

**ECOINOVAÇÃO NAS FRONTEIRAS DO CRESCIMENTO ECONÔMICO NO BRASIL**

Ana Cândida Ferreira Vieira - UFPB - Universidade Federal da Paraíba

Priscila Rezende Da Costa - UNINOVE – Universidade Nove de Julho

**Resumo**

Este artigo tem como objetivo apresentar a ecoinovação nas fronteiras do crescimento econômico do Brasil, medido seu impacto por meio do Produto Interno Bruto (PIB), Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) com reflexo na poluição (CO<sub>2</sub>equivalente) e remoção desses poluentes. A metodologia adotada neste estudo é qualitativa, baseada em análises descritivas e explicativas. A justificativa para a pesquisa reside na relevância do tema e na necessidade de reconhecer que a poluição não pode ser ignorada sem considerar os custos sociais associados ao bem-estar ambiental e social. Os resultados revelam uma complexa relação entre o crescimento do PIB, os investimentos em máquinas e equipamentos (FBCF) e a poluição. Conclui-se que a ecoinovação, em grande parte, permanece à margem das fronteiras do crescimento econômico. Isso se deve à diminuição dos investimentos em capital fixo, 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. Portanto, é imperativo que se adotem medidas eficazes para integrar a ecoinovação de forma mais significativa no desenvolvimento econômico, considerando a necessidade premente de abordar as questões ambientais e climáticas.

**Palavras-chave:** Ecoinovação, Crescimento econômico, Poluição, Remoção de gases de efeito estufa.

**Abstract**

This article aims to present eco-innovation at the frontiers of Brazil's economic growth, measuring its impact through Gross Domestic Product (GDP), Gross Fixed Capital Formation (GFCF) reflected in pollution (CO<sub>2</sub>equivalent) and removal of these pollutants. The methodology adopted in this study is qualitative, based on descriptive and explanatory analyses. The justification for the research lies in the relevance of the topic and the need to recognize that pollution cannot be ignored without considering the social costs associated with environmental and social well-being. The results reveal a complex relationship between GDP growth, investments in machinery and equipment (GFCF) and pollution. It is concluded that eco-innovation, for the most part, remains outside the frontiers of economic growth. This is due to the decrease in investments in fixed capital, the lack of Clean Development Mechanism (CDM) certification by companies and the lack of commitment by political authorities to combat the problem of global warming. Therefore, it is imperative to adopt effective measures to integrate eco-innovation more significantly into economic development, considering the pressing need to address environmental and climate issues.

**Keywords:** Eco-innovation, Economic growth, Pollution; Greenhouse gas removal

# ECOINOVAÇÃO NAS FRONTEIRAS DO CRESCIMENTO ECONÔMICO DO BRASIL

## 1 INTRODUÇÃO

Os países têm uma capacidade de promover o desenvolvimento econômico sustentável através da prática da ecoinovação (Khan & Idrees, 2023). A ecoinovação abrange um conjunto de inovações destinadas a atenuar os impactos ambientais adversos decorrentes das atividades humanas (Khaw et al., 2023) e agravados pelas atividades antropogênicas (Koeller et al., 2019). Historicamente, as fases da inovação, desde o tear mecânico até a era da internet e da telefonia móvel (Koeller et al., 2019), desempenharam um papel crucial no crescimento econômico de muitas nações, porém, nem sempre levaram em consideração as questões relacionadas ao aquecimento global, desmatamento e degradação ambiental (Mavi et al., 2022)

O aumento da temperatura, predominantemente atribuído à perturbação do ciclo do carbono e ao aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Haller et al., 2023), tem desencadeado mudanças climáticas significativas (Borowski, 2022). Essas situações exigem um aumento da conscientização sobre as mudanças climáticas e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), juntamente com a implementação de regulamentação mais rigorosas, exemplificada pelo Protocolo de Kyoto, que pressionou as empresas a integrarem a ecoinovação em suas operações, processos e estratégias de gestão (Fethi & Rahuma, 2020).

Nesse contexto, a pesquisa busca responder à seguinte pergunta: Como a ecoinovação se apresenta nas fronteiras do crescimento econômico no Brasil, com o propósito de mitigar a poluição das atividades econômicas?

Para alcançar os resultados, o artigo tem o objetivo de destacar a ecoinovação nas fronteiras do crescimento econômico do Brasil, por meio do Produto Interno Bruto (PIB), formação bruta de capital fixo, emissão e remoções da poluição (CO<sub>2</sub>), observando também as remoções de CO<sub>2</sub> por meio das empresas de certificação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL, do Brasil).

Justifica-se o estudo devido à relevância da temática e pelas mudanças tradicionais de gestão com inovação para ecoinovação, a fim de obter resultados sustentáveis tanto do ponto de vista econômico quanto social. Além disso, (Khan & Idrees, 2023), a poluição pode ser aceitável até certo nível socialmente eficiente, ou seja, desde que seja reciclada pela natureza. No entanto, torna-se problemático quando as empresas ignoram esses custos sociais e sem importar com o aumento significativo da poluição. Alguns estudos (Fethi & Rahuma, 2020) oferecem orientações sólidas para empresas que buscam cumprir as regulamentações governamentais e metas de desempenho.

