



Ecoinovação nas Fronteiras do Crescimento Econômico do Brasil

Ana Cândida Ferreira Vieira

Doutoranda em Administração, UNINOVE, Brasil

Professora da UFPB/Campus IV, Brasil

a.candida@uni9.edu.br

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0001-5845-6519>

Priscila Rezende da Costa

Professora Doutora, UNINOVE, Brasil

priscilarc@uni9.pro.br

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-7012-0679>

Leonardo Vils

Professor Doutor, UNINOVE, Brasil

leonardo.vils@uni9.pro.br

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0003-3059-1967>

Submissão: 23/03/2024

Aceite: 25/12/2024

VIEIRA, Ana Cândida Ferreira; COSTA, Priscila Rezende da; VILS, Leonardo. Ecoinovação nas Fronteiras do Crescimento Econômico do Brasil. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 21, n. 1, 2025.

DOI: [10.17271/1980082721120255603](https://doi.org/10.17271/1980082721120255603). Disponível

em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/5603

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

EcoInovação nas Fronteiras do Crescimento Econômico do Brasil

RESUMO

Objetivo – Apresentar a ecoinovação nas fronteiras do crescimento econômico do Brasil, medindo seu impacto por meio do Produto Interno Bruto (PIB) e da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), com reflexo na poluição (CO₂ equivalente) e na remoção desses poluentes.

Metodologia – A metodologia adotada é qualitativa, baseada em levantamento documental com análises descritivas e explicativas.

Originalidade/relevância – O estudo destaca a ecoinovação por meio da FBCF e das lacunas essenciais ao abordar os custos do crescimento econômico por meio do PIB em relação à poluição ambiental. Esses custos, embora muitas vezes considerados baixos em comparação aos benefícios econômicos imediatos, tornam-se significativamente mais elevados quando os impactos na saúde pública são contabilizados – fator essencial para uma pesquisa acadêmica.

Resultados – Os resultados revelam uma complexa relação entre o crescimento do PIB, os investimentos em máquinas e equipamentos (FBCF), a poluição e a remoção de CO₂ entre o período de 2008 e 2022.

Contribuições teóricas/metodológicas – A ecoinovação, em grande parte, permanece à margem das fronteiras do crescimento econômico brasileiro, devido aos crescimentos insignificantes da FBCF em relação ao PIB. Isso se deve à diminuição dos investimentos em capital fixo, à ausência de certificação de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) por parte das empresas e à falta de empenho das autoridades políticas no combate ao problema do aquecimento global.

Contribuições sociais e ambientais – As estratégias para a formulação de políticas integradas, capazes de equilibrar objetivos econômicos, sociais e ambientais, são essenciais para promover um desenvolvimento sustentável de longo prazo. Essas políticas não apenas asseguram o bem-estar da sociedade ao mitigar os impactos negativos sobre o meio ambiente, como também fomentam a inclusão social, a equidade econômica e a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

PALAVRAS-CHAVE: Ecoinovação. Crescimento econômico. Emissão e Remoção de CO₂.

Eco-innovation at the Frontiers of Brazil's Economic Growth

ABSTRACT

Objective – To present eco-innovation at the frontiers of Brazil's economic growth, measured by its impact on Gross Domestic Product (GDP), Gross Fixed Capital Formation (GFCF), and its reflections on pollution (CO₂ equivalent) and the removal of these pollutants.

Methodology – The study adopts a qualitative approach, utilizing documentary data and incorporating descriptive and explanatory analysis.

Originality/Relevance – The study highlights eco-innovation through GFCF and identifies essential gaps in addressing the costs of economic growth via GDP in relation to environmental pollution. While these costs are often considered low compared to immediate economic benefits, they become significantly higher when public health impacts are accounted for, a crucial aspect for academic research.

Results – The findings reveal a complex relationship between GDP growth, investments in machinery and equipment (GFCF), pollution, and CO₂ removal during the period from 2008 to 2022.

Theoretical/Methodological Contributions – Eco-innovation remains largely at the margins of economic growth frontiers due to the insignificant growth of GFCF relative to GDP. This is attributed to the reduction in fixed capital investments, the lack of Clean Development Mechanism (CDM) certification by companies, and the insufficient commitment of political authorities to addressing the problem of global warming.

Social and Environmental Contributions – Strategies for formulating integrated policies capable of balancing economic, social, and environmental objectives are essential to promoting long-term sustainable development. These policies not only ensure society's well-being by mitigating negative environmental impacts but also foster social inclusion, economic equity, and the preservation of natural resources for future generations.

KEYWORDS: Eco-innovation. Economic growth. CO₂ emission and removal.

Ecoinnovación en las Fronteras del Crecimiento Económico de Brasil

RESUMEN

Objetivo – Presentar la ecoinnovación en las fronteras del crecimiento económico de Brasil, midiendo su impacto a través del Producto Interno Bruto (PIB), la Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF) con reflejo en la refexión (CO2 equivalente) y la remoción de estos contaminantes.

Metodología - La metodología adoptada es cualitativa, basada en un levantamiento documental con análisis descriptivo y explicativo

Originalidad/Relevancia – El estudio destaca la ecoinnovación a través de la FBCF y las brechas esenciales al abordar los costos del crecimiento económico mediante el PIB en relación con la contaminación ambiental. Estos costos, aunque a menudo se consideran bajos en comparación con los beneficios económicos inmediatos, se vuelven significativamente más altos cuando se toman en cuenta los impactos en la salud pública, un factor esencial para la investigación académica.

Contribuciones Teóricas/Metodológicas: La ecoinnovación, en gran medida, permanece al margen de las fronteras del crecimiento económico debido a los incrementos insignificantes de la FBCF en relación con el PIB. Esto se debe a la disminución de las inversiones en capital fijo, la ausencia de certificación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) por parte de las empresas y la falta de compromiso de las autoridades políticas en la lucha contra el calentamiento global.

Contribuciones Sociales y Ambientales – Las estrategias para la formulación de políticas integradas, que sean capaces de equilibrar los objetivos económicos, sociales y ambientales, son fundamentales para promover un desarrollo sostenible a largo plazo. Estas políticas no solo garantizan el bienestar de la sociedad al mitigar los impactos negativos en el medio ambiente, sino que también promueven la inclusión social, la equidad económica y la preservación de los recursos naturales para las generaciones futuras.

PALABRAS CLAVE: Ecoinnovación. Crecimiento económico. Emisión y Remoción de CO2.

1 INTRODUÇÃO

Desde o surgimento do tear mecânico até a era da internet e da telefonia móvel, a inovação tem desempenhado um papel crucial no crescimento econômico de muitas nações (Koeller *et al.*, 2019). Contudo, questões ambientais, como aquecimento global, desmatamento e degradação dos ecossistemas, nem sempre foram adequadamente consideradas durante esse processo de evolução tecnológica (Mavi *et al.*, 2022). É nesse contexto que a ecoinovação emerge, propondo um conjunto de inovações voltadas para mitigar os impactos ambientais adversos causados pelas atividades humanas (Khaw *et al.*, 2023). As atividades antropogênicas, conforme destacado por Koeller *et al.* (2019), têm contribuído para agravar os problemas ambientais, enquanto a ecoinovação busca alinhar o progresso tecnológico a um desenvolvimento econômico sustentável.

