

# RELAÇÃO ENTRE INVESTIMENTO DIRETO ESTRANGEIRO E POLUIÇÃO AMBIENTAL NOS PAÍSES DA AMÉRICA LATINA E CARIBE

## *IMPACTS OF FOREIGN DIRECT INVESTMENT ON ENVIRONMENTAL POLLUTION IN LATIN AMERICAN AND CARIBBEAN COUNTRIES*

Autores: Stela Barbosa Januzzi, Miriã Lima Paiva, Fernanda Aparecida Silva

Filiação: Mestranda em Economia Aplicada – Universidade Federal de Viçosa (DER/UFV),  
Doutoranda em Economia Aplicada – Universidade Federal de Viçosa (DER/UFV), Professora  
do Departamento de Economia Rural - Universidade Federal de Viçosa (DER/UFV)

Área de submissão: 6 - Globalização e competitividade regional

Classificação JEL do trabalho: F18, F21, Q2.

### **Resumo**

Os países em desenvolvimento têm se destacado como grandes receptores de investimentos diretos estrangeiros (IDE), que trazem inúmeros impactos positivos à economia. Porém, não há um consenso a respeito dos impactos desses investimentos sobre a poluição ambiental, podendo afetar de maneira positiva ou negativa as emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) nos países receptores. Entendendo a relevância das discussões sobre sustentabilidade e mudanças climáticas, e notando que a literatura sobre o tema é escassa para os países latinos e caribenhos, o presente estudo buscou analisar a relação entre IDE e a poluição ambiental para 19 países da América Latina e Caribe, no período de 1990 a 2014. Utilizou-se os métodos de Common Correlated Effects (CCE) e Augmented Mean Group (AMG) para dados em painel, que se destacam como diferenciais do trabalho por considerarem as heterogeneidades entre os países analisados e, até onde se sabe, não foram anteriormente aplicados em estudos para esses países. Como resultados, encontra-se que apenas os valores de curto prazo são válidos, além de que o IDE se mostrou não significativo sobre as emissões de CO<sub>2</sub> para a análise agrupada. Porém, ao analisar os coeficientes de cada país, considerando suas diferenças, 13 países apresentaram valores significativos e negativos de IDE sobre a poluição ambiental, enquanto outros 5 se mostraram significativos e positivos. Assim, para a análise agrupada, interpreta-se que dadas as diferenças entre os países, pode ser que os IDE limpos e tecnológicos se anulem com os IDE mais sujos, destinados a atividades que poluem mais o meio ambiente, uma vez que investimentos diversos são atraídos a depender das características singulares de cada país. Para mais, conclui-se que os investimentos estrangeiros não têm real capacidade de influir na poluição, sendo a própria matriz energética e as políticas ambientais do país o que determina de fato como esses investimentos irão impactar na emissão de gás carbônico.

**Palavras-chave:** Investimento direto estrangeiro (IDE); Emissões de CO<sub>2</sub>; Países em desenvolvimento.

### **Abstract**

*Developing countries have increasingly become major destinations for foreign direct investment (FDI), which brings numerous positive impacts to the economy. However, there is no consensus regarding the effects of these investments on environmental pollution, as they may positively or negatively affect carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions in recipient countries. Understanding the importance of discussions on sustainability and climate change, and recognizing the limited literature on the subject for Latin American and Caribbean countries, this study aimed to analyze the relationship between FDI and environmental pollution for 19 countries in the region, from 1990 to 2014, using the Common Correlated Effects (CCE) and Augmented Mean Group (AMG) methods for panel data. These methods stand out as the primary distinguishing factors of this study work, as they consider heterogeneities among the*

*countries analysed. Results indicate that only short-term values are valid, and FDI was found to be not significant for CO2 emissions in the pooled analysis. However, when analyzing the coefficients of each country, considering their differences, 13 countries showed significant and negative values of FDI on environmental pollution, while another 5 showed significant and positive values. Thus, for the pooled analysis, it is interpreted that given the differences between countries, cleaner and technological FDI may counteract with dirtier FDI, destined for activities that pollute the environment more, since various investments will be attracted depending on the unique characteristics of each country. Furthermore, it is concluded that foreign investments do not have a real capacity to influence pollution, and the country's own energy matrix and environmental policies are decisive in determining how these investments will impact carbon dioxide emissions.*

**Key words:** *Foreign Direct Investment (FDI); CO2 Emissions; Developing countries.*

## **1. Introdução**

Os investimentos diretos estrangeiros (IDE) ganharam destaque com o fenômeno da globalização e da internacionalização da economia mundial, em meados do início da década de 1980 (Carminati e Fernandes, 2022). Desde então, o fluxo desses investimentos apresenta crescimento em todo o mundo, com destaque recente aos países em desenvolvimento, que têm recebido maiores fluxos de IDE devido às altas taxas de crescimento das economias, ao amplo mercado consumidor e à abundância de recursos naturais presentes nesses países (Amal e Seabra, 2007; Sapkota e Bastola, 2017).

De acordo com os dados da UNCTAD (2018), no ano de 2017 houve um aumento da absorção do IDE por meio dos países em desenvolvimento, que atraíram uma parcela de 47% desses fluxos globais, em comparação ao montante de 36% de 2016. Ainda, nos países da América Latina e Caribe, a entrada de IDE aumentou em aproximadamente 55,2% em 2022, comparado ao ano anterior, sendo o Brasil o país que mais recebeu esses fluxos de investimentos, com 41% do total, seguido pelo México, com 17% do valor total (CEPAL, 2023).

Nesse contexto, é sabido que o IDE impacta a economia dos países anfitriões de formas diversas. A instalação de empresas estrangeiras pode, por exemplo, promover a incorporação de novas técnicas nas firmas locais. Assim, tem-se como resultado o aumento da produtividade da economia, como sugere Javorcik (2004). Além disso, de acordo com Almfraji e Almsafir (2014), o IDE pode propiciar elevação no crescimento da renda. Ainda, Carminati e Fernandes (2022) apontam que esses fluxos têm potencial de constituir-se de uma fonte relevante de inovação tecnológica e transmissão de tecnologia para os países em desenvolvimento, além de possibilitar o aumento dos rendimentos na produção, por meio dos efeitos de difusão (*spillovers*) e de externalidades positivas na economia local.

Apesar dos potenciais benefícios econômicos desses fluxos de investimentos, existe o debate na literatura a respeito do impacto ambiental que esses investimentos podem causar no país receptor, para o qual o IDE é destinado. Tendo em vista a crescente relevância do debate ambiental e da preocupação mundial com as questões de sustentabilidade e de mudanças climáticas, notados nos diversos acordos internacionais como o Protocolo de Kyoto, o Acordo de Paris, e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), e entendendo que é necessário haver um equilíbrio entre crescimento econômico e preservação ambiental para que haja manutenção da vida para as próximas gerações, compreender a relação entre IDE e degradação ambiental mostra-se um tema de extrema importância.

Dentro disso, existem duas teorias principais e contrárias entre si, em que a primeira acredita que o aumento de IDE destinado a um país impacta de forma negativa a qualidade

ambiental deste, e a segunda argumenta que, pelo contrário, os fluxos de IDE melhoram a qualidade do meio ambiente e têm capacidade de reduzir a poluição.

A primeira teoria é chamada de *pollution haven hypothesis* ou “refúgio de poluição”. De acordo com essa discussão, o aumento dos investimentos estrangeiros nos países receptores aumenta a sua produção, e isso pode estar relacionado a um maior uso de fontes não-renováveis de energia, como as energias fósseis, e a uma maior degradação dos recursos naturais, já que um aumento da produção e do consumo dependem de mais energia e mais matérias-primas (Mahmood, 2023). Além disso, acredita-se que um dos principais motivos que levam empresas estrangeiras a se instalarem em outros países é a procura por locais onde a legislação é ambientalmente e socialmente menos rigorosa, para que seja possível reduzir custos das empresas. Isso pode trazer como resultados um aumento da poluição no país anfitrião, que atrai empresas mais poluidoras e menos sustentáveis por conta de sua legislação mais flexível, o que é mais comum em países em desenvolvimento (Acharyya, 2009).

