, pelos familiares
incríveis que se foram.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecer aos meus familiares, tanto aos que se foram quanto aos que aqui estão, em especial a minha mãe Valmi, meu pai João Cesar, meu irmão Neto e a minha tia Valquiria que em todos os momentos sempre incentivaram meus sonhos e objetivos. Esses são os verdadeiros personagens de cada passo que venho dando em minha trajetória, sendo esse parágrafo um pequeno gesto incomparável ao que fizeram por mim.

Em segunda instancia aos amigos e colegas que fizeram parte do meu processo acadêmico, desde o primeiro momento dentro da graduação quanto aos colegas de turma do mestrado que prestaram auxílio em momentos mais complexos. Deixo aqui também um agradecimento aos amigos e colegas fora do mundo acadêmico, que em diversos momentos foram responsáveis por uma melhora nas condições emocionais, de maneira mais direta as pessoas do “Batatour” e “Turma da Sujeira”.

Gostaria de agradecer aos professores do curso que se empenharam em passar seus respectivos conhecimentos e em especial ao meu orientador Professor Umberto Sesso Filho, por todo o acompanhamento, didática e orientação.

Por fim, mas não menos importante senti a necessidade de agradecer minha segunda família que tive durante o período de estudos, Dona Cida, Marani e Marina por me acolherem em momentos adversos que permitiram chegar mais longe.

*"Olha essa
menina, tu vai
passar mal,
esse é o dj
Carai um dj
sensacional."*

Carai, Dj

SANTOS NETO, João Furtado. **Pegada de Carbono e Indicadores de Sustentabilidade na Cadeia Produtiva da Indústria da Construção em Países Selecionados**. 2022. 49 f. Dissertação (Mestrado em Economia Regional). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo compreender de que maneira a indústria da construção civil se comporta perante as emissões de dióxido de carbono em 42 países mais o restante do mundo, realizando a decomposição estrutural e usando dos efeitos tecnologia, intensidade, estrutura e volume da demanda final para identificar os impactos nas emissões de CO_2 , além de visualizar os efeitos diretos e indiretos na indústria realizando um comparativo entre os anos de 2000 e 2014. A metodologia utilizada foi o modelo insumo-produto ampliado para coeficientes ambientais para assim calcular gerador, multiplicador e transbordamento. Os resultados mostraram que elaborado um ranking de principais contribuintes para as emissões de dióxido de carbono, no ano de 2000 os Estados Unidos lideravam o mesmo, enquanto que em 2014 a China passava a ser o principal emissor. Os números da decomposição estrutural revelaram que o efeito intensidade foi o principal fator para o controle e diminuição nas reduções de CO_2 , refletindo os esforços em adotar novas tecnologias menos poluentes, já o efeito que mais corrobora para a geração de dióxido de carbono foi o volume na demanda final, ligando assim o setor como chave nos processos de desenvolvimento dos países. Em 2014 a líder do ranking geração de CO_2 China, gerava 1,49 Gigagramas CO_2 dada uma variação de um milhão de dólares na demanda final, aproximadamente 11 vezes mais que a Noruega, país mais sustentável quando olhada a geração dada variação na demanda final. Outro ponto de relevância nos resultados foi a forte presença de países do BRIC nos rankings absolutos e relativos, sendo suas cadeias produtivas as principais contribuintes para colocação do grupo econômico como destaque nos números. Por fim, o nível de transbordamento (efeito outsourcing) sofreu elevação quando comparados os anos chegando a 72% no caso da Holanda, causa essa atrelada a implementação de metas acordadas em tratados climáticos, prática feita pelos países para se enquadrarem dentro de seus objetivos, com países europeus liderando o ranking de importação de dióxido de carbono.

Palavras-chave: insumo-produto; construção civil; construção; dióxido de carbono; decomposição estrutural.

SANTOS NETO, João Furtado. **Carbon Footprint and Sustainability Indicators in the Production Chain of the Construction Industry in Selected Countries.** 2022. 49 p. Dissertation (Master's in Regional Economics). State University of Londrina, Londrina, 2023.

ABSTRACT

This study aimed to understand how the civil construction industry behaves in the face of carbon dioxide emissions in 42 countries plus the rest of the world, performing the structural decomposition and using the effects of technology, intensity, structure and volume of final demand to identify the impacts on emissions CO_2 , in addition to visualizing the direct and indirect effects on the industry by making a comparison between the years 2000 and 2014. The methodology used was the input-output model expanded for environmental coefficients in order to calculate generator, multiplier and overflow. The results showed that a ranking of the main contributors to carbon dioxide emissions was prepared, in the year 2000 the United States led the same, while in 2014 China became the main emitter. The structural decomposition numbers revealed that the intensity effect was the main factor for the control and decrease in the reductions CO_2 , reflecting the efforts to adopt new less polluting technologies, since the effect that most corroborates for the generation of carbon dioxide was the volume in the final demand, thus linking the sector as key in the countries' development processes. In 2014, the leader of the generation ranking in CO_2 China, generated 1.49 Gigagrams CO_2 given a variation of one million dollars in final demand, approximately 11 times more than Norway, the most sustainable country when looking at generation given variation in final demand. Another point of relevance in the results was the strong presence of BRIC countries in the absolute and relative rankings, with their production chains being the main contributors to placing the economic group as a highlight in the numbers. Finally, the level of overflow (outsourcing effect) increased when compared to the years, reaching 72% in the case of the Netherlands, a cause linked to the implementation of goals agreed in climate treaties, a practice carried out by countries to fit within their objectives, with European countries leading the ranking of carbon dioxide imports.

Keywords: Input-output; civil construction; construction; carbon dioxide; structural decomposition.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estudos sobre a emissão de dióxido de carbono dentro e fora da indústria da construção	19
Tabela 2 – Países da matriz de insumo-produto inter-regional do World Input-output Database (WIOD).....	26
Tabela 3 – Setores da Matriz de insumo-produto inter-regional do World Input-output Database (WIOD)	27
Tabela 4 – Emissões totais em Gigagramas ao ano da indústria da construção nos países selecionados	30
Tabela 5 – Resultados da decomposição estrutural da variação das emissões de dióxido de carbono da indústria da construção nos países em análise, 2000-2014. Valores em Gigagramas de CO_2 anuais	32
Tabela 6 – Resultados da decomposição estrutural da variação das emissões de dióxido de carbono da indústria da construção nos países em análise, 2000-2014. Valores em Gigagramas de CO_2 anuais	36
Tabela 7 – Geração de dióxido de carbono da indústria da construção em países selecionados no ano de 2014. Valores em Gigagramas no ano para a variação de um milhão de dólares da demanda final setorial	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linha do tempo das principais conferências climáticas	16
Figura 2 – Efeitos da decomposição estrutural da variação das emissões de CO_2 da indústria da construção nos países em análise, 2000-2014. Valores em percentual do efeito em relação ao saldo (variação total)	34
Figura 3 – Geração de dióxido de carbono da indústria da construção em países selecionados no ano 2000. Valores em Gigagramas no ano para a variação de um milhão de dólares da demanda final setorial.....	37
Figura 4 – Geração de dióxido de carbono da indústria da construção em países selecionados no ano 2014. Valores em Gigagramas no ano para a variação de um milhão de dólares da demanda final setorial.....	40
Figura 5 – Variação do transbordamento da geração de dióxido de carbono da indústria da construção nos países selecionados	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ACORDOS AMBIENTAIS, CONSTRUÇÃO CIVIL E CADEIA PRODUTIVA	14
2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ACORDOS AMBIENTAIS	14
2.2 CADEIA PRODUTIVA E A CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
3. METODOLOGIA	21
3.1 TEORIA BÁSICA INSUMO-PRODUTO	21
3.2 ANÁLISE DE DECOMPOSIÇÃO ESTRUTURAL DA VARIAÇÃO DE EMISSÕES EM EFEITOS TECNOLÓGICOS E DE DEMANDA FINAL	22
3.3 INDICADORES DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO BASEADOS NA MATRIZ DE INSUMO-PRODUTO.....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÃO	42
6. REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

Quando se trata de reflexos e mudanças climáticas, oriundas do acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera, a busca por crescimento no Produto Interno Bruto (PIB mundial) ocasiona alterações em atividades econômicas podendo ocasionar impactos ambientais (COSTANZA et al., 2000). Países com nível elevado de industrialização como Estados Unidos da América e pertencentes a União Europeia carregam consigo parte da responsabilidade histórica no acúmulo de gases poluentes, enquanto países como os integrantes do BRICS, estão sendo responsáveis pelo aumento dos gases na atmosfera.

Os números sobre a degradação ambiental tiveram seu início a partir da Revolução Industrial, deferindo degradação ambiental com significativos impactos no planeta. De acordo com o World Input, Output Data Base (WIOD, 2014), os gases mais relevantes para o efeito estufa (GEE) são o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido de nitrogênio (N_2O). Com intuito de mitigar os efeitos das mudanças climáticas oriundas destes gases, negociações em fóruns internacionais resultam na elaboração de acordos que geram compromisso entre as nações.

Os poderes legislativos de cada país devem ratificar os acordos tornando-os leis e políticas públicas para que os objetivos propostos sejam cumpridos (GUPTA, 2012; BODANSKY, 2016). Tendo como seu marco inicial na primeira Conferência Mundial do Clima em 1979 (ANDRADE; COSTA, 2008). Ademais a Conferência das Nações Unidas também possui papel relevante no tema, sendo a COP-1 a primeira da série realizada em 1995, em que estipulou metas de geração de gases motrizes do efeito estufa e criação de um calendário para o cumprimento das metas (MOREIRA; GIOMETTI, 2007).

Uma das principais conferências foi a COP-3, marcada pelo Protocolo de Kyoto (1997), que estimou as responsabilidades pela mitigação das emissões de GEE, tendo como foco países industrializados. No entanto Viola (2010) ressaltou que apenas 20% das emissões globais de gases poluentes estavam sob o guarda-chuva do protocolo, deixando de fora muitas das emissões. Devido as brechas deixadas, novas metas foram estabelecidas com o Acordo de Paris em 2015, em que todos os

países participantes devem apresentar suas metas e responsabilidades para redução de GEE (BUENO RUBIAL, 2016; OKEREKE; COVENTRY, 2016; AFIONIS, 2017).

A construção civil possui papel relevante no desenvolvimento econômico dos países, juntamente com o nível significativo emissões de CO_2 causadas pelo setor em uma nação o (HUANG; BOHNE, 2012), sendo um setor com alto nível de demanda de recursos energéticos e materiais (CHANG et al., 2010), derivando como um dos principais emissores de dióxido de carbono (SHI ET AL., 2017; HUANG et al., 2017). Segundo análises do governo britânico, o setor pode influenciar em aproximadamente 50% das emissões do Reino Unido (HM GOVERNMENT DEPT., 2010).

Existe uma lacuna entre as emissões visadas e as concluídas em cerca de 39% com o objetivo de 2025 (GREEN CONSTRUCTION BOARD, 2016), em que dados os números, é esperado que a construção civil seja alvo de intervenções governamentais com intuito de reduzir as emissões de GEE, além de pressão para incorporar a sua indústria modos operantes de baixo carbono ou carbono zero, juntamente com sua cadeia produtiva. Sendo assim é esperado um efeito de outsourcing em países com políticas mais rígidas quanto ao tema, tendo como a matriz insumo-produto meio para identificar indicadores de emissões e “importação” do CO_2 .

O objetivo deste estudo é estimar a decomposição estrutural e utilizar dos seus efeitos, tecnologia (cadeia e arranjos), estrutura e volume da demanda final (consumo), e intensidade (emissões por unidades de produção), para assim identificar seus impactos nas emissões de CO_2 da construção civil nos 43 países abrangidos. Afim de compreender o efeito “outsourcing”, é realizado o cálculo do gerador e transbordamento, mensurando os efeitos intrarregionais e inter-regionais, ou seja, verificando a terceirização nas emissões dentro da cadeia produtiva do setor.