Um dos principais desafios para equilibrar inovação e sustentabilidade é o aumento global das temperaturas, que se deve predominantemente à perturbação do ciclo do carbono e ao crescimento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Haller *et al.*, 2023). Essas alterações têm desencadeado mudanças climáticas profundas, ameaçando a estabilidade ambiental do planeta (Borowski, 2022). Diante desse cenário, cresce a necessidade de conscientização sobre os impactos do dióxido de carbono (CO₂) e das mudanças climáticas, além da implementação de regulamentações mais rigorosas. O Protocolo de Kyoto, por exemplo, forçou as empresas a integrarem a ecoinovação em suas operações, processos produtivos e estratégias de gestão, como parte de um esforço para mitigar esses efeitos (FETHI e RAHUMA, 2020).

A ecoinovação, portanto, surge como uma resposta ao desafio ambiental, promovendo o desenvolvimento de tecnologias e processos que minimizam os impactos negativos do uso de energia, reduzindo as emissões de CO₂ e promovendo um ambiente de trabalho mais limpo e eficiente para a economia (Lu, 2022). Muitas dessas inovações estão ancoradas na ideia de uma economia circular sustentável, que busca restaurar materiais e energia ao longo da cadeia de valor, reduzindo o desperdício e limitando as emissões para o meio ambiente (Thakker e Bakshi, 2023).

Nesse contexto, a presente pesquisa busca responder à seguinte questão: como a ecoinovação se apresenta nas fronteiras do crescimento econômico no Brasil, com o propósito de mitigar a poluição das atividades econômicas? Esse estudo se justifica pela relevância do tema e pela transição urgente que se faz necessária, da gestão tradicional da inovação para a ecoinovação, de modo a alcançar resultados sustentáveis tanto do ponto de vista econômico quanto social.

Embora algum nível de poluição possa ser considerado socialmente aceitável – ou seja, desde que a natureza consiga reciclá-la eficientemente (Khan e Idrees, 2023) –, o problema surge quando as empresas negligenciam os custos sociais associados, ignorando o aumento significativo desses impactos (Haller *et al.*, 2023). Com a crescente consciência da importância de adotar medidas que minimizem os danos ambientais, é imperativo que as empresas aprimorem suas práticas de gestão e incorporem tecnologias e práticas ecologicamente corretas. A implementação de soluções sustentáveis deixou de ser uma opção e se tornou uma necessidade urgente na sociedade contemporânea (Haller *et al.*, 2023).

Neste estudo, a ecoinovação é considerada em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em particular o ODS 9, que aborda inovação e infraestrutura; o ODS 8, relacionado a trabalho decente e crescimento econômico; e o ODS 13, voltado para a ação climática (Nações Unidas Brasil, 2016). Além disso, Scolari e Strauhs (2024) argumentam que os ODS oferecem oportunidades para estudos da sustentabilidade no meio acadêmico. Com isso, a ecoinovação tem o potencial de contribuir com estudos, cumprir metas

ambientais, além de minimizar externalidades negativas, como a poluição (Khan e Idrees, 2023), promovendo, assim, o bem-estar social. Ademais, desempenha um papel fundamental no fortalecimento da economia circular sustentável, oferecendo vantagens competitivas no mercado e impulsionando um crescimento econômico sustentável (Thakker e Bakshi, 2023).

Essa introdução estabelece a base para a estrutura subsequente do artigo, organizada em seções fundamentais. Primeiramente, apresenta uma revisão teórica sobre o conceito deecoinovação, com foco nas discussões acadêmicas e políticas mais recentes. Em seguida, o objetivo geral da pesquisa, seguido pela descrição da metodologia utilizada, que detalha as etapas do processo da pesquisa. Posteriormente, realiza-se a análise e a discussão dos resultados obtidos, destacando as implicações práticas da ecoinovação. Por fim, conclui-se com reflexões finais sobre os achados da pesquisa e uma lista de referências que fundamentam o estudo.

1.1 Visão da ecoinovação para mitigar as emissões de gases de efeito estufa

No Brasil, a adoção do modelo de Desenvolvimento Sustentável ganhou destaque durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD-92), realizada no Rio de Janeiro em 1992 e organizada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) (Barbieri, 1997). Este evento resultou em vários documentos importantes, entre os quais se destaca a Agenda 21 (Coutinho, 2014).

A CNUMAD-92 foi um marco na conscientização global sobre questões ambientais, e a Assembleia Geral das Nações Unidas respondeu aos apelos da sociedade e dos agentes públicos sobre as mudanças climáticas, estabelecendo o Comitê Intergovernamental de Negociação para a Convenção-Quadro sobre Mudanças do Clima (INC/FCCC). Esse comitê, formado durante a conferência, desempenhou um papel fundamental na formulação das bases que levariam, mais tarde, à criação do Protocolo de Quioto (1997), um dos primeiros grandes acordos internacionais voltados à redução de emissões de gases de efeito estufa (Protocolo de Quioto, 1997).

Ao longo das décadas seguintes, outras convenções importantes ocorreram, incluindo o Acordo de Copenhague e o Acordo de Paris, que aprofundaram os compromissos globais em relação às mudanças climáticas (ETHOS, 2016). Mais recentemente, o Pacto Verde Europeu foi lançado, com o objetivo de transformar a Europa no primeiro continente com neutralidade climática até 2050 (Haller *et al.*, 2023). Esse pacto não só reafirma o compromisso com a sustentabilidade, mas também busca impulsionar a recuperação econômica pós- crise, promovendo uma economia verde e sustentável. O Pacto Verde Europeu é visto como precursor de estratégias globais que visam o desenvolvimento de uma economia verde e sustentável, consolidando a visão de que crescimento econômico e proteção ambiental não são excludentes, mas podem ser complementares (Koeller *et al.*, 2019).

Essa evolução dos acordos internacionais reflete um entendimento crescente de que a sustentabilidade é fundamental para o futuro das nações. Políticas voltadas para a ecoinovação e a economia circular desempenham um papel essencial na construção de uma economia global que equilibre crescimento econômico e sustentabilidade, mesmo diante dos desafios ambientais. A transição para uma economia verde requer a adoção de novas tecnologias e práticas, impulsionadas por inovações que visam tanto a redução das emissões quanto a conservação dos recursos naturais.

Segundo Koeller *et al.* (2019), o esverdeamento da economia, as mobilizações globais e as discussões em torno da escassez de recursos e da mitigação de emissões de gases de efeito estufa foram direcionadas para estratégias que envolvem soluções baseadas na inovação e no desenvolvimento tecnológico sustentável (Koeller *et al.*, 2019). O objetivo é alcançar uma “produção verde”, que, alinhada à ecoinovação (Lu, 2022), compreende o desenvolvimento de

bens e processos que incentivam práticas produtivas e de consumo mais sustentáveis por meio de avanços técnicos. Essa abordagem foca no uso de tecnologias mais avançadas em relação às tradicionais (Sierzchula *et al.*, 2014), visando reduzir, significativamente, o impacto ambiental.

