



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**



FREDERICO HENRIQUE SILVA SERPA

**Emissões dos gases de efeito estufa (GEE) sob um olhar econométrico:
um estudo das interações entre variáveis macroeconômicas e ambiental nas
emissões, em especial do dióxido de carbono (CO₂), entre os anos 2003 a
2024**

MARIANA

2026

Frederico Henrique Silva Serpa

**Emissões dos gases de efeito estufa (GEE) sob um olhar econométrico:
um estudo das interações entre variáveis macroeconômicas e ambiental nas
emissões, em especial do dióxido de carbono (CO₂), entre os anos 2003 a
2024**

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Ouro Preto, no Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Áreas de concentração: Macroeconomia.

Orientador: Prof. Dr. Luccas Assis Attilio

MARIANA

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S486e Serpa, Frederico Henrique Silva.

Emissões dos gases de efeito estufa (GEE) sob um olhar econométrico [manuscrito]: um estudo das interações entre variáveis macroeconômicas e ambiental nas emissões, em especial do dióxido de carbono (CO₂), entre os anos 2003 a 2024. / Frederico Henrique Silva Serpa. - 2026.

77 f.: il.: gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Luccas Assis Attílio.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Graduação em Ciências Econômicas .

1. Dióxido de carbono atmosférico. 2. Econometria. 3. Macroeconomia. I. Attílio, Luccas Assis. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 330.43

Bibliotecário(a) Responsável: Essevalter de Sousa - CRB6/1407



FOLHA DE APROVAÇÃO

Frederico Henrique Silva Serpa

Emissões dos gases de efeito estufa (GEE) sob um olhar econométrico:
Um estudo das interações entre variáveis macroeconômicas e ambiental nas emissões, em especial
do dióxido de carbono (CO₂), entre os anos 2003 a 2024

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal
de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Economia

Aprovada em 29 de janeiro de 2026

Membros da banca

Prof. Dr. Lucas Assis Atílio (Orientador) - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dra. Rosângela Aparecida Soares Fernandes - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Francisco Horácio - Universidade Federal de Ouro Preto

Lucas Assis Atílio, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de
Curso da UFOP em 12/02/2026



Documento assinado eletronicamente por **Lucas Assis Atílio, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/02/2026, às 15:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1059505** e o código CRC **9D7B9D2C**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde e perseverança ao longo desta jornada acadêmica.

Aos meus pais, Humberto Marque Serpa (*In memoriam*) e Ana Beatriz, pelo amor, apoio, esforço e incentivo constante em minha formação cívica e educacional.

Ao meu irmão, Bruno Serpa, por ser exemplo e inspiração, tanto como economista quanto filósofo.

Ao meu orientador, Luccas Assis Atílio, pela atenção, dedicação e paciência na orientação deste trabalho, às suas aulas ministradas e pela iniciação científica da qual derivou grande parte desta pesquisa.

Aos professores do Instituto de Ciências Sociais Aplicadas (ICSA), pelas aulas e disciplinas que me permitiram chegar ao fim deste ciclo acadêmico.

À Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), por meio de seus servidores e estagiários, os quais sempre com um tratamento dedicado e respeitoso, possibilitaram meu acesso às bibliotecas e aos laboratórios de informática, constantemente utilizados para a realização desta pesquisa.

Agradeço a Jessica Mazioli, pelo apoio, escuta e incentivo diário, que foram fundamentais, ao longo desse processo.

Aos meus amigos que com paciência e cuidado, apoiaram significativamente durante esta trajetória (Alex Moura, Felipe Fernandes, Glaucio Gonçalves, Josias Junio, Maria Clara Rarez, Milena Santos e aos amigos das Repúblicas Ventania e Lem Kaza).

RESUMO

As emissões de dióxido de carbono (CO_2) e dos demais gases de efeito estufa (GEE) foram ao longo dos anos relacionadas às atividades econômicas e associadas as ações antrópicas. Essa relação protagonizou debates globais sobre o clima. Assim, diversas conferências internacionais foram realizadas objetivando mitigar os impactos ambientais, relacionados ao crescimento econômico. Destacam-se a Conferência de Estocolmo, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática, as Conferência das Partes (COPs) e documentos como o Protocolo de Quioto, Acordo de Paris, dentre outros. O Brasil ocupa posição estratégica na agenda climática internacional, dada sua relevância econômica e participação como emissor de CO_2 associado ao desmatamento. Nisto, este trabalho analisa a partir da seleção das variáveis: Índice de preços ao consumidor (IPC); Produção Agropecuária; Preço da soja; Taxa Selic; Taxa de Câmbio e desmatamento da Floresta Amazônica, as interações e a relação com as emissões de CO_2 no Brasil no período entre 2003 e 2024. Para isso, utilizou-se um modelo de Vetores Autorregressivos (VAR), aplicando testes de raiz unitária, ordenamento de Cholesky, causalidade de Granger, funções impulso-resposta e decomposição da variância. Os resultados indicam que no curto prazo, as variáveis macroeconômicas exercem influência nas emissões, não se sustentando no longo prazo. Reforçando a necessidade de políticas públicas integradas, combinando desenvolvimento econômico com sustentabilidade.

.

Palavras chave: Crescimento Econômico, Econometria, Emissão de CO_2 , Energias Renováveis, Função Impulso Resposta, Macroeconomia aplicada, Matriz Energética, Modelo VAR, Políticas Públicas, Variáveis.

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) emissions and other greenhouse gases (GHG) have, over the years, been associated with economic activities and anthropogenic actions. This relationship has played a central role in global climate debates. Consequently, several international conferences have been held with the objective of mitigating environmental impacts related to economic growth, including the Stockholm Conference, the United Nations Framework Convention on Climate Change, the Conferences of the Parties (COPs), and agreements such as the Kyoto Protocol and the Paris Agreement, among others. Brazil occupies a strategic position in the international climate agenda due to its economic relevance and its participation as a CO₂ emitter associated with deforestation. In this context, this study analyzes, based on the selection of variables such as the Consumer Price Index (CPI), agricultural production, soybean prices, the Selic interest rate, the exchange rate, and deforestation in the Amazon Forest, the interactions and their relationship with CO₂ emissions in Brazil from 2003 to 2024. To this end, a Vector Autoregressive (VAR) model is employed, applying unit root tests, Cholesky ordering, Granger causality tests, impulse response functions, and variance decomposition. The results indicate that, in the short run, macroeconomic variables influence emissions, but this effect does not persist in the long run, reinforcing the need for integrated public policies that combine economic development with sustainability.

Keywords: Applied macroeconomics, CO₂ Emissions, Economic Growth, Econometrics, Energy Matrix, Impulse, Response Function, Public Policies, Renewable Energy, VAR Model, Variables.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Participação das fontes de energia renováveis e relação com a oferta de energia;
- Figura 2 – Emissões líquidas de CO₂ por setor no Brasil (1990–2024);
- Figura 3 – Participação percentual das emissões líquidas de CO₂ por setor no Brasil (2022);
- Figura 4 – Produção agropecuária dessazonalizada e em primeira diferença;
- Figura 5 – Índice de preços ao consumidor dessazonalizado e em primeira diferença;
- Figura 6 – Taxa de Câmbio em primeira diferença;
- Figura 7 – Desmatamento da Amazônia dessazonalizada;
- Figura 6 – Taxa Selic em primeira diferença;
- Figura 9 – Preço da Soja dessazonalizada e em primeira diferença;
- Figura 10 – Resposta ao Impulso com ordenamento de Cholesky

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Eventos climáticos

Tabela 2 – Síntese dos estudos empíricos.

Tabela 3 – Identificação, definição sintetizada e fontes das variáveis utilizadas na pesquisa

Tabela 4 – Descrição das variáveis

Tabela 5 – Teste VAR – Modelo Akaike (AIC)

Tabela 6 – Teste de Raiz Unitária “ADF”

Tabela 7 – Teste de Causalidade de Granger

Tabela 8 – Decomposição da Variância

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AIE – Agência Internacional de Energia

AR6 – Sixth Assessment Report (Sexto Relatório de Avaliação)

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CH₄ – Metano

CNUMAD – Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento

CO₂ – Dióxido de Carbono

COP – Conference of the Parties (Conferência das Partes)

CPI – Consumer Price Index (Índice de preços ao consumidor)

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FNMC – Fundo Nacional sobre Mudanças do Clima

GEE – Gases de Efeito Estufa

HFCs – Hidrofluorcarbonetos

INDC – Intended Nationally Determined Contribution (Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida)

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IPPU – Processos Industriais e Uso de Produtos

LULUCF – Land Use, Land-Use Change and Forestry (Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Floresta)

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MME – Ministério de Minas e Energia

MMA – Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

MtCO₂eq – Megatoneladas de Dióxido de Carbono Equivalente

N₂O – Óxido Nitroso

OCDE – Organização para Cooperação e o Desenvolvimento Econômico

ONU – Organização das Nações Unidas

PFCs – Perfluorcarbonetos

PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima

PRCD – Princípio de Responsabilidade Comum, porém diferenciada

SF₆ – Hexafluoreto de Enxofre

SIRENE – Sistema de Registro Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
2 – REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1 – PANORAMA HISTÓRICO DOS RESULTADOS DAS PRINCIPAIS CONFERÊNCIAS	9
2.2 – O PAPEL DO BRASIL NAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)	17
2.3 – EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS: VARIÁVEIS ECONÔMICAS E EMISSÕES DE CO ₂	20
3 – APRESENTAÇÃO DOS DADOS.....	26
4 – VETOR AUTOREGRESSIVO (VAR).....	37
4.1 – TESTE DE RAIZ UNITÁRIA	39
4.2 – CAUSALIDADE E TESTE DE CAUSALIDADE DE GRANGER	41
4.3 – FUNÇÃO IMPULSO RESPOSTA	45
4.4 – DECOMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA.....	48
4.5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	49
CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

INTRODUÇÃO

O crescimento econômico das nações capitalistas tem sido estudado e referenciado em diversas conferências e reuniões, nacionais e internacionais, principalmente em sua relação com o aumento das emissões de gases do efeito estufa (GEE), oriundos da utilização desordenada de fontes de energia renováveis e não renováveis. Tendo em vista que o crescimento econômico no processo de desenvolvimento das nações alicerçou-se no uso intensivo dos combustíveis fósseis, sendo eles considerados os principais motores das emissões de CO₂ (Souza e Corazza, 2017).

Os eventos relacionados às questões ambientais possuem lugar de destaque em debates políticos e econômicos, os quais perpassam desde a Conferência de Estocolmo, realizada na Suécia entre 5 e 16 de junho de 1972, a qual foi considerada a primeira grande conferência internacional organizada pela ONU, reunindo 113 países com foco nas discussões ambientais e a preservação do meio ambiente (De Godoy e Pamplona, 2007).

Passando pela Rio-92, ou Eco-92, oficialmente denominada Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), o evento ocorreu entre 3 a 14 de junho de 1992, na capital fluminense, e representou um avanço significativo na conscientização ambiental. A conferência contou com a participação de cerca de 175 países, buscando definir medidas ao enfrentamento dos problemas crescentes relacionados ao desenvolvimento econômico e às emissões de gases causadores do efeito estufa. Ressaltaram que os países desenvolvidos seriam os principais responsáveis aos impactos ambientais, bem como a necessidade de que as nações em desenvolvimento recebessem investimentos financeiros por parte dos países desenvolvidos para o aprimoramento de suas capacidades de progresso econômico mais sustentável (Barreto, 2009).

Em 1995, ocorreu a primeira Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP UNFCCC), na cidade de Berlim, na Alemanha. Essa conferência realiza-se desde então todos os anos, adotando a abreviação COP, seguindo do número de sua edição. A trigésima conferência, denominada COP30, mais recente, foi realizada entre 10 a 21 de novembro de 2025, na cidade de Belém do Pará, no Brasil (UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*, 2025).

Já em 1997 destaca-se a assinatura do Protocolo de Quioto, o qual após ratificação, entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005. Um tratado internacional que tinha como

compromisso a redução nas emissões dos gases causadores do efeito estufa (GEE) (De Godoy e Pamplona, 2007).

Em âmbito nacional, como um dos fatos históricos relevantes, o Brasil apresentou o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) no Palácio do Planalto, em 1º de dezembro de 2008. O Plano teve como foco o desenvolvimento ou aprimoramento de ações voltadas à mitigação dos gases de efeito estufa (GEE) no país, ainda tendo como meta a criação de condições para lidar com os impactos das mudanças climáticas¹ globais.

O PNMC foi estruturado em cinco eixos: 1) Oportunidades de mitigação; 2) Impactos; 3) Vulnerabilidade e adaptação; 4) Pesquisa e desenvolvimento e 5) Educação, capacitação e comunicação (Brasil, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima - MMA, 2008). Essa estruturação permite que o país avalie as questões climáticas e, por meio de estudos, indique quais estratégias possíveis para o alcance da meta.

Em 2009, o Brasil instituiu, por meio da Lei nº 12.114/2009, sancionada pelo Congresso Nacional em dezembro daquele ano, o Fundo Nacional sobre Mudanças do Clima (FNMC), vinculado ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). O fundo tem como objetivo prover recursos financeiros, reembolsáveis por meio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) ou não-reembolsáveis por intermédio do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) (Brasil, MMA, 2009). Essa iniciativa evidencia a importância das políticas públicas para que o país alcance um patamar satisfatório através de investimentos voltados às ações de mitigação dos gases de efeito estufa.

Voltando ao cenário global e seguindo a cronologia, na esteira dos eventos e conferências, coube destacar a COP15, realizada entre 7 e 18 de dezembro de 2009, em Copenhague, na Dinamarca, com discussões das metas, consideradas ambiciosas na visão dos países desenvolvidos e contribuições voluntárias por parte dos países em desenvolvimento, com amparo financeiro dos países desenvolvidos (Motta, 2010).

Essa Convenção não obteve os resultados esperados, pois não foi possível estabelecer um novo acordo capaz de substituir o Protocolo de Quioto. Segundo Motta (2010), o desfecho

¹ Mudanças Climáticas: Podem ser caracterizadas como flutuações de longo prazo na temperatura, precipitação, vento e outros aspectos relacionados ao clima e ao tempo. A UNFCCC (sigla em inglês para United Nations Framework Convention on Climate Changes e, em tradução livre, Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima) a descreve como, a mudança do clima que é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, que altera a composição da atmosfera global, e se soma à variabilidade climática natural observada em períodos de tempo comparáveis. (WWF-Brasil, s.d)

desse processo foi a assinatura do Acordo de Copenhague, que estabeleceu o compromisso de limitar o aumento da temperatura em 2,0°C, bem como apresentar relatórios das emissões nacionais a cada dois anos.

Considerando que o Acordo de Copenhague possui caráter não vinculante, não é possível realizar uma comparação direta e precisa entre as metas dos países, o que dificulta o julgamento da compatibilidade entre os esforços de mitigação (Motta, 2010). Nesse contexto, o Brasil, por exemplo, firmou um compromisso voluntário de redução de suas emissões entre 36,1% e 38,9% até 2020 (Magalhães, 2013), em consonância com investimentos voltados à expansão e à melhoria de sua matriz energética, bem como à redução do desmatamento da Amazônia.