Por outro lado, a segunda hipótese, conhecida como *pollution halo hypothesis*, crê que as empresas entrantes podem trazer novas técnicas e uma estrutura produtiva mais limpa, resultando na redução da poluição no país receptor do IDE (Shahbaz et al., 2015). A esse respeito, a literatura sobre a temática se mostra inconclusiva e muitas vezes divergente, sendo razoável pensar que os dois mecanismos podem ocorrer conjuntamente.

Nesse sentido, no escopo dos países em desenvolvimento, os estudos de Carvalho e Silva (2022) e de Essandoh et al. (2020) encontraram que o IDE nesses países afetou positivamente as emissões de CO<sub>2</sub>, enquanto que para as economias desenvolvidas não houve significância estatística, sugerindo que a hipótese do refúgio de poluição se concretizou. De forma similar, Baek (2016) observou que o fluxo de IDE intensificou as emissões de gás carbônico nos países asiáticos e Sun et al. (2017) encontrou resultados semelhantes para a China. Já Soares, Teixeira e Lopes (2020) encontraram que a renda dos países em desenvolvimento cresceu mais rapidamente que as emissões de CO<sub>2</sub>, sugerindo que o IDE pode ter favorecido a adoção de tecnologias mais limpas, confirmando a hipótese da *pollution halo*. Ainda, Zhang e Zhou (2016) mostraram que o IDE contribuiu para a transferência de novas tecnologias e redução das emissões de gás carbônico na China.

Para o caso da América Latina e Caribe, Sapkota e Bastola (2017) buscam comprovar a teoria do refúgio de poluição para 14 países latinos, e de fato encontram relação positiva entre IDE e aumento de emissão de CO<sub>2</sub>. No estudo de Blanco, Gonzalez e Ruiz (2013), os autores buscam analisar a causalidade entre IDE e as emissões de CO<sub>2</sub> para 18 países latinos, e mostram que o IDE destinado para produção intensiva em poluição acelerou as emissões de gás carbônico nos 18 países. Já no trabalho de Mahmood (2023), não foi possível obter resultados significativos do IDE tanto sobre as emissões de gás carbônico quanto sobre o PIB das economias para os 18 países latinos analisados.

Dessa forma, nota-se que, apesar da intensificação de recebimentos dos fluxos de IDE nos últimos anos pelos países latinos, são poucos os trabalhos a tratar da temática concernente à relação desses fluxos com a degradação ambiental e aumento da poluição nesses países, além de haver divergências nos resultados. Assim, o presente estudo objetiva contribuir para ampliar a literatura do tema para os países em desenvolvimento, especificamente os países da América Latina e Caribe, buscando captar a relação causal entre o investimento direto estrangeiro e a degradação ambiental, testando as hipóteses de *pollution haven* e *pollution halo* para 19 países da América Latina e Caribe, pelo período de 1990 a 2014, utilizando como *proxy* para a poluição ambiental as emissões de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), que se constitui no principal gás causador do efeito estufa e promotor das mudanças climáticas mundiais.

Para isso, utilizar-se-á da metodologia *Common Correlated Effects* (CCE) e *Augmented Mean Group* (AMG), que é capaz de lidar com as heterogeneidades existentes entre os países e absorver dependência *cross-section*, caso haja. Entendendo que os países latinos são muito

diferentes entre si, considerando as suas características socioeconômicas, políticas, geográficas (de localização e tamanho), culturais, de infraestrutura, além das diferentes atividades econômicas desenvolvidas por cada um, tudo isso pode afetar de formas distintas a maneira como os IDE impactam o meio ambiente em cada país, além de afetar o tipo de IDE que é atraído, sendo de grande valia captar a diferença entre os países, o que se torna o grande diferencial deste estudo por permitir uma análise mais robusta e precisa para os países analisados.

Espera-se que o presente estudo, além de contribuir para o importante debate entre o crescimento das economias e da produção dos países e a poluição ambiental, possa orientar decisões em termos de políticas públicas a respeito da atração dos investimentos estrangeiros, de forma que esses sejam mais benéficos, no âmbito ambiental, aos países latinos receptores. A depender dos resultados, o trabalho pode guiar os líderes políticos a planejarem melhor a atração dos investimentos, e serem mais seletivos em relação aos IDE que podem poluir mais o ambiente, ou que podem trazer novas formas de produção mais limpas ao país, de modo a promover um desenvolvimento mais sustentável.

## **2. Revisão de Literatura**

A presente revisão de literatura busca apresentar com maior nível de detalhamento as discussões mais atuais da literatura a respeito da relação entre os investimentos diretos estrangeiros e as emissões de gás carbônico nos países receptores desses investimentos.

Nesse sentido, o trabalho de Carvalho e Silva (2022), por meio do modelo de dados em painel dinâmico com o método dos momentos generalizados (GMM), investiga a relação entre o IDE e as emissões de CO<sub>2</sub> para 170 economias, nos anos de 1990 a 2014, separando a análise para países desenvolvidos e países em desenvolvimento, além de analisar o efeito dos diferentes tipos de IDE (*brownfield* e *greenfield*) sobre esses países. Como resultado, encontraram que os dois tipos de IDE não afetam as emissões de CO<sub>2</sub> nos países ricos, enquanto afetam positivamente as emissões para os países pobres. Isso sugere que a hipótese de que os IDE são destinados aos países mais pobres como forma de refúgio da poluição se concretiza.

De forma similar, o estudo de Essandoh, Islam e Kakinaka (2020), utilizando dados de 52 países divididos entre desenvolvidos e em desenvolvimento, para o período de 1991 a 2014, investiga a relação entre comércio internacional e fluxo de IDE sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, por meio do modelo *Pooled Mean Group Autoregressive Distributive Lag (PMG-ARDL)*. As conclusões para o IDE, assim como no estudo anterior, indicam que não há significância estatística no caso dos países desenvolvidos, e, no caso dos países em desenvolvimento, o aumento do fluxo desses investimentos contribui para uma maior deterioração ambiental em termos de emissões de gás carbônico, novamente apoiando a ideia de que países mais pobres, por possuírem leis ambientais menos rigorosas, atraem mais investimentos de empresas poluidoras, além de não possuírem recursos como tecnologias verdes e sistemas de manejo ambiental adequados suficientes.

Ainda, Baek (2016) analisa 5 economias em desenvolvimento do sudeste asiático, durante o período de 1981 a 2010, também por meio do modelo de painel dinâmico com o estimador *Pooled Mean Group*, e encontra que um aumento nos fluxos de IDE tende a aumentar a poluição ambiental nesses países, confirmando a teoria de *pollution haven*.

Para mais, Arif et al. (2022) utilizaram o modelo de *Common Correlated Effect Pooled Mean Group (CCEPMG)* e *Common Correlated Effect Mean Group (CCEMG)* para investigar o IDE e a poluição, visando combater a dependência *cross-sectional* nos grupos dos países. Mediante dados de 123 países, desenvolvidos e em desenvolvimento, para o período de 1996 a 2018, os autores concluíram que para o caso dos países mais ricos, o IDE influi de maneira negativa na emissão de CO<sub>2</sub>, sustentando a teoria de *pollution halo*. E, para os países em desenvolvimento, o inverso ocorre, tendo o IDE um efeito positivo sobre as emissões no longo prazo, corroborando com a teoria de refúgio de poluição, ou *pollution haven*.

Já o trabalho de Zhang e Zhou (2016) explora a relação entre o IDE e as emissões de CO<sub>2</sub> para 29 províncias da China, tanto para nível nacional quanto regional, durante o período de 1995 a 2010, por meio de painel de dados provincial, e chega à conclusão de que o IDE contribuiu para reduzir as emissões desse gás poluente no país. Dessa forma, o resultado corrobora para a hipótese de *pollution halo*, em que a entrada de fluxos de investimentos estrangeiros leva consigo novas tecnologias, que podem ser adotadas e absorvidas pelo país anfitrião, gerando inovação e formas mais eficientes e limpas de produção.

De forma análoga, o estudo nacional de Soares, Teixeira e Lopes (2020) explora a mesma relação para o caso de 30 países em desenvolvimento, entre os anos de 1990 e 2014, utilizando modelo de vetor autorregressivo de dados em painel (PVAR), e uma *proxy* de intensidade de emissão de CO<sub>2</sub>. Como resultados, encontraram que o fluxo de IDE impactou de maneira indireta as emissões de CO<sub>2</sub> per capita, mas não teve efeito sobre a intensidade das emissões. Ademais, concluíram que a renda dos países cresceu de maneira mais rápida do que as emissões de gás carbônico, indicando que o IDE pode ter favorecido avanços técnicos nas práticas produtivas desses países e confirmando também a hipótese de *pollutin halo*.