Contudo, para que essas tecnologias limpas sejam desenvolvidas e difundidas em larga escala, a intervenção política é necessária, embora insuficiente (Veugelers, 2012). Políticas de inovação, por si só, não garantem o sucesso. É fundamental que a sociedade como um todo abrace a inovação; caso contrário, cria-se um ambiente desfavorável ao progresso (Khan e Idrees, 2023). Se a sociedade não for receptiva à inovação, o desenvolvimento de novas tecnologias enfrentará desafios consideráveis (Khan e Idrees, 2023). Além disso, essas novas tecnologias limpas competem diretamente com as tecnologias poluentes já estabelecidas. Como Veugelers (2012) observa, as particularidades na implementação de tecnologias no processo produtivo muitas vezes determinam se essas inovações serão adotadas em larga escala.

Koeller *et al.* (2019) destacam que a poluição ambiental não é apenas uma consequência do crescimento econômico, mas também das mudanças nos padrões tecnológicos, que frequentemente envolvem o uso intensivo de recursos energéticos e a emissão de poluentes. Tecnologias limpas, como aquelas voltadas para a geração de energias renováveis (Chien *et al.*, 2023; Anderhofstadt e Spinler, 2019), a inovação na gestão de resíduos (Puertas e Marti, 2021), e o uso de materiais reciclados (Bocken *et al.*, 2012), têm se mostrado fundamentais nessa transição. Em contraste, as chamadas “tecnologias sujas” ainda dominam muitos setores, como a queima de carvão e petróleo, que permanecem entre os maiores contribuintes para a poluição ambiental (Veugelers, 2012).

Esse cenário revela a urgência de acelerar a transição para tecnologias limpas, ao mesmo tempo em que se enfrenta a resistência de indústrias que ainda dependem fortemente de fontes de energia poluentes. A eficiência das tecnologias limpas, em comparação com as sujas, apresenta contrastes significativos que beneficiam diversos setores, incluindo a economia, o meio ambiente e a sociedade (Fuchsová, 2013; Chien *et al.*, 2023).

Esses contrapontos são evidentes em vários aspectos, como redução de custos, sustentabilidade, eficiência energética, inovação e criação de empregos. Essas diferenças ressaltam a importância de investir em tecnologias limpas como uma estratégia essencial para impulsionar o desenvolvimento sustentável. A ecoinovação, por meio dessa transição, não apenas promove a prosperidade econômica, mas também protege o meio ambiente para as gerações futuras (Padhan *et al.*, 2023).

Embora a ecoinovação seja conhecida por diversos termos, como inovação ambiental, inovação ecológica, inovação sustentável e inovação verde, todas essas abordagens têm em comum o objetivo de preservar recursos naturais, minimizando resíduos e promovendo o uso de fontes de energia renováveis (Mavi *et al.*, 2022). A ecoinovação, que incorpora a dimensão ambiental à inovação, conforme Koller *et al.*, (2020), tornou-se uma estratégia fundamental para o desenvolvimento e o crescimento econômico sustentáveis, representando soluções projetadas intencionalmente para reduzir o impacto ambiental das atividades de produção, consumo e descarte, aproveitando oportunidades e benefícios associados às preocupações ambientais (Saturnino Neto *et al.*, 2014).

As empresas comprometidas com a sustentabilidade buscam, por meio de sua gestão, substituir a tecnologia convencional inovativa para ecoinovação. Essas ecoinovações se distinguem de outros produtos e serviços por proporcionarem um impacto ambiental menor em comparação às tecnologias convencionais. Assim, a ecoinovação é definida como “técnicas, processos, práticas e produtos novos ou aprimorados que visam reduzir ou evitar problemas ambientais” (Khaw *et al.*, 2023). Essa definição reforça a necessidade de um compromisso coletivo com práticas inovadoras que não apenas beneficiem os negócios, mas também garantam um futuro sustentável para o planeta.

Nesse contexto, as empresas comprometidas com a sustentabilidade estão em transição da tecnologia convencional para a ecoinovação (Sierzchula *et al.*, 2014). Essa transição é necessária para promover a mitigação das emissões de gases de efeito estufa com crescimento econômico sustentável, conforme afirmam Saturnino Neto *et al.* (2014). De acordo com Masiero *et al.* (2023), a mitigação climática baseia-se na prevenção dos fatores que geram mudanças climáticas.

Nesse sentido, a ecoinovação, aplicada à gestão da sustentabilidade, engloba atividades voltadas à medição, análise e aprimoramento do desempenho econômico, social e ambiental (Khan e Idrees, 2023). Tais práticas proporcionam ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, gerando, a longo prazo, benefícios significativos para o clima. Além disso, essas iniciativas não apenas contribuem para a preservação ambiental, mas também promovem a criação de valor duradouro para as empresas.

No entanto, adotar estratégias ambientais em nível empresarial exige compromissos de longo prazo, especialmente em relação ao financiamento e ao retorno sobre o investimento em ecoinovação, que frequentemente se manifesta apenas a longo prazo (Fethi e Rahuma, 2020). Os investimentos em ecoinovação podem ser desafiadores, uma vez que os benefícios associados à redução da poluição nem sempre se refletem no preço do produto final (Sierzchula *et al.*, 2014). Contudo, conforme ressaltado por Khan e Idrees (2023), a ecoinovação não apenas contribui para a redução dos custos de produção, mas também pode impulsionar o crescimento econômico, abordando questões como a perda da biodiversidade, a escassez de recursos e as mudanças climáticas.

À medida que muitas empresas se adaptam para priorizar a ecoinovação em seus sistemas sociais (Khaw *et al.*, 2023), as expectativas futuras incluem a influência dos preços e regulamentações relacionadas ao carbono, que podem se tornar fatores-chave no estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à adoção de tecnologias limpas pelo setor privado (Veugelers, 2012). Essa dinâmica não apenas impulsiona a inovação, mas também estabelece um novo paradigma de negócios no qual sustentabilidade e rentabilidade caminham lado a lado, criando um ciclo virtuoso que beneficia tanto as empresas quanto a sociedade como um todo.

2 OBJETIVO

O artigo tem o objetivo de destacar a ecoinovação nas fronteiras do crescimento econômico do Brasil, por meio do Produto Interno Bruto (PIB), da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), da emissão e das remoções da poluição (CO₂), observando também as remoções de CO₂ por meio das empresas de certificação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Brasil.

3 METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa, fazendo uso de dados provenientes de relatórios e sites de órgãos responsáveis pela coleta e disponibilidade de informações divulgadas à sociedade e à economia. A coleta desses dados proporcionou uma caracterização descritiva e explicativa das dinâmicas do estudo proposto, no contexto brasileiro, com foco nas tecnologias registradas e refletidas na contabilidade social do Brasil, notadamente por meio da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF).

A escolha de utilizar a Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) como indicador baseia-se nos padrões estatísticos estabelecidos pelo Manual de Oslo (OECD e EUROSTAT, 2018). Esse manual considera os investimentos em bens de capital como uma das métricas relevantes para

mensurar a inovação. Assim, é justificável o uso desses dados no estudo, uma vez que permite a observação do progresso das mudanças nas máquinas e equipamentos empregados no processo de produção das empresas em geral e seus impactos nas emissões de poluentes.