Outra conferência de destaque foi a COP21, realizada na cidade de Paris, na França, entre 30 de novembro a 13 de dezembro de 2015. Como resultado desse encontro, foi celebrado, em 12 de dezembro, o Acordo de Paris, que contou com a assinatura de 195 países membros da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e entrou em vigor no dia 4 de novembro de 2016. O Acordo possui força jurídica e une elementos que possibilitam a construção de estratégias em âmbito global ao enfrentamento das mudanças climáticas para o período posterior a 2020 (Ciotta e Peyerl, 2021).

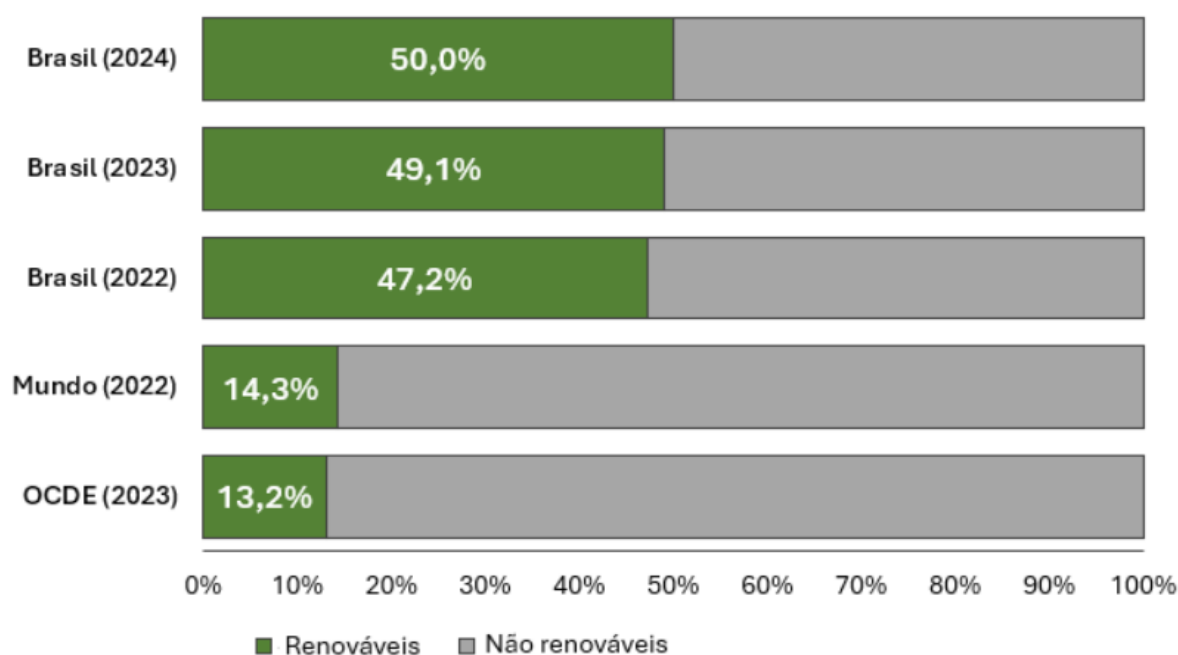
Essas estratégias baseiam-se no uso das INDCs - *Intended Nationally Determined Contributions* ou NDCs, que registram os principais compromissos e contribuições de cada país no âmbito do Acordo de Paris. Esses compromissos visam ao alcance das metas de longo prazo, em manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2,0°C, acima dos níveis pré-industriais, bem como reunir esforços para limitá-lo a 1,5°C (Ciotta e Peyerl, 2021). Todas essas conferências abriram espaço para o debate das ações climáticas, visando a redução das emissões de gases de efeitos estufa (GEE), mitigando seus efeitos e em busca de estratégias para a realização de transição para fontes de energia renováveis, optando pelo investimento em energias limpas, deixando de utilizar fontes altamente poluidoras, como os combustíveis fósseis.

Segundo dados da Agência Gov. (2024), o Brasil é o sexto país que mais investiu em transição energética, liderando o cenário na América Latina e fazendo com que os olhos do mundo fiquem voltados para o país. Segundo o relatório *Energy Transition Investment Trends* (2024), produzido pela *BloombergNEF* (2024) ocorreu no Brasil um investimento de US\$ 34,8 bilhões em transição energética, reforçando sua posição na cadeia de energia limpa.

Neste contexto, a matriz energética brasileira², segundo dados da Agência Internacional de Energia (AIE), da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e do Ministério de Minas e Energia (MME) (2025), o país atingiu um patamar de 50% de renovabilidade para o ano de 2024. Renovação impulsionada, conforme explicita o relatório, pela elevada oferta de energia hidráulica e de biomassa de cana-de-açúcar, somando-se ao crescimento de fontes como licor preto, biodiesel, eólica e solar fotovoltaica. Colocando o Brasil em uma posição bem à frente da posição Mundial, que segundo o relatório de 2024, alcançou um patamar de 14,3% na participação das fontes de energia renováveis.

Para evidenciar esse percentual, a Empresa Brasileira de Energia (EPE) (2025), divulgou uma ilustração, conforme abaixo:

Figura 1: Participação das fontes de energia renováveis e relação com a oferta de energia



Fonte: Agência Internacional de Energia (AIE) e Empresa Brasileira de Energia (EPE) para o Brasil. Elaboração: EPE

A figura 1, indica a participação percentual da oferta de energia renovável, considerando o ano de 2024 como base. Nessa participação as barras horizontais indicam esse percentual, e

² A Matriz Energética Brasileira se caracteriza como um conjunto de fontes de energia, utilizadas no movimento diário e dinâmico da sociedade brasileira, como combustível para veículos, gás utilizado para preparo de alimentos nos fogões das famílias e geração de eletricidade, presente na vida da sociedade. (Empresa Brasileira de Energia - EPE, s.d)

realiza uma comparação entre os dados percentuais do Brasil para os anos 2022 a 2024 e os dados percentuais da participação Mundial em 2022 (14,3%) e dos países da OCDE em 2023 (13,2%).

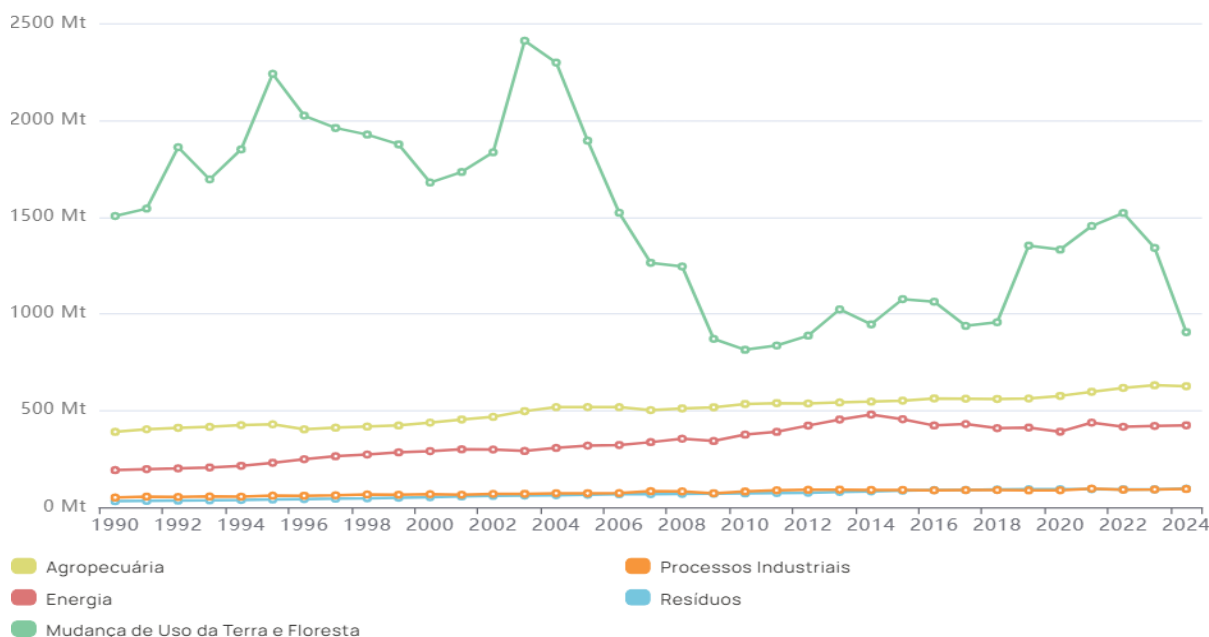
Embora os resultados sejam satisfatórios, mostrando a dinâmica de renovação da matriz energética brasileira, com aumento e melhorias nessa participação, é preciso, todavia observar as ações antrópicas, as quais inevitavelmente geram consequências em diversos horizontes de tempo. Exemplo, é o que foi verificado em 2024, no qual, as queimadas aumentaram consideravelmente, porém segundo dados do Observatório do clima (2024), o carbono proveniente do fogo não associado ao desmatamento (aqueles que afetam as florestas em pé na Amazônia e na Mata Atlântica) não é contabilizado.

Diante deste cenário, o Observatório do Clima está desde 2018 monitorando essas emissões, com a finalidade de conter incertezas, incluindo-as nas medições, e além do dióxido de carbono (CO_2), contabilizar também as emissões de metano (CH_4) e de óxido nitroso (N_2O), os quais de igual forma, possuem significativa participação nas emissões de GEE a partir da queima para pastagens (Observatório do Clima, 2024).

A Agência Internacional de Energia (AIE) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) divulgaram, em 29 de maio de 2025, por meio de um relatório, que o total das emissões ocasionadas pelas ações humanas associadas à matriz energética brasileira alcançou, em 2024, cerca de 431,3 milhões de toneladas de dióxido de carbono (CO_2). Desse total, a maior parte, cerca de 214,3 milhões de toneladas, tiveram sua origem no setor de transportes. Segundo dados do Banco Mundial, esse setor representa 44,8% das emissões de CO_2 , estando numa posição bem acima da média mundial, que é de 20% (*World Development Bank*, 2025, Apud Santos, 2025).

Em relação as emissões líquidas de CO_2 por setor, a figura abaixo, apresenta esse cenário no Brasil referente ao período de 1990 a 2024:

Figura 2: Emissões líquidas de CO₂ por setor no Brasil (1990–2024)



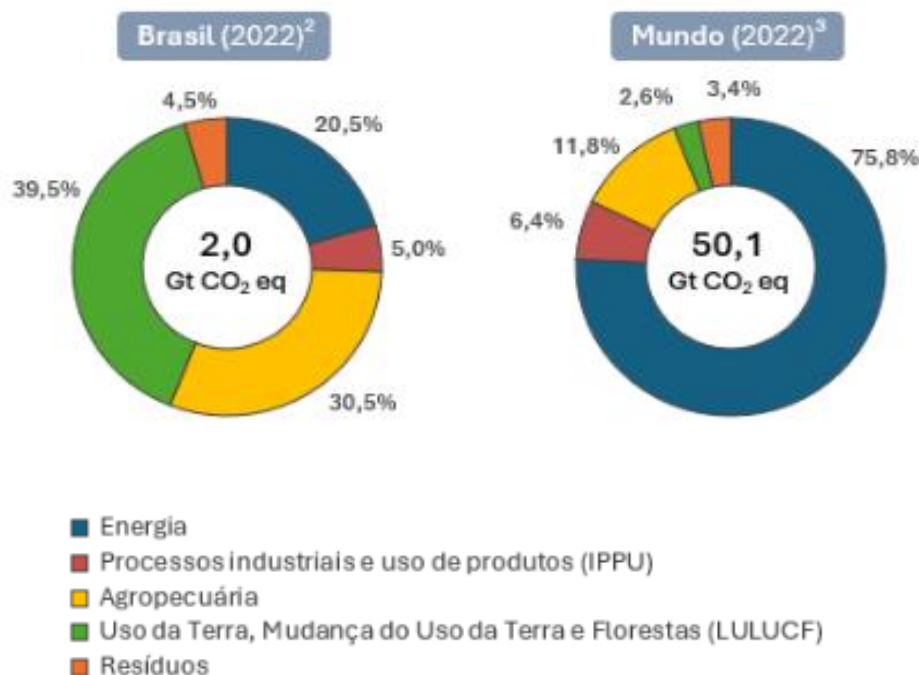
Fonte: SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (2025).

A figura 2, ilustra um gráfico de linhas onde no eixo vertical representa as megatoneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂eq) emitidas ao longo dos anos de 1990 a 2024, por setor.

Os dados obtidos mostram que as maiores emissões líquidas se concentram no setor “Mudança do Uso da Terra e Florestas” (LULUCF), com a maior expressividade de emissões, quando comparada com os demais setores, ainda com destaque para os anos entre 2003 e 2005, com valores entre 2.500 a 3.500 MtCO₂eq, aproximadamente. Esse setor inclui as emissões provenientes de desmatamento, queimadas e mudanças de uso do solo, refletindo também perdas de carbono estocado na vegetação. Em relação ao setor de energia, os dados apontaram, que no Brasil, a quantidade de emissões advindas deste setor, ao longo dos anos 1990 a 2024, não foram expressivas.

A figura 3, apresenta a participação percentual das emissões líquidas de CO₂ por setor no Brasil no ano de 2022, comparando os dados percentuais para o Mundo também em 2022:

Figura 3: Participação percentual das emissões líquidas de CO₂ por setor no Brasil (2022)



Fonte: MCTI/SIRENE – Disponível em: Empresa Brasileira de Energia (EPE)

² Dados disponível pelo MCTI através do link: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/emissoes/emissoes-de-gee-por-setor-1>

³ Dados disponibilizados pela Historical GHG Emissions através do link: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=percentage&end_year=2022§ors=total-including-lucf&start_year=1990

A figura 3, apresenta um gráfico circular com a participação de cada setor nas emissões de CO₂ no Brasil. Os dados indicam que o setor de “Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas” (LULUCF) responde por cerca de 39,5% das emissões brasileiras, seguido pelo setor agropecuário, que representa cerca de 30,5%. Já no cenário mundial observa-se que a maior parte das emissões se concentra no setor energético, com cerca de 75,8% do total das emissões (Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2025).

Esses resultados revelam que no Brasil, as atividades associadas ao desmatamento, à alteração do uso do solo e à expansão agropecuária constituem os principais vetores de emissão, o que justifica a seleção das variáveis analisadas neste estudo — apresentadas nas seções seguintes — para investigar empiricamente suas relações com as emissões de CO₂ mediante a aplicação de métodos econométricos.

Neste sentido este trabalho investiga como variáveis macroeconômicas e as queimadas na Amazônia influenciam as emissões de CO₂ no Brasil, no período entre 2003 e 2024, identificando a relação entre crescimento econômico e aumento das emissões.

