

Relação entre emissões de gases de efeito estufa e variáveis contábeis conforme hipótese da curva ambiental de Kuznets

Lucas José Machado dos Santos¹ , Maísa de Souza Ribeiro² , Daniel Kouloukoui³ 

¹Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

²Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

³Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil.



¹lucasjmsantos@yahoo.com.br

²maisorib@usp.br

³danielkoulou@hotmail.com

Editado por:
Edvalda Leal

Resumo

Objetivo: Analisar a relação entre as emissões de gases de efeito estufa (GEEs) e o resultado operacional das entidades e as variáveis contábeis intangível líquido, amortização, imobilizado líquido, depreciação e pesquisa e desenvolvimento (P&D), considerando a curva ambiental de Kuznets.

Método: Aplicação de regressão em painel em amostra de 682 empresas de 40 países pertencentes a 11 setores diferentes, que divulgaram suas emissões de GEEs de escopo 1 de 2012 a 2019 na base de dados Thomson Reuters Refinitiv Eikon.

Resultados: Os resultados indicam uma relação entre as emissões de GEEs, conforme previsto pela Hipótese Ambiental da Curva de Kuznets (HCAK). Estas emissões traçam graficamente uma curva em forma de U invertido, na qual, devido ao efeito escala, há um aumento nas emissões de gases de efeito estufa à medida que aumenta o resultado operacional da entidade. Porém, de acordo com o efeito composição, conforme as empresas utilizam maior quantidade de intangíveis líquidos e menos ativos imobilizados líquidos (capturados pela variável “depreciação”), suas emissões diminuem. Porém, pelo efeito técnica, não foi possível identificar uma relação significativa com as emissões de GEEs.

Contribuições: A compreensão da relação entre variáveis contábeis e emissões de GEEs pode ajudar os órgãos reguladores no desenvolvimento de métricas e padrões de divulgação de informações empresariais relacionadas ao clima, melhorando a qualidade, a comparabilidade e sua confiabilidade. Este fato pode influenciar a avaliação do valor das entidades ao considerar os riscos e oportunidades relacionados com os seus impactos ambientais.

Palavras-chave: Curva Ambiental de Kuznets, Emissões de Gases de Efeito Estufa, Variáveis Contábeis

Como Citar:

Machado dos Santos, L. J., Ribeiro, M. de S., & Kouloukoui, D. Relação entre Emissões de Gases de Efeito Estufa e Variáveis Contábeis Conforme Hipótese da Curva Ambiental de Kuznets. *Advances in Scientific and Applied Accounting*, 245–257/258. <https://doi.org/10.14392/asaa.2023160311>

Submetido em: 21 de Outubro de 2023
Revisões Requeridas em: 23 de Outubro de 2023
Aceito em: 07 de Outubro de 2023

Introdução

Os fatores de risco trazidos pelas ações antrópicas sobre o meio ambiente, como os riscos econômicos, financeiros, físicos e reputacionais, alimentam discussões crescentes sobre a importância das empresas adotarem estratégias para enfrentar o aquecimento global (Lima & Benke, 2021; Souza et al., 2018). Portanto, compreender os determinantes das ações das empresas para mitigar ou adaptar seus impactos ambientais ajuda a contribuir para o seu processo de evidencição (De Faria et al., 2018).

Existe uma linha de pensamento que defende que o crescimento econômico é essencial para a redução dos danos ambientais, embora as empresas possam impactar negativamente o ambiente à medida que as suas operações e resultados aumentam. Devido a pressões sociais, legais ou de mercado, tenderiam, por vezes, a modificar a sua estrutura operacional para diminuir os seus impactos ambientais e continuar a gerar rendimentos operacionais crescentes. Tais estratégias ambientais podem agir sinergicamente com o desempenho financeiro, criando oportunidades para aumentar receitas e cortar custos (Seles et al., 2018 e 2019).

Eccles et al. (2014) já constataram que empresas mais sustentáveis apresentam melhor desempenho quando consideram taxas de retorno contábeis, como retorno sobre o patrimônio líquido (ROE) e retorno sobre ativos (ROA). Além disso, aqueles que integraram voluntariamente questões sociais e ambientais nos seus modelos de negócio e operações diárias (ou seja, na sua estratégia) representam um tipo distinto de corporação moderna. Tais empresas caracterizam-se por possuírem uma estrutura de governança voltada ao desempenho financeiro. Além disso, estão preocupadas com a sua responsabilidade pelo impacto ambiental e social, têm uma abordagem de longo prazo para maximizar os lucros intertemporais, têm um processo ativo de gestão das partes interessadas e têm sistemas de medição e comunicação mais desenvolvidos.

Equilibrar a balança deste compromisso entre o desenvolvimento econômico e as alterações climáticas é um tema desafiante e acalorado. Essa relação é análoga às duas faces da mesma moeda na questão do bem-estar social e dos impactos ambientais (Ma & Jiang, 2019).

Com base na Hipótese Ambiental da Curva de Kuznets (HCAK) de Grossman e Krueger (1991), haveria uma relação em forma de U invertido entre o impacto ambiental e o desenvolvimento econômico. Como resultado, seria possível diminuir a pressão sobre o ambiente mesmo com o crescimento econômico, onde, numa primeira fase (pelo efeito de escala), o crescimento econômico aumentaria a degradação ambiental. Contudo, as duas últimas fases (pelos efeitos de composição e técnica) resultariam em menor pressão ambiental, diminuindo a degradação ambiental mesmo com o crescimento econômico.

Diante do contexto apresentado, questiona-se: Qual a relação entre as emissões de gases de efeito estufa e o resultado operacional das entidades e suas variáveis contábeis, considerando a curva de Kuznets ambiental? Este estudo teve como objetivo analisar a relação entre as Emissões de Gases de Efeito Estufa de escopo 1 (EGEE1) e o resultado operacional (EBIT - Lucro Antes de Juros e Impostos) das entidades e suas variáveis contábeis. Além disso, objetivou identificar uma relação em forma de U invertido, conforme previsto pelo HCAK, e verificar os efeitos de escala, composição e técnica utilizando as variáveis contábeis intangível líquido, amortização, ativo imobilizado líquido, depreciação e P&D.

A maioria das pesquisas que buscam identificar essa relação prevista pela HCAK foram conduzidas em nível macro (Ahmad et al., 2021; Arnaut & Lidman, 2021; Aslam et al., 2021; Chang, 2015; Lapinskiene et al., 2017; Ma & Jiang, 2019; Oliveira et al., 2011; Tang & Tan, 2015; Zavalloni et al., 2014). Eles verificaram o desenvolvimento econômico (usando Produto Interno Bruto para o efeito escala, taxa de urbanização, taxa de industrialização para o efeito composição e taxa de gastos em P&D para o efeito técnico como as variáveis mais comuns) de cidades ou países e a relação com a degradação ambiental, que é representado pelo consumo de água e energia de fontes fósseis, desmatamento e emissões de gases de efeito estufa em seus diferentes escopos 1, 2 e 3.

De acordo com EPA (2021), GHG Protocol (2015) e Tian et al. (2013), as emissões de escopo 1 são de responsabilidade direta das operações das entidades, que ocorrem a partir de fontes controladas ou de sua propriedade (por exemplo, queima associada de combustível em caldeiras, fornos, veículos, etc.).

As emissões de escopo 2 concentram-se na fonte de energia utilizada pela entidade, como aquelas associadas à compra de eletricidade, vapor, calor ou refrigeração, pelas quais os produtores das fontes de energia seriam responsáveis pelas emissões (EPA, 2021; GHG Protocol, 2015; Tian et al., 2013).

Por fim, as emissões de escopo 3, segundo os mesmos autores, são realizadas em fontes que não são controladas pela entidade, mas fazem parte de sua cadeia de valor, incluindo todas aquelas que não estão dentro dos limites do escopo 1 e 2 de uma organização.