Conforme apontado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), parte dos dados da FBCF está relacionada aos investimentos em máquinas e equipamentos, constituindo, desse modo, os investimentos em bens de capital na economia, os quais compõem uma das variáveis da Fórmula 1 do Produto Interno Bruto (PIB). O PIB, uma medida amplamente utilizada na contabilidade social ou nacional e na macroeconomia, é calculado por meio da seguinte fórmula (Feijó e Ramos, 2017; Lopes e Vasconcelos, 2000):

Fórmula (1)

$$\text{PIB} = C + I + G + X - M$$

Onde:

C = Consumo total

I = Investimento total

G = Governo

M = Importação

X = Exportação

Como o propósito é utilizar o investimento que compõe a soma do PIB, esse investimento (I) corresponde às empresas que compram bens de investimento para aumentar seu volume de capital e para substituir o capital existente à medida que é utilizado, no estudo, como reflexo da inovação. Além disso, os investimentos que compõem o PIB correspondem à FBCF menos variação de estoque (Feijó e Ramos, 2017), que consta na Fórmula 2.

Fórmula (2)

$$I = \text{FBCF} - \text{VE}$$

Onde:

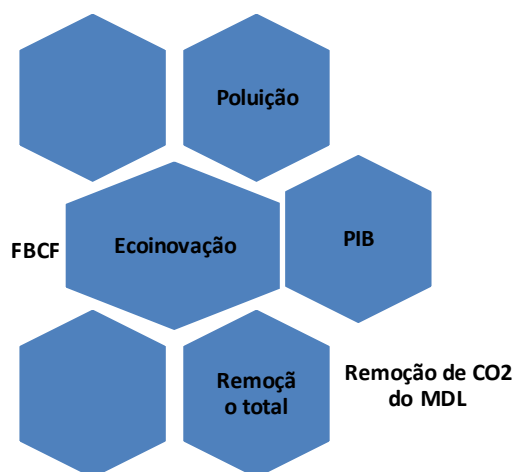
I = Investimento

FBCF = Formação Bruta de Capital Fixo

VE = Variação de estoque

No âmbito deste estudo, direcionamos nossa atenção para o investimento (I), que se refere às empresas que adquirem bens de investimento com o objetivo de expandir seu volume de capital e substituir o capital já existente à medida que este se desgasta (Lopes e Vasconcelos, 2000). Dessa forma, o investimento foi escolhido como um indicador reflexo das atividades de inovação. No processo de coleta de dados, foram considerados fatores como poluição, PIB, FBCF e remoção de poluição (CO₂) obtidos pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de gases de Efeito Estufa (SEEG) e remoção de poluição (CO₂) do MDL, os quais são representados e definidos na Figura 1.

Figura 1 – Dados levantados do estudo no Brasil



Definição dos dados levantados	Descrição
Produto Interno Bruto (PIB)	Corresponde à soma das atividades econômicas, do crescimento econômico, de um país ou região em um determinado período (Feijó e Ramos, 2017). Neste estudo, os dados foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de 2008 a 2022.
Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF)	Também referida como bens e serviços de investimentos, é um conceito amplamente reconhecido na literatura econômica da contabilidade social, como Feijó e Ramos (2017), como máquinas, equipamentos, mão de obra e outros elementos da atividade econômica, que, na totalidade, constitui a FBCF, extraídos de Cidades@ IBGE de 2008 a 2022.
Poluição (CO ₂ e(t))	Advém das categorias das atividades econômicas destacadas pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de gases de Efeito Estufa (SEEG, 2023) dos setores de processos industriais, resíduos, energia, agropecuária e mudança de uso da Terra em CO ₂ e(t) GWP-Ar5 (Potencial de aquecimento global em 100 anos de 5º Relatório do IPCC). Os dados foram coletados no Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de gases de Efeito Estufa (SEEG), de 2008 a 2022.
Remoção (CO ₂ e(t))	Remoção de CO ₂ e(t) GWP-Ar5 disponível no Brasil, pelo SEEG, consta carbono orgânico do solo, remoção em áreas protegidas, remoção por mudança de uso da terra e remoção por vegetação secundária de 2008 a 2021, não sendo disponível 2022.
Empresas Certificada de Remoção (CO ₂ e(t)) no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)	No Brasil, os dados foram obtidos por meio do Relatório de Status do MDL do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC), disponíveis de 2008 a 2017. A ausência de dados deve-se à suspensão dos projetos submetidos por empresas no MDL brasileiro, que vigorou de 29 de novembro de 2021 até os dias atuais, extintos do MDL.

Fonte: Elaborada pelos autores, com base no IBGE, no SEEG e no MCTIC, 2023.

Os dados extraídos das fontes mencionadas retratarão o desempenho e a relação das atividades do crescimento econômico com o PIB, as máquinas e os equipamentos pela FBCF. Essas informações são cruciais para compreender até que ponto a inovação e a ecoinovação constam no processo de produção das empresas no Brasil, incluindo a expansão ou a retração

da poluição e as remoções de carbono, bem como as certificações das empresas no MDL no Brasil.

Os dados coletados das fontes mencionadas têm como objetivo analisar a ecoinovação nas fronteiras do crescimento econômico, examinando a relação entre o crescimento econômico e o uso de máquinas e equipamentos, conforme indicado pela FBCF. Isso proporciona reflexos com *insights* para entender os processos de inovação e ecoinovação nas atividades de produção das empresas brasileiras. Além disso, a coleta de dados inclui observações sobre as emissões de poluição (CO₂e) decorrentes da remoção do carbono orgânico do solo, remoção em áreas protegidas, remoção por mudança de uso da terra e remoção por vegetação, e a participação de empresas certificadas pelo MDL no Brasil.

A coleta e a organização dos dados permitiram a criação de um banco de dados estruturado, a elaboração de figuras e a realização de análises estatísticas descritivas, visando alcançar os objetivos deste estudo trabalhados no programa Microsoft Excel. Para a análise da relação entre a Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) e o Produto Interno Bruto (PIB), a metodologia considerada foi do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020), Fórmula 3.

Fórmula (3)

$$\text{Relação} = \left(\frac{\text{FBCF}}{\text{PIB}} \right) * 100$$

A análise dos dados permitiu estabelecer o conhecimento do crescimento econômico ou PIB por poluição em valores reais (R\$), utilizando a Fórmula 4. A Fórmula 4 simplesmente divide o valor do crescimento econômico pelo total de poluição em toneladas. O resultado fornecerá o valor monetário do crescimento econômico associado a cada unidade de poluição em toneladas. As Fórmulas 3 e 4 permitiram obter valores de custos e benefícios associados à falta de adoção de ecoinovação no contexto brasileiro.

Fórmula (4)