A importância deste estudo tende a se somar à literatura acadêmica, voltada para as áreas econômica, política e consequentemente social, utilizando metodologia estatística que acaba por fortalecer os caminhos da pesquisa através destas investigações. Tendo grande importância para que a partir dos resultados propostos se possa pensar em políticas públicas eficientes, que colaborem para a mitigação das emissões.

Sabe-se que nos tempos atuais já existem iniciativas voltadas para essa mitigação, porém é preciso fortalecer os laços entre o setor público, o setor privado, abrangendo institutos de pesquisa e universidades, bem como a observância no cumprimento dos acordos, sejam eles voluntários ou metas já estabelecidas por meio das conferências e reuniões.

Na perspectiva de entender como o Brasil participa das conferências mundiais sobre o clima, e se posicionado frente aos desafios no que tange à sua economia, este trabalho propõe uma análise à partir da escolha das variáveis: Índice de preços ao consumidor (IPC); Produção Agropecuária; Preço da soja, selecionada individualmente devido sua importância na pauta de exportação brasileira; Taxa Selic, Taxa de Câmbio, e por fim, a variável ambiental, desmatamento da Floresta Amazônica, analisando como elas se relacionam individualmente com as emissões de CO₂ no Brasil no período entre 2003 e 2024.

2 – REVISÃO DA LITERATURA

2.1 – PANORAMA HISTÓRICO DOS RESULTADOS DAS PRINCIPAIS CONFERÊNCIAS

As emissões de dióxido de carbono (CO₂) e dos demais gases causadores do efeito estufa (GEE), ganharam notoriedade no debate internacional em razão de suas consequências ambientais e socioeconômicas. Nesse contexto, as principais potências econômicas, ao reconhecerem tais impactos, têm se posicionado, ainda que de maneira controversa, no debate sobre compensação por perdas e danos; a fim de evitar que sejam interpretadas como as únicas responsáveis legais. Isso, na visão desses países, pode desencadear litígios e pedidos de indenização em grande escala por parte dos governos de países que são fortemente atingidos (Bhandari; Warszawski; Cogan; Gerholdt, 2024).

Essas perdas e danos, embora ausente de uma definição oficial, são interpretadas no âmbito das reuniões e negociações climáticas como, as consequências das mudanças climáticas que excedem a capacidade que as sociedades conseguem se adaptar (Bhandari; Warszawski; Cogan; Gerholdt, 2024).

Os últimos relatórios divulgados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC³ mostram que o mundo já está 1,3°C mais quente, devido às mudanças climáticas resultantes das ações antrópicas, e que, no ano de 2024, ocorreu uma elevação temporária acima do limite de 1,5°C, que fora estabelecido pelo Acordo de Paris (Bhandari; Warszawski; Cogan; Gerholdt, 2024), colocando as discussões climáticas como urgentes, pois, ainda segundo o IPCC, os cenários estudados mostraram que há mais de 50% de chance da temperatura global atingir - como já ocorreu, ainda que de forma temporária - ou ultrapassar, o patamar de 1,5°C entre 2021 e 2040 (Boehm e Schumer, 2023).

Em outros cenários verificados, foram identificadas as seguintes situações: Caso as emissões permaneçam extremamente elevadas, o mundo pode atingir esse limite – correspondente a 50% de chance de ultrapassar 1,5°C – entre 2018 e 2037; em um cenário

³ IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática) é um órgão criado em 1988, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU Meio Ambiente) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), tendo o objetivo de fornecer aos profissionais que formulam políticas, avaliações científicas regulares sobre mudanças climáticas, implicações e riscos, com alternativas para adaptação e mitigação. Até outubro de 2025, o órgão conta com 195 países membros, incluindo o Brasil. Fonte: MCTI (Brasil, 2025)

alternativo, com emissões ainda mais elevadas, a temperatura média global poderia aumentar entre 3,3°C e 5,7°C até 2100. À título de comparação, a última vez que as temperaturas globais se elevaram em cerca de 2,5°C, em relação aos níveis pré-industriais, foi há mais de três milhões de anos (Boehm e Schumer, 2023).

O IPCC divulgou, em seu sexto relatório abreviado AR6, e elaborado por uma equipe renomada e respeitada, que os dados obtidos são considerados “sombrios” uma vez que, o aumento das emissões de GEE são além de sentidos, manifestos a cada ano em intensidades e localidades diversas (Boehm e Schumer, 2023). Essas emissões impactam fortemente espaços urbanos, a produção agrícola e a sobrevivência de grupos étnicos, juntamente com suas culturas e formas de subsistência.

Segundo Freitas e Gussi (2019), nos países em desenvolvimento os impactos podem ser ainda maiores, pois esses países apresentam menor capacidade de adaptação de seus respectivos sistemas alimentares, hídricos, de saneamento e transporte, tornando a população mais vulnerável à mudança do clima.

Neste contexto, dos impactos das emissões e seus reflexos, as várias conferências e reuniões já realizadas trouxeram resultados diversos e que merecem reflexão quanto aos retornos verificados. Segundo Dias (2018), o principal resultado da Conferência de Estocolmo foi a constituição do Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA), com sede em Nairobi, Quênia, sendo considerada por ambientalistas e conforme Ribeiro (2001, p, 82 apud Dias, 2018) “um mau começo”. O principal motivo que traz esse julgamento seriam fatores como, distância das atenções midiáticas mundiais e de recursos, ficando assim em segundo plano.

Tal situação ficou evidenciada pelo tempo transcorrido entre a determinação da sua sede, escolhida em 1973, e sua instalação definitiva 11 anos mais tarde (Dias, 2018). No ano de 1982, foi organizada uma sessão considerada inexpressiva pelos estudiosos da área ambiental, a Conferência de Nairobi, onde foi realizado um balanço do programa proposto em Estocolmo, uma espécie de avaliação geral das condições ambientais em níveis mundiais, chegando-se a um quadro pouco otimista quanto à implementação de ações concretas que tivessem alterado de forma positiva a situação (Dias, 2018).

Em seguida na Rio-92, ocorreu a reunião de líderes globais para o debate acerca da conciliação entre o crescimento econômico, preservação ambiental e cooperação internacional, sendo considerada um marco, por contar com a participação de 178 países e 114 chefes de

estado (Giansanti, 1998 apud Souza, Carmo e Rocha, 2013). Tendo como fruto desse encontro a Agenda 21, um documento de referência sobre desenvolvimento sustentável, notável pelo nível de comprometimento político estabelecido e pelo conteúdo programático detalhado. (Novaes, 2003 apud Souza, Carmo e Rocha, 2013).

Destacou-se a Agenda 21 pelo fato de ser o documento frequentemente apontado como o de maior importância enquanto resultado da Rio 92 e, por ser o mais amplo (Dias, 2018). Outro legado fundamental da Rio-92 foi a criação da Conferência das Partes (COPs) no âmbito da UNFCCC, com o objetivo de monitorar a implementação da Convenção (Santos, 2025).

Uma das grandes importâncias da Agenda 21, segundo Cardoso (1996), são as diversas seções do documento, com o objetivo de reduzir ou eliminar a destruição ambiental e a desigualdade econômica, fazendo menção à programas específicos de execução a longo prazo.

Esse documento é dividido em quatro partes: 1) Dimensões econômicas e sociais, relacionada a pobreza; 2) Conservação e gerenciamento de recursos para o desenvolvimento; 3) Fortalecimento dos papéis dos grupos mais importantes; 4) Modos de implementação (Cardoso, 1996).

Ainda segundo Cardoso (1996) os debates sobre a Agenda 21, ficaram mais concentrados nos compromissos financeiros, proposto da seguinte forma: os países desenvolvidos se posicionaram favoravelmente ao financiamento através de mecanismos bilaterais, regionais e multilaterais. Enquanto os países em desenvolvimento, por meio do Grupo 77, solicitaram a criação de um fundo específico e global para o financiamento da Agenda. Naquela ocasião governos da Inglaterra, Japão e Alemanha recusaram-se a estabelecer acordos além dos propostos, mesmo que a longo prazo (Cardoso, 1996).

Por fim a Agenda 21 foi adotada por consenso como um documento político, colocando em destaque as questões que seriam enfrentadas e a forma de executá-las, porém sem ter um sentido prático de imediato e valores fixos (Cardoso, 1996). Ressalta-se ainda que a Agenda 21, teve sua potencialidade reduzida, característica essa que foi fruto de duas atitudes decisórias: a primeira seria a não definição no texto final dos compromissos financeiros por parte dos países industrializados, e segundo, quais seriam os mecanismos de transferência destes recursos, permanecendo mais como uma agenda para o futuro do que uma realidade para o presente (Cardoso, 1996).

Em relação ao Protocolo de Quioto, durante a terceira Conferência das Partes da Convenção– Quadro das Nações Unidas - COP3 UNFCCC, em 1997, foi considerado um passo importante para o alcance do objetivo de estabilização das concentrações de GEE na atmosfera, em nível que impeça o agravamento no sistema climático, por meio das ações humanas. (Moreira e Giometti, 2008).

Na ocasião, os Estados Unidos assumiram papel de liderança com o objetivo de estabelecer metas obrigatórias de redução de GEE para os países desenvolvidos, e metas de redução da taxa de crescimento futuro das emissões para os países em desenvolvimento. Entretanto a proposta foi rejeitada, pois os países emergentes, liderados inclusive pelo Brasil, foram contrários ao estabelecimento das metas de redução. O Protocolo de Quioto foi aprovado em um contexto de discussões complexas, deixando decisões soltas, a serem decididas nas Conferências seguintes, o que resultou em um cenário de impasses (Moreira e Giometti, 2008).

Durante as Conferências das Partes seguintes (COP4, Buenos Aires – Argentina, 1998; COP5, Bonn – Alemanha, 1999; COP6, Haia – Países Baixos, 2000), ocorreram quatro alianças – De diversas regiões com interesses distintos – para a possibilidade de negociação, em destaque nessas alianças têm a União Europeia (UE) e um grupo conhecido como “Guarda-chuva”, formado por três subgrupos: 1º) Estados Unidos, Canadá e Austrália: Alta intensidade de carbono por habitante, com dificuldades em reduzir suas emissões; 2º) Japão, Nova Zelândia, Suíça, Islândia e Noruega: Países desenvolvidos com média intensidade de carbono por habitante e dificuldades para reduzir emissões, ou porque já o fizeram antes de 1990, ou porque possuem uma opinião pública com baixa responsabilidade global, como por exemplo Suíça e Islândia; 3º) Rússia, Ucrânia, Bielo-Rússia, Bulgária e Romênia: Países industrializados, com histórico de “ex-comunistas” que já haviam sofrido uma redução significativa nas emissões de CO₂ devido ao colapso de suas economias (Moreira e Giometti, 2008).

Ainda nesse ambiente de alianças, destaca-se o G77/China, um grupo formado pela grande maioria dos países em desenvolvimento, apoiadores do Protocolo de Quioto, divididos em três subgrupos: 1º) Brasil, China, Índia, Indonésia e África do Sul: Países grandes com proporção significativa das emissões globais, para os quais os EUA demandam metas de redução das emissões futuras; 2º) Arábia Saudita, Kuwait, Iraque, Irã, Emirados Árabes Unidos, Líbia, Argélia, Nigéria, Venezuela, Equador e Indonésia: Estes, membros da Organização de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), que são predominantemente contrários ao Protocolo de Quioto, em virtude das perdas que teriam com a substituição da matriz energética petrolífera por uma matriz limpa; 3º) Coreia do Sul, Cingapura, Argentina,

Uruguai, Chile e Costa Rica: Países que são receptivos a um compromisso para o estabelecimento de metas de redução da taxa de crescimento futuro de emissões de GEE. 4º) Aliança de Pequenos Estados-Ilha (em inglês, *Alliance of Small Island States - AOSIS*), constituída por pequenas ilhas muito vulneráveis às mudanças climáticas e que apoiam um aumento nos compromissos de redução das emissões para todos os países (Viola, 2003, p. 193 apud Moreira e Giometti, 2008).

O Protocolo de Quioto, segue dois princípios: "Responsabilidades comuns, porém diferenciadas" e o da "Abordagem abrangente", com a meta de redução de todos os gases de efeito estufa e não só o CO₂. Os países envolvidos assumiram compromissos específicos, vinculantes e definitivos com relação à redução da emissão de gases, por meio de medidas que passariam a serem implementadas a partir do ano 2000 (Moreira e Giometti, 2008).

Assim, o principal resultado do Protocolo de Quioto foi o compromisso assumido pelos países desenvolvidos de reduzirem suas emissões de GEE, tendo suas metas de reduções especificadas no Anexo B do próprio Protocolo de Quioto (Moreira e Giometti, 2008).

Contudo em março de 2001, os EUA se retiraram das negociações, justificando que o Protocolo era inadequado para lidar com as questões de mudanças climáticas, ao mesmo tempo a União Europeia (UE) tomou a frente do processo e concluindo as negociações em 2001, mobilizou o Canadá, a Noruega, o Japão e a Suíça a prometerem financiamentos para o desenvolvimento de capacidades institucionais e de transferência de tecnologias limpas, a partir de 2005 (Viola, 2003, p. 196 apud Moreira e Giometti, 2008).

Outros resultados importantes da assinatura do Protocolo mostraram que, os países desenvolvidos aceitaram os compromissos diferenciados de redução ou limitação de emissões entre o período de 2008 e 2012, representando no total desses países, uma redução de pelo menos 5% em relação às emissões combinadas de gases de efeito estufa (GEE) do ano de 1990. As emissões consideradas desta ocasião são as geradas pelas ações antrópicas no setor de energia, em processos industriais, no uso de solventes, no setor agropecuário e no tratamento de resíduos (Brasil. Senado Federal, 2004 apud Moreira e Giometti, 2008).

O Protocolo de Quioto encontrou uma maneira de diminuir o impacto econômico que essas reduções poderiam causar nos países desenvolvidos. Por meio de três mecanismos flexibilizados, possibilitando que os países industrializados cumpram parte de suas obrigações na redução de suas emissões a um menor custo, aproveitando-se de condições mais favoráveis

fora de seu território, seja em outros países ou regiões (Braz, 2003, p.144 apud Moreira e Giometti, 2008).

Assim, os países industrializados justificaram, ou em partes tentaram resolver, seus problemas de emissão de gases de efeito estufa (GEE), sem, contudo, impactar sua economia, ao cooperar para a redução da emissão em outros territórios (Braz, 2003, p. 144 apud Moreira e Giometti, 2008).

Todavia, para que esses mecanismos de flexibilização (Implementação Conjunta, Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL) – sendo este último, o único que permite a cooperação entre países desenvolvidos e em desenvolvimento –, pudessem ser efetivos, seria muito importante e crucial a adesão dos Estados Unidos da América (EUA) (Moreira e Giometti, 2008).