Pela cautela com a temática, considerou-se a ecoinovação alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que possui o potencial de contribuição para o alcance das metas ambientais, além de minimizar as externalidades negativas através da mitigação da poluição (Khan & Idrees, 2023) e geração de bem-estar social. Além disso, a ecoinovação desempenha um papel fundamental na economia circular sustentável, conferindo vantagens competitivas no mercado (Thakker & Bakshi, 2023), promovendo, assim, um crescimento econômico sustentável.

Esta introdução estabelece a base para a estrutura subsequente do artigo, que inclui uma revisão bibliográfica detalhada sobre o conceito de ecoinovação por meio das discussões teóricas e políticas. Em seguida, a metodologia utilizada no estudo, delineando as etapas do processo de pesquisa. Posteriormente, destacamos a análise e discussão dos resultados obtidos. Finalmente, concluímos com reflexões finais e uma lista de referências para respaldar a pesquisa.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Ecoinovação e Políticas estratégicas para mitigar as emissões de gás carbônico.**

No Brasil, a adoção do modelo de Desenvolvimento Sustentável ganhou destaque durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAND-92), que ocorreu no Rio de Janeiro em 1992 e foi organizada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Este evento resultou em diversos documentos, entre os quais se destaca a Agenda 21 (Coutinho et. al, 2014). 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), que foi assinado na Rio-92. Esse comitê desempenhou um papel fundamental no amadurecimento das ideias que culminaram na formação do Protocolo de Kyoto (Protocolo de Quioto, 1997).

Diversas convenções foram realizadas, dentre elas, “O Protocolo de Quioto, o Acordo de Compenhague, e o Acordo de Paris ou o Pacto Verde Europeu, pelo qual a Europa pretende se tornar o primeiro continente com clima neutro, (Haller et al., 2023, p. 02), cujo propósito é (Koeller et al., 2019, p. 07) “estimular a recuperação econômica e promover a sustentabilidade na economia mundial, sendo o precursor de estratégia com economia verde”.

“O esverdeamento da economia” (Koeller et al., 2019), as mobilizações, conferências e discussões direcionadas para sanar a escassez de recursos naturais, mitigação de emissões de gases de efeito estufa, foram tomando direção para estratégia com soluções por meio da inovação com o desenvolvimento tecnológico sustentável, para alcançar uma produção verde (Koeller et al., 2019).

A produção verde se concentra em estratégias que utilizam tecnologias mais avançadas do que as tradicionais, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental. No entanto, para que essas tecnologias limpas sejam desenvolvidas e difundidas na escala apropriada, a intervenção política é necessária, mas não suficiente (Veugelers, 2012). Políticas de inovação por si só, não é suficiente e a sociedade se não for inovadora, torna o ambiente difícil para inovar. (Khan & Idrees, 2023).

As novas tecnologias limpas enfrentam a concorrência das tecnologias mais sujas e existentes (Veugelers, 2012), no sentido das particularidades em que as tecnologias são implementadas no processo produtivo, como apontado por (Koeller et al., 2019), a poluição ambiental é resultado não apenas do crescimento econômico, mas das alterações dos novos padrões tecnológicos que muitas vezes envolvem o uso de recursos energéticos e a emissão de poluentes.

Embora a ecoinovação seja conhecida por diversos termos, como inovação ambiental, inovação ecológica, inovação sustentável e inovação verde, todas essas abordagens visam a preservação de recursos naturais, minimizando resíduos e o uso de fontes de energias renováveis (Mavi et al., 2022). A ecoinovação, que incorpora a dimensão ambiental à inovação (Koeller, 2020), tornou-se uma estratégia fundamental para o desenvolvimento e crescimento sustentável, (Saturnino Neto et al., 2014) representando soluções intencionalmente projetadas para reduzir o impacto ambiental das atividades de produção, consumo e descarte, aproveitando oportunidades e benefícios relacionados às preocupações ambientais

### **2.2 Gestão ambiental e ecoinovação**

As empresas de negócios sustentáveis por meio da gestão buscam implementar da tecnologia convencional inovativa para ecoinovação. As ecoinovações diferem de outros novos produtos e serviços na medida em que proporcionam um impacto ambiental menor do que a

tecnologia convencional. O resgate dos diversos conceitos de inovação, com a dimensão ambiental, identifica diferentes formas relacionadas a inovação ambiental,ecoinovação, inovação verde ou inovação sustentável. A ecoinovação é definida como “técnicas, processos, práticas e produtos novos ou aprimorados para reduzir ou evitar problemas ambientais” (Khaw et al., 2023).