No entanto, poucos estudos examinaram a relação entre o desempenho financeiro e o desempenho ambiental ao nível da empresa sob a perspectiva da HCAK. Vinayagamoorthi et al. (2015) testaram variáveis como ROA (retorno sobre ativos), ROE (retorno sobre patrimônio líquido), ROCE (retorno sobre o capital empregado) e

ROS (retorno sobre vendas) em empresas indianas. Eles encontraram uma relação em forma de U para as variáveis ROE, ROCE e ROS e uma relação HCAK usando uma curva em forma de U invertido para ROA. Alshehhi et al. (2018) analisaram a literatura sobre o impacto da sustentabilidade corporativa no desempenho financeiro corporativo. Encontraram apenas um estudo com abordagem metodológica da Hipótese Ambiental da Curva de Kuznets. Contudo, a análise não foi ao nível das contas apresentadas no balanço.

Este estudo visa preencher a lacuna nas emissões de EGEE do ponto de vista corporativo. Considerando que apenas as emissões de escopo 1 são diretamente responsáveis pelas operações das entidades porque ocorrem em fontes controladas ou de propriedade da entidade (Ryan & Tiller, 2022) e proporcionam melhores condições de medição, este estudo ficará restrito ao escopo 1.

Aplicar macro conceitos de HCAK no nível empresarial (micro) e tentar identificar determinantes que possam explicar a relação das empresas com o meio ambiente pode gerar insumos para a formulação de padrões e métricas de divulgação de sustentabilidade. Além disso, testar a existência da norma HCAK ao nível da empresa permitirá compreender quais as variáveis contabilísticas que poderão explicar a intensificação ou mitigação das emissões de gases com efeito de estufa por parte das empresas. Além disso, poderia auxiliar nas avaliações de investimentos, fato muito relevante neste momento em que analistas de mercado e investidores, em geral, estão cada vez mais preocupados com o impacto das posturas de responsabilidade social na continuidade das organizações. Além disso, compreender as características das empresas em termos de escala (lucro operacional), composição (estrutura produtiva) e técnica (tecnologia) também pode servir de referência para incentivar práticas de gestão que acabarão por se refletir nas demonstrações contábeis, com menos impacto ambiental, pelo menos no que diz respeito às emissões de EGEE.

2 Referenciais teóricos

2.1 Curva Ambiental de Kuznets

Na década de 1990, a Curva de Kuznets, como ficou conhecida, segundo Dinda (2004), teve uma nova aplicação com três estudos empíricos independentes (Grossman & Krueger, 1991; Panayotou, 1993; Shafik & Bandyopadhyay, 1992). Estes estudos testaram a relação entre o crescimento econômico e os níveis de qualidade ambiental. Grossman e Krueger (1991) encontraram uma relação em forma de U invertido entre poluentes (SO₂ e fumaça) e renda per capita. No entanto, foi Panayotou (1993) quem primeiro a cunhou como Curva Ambiental de Kuznets (CAK).

A abordagem padrão da HCAK afirma que à medida

que um país se desenvolve e o PIB (Produto Interno Bruto) per capita cresce, a degradação ambiental aumenta inicialmente, mas eventualmente atinge um ponto de transição em que a degradação ambiental começa a diminuir (Badunenko et al., 2023). A Curva Ambiental de Kuznets é uma ferramenta estatística para examinar a cointegração e a ligação de causalidade entre o crescimento econômico e as emissões de carbono ou a degradação ambiental e o rendimento per capita. O HCAK é amplamente utilizado em estudos de economia energética e ambiental (Koonthar et al., 2021; Ma & Jiang, 2019; Stern, 2017).

Segundo Sarkodie e Strezov (2019) e Leal et al. (2021), a relação sistemática entre desenvolvimento econômico e meio ambiente fornece a premissa para a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets (CAK), que tem sido empregada em diversos contextos, por diversos países, com diferentes indicadores ambientais, e incluindo numerosos fatores determinantes.

As ligações entre o desenvolvimento econômico, a degradação ambiental e a qualidade institucional ganharam maior relevância recentemente, à medida que os resultados fornecem evidências que apoiam a hipótese HCAK e confirmam o impacto do desenvolvimento financeiro e da qualidade institucional (Pincheira & Zuniga, 2021), da complexidade econômica, da utilização de energias renováveis, investimento estrangeiro, PIB, abertura comercial (Bunnag, 2023; Esmaili et al., 2023; Hossain et al., 2023; Rasool et al., 2020, Bekun et al., 2023), densidade populacional (Jaeger et al., 2023), finanças verdes (Tariq & Hassan, 2023), inovação tecnológica (Udeagha & Breitenbach, 2023), despesas de pesquisa e desenvolvimento (Aydin, Degirmenci, Gurdal, et al., 2023; Aydin, Degirmenci & Yavuz, 2023) e educação (Balaguer & Cantavella, 2018; Gheraia et al., 2023) sobre desempenho ambiental.

O desenvolvimento financeiro pode afetar a relação entre a poluição e o rendimento per capita, uma vez que pode influenciar a capacidade dos países para adotarem tecnologias mais limpas e implementarem políticas ambientais mais rigorosas. Além disso, o desenvolvimento financeiro pode impactar a capacidade dos governos de implementar políticas ambientais, tais como impostos sobre poluição ou incentivos para a adoção de tecnologias mais limpas (Udeagha & Breitenbach, 2023).

Li (2023) afirma que inicialmente, à medida que a economia cresce, a degradação ambiental também aumenta (efeito escala), mas à medida que a economia continua a crescer, a sociedade passa a valorizar mais a qualidade ambiental e a adotar tecnologias mais limpas (composição e efeito técnico), levando para a redução da degradação ambiental. Portanto, a CAK assume a forma de um "U" invertido.

No entanto, Wang et al. (2023) descrevem que a relação entre o crescimento econômico e as emissões de carbono pode ser alterada de uma forma de “U” invertido para uma forma de “N” devido à desigualdade de rendimentos. Os autores explicam que o crescimento econômico aumenta, significativamente, as emissões de carbono durante períodos de baixa desigualdade de rendimentos; contudo, à medida que aumenta a desigualdade de rendimentos, o crescimento econômico começa a suprimir as emissões de carbono. Por outro lado, durante períodos de elevada desigualdade de rendimentos, o crescimento econômico inibe o aumento das emissões de carbono. No entanto, com o aumento da desigualdade de rendimentos, o impacto do crescimento econômico nas emissões de carbono passa de inibidor a promotor.

Pincheira e Zuniga (2021) criticam o modelo de estimativa HCAK por utilizar a variável PIB em seu valor original, ao quadrado e às vezes ao cubo, pois isso pode causar problemas de multicolinearidade ou colinearidade entre as variáveis e, conseqüentemente, limitações econométricas. Porém, neste estudo, os testes de multicolinearidade não apresentaram impedimento à análise dos resultados.

Stern (2017) afirma que o modelo HCAK é normalmente estimado com dados em painel, mais comumente usando o estimador de efeitos fixos. Também são utilizados dados de séries temporais e de seções transversais. Além disso, muitos métodos de estimativa foram tentados, incluindo métodos não paramétricos. No entanto, estes geralmente não produzem resultados radicalmente diferentes das estimativas paramétricas.

No entanto, Sarkodie e Strezov (2019) reforçam que independentemente dos diferentes métodos empregados nos estudos existentes sobre HCAK, quase todos seguem uma especificação de modelo semelhante. Ao utilizar uma série de dados em painel, o nexó entre a pressão ambiental ou o nível de poluição e o nível de rendimento é expresso de forma reduzida como:

Equação 1: Modelo de estimativa empírica de HCAK

$$Y_{i,t} = \alpha_{i,t} + \beta_1 X_{i,t} + \beta_2 X_{i,t}^2 + \beta_3 X_{i,t}^3 + \beta_4 Z_{i,t} + \epsilon_{i,t}$$

Fonte: Sarkodie & Strezov (2019)

Embora o HCAK seja um fenômeno essencialmente empírico, a maioria das estimativas dos modelos não são estatisticamente robustas. Além disso, embora as concentrações de alguns poluentes locais tenham diminuído nos países desenvolvidos, ainda não existe consenso sobre as causas das alterações nas emissões. Além disso, existem resultados inconclusivos e controversos sobre o nexó ambiente de crescimento; uma possível razão é que podem não ter utilizado dados em painel com séries temporais longas (Koondhar et al., 2021; Maneejuk & Yamaka, 2022; Stern, 2017).