Em seguida, em 2015, como fruto da COP21, o Acordo de Paris foi estabelecido com uma estrutura institucional complexa, atribuindo a responsabilidade de lidar com as questões climáticas como um processo que não seria restrito exclusivamente aos países desenvolvidos, mas que cada parte, conforme sua parcela de “culpabilidade”, ou responsabilidade histórica, pudesse contribuir (Ciotta e Peyerl, 2021).

Em 2018, durante a COP24, realizada em Katowice, na Polônia, foi adotado o *Katowice Climate Package*, conhecido como Livro de Regras do Acordo de Paris. Este documento estabeleceu as regras de transparência climática, aos sistemas de reporte, aos inventários nacionais de emissões e às informações sobre as NDCs. Além de aprovar uma estrutura tecnológica que orientasse o mecanismo de tecnologia da UNFCCC e instituiu processos voltados para orientar as negociações sobre objetivos de financiamento climático para pós-2025 (Ciotta e Peyerl, 2021).

Ainda segundo Ciotta e Peyerl (2021) todos esses eventos, entre outros, geraram consequências diretas e indiretas para a América Latina, agravando assim os níveis de desigualdade dos países ali existentes.

Assim, segundo Peixer (2019), a importância do Acordo de Paris foi histórica, pois representou a mudança em como os acordos internacionais sobre mudanças climáticas conduziram-se. O que permitiu um sistema de cumprimento das metas mais flexíveis, onde os países participantes comprometeram-se voluntariamente a reduzir suas emissões de GEE, através de uma série de propostas voluntárias apresentadas através da Contribuições

Nacionalmente Determinadas (NDCs) à UNFCCC, sendo esses países responsáveis por cerca de 95% das emissões no mundo. Além disso, foi estabelecido um sistema comum de compromissos e acompanhamento das metas, ainda que diferenciadas definidas conforme as capacidades e histórico de cada país-parte.

Neste sentido, baseando-se em experiências empíricas, verificou-se que muitos dos acordos climáticos não foram cumpridos em sua totalidade, ou foram adaptados conforme decisões políticas e econômicas, ocasionando muitas vezes no aumento das emissões de gases do efeito estufa (GEE), devido ao fato de que, o crescimento econômico das nações se dá majoritariamente pelo uso de combustíveis fósseis (Souza e Corazza, 2017).

Outras evidências do cumprimento parcial desses acordos, podem ser verificadas, no âmbito do Protocolo de Quioto em relação ao regime climático; em que, os países desenvolvidos seriam os responsáveis pela maioria das emissões acumuladas. Dessa forma, as contribuições ou metas de redução atribuídas a esses países não deveriam ser iguais aos países em desenvolvimento, apenas as emissões correntes deveriam ser distribuídas entre os países que estiverem de acordo com o Princípio de Responsabilidade Comum, porém Diferenciada (PRCD) (Bueno Rubial, 2016).

A título de complementaridade das informações históricas que fundamentam essa revisão, apresenta-se a Tabela 1 – Eventos Climáticos, a qual sintetiza os principais eventos, ocorridos desde a conferência de Estocolmo (1972) até a COP30 (2025), destacando a participação do Brasil e em quais eventos o país atuou como sede.

Tabela 1 – Eventos Climáticos

EVENTOS CLIMÁTICOS			
ANO	EVENTO	LOCAL	PARTICIPAÇÃO DO BRASIL
1972	Conferência de Estocolmo	Estocolmo - Suécia	Sim
1992	Rio-92 (Cúpula da Terra)	Rio de Janeiro - Brasil	Sim - Sede
2002	Rio+10	Joanesburgo - África do Sul	Sim
2012	Rio+20	Rio de Janeiro - Brasil	Sim - Sede
1995	COP1	Berlim - Alemanha	Sim
1996	COP2	Genebra - Suíça	Sim
1997	COP3	Quioto - Japão	Sim
1998	COP4	Buenos Aires - Argentina	Sim
1999	COP5	Bonn - Alemanha	Sim
2000	COP6	Haia - Holanda	Sim
2001	COP6 (2ª parte)	Bonn - Alemanha	Sim
2001	COP7	Marrakesh - Marrocos	Sim
2002	COP8	Nova Déli - Índia	Sim
2003	COP9	Milão - Itália	Sim
2004	COP10	Buenos Aires - Argentina	Sim
2005	COP11	Montreal - Canadá	Sim
2006	COP12	Nairóbi - Quênia	Sim
2007	COP13	Bali - Indonésia	Sim
2008	COP14	Poznan - Polônia	Sim
2009	COP15	Copenhague - Dinamarca	Sim
2010	COP16	Cancún - México	Sim
2011	COP17	Durban - África do Sul	Sim
2012	COP18	Doha - Catar	Sim
2013	COP19	Varsóvia - Polônia	Sim
2014	COP20	Lima - Peru	Sim
2015	COP21	Paris - França	Sim
2016	COP22	Marrakech - Marrocos	Sim
2017	COP23	Bonn - Alemanha (presidida por Fiji)	Sim
2018	COP24	Katowice - Polônia	Sim
2019	COP25	Madri - Espanha (presidida pelo Chile)	Sim
2021	COP26	Glasgow - Reino Unido	Sim
2022	COP27	Sharm el-Sheikh - Egito	Sim
2023	COP28	Dubai - Emirados Árabes	Sim
2024	COP29	Baku - Azerbaijão	Sim
2025	COP30	Belém - Brasil	Sim - Sede

Fonte: Elaborada pelo autor da pesquisa (2025).

2.2 – O PAPEL DO BRASIL NAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)

O Brasil, assim como outros países em desenvolvimento, aumentou sua importância como emissor de gases de efeito estufa (GEE) e tem sido chamado a se posicionar em relação às ações de mitigação (Magalhães, 2013). Em especial, Brasil, China e Índia foram pressionados a apresentarem seus compromissos em relação à mitigação dos GEE, não por causa do tamanho de suas populações, do nível de suas economias, dos consumos de energia ou do volume de suas emissões de CO₂, mas, sobretudo, pela associação entre rápido crescimento do PIB e emissões dos GEE (Rong, 2010 apud Magalhães, 2013).

Em relação ao Protocolo de Quioto, o Brasil foi um dos países que reivindicou o cálculo das metas com base nas emissões históricas, quando as emissões correntes começaram a aumentar (Souza e Corazza, 2017). O país pontuou que as metas e responsabilidades estabelecidas pelo Protocolo não deveriam seguir apenas ao critério de “país desenvolvido” e “país em desenvolvimento”.

O argumento apresentado era que o Protocolo deveria analisar o histórico de cada país, a fim de verificar suas contribuições no quadro global das emissões e, conseqüentemente, para o aquecimento global, o que ficou conhecido como o Princípio das Responsabilidades Históricas, e deu origem a *Brazilian Proposal* (Proposta do Brasil) (Meira Filho, 2015).

Em outras palavras, para o Brasil, essa reivindicação representava que a responsabilidade climática deveria se basear na história de cada país, fazendo uma relação entre o uso de combustíveis fósseis no passado com o desenvolvimento econômico presente (Bueno Rubial, 2016).

Assim, por meio do “Princípio das Responsabilidades comuns, porém diferenciadas” (RCPD), do qual o Brasil não possuía metas obrigatórias de redução de emissões, ocorreu como parte dos resultados de sua participação no Protocolo de Quioto, a criação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Instrumento de flexibilização cujo objetivo é possibilitar que países desenvolvidos financiem e/ou invistam em projetos de países em desenvolvimento como forma de cumprir parte de seus compromissos (Godoy, 2010).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) tem como objetivo a mitigação de gases de efeito estufa (GEE) nos países em desenvolvimento, por meio da implementação de projetos voltados à criação de sumidouros de carbono, investimentos em tecnologias mais limpas, eficiência energética, fontes alternativas de energia, bem como ações de florestamento

e reflorestamento. Tais projetos devem assegurar o desenvolvimento sustentável, ter caráter voluntário e ser aprovado no país ao qual ele será implantado (Godoy, 2010).

Além disso, os projetos de MDL possuem uma diretriz em contribuir para alcançar o desenvolvimento sustentável no país anfitrião. Ainda deve colaborar para a redução das emissões de GEE de forma adicional àquela que ocorreria na ausência da atividade de projeto. Por fim, deve contabilizar o aumento de emissões de gases de efeito estufa (GEE) que ocorram fora dos limites das atividades de um projeto no âmbito do MDL, e que sejam mensuráveis e atribuíveis a essas atividades (Godoy, 2010).

Partindo desse contexto, como resultado do fortalecimento da política climática brasileira e como um dos avanços no desenvolvimento de políticas públicas ambientais, o Brasil instituiu o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei Federal nº 12.187/2009 (Santos, 2021). O Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) é estruturado a partir de três diretrizes principais: 1) Redução de emissões de GEE e sequestro de carbono por meio de sumidouros; 2) Preservação e recuperação de recursos ambientais, com destaque à redução do desmatamento e 3) Estabelecimento de medidas de adaptação nas três esferas de governo (Santos, 2021).

O Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) faz forte apelo ao conceito de sustentabilidade, estando fundado em diretrizes com grau de generalidade elevado, a partir da adoção de normas de conteúdo fortemente programático (Pucci, 2012, p. 149 apud Santos, 2021). Nesse sentido, o Plano foi interpretado por alguns estudiosos como um esforço da nacionalização dos compromissos climáticos assumidos pelo Brasil nas conferências internacionais sobre o clima (Bichara; Lima, 2012; Pbmcc, 2014b; Viola, 2002 apud Freitas e Gussi, 2019). Assim, os objetivos que foram definidos no Plano, bem como seus desdobramentos em termos de construção de uma governança climática, representaram para o País um grande avanço na política ambiental (De Carvalho, 2012 apud Freitas e Gussi, 2019).

Por meio do Decreto n.º: 7.390, de 9 de dezembro de 2010, foi regulamentado o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), em especial os artigos. 6º, 11º e 12º da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (Brasil, 2010). Esse decreto permitiu a elaboração de Planos setoriais de mitigação e adaptação, com a inclusão de ações, indicadores e metas específicas de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), bem como mecanismos para a verificação de seu cumprimento, principalmente para os setores como energia, indústria, transporte e agropecuária (Brasil, Ministério do Meio Ambiente; s.d).

Além disso, no âmbito da política climática brasileira, importantes contribuições, como o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (Fundo Clima), criado pela Lei n.º 12.114, de 9 de dezembro de 2009, bem como outras iniciativas voltadas à mitigação e à adaptação das mudanças climáticas, reforçaram o papel do Brasil nos esforços de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Brasil, MME, 2009).

Em 2023, um fato curioso chamou atenção da comunidade que lida com questões climáticas, por meio dos estudos e relatórios, divulgaram que a emissão de gases de efeito estufa cresceu no mundo, em especial, para o dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), cerca de 13% ou em números reais, 57,1 bilhões de toneladas. Porém quando verificado o cenário no Brasil, houve redução considerável, com expressividade de queda maior dos últimos 15 anos (Kitagawa e Pivetta 2025).

Ainda segundo Kitagawa e Pivetta (2025), os dados apresentados mostram que no ano de 2023, os setores com suas respectivas participações percentuais nas emissões foram:

- Mudanças no uso da terra: 46%;
- Agropecuária: 28%;
- Energia: 18%;
- Tratamento de resíduos: 4%;
- Processos industriais: 4%

Em relação as emissões líquidas (emissões brutas – carbono retirado da atmosfera pela fotossíntese da vegetação em crescimento), as emissões de GEE foram cerca de 1,6 bilhão de toneladas de (CO₂eq) em 2023.

Esses dados foram obtidos na plataforma do Seeg, que embora não sejam oficiais, estão em conformidade com a metodologia sugerida pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (Kitagawa e Pivetta 2025).

A considerada redução das emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), pode ser explicada pelo fato de que o setor Mudanças no uso da terra, é considerado como o “regulador” para o quadro das quantidades, e mesmo que os demais setores, informados acima, obtiveram algum percentual de aumento nas emissões, o desmatamento e as demais ações inerentes ao setor LULUCF se destacam, puxando para baixo o número total de emissões no país naquele ano (Kitagawa e Pivetta 2025).

Entre os dias 11 e 22 de novembro de 2024, foi realizada a COP29 da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC), em Baku (Azerbaijão), neste evento o Brasil anunciou um novo compromisso de redução de emissões para o período de 2030 a 2035. Por meio das NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada), a meta prevê que, em 2035, as emissões líquidas de gases de efeito estufa representem entre 59% e 67% da produção de GEE em 2005. Levando o país a um cenário de emissão anual entre 850 milhões e 1,05 bilhão de toneladas de CO₂eq. (Kitagawa e Pivetta 2025).

Ainda, segundo o Ministério de Minas e Energia (2025), o Brasil sancionou a Lei nº. 15.269, em 24 de novembro de 2025, que visa modernizar o marco regulatório do setor elétrico, estabelecendo novas diretrizes para ampliar a segurança energética, fortalecer a modicidade tarifária – entendida como a manutenção das tarifas de energia em níveis justos e acessíveis – e introduzir mecanismos mais eficientes de planejamento e operação do sistema. (Brasil, MME, 2025).

2.3 – EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS: VARIÁVEIS ECONÔMICAS E EMISSÕES DE CO₂

Diante do cenário até aqui analisado, com as conferências internacionais sobre as mudanças climáticas e as propostas de mitigação, acordadas com instrumentos legais e assinaturas de protocolos, torna-se evidente que o progresso econômico das nações tem sido historicamente associado ao aumento das emissões dos gases de efeito estufa (GEE).

Neste sentido, esta subseção tem por objetivo apresentar estudos empíricos que foram utilizados para investigar as relações e os possíveis impactos das variáveis econômicas, selecionadas pelos respectivos autores, com as emissões dos gases de efeito estufa (GEE).

Tiwari (2011) verificou a relação entre o consumo de energia renovável, o crescimento econômico e as emissões de CO₂. Utilizando um Modelo de Vetores Autorregressivos (VAR) de três variáveis, sendo elas, o Produto Interno Bruto (PIB), consumo de energia renovável e as emissões de CO₂. O Modelo VAR foi aplicado à economia da Índia no período de 1960 a 2009. O estudo revelou que um choque positivo no consumo de energia renovável aumenta o PIB e diminui as emissões de CO₂, enquanto um choque positivo no PIB eleva as emissões de CO₂. Ainda o autor ressaltou que a decomposição de variância reforçou que o consumo de energia limpa é um fator determinante para a variação do produto interno bruto da Índia. Nisto Tiwari (2011) conclui a necessidade de se investir em hidroeletricidade e outras fontes para garantir

um progresso acelerado e seguro. Ainda informa a importância de políticas públicas que priorizem a transição energética que combinam expansão econômica com a preservação ambiental.