As empresas comprometidas com a sustentabilidade buscam fazer a transição da tecnologia convencional para a ecoinovação, um conceito que tem ganhado destaque (Sierzchula, et al, 2014). A ecoinovação se diferencia de outros produtos e serviços novos, pois seu objetivo principal é reduzir o impacto ambiental em comparação à tecnologia convencional (Koeller et al, 2020). A ecoinovação, em particular, é definida como a “introdução de técnicas, processos, práticas e produtos novos ou aprimorados que visam reduzir ou evitar problemas ambientais (Khan & Idrees, 2023).

As ecoinovações adotadas pela gestão ambiental se destacam por melhorar a privacidade social, a redução da poluição em vários níveis, por meio de produtos e processos, uso eficiente de materiais, energia e água (Khaw et al., 2023; Sierzchula et al., 2014). A promoção da ecoinovação de baixa carbono tornou-se uma tendência no mundo corporativo, com empresas que visam a mitigação das emissões de gases de efeito estufa, registrando-a como fundamental para o desenvolvimento sustentável com crescimento econômico (Saturnino Neto et al, 2014). Além disso, a gestão da sustentabilidade inclui atividades que visam medir, analisar e melhorar o desempenho econômico, social e ambiental (Khan & Idrees, 2023).

No entanto, adotar estratégias ambientais no nível empresarial requer compromissos de longo prazo, especialmente quando se trata de finanças e do retorno sobre o investimento em ecoinovação, que geralmente se manifesta a longo prazo (Fethi & Rahuma, 2020). Os investimentos em ecoinovação podem ser destinados, uma vez que os benefícios associados à redução da poluição nem sempre são refletidos no preço do produto final (Sierzchula et al., 2014). Por outro lado, conforme ressaltado por estudiosos (Khan & Idrees, 2023), a ecoinovação pode contribuir para a redução dos custos de produção e tem o potencial de transferir para o crescimento econômico, ao mesmo tempo que aborda questões como a diversidade da biodiversidade, a escassez de recursos e as mudanças climáticas.

O alto potencial de retorno sobre o investimento em ecoinovação atraem empresas, independente do seu capital disponível para investir, uma vez que a necessidade de mitigar os impactos ambientais se tornou uma prioridade (Khan & Idrees, 2023). Muitas empresas têm se adaptado para priorizar a ecoinovação em seus sistemas sociais (Khaw et al., 2023). Além disso, as expectativas futuras incluem a influência dos preços e regulamentações relacionadas ao carbono, que podem se tornar fatores-chave no estímulo à pesquisa, desenvolvimento e adoção de tecnologias limpas pelo setor privado (Veugelers, 2012).

A gestão eficaz dos investimentos em ecoinovação das empresas é essencial para os setores produtivos da economia e no mercado, uma vez que o risco se torna fundamental para manter a competitividade, e os resultados almejados devem abranger valores econômicos, sociais e ambientalmente sustentáveis. A capacidade das empresas de planejar e implementar uma estratégia ambiental sustentável é crucial para obter um melhor desempenho ambiental e para promover a incorporação efetiva da ecoinovação em suas práticas de negócio (Fethi & Rahuma, 2020).

Além disso, é importante destacar que os efeitos da ecoinovação, ou inovação ambiental, podem variar consideravelmente de acordo com o estágio de desenvolvimento do país (Haller et al., 2023), sendo mais comuns e impactantes em nações mais desenvolvidas, onde as empresas têm maior capacidade de investir em práticas sustentáveis.

### 3 METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem qualitativa, fazendo uso de dados provenientes de relatório 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, como 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 & Eurostat, 2018). Esse manual considera os investimentos em bens de capital como uma das métrica relevante 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), parte dos dados da FBCF está relacionada aos investimentos em máquinas e equipamentos, constituindo, desse modo, os investimentos em bens de capital na economia.

O Produto Interno Bruto (PIB), uma medida amplamente utilizada na contabilidade social ou nacional e na macroeconomia, é calculado através da seguinte fórmula (Feijó, C. A. & Ramos, R.L.O., 2017; Lopes & Vasconcelos, 2000):

fórmula (1)

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

Onde:

C = Consumo total

I = Investimento

G = Governo

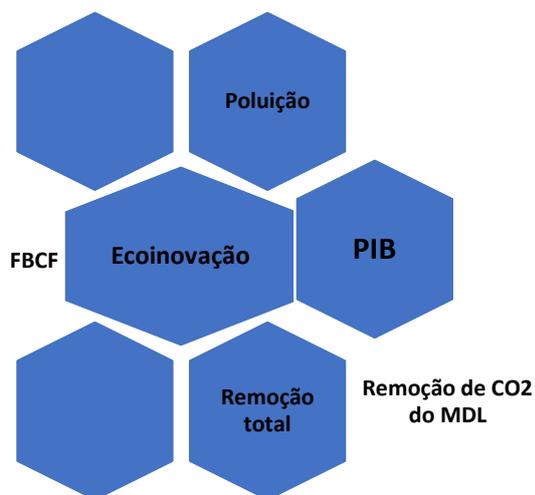
M = Importação

X = Exportação

Como o propósito é utilizar o investimento que compõe a soma do PIB, esse investimento (I) corresponde as empresas que compram bens de investimento para aumentar seu volume de capital e para substituir o capital existente à medida, utilizado no estudo como reflexo da inovação.