Dinda (2004) afirma que existem evidências contraditórias sobre a relação entre crescimento econômico e qualidade ambiental. Não há unanimidade entre os investigadores sobre se uma relação compatível com a HCAK com o desenvolvimento econômico pode explicar os diferentes tipos de impactos ambientais.

Com isso exposto e com base em (Koondhar et al., 2021; Ma & Jiang, 2019; Sarkodie & Strezov, 2019; Stern, 2017) elabora-se a primeira hipótese deste trabalho (H1). Com o objetivo de capturar a relação em “U” invertido das emissões, considera-se como fator de produção das entidades a variável independente “resultado operacional” elevado ao quadrado (“Ebit2”), correspondendo ao produto interno bruto (PIB), utilizado no nível macro.

H1: Há uma relação inversa entre a variável resultado operacional ao quadrado (Ebit2) e a variável EGEE1.

Onde: EGEE1 representa as emissões de gases de efeito estufa de escopo 1 geradas pelas entidades.

2.2 Relação entre as atividades operacionais das entidades e os impactos ambientais

A emissão de gases de efeito estufa constitui uma das diversas formas pelas quais as atividades operacionais das entidades impactam o meio ambiente. No entanto, as pressões sociais, econômicas e legais levaram à modificações nas estratégias e operações para diminuir os impactos ambientais.

No curto prazo, os impactos das mudanças climáticas projetados na cadeia de produção e consumo provocam mudanças nas empresas, uma vez que podem comprometer a sua sobrevivência no longo prazo (De Faria et al., 2018). Algumas empresas começaram a responder a essas pressões tornando a sustentabilidade cada vez mais importante como resposta ao rápido esgotamento dos recursos naturais e às preocupações relativas às questões ambientais (Yong et al., 2020).

As entidades devem então adaptar-se ou concentrar-se na mitigação dos impactos gerados pelas suas operações. As organizações mobilizam-se internamente, adotando iniciativas de gestão ambiental e práticas operacionais de baixo carbono. Estas podem impactar significativamente o meio ambiente ao reduzir a quantidade de resíduos e poluentes gerados pelas empresas (Giannetti et al., 2020; Seles et al., 2018, 2019). Práticas empresariais mais limpas podem incluir: implementação de sistemas de gestão ambiental; redução do uso de matérias-primas e energia; reutilização e reciclagem de materiais; utilização de tecnologias mais eficientes em termos energéticos; desenvolver produtos mais duráveis e

reparáveis; promover poupanças financeiras por meio da redução do consumo de recursos; e minimizar os custos associados à eliminação de resíduos (Giannetti et al., 2020).

Mesmo Sahoo et al. (2023) trabalham com o conceito de conhecimento verde, referindo-se a ele como o conhecimento e as habilidades necessárias para desenvolver e implementar práticas e tecnologias ambientalmente sustentáveis. Isto inclui conhecimento sobre regulamentações ambientais, tecnologias verdes, práticas de gestão ambiental, entre outros. Os autores argumentam que a aquisição de conhecimento verde é fundamental para melhorar a gestão e o desempenho ambiental corporativo.

Assim, os setores podem ser indiretamente afetados por pressões regulamentares, públicas e de mercado que exigem enfoque na mitigação e adaptação às alterações climáticas (Seles et al., 2018 e 2019).

Quando recebem a sinalização econômica adequada, os setores intensivos em carbono podem modificar as suas funções de produção por meio da inovação e conceber processos com menor pegada de carbono, alcançando uma competitividade dinâmica face aos seus concorrentes (Machado & Almeida, 2020). Por exemplo, ao considerar uma cadeia de abastecimento (cadeias de abastecimento), a procura de um determinado produto implica a exploração de um recurso natural a ele relacionado. Assim, há necessidade de compreender os impactos sociais, ambientais e financeiros sobre a entidade no atendimento à demanda do mercado (Lopes de Sousa Jabbour et al., 2017; Mani et al., 2020).

Diante da possibilidade de a escassez de recursos ambientais aumentar os custos da empresa, esta poderia se reestruturar para manter ou aumentar sua margem (receita menos despesas operacionais totais). Além disso, ela enfrenta pressões jurídicas e sociais que exigem um processo produtivo menos poluente, com menores emissões de gases de efeito estufa e menor impacto ambiental.

Em revisão de literatura composta por 132 artigos, Alshehi et al. (2018) tiveram como objetivo verificar a relação entre o resultado financeiro/operacional das entidades e seus impactos ambientais. Eles analisaram a relação entre sustentabilidade corporativa e desempenho financeiro. Contudo, apenas um artigo utilizou abordagem metodológica para o relacionamento HCAK, e o ROA foi a medida de desempenho financeiro mais utilizada, seguido pelo ROE e Vendas. No entanto, os autores não chegaram a um consenso sobre a melhor medida de desempenho ambiental. Em vez disso, dizem que a complexidade de medir a sustentabilidade empresarial advém da natureza multidimensional do próprio conceito e da forma como os diferentes contextos empresariais o influenciam.

Vinayagamoorthi et al. (2015) analisaram ROA (Return On Assets), ROE (Return On Equity), ROCE (Return On Capital Employed) e ROS (Return On Sales) em empresas indianas. Eles encontraram uma relação em forma de U invertido, conforme previsto pelo HCAK, apenas para a variável ROA e intensidade energética.

Boaventura et al. (2012) descreveram que as variáveis ROA, ROE, ROS, Crescimento de Vendas e Margem de Contribuição são utilizadas em estudos que verificam a relação entre o desempenho financeiro e o desempenho socioambiental das entidades e destacaram que o indicador ROA é o mais utilizado entre eles. Porém, eles ressaltam que, embora o ROA seja uma variável contábil por natureza, deve ser utilizado com cautela, pois esta variável representa o desempenho de curto prazo e não reflete o desempenho de longo prazo.

Embora o cálculo de tais indicadores (ROA, ROE, ROCE e ROS) exija a utilização do lucro líquido dividido pelo ativo total, patrimônio líquido total, capital total empregado em ativos ou vendas totais, respectivamente, este estudo utiliza o lucro operacional como variável para analisar o efeito de escala. Além disso, com base em (Alshehi et al., 2018; Boaventura et al., 2012; Koonthar et al., 2021; Ma & Jiang, 2019; Sarkodie & Strezov, 2019; Stern, 2017; Vinayagamoorthi et al., 2015), elabora-se a hipótese H2.

H2: Há uma relação direta entre a variável resultado operacional (Ebit) e a variável EGEE1.

Quanto ao efeito composição, consideramos os ativos não circulantes relacionados às atividades operacionais da entidade, como ativos imobilizados e intangíveis.

Com base em (Alshehi et al., 2018; Boaventura et al., 2012; Seles et al., 2018, 2019; Vinayagamoorthi et al., 2015), os grupos contábeis imobilizado líquido, depreciação acumulada, intangível líquido e amortização acumulada são utilizados para considerar o efeito composição, pois, estariam mais relacionados a esta reestruturação por estratégias socioambientais, de mitigação ou adaptação, podendo afetar a performance ambiental das entidades, elaborando-se então as hipóteses H3a, H3b, H3c e H3d.

H3a: Há uma relação inversa entre a variável intangível líquido (IntLíq) e a variável EGEE1.

H3b: Há uma relação inversa entre a variável amortização (Amort) e a variável EGEE1.

H3c: Há uma relação direta entre a variável imobilizado líquido (ImobLíq) e a variável EGEE1.

H3d: Há uma relação direta entre a variável depreciação (Deprec) e a variável EGEE1.