Para verificar a estacionariedade e se existe cointegração entre as variáveis Tiwari (2011) utilizou dois testes de raiz unitária, o “Ng-Perron” o qual teve como resultado, que as variáveis não são estacionárias em nível e que, só após o teste em primeira diferença, elas se tornam estacionárias. O outro teste utilizado foi o “Johansen-Juselius”, o qual apontou que as variáveis não são cointegradas, além de ausência de relação de longo prazo estável entre as variáveis quando em nível. O autor então, adotou o modelo SVAR, utilizando as variáveis em primeira diferença, considerando dois lags (defasagens) com base no Critério de Informação de Akaike (AIC)

Ben-Salha e Sebri (2014) analisaram as relações de causalidade entre o crescimento econômico, o consumo de energia renovável, as emissões de CO₂ e o investimento doméstico na Tunísia, para o período entre 1971 e 2010, aplicando o Modelo Autorregressivo com Defasagens Distribuídas (ARDL), utilizando as variáveis: Produto Interno Bruto (PIB), investimento doméstico, emissões de CO₂ e consumo de energia renovável. Os resultados apontaram uma causalidade bidirecional entre o consumo de energia renovável e o PIB, além disso, verificou-se que as emissões de CO₂ diminuíram como uma resposta a um aumento no consumo de energia renovável. Em relação ao modelo de correção de erros, os resultados apontaram que o PIB se ajusta mais rapidamente a choques do que o consumo de energia renovável. Uma das importantes contribuições do autor é que a energia renovável não é apenas um benefício ambiental, mas um fator econômico estratégico para a Tunísia, que vão desde o fortalecimento da infraestrutura ao financiamento e cooperação, reduzindo as vulnerabilidades e mitigando os efeitos do aquecimento global.

Zaghdoudi (2017), utilizou o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e mostrou que a utilização de fontes de energia renovável reduz as emissões de CO₂ no longo prazo. Foi analisado a relação de causalidade entre as variáveis selecionadas: O preço do petróleo bruto, o consumo de energia renovável, as emissões de CO₂ e o PIB dos países da OCDE, para o período entre 1990 a 2015.

Para identificar a relação entre as variáveis selecionadas, Zaghdoudi (2017) estimou o modelo, o qual descreve a Curva Ambiental de Kuznets (*Environmental Kuznets Curve – EKC*⁴).

Ainda segundo Zaghdoudi (2017) a abordagem econométrica adotada baseou-se em três etapas. Na primeira, verificou-se a estacionariedade de cada variável por meio da aplicação de teste de raiz unitária (testes LLC, IPS e Maddala e Wu). Na segunda, em caso da presença de raiz unitária, verificou-se a relação de causalidade entre as variáveis. Por fim, na terceira etapa, aplicou-se o Método de Mínimos Quadrados Ordinários Totalmente Modificados (*Fully Modified Ordinary Least Squares – FMOLS*) e de Mínimos Quadrados Ordinários Dinâmicos (*Dynamic Ordinary Least Squares – DOLS*) para dados em painel cointegrados, a fim de estimar o modelo proposto (Zaghdoudi, 2017).

A análise dos resultados dos testes de raiz unitária em painel mostrou que, ao nível de significância de 1%, a hipótese nula de presença de raiz unitária não pôde ser rejeitada para todas as séries temporais em painel consideradas em nível. Entretanto, após a realização do teste de raiz unitária nas primeiras diferenças, em todos os tipos aplicados rejeitam a hipótese nula ao nível de significância de 1%, indicando que as séries se tornam estacionárias após a diferenciação de primeira ordem (Zaghdoudi, 2017).

Ainda segundo Zaghdoudi (2017), os testes de raiz unitária em painel confirmam que todas as variáveis são integradas de ordem I(1). Em seguida, procedeu-se a análise de uma relação de longo prazo, utilizando o teste de cointegração em painel de Pedroni (Pedroni, 2004 apud Zaghdoudi, 2017), cujo objetivo é testar a hipótese nula de inexistência de cointegração contra a hipótese alternativa de existência de cointegração. Os resultados evidenciaram fortes evidências de cointegração em painel entre as variáveis.

Em relação ao teste de causalidade de Granger, os resultados revelaram a presença de causalidade tanto no curto prazo, quanto no longo prazo entre os preços do petróleo e as emissões de CO₂.

⁴ A curva ambiental de Kuznets, descrito por Zaghdoudi (2017), é descrita pelo autor conforme abaixo:

$$\ln CO_{2it} = \alpha_i + \beta_1 \ln y_{it} + \beta_2 \ln y_{2it} + \beta_3 \ln mopit + \beta_4 \ln reit + \varepsilon_{it}$$

Em que $\ln CO_{2it}$, representa as emissões de dióxido de carbono (CO₂); $\ln y_{it}$ e $\ln y_{2it}$, representam, o crescimento econômico e o seu termo quadrático respectivamente. $\ln mopit$ corresponde aos preços do petróleo; e $\ln reit$ representa o consumo de energia renovável. Os coeficientes β_1 , β_2 e β_3 , correspondem as elasticidades das emissões de CO₂ em relação ao crescimento econômico, aos preços do petróleo e ao consumo de energia renovável, respectivamente. O termo α_i representa os efeitos fixos específicos de cada país, enquanto ε_{it} , representa o termo de erro aleatório (Zaghdoudi, 2017).

Outro trabalho empírico nessa linha está o de Mahmoodi (2017), esse artigo foi publicado no *International Journal of Energy Economics and Policy* e procurou examinar a relação entre o crescimento econômico, a energia renovável e a emissão de CO₂ com base no Modelo de Vetor de Correção de Erros (VECM) para onze países em desenvolvimento no período de 2000 a 2014, usando como variáveis: as emissões de CO₂, o PIB e a geração de eletricidade renovável. As conclusões mostraram que o aumento do PIB provoca um aumento das emissões de CO₂ e que a energia renovável impacta na redução das emissões de CO₂.

Além disso Mahmoodi (2017) destacou que a análise de causalidade revelou interações distintas entre os fatores econômicos e ambientais. Divididas em análises de curto e longo prazo, revelaram que, no curto prazo, existe uma causalidade bidirecional do PIB para a Energia Renovável, bem como causalidade bidirecional da Energia Renovável para as emissões de CO₂ e por fim causalidade bidirecional entre PIB e emissões de CO₂. No longo prazo, foi-se verificado que existe causalidade entre todos os vetores analisados, porém com as variáveis retornando ao equilíbrio após choques exógenos temporários.

O estudo por fim defende a transição para matrizes energéticas limpas como estratégia para o alcance do desenvolvimento sustentável sem comprometer o progresso econômico.

Autores como Shaari, Abidin e Karim (2020) examinaram os efeitos do consumo de energia renovável e do crescimento econômico sobre as emissões de CO₂ em vinte países, selecionados com base no critério de renda, utilizando dados do período entre 1990 a 2017, investigando como o desenvolvimento financeiro e o aumento demográfico influenciam a degradação do meio ambiente. Os autores aplicaram o Modelo Autorregressivo com Defasagens Distribuídas (ARDL), considerando as variáveis: As emissões de CO₂, o Produto Interno Bruto (PIB), a população e o consumo de energia renovável. Os principais resultados mostraram que, no curto prazo o PIB pode contribuir para as emissões de CO₂ e um aumento no consumo de energia renovável pode contribuir para a redução das emissões de CO₂.

No longo prazo, a utilização de fontes renováveis reduz a poluição, enquanto o crescimento econômico e populacional tende a elevar as emissões. Foi verificado também que países onde o nível de renda é baixo ou médio, o impacto positivo das energias limpas se torna mais evidente, uma vez que os países com esse perfil de renda, possuem maior dependência dessas fontes. Em contraste, países com nível de renda alta mostraram uma dependência maior de combustíveis fósseis, com o crescimento econômico resultando em maior nível de emissão e impacto ambiental. Os autores ainda sugerem que sejam realizados incentivos fiscais e que

haja transição para fontes de energias limpas como biocombustíveis e energia solar, quando da formulação de políticas públicas (Shaari, Abidin e Karim 2020)

Basso (2020) realizou uma pesquisa econométrica, envolvendo as variáveis, crescimento econômico (PIB), consumo de energia renovável e emissões de dióxido de carbono (CO_2), no Brasil entre os anos de 1990 e 2018, com análise de que embora o crescimento econômico seja essencial, ele resulta no aumento dos impactos ao meio ambiente, enquanto a utilização de energias de fontes de energia renováveis atua como impulsor de mitigação. Em relação aos resultados da pesquisa a autora mostra que no longo prazo, há uma relação de cointegração estatisticamente significativa entre as três variáveis, indicando que elas se movem juntas.

A autora utilizou os testes de raiz unitária, Dickey-Fuller Aumentado (ADF), mostrando que as variáveis não são estacionárias em nível, mas que após o teste em primeira diferença elas se tornam estacionárias. Em relação as defasagens o modelo utilizou o critério de Schwarz (SC). Em relação a Cointegração, os resultados revelaram que o crescimento econômico e o consumo de energia renovável impactam diretamente o comportamento das emissões de CO_2 (Basso 2020).

Em relação a função resposta ao impulso, foi verificado que um choque positivo no PIB provoca um aumento persistente nas emissões de CO_2 . Ao contrário, um aumento no consumo de energia renovável faz com que a trajetória das emissões seja para baixo e de forma duradoura. Em relação a decomposição da Variância, foi verificado que após 10 anos, 75,82% das emissões de CO_2 são explicadas por seu próprio comportamento passado, enquanto o PIB explica 15,32% e o consumo de energia renovável 8,85% (Basso 2020).

Esta seção da revisão de literatura, mostrou trabalhos que investigaram as relações entre as variáveis, Produto Interno Bruto (PIB), o consumo de energia renovável e não renovável, dentre outras, em vários países do globo, abrangendo diversos períodos de tempo, a fim de saber qual a relação dessas variáveis com as emissões de CO_2 . Entre os métodos aplicados, destaca-se a utilização dos modelos GMM, ARDL, MQO e VAR/VECM. Sendo percebido que independentemente do método utilizado, os estudos apontaram que o investimento em fontes de energia renovável favoreceu o crescimento econômico, tanto no curto prazo, quanto no longo prazo e colaborou para a redução das emissões de dióxido de carbono (CO_2).

A tabela 2, sendo um resumo com os autores apresentados, o ano de suas pesquisas, as variáveis selecionadas, os objetivos, as metodologias e os principais resultados alcançados:

Tabela 2 - Síntese dos estudos empíricos.

Autor	Ano	Variáveis	Objetivo	Metodologia/Dados	Resultados
Tiwari	2011	PIB; Consumo de energia renovável; emissões de CO ₂ ;	Analisar qual a relação entre crescimento econômico, energia renovável e emissões de CO ₂ .	Modelo VAR e SVAR; País: Índia (1960 – 2009); Testes Ng-Perron e Johansen- Juselius Variáveis em primeira diferença, duas defasagens (AIC).	Choques positivos no consumo de energia renovável aumentam o PIB e reduzem as emissões de CO ₂ ; choques no PIB elevam as emissões.
Ben-Salha; Sebri	2014	PIB; Investimento doméstico; Emissões de CO ₂ ; Consumo de energia renovável.	Examinar relações de causalidade entre crescimento econômico, energia renovável e emissões	Modelo ARDL para a Tunísia (1971–2010), Análise de causalidade e correção de erros.	Causalidade bidirecional entre PIB e energia renovável; Aumento da energia renovável reduzem emissões
Zaghdoudi	2017	Preço do petróleo; consumo de energia renovável; emissões de CO ₂ ; PIB	Investigar a Curva Ambiental de Kuznets	Dados em painel da OCDE (1990–2015). Testes LLC, IPS, Maddala-Wu; cointegração de Pedroni; FMOLS e DOLS.	Energia renovável reduzem emissões no longo prazo; variáveis são cointegradas e causalidade no curto e longo prazo.
Mahmoodi	2017	PIB; Emissões de CO ₂ ; geração de eletricidade renovável.	Avaliar relação entre crescimento econômico, energia renovável e emissões	Modelo VECM para 11 países em desenvolvimento (2000–2014).	Aumento do PIB eleva as emissões de CO ₂ ; Energia renovável reduzem emissões; existe causalidade bidirecional.
Shaari; Abidin; Karim	2020	Emissões de CO ₂ ; PIB; População; consumo de energia renovável	Analisar efeitos do crescimento econômico e da energia renovável sobre emissões.	Modelo ARDL para 20 países (1990–2017), por nível de renda.	Longo prazo, o uso de fontes renováveis reduz a poluição; Crescimento econômico e populacional elevam as emissões.
Basso	2020	PIB; Consumo de energia renovável; Emissões de CO ₂	Investigar a relação entre as variáveis no Brasil, no período entre 1990 a 2018.	Modelo VAR para o Brasil (1990–2018). Teste ADF, critério de Schwarz, cointegração, IRF e decomposição da variância.	Choques no PIB aumentam emissões CO ₂ ; energia renovável reduz de forma persistente as emissões de CO ₂ .

Fonte: Elaboração própria, com base nos autores citados.

3 – APRESENTAÇÃO DOS DADOS

Para esta pesquisa, foram selecionadas as seguintes variáveis: A produção agropecuária nacional; o preço da soja – selecionado individualmente dada sua relevância no setor exportador –; o índice de preços ao consumidor (IPC); a taxa de câmbio; a taxa básica de juros (Selic); e o desmatamento da Floresta Amazônica. Os dados das variáveis possuem periodicidade mensal, abrangendo o período de janeiro de 2003 a dezembro de 2024. Justifica-se a escolha do período analisado, considerando-se algumas perspectivas econômicas, políticas e de disponibilidade de dados técnicos, de modo que pudessem ser organizados dentro de uma mesma periodicidade.

Em relação as perspectivas econômicas, segundo Curado (2011), o período compreendido entre os anos 2003 a 2008, marca um importante momento para o Brasil, considerado como a retomada do crescimento econômico, no qual, a taxa média de expansão do Produto Interno Bruto (PIB) foi da ordem de 4,2% a.a. Nesse período o PIB praticamente dobrou, quando comparado ao período anterior. O que segundo Netto (2005, apud Curado 2011) o período compreendido entre 1995 a 2005, pode ser caracterizado como a fase de “estabilidade monetária com estagnação”, no qual verificou-se que a taxa média de crescimento do PIB foi de 2% a.a. Essa fase no campo político, marcou a ascensão do Partido dos Trabalhadores (PT) na presidência da república do Brasil.

Segundo Paula e Pires (2017), é importante ressaltar que, o crescimento da economia brasileira a partir de 2004, foi inicialmente impulsionada pelo período que ficou conhecido como o *bomm das commodities* e depois pelos investimentos no mercado de crédito ao consumidor.

Entre os anos de 2005 a 2010, com exceção de 2009, verificou-se que as taxas de crescimento do PIB foram superiores aos 5% a.a. Já no ano de 2009, como reflexo da crise financeira global (*subprime*), houve uma variação negativa de 0,6% no PIB, impactando significativamente a economia brasileira (Curado, 2011). Porém o país rapidamente apresentou recuperação e as expectativas do mercado, sinalizavam para um nível de crescimento superior aos 7,0% em 2010 (Curado, 2011).