Especificamente para o caso dos países da América Latina e Caribe, em que todos são considerados países em desenvolvimento, o trabalho de Sapkota e Bastola (2017) examina 14 países latino-americanos, durante 1980 a 2014, com o uso do modelo de efeitos fixos para dados em painel, buscando validar a hipótese de *pollution haven*. Encontram que, de fato, um aumento nos fluxos de IDE para esses países resulta em um aumento da poluição.

Resultado similar também foi encontrado no estudo de Blanco, Gonzales e Ruiz (2013), que buscou analisar a causalidade entre IDE e as emissões de CO<sub>2</sub> para 18 países latinos, entre 1980 e 2007, usando o modelo *Vector Autoregressive* (VAR) para séries temporais. Os autores não conseguiram determinar se o IDE polui mais do que as firmas locais, embora tenham encontrado que cerca de 37% do total desses investimentos foram destinados a indústrias intensivas em poluição, o que se relaciona com o aumento das emissões de CO<sub>2</sub> per capita nesses países.

Ainda, no estudo realizado por Mahmood (2023) foram explorados os efeitos espaciais do IDE sobre as emissões de CO<sub>2</sub> de 18 países latino-americanos, pelo período de 1970 a 2019, usando o modelo espacial de Durbin. Concluiu-se que não houve significância estatística do IDE em nenhuma estimativa, não sendo possível constatar nenhuma hipótese sobre o tema.

Dessa forma, por meio da análise da literatura mais recente, nota-se que os resultados encontrados pelos artigos nem sempre convergem, embora haja relativamente mais estudos que comprovam a teoria da *pollution haven* para o caso dos países em desenvolvimento. Ainda, nota-se que os estudos sobre a temática são mais escassos para o caso específico dos países da América Latina, não tendo sido encontrado nenhum artigo a explorar o caso desses países por meio da metodologia que se pretende usar no presente trabalho, do modelo de dados em painel com os estimadores *Common Correlated Effects* (CCE) e *Augmented Mean Group* (AMG), que consideram as heterogeneidades de cada país na estimação, permitindo verificar resultados mais robustos e concretos.

Assim, busca-se contribuir com a literatura trazendo uma abordagem mais atualizada para 19 países latino-americanos e caribenhos, para os anos de 1990 a 2014, que é um amplo período, em que foi possível obter o maior número de informações dos países, dada a disponibilidade do Banco Mundial (2023), a partir de uma metodologia ainda não utilizada na literatura para esses países, até onde se sabe.

### **3. Referencial teórico**

A teoria escolhida para fundamentar a relação entre IDE e emissões de CO<sub>2</sub> é baseada na modelagem do processo decisório das empresas, que foi adotada pela grande maioria dos estudos na literatura base do tema (Blanco, Gonzales e Ruiz, 2013; Carvalho e Silva, 2022; List e Co, 2000; Soares, Teixeira e Lopes, 2020). Entendendo que a poluição é emitida durante a

produção, pode-se considerar que as emissões de gases poluentes são *inputs* ao processo de produção das firmas, conforme mostra a teoria (Blanco, Gonzales e Ruiz, 2013).

De acordo com List e Co (2000), as firmas buscam por ambientes (países) onde os preços dos insumos são menores (custos comparativamente mais baixos). Nesse sentido, Blanco, Gonzales e Ruiz (2013) argumentam que as restrições ambientais representam um dos custos em que as empresas incorrem.

Dessa forma, o lucro da firma pode ser descrito como na equação abaixo, conforme Soares, Teixeira e Lopes (2020) modelaram:

$$\pi_j = P_Y Y_j - P_X X_j - P_{CO_2} CO_{2j} \quad (1)$$

em que,  $\pi$  é o lucro,  $P$  é o preço do seu referido subscrito,  $Y$  é o bem produzido,  $X$  é um vetor de insumos (terra, trabalho e capital),  $CO_2$  é a emissão associada a produção de  $Y$ , e  $j$  é o subscrito que indica a firma. O lucro máximo, indicado pelo asterisco, é dado por:

$$\pi_j^* = (P_Y - \eta_X P_X - \eta_{CO_2} P_{CO_2}) Y_j^* \quad (2)$$

sendo,  $\eta_X = X_j^* / Y_j^*$  e  $\eta_{CO_2} = CO_{2j}^* / Y_j^*$ . A empresa ter  $\eta_{CO_2}$  elevado significa que para produzir  $Y$  será necessário um nível alto de emissão de  $CO_2$  (a produção é intensiva em  $CO_2$ ). Assim, a empresa será sensível aos custos associados à preservação ambiental, isto é, o preço de emissão,  $P_{CO_2}$ . Portanto, a empresa se destinará ao país “d” onde o custo de emissão é menor que o do país de origem (“o”) de maneira que seu lucro será maior conforme a equação 3 descreve.

$$(P_{Y,d} - \eta_{X,w} P_{X,d} - \eta_{CO_2,d} P_{CO_2,d}) Y_{j,d}^* > (P_{Y,o} - \eta_{X,o} P_{X,o} - \eta_{CO_2,o} P_{CO_2,o}) Y_{j,o}^* \quad (3)$$

Pode-se concluir que, teoricamente, as firmas buscam por investir em países onde a legislação ambiental é menos rigorosa, em especial para o caso das firmas mais poluidoras, para que possam reduzir custos e aumentar lucros. Percebe-se ainda que, nos países desenvolvidos, a preservação ambiental tem sido mais valorizada do que em países em desenvolvimento, o que pode ser apontado como uma das razões pelas quais as empresas originárias de países desenvolvidos têm buscado, com maior frequência, se instalar em países em desenvolvimento, que contam com legislações ambientais mais frouxas do que países mais desenvolvidos (Amal e Seabra, 2007; Mahmood, 2023; Sapkota e Bastola, 2017).

#### 4. Estratégia empírica

O objetivo deste trabalho é testar as hipóteses de *pollution halo* e *pollution haven* nos países da América Latina, a fim de verificar como o fluxo de IDE impacta a poluição ambiental dos países. Isto é, se impacta de forma negativa, reduzindo a poluição, ou de forma positiva, aumentando-a. Por isso, a equação de interesse é:

$$CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 IDE_{it} + \beta_2 X_{it} + v_{it} \quad (4)$$

em que,  $CO_2$  é a *proxy* para poluição ambiental, sendo o gás carbônico o principal gás causador do efeito estufa (como em Sapkota e Bastola, 2017), o  $IDE$  é o Investimento Direto Estrangeiro,  $X$  é um vetor de variáveis de controle,  $v$  é o termo de erro, os betas são os parâmetros, e os subscritos  $i$  e  $t$  representam, respectivamente, os países e o tempo.

Nota-se que se  $\beta_1$  for estatisticamente significativo e negativo, a hipótese de *pollution halo* é válida, uma vez que esse resultado indica que o fluxo de IDE nos países latinos irá afetar de forma negativa a poluição ambiental, reduzindo-a. Porém, se  $\beta_1$  for estatisticamente significativo e positivo, a hipótese de *pollution haven* é aceita, entendendo que o fluxo de IDE aos países latinos irá contribuir para um aumento da poluição ambiental, impactando positivamente as taxas de  $CO_2$ .

Será feita uma análise de dados em painel, sendo possível verificar as informações para os países  $i$  da América Latina e Caribe, durante o tempo  $t$ . Como estimadores, serão utilizados o estimador de *Common Correlated Effects* (CCE) e de *Augmented Mean Group* (AMG), que são capazes de lidar com a heterogeneidade entre os países em uma análise de dados em painel,

e considerar as diferenças entre os países latino-americanos, de forma a refletir adequadamente os diferentes contextos de cada país selecionado ao analisar a relação entre IDE e degradação ambiental.

Ademais, faz-se necessário a realização de alguns testes na amostra, sendo esses o teste de dependência transversal de Pesaran (2004), o teste de raiz unitária, sendo o mais adequado o de Pesaran (2007), o teste de homogeneidade entre os coeficientes das unidades *cross-section* de Pesaran e Yamagata (2008), e o teste de cointegração de Westerlund (2007). Após realizados os testes, será possível dizer se existe uma dinâmica de longo prazo entre as variáveis, se é preciso adotar um estimador que considere dependência transversal, e se é necessário verificar a dinâmica de cada unidade *cross-section*.