Já, para considerar o efeito técnico, conforme previsto pela HCAK, utiliza-se os gastos com pesquisa e desenvolvimento das empresas (P&D), pois, segundo (Shahbaz & Sinha, 2019) o efeito tecnológico sobre o meio ambiente se dá “quando as indústrias começam a incorporar tecnologias para aumentar a eficiência energética, investindo mais em atividades baseadas em pesquisa e desenvolvimento, e as tecnologias obsoletas e poluentes começam a ser substituídas”.

A inovação proveniente da P&D pode ser decisiva na mitigação dos efeitos adversos das alterações climáticas (Alvarado et al., 2021; Wang et al., 2022; Aydin, Degirmenci, Gurdal, et al., 2023; Aydin, Degirmenci & Yavuz, 2023), uma vez que existe uma correlação negativa entre emissões de carbono e variáveis de P&D (Lee & Min, 2015). No entanto, embora os contributos de P&D continuem a ser uma das abordagens mais importantes para a mitigação das emissões de carbono, o efeito marginal do progresso tecnológico na redução destas emissões tende a diminuir. Apesar disso, existe uma relação em forma de U invertido entre P&D e redução de emissões de carbono (Li et al., 2021).

Assim, com base em Wang et al. (2022), Li et al. (2021), Shahbaz e Sinha (2019), Alvarado et al. (2021) e Lee e Min (2015) desenvolve-se a hipótese H4.

H4: Há uma relação inversa entre a variável pesquisa e desenvolvimento (PD) e a variável EGEE1.

Contudo, a inovação é muito mais ampla do que a mudança tecnológica ou os gastos em P&D. Além disso, nem todas as empresas que têm sucesso no desenvolvimento ou implementação de inovação são necessariamente executantes de P&D. Assim, medir os gastos em P&D pode não caracterizar efetivamente o desempenho inovador das empresas ou indústrias (Galindo-Rueda & Verger, 2016).

Deve-se notar também que a P&D e as emissões ocorrem em momentos diferentes. A investigação e o desenvolvimento podem resultar na redução das emissões no futuro. Contudo, a sua existência pode refletir a preocupação em reduzir estas emissões. Esta adoção de tecnologias não desenvolvidas pelas empresas é um fator importante no distanciamento entre o crescimento econômico e a degradação ambiental. Existem tecnologias limpas focadas na redução na fonte geradora, implicando em menores custos. Por outro lado, existem tecnologias de fim de linha, por exemplo, que queimam o metano dos aterros sanitários através de um flare para transformar o metano em CO2 sem reduzir as EGEE. Contudo, reduzem o potencial de aquecimento do gás e, assim, ganham o direito de receber créditos de carbono.

A análise considera as variáveis de depreciação (“Deprec”) e amortização (“Amort”) como variáveis de controle para capturar o efeito das operações da entidade relacionando a depreciação ao ativo imobilizado líquido e a amortização ao intangível líquido.

A Tabela 1 apresenta um resumo das hipóteses desenvolvidas a serem testadas:

Tabela 1: Resumo das hipóteses do trabalho

| Efeito | Hipóteses | |
|------------|-----------|---|
| Kuznets | H1 | Há uma relação inversa entre a variável resultado operacional ao quadrado (Ebit2) e a variável EGEE1. |
| Escala | H2 | Há uma relação direta entre a variável resultado operacional (Ebit) e a variável EGEE1. |
| Composição | H3a | Há uma relação inversa entre a variável intangível líquido (IntLiq) e a variável EGEE1. |
| | H3b | Há uma relação inversa entre a variável amortização (Amort) e a variável EGEE1. |
| | H3c | Há uma relação direta entre a variável imobilizado líquido (ImobLiq) e a variável EGEE1. |
| | H3d | Há uma relação direta entre a variável depreciação (Deprec) e a variável EGEE1. |
| Técnica | H4 | Há uma relação inversa entre a variável pesquisa e desenvolvimento (PD) e a variável EGEE1. |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

3 Métodos

Utilizam-se dados levantados da base da Thomson Reuters Refinitiv Eikon (TRRE), referentes aos anos de 2010 a 2019, de um total inicial de 61.312 empresas de 141 países. Entretanto, empresas que possuam valores faltantes, foram retiradas da amostra. Pelo fato de haver dados faltantes do ativo total médio nos anos de 2010 e 2011 o horizonte temporal da amostra é de 2012 a 2019, portanto, de oito anos, sendo que nem todas as empresas apresentavam dados para todos os anos, configurando-se, assim, um painel de dados desbalanceados devidamente tratado nos procedimentos estatísticos.

Vale ressaltar que o período foi restrito a 2019 devido à suposição de que a crise gerada pela pandemia de Covid-19 possa ter alterado significativamente os resultados de 2020 e 2021. Com isso, a base principal da amostra foi ampliada para 682 empresas de 40 países e 11 setores econômicos. Optamos por abranger um horizonte temporal de dez anos na coleta de dados por serem escassos e, mesmo assim, a amostra foi reduzida para oito anos de análise devido à não divulgação dos dados em 2010 e 2011.

A Tabela 2 mostra o número de empresas e observações em cada setor específico.

Tabela 2: Grupos por setores de produção econômica

| Setores de Produção | Empresas | Observações |
|------------------------------------|------------|-------------|
| Utilidades | 12 | 51 |
| Materiais Básicos | 112 | 437 |
| Indústrias | 110 | 423 |
| Energia | 45 | 169 |
| Consumo Não-Cíclico | 63 | 279 |
| Tecnologia | 151 | 646 |
| Serviços Acadêmicos e Educacionais | 1 | 6 |
| Imobiliário | 7 | 19 |
| Financeiros | 5 | 9 |
| Consumo Cíclico | 79 | 277 |
| Assistência Médica | 97 | 382 |
| Total | 682 | 2698 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A razão para a diferença entre o número de observações e o número de empresas é que algumas empresas não tinham dados para todos os anos observados. O setor de tecnologia concentra o maior número de empresas e é o que mais divulga as informações sobre as variáveis aqui abordadas, seguido pelos setores de materiais básicos e industrial. Por outro lado, o setor de serviços acadêmicos e educacionais é representado por apenas uma empresa, com seis anos de observação.

Utilizando como referência a classificação das Nações Unidas para países (UN, 2022), as empresas foram agrupadas conforme Tabela 3.

O grupo de países desenvolvidos compreende 22 países, enquanto o grupo de países em desenvolvimento inclui 18 países.

Tabela 3: Quantidade de países por grupo

| Desenvolvidos | Em Desenvolvimento | Desenvolvidos | Em Desenvolvimento |
|------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| 1 Suécia | China | 12 Japão | Israel |
| 2 Austrália | Índia | 13 Dinamarca | África do Sul |
| 3 Canadá | Hong Kong | 14 Finlândia | Malásia |
| 4 França | Taiwan | 15 Alemanha | Rússia |
| 5 Reino Unido | Korea do Sul | 16 Suíça | Arábia Saudita |
| 6 Países Baixos | Tailândia | 17 Grécia | Gibraltar |
| 7 República da Irlanda | Brasil | 18 Bélgica | Ilhas Cayman |
| 8 Áustria | Turquia | 19 Luxemburgo | |
| 9 Noruega | Indonésia | 20 Itália | |
| 10 Espanha | Filipinas | 21 Malta | |
| 11 Estados Unidos | Chile | 22 Nova Zelândia | |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Ao separar as empresas já classificadas nos seus respectivos setores, podemos observar que na Tabela 4, no grupo de países “desenvolvidos”, foram classificadas 478 empresas com 1930 observações no total. Enquanto isso, nos países “em desenvolvimento”, existem 204 empresas com 768 observações.