$$\text{VP} = \frac{\text{PIB}}{\text{Tondepoluição}}$$

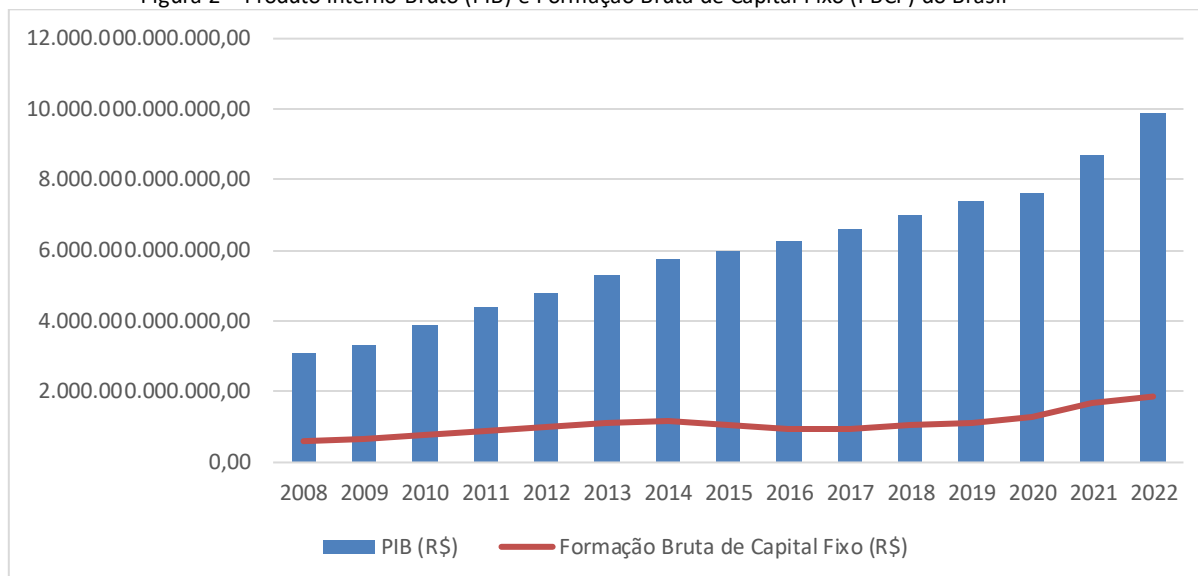
Onde:

VP = Valores (R\$) do crescimento econômico por poluição em toneladas.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este estudo tem como objetivo evidenciar a interação da ecoinovação com o crescimento econômico no contexto brasileiro, considerando variáveis como o PIB, a poluição (CO₂) e a remoção de poluição. O Brasil, devido à sua vasta diversidade natural e às suas particularidades geopolíticas, mantém um processo de produção igualmente diversificado, abrangendo a produção de bens e serviços finais. Na Figura 2, apresenta-se a participação da FBCF no PIB brasileiro durante o período de 2008 a 2022. Uma análise revela o crescimento contínuo do PIB ao longo dos anos considerados, junto com as flutuações na contribuição das máquinas e equipamentos para o PIB brasileiro. Essas flutuações podem ser atribuídas a políticas adotadas em diferentes contextos e períodos ao longo do estudo.

Figura 2 – Produto Interno Bruto (PIB) e Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) do Brasil



Fonte: Elaborada pelos autores, com base nos dados do IBGE (2023).

Na Figura 2, é possível analisar a relação entre a Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) e o Produto Interno Bruto (PIB) ao longo dos períodos examinados. Destaca-se o ano de 2013, que apresenta uma contribuição significativa da FBCF em relação ao PIB, atingindo 20,9%. A partir desse ponto, essa participação começa a declinar, chegando a 15,5% em 2019. Entretanto, em 2020, observa-se um pequeno aumento para 16,6%. Infelizmente, em termos de crescimento da FBCF de um período para outro, registra-se um aumento relativamente modesto, com uma taxa de 1,1431% de 2018 a 2019, e um incremento de 1,866% de 2021 para 2022.

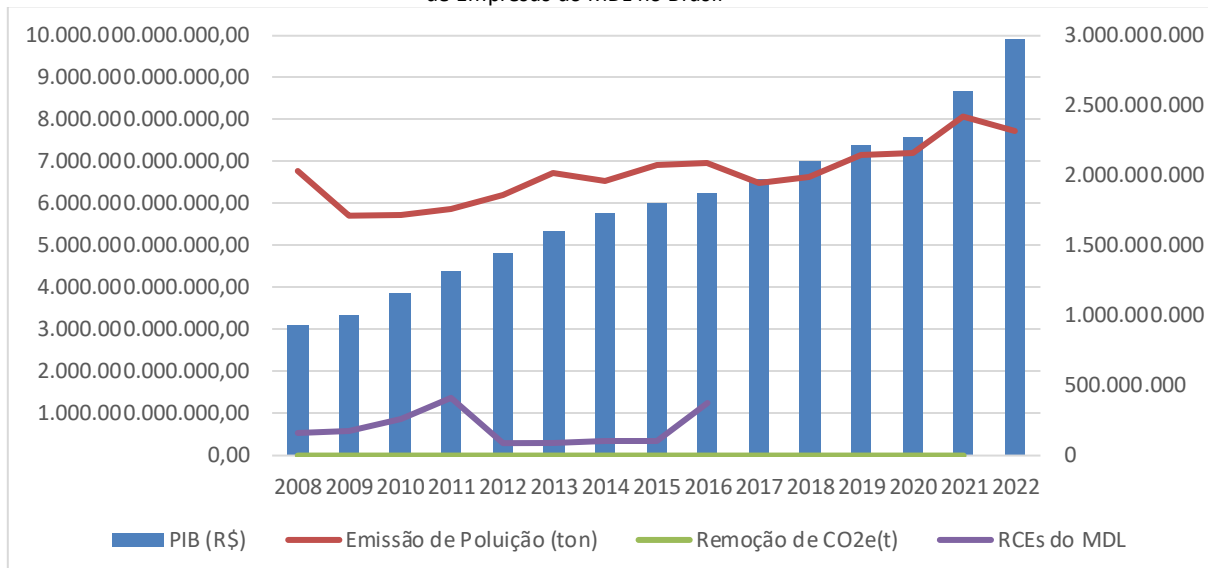
A participação da FBCF no PIB é relevante, uma vez que representa um componente adicional dos investimentos na economia. Isso significa que um aumento na proporção da FBCF em relação ao PIB indica a incorporação de mais máquinas e equipamentos nas atividades de produção de bens e serviços, demonstrando um impulso na inovação e modernização dos processos produtivos (OECD e EUROSTAT, 2018; Thakker e Bakshi, 2023).

Essas máquinas e equipamentos adotados no setor de produção da economia brasileira também podem ser considerados como tecnologias de inovação, que desempenham um papel motivador para a implantação de mudanças em produtos ou processos, sendo novos ou aprimorados, e diferenciando os métodos anteriores da unidade em questão.

A ecoinovação, por sua vez, abrange um conjunto de inovações que visam mitigar os impactos ambientais negativos (Haller *et al.*, 2023). Isso inclui produtos aprimorados com materiais, designs e processos ecologicamente responsáveis, com o objetivo de reduzir a poluição e minimizar danos ao meio ambiente (Khaw *et al.*, 2023).

Na Figura 3, é apresentado um abrangente panorama que se estende de 2008 a 2022. A visualização engloba o PIB, CO₂e, de acordo com o potencial de aquecimento global (GWP-Ar5), as reduções de CO₂ e a reduções de CO₂ proveniente de empresas certificadas no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil, até o ano de 2016, quando esse mecanismo estava em vigor no país. As emissões derivam de atividades relacionadas a processos industriais, resíduos, energia, agropecuária e mudanças no uso da terra. As reduções nas emissões de carbono abrangem aspectos como remoções de carbono orgânico no solo, provenientes de áreas protegidas, alterações no uso da terra e crescimento de vegetação secundária. Esses dados foram fornecidos pelo SEEG de 2023 (SEEG, 2023).

Figura 3 – Produto Interno Bruto, Emissão de Poluição, Remoção de CO₂e(t) e Remoção de Certificado de Emissão de Empresas do MDL no Brasil



Fonte: Elaborada pelos autores, com base nos dados do IBGE (2023), SEEG (2023) e Relatório de Status do MDL do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC).