Esse crescimento do PIB, reflete em outras áreas, como por exemplo, o aumento do nível de investimentos para acumulação do capital, que no 1º trimestre de 2003 a relação Investimento/PIB era de 16,23%. Antes da crise financeira global, estava de 20,1% (3º trimestre de 2008). Já no 2º trimestre de 2010 a relação atingiu 17,85% (Curado, 2011). Como reflexo do

crescimento do PIB e do investimento, pode-se verificar que a taxa de desemprego diminuiu consideravelmente. Em 2003 essa taxa era de 11,3%. Já em outubro de 2010 a taxa estava em 6,1%, considerada a menor já registrada pela série histórica (Curado, 2011).

Sobre a crise financeira, originada no mercado imobiliário americano (*subprime*) em 2008, pode-se verificar que a partir de setembro daquele ano, o Brasil sentiu seus efeitos de forma rápida e aguda, marcados pela: saída de capitais estrangeiros aplicados em bolsa; redução da oferta de crédito externo para bancos e firmas; aumento das remessas de lucros e dividendos por parte de subsidiárias de empresas multinacionais; retração do mercado de crédito doméstico; e “empoçamento” de liquidez no mercado interbancário (Paula e Pires 2017).

Outra consequência importante a ser ressaltada é a ampliação do mercado consumidor, que foi proporcionada pelos eventos anteriormente mencionados. Com as classes C e D aumentando seu poder de compra, seus perfis de consumo foram considerados importantes para que o Brasil, mesmo em meio à crise de 2008, não retraísse profundamente sua demanda agregada (Curado, 2011).

Nos anos 2013 e 2014 o Brasil enfrentou um ciclo de desaceleração iniciado pela queda na taxa de investimento. Esse episódio pode ser atribuído a diversos fatores como: as falhas na condução da política econômica, fatores políticos (manifestações de 2013 à incerteza eleitoral de 2014), fatores internacionais (perspectiva de redução gradual dos estímulos de compras de ativos pelo FED nos EUA e a rápida queda no preço das *commodities* em 2014) e fatores institucionais ou jurídicos (avanço da operação Lava Jato que afetou indiretamente setores estratégicos da economia brasileira, como petróleo e gás, construção civil e indústria naval) certamente contribuíram para a desaceleração da economia brasileira no período (Rossi e Mello, 2017).

Como consequência, o ano de 2015 pode ser considerado como o período da recessão brasileira, quando não apenas o PIB passou a registrar seguidas quedas, chegando a amargar taxas negativas, mas também o consumo das famílias, o emprego e renda passaram a cair de forma continuada, tais acontecimentos não eram observados nos dados até o final de 2014 (Rossi e Mello, 2017).

Em 2017, a economia interrompeu o cenário de dois anos de queda consecutivas do PIB, começando com um tímido crescimento de 1%, e aumentando em todos os trimestres ao longo do ano. Pode-se dizer que fatores importantes contribuíram para isso, com destaque para a política monetária cada vez mais expansionista, a safra agrícola extremamente positiva e

também um contexto internacional favorável, além da confiança dos agentes na política econômica executada pelo governo (Horta e Giambiagi, 2018). A agropecuária teve alta de 13%, com uma safra expressiva para o período. As indústrias extrativa e de transformação também apresentaram um bom desempenho: a primeira, foi beneficiada pelos recordes da produção de petróleo e de minério e a segunda, destacou-se o bom desempenho do setor de veículos e equipamentos eletrônicos (Horta e Giambiagi, 2018).

Para os anos de 2018 a 2020, o governo brasileiro viveu um cenário desafiador, marcado por neoliberalismo e pragmatismo econômico. No cenário político, o governo iniciou uma ação de redução da participação da Estado, bem como a aplicação da Reforma da Previdência (2019), alterando as idades mínimas e cálculos de benefícios. Além disso, ocorreu a venda do controle acionário da BR Distribuidora, além da privatização da Eletrobrás em 2022 (Araújo, 2023). No cenário econômico, o PIB cresceu à taxa média de 1,4%, e a taxa média de inflação foi de 6,15% medida pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), considerada acima da meta em dois dos quatro anos do governo; no mercado de trabalho, o período foi marcado pelas altas taxas de desocupação e de informalidade (Araújo, 2023).

Com a pandemia da Covid-19, a partir de março de 2020, o governo brasileiro realizou algumas ações de ampliação dos gastos públicos, para atender à necessidade imposta pela pandemia, as decisões faziam parte do chamando "orçamento de guerra". Uma dessas ações foi o Auxílio Emergencial, que beneficiou cerca de 61 milhões de pessoas em 2020 para conter a recessão e a perda de renda (Araújo, 2023).

Nisto, o que foi descrito acima, visou apenas trazer um breve contexto e recorte de acontecimentos importantes que marcaram esse período, sem vistas aos seus aprofundamentos, visando apenas justificar a escolha do período elencado, para enfim verificar as relações que a busca pelo crescimento econômico brasileiro, bem como todo reflexo por ele desencadeado, análises essas que podem ser realizadas através de alguns de seus principais indicadores macroeconômicos, tem com as emissões de CO₂, é que se justifica a escolha do período analisado.

No que tange a disponibilidade dos dados, foi-se verificado que as informações do PIB da agropecuária, estavam disponíveis na base de dados do Banco Central a partir do ano de 2003. A tabela 3 apresenta a identificação, a definição sintetizada e a fonte destas informações:

Tabela 3 – Identificação, definição sintetizada e fonte das variáveis utilizadas na pesquisa

VARIÁVEIS UTILIZADAS	DEFINIÇÃO	FONTE
Agropecuária (PIB mensal)	Produção (PIB) agropecuária (agricultura e pecuária) nacional e mensal, contemplando os anos de 2003 a 2024.	Banco Central
Taxa de câmbio real (mensal)	Valor relacionado entre duas moedas de países diferentes. Taxa mensal pela qual essas duas moedas podem ser trocadas (neste trabalho R\$/US\$). Selecionados os anos de 2003 a 2024	IPEA, IBGE
Taxa Selic (mensal)	Taxa básica de juros da economia, influencia outras taxas de juros do país, é o principal instrumento de política monetária utilizado pelo Banco Central para controlar a inflação. Abrangendo o período entre 2003 a 2024.	Banco Central do Brasil (BCB)
Preço da soja (<i>commodity</i>) (mensal)	Valor de venda mensal da <i>commodity</i> exportada. Contemplando os anos de 2003 a 2024.	Embrapa
Desmatamento da Floresta Amazônica (mensal)	Quantidade de floresta nativa que se perde com a derrubada/queimadas da Floresta Amazônica. Selecionados os anos de 2003 a 2024	IPAM Amazônia
Índice de Preços ao Consumidor (IPC) (mensal)	Mede a variação de preços de um conjunto fixo de bens e serviços componentes de despesas habituais de famílias com nível de renda situado entre 1 a 33 salários mínimos mensais. Abrangendo o período entre 2003 a 2024.	FGV

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa (2025).

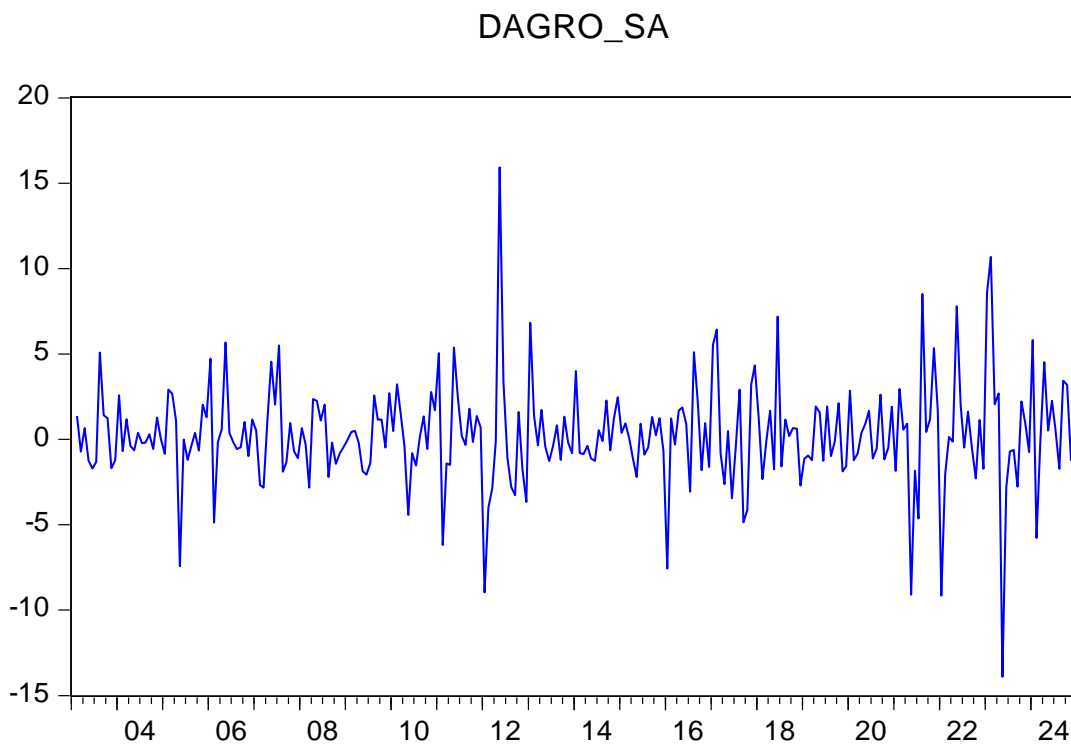
Para verificar a relação entre as variáveis e a correlação com as emissões de CO₂, foram coletados dados em suas respectivas bases oficiais e posteriormente modelados no software EViews, conforme o interesse da pesquisa, aliando ao conhecimento estatístico e econométrico.

A escolha das variáveis macroeconômicas e o desmatamento da Floresta Amazônica, derivou-se do interesse em analisar qual a relação de causalidade entre elas e as emissões do dióxido de carbono (CO₂) no Brasil. A escolha do desmatamento da Floresta Amazônica como uma variável, se deu em razão de sua importância ambiental não apenas para o Brasil, mas para o Mundo, tendo em vista que a Amazônia se destaca pela sua rica biodiversidade e representa um terço das florestas tropicais do planeta, além de abrigar mais da metade da biodiversidade mundial. Com uma estimativa de cerca de 20% de todas as espécies de animais e vegetais de todo planeta nela encontrados (Andrade, 2019 apud Lopes, 2024).

AGROPECUÁRIA

A figura 4, mostra o resultado empírico de estacionariedade da variável produção agropecuária, após o processo de dessazonalização e a primeira diferença:

Figura 4 – Produção agropecuária dessazonalizada e em primeira diferença



Fonte: Elaborado pelo autor através do sistema Eviews10 com dados da pesquisa (2025).

A figura 4, mostra como a produção agropecuária se comportou em relação as emissões de CO₂ após passar por um ajuste sazonal⁵, eliminando tendências no intervalo de tempo, excluindo resultados de eventos previsíveis de ocorrência, como por exemplo, mudanças na temperatura esperada, diferentes expectativas dos agentes – fornecedores e consumidores – períodos de safra e entressafra, que podem apresentar um comportamento sazonal diferente no tempo presente quando comparado no passado (Morais; Stona; Schuck, 2016).

Assim, essas tendências previsíveis foram retiradas com o intuito de reportar um resultado mais dinâmico, deixando apenas a possibilidade de choques econômicos, ambientais ou estruturais, não esperados, que fogem da normalidade esperada, como pandemias, consequências das mudanças climáticas, decisões políticas inesperadas, etc. Além da dessazonalização, foi realizado o teste de raiz unitária, utilizado para que a série temporal atingisse a característica de estacionariedade.

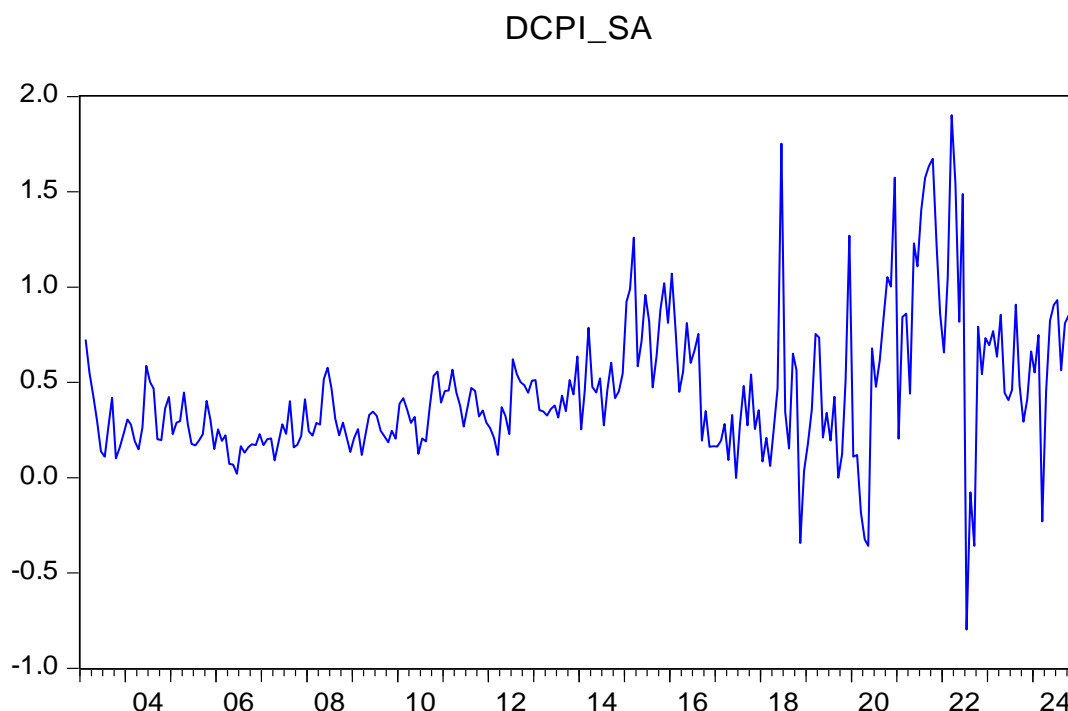
Após a realização do teste de raiz unitária, observa-se na figura 4 que, a série se tornou estacionária, com sua média e variância constantes, oscilando simetricamente ao redor de zero. Destacam-se os anos de 2012 e 2023, indicando choques não previstos pelo modelo. Em 2012, o choque pode ter relação com os resultados da safra, a qual bateu recorde de 162,1 milhões de toneladas naquele ano. A quantidade foi considerada 1,2% superior à obtida em 2011 – 160,1 milhões de toneladas – porém de 0,3% menor que a estimativa para o mês de novembro daquele mesmo ano – 162,6 milhões de toneladas – conforme os dados divulgados pelo IBGE através da 12ª avaliação da produção de cereais, leguminosas e oleaginosas (IBGE, 2023). Em relação ao ano de 2023, o que se pode inferir para que o gráfico tenha oscilado, foram as secas e estiagens consideradas severas ou intensas em diversas regiões do Brasil, conforme divulgado pelo Cemaden (2025), sendo esse episódio impactante das mudanças climáticas no solo.