Tabela 4: Amostra agrupada por países

| Setores de Produção | Desenvolvidos | | Em Desenvolvimento | | Total | |
|------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|------------|------------|-------------|
| | Empresas | Observ. | Empresas | Observ. | Empresas | Observ. |
| Utilidades | 4 | 18 | 8 | 33 | 12 | 51 |
| Tecnologia | 97 | 420 | 54 | 226 | 151 | 646 |
| Serviços Acadêmicos e Educacionais | 1 | 6 | 0 | 0 | 1 | 6 |
| Materiais Básicos | 82 | 323 | 30 | 114 | 112 | 437 |
| Indústrias | 77 | 298 | 33 | 125 | 110 | 423 |
| Imobiliário | 3 | 13 | 4 | 6 | 7 | 19 |
| Financeiros | 4 | 8 | 1 | 1 | 5 | 9 |
| Energia | 26 | 109 | 19 | 60 | 45 | 169 |
| Consumo Não-Cíclico | 46 | 207 | 17 | 72 | 63 | 279 |
| Consumo Cíclico | 54 | 180 | 25 | 97 | 79 | 277 |
| Assistência Médica | 84 | 348 | 13 | 34 | 97 | 382 |
| Total | 478 | 1930 | 204 | 768 | 682 | 2698 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

No grupo dos países desenvolvidos, o maior número de empresas pertence ao setor de tecnologia, seguido por assistência médica, materiais básicos e indústrias. O setor de tecnologia também é o que concentra o maior número de empresas do grupo de países em desenvolvimento. No entanto, é seguido pelos setores de materiais básicos e indústrias.

Os dados serão analisados por meio de regressões em painel não balanceado, considerando as seguintes variáveis do modelo:

Equação 2: Modelo Proposto

$$EGEE_{1,t} = \beta_0 + \beta_1 Ebit^2_{1,t} + \beta_2 Ebit_{1,t} + \beta_3 IntLiq_{1,t} + \beta_4 Amort_{1,t} + \beta_5 ImobLiq_{1,t} + \beta_6 Deprec_{1,t} + \beta_7 PD_{1,t} + \epsilon_{1,t}$$

Onde:

EGEE1 (Emissões de Gases de Efeito Estufa); Ebit² (Lucro Operacional Quadrado); Ebit (Lucro Operacional); IntLiq (Intangíveis Líquidos); Amort (Amortização); ImobLiq (Imobilizado Líquido); Depreciação (Depreciação); P&D (Pesquisa e Desenvolvimento)

Estudos que trabalharam com HCAK utilizaram a "variável independente" de maior interesse ao quadrado (conforme explicado na seção 2.2) porque, para obter

uma curva em forma de U invertido, matematicamente, é necessária uma equação de segundo grau com o valor constante "a" negativo é necessário.

Os dados foram normalizados pelo ativo total médio (média calculada pela soma de dois anos consecutivos dividido por dois) de cada entidade.

Quanto ao tratamento das variáveis contábeis, ao realizar a normalização do "Ebit" pelo valor médio do ativo total, obtemos o indicador ROA (Return On Assets). Boaventura et al. (2012) e Vinayagamoorthi et al. (2015) relatam que a variável ROA, de natureza contábil, é a mais utilizada em estudos que verificam a relação entre o desempenho financeiro e o desempenho social e ambiental das entidades. Contudo, salientam que este fato deve ser observado com cautela, na medida em que esta variável representa o desempenho de curto prazo, mas não reflete o desempenho de longo prazo.

Este estudo realizou uma análise de regressão em painel para testar as hipóteses propostas. Porém, para garantir a qualidade e precisão dos resultados, antes da análise propriamente dita, foram aplicados os procedimentos estatísticos de pré-teste de winsorização, normalidade de Shapiro-Wilk, normalidade de resíduos, correlação de Spearman, multicolinearidade VIF, heterocedasticidade, omissão de variáveis de Ramsey, Breusch-Pagan, foram realizados teste de Chow, teste de correlação serial de Breusch-Godfrey/Wooldridge, teste de correlação serial nos resíduos de Wooldridge-Parm, teste de dependência espacial cruzada de Beck-Katz, teste de erros padrão de Driscoll e Kraay e especificação de Hausman.

4 Resultados e discussão

A Tabela 5 apresenta um resumo de todos os resultados obtidos.

Tabela 5: Resumo dos resultados encontrados

| Hipóteses | Variáveis | Esperado | Resultados Encontrados |
|-----------|----------------------|----------|------------------------|
| H1 | Ebit | + | 0.0001838** |
| H2 | Ebit2 | - | -0.0005621** |
| H3a | IntLiq | - | -0.0000676* |
| H3b | Amort | - | 0.0001529 |
| H3c | ImobLiq | + | 7.24e-06 |
| H3d | Deprec | + | 0.0003222* |
| H4 | PD | - | -0.0000131 |
| | Constante | | 0.0000683*** |
| | Prob > chi2 | | 0.0060 |
| | Regressão | | Efeitos Fixos |
| | Observações | | 2698 |
| | Grupos | | 682 |
| | Overall (R-quadrado) | | 0,0238 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).
*10% de significância; **5% de significância; ***1% de significância

As estatísticas descritivas apresentadas na Tabela 6 demonstram que, após a winsorização a 1% dos dados com 2.698 observações, a maioria das variáveis exibiu médias e desvios-padrão extremamente próximos

de zero. Esse resultado indica que a distribuição das observações foi ajustada de tal forma que a maioria dos valores se concentra em torno da média, com uma variação relativamente baixa em relação a essa média. No entanto, destaca-se a variável 'NetPPE', que apresenta uma média consideravelmente maior em comparação com as outras variáveis e um desvio-padrão significativo. Isso sugere que 'NetPPE' possui uma distribuição de valores mais ampla em relação à média e que há uma maior variabilidade nos dados para essa variável em particular.

Tabela 6: Estatística descritiva após winsorização

| Variáveis | Obs | Média | Desv. Pad. | Min | Máx |
|-----------|------|----------|------------|-----------|----------|
| EGEE1 | 2698 | .0000864 | .0002463 | 2.71e-08 | .0018748 |
| Ebit | 2698 | .0889042 | .0652438 | -.0608758 | .3071699 |
| Ebit2 | 2698 | .0125046 | .017501 | 8.55e-06 | .100859 |
| IntLiq | 2698 | .0796087 | .0888296 | .000477 | .4751883 |
| Amort | 2698 | .0087702 | .0105208 | 0 | .0609321 |
| ImobLiq | 2698 | .2617461 | .188329 | .0107805 | .8313079 |
| Deprec | 2698 | .03236 | .0230616 | .0008738 | .1236128 |
| PD | 2698 | .0333881 | .0374234 | .0000302 | .1849789 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Destaca-se que o valor mínimo negativo é identificado apenas na variável "Ebit", pois as empresas da amostra podem apresentar resultado negativo em suas operações (prejuízo operacional).

O modelo, conforme Tabela 5, possui capacidade de explicação do comportamento da variável dependente de 2,38% (overall) tendo apresentado o Chi² e a constante com significância a 10%.

As variáveis "Amort", "ImobLiq" e "PD" não apresentaram significância no modelo. Porém, "Ebit" e "Ebit2" apresentaram relação significativa a 5% com as emissões de gases de efeito estufa ("EGEE1"), e "IntLiq" e "Deprec" tiveram resultado significativo a 10% de confiança.

O resultado significativo da variável "Ebit2" sinaliza a possibilidade de que em algum momento, mesmo a entidade gerando maior resultado operacional, haveria uma menor emissão de gases de efeito estufa desenhando, dessa forma, uma curva em formato de "U" invertido, aceitando-se, então, a hipótese H1, convergindo com as afirmações de Koondhar et al. (2021), Ma e Jiang, (2019), Sarkodie e Strezov (2019) e Stern (2017).

O resultado da relação entre "Ebit" e "EGEE1" indicam que há o efeito escala previsto pela HCAK, ou seja, quanto mais a empresa gerar resultado operacional maiores seriam suas emissões de gases de efeito estufa, sendo, então, aceita a hipótese H2, apoiando-se, assim, os trabalhos de Alshehhi et al. (2018), Boaventura et al. (2012), Koondhar et al. (2021), Ma e Jiang, (2019), Sarkodie e Strezov (2019), Stern (2017) e Vinayagamoorthi et al. (2015).