O estudo se divide em cinco secções, além da mesma sendo introdutória. Na próxima secção trataremos sobre o cenário da indústria de construção civil e sua cadeia produtiva, juntamente com estudos anteriores acerca do tema, seguindo adiante, detalharemos a metodologia e os principais resultados, por fim apresentaremos as considerações finais.

2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS, ACORDOS AMBIENTAIS, CONTRUÇÃO CIVIL E CADEIA PRODUTIVA

2.1 Mudanças climáticas e acordos ambientais.

Quando se trata de mudanças atmosféricas e mudanças comportamentais da sociedade, a globalização passa a ter papel de destaque, visto que a economia global adota tendências que por um lado aumenta as pressões naturais e por outro deixa os recursos naturais cada vez mais escassos.

Segundo os relatórios do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2013 – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) os principais riscos ambientais são derivados da emissão de dióxido de carbono provenientes de combustíveis fósseis, além de cancelar o CO_2 como um dos principais causadores do aquecimento global. O aumento do comércio internacional por exemplo requer um acréscimo nos transportes, uma das principais fontes de emissão de dióxido de carbono (JACOBS, 2007).

Quando se refere a metas de reduções nas emissões de GEE, deve-se considerar como um dos pontos iniciais o Protocolo de Kyoto, o qual colocou como objetivo para os países desenvolvidos a redução em 5% comparado aos níveis de 1990, porém o protocolo teve um atraso para que entrasse em vigor devido a não concordância dos Estados Unidos e Rússia. Ademais, o protocolo não estipulou penalidades para os países que não o cumprissem, deixando assim mais branda a aceitação do mesmo (DE TUDELA, 2004)

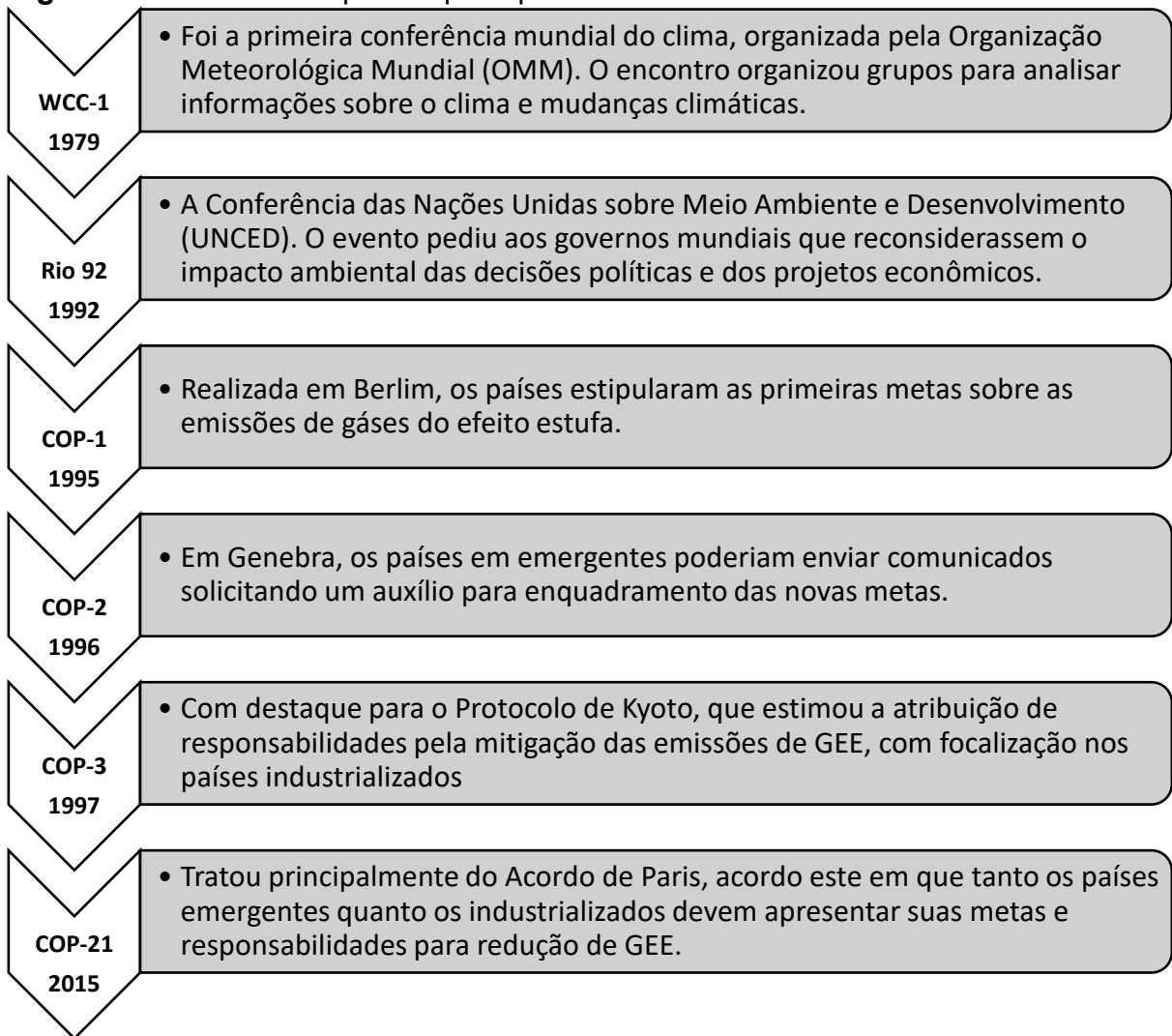
Outro ponto que se faz relevante na questão de usos de recursos naturais é o aumento da população mundial (ABIKO; MORAES, 2009), número esse que deve chegar a 8,6 bilhões de pessoas em 2030. A concentração de pessoas em países pobres deve dificultar o cumprimento da Agenda de Desenvolvimento Sustentável para 2030 (UNITED NATIONS, 2017). O Acordo de Paris em 2015 reuniu diversos chefes de Estado em que estabeleceram 17 objetivos comuns para o ano de 2030 perante a temas como desenvolvimento sustentável, combate a pobreza e fome, trabalho decente e redução da desigualdade (UNFCCC, 2015).

O Acordo de Paris foi consolidado devido a desestabilização do Protocolo de Kyoto, que desconsiderou cerca de 80% das emissões de GEE (VIOLA, 2010). O Acordo traz para as negociações climáticas metas e responsabilidades em que os países emergentes estipularam novos objetivos para a redução dos gases do efeito estufa. As contribuições dos países devem conter a mitigação nas mudanças climáticas, o incentivo e adaptação no contexto econômico (BODANSKY, 2016).

Devido a complexidade acerca das mudanças climáticas e as metas voluntárias pelos países participantes do Acordo de Paris, é de importância mensurar os fatores que impulsionam as variações nas emissões dos gases poluentes. O Acordo evidencia a importância das políticas internacionais de redução de carbono, em que estudos sobre o tema podem servir de guia para os formuladores de políticas conhecerem importadores e exportadores de carbono na construção civil, visto que Onat e Kucukvar (2020) mostraram que as pegadas de carbonos de diversas nações são encontradas na fronteira territorial de outros países.

A Figura 1, traz a linha do tempo das principais conferências climáticas e como cada uma protagonizou nos acordos e tratados para o controle nas emissões dos GEE, com o objetivo de sintetizar os pontos que se fazem marcantes no decorrer do tema.

Figura 1 – Linha do tempo das principais conferências climáticas.



Fonte: O autor (2022).

2.2 Cadeias produtivas e a construção civil

Ao observar as emissões de dióxido de carbono na economia, existem duas formas de se analisar, sendo, emissões diretas e indiretas. A primeira delas se baseia na emissão de gás no local, enquanto a segunda está relacionada a cadeia produtiva do setor, por exemplo a produção de cimento, tijolos e demais matérias primas (KOKONI; SKEA, 2014). Para melhor visualização dessas interligações o modelo insumo-produto é capaz de compreender as relações entre setores da economia e analisar as emissões para trás e para frente da construção civil.

Hendrickson e Horvath (2000) relataram que a proporcionalidade entre emissões indiretas de CO_2 equivalem a 92% de toda a indústria da construção

nos Estados Unidos. Juntamente com os autores supracitados, Acquaye e Duffy (2010) utilizaram-se do modelo insumo-produto para analisar a indústria de construção irlandesa e obtiveram o respaldo de que 91% de todas as emissões do setor eram indiretas. Tal ferramenta servirá como base para compreender a terceirização da emissão de GEE para os países abordados neste estudo.

Ao estudar a cadeia produtiva da indústria de construção civil e suas emissões de CO_2 , Hong et al. (2015) obtiveram como foco da pesquisa a construção de um edifício na China e chegaram a conclusão que aproximadamente 94% de toda emissão indireta na obra foi gerada na cadeia produtiva. Corroborando com este resultado, Yan et al. (2010) exibiram um resultado de que 83% das emissões de GEE estão intrínsecas aos materiais de construção, além de que o aço e o concreto armado representam 95% das emissões de GEE causadas pelos materiais de construção, números esses respectivos ao estudo feito em Hong Kong.

Quando olhado para o número de emissões globais e a proporcionalidade em que a indústria da construção civil é responsável, Crawford (2022) relatou que o setor é responsável por 39% das emissões de GEE de todo o globo, citando o crescimento populacional e a elevação nos padrões de vida como agravantes do fato. Além disso, dentro da análise da cadeia produtiva, foi visto que a produção de concreto e aço são os contribuintes mais significativos para os países do estudo.

Outro ponto que chama atenção ao analisar as emissões de GEE é o trade-off entre crescimento econômico e degradação ambiental, é comumente utilizada a abordagem da curva de Kuznets ambiental (WANG et al., 2017). A curva de Kuznets leva consigo a previsão de que a medida em que uma região passa por uma elevação no nível de desenvolvimento econômico a degradação ambiental também sofre aumento, efeito esse nos momentos iniciais do desenvolvimento, a medida com que o tempo passa e um certo nível de renda per capita é obtida os níveis de degradação começam a diminuir (CARVALHO; ALMEIDA, 2010).

Um estudo feito por Bigarani e Zapparoli (2014), buscou encontrar uma correlação entre emissões de CO_2 per capita e renda per capita, afim de comprovar a teoria da Curva de Kuznets e os resultados mostraram autocorrelação

dentre as variáveis observadas, além da formação de cluster espaciais tanto no continente europeu quanto na África em que suas respectivas formações estão relacionadas a condições econômicas, políticas e sociais. Outro ponto observado pelos autores é de que as mudanças na curva entre os anos de 1994 e 2009 foram pequenas e de que as modificações nos cluster são lentas.

No escopo do desenvolvimento socioeconômico, o aumento de estoques da construção civil é um importante causador de GEE. Um estudo acerca dos materiais utilizados na construção de edifícios residenciais e comerciais, descreveu como os países de baixa e média renda como nações com um forte crescimento nas emissões de GEE, enquanto para regiões de alta renda as emissões sofreram tanto reduções relativas como absolutas (ZHONG et al., 2021)

Sesso et al. (2020) utilizaram-se da matriz insumo-produto para decompor e estimar as variações nas emissões de dióxido de carbono em diversos países, foi concluído que o principal fator para o aumento das emissões é a variação na demanda final, portanto crescimento econômico, em contrapartida para a redução o quesito emissões por unidades de produção (intensidade) apresentou maior relevância. Atrelado aos resultados acima, foi possível observar que Estados Unidos e União Europeia reduziram suas emissões totais enquanto BRIC e resto do mundo obtiveram variações positivas nas respectivas emissões.