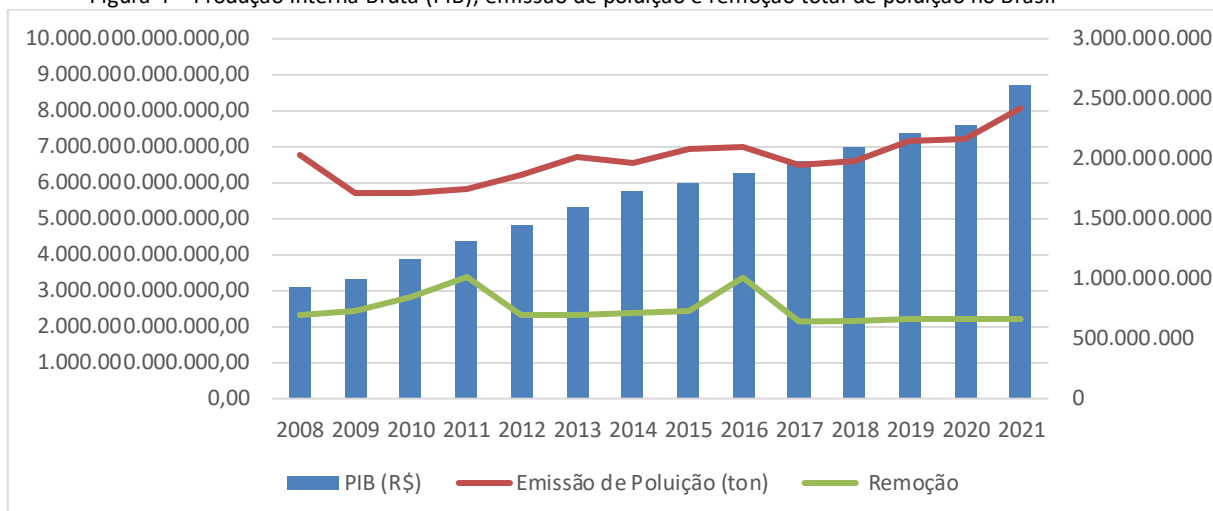
Na Figura 3, observa-se uma relação inversa, em poucos anos de estudo, entre o PIB e a poluição, indicando que, à medida que o PIB aumenta, a poluição apresentou uma redução de 3% de 2013 para 2014. Nos anos anteriores, a poluição era, predominantemente, superior à produção econômica do Brasil. Em 2016, ocorre uma queda adicional de 7% nas emissões no país, enquanto nos anos subsequentes são registrados pequenos crescimentos nas emissões de poluição, culminando em uma queda de 8% apenas em 2019.

O estudo destaca a relevância do Protocolo de Kyoto, estabelecido em 1997, que compromete países desenvolvidos e em desenvolvimento a reduzirem suas emissões de gases em 5,2%, com base nos níveis de emissão de 1990, durante o período de 2008 a 2012 (Protocolo de Quioto, 1997). Conforme evidenciado na Figura 2, o Brasil começa a demonstrar reações a partir de 2017, com a participação da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) em relação ao PIB crescendo, significativamente, em 2013, atingindo 20,9%. Essa participação oscila até 2017, com os investimentos contribuindo com 14,6% em relação ao PIB, conforme ilustrado na Figura 2.

No que diz respeito às remoções de CO₂e em toneladas, que refletem a poluição, estas são quase imperceptíveis em comparação com as emissões de CO₂e em toneladas. Por outro lado, as remoções provenientes de um conjunto de empresas com certificação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) mostram uma contribuição mais expressiva. Elas atingiram um pico de 421.197.677 toneladas de CO₂ removidas em 2011, com oscilações ao longo dos anos de estudo e uma redução para 374.868.055 toneladas em 2017, no Brasil. Infelizmente, devido à falta de dados e à suspensão do MDL, fica evidente a ausência do conjunto das remoções de CO₂, poluição, que desempenham um papel fundamental na mitigação dos gases de efeito estufa.

A Figura 4 ilustra o cenário que abrange o somatório das remoções de carbono orgânico do solo, remoção em áreas protegidas, remoção por mudança de uso da terra e remoção por vegetação secundária e das remoções de empresas certificadas pelo MDL. Esse gráfico revela um comportamento da linha que se destaca com a inter-relação entre as remoções, a poluição e o PIB.

Figura 4 – Produção Interna Bruta (PIB), emissão de poluição e remoção total de poluição no Brasil



Fonte: Elaborada pelos autores, com base nos dados do IBGE (2023), SEEG (2023) e Relatório de Status do MDL do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC).

Ao considerar a relação entre a emissão de poluição (CO₂) em toneladas e as remoções totais em toneladas, evidenciamos a mitigação dos gases de efeito estufa no Brasil. A partir de 2018, a poluição passou a se situar abaixo do nível de crescimento econômico, refletindo as mudanças tecnológicas ocorridas no Brasil, impulsionadas pela inovação e ecoinovação, conforme acréscimo de FBCF, com o intuito de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. No entanto, é alarmante que a ausência de dados e a suspensão do MDL brasileiro tenham impactado a capacidade das empresas de adaptar seus processos por meio da ecoinovação. Isso enfatiza a importância da ecoinovação como uma estratégia crucial para o crescimento econômico sustentável do Brasil, que enfrenta desafios em relação às mudanças climáticas.

Ao analisar a relação entre o crescimento econômico e a quantidade de poluição emitida, torna-se evidente o aumento da poluição em decorrência do crescimento econômico. A busca por mitigação dos gases poluentes visa inverter essa tendência, promovendo inovações, como a ecoinovação. Nesse contexto, a Tabela 1 oferece uma visão quantitativa do crescimento econômico em relação à poluição, expresso em valores monetários ao longo dos anos de estudo. É possível observar como o valor do crescimento econômico se comporta diante dos níveis de poluição.

Vale ressaltar que o custo real da poluição vai além dos valores apresentados na Tabela 1, uma vez que não abrange os impactos nos danos à saúde humana. Esses custos não estão refletidos nos resultados apresentados, limitando-se apenas aos setores produtivos da economia. É imperativo considerar esses custos adicionais ao avaliar o verdadeiro impacto econômico e social da poluição, destacando a importância de abordagens sustentáveis para mitigação e prevenção.

Tabela 1 – Custo do crescimento econômico por poluição (CO₂e) em toneladas

Ano	Custo da Poluição em (t)
2008	R\$ 1.525,01
2009	R\$ 1.944,42
2010	R\$ 2.257,43
2011	R\$ 2.493,60
2012	R\$ 2.590,39
2013	R\$ 2.640,74
2014	R\$ 2.945,26

2015	R\$ 2.8889,29
2016	R\$ 2.999,70
2017	R\$ 3.384,23
2018	R\$ 3.520,71
2019	R\$ 3.440,79
2020	R\$ 3.522,86
2021	R\$ 3.591,15

Fonte: Elaborada pelos autores, com base nos dados disponíveis do IBGE (2023) e do SEEG (2024).

Ao analisar os gráficos que representam a evolução do crescimento econômico ao longo do tempo e a tendência correspondente da poluição, conforme demonstrado nas Figuras 2, 3 e 4, fica evidente na Tabela 1 o aumento progressivo do valor do crescimento econômico em relação à poluição, em termos monetários. Este fenômeno ocorre devido a uma série de fatores, sendo um deles a regulação ambiental decorrente de políticas públicas, incluindo impostos que podem influenciar no aumento ou não do PIB, conforme indicado pela Fórmula 1, por meio da atuação do governo (G), entre outros.