Essa situação poderia ser explicada pelo efeito

composição, considerado por esta pesquisa como sendo a relação entre ativo imobilizado e ativo intangível das entidades com suas emissões de gases. Os resultados encontrados para as variáveis “Deprec” e “IntLiq” sinalizam a possibilidade desse efeito aceitando-se, assim, as hipóteses H3a e H3d, rejeitando-se a hipótese H3b e H3c, pois a variável “Amort” e “ImobLiq” não apresentaram resultado significativo.

Nota-se que a variável “Deprec” apresentou sinal positivo indicando que quanto maior o valor da depreciação, maior a quantidade de emissões de gases de efeito estufa. O inverso é observado para a variável “IntLiq”, quanto maior a quantidade de intangível menor o impacto ambiental causado pela entidade, quando considerado a emissão de gases de efeito estufa.

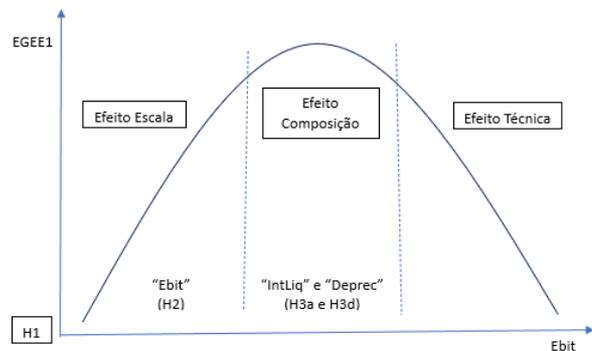
Dessa forma, é possível reforçar as afirmações feitas nos trabalhos de Alshehhi et al. (2018), Boaventura et al. (2012), Seles et al. (2018, 2019) e Vinayagamoorthi et al. (2015) quando mencionam a) a complexidade de medir a sustentabilidade empresarial; b) como os diferentes contextos empresariais podem influenciar suas relações com o meio ambiente; c) que o ROA deve ser utilizado com cautela e; c) que as empresas tendem a modificar a sua estrutura operacional para diminuir os seus impactos ambientais e continuar a gerar rendimentos operacionais crescentes.

O efeito técnica/tecnológico previsto pela HCAK não foi confirmado, pois a variável “PD”, não apresentou resultado significativo, sendo rejeitada a hipótese H4. Neste caso, apesar de Li et al. (2021) afirmarem que há uma relação em forma de U invertido entre P&D e redução de emissões de carbono, Galindo-Rueda e Verger (2016) destacam que muitas empresas são adotantes bem-sucedidas de tecnologia que não desenvolveram e, portanto, medir os gastos de P&D pode não caracterizar efetivamente o desempenho inovador de empresas ou setores.

Além disso, P&D não representa, necessariamente, todo o esforço para novos desenvolvimentos, visto que as normatizações requerem que os gastos na fase inicial não podem ser contabilizados no ativo, mas sim, no resultado do período em que o desembolso ocorre.

Assim, os resultados com a regressão em painel sugerem uma curva em formato de “U” invertido conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1: Representação da HCAK para as entidades da base principal da amostra



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos resultados e em (Shahbaz & Sinha, 2019)

Em um primeiro momento, pelo efeito escala, as entidades tendem a emitir maior quantidade de gases de efeito estufa à medida em que vão aumentando seus resultados operacionais, porém, pelo efeito composição, quando a entidade passa a ter mais intangível e utilizar mais seu imobilizado, capturado por meio da depreciação, as EGEE’s vão se estabilizando e tendendo a uma diminuição.

Os resultados convergiram com o esperado nas hipóteses apontando que é possível encontrar o comportamento previsto pela HCAK, dado que as empresas, em um primeiro momento, com resultado significativo para a variável “Ebit” em uma relação direta com a variável “EGEE1”, pelo efeito escala, emitem maior quantidade de gases de efeito estufa conforme aumentam seus resultados operacionais, aceitando, portanto, a hipótese H2, porém, pelo resultado significativo da variável “Ebit2”, e confirmando a hipótese H1, suas emissões, em algum momento, tendem a uma diminuição, desenhando uma curva em “U” invertida.

Esse comportamento ocorre à medida em que as entidades alteram sua estrutura de ativos, pelo efeito composição, utilizando menos recursos imobilizados (variável “Deprec”) e mais recursos intangíveis (variável “IntLiq”), aceitando-se, conforme os resultados significantes, as hipóteses H3a e H3d. Tal ação leva as empresas, de um modo geral, a diminuir suas emissões de gases de efeito estufa mesmo com o contínuo aumento de seus resultados operacionais.

Não houve resultado significativo para a variável “Amort”, “ImobLiq” e “PD”, portanto, não são aceitas as hipóteses H3b, H3c e H4.

5 Conclusão

Os resultados deste estudo confirmaram estatisticamente a curva em forma de U invertido entre o lucro operacional e as emissões de gases de efeito estufa. Sob o efeito escala, há um aumento nas emissões de gases à medida que aumenta o lucro operacional das empresas. Porém, sob o efeito composição, à medida que utilizam mais intangíveis líquidos e menos ativos imobilizados líquidos (capturados pela variável "Deprec"), suas emissões diminuem. Porém, em última análise, não encontramos o efeito da técnica. Este resultado não significativo para a variável "P&D" pode ser devido a problemas na captura da tecnologia desenvolvida ou utilizada pelas entidades através da contabilização vigente nas diretrizes contábeis.

Identificou-se também nas variáveis contábeis as características das empresas que as levam a emitir mais (lucro operacional, ativo imobilizado líquido e depreciação) ou menos (intangíveis líquidos e pesquisa e desenvolvimento) gases de efeito estufa. Além disso, trouxe uma nova perspectiva sobre a interação das entidades com o meio ambiente para a contabilidade e suas demonstrações financeiras. Essa interação passa pela forma como as organizações agem para se adaptar ou mitigar (Sahoo et al., 2023; Giannetti et al., 2020; Lopes de Sousa Jabbour et al., 2017; Machado & Almeida, 2020; Mani et al., 2020; Seles et al., 2018, 2019) os impactos ambientais causados pelos seus processos produtivos. Ou seja, ao adotarem processos de produção mais limpos, estes serão refletidos nas suas demonstrações contábeis, promovendo uma melhor avaliação do desempenho e do valor da entidade ao ser analisada pelos diferentes stakeholders da sociedade.

Esta compreensão da relação entre variáveis contábeis e emissões de gases com efeito de estufa pode ajudar a desenvolver métricas e padrões de divulgação de informações corporativas relacionadas com o clima, melhorando a qualidade, comparabilidade e fiabilidade dessas informações. Tal fato pode influenciar a avaliação de valor das entidades ao considerarem os riscos e oportunidades relacionados aos seus impactos ambientais.

Além disso, deve-se considerar que a questão da inovação, aqui considerada como gasto em P&D, pode não caracterizar efetivamente o desempenho inovador das empresas ou setores (Galindo-Rueda & Verger, 2016). Portanto, esses gastos com tecnologias não desenvolvidas pelas empresas são um fator importante no distanciamento entre crescimento econômico e degradação ambiental.

Na prática, esclarece a necessidade de as demonstrações contábeis mostrarem de forma confiável e transparente a interação entre as entidades e as questões socioambientais. Por outras palavras, ajuda os organismos reguladores

a desenvolver métricas e padrões de divulgação de informações corporativas relacionadas com o clima, melhorando a qualidade, comparabilidade e fiabilidade de tais informações.

Para futuras pesquisas sugerimos ampliar a amostra, tentando equalizar os grupos para ter resultados mais precisos no detalhamento entre países e setores. Além disso, recomendamos verificar se existem outras possíveis relações entre as variáveis contábeis das empresas e as emissões de gases de efeito estufa, por exemplo Wang et al. (2023). Outra sugestão é ampliar o período para confirmação dos resultados de Caraka et al. (2020), El Zowalaty et al. (2020), Mostafa et al. (2021) e Sadiq et al. (2021) em relação à redução de EGEE e aos projetos previamente planejados em energias renováveis, conservação ambiental, mitigação, eficiência energética e projetos verdes durante o período de pandemia, considerando a curva de Kuznets. Além disso, sugerimos a adoção dos diferentes escopos de emissão de gases de efeito estufa, 2 e 3, para verificar se a relação de acordo com o HCAK ainda pode ser observada nos diferentes setores e países. Finalmente, estudos futuros poderão separar a amostra por setor de produção econômica, países ou ciclo de vida.