#### 4.1 Estimador

Os modelos tradicionais de dados em painel (*Pooled*, efeitos aleatórios e efeito fixo) utilizam-se da hipótese de independência transversal. No caso de variáveis macroeconômicas, tal suposição é muito restritiva, visto que um choque “ $u$ ” que afeta, por exemplo, as emissões de poluição no país  $i$ , pode impactar conjuntamente as emissões no país  $j$  ( $cov[u_i, u_j] \neq 0$ ). Além disso, esses modelos não acomodam a possibilidade de séries não-estacionárias e de heterogeneidade entre os coeficientes. Para contemplar essas características do painel analisado neste estudo, os estimadores escolhidos foram *Common Correlated Effects* (CCE) e *Augmented Mean Group* (AMG).

O estimador CCE é adequado quando se constata heterogeneidade não-observadas entre os países, capturando e controlando as diferenças e os efeitos comuns compartilhados entre eles. Os países latinos e caribenhos possuem diferenças entre si, nos níveis econômicos, nas estruturas produtivas e industriais, nas políticas ambientais, o que possui influência sobre as emissões de CO<sub>2</sub> em cada país. Além disso, essas nações podem sofrer com efeitos comuns, como tendências globais e choques econômicos regionais, que têm capacidade de afetar tanto o fluxo recebido de IDE quanto as emissões de gás carbônico nos países. Sendo assim, o CCE permite controlar esses efeitos, ajudando a isolar o impacto específico dos investimentos diretos estrangeiros nas emissões de CO<sub>2</sub> em cada país, permitindo assim estimações mais robustas.

O CCE, proposto por Pesaran (2006), consiste no seguinte modelo:

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_i' X_{it} + u_{it} \quad (5)$$

$$u_{it} = \delta_i F_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$X_{it} = \alpha_i + d_i t + \Gamma_i' F_t + v_{it} \quad (7)$$

em que,  $y$  é a variável de interesse,  $X$  é um vetor de regressores e  $F$  é um vetor de variáveis não-observáveis que variam ao longo do tempo e que afetam simultaneamente  $y$  e  $X$ . Como  $cov[X_{i,t}, u_{i,t}] \neq cov[X_{i,t-1}, u_{i,t-1}] \neq 0$ , não é possível estimar  $\beta_i$  com os métodos tradicionais. Pesaran (2006) propôs usar os valores médios transversais como *proxy* do vetor de variáveis não-observáveis. Dessa forma, a equação a ser estimada é:

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_i' X_{it} + c_i \bar{y}_t + h_i' \bar{X}_t + \omega_{it} \quad (8)$$

A equação 8 é estimada pelos mínimos quadrados ordinários (MQO) para cada seção transversal. Para se obter parâmetros para a amostra como um todo, utiliza-se o estimador CCEMG (*Common Correlated Effects Mean Group*):

$$\hat{\beta}_{CCEMG} = 1/N \sum_{i=1}^N \beta_{iCCE} \quad (9)$$

O AMG, elaborado por Eberhardt e Teal (2010), explora as características não observáveis ao longo de tempo ( $f_t$ ). Isso porque, em alguns estudos econômicos existe grande interesse neles. Um exemplo é, quando avaliando a dinâmica do crescimento econômico, deseja-se verificar a produtividade total dos fatores. Para tanto, os autores propuseram o acréscimo de *dummies* de tempo. Além dessa mudança em relação ao CCE, os parâmetros são estimados na primeira diferença. Assim, a equação em que  $\tilde{\beta}_i$  é estimado pelo MQO é:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i \Delta x_{it} + \varphi_i f_t + \sum_{t=2}^T \tau_i \cdot Dummy_t + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

Assim, o estimador AMG é:

$$AMG = N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^N \tilde{\beta}_i \quad (11)$$

Esse estimador, por sua vez, reconhece a heterogeneidade transversal entre os países analisados no estudo, permitindo que os coeficientes de regressão associados aos investimentos diretos estrangeiros e outras variáveis explicativas variem entre os países. Entendendo que os países possuem políticas ambientais e econômicas distintas entre si e condições econômicas também distintas, essas condições podem influenciar a eficácia dos investimentos estrangeiros na redução ou aumento das emissões de CO2 em diferentes países. Ao permitir a variação entre os países, o AMG ajuda a capturar as diferentes respostas dos países latino-americanos e caribenhos aos IDE em termos de emissões de CO2, fornecendo *insights* mais detalhados sobre os impactos ambientais desses investimentos em contextos nacionais distintos.

#### 4.2 Dados

Para a análise proposta, foram selecionados dados de 19 países da América Latina e Caribe no período de 1990-2014, sendo esses Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Costa Rica, República Dominicana, Equador, Guatemala, Haiti, Honduras, Jamaica, México, Nicarágua, Panama, Paraguai, Peru, Trindade e Tobago, e Uruguai.

A escolha do período e dos países se baseou no fato de que o fluxo de IDE para os países em desenvolvimento tem crescido nas últimas décadas, sendo relevante investigar o impacto ambiental desses investimentos nos países latinos, que têm como destaque o Brasil e o México como principais receptores de IDE (CEPAL, 2023), além de levar em consideração a disponibilidade dos dados, que foram obtidos no Banco Mundial (2023).

Conforme exposto acima, o interesse é estimar a equação 9, sendo que as variáveis utilizadas estão expressas na Tabela 1 a seguir, e foram escolhidas com base na literatura de referência (Carvalho; Silva, 2022; Shabaz et al., 2015; Soares; Teixeira; Lopes, 2020).

Tabela 1: Variáveis utilizadas no modelo econométrico

Tipo de variável	Variável	Definição	Sinal esperado
Explicada	CO2	Logaritmo das emissões <i>per capita</i> de CO2 equivalente	-
Explicativa	IDE	Porcentagem das entradas de investimento direto estrangeiro em relação ao produto interno bruto (PIB)	Positivo
Explicativa de controle	PIB	Logaritmo do PIB <i>per capita</i>	Positivo
	CE	Logaritmo do consumo de energia <i>per capita</i>	Positivo
	Urb	Porcentagem da população urbanizada	Ambíguo

Fonte: Elaboração própria.

O investimento direto estrangeiro (IDE) é computado como tal, quando uma empresa estrangeira é instalada no país ou quando um estrangeiro adquire, no mínimo, 10% de uma empresa já existente no país. Conforme Feenstra (1998), o IDE pode ser entendido como um investimento de longo prazo no país receptor, realizado por um não-residente. Sendo a principal variável explicativa do presente estudo, espera-se que a porcentagem de entrada de IDE tenha um efeito positivo sobre as emissões de CO2, de forma a confirmar a teoria de refúgio de poluição, que é o resultado mais encontrado na literatura para países em desenvolvimento e para os países latino-americanos, especificamente.



Conforme discutido por Blanco, Gonzales e Ruiz (2013) e Sapkota e Bastola (2017), os países em desenvolvimento tendem a ter leis ambientais menos rigorosas do que países mais desenvolvidos, o que desperta o interesse das grandes multinacionais, em especial das empresas mais poluidoras, em destinarem os seus investimentos diretos a essas regiões, de modo a aumentar seus lucros por meio da redução dos custos dos insumos.

No caso da variável de PIB per capita, o sinal esperado é positivo sobre a poluição ambiental, uma vez que países em desenvolvimento como os analisados no presente estudo tendem a apresentar tecnologias menos avançadas e mais “sujas”, o que implica que um aumento na produção desses países irá aumentar a poluição (Mahmood, 2023). Ainda, o efeito esperado para a variável de consumo de energia per capita também é positivo, a partir do entendimento de que nesses países, grande parcela da fonte de geração de energia é não-limpa e não-renovável, proveniente de fontes fósseis, o que gera maior emissão de gás carbônico à medida que se consome mais (Arif, Arif e Khan, 2022; Soares, Teixeira e Lopes, 2020).