Em 2021, o custo do crescimento por poluição, Tabela 1, chega à marca de R\$3.591,15 por toneladas, um valor que, embora pareça insignificante à primeira vista, não reflete concretamente os danos causados à saúde, ao bem-estar social e ao meio ambiente. É crucial reconhecer que essa cifra não abrange de maneira concreta os impactos adversos nos aspectos mencionados. No entanto, ela oferece uma visão inicial de como as autoridades políticas podem estabelecer valores para sancionar empresas que emitem poluição em larga escala. Esse entendimento é fundamental para a implementação de políticas e práticas que visem não apenas à mensuração econômica, mas também à consideração abrangente dos custos sociais e ambientais associados à poluição.

É relevante ressaltar que, à medida que as mudanças tecnológicas são inovadoras por meio da ecoinovação, com investimentos consideráveis e retornos a longo prazo (Khaw *et al.*, 2023), o bem-estar social se fortalece e a sustentabilidade ganha terreno ao longo do tempo. Os países, inclusive aqueles em desenvolvimento, têm a oportunidade de promover o desenvolvimento econômico sustentável por meio da ecoinovação (Khan e Idrees, 2023). Avaliar a ecoinovação é um desafio complexo, uma vez que envolve uma sequência de inovações de produtos, avanços tecnológicos, inovações nos processos de produção e adaptação do mercado às mudanças na produção (Mavi *et al.*, 2022).

5 CONCLUSÃO

Neste cenário atual, ecoinovação emerge como um elemento central na redução dos impactos ambientais negativos e na promoção do bem-estar social. No entanto, para conseguir alavancar os benefícios da ecoinovação, é necessário que as autoridades políticas mantenham as diretrizes de sustentabilidade econômica e ambiental com a sociedade, demonstrando um compromisso sólido com políticas ambientais rigorosas e ações concretas para combater as mudanças climáticas. É urgente que o Brasil reconsidere seu envolvimento nas atividades do MDL, devido ao que foi observado nas Figuras 2, 3 e 4.

Os dados apresentados revelam relações entre o crescimento econômico, medido pelo PIB, a FBCF representada por máquinas, equipamentos e mão de obra, as emissões de dióxido de carbono (CO₂), que refletem a poluição e os esforços de redução do CO₂. Embora o PIB tenha aumentado, a participação da FBCF cresceu em uma proporção menor, resultando em um aumento de 12,6% nas emissões de CO₂, passando de 2.165.003 toneladas em 2020 para

2.422.625.065 toneladas em 2021. Além disso, entre 2019 e 2020, houve um aumento de apenas 0,58% nas emissões de poluição (CO₂e em toneladas), demonstrando que a inovação, junto com a ecoinovação, está sujeita ao ritmo de crescimento econômico do Brasil durante os anos estudados.

Esses números destacam a necessidade urgente de sensibilizar a população e os setores produtivos para a importância da mitigação da poluição no Brasil. A ecoinovação se revela uma ferramenta estratégica essencial da economia brasileira. Somente com um compromisso contínuo e uma ação coordenada entre governo, sociedade e setor privado, podendo aspirar a um futuro mais sustentável e equitativo.

As figuras, em conjunto com a Tabela 1, evidenciam que o custo ascendente do crescimento econômico em relação à poluição atingiu, em 2021, a cifra de R\$3.591,15 por tonelada em moeda real (R\$). Este fenômeno ocorre devido a uma série de fatores: regulação ambiental, externalidades, entre outros. Embora à primeira vista esse valor possa parecer modesto, ele não representa adequadamente os danos causados à saúde, ao bem-estar social e ao meio ambiente. Este alerta ressoa junto aos gestores públicos, destacando a necessidade de medidas eficazes para alcançar a mitigação dos gases de efeito estufa.

É necessário salientar que esse valor não reflete de maneira abrangente os impactos adversos nos domínios mencionados. Entretanto, essa discussão serve como um indicativo crucial de como as autoridades políticas podem considerar a imposição de penalidades financeiras às empresas que emitem poluição em grande escala por tonelada. Isso destaca a externalidade negativa ambiental como um fator passível de punição pelas autoridades governamentais, incentivando práticas mais sustentáveis e responsáveis por parte das empresas. É necessário que essas informações sejam utilizadas como base para a implementação de políticas ambientais mais rigorosas e para promover uma conscientização contínua sobre a importância da redução da poluição. Só assim, poderemos minimizar os impactos negativos no meio ambiente e, ao mesmo tempo, garantir um maior bem-estar para a sociedade e as gerações futuras.

Como direcionamento para futuras pesquisas, torna-se crucial ampliar a coleta de dados relacionados especificamente à inovação e à ecoinovação com o objetivo de reduzir as emissões de CO₂ no Brasil. Adicionalmente, é imperativo realizar um estudo aprofundado sobre os custos da poluição e seus impactos sociais e ambientais. Além disso, é fundamental investigar de maneira mais detalhada as estratégias adotadas pelas empresas na implementação da ecoinovação, os custos e os investimentos. Essas pesquisas adicionais proporcionarão uma compreensão mais abrangente das tendências e práticas associadas à redução de emissões de gases de efeito estufa no contexto brasileiro. Ao analisar minuciosamente as estratégias empresariais, será possível identificar as abordagens mais eficazes e os desafios enfrentados na adoção da ecoinovação em estudos futuros.

6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ANDERHOFSTADT, B.; SPINLER, S. Factors affecting the purchasing decision and operation of alternative fuel-powered heavy-duty trucks in Germany – A Delphi study. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**. Elsevier Ltd, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.06.003>. Acesso em: 20 set. 2024.

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da agenda 21**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

BOCKEN, N. M. P.; ALLWOOD, J. M.; WILLEY, A. R.; KING, J. M. H. Development of a tool for rapidly assessing the implementation difficulty and emissions benefits of innovations. **Technovation**, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2011.09.005>. Acesso em: 20 set. 2024.

BOROWSKI, P. F. Management of energy enterprises in zero-emission conditions: Bamboo as an innovative biomass for the production of green energy by power plants. **Energies**, MDPI, 2022. DOI 10.3390/en15051928. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85127433627&doi=10.3390%2fen15051928&partnerID=40&md5=7329d23383c40a9d2520563d17ae84df>. Acesso em: 20 set. 2024.

COUTINHO, S. M. V.; CEZARE, J. P.; PHILIPPI Jr., A. Desafio da gestão ambiental pública urbana na América Latina no contexto das mudanças climáticas. In: PHILIPPI Jr., A. (Org.). **Mudanças climáticas: do global ao local**. Barueri: Manole, 2014.

CHIEN, F.; CHAU, K. Y.; SADIQ, M. The effect of energy transition technologies on greenhouse gas emissions: New evidence from ASEAN countries. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 58, 2023. DOI 10.1016/j.seta.2023.103354. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85164223224&doi=10.1016%2fj.seta.2023.103354&partnerID=40&md5=ade64a0db5e2bf77d9871787f8e8a00f>. Acesso em: 20 set. 2024.

CHIEN, F. S.; PARAMAIAH, C.; JOSEPH, R.; PHAM, H.; PHAN, T.; NGO, T. The impact of eco-innovation, trade openness, financial development, green energy and government governance on sustainable development in ASEAN countries. **Renewable Energy**, v. 211, p. 259–268, jul. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.04.109>. Acesso em: 20 set. 2024.