⁵ Sazonal é um adjetivo e Sazonalidade é um substantivo, que vem de “Sazão”, e em latim “satione”, que quer dizer “estação do ano”, além de serem utilizados na atividade agrícola no passado, são considerados também os eventos culturais, nisto a sazonalidade representa as oscilações que se repetem com certo padrão em um determinado período de tempo. (Econsul, 2018).

ÍNDICE DE PREÇOS AO CONSUMIDOR (IPC)

A figura 5, apresenta o resultado empírico de estacionariedade para a variável Índice de Preços ao Consumidor (IPC), após passar pelo processo de dessazonalização, o qual foi explicado acima e de igual forma pelo teste em primeira diferença:

Figura 5: Índice de preços ao Consumidor (IPC), dessazonalizado e em primeira diferença



Fonte: Elaborado pelo autor através do sistema Eviews10 com dados da pesquisa (2025).

A figura 5, mostra o índice de preços ao consumidor (IPC), que após passar pela dessazonalização e aplicado o teste de raiz unitária, revelou-se que a partir de 2014 até 2024 ocorreram importantes eventos que causaram choques nessa variável, em relação as emissões de CO₂, com oscilações expressivas, fruto da combinação de diversos fatores.

Segundo dados divulgados pela FGV (2023) em seu trabalho intitulado: “A greve dos caminhoneiros: origens e impactos sobre a economia brasileira”, ressaltaram que, devido à paralisação – ocorrida entre os dias 21 a 30 de maio de 2018, mas com evidências até 03 de junho daquele ano – houve escassez de uma série de produtos, inclusive aqueles de primeira necessidade, como alimentos, produtos de higiene pessoal e limpeza, levando ao aumento de preços recordes, os quais, de acordo com o IPCA15 – prévia do IPCA – a inflação oficial brasileira, medida entre os dias 16 de maio a 15 de junho daquele ano, foi a maior desde 1995. Os preços subiram em média 1,11% entre maio e junho, quando comparado entre os meses de abril a maio, o aumento foi impulsionado pela alta no setor de transportes (1,96%) e pelo setor

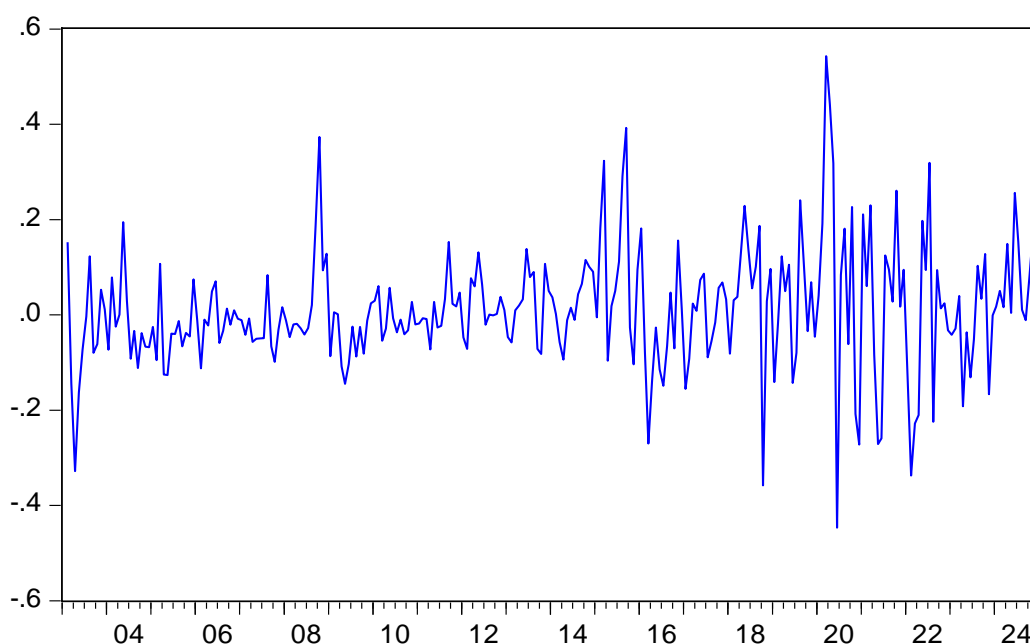
de alimentos (1,57%), os quais possuem forte peso no cálculo do IPC. A combinação de todos esses acontecimentos impulsionou o aumento nas emissões de CO₂.

TAXA DE CÂMBIO

A figura 6, mostra o resultado empírico de estacionariedade da variável taxa de Câmbio, após passar pelo teste em primeira diferença:

Figura 6 – Taxa de Câmbio em primeira diferença

DE



Fonte: Elaborado pelo autor através do sistema Eviews10 com dados da pesquisa (2025).

A figura 6, apresenta a taxa de câmbio após o teste de raiz unitária, mostrando um comportamento estacionário em primeira diferença $I(1)$, ao longo da sua trajetória, apresentando alguns pontos de máximos e mínimos nesse percurso. Após o teste, os destaques ocorreram por exemplo em 2008, ano no qual vários países do mundo sofreram com os impactos da crise do *Suprime* – Crise da bolha imobiliária americana – relacionada a uma política monetária expansionista, por meio de um sistema de crédito imobiliário e investimentos interbancários desta natureza, causando nos EUA um acúmulo de dívidas, levando bancos à falência e espalhando os reflexos da crise – investimentos bancários e afins – por todo o mundo.

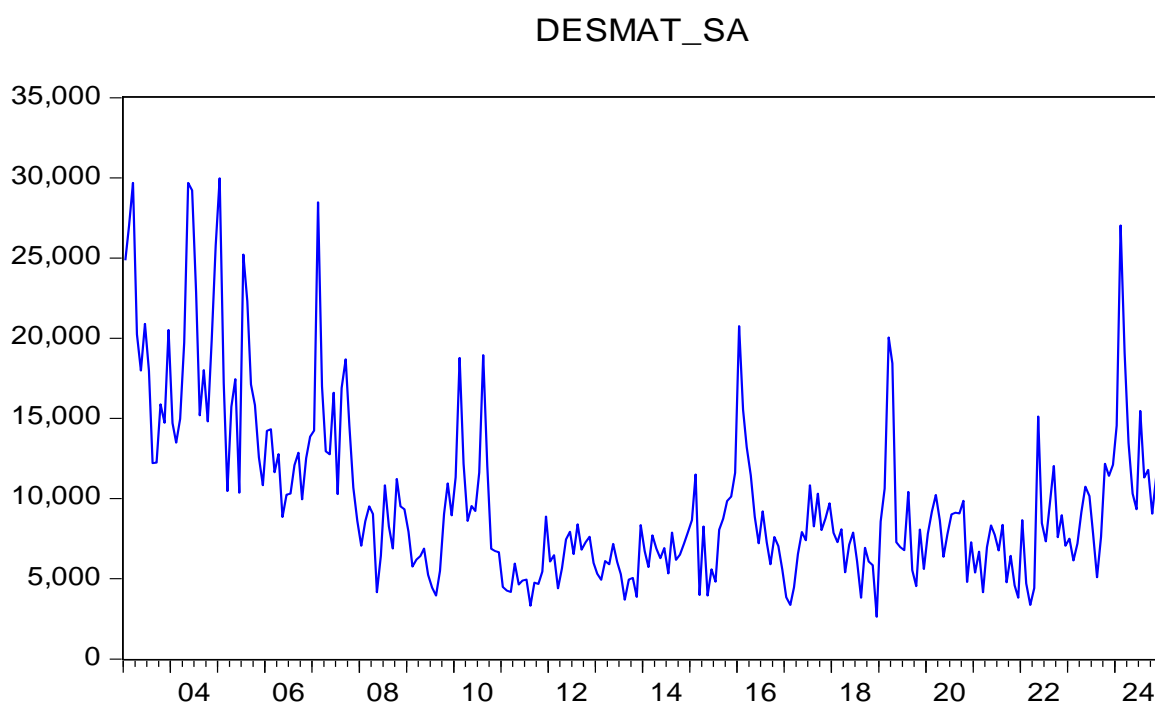
Por volta de 2016, o ponto de declínio do câmbio pode estar correlacionado ao impeachment da presidenta Dilma Rousseff, mostrando que fatores políticos são choques importantes na variável Câmbio. Por fim, por volta de 2020, a pandemia do coronavírus teve

choques em diversos produtos, ao mesmo tempo que ocorreram aumentos nos preços de produtos de necessidade de proteção, como álcool em gel, máscaras faciais, a balança cambial encareceu insumos provenientes das industriais automobilísticas, por exemplo.

DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA

A Figura 7, mostra o resultado empírico de trajetória estacionária, para a variável Desmatamento da Floresta Amazônica, após passar pela dessazonalização:

Figura 7 – Desmatamento da Amazônia dessazonalizada



Fonte: Elaborado pelo autor através do sistema Eviews10 com dados da pesquisa (2025).

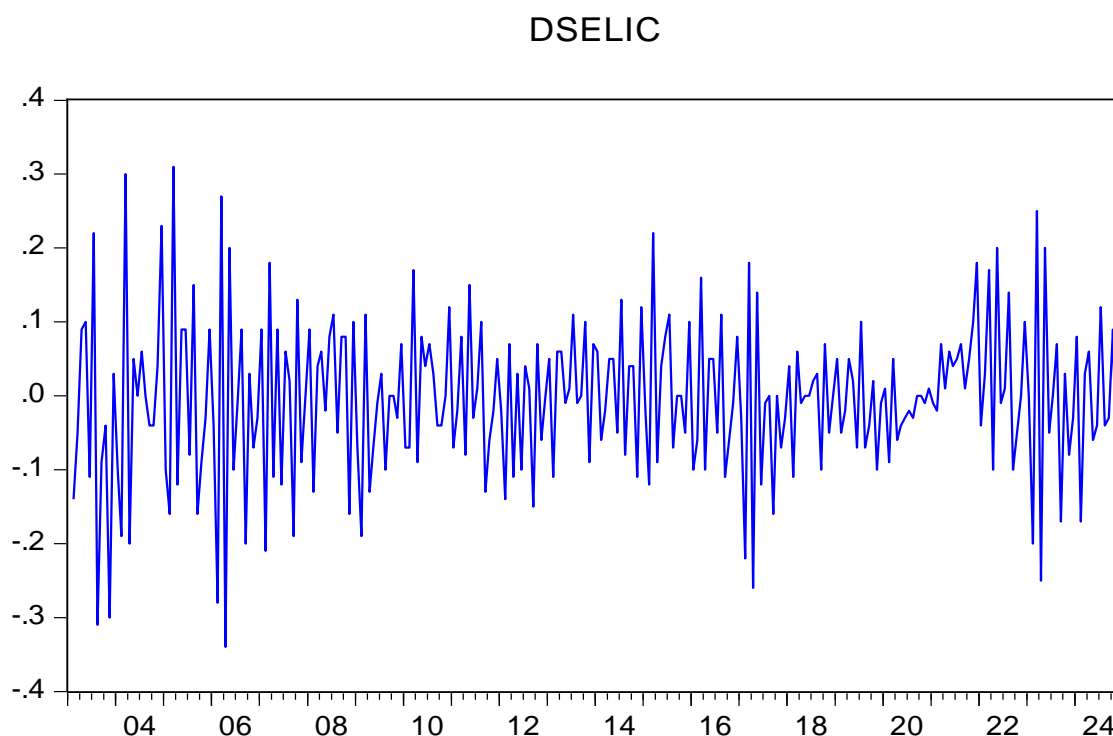
Em 2006, no âmbito da COP12, o governo brasileiro propôs a criação do Fundo Amazônia, para auxiliar na redução dos GEE provenientes do desmatamento da Floresta Amazônica. Esse Fundo tem por objetivo, a captação de recursos, incentivar o investimento externo, para atuar na prevenção e no combate ao desmatamento (IPAM, 2009). Apesar do esforço mundial para diminuir a degradação da Floresta, para Barroso e Mello (2020) o desmatamento costuma seguir uma dinâmica constante: extração ilegal de madeira, queimadas, ocupação por fazendeiros e produtores, principalmente para criação de gado e plantio de soja e tentativa de legalização da área pública grilada, gerando desafios para a preservação da Amazônia.

Nisto, a Figura 7, mostra o comportamento da variável desmatamento da Floresta Amazônica, mesmo após dessazonalizada, apresentou oscilações, que embora não estejam em uma trajetória exponencial, observou-se quedas expressivas e consideráveis pontos de picos e vales. Esse comportamento é caracterizado em nível, $I(0)$, em relação as variáveis macroeconômicas, apresentando irregularidade comportamental e por ser uma variável ambiental, é altamente influenciada por várias questões, além dos exemplos descritos acima, os eventos climáticos inesperados, decisões de política ambiental influenciam esse comportamento e seus reflexos nas emissões de CO_2 .

TAXA SELIC

A figura 8, apresenta o resultado empírico de trajetória estacionária, para a variável Taxa Selic, após passar pelo teste em primeira diferença:

Figura 8 – Taxa Selic em primeira diferença



Fonte: Elaborado pelo autor através do sistema Eviews10 com dados da pesquisa (2025).

A Figura 8, após passar pelo teste de raiz unitária, mostra evidências de choques consideráveis. Observa-se que após o teste, a variável em primeira diferença, $I(1)$, apresenta uma característica de estacionariedade sem crescimento constante, porém com expressivos pontos de picos e vales na maior parte da trajetória. Nos anos iniciais – 2003 a 2007 –, a taxa básica de juros, de acordo com a série histórica do Banco Central do Brasil (2025), estava em

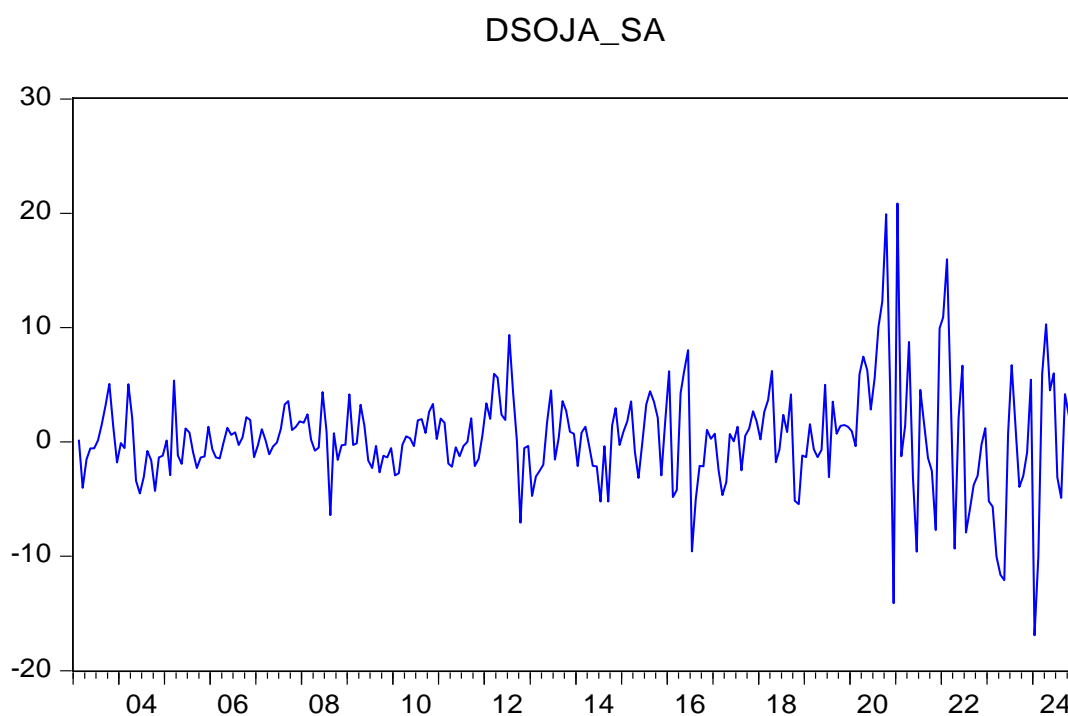
17,32% a.a. em novembro de 2003, já em dezembro, com 16,32% a.a., oscilando sempre em torno desses percentuais, chegando em janeiro de 2005 a 18,25% a.a.