Em uma abordagem da matriz insumo-produto feita por Zapparoli et al. (2020), os autores analisaram os países do G-7 e os pertencentes ao BRIC, a fim de analisar as variações nas emissões de gases poluentes. Foi observado que no quesito efeito Intensidade e Tecnologia a Índia foi a principal responsável pela emissão de dióxido de carbono, enquanto ao observar os pertencentes ao G-7 apresentaram resultados medianos no controle de suas emissões e para o BRIC o Brasil apresentou melhores resultados.

Afim de corroborar aos estudos anteriores aqui trazidos, foi criada a Tabela 1 para que fique plausível o comparativo entre os principais estudos acerca do tema desta pesquisa, exemplificando autores, ano e principais conclusões que colaborem para as discussões dos resultados futuramente encontrados.

Tabela 1 – Estudos sobre a emissão de dióxido de carbono dentro e fora da indústria da construção.

<i>Referência</i>	<i>Período</i>	<i>Região</i>	<i>Conclusões</i>
Hendrickson e Horvath (2000)	1992	Estados Unidos	A partir da matriz insumo-produto, concluíram que cerca de 92% das emissões de dióxido de carbono na indústria da construção da região estudada se constata na cadeia produtiva, ou seja, emissões indiretas
Acquaye e Duffy (2010)	2005	Irlanda	Se baseando no modelo insumo-produto e olhando a indústria da construção, foi respaldado o resultado de que 91% das emissões do setor estavam contidas na cadeia produtiva.
Carvalho e Almeida (2010)	2004	Mundo	Os autores levam em consideração a Curva de Kuznets ambiental, sendo que as regiões que estão passando por um momento de desenvolvimento econômico a degradação ambiental também se eleva, enquanto que ao obter dado desenvolvimento os níveis de degradação começam a diminuir.
Bigarini e Zapparoli (2014)	1994-2009	Mundo	Foi encontrada a correlação dentro da curva de Kuznets, além da formação de clusters no continente Europeu e Africano em que relacionam as condições econômicas, políticas e sociais.
Zhong et al. (2021)	2020	Mundo	Observando os materiais utilizados na construção de edifícios comerciais e residências e suas respectivas gerações de GEE, notou-se que países de renda mais baixa renda possuem maior acréscimo nas emissões, enquanto regiões de alta renda sofrem redução nas emissões.
Sesso et al. (2020)	2009	Estados Unidos, União Europeia e BRIC	Em uma abordagem de insumo-produto os autores constataram que a partir da decomposição estrutural de diversos países no globo, o principal fator para aumento nas emissões de CO_2 é a variação na demanda final e para redução das emissões o efeito intensidade foi mais relevante
Zapparoli et al. (2020)	2000-2009	G7 e BRIC	Analisados os países do G7 e do BRIC, a decomposição estrutural das emissões mostraram que os países do G7 apresentaram resultados medianos no controle ambiental, enquanto dentro do BRIC o Brasil obteve resultados mais positivos devido a sua matriz energética.

Fonte: O autor (2022).

Permite-se entender que a partir dos tratados climáticos as nações passaram a ter objetivos mais agressivos a serem cumpridos, além disso em paralelo a indústria da construção possui uma cadeia produtiva que é a principal responsável pela emissão de dióxido de carbono quando olhado os efeitos diretos e indiretos. A partir da decomposição estrutural estudos anteriores constataram que o crescimento

econômico (variação na demanda final) é o principal agravante para o aumento de emissões de CO_2 , se alinhando com a curva de Kuznets.

Esta pesquisa busca contribuir para as pesquisas anteriores com foco na indústria da construção dos 42 países e o resto do mundo, avançando com a decomposição estrutural do setor juntamente com a análise dos efeitos diretos e indiretos, tornando-se possível visualizar os possíveis efeitos causados a partir dos tratados climáticos.

3. METODOLOGIA

A seção apresenta os métodos a serem utilizados no estudo utilizando o sistema inter-regional de insumo-produto com quarenta e três países e restante do mundo no período 2000-2014. A *World Input Output Database* (WIOD, 2020) disponibiliza a matriz mundial de insumo-produto com 56 setores e dados de emissões de dióxido de carbono¹. Para detalhes sobre o banco de dados ver Timmer et al. (2015) e Timmer et al. (2014). A obtenção dos dados sobre emissões é detalhada em Corsatea et al. (2019) e a base de dados está disponível em WIOD ENVIRONMENTAL ACCOUNTS (2020).

A metodologia da decomposição estrutural exige a eliminação do efeito da inflação, portanto, existe a necessidade de realizar para comparação de matrizes de anos diferentes a preços correntes. A base de dados apresenta as matrizes de diferentes anos em valores correntes e valores do ano anterior (*Previous Years' Prices – PYP*). As Tabelas 1 e 2 mostram, respectivamente, os países e setores da matriz de insumo-produto e constam no final da seção desta seção.

3.1 Teoria básica de insumo-produto

O modelo de insumo-produto inter-regional concebido por Isard (1951) foi baseado em Leontief (1951) e possui grande volume de dados intersetoriais e inter-regionais de fluxos de bens e serviços. Considerando Z a matriz de fluxos monetários do setor i para o setor j , X é o vetor de produção setorial e A é matriz de coeficientes técnicos que pode ser calcula por:

$$A = Z(\hat{X})^{-1} \quad (1)$$

De acordo com Miller e Blair (2009), o sistema de insumo-produto pode ser expresso por:

¹ Os dados estão disponíveis na WIOD Environmental Accounts (2019). Disponível em: <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/economic-environmental-and-social-effects-of-globalisation>

$$(I - A)X = Y \quad (2)$$

Onde Y é o vetor de demanda final e os outros elementos foram definidos anteriormente. Os elementos da equação (2) podem ser rearranjados como segue:

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (3)$$

A matriz inversa de Leontief é dada por:

$$S = (I - A)^{-1} \quad (4)$$

E seus elementos são s_{ij} .

3.2 Análise de decomposição estrutural da variação de emissões em efeitos tecnológicos e de demanda final

O modelo de decomposição estrutural (*Structural Decomposition Analysis*, DAS) adotado na presente pesquisa foi utilizado por Sesso et al. (2020) para analisar emissões de dióxido de carbono dos Estados Unidos, União Europeia e países do BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China) e se aproxima ao de Haan (2001), o qual pode ser aplicado ao mercado de trabalho, emissões e energia.

Os cálculos consideram dois pontos no tempo entre os quais ocorrem modificações do fator de interesse. Para o presente estudo, o fator de interesse é a emissão de CO_2 . As variações do fator de interesse (Δc) podem ser explicadas por funções de crescimento econômico e modificações de eficiência. As variações do fator por unidade monetária são descritas por (Δn), os quais mostram a eficiência no uso do fator ou intensidade de seu uso.

A modificação do fator de interesse pode ainda ser explicado por variações dos coeficientes técnicos da economia (ΔS), mudanças da composição da estrutura da demanda final (Δy^s) e o aumento do volume (valor absoluto) da demanda final (Δy^v). A equação para calcular a decomposição do fator pode ser descrita por:

$$\Delta c = \Delta n + \Delta s + \Delta y^s + \Delta y^v \quad (5)$$

Considerando o elemento c_j do vetor coluna c representa o valor da variação do fator do setor j no período de análise. O total de fator gerado para todos os setores da economia pode ser determinado como uma função da produção setorial determinada por:

$$c = NX \quad (6)$$

O vetor coluna X possui os valores da produção setorial e os elementos de N indicam os coeficientes do fator que é a quantidade do fator de interesse gerada por unidade monetária da produção do setor j . A equação (6) pode ser reescrita como:

$$c = NX = NSy^s y^v \quad (7)$$

Para o presente estudo, temos 43 países e restante do mundo (44 regiões) que possuem 56 setores cada, e os elementos da equação (7) são definidos para n setores da economia:

N é o vetor ($1 \times n$) de coeficientes das emissões de dióxido de carbono (CO_2);

S é a matriz inversa de Leontief ($n \times n$);

y^s é o vetor ($n \times 1$) de coeficientes da demanda final (estrutura da demanda final); e

y^v é o vetor ($n \times 1$) com os valores absolutos da demanda final setorial.

Assumindo os períodos t e $t-1$ e que os dados estão em valores correntes (eliminado o efeito da inflação), a decomposição estrutural da variação da emissão de CO_2 se torna:

$$\begin{aligned} \Delta c &= (\Delta N)S_{(t)}y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)}(\Delta S)y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)}S_{(t-1)}(\Delta y^s)y_{(t)}^v + \\ N_{(t-1)}S_{(t-1)}y_{(t-1)}^s (\Delta y^v) \Delta c &= (\Delta N)S_{(t)}y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t-1)}(\Delta S)y_{(t)}^s y_{(t)}^v + \\ N_{(t-1)}S_{(t-1)}(\Delta y^s)y_{(t)}^v &+ N_{(t-1)}S_{(t-1)}y_{(t-1)}^s (\Delta y^v) \end{aligned} \quad (8)$$

De acordo com Dietzenbacher and Los (2000) a equação (8) descreve uma das formas polares e a outra será:

$$\begin{aligned} \Delta c &= (\Delta N)S_{(t-1)}y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v + N_{(t)}(\Delta S)y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v + \\ N_{(t)}S_{(t)}(\Delta y^s)y_{(t-1)}^v + N_{(t)}S_{(t)}y_{(t)}^s(\Delta y^v)\Delta c &= (\Delta N)S_{(t-1)}y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v + \\ N_{(t)}(\Delta S)y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v + N_{(t)}S_{(t)}(\Delta y^s)y_{(t-1)}^v + N_{(t)}S_{(t)}y_{(t)}^s(\Delta y^v) \end{aligned} \quad (9)$$

Considerando a proposta de Jacobsen (2000) toma-se a média das duas formas polares para o cálculo dos quatro efeitos da decomposição estrutural das variações do fator de interesse, que no presente estudo é o número de gigagramas de dióxido de carbono emitidos:

$$\begin{aligned} \Delta c &= \frac{1}{2} \left((\Delta N)S_{(t)}y_{(t)}^s y_{(t)}^v + (\Delta N)S_{(t-1)}y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \right) \quad (\text{Intensidade}) \\ &+ \frac{1}{2} \left(N_{(t-1)}(\Delta S)y_{(t)}^s y_{(t)}^v + N_{(t)}(\Delta S)y_{(t-1)}^s y_{(t-1)}^v \right) \quad (\text{Tecnologia}) \\ &+ \frac{1}{2} \left(N_{(t-1)}S_{(t-1)}(\Delta y^s)y_{(t)}^v + N_{(t)}S_{(t)}(\Delta y^s)y_{(t-1)}^v \right) \quad (\text{Estrutura da} \\ &\text{demanda final}) \\ &+ \frac{1}{2} \left(N_{(t-1)}S_{(t-1)}y_{(t-1)}^s(\Delta y^v) + N_{(t)}S_{(t)}y_{(t)}^s(\Delta y^v) \right) \quad (\text{Volume da} \\ &\text{demanda final}) \end{aligned}$$

Para obter os resultados para cada setor da economia, deve-se tomar N na forma diagonalizada:

$$C = \hat{N}X = \hat{N}S y_{(t)}^s y_{(t)}^v \quad (10)$$

Observando a equação (10), nota-se que valores positivos do efeito intensidade mostrarão queda na emissão de dióxido de carbono. Por outro lado, se os resultados deste efeito são negativos, isto significará que houve aumento das emissões de CO_2 necessárias para produzir uma unidade monetária (um milhão de dólares).

O efeito tecnologia se refere a modificações da matriz de coeficientes técnicos, A , isto pode ter efeitos positivos ou negativos sobre a variação dos postos

de trabalho. A estrutura da demanda final mostra a variação da proporção das aquisições dos componentes da demanda final considerados em seu conjunto.