No contexto deste estudo, o foco recai sobre o investimento (I), o que corresponde às empresas que adquirem bens de investimento com o intuito de expandir seu volume de capital e substituir o capital já existente à medida que este se desgasta (Lopes & Vasconcelos, 2000). Dessa forma, o investimento foi selecionado como um indicador reflexo das atividades de inovação. No processo de levantamento dos dados, foram consideradas as informações representadas na figura 1:

**Figura 1:**  
Dados levantados do estudo no Brasil



Definição dos dados levantados	Descrição
Produto Interno Bruto (PIB)	Corresponde a soma das atividades econômicas, do crescimento econômico, de um país ou região em um determinado período. (Feijó, C. A. & Ramos, R.L.O., 2017). Neste estudo, os dados foram extraídos do IBGE de 2008 até 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 (Feijó, C. A. & Ramos, R.L.O., 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 até 2020. Não estão disponíveis de 2021 e 2022.
Poluição (CO <sub>2</sub> e(t))	Advém das categorias das atividades econômicas destacadas pelo SEEG (2023) de processos industriais, resíduos, energia, agropecuária e mudança de uso da Terra em CO <sub>2</sub> 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 até 2021, não disponibilizando de 2022.
Remoção (CO <sub>2</sub> e(t))	Remoção de CO <sub>2</sub> e(t) GWP-Ar5 disponível no Brasil, pelo SEEG, consta apenas de mudança de uso da Terra de 2008 até 2021, limitando o estudo e análise do artigo por não constar os demais setores da atividade produtiva.
Empresas Certificada de remoção (CO <sub>2</sub> e(t)) no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)	No Brasil os dados foram obtidos através de Relatório de <i>Status</i> do MDL do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC), disponíveis de 2008 até 2017. A ausência de dados deve-se a 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: Elaborado pelas autoras, com base no IBGE, SEEG e MCTIC, 2023.

Os dados extraídos das fontes mencionadas vão retratar o desempenho, a relação das atividades do crescimento econômico, máquinas e equipamentos pela FBCF, como informação para compreender a inovação eecoinovação no processo de produção das empresas no Brasil. Observando a poluição, e as remoções de mudança de uso da Terra e das empresas de certificação do MDL no Brasil.

Os dados obtidos das fontes mencionadas foram coletados com o objetivo de analisar aecoinovação nas fronteiras do crescimento econômico por meio da relação entre o crescimento econômico e o uso de máquinas e equipamentos, conforme indicado pela Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF). Isso fornece *insights* para a compreensão dos processos de inovação eecoinovação nas atividades de produção das empresas brasileiras. Além disso, a coleta de dados inclui a observação sobre emissões de poluição (CO2et) de mudanças no uso da terra e a participação de empresas certificadas pelo Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil.

A coleta e organização dos dados permitiram a criação de um banco de dados estruturado, a elaboração de gráficos informativos e a realização de análises estatísticas descritivas, visando alcançar os objetivos deste estudo.

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 (2)

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

A análise dos dados permitiu estabelecer a relação necessária para calcular o impacto da poluição em termos de Produto Interno Bruto (PIB) em valores reais (R\$), utilizando a seguinte fórmula:

fórmula (3)

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

Onde:

VP = Valores (R\$) da poluição por toneladas;

As fórmulas 2 e 3 permitiram obter valores de custos e benefícios associados à falta de adoção deecoinovação no contexto brasileiro.