Por fim, em relação à variável de grau de urbanização, o sinal esperado é ambíguo. Um maior grau de urbanização pode aumentar as emissões de gases poluentes devido à maior produção industrial e maior uso de transportes movidos à combustíveis fósseis. Porém, pode também ter um efeito de redução da degradação ambiental, por meio de vantagens de economia de escala na tecnologia, uma vez que concentra em um mesmo espaço atividades semelhantes, diferente do que ocorre nas áreas rurais (Carvalho e Silva, 2022), além da possibilidade de ser uma cidade bem planejada, que utiliza de meios sustentáveis de produção e transporte.

## **5. Resultados**

### **5.1 Resultados dos testes**

Antes de se estimar a regressão, os testes previamente citados para a amostra foram realizados, e as tabelas com os resultados se encontram no Anexo deste artigo. O primeiro foi o teste de dependência transversal, de Pesaran (2004), em que a hipótese nula é de independência transversal. O teste foi rejeitado a 1% de significância estatística. Além deste teste, foram realizados outros testes, de Pesaran (2015), Juodis e Reese (2021), Fan et. al. (2015), e Pesaran e Xie (2021), cuja hipótese nula é de que há dependência transversal fraca. De maneira geral, os testes indicam que a dependência não é fraca. Assim, conclui-se que há dependência transversal significativa. Essa dependência pode ser fonte de viés nos trabalhos que lhe incorporam.

O segundo teste executado foi o da raiz unitária, sendo um teste importante para que se conheça a ordem de integração das séries. O teste adotado foi o CIPS (Pesaran, 2007) devido a sua capacidade de incorporar a dependência transversal. O teste de Maddala e Wu (1999) é comumente utilizado para testar estacionariedade em dados em painel. Porém, diferentemente do CIPS, ele não considera a dependência transversal. No entanto, para permitir que o leitor compare os testes, ambos os resultados estão anexados. Os resultados do teste indicam que, em primeira diferença, todas as variáveis, com exceção de *Urb*, são estacionárias.

O terceiro teste feito foi o teste de homogeneidade entre os coeficientes das unidades *cross-section*, de Pesaran e Yamagata (2008). A hipótese nula, de que os coeficientes são homogêneos, foi rejeitada ao nível de 1% de significância estatística. Portanto, os modelos adotados neste trabalho são adequados aos dados da amostra, e a relação entre as variáveis é diferente em cada unidade analisada (cada país).

Por fim, o último teste aplicado foi o de cointegração de Westerlund (2008), sendo um importante teste para verificar se, no longo prazo, a relação é válida. A hipótese nula, de que as séries não são cointegradas, não foi rejeitada para *IDE* e *Urb*. Já para as variáveis de *PIB* e *CE*, essas não apresentaram resultados consistentes que indiquem cointegração. Porém, ao realizar o teste em todas as séries em conjunto, os resultados apontaram que as séries são não-cointegradas, o que significa que os resultados das estimações de longo prazo não são válidos.

Estudo similar foi realizado por Soares, Teixeira e Lopes (2020), que avaliaram a relação entre *IDE* e *CO2* para um conjunto de países que possui semelhanças com o grupo de países estudados neste trabalho, e também encontraram que as séries são não cointegradas. Esse resultado mostra que não há uma relação de longo prazo estável entre as variáveis em estudo, representando que, ao longo do tempo, as variáveis de *IDE* e de emissão per capita de *CO2* equivalente não exercem impacto estável umas nas outras. Isso pode indicar que os impactos dos investimentos diretos sobre as emissões de gás carbônico se dão de forma predominante no curto prazo, ou que outras variáveis, não incluídas no modelo, podem estar influenciando essas emissões de forma mais significativa no longo prazo.

Em resumo, os testes indicam que: (1) há dependência transversal, (2) as séries são estacionárias em primeira diferença, (3) os coeficientes não são homogêneos, e (4) as séries são não cointegradas.

## 5.2 Resultados descritivos

Tabela 2: Estatísticas descritivas das variáveis do estudo

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
<i>CO2</i>	-5,5596	0,6667	-7,2969	-3,7518
<i>IDE</i>	3,4577	2,9993	-7,0215	17,417
<i>PIB</i>	9,1737	0,5686	7,8954	10,319
<i>CE</i>	6,7899	0,7179	5,2569	9,563
<i>Urb</i>	64,959	15,285	28,51	94,945

Fonte: Elaboração própria.

A partir da análise dos resultados da tabela, nota-se que o log das emissões per capita de *CO2* equivalente se mostrou negativo, e isso se justifica porque o *CO2* equivalente per capita é menor do que 1, sendo seu valor sem aplicar o log igual a 0,0048. A média e o desvio padrão mostram que os países da América Latina e Caribe, em geral, produzem uma quantidade relativamente baixa de *CO2*, e o seu desvio padrão também é relativamente baixo, indicando que os países analisados, em geral, têm as suas emissões de gás carbônico per capita próximas da média obtida, não havendo grandes dispersões. Esse resultado encontra embasamento na literatura, que revela que a América Latina e Caribe representam 8% da população mundial, mas produzem somente 3,6% do total mundial de emissão de *CO2* relacionadas ao consumo de energia, o que está relacionado às fontes primárias de energia que esses países utilizam, sendo uma parte significativa de energia hidrelétrica e de fontes renováveis, embora a maior parte ainda seja proveniente de fontes fósseis de energia (BP, 2022)

No caso do *IDE*, que está representado pela porcentagem dos investimentos sobre o *PIB* dos países, nota-se que a média foi uma porcentagem de 3,45% do *IDE* sobre o *PIB*. O resultado permite inferir que, na média, os países da amostra recebem quantias pequenas de investimentos diretos estrangeiros quando comparadas ao seu Produto interno bruto. Entretanto, o desvio padrão, de valor próximo a 3, sugere que os valores do *IDE* estão consideravelmente dispersos em relação à média para os países. Isso está de acordo com os dados recentes da CEPAL (2023), que mostram que, entre os países latino-americanos e caribenhos, o Brasil e o México são responsáveis por absorver a grande maioria dos fluxos de *IDE* destinados para a região, enquanto os demais países recebem fluxos bem menores desses investimentos. Além disso, essas diferenças confirmam a relevância de se utilizar no modelo econométrico estimadores que consideram a heterogeneidade entre os países, como é o caso dos estimadores utilizados no presente estudo, sendo eles o Common Correlated Effects (CCE) e o Augmented Mean Group (AMG).

Para mais, os valores encontrados para as variáveis de log do *PIB* per capita e de log do consumo de energia per capita mostram que, na média, não há grande variação entre os países analisados. Já a taxa de urbanização revela que, na média, a urbanização dos países é de 64,9%, o que se mostra um valor moderadamente alto, indicando que os países latinos e caribenhos são

urbanizados. Porém, o desvio padrão de 15,28 se mostra relativamente elevado, sugerindo alta dispersão entre os países, o que é condizente com a amostra, considerando que há países relativamente mais desenvolvidos e com a grande maioria da população residente em áreas urbanas, como Brasil e México, e outros bem menos desenvolvidos, como Haiti, Honduras e Jamaica, que contam com taxas menores de urbanização.

### 5.3 Resultados econométricos

Na Tabela 3 encontram-se os resultados das estimações agrupadas, para longo e curto prazos. Considerando que apenas os resultados de curto prazo são válidos, conforme o teste de cointegração das séries, será possível analisar os resultados de curto prazo do estimador AMG, uma vez que as variáveis para o CCEMG não se mostraram significativas.

Dito isso, a principal variável explicativa do estudo, o *IDE*, se apresentou não significativo estatisticamente. Esse resultado indica que o investimento direto estrangeiro não impacta o nível de emissões de gás carbônico nos países analisados, a nível agregado. Dessa forma, tanto a hipótese de *pollution halo* quanto a hipótese de *pollution haven* foram rejeitadas no presente modelo.

No entanto, é importante atentar ao fato de que os países da amostra se mostraram heterogêneos, além de que há países que recebem quantias significativamente maiores de *IDE* do que outros. Isso pode resultar em fluxos muito distintos de investimentos destinados aos países, a depender das características próprias de cada um, de suas legislações e economias. E, ao serem analisados de forma agregada, os fluxos de *IDE* que são destinados a atividades mais poluidoras, ou proveniente de empresas mais “sujas” que se instalam em alguns países, podem se anular mutuamente com os fluxos de *IDE* destinados a setores mais sustentáveis, e com tecnologias mais limpas, o que implica em um resultado não-significativo do *IDE* sobre as emissões de CO<sub>2</sub>.