Os elementos da demanda final são Famílias, Governo, Exportações e Investimento. A modificação da participação de cada setor na aquisição de produtos e serviços da demanda pode apresentar efeitos positivos ou negativos sobre a emissões de CO_2 . O efeito volume da demanda final pode ser interpretado como crescimento econômico e valores positivos indicam aumento do número de pessoas ocupadas por crescimento da demanda final. É possível obter valores negativos, os quais indicariam recessão e perda de postos de trabalho.

3.3 Indicadores de emissões de dióxido de carbono baseados na matriz de insumo-produto

3.3.1 Gerador e multiplicador de dióxido de carbono e efeito transbordamento

A partir da matriz inversa de Leontief é possível estimar para cada setor da economia o quanto é gerado direta e indiretamente de emissões para cada unidade monetária produzida para a demanda final (MILLER E BLAIR, 2009). Ou seja:

$$G_j = \sum_{i=1}^n s_{ij} v_i \quad (11)$$

Onde:

G_j é o impacto total, direto e indireto, sobre emissões;

s_{ij} é o *ij-ésimo* elemento da matriz inversa de Leontief e

v_i é o coeficiente direto de emissões.

A divisão do gerador pelo respectivo coeficiente direto gera o multiplicador, que indica quanto é gerado, direta e indiretamente de emissões para cada unidade diretamente gerada da mesma variável. Por exemplo, o multiplicador de

dióxido de carbono indica a quantidade de Gigagramas geradas, direta e indiretamente, para cada tonelada diretamente gerada no setor. O multiplicador do *i*-ésimo setor seria dado então por:

$$M_i = \frac{G_i}{v_i} \quad (12)$$

Onde:

M_i representaria o multiplicador da variável em questão e as outras variáveis são definidas conforme feito anteriormente.

O efeito transbordamento é o impacto da geração de emissões fora da região de origem do setor, assim, o impacto regional ocorre dentro do país de origem do setor e o efeito inter-regional (transbordamento) é o impacto inter-regional fora de sua origem que pode ser calculado como percentual do valor total de emissões.

Tabela 2 – Países de matriz insumo-produto inter-regional do *World Input-output Database* (WIOD).

<i>Sigla</i>	<i>País</i>	<i>Sigla</i>	<i>País</i>		
1.	AUS	Austrália	23.	IRL	Irlanda
2.	AUT	Áustria	24.	ITA	Itália
3.	BEL	Bélgica	25.	JPN	Japão
4.	BGR	Bulgária	26.	KOR	República da Coreia
5.	BRA	Brasil	27.	LTU	Lituânia
6.	CAN	Canadá	28.	LUX	Luxemburgo
7.	CHE	Suíça	29.	LVA	Letônia
8.	CHN	China	30.	MEX	México
9.	CYP	Chipre	31.	MLT	Malta
10.	CZE	República Tcheca	32.	NLD	Países Baixos
11.	DEU	Alemanha	33.	NOR	Noruega
12.	DNK	Dinamarca	34.	POL	Polônia
13.	ESP	Espanha	35.	PRT	Portugal
14.	EST	Estônia	36.	ROU	Romênia
15.	FIN	Finlândia	37.	RUS	Rússia
16.	FRA	França	38.	SVK	Eslováquia
17.	GBR	Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte	39.	SVN	Eslovênia
18.	GRC	Grécia	40.	SWE	Suécia
19.	HRV	Croácia	41.	TUR	Turquia
20.	HUN	Hungria	42.	TWN	Taiwan
21.	IDN	Indonésia	43.	USA	Estados Unidos
22.	IND	Índia	44.	RW	O resto do mundo

Fonte: *World Input-output Database* (WIOD).

Tabela 3 - Setores da matriz de insumo-produto inter-regional do *World Input-output Database* (WIOD).

<i>Descrição</i>
1. Atividades de produção de culturas e animais, caça e serviços relacionados
2. Silvicultura e exploração madeireira
3. Pesca e aquicultura
4. Mineração e pedreiras
5. Fabricação de produtos alimentícios, bebidas e produtos de tabaco
6. Fabricação de têxteis, usando vestuário e produtos de couro
7. Fabricação de madeira e de produtos de madeira e cortiça, exceto móveis; fabricação de artigos de palha e materiais de revestimento
8. Fabricação de papel e papel
9. Impressão e reprodução de mídia gravada
10. Fabricação de coque e produtos petrolíferos refinados
11. Fabricação de produtos químicos e químicos
12. Fabricação de produtos farmacêuticos básicos e preparações farmacêuticas
13. Fabricação de produtos de borracha e plástico
14. Fabricação de outros produtos minerais não metálicos
15. Fabricação de metais básicos
16. Fabricação de produtos metálicos fabricados, exceto máquinas e equipamentos
17. Fabricação de computadores, eletrônicos e ópticos
18. Fabricação de equipamentos elétricos
19. Fabricação de máquinas e equipamentos n.e.c.
20. Fabricação de veículos automotores, reboques e semirreboques
21. Fabricação de outros equipamentos de transporte
22. Fabricação de móveis; outra fabricação
23. Reparo e instalação de máquinas e equipamentos
24. Fornecimento de eletricidade, gás, vapor e ar condicionado
25. Coleta, tratamento e abastecimento de água
26. Esgoto; atividades de coleta, tratamento e destinação de resíduos; recuperação de materiais; atividades de remediação e outros serviços de gestão de resíduos
27. Construção
28. Comércio atacadista e varejo e reparo de veículos automotores e motocicletas
29. Comércio atacadista, exceto de veículos automotores e motocicletas
30. Comércio varejista, exceto de veículos automotores e motocicletas
31. Transporte terrestre e transporte via gasodutos
32. Transporte de água
33. Transporte aéreo
34. Armazenagem e atividades de suporte para transporte
35. Atividades postais e de correio
36. Atividades de hospedagem e food service
37. Atividades de publicação
38. Atividades de produção de filmes, vídeos e programas de televisão, gravação de som e publicação de música; atividades de programação e radiodifusão
39. Telecomunicações
40. Programação computacional, consultoria e atividades relacionadas; atividades de serviço de informação
41. Atividades de serviços financeiros, exceto seguros e financiamentos previdenciários
42. Seguro, resseguro e financiamento previdenciário, exceto previdência social obrigatória
43. Atividades auxiliares de serviços financeiros e atividades de seguros
44. Atividades imobiliárias
45. Atividades jurídicas e contábeis; atividades da sede; atividades de consultoria de gestão
46. Atividades arquitetônicas e de engenharia; testes técnicos e análises
47. Pesquisa e desenvolvimento científico
48. Publicidade e pesquisa de mercado
49. Outras atividades profissionais, científicas e técnicas; atividades veterinárias
50. Atividades de serviços administrativos e de apoio
51. Administração pública e defesa; previdência social compulsória
52. Educação
53. Atividades de saúde humana e serviço social
54. Outras atividades de serviço
55. Atividades das famílias como empregadores; indiferenciados bens e serviços-produção de atividades de famílias para uso próprio
56. Atividades de organizações e órgãos extraterritoriais

Fonte: *World Input-output Database* (WIOD).

A Tabela 2 juntamente com a Tabela 3, tem como objetivo listar os países e os setores respectivamente, da matriz insumo-produto inter-regional que participaram da presente pesquisa, tendo ambas como fonte a base de dados World Input-output Database (WIOD).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo tem por propósito compreender e investigar as variações, transbordamentos e efeitos, intensidade, tecnologia, estrutura e variação na demanda final causados pelos 43 países, mais restante do mundo analisados no presente estudo. Para tal fim, é analisado volume produtivo na cadeia da construção civil entre os anos de 2000 e 2014. Assim sendo a Tabela 4 apresenta os dados referentes as estimativas de emissões totais de dióxido de carbono, para os anos 2000 e 2014 utilizando-se da unidade de medida gigagramas.

De maneira a explicar resultados gerais, a Tabela 4 evidencia rankings de 2000 e 2014 para os principais emissores de CO_2 e suas variações, sendo China, Estados Unidos, Indonésia e Índia as nações que mais corroboram em valores absolutos para a emissão de dióxido de carbono. Além do número geral de emissões, as variações também chamam atenção como nos casos de Áustria, Espanha, Irlanda, Portugal entre outros que obtêm delta negativo, contrapondo estes países, vemos uma variação positiva nos países do BRIC, além de demais países em desenvolvimento econômico.

Tabela 4 – Emissões totais em Gigagramas ao ano da indústria da construção nos países selecionados, 2000 - 2014

País	Acrônimo	2000	2014	Variação Total	Variação (%)	Ranking 2000	Ranking 2014
Austrália	AUS	5315	4218	-1096	-21%	15	16
Áustria	AUT	3388	1730	-1658	-49%	18	22
Bélgica	BEL	2207	2276	69	3%	22	19
Bulgária	BGR	189	622	433	230%	39	33
Brasil	BRA	6176	10246	4070	66%	12	10
Canadá	CAN	6087	8832	2744	45%	13	12
Suíça	CHE	1105	1149	43	4%	28	27
China	CHN	27590	71633	44043	160%	3	2
Chipre	CYP	139	78	-60	-44%	42	41
República Tcheca	CZE	1227	983	-244	-20%	27	28
Alemanha	DEU	8280	9646	1366	17%	9	11
Dinamarca	DNK	1054	1277	223	21%	29	25
Espanha	ESP	3324	363	-2961	-89%	19	36
Estônia	EST	89	147	58	65%	43	39
Finlândia	FIN	1572	1222	-349	-22%	24	26
França	FRA	5940	7748	1808	30%	14	13
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte	GBR	10930	10831	-98	-1%	8	9
Grécia	GRC	934	211	-723	-77%	30	38
Croácia	HRV	559	1311	752	134%	35	24
Hungria	HUN	503	906	403	80%	36	30
Indonésia	IDN	11988	15112	3124	26%	6	4
Índia	IND	16997	14484	-2513	-15%	5	5
Irlanda	IRL	872	433	-439	-50%	33	35
Itália	ITA	4589	4789	201	4%	17	15
Japão	JPN	17984	13387	-4597	-26%	4	8
República da Coreia	KOR	5296	5469	173	3%	16	14
Lituânia	LTU	160	67	-93	-58%	41	42
Luxemburgo	LUX	168	141	-28	-16%	40	40
Letônia	LVA	199	211	12	6%	38	37
México	MEX	11091	13863	2772	25%	7	6
Malta	MLT	26	12	-14	-54%	44	44
Países Baixos	NLD	3222	2888	-334	-10%	20	18
Noruega	NOR	644	835	190	30%	34	32
Polônia	POL	1357	511	-846	-62%	26	34
Portugal	PRT	2445	954	-1491	-61%	21	29
Romênia	ROU	886	1484	598	68%	32	23
Rússia	RUS	7580	13827	6246	82%	11	7
Eslováquia	SVK	1997	1927	-70	-3%	23	20
Eslovênia	SVN	314	61	-252	-80%	37	43
Suécia	SWE	905	1825	919	102%	31	21
Turquia	TUR	7887	3954	-3933	-50%	10	17
Taiwan	TWN	1403	840	-563	-40%	25	31
Estados Unidos	USA	53854	62943	9089	17%	2	3
O resto do mundo	ROW	74758	89776	15017	20%	1	1

Fonte: O autor (2022).

A Tabela 5 juntamente com a Figura 2 buscam resumir os resultados da decomposição estrutural dada variação no nível de emissões de CO₂ nos 43 países acrescentando o restante do mundo. Sendo que o efeito intensidade refere-se à intensidade de dióxido de carbono associado ao nível produtivo dos respectivos países, já o efeito tecnologia está correlacionada as cadeias e arranjos produtivos, o efeito estrutural e volume na demanda final estão ligados ao consumo das nações.