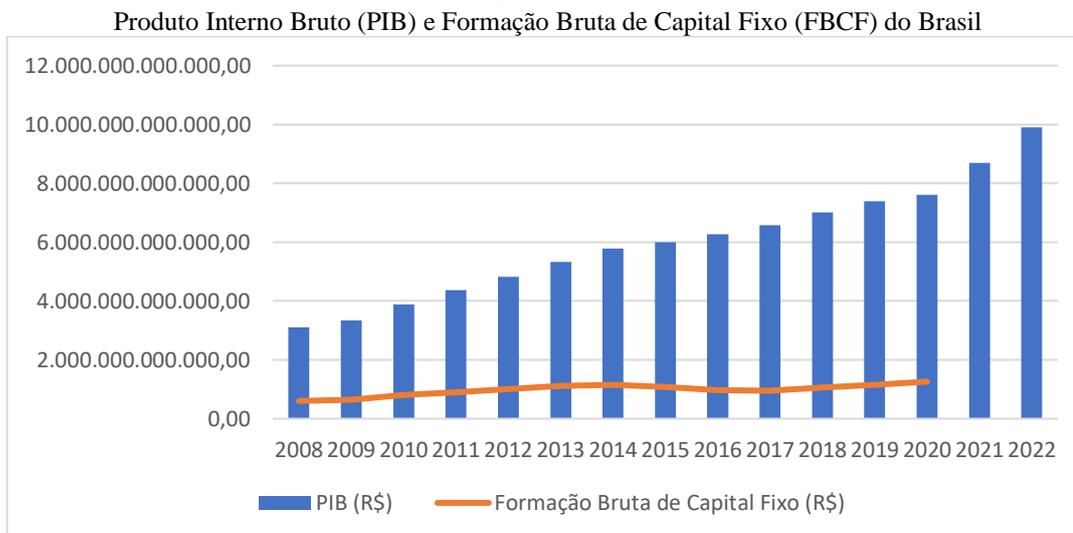
#### 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este estudo tem como objetivo evidenciar a interação daecoinovação com o crescimento econômico no contexto brasileiro, considerando variáveis como o PIB, a poluição 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.

No Gráfico 1, apresenta-se a participação da FBCF no PIB brasileiro durante o período de 2008 a 2020, além da evolução do PIB até o ano de 2022. Uma análise revela o crescimento

contínuo do PIB ao longo dos anos considerados, juntamente 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.

**Gráfico 1:**



Fonte: Elaborado pelas autoras, com base nos dados do IBGE (2023)

No Gráfico 1, é possível observar a relação da FBCF com o PIB nos períodos analisados. Notavelmente, o ano de 2013 se destaca registrando uma contribuição significativa de 20,9% da FBCF em relação ao PIB. A partir desse ponto, essa participação começa a declinar, atingindo 15,5% em 2019. No entanto, em 2020 houve um pequeno aumento de nível para 16,6%. Infelizmente, os dados relativos a 2021 e 2022 não estavam disponíveis no momento da coleta para serem analisados.

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 & Eurostat, 2018; Thakker & Bakshi, 2023).

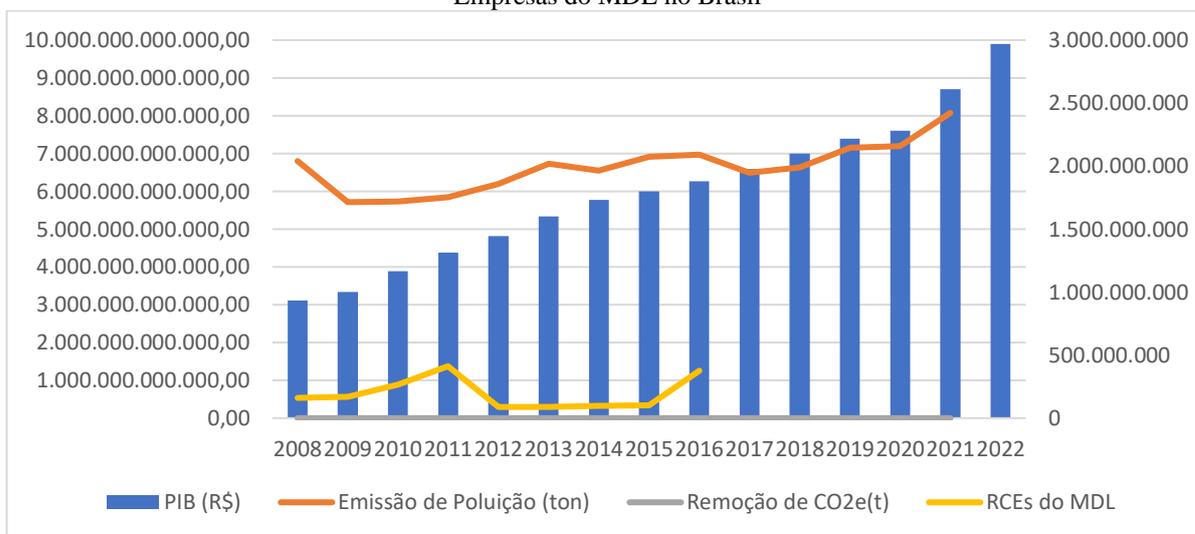
Essas máquinas e equipamentos adotados no setor de produção da economia brasileira também podem ser considerados como tecnologias de inovação, que desempenham um papel motivador para implantação de mudanças em produtos ou processos, sendo novos ou aprimorados, e diferenciando os métodos anteriores da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

No Gráfico 2, apresenta um panorama que abrange o período de 2008 a 2021. Ele ilustra o PIB, e a emissões de CO<sub>2</sub>e(t) GWP-Ar5 resultantes das atividades de processos industriais, resíduos, energia, agropecuária e mudanças no uso da terra, além das reduções nas emissões de carbono, apenas, do setor de mudanças no uso da terra, conforme fornecido pelo Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) de 2023. Também são exibidas as reduções de emissões provenientes de empresas com certificação de redução do MDL no Brasil, até o ano de 2016.