ETHOS Ambiental. COP 22 - Os resultados da primeira COP pós Paris. 2016. Disponível em: <https://www3.ethos.org.br/cedoc/cop-22-os-resultados-da-primeira-cop-pos-paris/>. Acesso em: 05 dez. 2017.

FEIJÓ; RAMOS (Orgs.). **Contabilidade social: referência atualizada das contas nacionais do Brasil**. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FETHI, S.; RAHUMA, A. The impact of eco-innovation on CO2 emission reductions: Evidence from selected petroleum companies. **Structural Change and Economic Dynamics**, v. 53, p. 108–115, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.01.008>. Acesso em: 20 set. 2024.

FUCHSOVÁ, E. Environmental tax reform scenarios analysis. **E a M: Ekonomie a Management**, v. 16, n. 3, p. 47–56, 2013.

HALLER, H. et al. Climate neutrality through economic growth, digitalisation, eco-innovation and renewable energy in European countries. **Kybernetes**, Emerald Publishing, 2023. DOI 10.1108/K-09-2022-1254. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85145375334&doi=10.1108%2fk-09-2022-1254&partnerID=40&md5=d0d4c99f3a59b248482e95cae83845e>. Acesso em: 20 set. 2024.

IBGE. **Formação Bruta de Capital Fixo**. Notas Metodológicas, v. 1, 2020.

KHAN, A.; IDREES, A. S. Environmental impact of multidimensional eco-innovation adoption: an empirical evidence from European Union. **Journal of Environmental Economics and Policy**, 2023. DOI 10.1080/21606544.2023.2197626. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85152444599&doi=10.1080%2f21606544.2023.2197626&partnerID=40&md5=7e8b67b76a7bc0c7b0057ab37d6563b2>. Acesso em: 20 set. 2024.

KHAW, K. W. et al. Benchmarking electric power companies' sustainability and circular economy behaviors: using a hybrid PLS-SEM and MCDM approach. **Environment, Development and Sustainability**, 2023. DOI 10.1007/s10668-023-02975-x. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85147948998&doi=10.1007%2fs10668-023-02975-x&partnerID=40&md5=fcb394644034933acf1fb53e46cccc37>. Acesso em: 20 set. 2024.

KOELLER, P. et al. Ecoinovação: revisitando o conceito. In: **IV ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO**, ago. 2019, Campinas. Blucher Engineering Proceedings. Campinas: Editora Blucher, ago. 2019. p. 695–712. DOI 10.5151/iv-enei-2019-5.3-026. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/33173>. Acesso em: 12 ago. 2023.

- LOPES, L. M.; VASCONCELOS, M. A. S. D. **Manual de macroeconomia: básico e intermediário**. Atlas, 2000.
- LU, Y. Modelling the role of eco innovation, renewable energy, and environmental taxes in carbon emissions reduction in E-7 economies: Evidence from advance panel estimations. **Renewable Energy**, v. 190, p. 309–318, maio 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.119>. Acesso em: 20 set. 2024.
- MASIERO, É.; MENEGALDO, V.; TAVARES, S. G. Análise crítica dos planos municipais de adaptação e mitigação às mudanças climáticas. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 19, n. 4, 15 nov. 2023. DOI 10.17271/1980082719420234328. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/4328. Acesso em: 27 dez. 2024.
- MAVI, R. et al. Eco-innovation analysis of OECD countries with common weight analysis in data envelopment analysis. **Supply Chain Management - an International Journal**, v. 27, n. 2, p. 162–181, 17 fev. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2021-0038>. Acesso em: 20 set. 2024.
- MCTI - Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. **Atividades de Projetos de MDL Aprovados nos Termos da Resolução Nº1**. Brasília, 2014.
- MCTI - Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/mecanismo_de_desenvolvimento_limpo/Mecanismo_de_Desenvolvimento_Limpo.html. Acesso em: out. 2023.
- NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2016. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 10 jun. 2024.
- PADHAN, H.; GHOSH, S.; HAMMOUDEH, S. **Renewable energy, forest cover, export diversification, and ecological footprint: a machine learning application in moderating eco-innovations on agriculture in the BRICS-T economies**. Environmental Science and Pollution Research, 2023. DOI 10.1007/s11356-023-27973-4. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85162691745&doi=10.1007%2fs11356-023-27973-4&partnerID=40&md5=14b9bb17b9db5b629041a929874d0d38>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- PROTOCOLO DE QUIOTO. **Protocolo de Quioto**. 1997. Acesso em: 2 out. 2023.
- OECD; EUROSTAT. **Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation**, 4th Edition. OECD, 2018. (The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities). DOI 10.1787/9789264304604-en. Disponível em: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oslo-manual-2018_9789264304604-en. Acesso em: 12 ago. 2023.
- PADHAN, H.; GHOSH, S.; HAMMOUDEH, S. **Renewable energy, forest cover, export diversification, and ecological footprint: a machine learning application in moderating eco-innovations on agriculture in the BRICS-T economies**. Environmental Science and Pollution Research. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2023. DOI 10.1007/s11356-023-27973-4. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85162691745&doi=10.1007%2fs11356-023-27973-4&partnerID=40&md5=14b9bb17b9db5b629041a929874d0d38>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- PUERTAS, R.; MARTI, L. **Eco-innovation and determinants of GHG emissions in OECD countries**. Journal of Cleaner Production, v. 319, 15 out. 2021. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.128739. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128739>. Acesso em: 12 ago. 2023.
- SATURNINO NETO, A.; JABBOUR, C. J. C.; JABBOUR, A. B. L. S. **Green training supporting eco-innovation in three Brazilian companies: practices and levels of integration**. Industrial and Commercial Training, v. 46, n. 7, p. 387–392, 1 jan. 2014. DOI 10.1108/ICT-02-2014-0010. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/ICT-02-2014-0010>. Acesso em: 4 fev. 2024.
- SCOLARI, B. S.; STRAUHS, F. D. R. Contribuições da Geração Fotovoltaica no Alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 20, n. 2, 28 abr. 2024. DOI 10.17271/1980082720220244195. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/4195. Acesso em: 27 dez. 2024.

SEEG. **Análise das Emissões de Gases de Efeito Estufa: e suas implicações para as metas climáticas do Brasil**. Observatório do Clima, 2023. Acesso em: 4 fev. 2024.

SIERZCHULA, W.; BAKKER, S.; MAAT, K.; VAN WEE, B. **The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption**. Energy Policy, v. 68, p. 183–194, maio 2014. DOI 10.1016/j.enpol.2014.01.043. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.043>. Acesso em: 12 ago. 2023.

THAKKER, V.; BAKSHI, B. R. **Ranking Eco-Innovations to Enable a Sustainable Circular Economy with Net-Zero Emissions**. ACS Sustainable Chemistry and Engineering. American Chemical Society, 2023. DOI 10.1021/acssuschemeng.2c05732. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05732>. Acesso em: 12 ago. 2023.

VEUGELERS, R. **Which policy instruments to induce clean innovating?** Research Policy, v. 41, n. 10, p. 1770–1778, dez. 2012. DOI 10.1016/j.respol.2012.06.012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.06.012>. Acesso em: 12 ago. 2023.