Além disso, esse resultado não é definitivo, como foi pontuado por Soares, Teixeira e Lopes (2020), que apontaram que a relação entre *IDE* e *CO2* é indireta. De acordo com seus testes, o *IDE* impacta o *PIB* e o *PIB*, por sua vez, promove alterações nas emissões do gás carbônico. No modelo AMG empregado aqui, o *PIB* foi positivo e estatisticamente significativo ao nível de 1% de significância. Como é possível que o *IDE* tenha relação positiva com o *PIB*, é preciso interpretar com cautela a não significância do *IDE*. Isso é, formular políticas ambientais sem avaliar os possíveis efeitos indiretos do investimento direto estrangeiro pode ser um erro.

O resultado encontrado de que o *PIB* impacta positivamente as emissões de gás carbônico possui sustentação na literatura, uma vez que quanto mais se produz, maior será a energia despendida na produção e no consumo dos bens E, levando em consideração que grande parte das fontes energéticas dos países latinos e caribenhos é proveniente do petróleo, esse maior consumo de energia leva a uma maior emissão de gases do efeito estufa, como o caso do CO<sub>2</sub> (Arif, Arif e Khan, 2022; BP, 2022; Soares, Teixeira e Lopes, 2020).

Tabela 3: Resultados da estimação agrupada

		CCEMG	AMG
<i>Longo prazo</i>			
	<i>IDE</i>	-0.0011 (0.0015)	-0.0019 (0.0017)
	<i>PIB</i>	0.42536*** (0.1541)	0.3722*** (0.1280)
	<i>CE</i>	0.37656*** (0.0806)	0.3432*** (0.0795)
	<i>Urb</i>	0.06137 (0.0412)	-0.0133 (0.0111)

	Constante	-6.6587* (3.9390)	-10.5051*** (1.0580)
<b><i>Curto prazo</i></b>			
	<i>IDE</i>	-0.0024 (0.0026)	-0.0019 (0.0017)
	<i>PIB</i>	-0.2958 (0.3148)	0.3621*** (0.1339)
	<i>CE</i>	-0.0695 (0.1576)	0.3446*** (0.0782)
	<i>Urb</i>	-0.0459 (0.0329)	-0.0186 (0.0127)
	Constante		-0.0104** (0.0047)

Nota: Entre parênteses estão os desvios-padrão; \*\*\*, \*\* e \* representam o nível de significância estatística de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Fonte: Elaboração própria.

Para mais, analisando os resultados das demais variáveis explicativas de controle, o *CE*, variável de consumo de energia per capita, se mostrou significativo a 1% e positivo, indicando que um maior consumo de energia aumenta as emissões de CO<sub>2</sub>. Esse resultado é condizente com a literatura do tema, uma vez que em geral os países em desenvolvimento adotam de maneira predominante fontes “suja” de energia, provenientes de combustíveis fósseis. E, assim sendo, com um maior consumo de energia, aumenta-se as emissões de gases poluentes, como mostrado nos estudos de Arif, Arif e Khan (2022) e de Soares, Teixeira e Lopes (2020). Para o caso específico dos países da América Latina e Caribe, embora esses países se destaquem pela utilização em uma escala bem maior quando comparados ao resto do mundo de fontes alternativas e renováveis de energia, como os biocombustíveis e a energia hidrelétrica, a maior parte de sua matriz energética ainda é constituída de fontes fósseis, justificando o resultado positivo da variável de consumo energético sobre o CO<sub>2</sub> (BP, 2022; Schutte et al., 2023).

Já *Urb* não se mostrou significativa estatisticamente, não sendo possível inferir ligação entre o grau de urbanização dos países e a emissão de gás carbônico. Isso pode ocorrer também devido à heterogeneidade dos países da amostra, uma vez que cidades planejadas, bem conectadas e modernas, com eficientes sistemas de transporte públicos, podem impactar de maneira negativa nas emissões de CO<sub>2</sub>, enquanto que outros locais urbanos mal planejados, com alto nível de segregação espacial, e que demandam alto uso de energia por meio de fontes fósseis, como para locomoção e produção de bens e serviços, podem contribuir para aumentar a poluição ambiental, sendo o efeito anulado mutuamente no agregado.

Complementando a análise, uma das vantagens dos estimadores usados é que, havendo heterogeneidade, é possível encontrar os coeficientes de cada país. Como citado acima, o teste aplicado indicou existência de heterogeneidade. Dessa forma, conhecer e avaliar os coeficientes de cada país é importante.

A Tabela 4 a seguir apresenta os parâmetros de curto prazo de cada país associados ao *IDE*. De maneira geral, a não significância estatística se manteve no CCE, enquanto que, no AMG, quase todos os países apresentaram coeficientes significativos, com exceção de Trindade e Tobago. Uma justificativa para isso é que os parâmetros apresentados pelo AMG na Tabela 4 possuem desvios-padrão menores que os fornecidos pelo CCE. Além disso, a variabilidade dos coeficientes do AMG foi maior, o que resulta em um desvio-padrão maior na estimação agrupada, como mostrado na tabela 3.

Tabela 4: Parâmetros de curto prazo que acompanham o *IDE* em cada país analisado

País	CCE	AMG
------	-----	-----

Argentina	0.0078 (0.006)	0.0027*** (0.0004)
Bolivia	-0.0191 (0.0147)	-0.0096*** (0.0006)
Brazil	-0.0128 (0.0078)	-0.0029*** (0.0007)
Chile	-0.0146 (0.0236)	0.0120*** (0.0002)
Colombia	0.0087 (0.0071)	-0.0003* (0.0002)
Costa Rica	-0.0071 (0.012)	-0.0166*** (0.0005)
Dominican Republic	0.0035 (0.0101)	-0.0023*** (0.0002)
Ecuador	-0.0126 (0.0297)	0.0148*** (0.0005)
Guatemala	-0.0161 (0.0112)	-0.0053*** (0.0001)
Haiti	-0.0092 (0.0172)	-0.0108*** (0.0004)
Honduras	-0.0116 (0.0126)	-0.0063*** (0.0002)
Jamaica	0.0172** (0.0075)	-0.0048*** (0.0003)
Mexico	0.0112 (0.0075)	0.0019*** (0.0001)
Nicaragua	0.01587 (0.0167)	-0.0033*** (0.0005)
Panama	-0.009 (0.0127)	-0.0012*** (0.000)
Paraguay	0.0097 (0.0086)	-0.0020*** (0.0003)
Peru	-0.0052 (0.0201)	-0.0082*** (0.001)
Trinidad and Tobago	-0.0023 (0.0359)	-0.0003 (0.0008)
Uruguay	0.0001 (0.0123)	0.0064*** (0.000)

Nota: Entre parênteses estão os desvios-padrão; \*\*\*, \*\* e \* representam o nível de significância estatística de 1%, 5% e 10%, respectivamente; em vermelho estão os parâmetros que indicam que a hipótese *pollution haven* foi aceita, e em azul estão os parâmetros que indicam que a hipótese *pollution halo* foi aceita.

Fonte: Elaboração própria.

Os parâmetros significativos apresentaram sinais tanto positivos quanto negativos para os 19 países em desenvolvimento da América Latina e Caribe, sendo que 13 países revelaram sinal negativo do IDE sobre as emissões de CO<sub>2</sub>, representando que o IDE impacta de maneira negativa a poluição ambiental nesses países, reduzindo as emissões de CO<sub>2</sub>. Nesses países, as fontes fósseis ainda assumem parcelas relevantes para o atendimento das suas demandas

energéticas, sendo alguns deles altamente dependentes do petróleo, como é o caso do Haiti, Guatemala, da Jamaica. Porém, existem evidentes esforços por parte desses países para diversificar sua matriz energética, mediante maior uso de fontes limpas de energia, sendo que países como o Brasil, Bolívia, Costa Rica, Paraguai, Panamá, Nicarágua, e Peru, utilizam, em larga escala, fontes alternativas de geração de energia, como a energia hidrelétrica, que se destaca nesses países (BP, 2022). A partir disso, pode-se inferir que, motivados pelo esforço de transformação da matriz energética e de práticas mais sustentáveis, esses países podem estar buscando atrair IDE que sejam condizentes com essa política, e que contribuam para formas de produção que poluam menos o meio ambiente, o que justifica o impacto negativo do IDE sobre as emissões de CO<sub>2</sub>.