**Gráfico 2:**

Produto Interno Bruto, Emissão de Poluição, Remoção de CO<sub>2</sub>e(t) e Remoção de Certificado de Emissão de Empresas do MDL no Brasil



Fonte: Elaborado pelas autoras, com base nos dados do IBGE (2023), SEEG (2023) e Relatório de *Status* do MDL do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC)

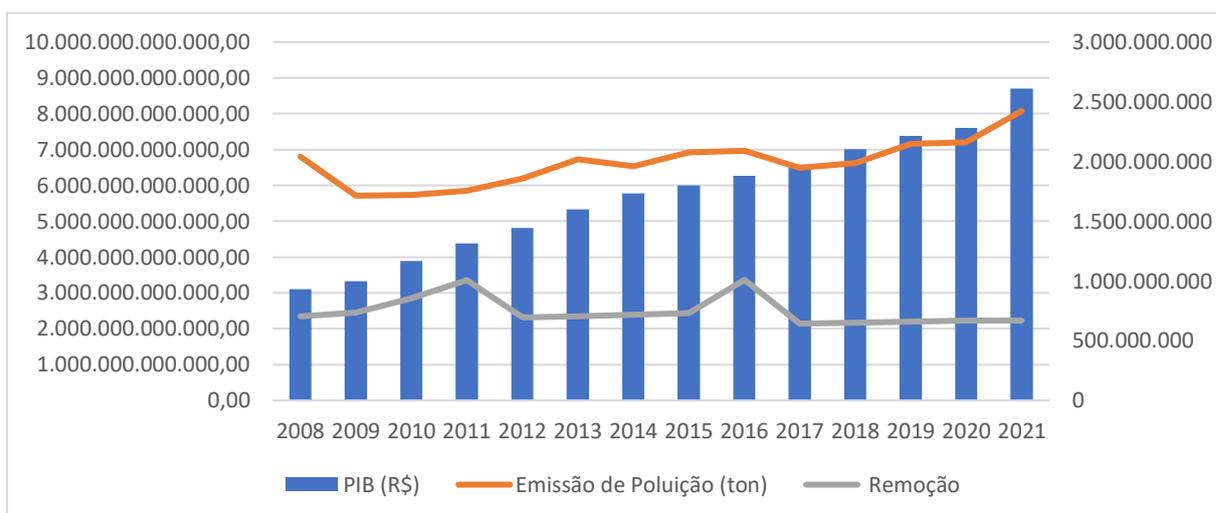
Percebe-se no gráfico 2 que à medida que o PIB aumenta a poluição apresentou redução a partir de 2018 até 2021, anos anteriores a poluição concentrava acima da produção econômica do Brasil, ressaltando que o Protocolo de Kyoto surge em 1997, estabelecendo entre países desenvolvidos e em desenvolvimento o compromisso de reduzir as suas emissões de gases em 5,2%, tendo como base os níveis de emissão do ano de 1990 (Protocolo de Quioto, 1997), para o período de 2008 até 2012. Conforme descrição do gráfico 2, o Brasil mostra reações a partir de 2017, com a participação da FBCF em relação ao PIB crescendo em 2013, sendo o mais considerável com 20,9% e oscila até 2017 com uma contribuição dos investimentos em 14,6% em relação ao PIB, conforme gráfico 1.

No que diz respeito às remoções de CO<sub>2</sub>e em toneladas, que refletem a poluição, estas são quase imperceptíveis em comparação com as emissões de CO<sub>2</sub>e em toneladas, uma vez que se referem apenas à mudança no uso da Terra, sem registro dos demais setores. Por outro lado, as remoções provenientes das empresas com certificação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) mostram uma contribuição mais expressiva. Elas atingiram um pico de 421.197.677 toneladas de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, poluição, que desempenham um papel fundamental na mitigação dos gases de efeito estufa.

O Gráfico 3 ilustra o cenário que abrange o somatório das remoções provenientes da mudança no uso da Terra e das remoções de empresas certificadas pelo MDL. Esse gráfico revela um comportamento da linha que se destaca, destacando a inter-relação entre as remoções, a poluição e o PIB

**Gráfico 3**

Produção Interna Bruta (PIB), Emissão de poluição e Remoção total de poluição no Brasil



Fonte: Elaborado pelas autoras, 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 (CO<sub>2</sub>) 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, 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 relacionar o crescimento econômico com a quantidade de poluição emitida, podemos calcular o custo da poluição por toneladas, conforme apresentado na Tabela 1. Vale ressaltar que os valores aos danos à saúde humana vão além dos valores que são apresentados e estes não estão incluso nos resultados apresentados, apenas os setores produtivos da economia.