Quando observada a Tabela 5, a variação total na emissão de CO₂ é capaz de refletir os esforços das nações para reduzir ou mitigar os danos climáticos a cerca do dióxido de carbono. Em destaque negativo, sendo as maiores variações positivas vemos, China, Estados Unidos, Rússia, Brasil e Indonésia, em que o principal causador foram os efeitos causados pelo consumo, ou seja, estrutura e volume na demanda final. Em contraponto, países que obtiveram sucesso em seus esforços foram Índia, Turquia, Japão, Espanha, Austrália e Áustria tiveram sucesso na diminuição, principalmente pelos números negativos do efeito intensidade.

Quando traçado um paralelo entre os números encontrados e os esforços das nações para o controle nas emissões de CO₂ existe um fator relevante para tais resultados, o Protocolo de Kyoto que de fato entrou em vigor em meio ao período do estudo. O acordo deixou de lado países em desenvolvimento, além de Estados Unidos e Rússia demorarem para aceitarem as condições, fatos que refletem a visão de quando olhamos as maiores variações negativas do estudo, acima listadas.

Tabela 5 - Resultados da decomposição estrutural da variação das emissões de dióxido de carbono da indústria da construção nos países em análise, 2000-2014. Valores em Gigagramas de CO₂ anuais.

País	Acrônimo	Efeito intensidade	Efeito tecnologia	Efeito estrutura da demanda final	Efeito volume da demanda final	Varição Total
Austrália	AUS	-4505	245	1688	1476	-1096
Áustria	AUT	-1870	231	-969	950	-1658
Bélgica	BEL	-563	76	-210	766	69
Bulgária	BGR	137	108	49	140	433
Brasil	BRA	-20	315	1483	2292	4070
Canadá	CAN	-880	17	840	2767	2744
Suíça	CHE	-318	93	-150	418	43
China	CHN	-31969	3206	55875	16931	44043
Chipre	CYP	-86	18	-37	44	-60
República Tcheca	CZE	-356	24	-302	390	-244
Alemanha	DEU	1591	143	-2740	2372	1366
Dinamarca	DNK	285	-54	-504	496	223
Espanha	ESP	-3779	22	-130	925	-2961
Estônia	EST	-1	13	-7	53	58
Finlândia	FIN	-480	119	-529	540	-349
França	FRA	1423	160	-2314	2539	1808
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte	GBR	-2705	1073	-2576	4109	-98
Grécia	GRC	-142	-100	-788	307	-723
Croácia	HRV	1213	-106	-702	347	752
Hungria	HUN	281	46	-171	248	403
Indonésia	IDN	-7904	879	6307	3841	3124
Índia	IND	-19150	-82	11136	5583	-2513
Irlanda	IRL	-473	6	-198	226	-439
Itália	ITA	1840	-202	-3170	1732	201
Japão	JPN	-815	-523	-8681	5422	-4597
República da Coreia	KOR	-654	-4	-1332	2162	173
Lituânia	LTU	-323	-10	174	65	-93
Luxemburgo	LUX	-63	6	-8	37	-28
Letônia	LVA	-139	5	44	103	12
México	MEX	-308	180	-1864	4764	2772
Malta	MLT	-23	4	-2	7	-14
Países Baixos	NLD	-51	76	-1514	1155	-334
Noruega	NOR	-202	70	65	257	190
Polônia	POL	-1274	119	-49	358	-846
Portugal	PRT	-165	-238	-1821	733	-1491
Romênia	ROU	-982	313	782	485	598
Rússia	RUS	-796	913	3264	2866	6246
Eslováquia	SVK	-900	62	-4	772	-70
Eslovênia	SVN	-302	15	-19	54	-252
Suécia	SWE	746	40	-264	397	919
Turquia	TUR	-8573	-157	2152	2646	-3933
Taiwan	TWN	-588	27	-352	350	-563
Estados Unidos	USA	23582	-560	-37643	23711	9089
O resto do mundo	ROW	-51637	9685	30169	26799	15017

Fonte: O autor (2022).

Ao visualizar a Figura 2 é possível compreender que o efeito intensidade, é o principal fator para a redução nas emissões totais de dióxido de carbono para grande parte dos países que fazem parte do escopo quando comparado

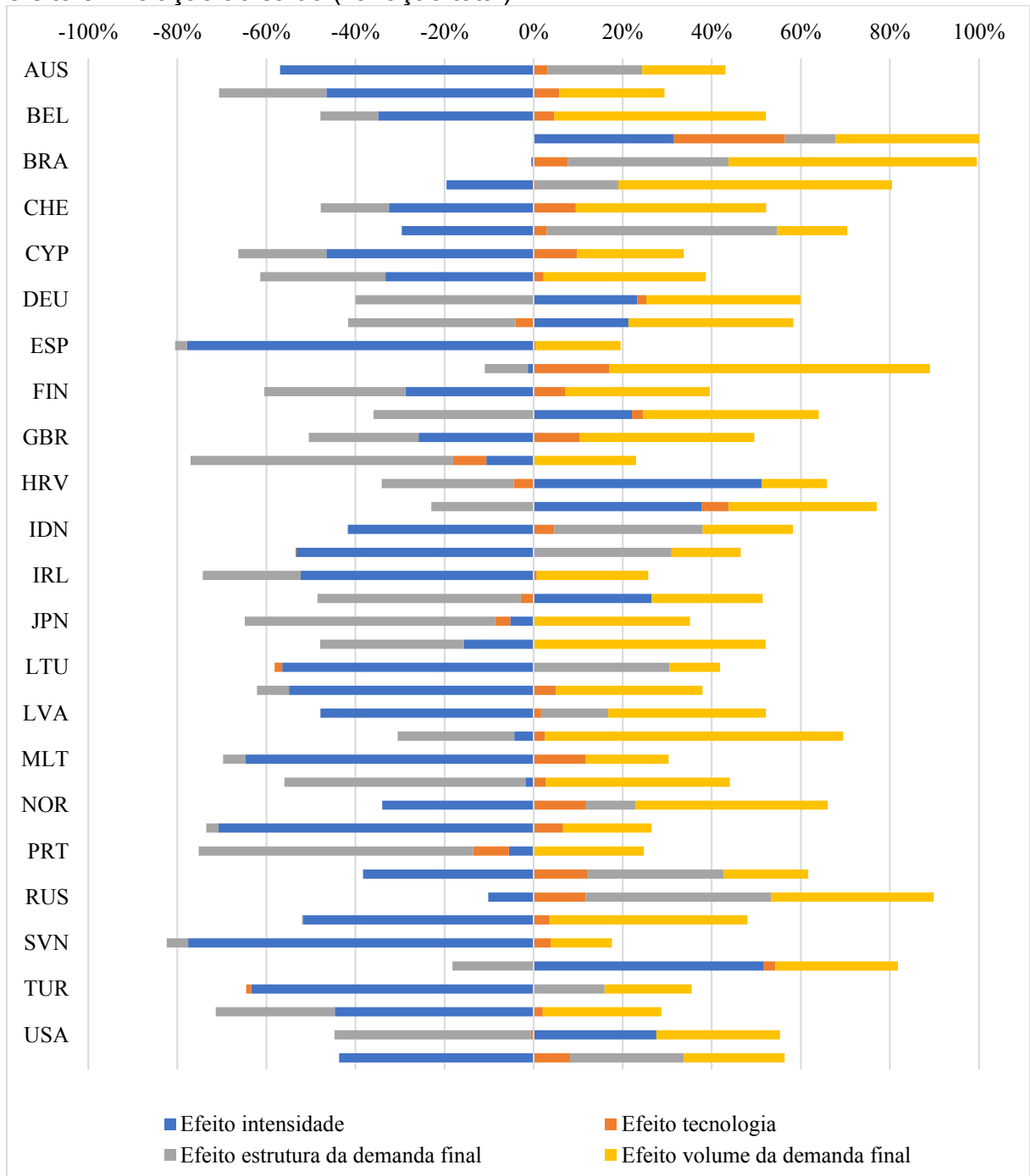
entre os anos do estudo, resultado em que expõe as modificações tecnológicas em sentido das mudanças de matrizes energéticas e sua intensidade de uso, indo em linha com Sesso et al. (2020). Com exceção de alguns países europeus e os Estados Unidos que apresentaram contribuição positiva sobre o efeito causado pela produção, os demais países obtiveram variação negativa para tal.

O efeito tecnológico obteve dados mais tímidos quando comparado aos outros itens, sendo as cadeias produtivas da China, Reino Unido, Irlanda e Grã-Bretanha as com maiores impactos nominais dentre os países do estudo. Para o efeito estrutural na demanda final os efeitos foram mistos, enquanto para alguns países em sua maioria em desenvolvimento os resultados mostram efeito positivo, os países que já atingiram dado nível de desenvolvimento alcançaram números negativos.

Também em linha com os dados encontrados por Sesso et al. (2020) em que os efeitos causados pelo consumo, estrutura e volume na demanda final foram os efeitos da decomposição que mais contribuíram para a emissão de CO_2 , dentro da construção, tal variação foi a principal contribuinte para a variação total das emissões de dióxido de carbono entre os anos de 2000 e 2014, o resultado pode ser entendido como uma derivada da utilização da construção civil como setor chave para o desenvolvimento econômico dos chefes de estado.

No que tange o efeito da estrutura da demanda final, os países que obtiveram as maiores variações são Austrália, Brasil, China, Índia, Rússia e Turquia. Já para o efeito volume na demanda final alguns países entram no ranking de maiores variações, mostrando aqui países desenvolvidos ainda antes não listados como principais variações, os países são, Canadá, Alemanha, França, Reino Unido e Japão.

Figura 2 - Efeitos da decomposição estrutural da variação das emissões de CO₂ da indústria da construção nos países em análise, 2000-2014. Valores em percentual do efeito em relação ao saldo (variação total).



Fonte: O autor (2022).

Os dados expostos da Tabela 6, ilustram os geradores de emissões de dióxido de carbono, em que para cada US\$1.000.000,00 de variação positiva na demanda final ocasionam determinado número na variação de emissões de CO₂ dos países analisados para o ano de 2000.

Ao comparar com os resultados encontrados por Zapparoli et al. (2020) existe divergências visto que no estudo dos autores os países pertencentes ao BRIC possuem mais eficácia no controle das emissões, já para este ano a Rússia liderara o ranking com uma variação de 4,16 gigagramas de CO₂ para cada milhão de dólares acrescidos na demanda final, China com uma geração de 3,73 Ggs e em terceiro, outro país do BRIC, a Índia com um efeito total de 2,83 gigagramas. Enquanto países com maior nível de desenvolvimento econômico como Noruega, Reino Unido da Grã Bretanha e Irlanda apresentaram os menores níveis de geração de emissões.

No ano de 2000 os países mais sustentáveis quando referidos na construção civil eram Noruega com uma geração de 0,33 Ggs para cada variação de US\$1.000.000 na demanda final, Reino Unido (0,34 Ggs), Suécia (0,37 Ggs, Japão (0,38 Ggs) e França (0,41 Ggs), assim considerando o gerador de emissões em nível mundial, baseando-se nos efeitos diretos e indiretos.

Um indicador complementar ao gerador de emissões de CO₂ é o transbordamento da emissão de CO₂, este que identifica a variação de emissões de dióxido de carbono no setor da construção civil que estão fora dos países de origem. Desta maneira, este indicador revela quanto das emissões ficam dentro do país e quanto é transbordado para fora dele, dados que serão analisados a seguir.

Os resultados de Hendrickson e Horvath (2000) e Acquaye e Duffy (2010) quantificam e ilustram o quanto a construção é refém da cadeia produtiva no quesito emissões de CO₂, o indicador mostrou que países com cadeias produtivas mais restritas obtiveram os maiores níveis de transbordamento, sendo Malta o país com o número mais elevado de 78%, sendo assim, dada a geração de 0,54 Ggs 78% das emissões foram geradas fora do país. Além disso 44% das emissões de CO₂ da geradas pela construção da Alemanha são “importadas”, enquanto Canadá tem um nível de transbordamento de 49% e os Países Baixos 68%.