Já no caso dos países que apresentaram o IDE positivo para as emissões de CO<sub>2</sub>, que foram México, Equador, Argentina, Uruguai e Chile, nota-se que, com exceção do Uruguai, que possui uma matriz energética diversificada, todos os outros países dependem fortemente do petróleo para suas necessidades energéticas. Sendo assim, é razoável pensar que, por motivos desse uso em larga escala de fontes fósseis nesses países, o IDE atraído por eles consequentemente irá produzir mais poluição, uma vez que o aumento da produção aumenta o consumo de energia, e esse consumo, nesses países, é dependente de fontes sujas de energia (Arif, Arif e Khan, 2022; BP, 2022; Mahmood, 2023; Soares, Teixeira e Lopes, 2020).

Desse modo, apesar de o resultado agregado ter sido não-significativo para o IDE nos curto e longo prazos, a análise dos coeficientes para cada país mostrou que o IDE impacta de maneira negativa a poluição ambiental para a grande maioria dos países latino-americanos e caribenhos analisados neste estudo, o que, de certa forma, valida a hipótese de *pollution halo* de que os fluxos de IDE podem estar sendo destinados a fontes limpas de produção, e trazendo tecnologias mais avançadas, capazes de aprimorar as formas produtivas do país receptor.

## **6. Considerações finais**

O presente estudo buscou analisar a relação entre os investimentos direto estrangeiros (IDE) direcionados a 19 países em desenvolvimento da América Latina e Caribe e as emissões per capita de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) equivalente nesses países, utilizando o modelo de dados em painel, com os estimadores Common Correlated Effects (CCE) e Augmented Mean Group (AMG), a fim de testar as hipóteses de *pollution haven* e *pollution halo*.

Como resultado, foi possível captar que apenas os efeitos de curto prazo são válidos, além de que a variável de IDE foi não significativa estatisticamente na estimação agrupada, sendo possível descartar as hipóteses de *pollution haven*, que argumenta que esses investimentos têm relação com o aumento da degradação ambiental nos países, bem como a teoria de *pollution halo*, que diz que o IDE contribui para atrair tecnologias mais limpas aos países receptores. No caso das variáveis de controle, o PIB e o consumo de energia (CE) foram estatisticamente significativas e positivas, mostrando um impacto positivo dessas variáveis sobre as emissões de CO<sub>2</sub>. A variável de grau de urbanização, por sua vez, não foi estatisticamente significativa.

Analisando os 19 países do estudo por meio do estimador AMG, nota-se que não houve um consenso nos resultados, pois os países Argentina, Chile, Equador, México e Uruguai apresentaram o sinal do coeficiente significativo e positivo, inferindo que o IDE nesses países provoca aumento nas emissões de CO<sub>2</sub>, e, portanto, na deterioração ambiental. Já nos demais países, que foram a maioria, o sinal foi significativo e negativo, o que representa uma redução da poluição ambiental por meio do aumento do IDE.

Dessa forma, os resultados da presente pesquisa contribuem para a literatura por meio de uma ampliação no debate dos impactos ambientais dos investimentos diretos estrangeiros, que promovem crescimento econômico e inovação para os países receptores, mas que podem causar também danos ao meio ambiente desses países. Para mais, indicam que seja importante averiguar as características próprias de cada país no momento de desenhar políticas públicas e

econômicas que visem atrair mais investimentos estrangeiros, além de se atentar às próprias características desses investimentos, que podem trazer benefícios ou malefícios para o meio ambiente. No caso dos resultados encontrados, é razoável pensar que os investimentos estrangeiros não têm real capacidade de influir na poluição, sendo mais racional afirmar que a própria matriz energética e políticas ambientais do país que determinarão como esses investimentos irão impactar na emissão de gás carbônico. Sendo assim, faz-se fundamental que os países da América Latina e Caribe invistam esforços rumo a regulamentações ambientais mais rigorosas, mudanças na matriz energética, dados os grandes potenciais naturais que a região apresenta, e atração de IDE que tragam tecnologias limpas, com vistas a um desenvolvimento econômico sustentável da região.

A principal limitação desse estudo está no corte temporal imposto pela falta de dados recentes. Recomenda-se que as pesquisas futuras explorem os países individualmente por dois motivos: (1) o desafio de encontrar dados se torna mais flexível, uma vez que não é necessário que a variável seja construída da mesma maneira em um grupo de países; (2) os países em desenvolvimento que recebem o investimento direto estrangeiro são bem diferentes entre si. Avaliações particulares dos países fornecerão informações mais precisas na formulação de políticas ambientais.

## REFERÊNCIAS

- ACHARYYA, J. FDI, growth and the environment: Evidence from India on CO2 emission during the last two decades. *Journal of economic development*, 34(1), 43, 2009.
- ALMFRAJI, M. A.; ALMSAFIR, M. K. Foreign direct investment and economic growth literature review from 1994 to 2012. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 129, 206-213, 2014.
- AMAL, M.; SEABRA, F. Determinantes do investimento direto externo (IDE) na América Latina: uma perspectiva institucional. *Revista economia*, v. 8, n. 2, p. 231-247, 2007.
- ARIF, U.; ARIF, A.; KHAN, F. N. Environmental impacts of FDI: evidence from heterogeneous panel methods. *Environmental Science and Pollution Research*, p. 1-11, 2022.
- BAEK, J. A new look at the FDI–income–energy–environment nexus: dynamic panel data analysis of ASEAN. *Energy Policy*, v. 91, p. 22-27, 2016.
- BLANCO, L.; GONZALEZ, F.; RUIZ, I. The impact of FDI on CO2 emissions in Latin America. *Oxford Development Studies*, v. 41, n. 1, p. 104-121, 2013.
- BP. BP Statistical Review of World Energy 2022. 71. ed. [s.l.]: [s.n.], 2022. Disponível em: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>. Acesso em: 28 de março de 2024.
- CARMINATI, J. G. de O.; FERNANDES, E. A. O IMPACTO DO INVESTIMENTO DIRETO ESTRANGEIRO NO CRESCIMENTO DA ECONOMIA BRASILEIRA. *Planejamento e Políticas Públicas*, [S. l.], n. 41, 2022.
- CARVALHO, D. E. DE.; SILVA, F. A. RELAÇÃO ENTRE O INVESTIMENTO DIRETO ESTRANGEIRO E AS EMISSÕES DE CO2 EM PAÍSES COM DIFERENTES NÍVEIS DE RENDA. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 26, p. e222602, 2022.
- DINDA, S. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. *Ecological economics*, 49(4), 431-455, 2004.
- ESSANDOH, O. K.; ISLAM, M.; KAKINAKA, M. Linking international trade and foreign direct investment to CO2 emissions: any differences between developed and developing countries?. *Science of the Total Environment*, v. 712, p. 136437, 2020.
- FAN, J.; LIAO, Y.; YAO, J. (2015). Power enhancement in high-dimensional cross-sectional tests. *Econometrica*, 83(4), 1497-1541.
- FEENSTRA, R. C. Facts and fallacies about foreign direct investment. Institute of Governmental Affairs, University of California, Davis. 1998.
- JAVORCIK, B. S. Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages. *American economic review*, 94(3), 605-627, 2004.
- JUODIS, A.; REESE, S. (2022). The incidental parameters problem in testing for remaining cross-section correlation. *Journal of Business & Economic Statistics*, 40(3), 1191-1203.
- LIST, J. A.; CO, C. Y. The effects of environmental regulations on foreign direct investment. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 40, n. 1, p. 1-20, 2000.
- MADDALA, G. S.; WU, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61(S1), 631-652.
- MAHMOOD, H. Trade, FDI, and CO2 emissions nexus in Latin America: the spatial analysis in testing the pollution haven and the EKC hypotheses. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, n. 6, p. 14439-14454, 2023.
- NU. CEPAL. La Inversión Extranjera Directa en América Latina y el Caribe 2023. Jul, 2023
- PESARAN, M. H. (2006). Estimation and inference in large heterogeneous panels with a multifactor error structure. *Econometrica*, 74(4), 967-1012.
- PESARAN, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of applied econometrics*, 22(2), 265-312.