**Tabela 1:**

Custo da Poluição (CO<sub>2</sub>e) 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: Elaborado pelas autoras, com base nos dados disponíveis do IBGE (2023).

Ao analisar os gráficos que representam a evolução do crescimento econômico ao longo do tempo e a tendência correspondente da poluição, conforme demonstrado nos Gráficos 1 e 2, fica evidente na Tabela 1 o aumento progressivo do custo da poluição em termos de valores monetários mensurados pelo PIB. Em 2021, o custo da poluição atmosférica aquecida a 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. No entanto, esta informação fornece uma noção de como as autoridades políticas podem estabelecer valores para punir empresas que emitem poluição em grande escala.

É relevante ressaltar que, à medida que as mudanças tecnológicas são inovadoras por meio daecoinovação, 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 daecoinovação (Khan & Idrees, 2023). Avaliar aecoinovação 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)

Muitas empresas estão comprometidas com o desenvolvimento sustentável, fazendo esforços significativos para adotar e implementar inovações ambientais, como aecoinovação. Os governos também pretendem apoiar e incentivar aecoinovação em prol da sustentabilidade ambiental e econômica (Khan & Idrees, 2023).

## **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 daecoinovação 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 Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), devido ao que foi observado nos gráficos 2 e 3.

Os dados apresentados revelam uma relação sutil entre crescimento econômico, medido pelo Produto Interno Bruto (PIB), e a pegada de carbono, refletida pela emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que reflete a poluição. Embora o PIB tenha aumentado, a participação da Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF) cresceu em uma proporção menor, registrando um aumento de 12,6% na poluição, de 2.165.003 toneladas de CO<sub>2</sub> em 2020 para 2.422.625.065 toneladas em 2021. Além disso, entre 2019 e 2010, houve um aumento menor de 0,58% na poluição (CO<sub>2</sub>e em toneladas).

Esse número destacam a necessidade urgente de sensibilizar a população e os setores produtivos para a importância da mitigação da poluição no Brasil. Aecoinovação 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.

Os gráficos também revelam com a tabela 1 que o custo crescente da poluição em termos de moeda real (R\$) em 2021 chegou a atingir R\$3.591,15 por toneladas. Embora esse valor possa parecer insignificante à primeira vista, não reflete de forma adequada os danos causados à saúde, ao bem-estar social e ao meio ambiente. No entanto, esta discussão serve como um indicativo importante de como as autoridades políticas podem considerar a aplicação de

prejuízos financeiros às empresas que emitem poluição em grande escala por tonelada e uma externalidade negativa ambiental que pode ser punida pelas autoridades governamentais.

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 gerações futuras.

Como uma orientação para estudos futuros, é fundamental expandir a coleta de dados relacionados à redução das emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil. Além disso, é essencial observar de forma mais detalhada as estratégias adotadas pelas empresas na implementação daecoinovação. Essas investigações adicionais permitirão uma compreensão mais profunda das tendências e práticas em relação à redução de emissão de gases de efeito estufa no contexto brasileiro. Além disso, ao analisar as estratégias das empresas, será possível identificar as abordagens mais eficazes e os desafios enfrentados na adoção da ecoinovação.

Dessa forma, podemos aprimorar as políticas e iniciativas externas para a sustentabilidade e a mitigação das mudanças climáticas no Brasil, contribuindo para um futuro mais abundantemente responsável e socialmente equitativo.

## 6 REFERÊNCIAS

- Borowski, P. F. (2022). Management of Energy Enterprises in Zero-Emission Conditions: Bamboo as an Innovative Biomass for the Production of Green Energy by Power Plants. *Energies*, 15(5). Scopus. <https://doi.org/10.3390/en15051928>
- Feijó, C. A. & Ramos, R.L.O. (Orgs.). (2017). *Contabilidade social: Referência atualizada das contas nacionais do Brasil* (5ed ed). Elsevier.
- Fethi, S., & Rahuma, A. (2020). The impact of eco-innovation on CO<sub>2</sub> emission reductions: Evidence from selected petroleum companies. *Structural Change and Economic Dynamics*, 53, 108–115. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.01.008>
- Haller, A.-P., Ștefănică, M., Butnaru, G. I., & Butnaru, R. C. (2023). Climate neutrality through economic growth, digitalisation, eco-innovation and renewable energy in European countries. *Kybernetes, ahead-of-print*(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/K-09-2022-1254>
- IBGE. (2020). Formação Bruta de Capital Fixo. *Notas Metodológicas*, 1.
- IBGE Cidades. (2023) Panorama economia. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em 10 de outubro de 2023
- Khan, A., & Idrees, A. S. (2023). Environmental impact of multidimensional eco-innovation adoption: An empirical evidence from European Union. *Journal of Environmental Economics and Policy*. Scopus. <https://doi.org/10.1080/21606544.2023.2197626>