Referências

- Ahmad, M., Jabeen, G., & Wu, Y. (2021). Heterogeneity of pollution haven/halo hypothesis and environmental Kuznets curve hypothesis across development levels of Chinese provinces. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124898. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124898>
- Alshehhi, A., Nobanee, H., & Khare, N. (2018). The impact of sustainability practices on corporate financial performance: Literature trends and future research potential. *Sustainability*, 10(2), 494. <https://doi.org/10.3390/su10020494>
- Alvarado, R., Ortiz, C., Jiménez, N., Ochoa-Jiménez, D., & Tillaguango, B. (2021). Ecological footprint, air quality and research and development: The role of agriculture and international trade. *Journal of Cleaner Production*, 288, 125589. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125589>
- Arnaut, J., & Lidman, J. (2021). Environmental Sustainability and Economic Growth in Greenland: Testing the Environmental Kuznets Curve. *Sustainability*, 13(3), Artigo 3. <https://doi.org/10.3390/su13031228>
- Aslam, B., Hu, J., Hafeez, M., Ma, D., AlGarni, T. S., Saeed, M., Abdullah, M. A., & Hussain, S. (2021). Applying environmental Kuznets curve framework to assess the nexus of industry, globalization, and CO2 emission. *Environmental Technology & Innovation*, 21,

101377. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101377>
- Aydin, M., Degirmenci, T., Gurdal, T., & Yavuz, H. (2023). The role of green innovation in achieving environmental sustainability in European Union countries: Testing the environmental Kuznets curve hypothesis. *Gondwana Research*, 118, 105–116. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.01.013>
- Aydin, M., Degirmenci, T., & Yavuz, H. (2023). The Influence of Multifactor Productivity, Research and Development Expenditure, Renewable Energy Consumption on Ecological Footprint in G7 Countries: Testing the Environmental Kuznets Curve Hypothesis. *Environmental Modeling & Assessment*, 28(4), 693–708. <https://doi.org/10.1007/s10666-023-09879-0>
- Badunenko, O., Galeotti, M., & Hunt, L. C. (2023). Better to grow or better to improve? Measuring environmental efficiency in OECD countries with a stochastic environmental Kuznets frontier (SEKF). *Energy Economics*, 121, 106644. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106644>
- Bekun, F. V., Gyamfi, B. A., Etokakpan, M. U., Çakir, B. (2023) Revisiting the pollution haven hypothesis within the context of the environmental Kuznets curve. *International Journal of Energy Sector Management*, 1750-6220 <https://doi.org/10.1108/IJESM-12-2020-0013>
- Balaguer, J., & Cantavella, M. (2018). The role of education in the Environmental Kuznets Curve. Evidence from Australian data. *Energy Economics*, 70, 289–296. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.01.021>
- Boaventura, J. M. G., Silva, R. S. da, & Bandeira-de-Mello, R. (2012). Corporate financial performance and corporate social performance: Methodological development and the theoretical contribution of empirical studies. *Revista Contabilidade & Finanças*, 23, 232–245. <https://doi.org/10.1590/S1519-70772012000300008>
- Bunnag, T. (2023). Analyzing short-run and long-run causality relationship among CO₂ emission, energy consumption, GDP, the square of GDP, and foreign direct investment in Environmental Kuznets Curve (EKC) for Thailand. *EcoJournals*, 13(2). <https://doi.org/10.32479/ijeeep.14088>
- Caraka, R. E., Lee, Y., Kurniawan, R., Herliansyah, R., Kaban, P. A., Nasution, B. I., Gio, P. U., Chen, R. C., Toharudin, T., & Pardamean, B. (2020). Impact of COVID-19 large scale restriction on environment and economy in Indonesia. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 6(Special Issue (Covid-19)), 65–84. <https://doi.org/10.22034/GJESM.2019.06.SI.07>
- Chang, M.-C. (2015). Room for improvement in low carbon economies of G7 and BRICS countries based on the analysis of energy efficiency and environmental Kuznets curves. *Journal of Cleaner Production*, 99, 140–151. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.002>
- De Faria, J. A., Andrade, J. C. S., & da Silva Gomes, S. M. (2018). Fatores determinantes da evidencição das mudanças climáticas nas empresas brasileiras participantes do Carbon Disclosure Project [CDP]. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 7(1), 162–184. <https://doi.org/10.5585/geas.v7i1.696>
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets curve hypothesis: A survey. *Ecological economics*, 49(4), 431–455. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.02.011>
- Eccles, R. G., Ioannou, I., & Serafeim, G. (2014). The impact of corporate sustainability on organizational processes and performance. *Management science*, 60(11), 2835–2857. <http://www.jstor.org/stable/24550546>.
- El Zowalaty, M. E., Young, S. G., & Järhult, J. D. (2020). Environmental impact of the COVID-19 pandemic—a lesson for the future. *Infection Ecology & Epidemiology*, 10(1), 1768023. [10.1080/20008686.2020.1768023](https://doi.org/10.1080/20008686.2020.1768023)
- EPA, O. (2021, janeiro 12). Understanding Global Warming Potentials [Overviews and Factsheets]. <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>
- Esmaili, P., Balsalobre Lorente, D., & Anwar, A. (2023). Revisiting the environmental Kuznets curve and pollution haven hypothesis in N-11 economies: Fresh evidence from panel quantile regression. *Environmental Research*, 228, 115844. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115844>
- Galindo-Rueda, F., & Verger, F. (2016). OECD taxonomy of economic activities based on R&D intensity. *OECD*. <https://dx.doi.org/10.1787/5jlv73sqqp8r-en>
- Gheraia, Z., Abid, M., Abdelli, H., & Alenezi, F. (2023). Does Education Improve Environmental Quality in Saudi Arabia? *International Journal of Energy Economics and Policy*, 13(3), 592–603. <https://doi.org/10.32479/ijeeep.13772>
- GHG Protocol. (2015). A corporate accounting and reporting standard (revised edition). World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development: USA. Available online at: <http://www.ghgprotocol.org/standards>.
- Giannetti, B. F., Agostinho, F., Eras, J. J. C., Yang, Z., & Almeida, C. M. V. B. (2020). Cleaner production for achieving the sustainable development goals. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122127. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122127>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement (Working Paper 3914). *National Bureau of Economic Research*. <https://doi.org/10.3386/w3914>