PESARAN, M. H. (2015). Testing weak cross-sectional dependence in large panels. *Econometric reviews*, 34(6-10), 1089-1117.

PESARAN, M. H.; SMITH, R. (1995). Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels. *Journal of econometrics*, 68(1), 79-113.

PESARAN, M. H.; YAMAGATA, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of econometrics*, 142(1), 50-93.

PESARAN, M. H.; XIE, Y. (2021). A Bias-Corrected CD Test for Error Cross-Sectional Dependence in Panel Data Models with Latent Factors. *arXiv preprint arXiv:2109.00408*.

SAPKOTA, P.; BASTOLA, U. Foreign direct investment, income, and environmental pollution in developing countries: Panel data analysis of Latin America. *Energy Economics*, v. 64, p. 206-212, 2017.

SCHUTTE, G. R.; FUSER, I.; ALMEIDA FERREIRA ABRÃO, R. O PAPEL DAS PETROLÍFERAS ESTATAIS NA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DA AMÉRICA LATINA: OS CASOS DA PETROBRAS, YPF, ECOPETROL E PEMEX. *Revista Tempo do Mundo*, n. 32, p. 25-59, 31 ago. 2023.

SHAHBAZ, M.; NASREEN, S.; ABBAS, F.; ANIS, O. Does foreign direct investment impede environmental quality in high-, middle-, and low-income countries?. *Energy Economics*, 51, 275-287, 2015.

SIMS, C. A. Comparison of interwar and postwar business cycles: monetarism reconsidered. *The American Economic Review*, v. 70, n. 2, p. 250-257, 1980. UNCTAD. 2018. World Investment Report. Disponível em: [https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2018\\_overview\\_en.pdf](https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/wir2018_overview_en.pdf). Acesso em: 15 de outubro de 2023.

SOARES, T. C.; TEIXEIRA, V. F.; LOPES, L. S. INVESTIMENTO ESTRANGEIRO DIRETO E EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO. *RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico*, v. 1, n. 45, 2020.

SUN, C.; ZHANG, F.; XU, M. Investigation of pollution haven hypothesis for China: an ARDL approach with breakpoint unit root tests. *Journal of cleaner production*, v. 161, p. 153-164, 2017.

WESTERLUND, J. Panel cointegration tests of the Fisher effect. *Journal of applied econometrics*, v. 23, n. 2, p. 193-233, 2008.

ZHANG, C.; ZHOU, X. Does foreign direct investment lead to lower CO<sub>2</sub> emissions? Evidence from a regional analysis in China. *Renewable and Sustainable. Energy Reviews*, v. 58, p. 943-951, 2016.

## ANEXOS

Tabela 1A: Resultados dos testes de dependência transversal

Testes	CD	CDw	CDw+	CD*
<i>CO2</i>	24.66 (0.000)	-2.11 (0.034)	459.40 (0.000)	1.60 (0.110)
<i>IDE</i>	16.39 (0.000)	-0.62 (0.534)	276.80 (0.000)	-0.04 (0.967)
<i>PIB</i>	49.14 (0.000)	-3.44 (0.001)	680.81 (0.000)	2.02 (0.044)
<i>CE</i>	32.66 (0.000)	-1.90 (0.057)	538.90 (0.000)	-0.77 (0.439)
<i>Urb</i>	54.70 (0.000)	-2.01 (0.045)	787.01 (0.000)	-0.90 (0.366)

Nota: Entre parênteses estão os p-valores; H0: Fraca dependência transversal; H1: Forte dependência transversal. CD: Pesaran (2015); CDw: Juodis e Reese (2021); CDw+: Fan et. al. (2015); CD\*: Pesaran e Xie (2021).

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 2A: Resultados do teste de raiz unitária CIPS

Variável	Lag	Em nível		Em diferença	
		Sem tendência	Com tendência	Sem tendência	Com tendência
<i>CO2</i>	0	-1.085 (0.139)	0.675 (0.750)	-12.300 (0.000)	-11.222 (0.000)
	1	-0.706 (0.240)	1.180 (0.881)	-6.700 (0.000)	-6.008 (0.000)
	2	0.925 (0.822)	2.931 (0.998)	-1.491 (0.068)	-0.683 (0.247)
<i>IDE</i>	0	-4.777 (0.000)	-4.563 (0.000)	-15.672 (0.000)	-13.586 (0.000)
	1	-2.276 (0.011)	-2.899 (0.002)	-11.300 (0.000)	-9.379 (0.000)
	2	1.263 (0.897)	0.505 (0.693)	-5.048 (0.000)	-2.541 (0.006)
<i>PIB</i>	0	-0.314 (0.377)	0.199 (0.579)	-9.413 (0.000)	-8.233 (0.000)
	1	-1.035 (0.150)	-1.261 (0.104)	-5.935 (0.000)	-4.185 (0.000)
	2	0.521 (0.699)	-0.266 (0.395)	-3.444 (0.000)	-1.820 (0.034)
<i>CE</i>	0	-0.698 (0.243)	2.170 (0.985)	-12.761 (0.000)	-11.557 (0.000)
	1	-0.484 (0.314)	2.750 (0.997)	-6.984 (0.000)	-5.482 (0.000)
	2	0.825 (0.795)	3.574 (1.000)	-2.315 (0.010)	-1.023 (0.153)
<i>Urb</i>	0	3.737 (1.000)	8.362 (1.000)	2.860 (0.998)	2.476 (0.993)
	1	4.495 (1.000)	3.867 (1.000)	2.300 (0.989)	2.014 (0.978)
	2	8.228	8.435	5.199	6.137

(1.000)                      (1.000)                      | (1.000)                      (1.000)

---

Nota: Entre parênteses estão os p-valores. Hipótese nula: série não estacionária.  
 Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3A: Resultados do teste de raiz unitária Maddala e Wu (1999)

Variável	Lag	Em nível		Em diferença	
		Sem tendência	Com tendência	Sem tendência	Com tendência
<i>CO2</i>	0	28.024 (0.882)	34.303 (0.641)	412.612 (0.000)	372.683 (0.000)
	1	28.059 (0.881)	32.924 (0.703)	214.091 (0.000)	179.549 (0.000)
	2	19.204 (0.995)	32.697 (0.713)	100.553 (0.000)	79.203 (0.000)
<i>IDE</i>	0	96.933 (0.000)	117.073 (0.000)	635.575 (0.000)	516.505 (0.000)
	1	65.495 (0.004)	71.189 (0.001)	331.404 (0.000)	259.581 (0.000)
	2	50.957 (0.078)	45.832 (0.179)	193.329 (0.000)	136.541 (0.000)
<i>PIB</i>	0	22.479 (0.979)	30.908 (0.786)	246.428 (0.000)	196.236 (0.000)
	1	26.734 (0.915)	54.820 (0.038)	155.496 (0.000)	110.626 (0.000)
	2	34.397 (0.637)	50.548 (0.084)	102.737 (0.000)	64.529 (0.005)
<i>CE</i>	0	15.752 (0.999)	27.479 (0.897)	389.562 (0.000)	333.142 (0.000)
	1	19.426 (0.995)	25.204 (0.945)	180.600 (0.000)	133.533 (0.000)
	2	16.401 (0.999)	19.404 (0.995)	97.829 (0.000)	68.183 (0.002)
<i>Urb</i>	0	564.442 (0.000)	69.264 (0.001)	63.464 (0.006)	20.002 (0.993)
	1	115.009 (0.000)	63.959 (0.005)	87.362 (0.000)	22.831 (0.975)
	2	107.028 (0.000)	41.397 (0.325)	32.145 (0.736)	16.606 (0.999)

Nota: Entre parênteses estão os p-valores. Hipótese nula: série não estacionária.  
 Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4A: Resultados do teste de co-integração

Estatística	<i>IDE e CO2</i>	<i>PIB e CO2</i>	<i>CE e CO2</i>	<i>Urb e CO2</i>
Gt	-1.648	-2.099	-1.982	-2.515
Ga	-6.359	-7.270	-7.644	-3.555
Pt	-7.889	-12.253**	-12.893***	-9.457
Pa	-6.631	-8.338	-10.455	-3.372

Nota: Hipótese nula: as séries são não co-integradas. \*\*\* e \*\* representam o nível de significância estatística a 1% e 5%, respectivamente.  
 Fonte: Elaboração própria.