Tabela 6 - Geração de dióxido de carbono da indústria da construção em países selecionados no ano 2000. Valores em Gigagramas para a variação de um milhão de dólares da demanda final setorial.

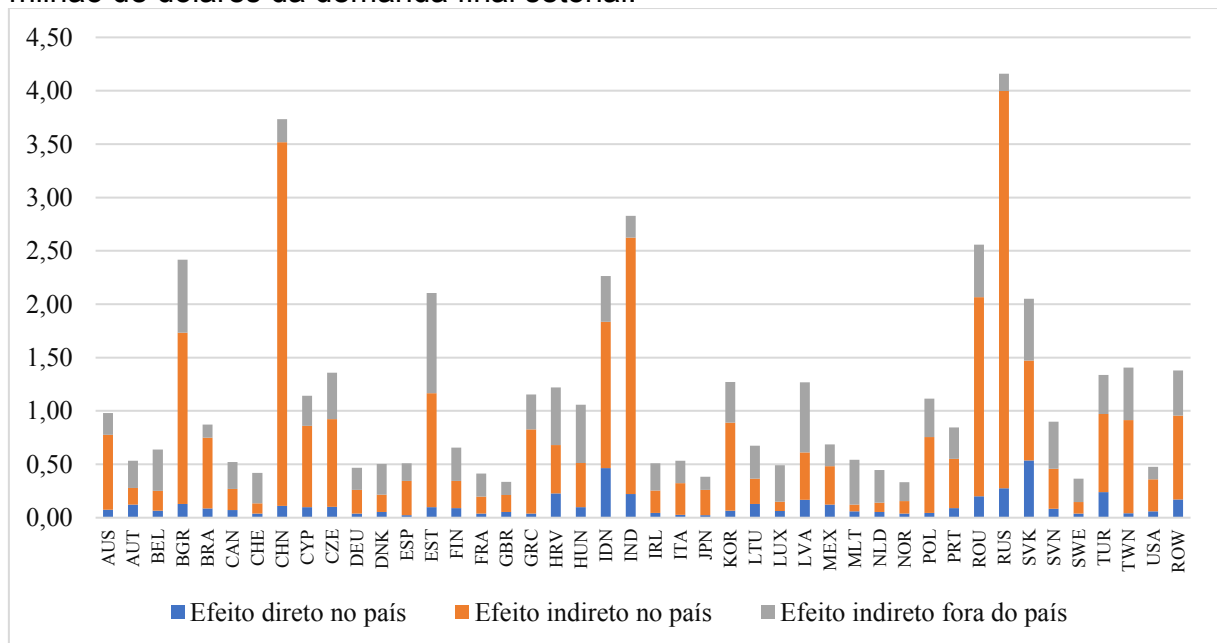
País	Acrônimo	Efeito direto no país	Efeito indireto no país	Efeito indireto fora do país	Efeito total	Transbordamento	Ranking do total de emissões CO2
Austrália	AUS	0,07	0,70	0,20	0,98	21%	20
Áustria	AUT	0,12	0,16	0,25	0,53	48%	30
Bélgica	BEL	0,06	0,19	0,39	0,64	61%	27
Bulgária	BGR	0,13	1,61	0,68	2,42	28%	5
Brasil	BRA	0,09	0,66	0,12	0,87	14%	22
Canadá	CAN	0,07	0,20	0,25	0,52	49%	31
Suíça	CHE	0,04	0,10	0,28	0,42	68%	39
China, República Popular de	CHN	0,11	3,41	0,22	3,73	6%	2
Chipre	CYP	0,10	0,76	0,28	1,14	25%	17
República Tcheca	CZE	0,10	0,82	0,44	1,36	32%	11
Alemanha	DEU	0,04	0,22	0,21	0,47	44%	37
Dinamarca	DNK	0,05	0,16	0,29	0,50	57%	34
Espanha	ESP	0,03	0,32	0,16	0,51	32%	32
Estônia	EST	0,10	1,07	0,94	2,11	45%	7
Finlândia	FIN	0,09	0,26	0,31	0,66	47%	26
França	FRA	0,04	0,16	0,21	0,41	52%	40
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte	GBR	0,05	0,16	0,12	0,34	37%	43
Grécia	GRC	0,04	0,79	0,33	1,15	28%	16
Croácia	HRV	0,23	0,45	0,54	1,22	44%	15
Hungria	HUN	0,10	0,41	0,55	1,06	52%	19
Indonésia	IDN	0,46	1,37	0,43	2,26	19%	6
Índia	IND	0,22	2,40	0,21	2,83	7%	3
Irlanda	IRL	0,05	0,21	0,25	0,51	50%	33
Itália	ITA	0,03	0,30	0,21	0,53	40%	29
Japão	JPN	0,02	0,23	0,12	0,38	32%	41
República da Coreia	KOR	0,07	0,83	0,38	1,27	30%	13
Lituânia	LTU	0,13	0,24	0,31	0,68	46%	25
Luxemburgo	LUX	0,06	0,09	0,34	0,49	69%	35
Letônia	LVA	0,17	0,44	0,66	1,27	52%	14
México	MEX	0,12	0,36	0,20	0,69	30%	24
Malta	MLT	0,06	0,06	0,42	0,54	78%	28
Países Baixos	NLD	0,05	0,09	0,31	0,45	68%	38
Noruega	NOR	0,04	0,12	0,18	0,33	53%	44
Polônia	POL	0,05	0,71	0,36	1,12	32%	18
Portugal	PRT	0,09	0,46	0,29	0,85	35%	23
Romênia	ROU	0,20	1,87	0,49	2,56	19%	4
Rússia	RUS	0,28	3,72	0,16	4,16	4%	1
Eslováquia	SVK	0,54	0,94	0,58	2,05	28%	8
Eslovênia	SVN	0,08	0,37	0,44	0,90	49%	21
Suécia	SWE	0,04	0,11	0,22	0,37	60%	42
Turquia	TUR	0,24	0,73	0,37	1,34	27%	12
Taiwan	TWN	0,04	0,87	0,49	1,41	35%	9
Estados Unidos	USA	0,06	0,30	0,12	0,48	25%	36
O resto do mundo	ROW	0,17	0,79	0,42	1,38	31%	10

Fonte: O autor (2022).

Outro ponto importante a ser analisado são os efeitos totais, tanto os diretos e os indiretos sobre as emissões causadas pela variação de US\$ 1 milhão na demanda final, permitindo assim atribuir as emissões aos respectivos responsáveis. Para os efeitos diretos, é medido o efeito total nas emissões de dióxido de carbono para o próprio setor, enquanto para o efeito indireto atribui os números a cadeia produtiva, dentro e fora do país.

Para o ano de 2000 o efeito indireto é responsável pela maioria das emissões de CO₂, sendo as cadeias produtivas internas e externas as principais responsáveis pela geração na emissão do dióxido de carbono, corroborando para os estudos supracitados das cadeias produtivas dos norte americanas e irlandesas de Hendrickson e Horvath (2000) e Acquaye e Duffy (2010). Com destaque para a cadeia produtiva nacional Russa, em que dos 4,16 Ggs gerados para a variação de US\$ 1 milhão, 3,72 Ggs se concentram dentro da cadeia produtiva interna, seguido por China e Índia com 3,41 Ggs, 2,4 Ggs respectivamente para as cadeias nacionais.

Figura 3 - Geração de dióxido de carbono da indústria da construção em países selecionados no ano 2000. Valores em Gigagramas no ano para a variação de um milhão de dólares da demanda final setorial.



Fonte: O autor (2022).

Quando comparado os dados de geração de dióxido de CO₂ entre os dados de 2000 e os de 2014 apresentados na Tabela 6 e Tabela 7 respectivamente, é possível notar algumas alterações significativas, em que primeiro dos pontos a serem observados são mudanças no ranking. Porém é importante ser colocados que

os números absolutos não podem ser confrontados entre os anos, devido ao gerador não considerar o efeito inflacionário.

A alteração no ranking se dá com a China gerando 1,49 Ggs de CO₂ para cada um milhão de dólares acrescidos na demanda final da construção, seguido por Índia com 1,37 Gigagramas e Taiwan tendo 0,87 Ggs produzidas. Enquanto os países mais sustentáveis para o setor em 2014 são Noruega, Suíça, Luxemburgo e Suécia, para a líder de sustentabilidade o gerador é de 0,13 Ggs, número esse que comparado com a China é 91,3% inferior, mostrando aqui tamanha disparidade nos esforços de combate a emissão de dióxido de carbono.

Tabela 7 - Geração de dióxido de carbono da indústria da construção em países selecionados no ano 2014. Valores em Gigagramas no ano para a variação de um milhão de dólares da demanda final setorial.