- Hossain, R., Kumar Roy, C., & Akter, R. (2023). Dynamic Effects of Economic Growth, Foreign Direct Investment, and Trade Openness on Environmental Quality: Evidence From Asian Economies. *Croatian Economic Survey*, 25(1), 79–114. <https://doi.org/10.15179/ces.25.1.3>
- Jaeger, W. K., Kolpin, V., & Siegel, R. (2023). The environmental Kuznets curve reconsidered. *Energy Economics*, 120, 106561. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106561>
- Koondhar, M. A., Shahbaz, M., Memon, K. A., Ozturk, I., & Kong, R. (2021). A visualization review analysis of the last two decades for environmental Kuznets curve “EKC” based on co-citation analysis theory and pathfinder network scaling algorithms. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 16690–16706: 10.1007/s11356-020-12199-5
- Lapinskienė, G., Peleckis, K., & Nedelko, Z. (2017). Testing environmental Kuznets curve hypothesis: The role of enterprise’s sustainability and other factors on GHG in European countries. *Journal of Business Economics and Management*, 18(1), 54–67. <https://doi.org/10.3846/16111699.2016.1249401>
- Leal, P. H., Marques, A. C., & Shahbaz, M. (2021). The role of globalisation, de jure and de facto, on environmental performance: Evidence from developing and developed countries. *Environment, Development and Sustainability*, 23(5), 7412–7431. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00923-7>
- Lee, K.-H., & Min, B. (2015). Green R&D for eco-innovation and its impact on carbon emissions and firm performance. *Journal of Cleaner Production*, 108, 534–542. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.114>
- Li, J. (2023). Environmental Kuznets curve, balanced growth, and influencing factors: Evidence from economic development in China. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-08-2022-0116>
- Li, L., McMurray, A., Li, X., Gao, Y., & Xue, J. (2021). The diminishing marginal effect of R&D input and carbon emission mitigation. *Journal of Cleaner Production*, 282, 124423. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124423>
- Lima, R., & Benke, D. (2021). Como as empresas vêm contribuindo para a Neutralidade Climática. CEBDS. <https://cebds.org/publicacoes/como-as-empresas-vem-contribuindo-para-a-neutralidade-climatica/>
- Lopes de Sousa Jabbour, A. B., Vazquez-Brust, D., Jose Chiappetta Jabbour, C., & Latan, H. (2017). Green supply chain practices and environmental performance in Brazil: Survey, case studies, and implications for B2B. *Industrial Marketing Management*, 66, 13–28. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.05.003>
- Ma, X., & Jiang, Q. (2019). How to balance the trade-off between economic development and climate change? *Sustainability*, 11(6), 1638. <https://doi.org/10.3390/su11061638>
- Machado, G. V., & Almeida, E. M. (2020). Precificação de carbono: Riscos e oportunidades para o Brasil. Available <https://www.epe.gov.br>
- Maneejuk, P., & Yamaka, W. (2022). Revisiting the Environmental Kuznets Curve hypothesis in OECD during 1970–2016: Panel smooth transition regression. *Energy Reports*, 8, 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.eyr.2022.10.210>
- Mani, V., Jabbour, C. J. C., & Mani, K. T. (2020). Supply chain social sustainability in small and medium manufacturing enterprises and firms’ performance: Empirical evidence from an emerging Asian economy. *International Journal of Production Economics*, 227, 107656. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107656>
- Mostafa, M. K., Gamal, G., & Wafiq, A. (2021). The impact of COVID 19 on air pollution levels and other environmental indicators-A case study of Egypt. *Journal of environmental management*, 277, 111496. 10.1016/j.jenvman.2020.111496
- Oliveira, R. C. de, Almeida, E., Freguglia, R. da S., & Barreto, R. C. S. (2011). Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: Uma análise da curva de Kuznets ambiental para a Amazônia legal. *Revista de economia e sociologia rural*, 49, 709–739. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032011000300008>
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development. ILO. Available https://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf
- Pincheira, R., & Zuniga, F. (2021). Environmental Kuznets curve bibliographic map: A systematic literature review. *Accounting & Finance*, 61, 1931–1956. <https://doi.org/10.1111/acfi.12648>
- Rasool, H., Malik, M. A., & Tarique, Md. (2020). The curvilinear relationship between environmental pollution and economic growth: Evidence from India. *International Journal of Energy Sector Management*, 14(5), 891–910. <https://doi.org/10.1108/IJESM-04-2019-0017>
- Ryan, J., & Tiller, D. (2022). A recent survey of GHG emissions reporting and assurance. *Australian Accounting Review*, 32(2), 181–187. <https://doi.org/10.1111/auar.12364>
- Sadiq, M., Nonthapot, S., Mohamad, S., Chee Keong, O., Ehsanullah, S., & Iqbal, N. (2021). Does green finance matter for sustainable entrepreneurship and environmental

- corporate social responsibility during COVID-19? *China Finance Review International*, 12(2), 317–333. <https://doi.org/10.1108/CFRI-02-2021-0038>
- Sahoo, S., Kumar, A., & Upadhyay, A. (2023). How do green knowledge management and green technology innovation impact corporate environmental performance? Understanding the role of green knowledge acquisition. *Business Strategy and the Environment*, 32(1), 551–569. <https://doi.org/10.1002/bse.3160>
- Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). A review on environmental Kuznets curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis. *Science of the total environment*, 649, 128–145. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.276>
- Seles, B. M. R. P., de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., de Camargo Fiorini, P., Mohd-Yusoff, Y., & Thomé, A. M. T. (2018). Business opportunities and challenges as the two sides of the climate change: Corporate responses and potential implications for big data management towards a low carbon society. *Journal of Cleaner Production*, 189, 763–774. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.113>
- Seles, B. M. R. P., Lopes de Sousa Jabbour, A. B., Jabbour, C. J. C., Latan, H., & Roubaud, D. (2019). Do Environmental Practices Improve Business Performance Even in an Economic Crisis? Extending the Win-Win Perspective. *Ecological Economics*, 163, 189–204. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.04.013>
- Shafik, N., & Bandyopadhyay, S. (1992). Economic growth and environmental quality: Time-series and cross-country evidence (Vol. 904). *World Bank Publications*. Available <https://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/904.html>
- Shahbaz, M., & Sinha, A. (2019). Environmental Kuznets curve for CO2 emissions: A literature survey. *Journal of Economic Studies*, 46(1), 106–168. <https://doi.org/10.1108/JES-09-2017-0249>
- Souza, A. L. R. de, Gomes, S. M. da S., Andrade, J. C. S., & Eugénio, T. C. P. (2018). Por que as empresas participam de iniciativas empresariais em clima no Brasil? *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*. 11(1), 61-84. Disponível em <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/25891/1/POR%20QUE%20AS%20EMPRESAS%20PARTICIPAM%20DE%20INICIATIVAS%20EMPRESARIAIS%20EM%20CLIMA.pdf>
- Stern, D. I. (2017). The environmental Kuznets curve after 25 years. *Journal of Bioeconomics*, 19, 7–28. [10.1007/s10818-017-9243-1](https://doi.org/10.1007/s10818-017-9243-1)
- Tang, C. F., & Tan, B. W. (2015). The impact of energy consumption, income and foreign direct investment on carbon dioxide emissions in Vietnam. *Energy*, 79, 447–454. [10.1016/j.energy.2014.11.033](https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.11.033)
- Tariq, A., & Hassan, A. (2023). Role of green finance, environmental regulations, and economic development in the transition towards a sustainable environment. *Journal of Cleaner Production*, 413, 137425. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137425>
- Tian, Y., Zhu, Q., & Geng, Y. (2013). An analysis of energy-related greenhouse gas emissions in the Chinese iron and steel industry. *Energy Policy*, 56, 352–361. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.068>
- Udeagha, M. C., & Breitenbach, M. C. (2023). Exploring the moderating role of financial development in environmental Kuznets curve for South Africa: Fresh evidence from the novel dynamic ARDL simulations approach. *Financial Innovation*, 9(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s40854-022-00396-9>
- UN, United Nation. (2022). *World Economic Situation And Prospects*. New York.
- Vinayagamoorthi, V., Selvam, M., Lingaraja, K., & Miencha, I. (2015). Testing environmental Kuznets curve hypothesis at firm level in India. *Journal of Sustainable Development*, 8(8), 10.5539/jsd.v8n8p201
- Wang, B., Zhang, S., Guo, L., Klemeš, J. J., & Varbanov, P. S. (2022). Graphical approaches for cleaner production and sustainability in process systems. *Journal of Cleaner Production*, 132790.
- Wang, Q., Yang, T., & Li, R. (2023). Does income inequality reshape the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis? A nonlinear panel data analysis. *Environmental Research*, 216, 114575. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114575>
- Yong, J. Y., Yusliza, M.-Y., Ramayah, T., Chiappetta Jabbour, C. J., Sehnem, S., & Mani, V. (2020). Pathways towards sustainability in manufacturing organizations: Empirical evidence on the role of green human resource management. *Business Strategy and the Environment*, 29(1), 212–228. <https://doi.org/10.1002/bse.2359>
- Zavalloni, M., Groeneveld, R. A., & van Zwieten, P. A. (2014). The role of spatial information in the preservation of the shrimp nursery function of mangroves: A spatially explicit bio-economic model for the assessment of land use trade-offs. *Journal of environmental management*, 143, 17–25.