- Khaw, K. W., Camilleri, M., Tiberius, V., Alnoor, A., & Zaidan, A. S. (2023). Benchmarking electric power companies' sustainability and circular economy behaviors: Using a hybrid PLS-SEM and MCDM approach. *Environment, Development and Sustainability*. Scopus. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-02975-x>
- Koeller, P., Miranda, P., Lustosa, M. C., & Podcameni, G. (2019). Eco-inovação: Revisitando o conceito. *Blucher Engineering Proceedings*, 695–712. <https://doi.org/10.5151/iv-enei-2019-5.3-026>
- Lopes, L. M., & Vasconcelos, M. A. S. D. (2000). *Manual De Macroeconomia: Basico E Intermediario*. Atlas.
- Mavi, R., Mavi, N., Saen, R., & Goh, M. (2022). Eco-innovation analysis of OECD countries with common weight analysis in data envelopment analysis. *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT-AN INTERNATIONAL JOURNAL*, 27(2), 162–181. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2021-0038>
- MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. (2023). *Suspensão do recebimento de solicitação de emissão de cartas de aprovação para projetos MDL a partir de 29 de novembro de 2021*. Disponível em: [https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/mecanismo\\_de\\_desenvolvimento\\_limpo/Mecanismo\\_de\\_Developmento\\_Limpo.html](https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/mecanismo_de_desenvolvimento_limpo/Mecanismo_de_Developmento_Limpo.html). Acesso em 05 de outubro de 2023
- MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (2019). *Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo*. 2007. Disponível em: <[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status\\_md1/status-projetos-mdl131107.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md1/status-projetos-mdl131107.pdf)>. Acesso em: 07 de março de 2019
- MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. (2019). *Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo*. 2008. Disponível em: <[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status\\_md1/Status\\_MD1\\_Port300908.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md1/Status_MD1_Port300908.pdf)>. Acesso em: 07 de março de 2019.
- MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. (2019). *Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo*. 2009. Disponível em: <[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status\\_md1/STATUS-MDL-Port-041109.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md1/STATUS-MDL-Port-041109.pdf)>. Acesso em: 07 de março de 2019.
- MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. (2019). *Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)*

*no Brasil e no mundo*. 2010. Disponível em:  
<[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status\\_md/STATUS-MDL-Port-010510.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md/STATUS-MDL-Port-010510.pdf)>. Acesso em: 07 de março de 2019.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. (2019). *Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo*. 2011. Disponível em:  
<[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status\\_md/STATUS-MDL-Port-300611.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md/STATUS-MDL-Port-300611.pdf)>. Acesso em: 07 de março de 2019.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. (2019). *Status dos projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo – 1º Período de compromisso do Protocolo de Quioto (2008-2012)*. 2012. Disponível em:  
<[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status\\_md/Status\\_MDL-1periodoKP.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md/Status_MDL-1periodoKP.pdf)>. Acesso em: 07 de março de 2019.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. (2019). *Status dos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil*. 2013. Disponível em:  
<[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status\\_md/Status\\_MDL-Dezembro\\_2013.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md/Status_MDL-Dezembro_2013.pdf)>. Acesso em: 08 de março de 2019.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. (2019). *Status dos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil*. 2014. Disponível em:  
<[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status\\_md/Status\\_MDL-Nov\\_2014.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md/Status_MDL-Nov_2014.pdf)>. Acesso em: 08 de março de 2019.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. (2019). *Status dos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil*. 2015. Disponível em:  
<[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status\\_md/Status-MDL-marco-2015.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md/Status-MDL-marco-2015.pdf)>. Acesso em: 08 de março de 2019.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação. (2019). *Status dos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil*. 2016. Disponível em:  
<[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status\\_md/Status-janeiro-2016.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md/Status-janeiro-2016.pdf)>. Acesso em: 08 de março de 2019.

OECD & Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition*. OECD.  
<https://doi.org/10.1787/9789264304604-em>

Protocolo de Quioto. (1997). *Protocolo de Quioto* (p. <[www.mctic.gov.br](http://www.mctic.gov.br)>).

Saturnino Neto, A., José Chiappetta Jabbour, C., & Beatriz Lopes de Sousa Jabbour, A. (2014). Green training supporting eco-innovation in three Brazilian companies: Practices and levels of integration. *Industrial and Commercial Training*, 46(7), 387–392. <https://doi.org/10.1108/ICT-02-2014-0010>

Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., & Van Wee, B. (2014). The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy*, 68, 183–194. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.043>

Sistema de Estimativas de Emissão de Gases - SEEG.(2023). Emissões Totais (1990 – 2017). In: [http://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission](http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission). Acesso em: 01 de outubro de 2023.

Thakker, V., & Bakshi, B. R. (2023). Ranking Eco-Innovations to Enable a Sustainable Circular Economy with Net-Zero Emissions. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 11(4), 1363–1374. Scopus. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05732>

Veugelers, R. (2012). Which policy instruments to induce clean innovating? *Research Policy*, 41(10), 1770–1778. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.06.012>