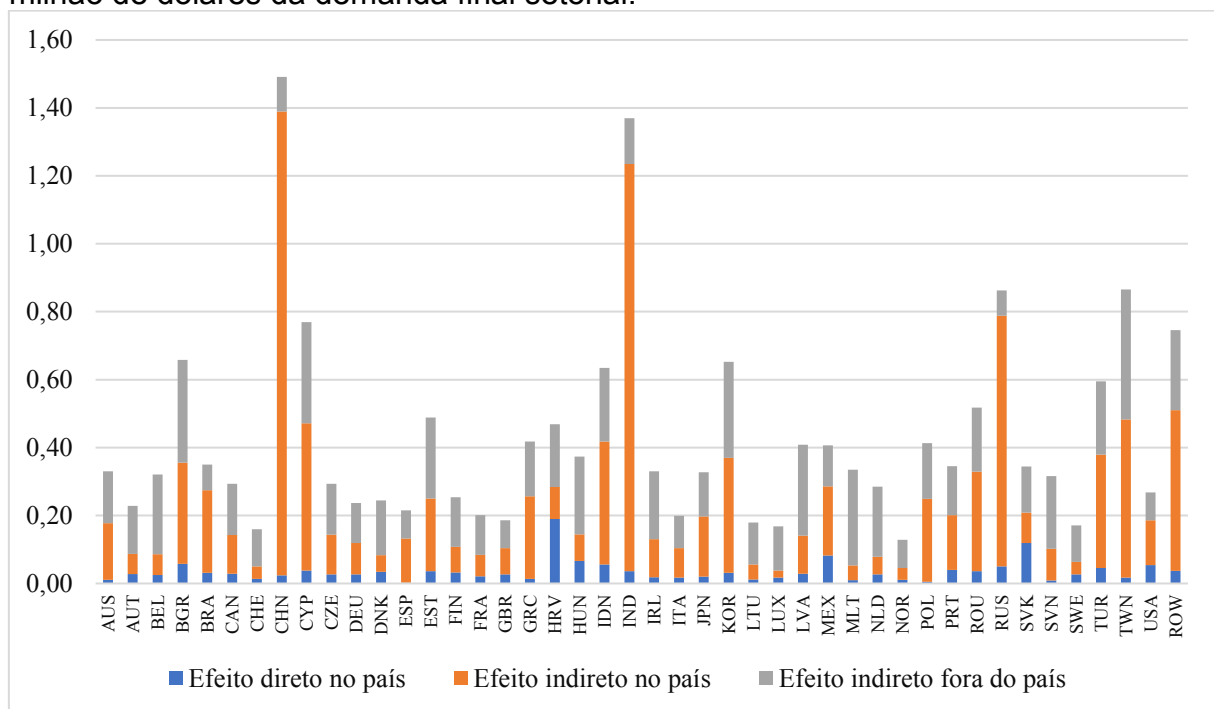
País	Acrônimo	Efeito direto no país	Efeito indireto no país	Efeito indireto para a do país	Efeito total	Transbordamento	Ranking do total de emissões CO2
Austrália	AUS	0,01	0,17	0,15	0,33	46%	24
Áustria	AUT	0,03	0,06	0,14	0,23	62%	35
Bélgica	BEL	0,03	0,06	0,23	0,32	73%	26
Bulgária	BGR	0,06	0,30	0,30	0,66	46%	7
Brasil	BRA	0,03	0,24	0,08	0,35	22%	19
Canadá	CAN	0,03	0,11	0,15	0,29	51%	29
Suíça	CHE	0,01	0,04	0,11	0,16	68%	43
China, República Popular de	CHN	0,02	1,37	0,10	1,49	7%	1
Chipre	CYP	0,04	0,43	0,30	0,77	39%	5
República Tcheca	CZE	0,03	0,12	0,15	0,29	51%	28
Alemanha	DEU	0,03	0,09	0,12	0,24	50%	34
Dinamarca	DNK	0,03	0,05	0,16	0,24	66%	33
Espanha	ESP	0,00	0,13	0,08	0,22	38%	36
Estônia	EST	0,04	0,21	0,24	0,49	49%	12
Finlândia	FIN	0,03	0,08	0,15	0,25	57%	32
França	FRA	0,02	0,06	0,12	0,20	58%	37
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte	GBR	0,03	0,08	0,08	0,19	44%	39
Grécia	GRC	0,01	0,24	0,16	0,42	39%	14
Croácia	HRV	0,19	0,09	0,19	0,47	40%	13
Hungria	HUN	0,07	0,08	0,23	0,37	61%	18
Indonésia	IDN	0,06	0,36	0,22	0,63	34%	9
Índia	IND	0,04	1,20	0,13	1,37	10%	2
Irlanda	IRL	0,02	0,11	0,20	0,33	61%	23
Itália	ITA	0,02	0,09	0,09	0,20	48%	38
Japão	JPN	0,02	0,18	0,13	0,33	40%	25
República da Coreia	KOR	0,03	0,34	0,28	0,65	43%	8
Lituânia	LTU	0,01	0,04	0,12	0,18	69%	40
Luxemburgo	LUX	0,02	0,02	0,13	0,17	77%	42
Letônia	LVA	0,03	0,11	0,27	0,41	66%	16
México	MEX	0,08	0,20	0,12	0,41	30%	17
Malta	MLT	0,01	0,04	0,28	0,33	84%	22
Países Baixos	NLD	0,03	0,05	0,21	0,28	72%	30
Noruega	NOR	0,01	0,03	0,08	0,13	65%	44
Polônia	POL	0,01	0,24	0,16	0,41	40%	15
Portugal	PRT	0,04	0,16	0,14	0,35	42%	20
Romênia	ROU	0,04	0,29	0,19	0,52	36%	11
Rússia	RUS	0,05	0,74	0,07	0,86	9%	4
Eslováquia	SVK	0,12	0,09	0,14	0,34	39%	21
Eslovênia	SVN	0,01	0,09	0,21	0,32	68%	27
Suécia	SWE	0,03	0,04	0,11	0,17	63%	41
Turquia	TUR	0,05	0,33	0,22	0,60	36%	10
Taiwan	TWN	0,02	0,47	0,38	0,87	44%	3
Estados Unidos	USA	0,05	0,13	0,08	0,27	31%	31
O resto do mundo	ROW	0,04	0,47	0,23	0,75	32%	6

Fonte: O autor (2022).

Os pontos mais marcantes se encontram quando analisados os efeitos diretos e indiretos dentro e fora dos países, dados estes plotados na Figura 4, sendo as cadeias produtivas (efeito indireto) ainda o principal emissor de CO₂ dentro o escopo da pesquisa, com destaque para o efeito indireto no país, sendo os principais colaboradores de poluição para China, Índia e Rússia suas cadeias produtivas nacionais interligadas a construção, porém quando comparado ao resultados de Zapparoli et al. (2010) evidenciam-se divergências em esboços gerais pois os autores ressaltaram que o BRIC possuíam maior eficácia no controle ambiental.

Além do mais, alguns países possuem geradores de CO₂ relevantes perante a amostra do estudo utilizam de cadeias produtivas de outros países para “terceirizar” suas emissões, sendo o efeito indireto fora do país um ponto marcante na Figura 4 para, Taiwan, Coréia, Chipre e Bulgária.

Figura 4 - Geração de dióxido de carbono da indústria da construção em países selecionados no ano 2014. Valores em Gigagramas no ano para a variação de um milhão de dólares da demanda final setorial.



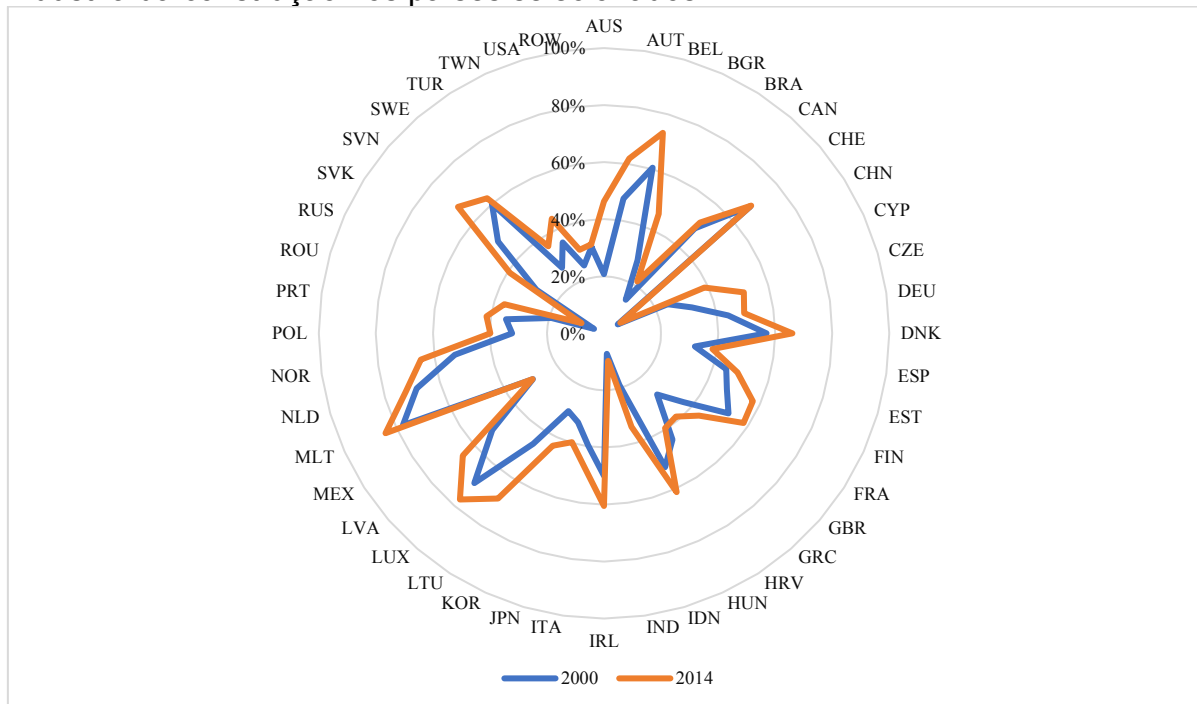
Fonte: O autor (2022).

Outro ponto que tem tom acentuado quando observados os tratados ambientais é de que os mesmos não consideram a geração de emissões fora dos países, deixando assim uma brecha para que países aumentem o efeito outsourcing. Países como Malta, Luxemburgo, Bélgica e Países Baixos (Holanda) apresentaram

transbordamentos acima de 72%, mostrando alta dependência da importação de insumos para o desenvolvimento da construção civil local.

O efeito indireto fora do país causado pelo transbordamento tem grande impacto e variação quando comparados os anos, dados esses possíveis de serem observados na Figura 5, em que boa parte dos países aumentaram de forma significativa seu efeito outsourcing.

Figura 5 - Variação do transbordamento da geração de dióxido de carbono da indústria da construção nos países selecionados.



Fonte: O autor (2022).

Os anos neste trabalho estudados são de implementação de metas climáticas definidas após o Protocolo de Kyoto, o qual não definia metas para países em desenvolvimento, tão pouco para as emissões produzidas fora de suas fronteiras. Devido a estas brechas deixadas pelo acordo, os países aumentaram seu nível de terceirização nas emissões de CO₂, tomando como estratégia a realocação de elos mais poluentes de sua cadeia produtiva fora do país. Assim há um acréscimo substancial quando comparado os anos de 2000 e 2014 para grande maioria das nações.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do presente estudo corrobora a compreensão da maneira em que os países presentes e suas respectivas indústrias da construção civil efetivam as emissões de dióxido de carbono, além de realizar um comparativo entre os anos de 2000 e 2014, assim sendo, o objetivo geral buscou compreender os efeitos das estruturas produtivas do setor para cada país, o efeito outsourcing e os efeitos diretos e indiretos. Ademais os resultados ressaltam quem obteve as variações mais significativas, quais países estão praticando maior ou menor esforço em relação as suas políticas de reduções na estrutura produtiva da construção civil.

Neste estudo verificou-se as nações que mais vem contribuindo para as emissões de dióxido de carbono no uso de sua estrutura produtiva nos efeitos intensidade, tecnologia, estrutura da demanda final e volume da demanda final. Quando olhado para o ano de 2000 os Estados Unidos lideraram o ranking de países com maior emissão de CO₂ em valores absolutos (isolando o resto do mundo) seguido por China e Japão, enquanto no ano de 2014 o ranking passa a ser liderado por China, seguida de Estados Unidos e Indonésia.

Quando vistos os efeitos analisados neste estudo, o efeito intensidade é o principal fator de diminuição para as emissões de CO₂, com exceção de alguns países Europeus e os Estados Unidos que apresentaram resultados positivos, muito desses resultados se dão pelo comprometimento dos países em adotar novas tecnologias com intuito de reduzir o nível de poluição. O resultado pode ser correlacionado as modificações tecnológicas na construção, indo em linha por exemplo com mudanças nas matrizes energéticas dos países e na intensidade de seu uso.

Já o efeito tecnológico, obteve resultados de menor expressão, porém China, Reino Unido, Irlanda e Grã-Bretanha, obtiveram os números mais significativos para este indicador, desta maneira, é plausível dizer que as cadeias e os arranjos produtivos destes países quando comparado ao restante do mundo são os que mais colaboram para as emissões de CO₂.

Para o efeito estrutural na demanda final, obteve-se resultados mistos, sendo os países que estão passando pelo seu processo de desenvolvimento os com maiores variações em suas emissões de CO₂, derivando da necessidade de

investimento neste setor que pode ser considerado chave para o crescimento do produto das nações.

Considerando o efeito volume na demanda final, o qual considera o impacto gerado pela variação da demanda final mantido os demais fatores constantes, a pesquisa foi em linha com Sesso et al. (2020) em que o indicador foi o que obteve a maior contribuição na variação dentre os anos estudados, resultado esse que pode ser explicado dado que as relações produtivas se dão via aumento da demanda, sendo assim, desencadeando uma variação positiva em setores dados como chave, o qual é o caso da construção civil, mesmo que este seja mais intenso em emissões de dióxido de carbono.

Os dados referentes aos geradores de emissões de dióxido de carbono passaram mudanças quando comparado entre os anos, além de uma alteração no ranking que passou a ser liderado por China, seguida de Índia e Taiwan. Porém é importante ser colocados que os números absolutos não podem ser confrontados entre os anos, devido ao gerador não considerar o efeito inflacionário.

Um dado importante encontrado, foi a discrepância entre a líder do ranking de 2014, China com 1,49 Gigagramas e a Noruega (0,13 Ggs) que está na outra ponta do ranking como país mais sustentável, a geração de dióxido de carbono entre os países chega a ser 11x maior para o país asiático, ilustrando a disparidade nos esforços no combate das emissões de CO_2 .

Os países pertencentes ao BRIC tendem a possuir uma maior eficácia no controle das emissões considerando suas matrizes energéticas, porém quando olhado diretamente para o setor da construção civil o grupo econômico passa a ter papel de relevância negativa nos rankings, tanto para 2000 e 2014, em que China, Índia e Rússia fazem parte dos países com piores números do setor.

Os efeitos indiretos dentro da indústria da construção civil são os mais significativos para as emissões totais da construção civil. Neste estudo, tanto para o ano de 2000 quanto para o ano de 2014 as cadeias produtivas internas (efeito indireto no país) possuem maior relevância nas emissões dos países, sendo China, Índia e Rússia os países com maior nível de emissão no país em ambos os anos.

Quando olhado o efeito indireto, outro ponto a ser considerado é o nível de transbordamento dos países, efeito esse que reflete o quanto das emissões geradas são originárias de outros países, em que Malta, Luxemburgo, Bélgica e Países Baixos (Holanda) apresentaram transbordamentos acima de 72%, mostrando alta dependência da importação de insumos para o desenvolvimento da construção civil local.

O nível de transbordamento dos países sofreu grande elevação quando comparado entre os anos, efeito esse que pode ser causado pela implementação das metas traçadas pelo Protocolo de Kyoto. O acordo ambiental sofreu atrasos para entrar em vigor, além de não traçar metas para países em desenvolvimento, assim os países se beneficiam da brecha para assim aumentar a terceirização nas emissões de CO₂.

A principal contribuição deste estudo foi evidenciar os esforços que os países efetivam no combate as emissões de dióxido de carbono, mostrando os principais fatores para a degradação ambiental. Além disso mostrou-se que após acordos climáticos os países tendem a terceirizar suas emissões, contribuindo o estudo para possíveis tomadas de decisões acerca do tema. Entretanto os debates à cerca de políticas públicas de redução de danos ambientais não foram aqui abordadas, abrindo espaço para discussões e pesquisas a posteriori.

REFERÊNCIAS

- ABIKO, A.; MORAES, O. B.. Desenvolvimento urbano sustentável. **São Paulo**, 2009.
- ACQUAYE, A. A.; DUFFY, A. P.. Input–output analysis of Irish construction sector greenhouse gas emissions. **Building and Environment**, v. 45, n. 3, p. 784-791, 2010.
- ANDRADE, J. C. S.; COSTA, P.. Mudança climática, protocolo de Kyoto e mercado de créditos de carbono: desafios à governança ambiental global. **Organizações & Sociedade**, v. 15, p. 29-45, 2008.
- BAUMANN, R.; ARAUJO, R.; FERREIRA, J.. As relações comerciais do Brasil com os demais BRICs. **En: O Brasil e los demais BRICs: comércio e política. Brasília: CEPAL; IPEA, 2010. p. 9-46**, 2010.
- BIGARANI, F. A.; ZAPPAROLI, I. D.; DO NASCIMENTO, S. P.. Relação mundial per capita entre renda e emissão de dióxido de carbono. **Economia & Região**, v. 2, n. 2, p. 25-47, 2015.
- BUENO RUBIAL, M. del. **El Acuerdo de París: ¿una nueva idea sobre la arquitectura proyectada internacional? Relaciones Internacionales**, (33), 75-95. Disponível em: <https://revistas.uam.es/relacionesinternacionales/article/view/6728>, P. 216
- CARVALHO, T. S.; ALMEIDA, E. A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 40, p. 587-615, 2010.
- CORSATEA T.D., LINDNER S., ARTO, I., ROMÁN, M.V., RUEDA-CANTUCHE J.M., VELÁZQUEZ AFONSO A., AMORES A.F., NEUWAHL F. World Input-Output Database Environmental Accounts. **Update 2000-2016**, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-79-64439-9, doi:10.2791/947252, JRC116234.
- COSTANZA, R. et al. **An introduction to ecological economics**. CRC Press, 1997..
- CHANG, Y.; RIES, R. J.; WANG, Y.. The embodied energy and environmental emissions of construction projects in China: an economic input–output LCA model. **Energy policy**, v. 38, n. 11, p. 6597-6603, 2010.
- CRAWFORD, R. H. Greenhouse Gas Emissions of Global Construction Industries. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2022. p. 012047.
- DE TUDELA, OCAÑA PÉREZ. El impacto del Protocolo de Kyoto sobre la economía española!". **Revista interdisciplinar de gestión ambiental**, v. 63, p. 12-25, 2004.
- DIETZENBACHER, E., LOS, B. Structural Decomposition Analyses with Dependent Determinants, **Economic Systems Research** 12 (4), 497-514. 2000.

ESTEVEES, E. G. Z. Dinâmica mundial do uso da energia renovável, energia não renovável e da emissão de CO₂ por níveis de IDH: 1995 a 2009. Tese (doutorado) - **Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Economia, Programa de Pós-Graduação em Economia**, 2017.

FRANÇA, C. I. F.; ZAPPAROLI, I. D.; SESSO FILHO, U. A.. Zona do Euro: estrutura produtiva e emissões de gases do efeito estufa. **Geosul**, v. 33, n. 67, p. 118-139, 2018.

GUILHOTO, J. J. M.; MAISTRO, M. M. M.; HEWINGS, G. J. D. Economic landscapes: an application to the Brazilian Economy and to the sugar cane complex. In: Hewings, G. J.; Sonis, M.; Boyce, D. (Org.). **Trade, Networks and Hierarchies. 1aEd. Heidelberg**, p. 99-118, 2002.

GUPTA, J.. Negotiating challenges and climate change. **Climate Policy**, v. 12, n. 5, p. 630-644, 2012.

HAAN, de M. A Structural decomposition analysis of pollution in the Netherlands. **Economic Systems Research, Sydney**, v.13, n. 2, p.181-196, Jun. 2001.

HENDRICKSON, C.; HORVATH, A. Resource use and environmental emissions of US construction sectors. **Journal of construction engineering and management**, v. 126, n. 1, p. 38-44, 2000.

HIRSCHMAN, A.O. The Strategy of Economic Development. New Haven: Yale University Press. 1958.

HONG, J. et al. Greenhouse gas emissions during the construction phase of a building: A case study in China. **Journal of cleaner production**, v. 103, p. 249-259, 2015.

HUANG, L. Et al Carbon emission of global construction sector. **Renew. Sustain. Energy Rev.** 81, 1906-1916, 2017

IPCC. Intergovernmental panel on climate change. The physical scientific basis-working group i contribution to the fifth assessment report. **Summary for policymakers**, 2013. Disponível em: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf. Acesso em: 01 de Setembro de 2022.

ISARD, W. Inter-regional and Regional Input-Output Analysis: A Model of a Space-Economy. **Review of Economics and Statistics**, n.33, p.319-328. 1951.

JACOBS, M. O meio ambiente, a modernidade e a terceira via. In: GIDDENS, A. (Org) O debate global sobre a terceira via. **São Paulo, SP: Editora UNESP**, 2007.

JACOBSEN, H. K. Energy demand, structural change and trade: a decomposition analysis of the Danish manufacturing industry. **Economic Systems Research**, v. 12, n. 3, p. 319-343, 2000.

KOKONI, S.; SKEA, J.. Input-output and life-cycle emissions accounting: applications in the real world. **Climate Policy**, v. 14, n. 3, p. 372-396, 2014.

LEONTIEF, W. **The Structure of the American Economy**. 2.ed. New York: Oxford University Press, 1951.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-output analysis: foundations and extensions**. Cambridge university press, 2009. MORAES, O. J. de. *Economia Ambiental: Instrumentos econômicos para o desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Centauro, 2009.

MOREIRA, H. M.; GIOMETTI, A. B. R.. Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto internacional**, v. 30, p. 9-47, 2008.

PERDIGÃO, C. et al. Decomposição estrutural das emissões de CO₂ do BRIC. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 11, n. 3, p. 293-313, 2017.

RASMUSSEN, P. N. *Studies in Intersectoral Relations*, Amsterdam, North-Holland PC Schultz S.(1977) *Approaches to Identifying Key Sectors Empirically by Means of Input-Output Analysis*. **Journal of Development Studies**, v. 14, 1956.

SESSO, P. P. et al. Structural decomposition of variations of carbon dioxide emissions for the United States, the European Union and BRIC. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p. 119761, 2020.

SESSO FILHO, U.A.; GUILHOTO, J.J.M. Estrutura produtiva do Pará e sua inter-relação com o restante da economia brasileira: uma análise de insumo-produto. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 4, p. 11, 2010.

SHI, Q.; CHEN, J.; SHEN, L. Driving factors of the changes in the carbon emissions in the Chinese construction industry. **J. Clean. Prod.** 166, 615-627, 2017

SONIS, M. E G.J.D. HEWINGS. *Economic Landscapes: Multiplier Product Matrix Analysis for Multiregional Input-Output Systems*. **Hitotsubashi Journal of Economics**, v. 40, n. 1, p. 59-74, June 1999.

SOUZA, A. M.; ZAPPAROLI, I. D.; SESSO FILHO, U. A. Estrutura produtiva do Brasil, Rússia, Índia e China (BRIC) e seus impactos nas emissões de dióxido de carbono (CO₂). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, UFPR, Vol. 34, ago. 2015, DOI: 10.5380/dma.v34i0.37800

TIMMER, M. P., DIETZENBACHER, E., LOS, B., STEHRER, R. AND DE VRIES, G. J. An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database: the Case of Global Automotive Production, **Review of International Economics**, 2015. doi.org/10.1111/roie.12178.

TIMMER, M.P.; ERUMBAN, A.A.; LOS, B.; STEHRER, R. AND VRIES G.J. Slicing Up Global Value Chains. **Journal of Economic Perspectives**, 28(2), 99-118, 2014. doi:10.1257/jep.28.2.99.

UNITED NATIONS. *The world population prospects: the 2017 revision*, 2017. Disponível em:

https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/WPP2017_KeyFindings.pdf. Acesso em: 04 de Setembro de 2022.

UNFCCC. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE CONVENÇÃO. 21° Conference of the Parties. Acordo de Paris, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/cop21/>. Acesso em 25 de Agosto de 2022.

VIOLA, E.. A dinâmica das potências climáticas e o acordo de Copenhague. **Mudanças Climáticas**, p. 16, 2010.

WORLD INPUT OUTPUT DATABASE, WIOD. Disponível em: <<http://www.wiod.org/home>>. Acesso em: 07 de agosto de 2022.

WIOD ENVIRONMENTAL ACCOUNTS. Disponível em: <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/economic-environmental-and-social-effects-of-globalisation>. Acesso em: 07 de Agosto de 2022.

YAN, H. et al. Greenhouse gas emissions in building construction: A case study of One Peking in Hong Kong. **Building and Environment**, v. 45, n. 4, p. 949-955, 2010.

ZAPPAROLI, I. D.; SOUZA, A. M.; SESSO FILHO, U. A.; BRENE, P. R. A.; CAMARA, M. R. G. Análise dos transbordamentos nas emissões de dióxido de carbono: Brasil, Rússia, Índia e China - BRIC. **Revista Econômica do Nordeste**, v.48, n.1, p.149 - 164, jan./mar., 2018.

ZAPPAROLI, I. D.; TAVARES, A. B. J.; SESSO FILHO, U. A.; SESSO, P. P. Análise das emissões atmosféricas por gás e setores econômicos para o grupo dos sete e BRIC. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 51, n. 3, p. 89-112, jul./set., 2020

ZHONG, X. et al. Global greenhouse gas emissions from residential and commercial building materials and mitigation strategies to 2060. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2021.