Ainda segundo a série histórica do Banco Central do Brasil (2025), esses valores representam a taxa média diária de juros anualizada com base em 252 dias úteis, ou seja, é o juro calculado dia a dia, com base no comportamento do mercado, sendo a taxa divulgada, a média desses juros diários ao longo de um período. Em seguida, a taxa divulgada é transformada para um valor anual, baseando-se em 252 dias úteis, os quais são considerados pelo mercado financeiro.

PREÇO DA SOJA

A figura 8, apresenta o resultado empírico de trajetória estacionária, para a variável Taxa Selic, após passar pelo teste em primeira diferença:

Figura 9 – Preço da Soja dessazonalizada e em primeira diferença



Fonte: Elaborado pelo autor através do sistema Eviews10 com dados da pesquisa (2025).

A figura 9, mostra o comportamento do preço da soja, após passar pela dessazonalização e o teste de raiz unitária, os resultados indicaram estacionariedade em primeira diferença $I(1)$, com a tendência da média e da variância constantes e entorno de zero. Entretanto, percebe-se que nos anos 2020 a 2024, ocorrem saltos expressivos, com pontos de máximos e mínimos. Essas discrepâncias, ou efeitos oscilantes e consideráveis, podem estar relacionados, pelo

choque da Pandemia da Covid-19, a qual ocasionou a paralisação de diversos setores da economia brasileira e mundial, impactando fortemente a produção e exportação da soja.

Segundo dados do Conab (2021), a área da soja apresentou crescimento de 4,3% em comparação à safra anterior, totalizando cerca de 38,5 milhões de hectares. Com relação ao preço da soja, Segundo Olivera (2022), apresentava estabilidade até fevereiro de 2020, depois mostrou um comportamento ascendente a partir de março, pois com o aumento do dólar americano, os preços da soja para exportação também aumentaram, consequentemente aumentando a produção da oleaginosa.

4 – VETOR AUTOREGRESSIVO (VAR)

No Modelo de Vetores Autorregressivos (VAR) todas as variáveis são consideradas endógenas. Neste Modelo utiliza-se duas ou mais variáveis endógenas com valores defasados. Ao utilizar a defasagem⁶ é importante ficar atento à hipótese de gerar causalidade entre as variáveis, caso haja, é fundamental realizar ajustes para não prejudicar o modelo. Segundo Gujarati (2011), para exemplificar a estimação do Modelo VAR, utilizaremos M_1 e R como variáveis, em que uma variável afeta a outra, o k representa os valores de defasagem em cada equação e o termo u é o erro estocástico, chamado também de choques neste modelo. Será utilizado MQO para fazer a estimação, conforme as equações (1) e (2) abaixo:

$$M_{1t} = \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j M_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j R_{t-j} + u_{1t} \quad (1)$$

$$R_t = \alpha' + \sum_{j=1}^k \theta_j M_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j R_{t-j} + u_{2t} \quad (2)$$

Para Gujarati et al. (2011), é de suma importância definir o tamanho da defasagem (k) a ser utilizada para estimar o Modelo, pois muitos termos na análise podem induzir a erros de especificação; multicolinearidade e consumir graus de liberdade, principalmente se a amostra analisada for pequena. Diante dessa situação, utiliza-se o critério de Akaike (AIC) ou o de Schwarz, e escolhe o menor valor das estatísticas testadas e a aplica no modelo. Caso necessário altera-se o tamanho da defasagem.

⁶ Segundo Gujarati (2011), em economia, a dependência de uma variável Y sobre outras variáveis X (independentes) raramente é imediata, com muita frequência, Y responde a X com lapsos de tempo e é justamente esse lapso de tempo que é chamado de defasagem.

As defasagens podem gerar causalidade bilateral e para verificar se houve causalidade no modelo, utiliza-se o teorema de Granger ou teste de causalidade de Granger, que na presença de “duas variáveis, por exemplo, X_t e Y_t , sendo cointegradas e cada uma é individualmente $I(1)$, isto é, integrada de ordem 1 (cada uma é individualmente não estacionária), X_t deve causar Y_t por Granger ou Y_t deve causar X_t por Granger”. A causalidade se torna contraditória a partir do momento em que não há cointegração (Gujarati et al., p. 781, 2011).

Na tabela 5, é apresentado os resultados do teste Var, utilizando o modelo Akaike (AIC), em que é possível verificar que a medida em se aumenta o número de defasagens no Modelo, o menor valor apresentado, será aquele que se ajustará melhor, uma vez que segundo Gujarati (2011) a seleção do número adequado de lag's (defasagens) é crucial para evitar problemas de especificação, multicolinearidade e perda de graus de liberdade.

Tabela 5: Teste VAR – Modelo Akaike (AIC)

MODELO AKAIKE - (AIC)	
Lag	AIC
0	28,51603
1	26,90573
2	26,93449
3	26,84575*
4	26,93002
5	27,01885
6	27,06954

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa (2025).

Neste estudo, o Lag 3 (26,84575) foi escolhido por apresentar o menor valor entre as alternativas testadas, sugerindo que, as interações entre as variáveis ocorrem com até três períodos de defasagens. Nisto o modelo irá usar 3 Lags; no qual todas as variáveis irão entrar no VAR defasadas em 3 meses. Como por exemplo: Selic t , Selic $t-1$, Selic $t-2$ e Selic $t-3$.

Esse procedimento, utilizando o Modelo Akaike (AIC), permite capturar e analisar de forma mais confiável como as variações na produção agropecuária nacional, no preço da soja, no desmatamento da Floresta Amazônica, na taxa Selic, na taxa de câmbio e no índice de preços ao consumidor (IPC), se propagam ao longo do tempo e influenciam, direta ou indiretamente, o comportamento das emissões de CO_2 no Brasil durante o período analisado.

4.1 – TESTE DE RAIZ UNITÁRIA

Segundo Gujarati et al. (2011), para que uma série estacionária estocástica ocorra, é necessário que a média e a variância das variáveis estudadas no modelo – em relação ao impacto nas emissões de CO₂ – sejam mantidas constantes ao longo do tempo analisado. Além disso, o valor da covariância entre dois períodos de tempo analisados precisa depender de três referências básicas, sendo a distância entre esses dois períodos analisados, o intervalo de tempo desses períodos e a defasagem entre esses períodos.

Outra característica importante das séries temporais, é que elas podem ser consideradas fracamente estacionárias ou fortemente estacionárias. São consideradas séries temporais com estacionariedade fraca quando, o valor esperado da propriedade estatística, a média, não varia ao longo do tempo, ou seja, não depende do momento em que é observada, mantendo-se constante. Além disso, a covariância entre essas variáveis deve ser observada em diferentes pontos no tempo, levando-se em conta a distância entre dois períodos observados (Barbosa Filho, 2023).

Já as séries temporais estocásticas fortemente estacionárias, são aquelas nas quais a média e a variância não variam ao longo do tempo, além de considerar a distância entre os períodos observados, analisa-se o intervalo de tempo e a defasagem desse intervalo, como critério para a Covariância (Barbosa Filho, 2023). Estatisticamente, segundo Andrade (2004), pode-se apresentar as informações acima como:

- $E[Y_t]$: Constante no tempo. (O valor esperado/média é constante no tempo);
- $E(Y_t - E[Y_t])^2 < \infty$: Variância dos seus valores, seja qual for o período analisado, for constante e finita;
- $Cov[Y_{t+21}, Y_{t+10}] = Y_{21} = Cov[Y_{t+22}, Y_{t+10}] \neq Cov[Y_{t+25}, Y_{t+2}]$: A covariância entre diferentes observações, analisasse o intervalo entre essas observações, mas não do período em que é tomada.

Segundo Barbosa Filho (2023), a raiz unitária é considerada uma propriedade das séries temporais que indica que a média e a variância variam ao longo do tempo, ou seja, caso as variáveis estudadas no modelo, variem no decorrer do tempo, nota-se a presença de uma raiz da equação característica, com valor igual a 1 (Barbosa Filho, 2023). Para avaliar o modelo e saber se existe a presença ou não da raiz unitária na série estudada, utiliza-se o teste:

O *Augmented Dickey Fuller* (“ADF”), utilizado para determinar se existe raiz unitária nas séries, consequentemente, identificar se a série é estacionária ou não. Verifica-se neste teste que a hipótese nula e a hipótese alternativa são:

- Hipótese Nula (H_0): a série contém raiz unitária.
- Hipótese Alternativa (H_a): a série não contém raiz unitária.

Se a hipótese nula não for rejeitada, o teste evidencia a presença de raiz unitária, indicando não estacionariedade, com a média e a variância das variáveis, alterando-se ao longo do tempo.

A tabela 6, mostra o teste de raiz unitária “ADF”, para o modelo deste estudo:

Tabela 6: Teste de Raiz Unitária ADF

TESTE DE RAIZ UNITÁRIA ADF		
Variable	t-Statistic	Prob.
agro_sa	-0,4714	0,8931
dagro_sa	-12,2859	0,0000
cpi_sa	3,0621	1,0000
dcpi_sa	-6,0692	0,0000
e	0,2378	0,9745
de	-12,1045	0,0000
desmat_sa	-6,1120	0,0000
selic	-2,0400	0,2696
dselic	-5,0980	0,0000
soja_sa	-0,7353	0,8346
dsoja_sa	-12,2466	0,0000

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa (2025).

A partir dos resultados apresentados na tabela 5, pode-se verificar que as variáveis apresentam comportamentos de não estacionariedade ao nível de 5%, nas quais, a produção agropecuária nacional (agro_sa), o preço da soja (soja_sa), o índice de preços ao consumidor (cpi_sa) e a taxa de câmbio (e), apresentaram probabilidades superiores a 0,05, não rejeitando a hipótese nula, evidenciando assim a presença de raiz unitária e o comportamento não estacionário ao longo da série trabalhada.

Somente após passarem pela aplicação da primeira diferença, essas variáveis apresentam um caminho de estacionariedade e aplicação mais assertiva ao Modelo VAR.

Ressalta-se, em contraste, que a única variável que apresenta comportamento estacionário em nível, $I(0)$, é o desmatamento da Floresta Amazônica (desmat_sa).

4.2 – CAUSALIDADE E TESTE DE CAUSALIDADE DE GRANGER

Em economia, a causalidade é interpretada como a relação na qual a variação de uma variável afeta diretamente a ocorrência de outra variável. Segundo Granger (1969), uma variável X_t é conhecida como “*Granger cause*” por Y_t se as informações passadas e correntes de Y_t ajudam a melhorar as previsões de X_t , e/ou vice-versa (apud Griffiths et al., 2007; Souza Filho, 2008)

O teste de causalidade de Granger analisa as relações entre duas variáveis defasadas e possibilita inferir um tipo de relação que, apesar de não indicar causalidade, indica precedência de uma sobre outra (Granger, 1969 apud Machado, 2019). O teste assume que, o futuro não pode causar o passado, se o evento A ocorre depois do evento B, sabe-se que A não pode causar B. Ao mesmo tempo, se A ocorre antes que B, isso não significa que A, necessariamente, cause B (Carneiro 2002, apud Souza Filho, 2008). Exemplo são as previsões de chuva do meteorologista, em que, o fato da previsão ocorrer primeiro do que a chuva, não implica que o meteorologista cause a chuva (Souza Filho, 2008). Na prática, são duas séries temporais A e B e o interesse é saber se A precede B ou B precede A ou ainda se A e B ocorrem simultaneamente. Essa é a essência do teste de causalidade de Granger, que não se propõe a identificar uma relação de causalidade no seu sentido de endogeneidade (Souza Filho, 2008).

Segundo Gujarati (2006), uma simples relação estatística não prova causalidade nem direção de influência. Contudo nas regressões envolvendo séries temporais, pode ser um pouco diferente, como traz o exemplo, se o evento ‘A’ acontece antes do evento ‘B’, então é possível que ‘A’ esteja causando ‘B’. No entanto, não é possível que ‘B’ esteja causando ‘A’. Em outras palavras, os eventos passados podem levar ao acontecimento de eventos no presente. Os eventos futuros não podem causar eventos passados (koop, Gary 2000 apud Gujarati, 2006).

O teste de causalidade de Granger é um instrumento eficiente, que tem como objetivo detectar a direção de causalidade quando houver temporariamente uma relação de liderança e defasagem entre duas variáveis (koop, Gary 2000 apud Gujarati, 2006). Os autores ainda ressaltam que a direção de causalidade dependerá do número de termos defasados incluídos no modelo.

Souza Filho (2008) afirma que em termos gerais, visto que o futuro não pode prever o passado, mudanças em X devem preceder temporalmente mudanças em Y se a variável X Granger-causa a variável Y.

A tabela 7, apresenta os resultados do teste de causalidade de Granger aplicado ao modelo deste estudo. Considerando-se o nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula (H_0) quando a probabilidade associada ao teste é inferior a 0,05 ($\text{Prob.} < 0,05$), indicando que a variável X causa Y no sentido de Granger. Por outro lado, quando a probabilidade é maior ou igual a 0,05 ($\text{Prob.} \geq 0,05$), não se rejeita H_0 , o que indica a ausência de causalidade de Granger de X para Y. Nisto verifica-se que a variável taxa Selic, representada por (DSELIC), causa Granger a atividade agropecuária (DAGRO_SA), dado que o valor da sua probabilidade resultou em 0,0467. Na prática isso significa que eventos passados na taxa Selic causaram impactos na variável Agropecuária.

Em seguida, a mesma análise pode ser verificada na relação entre as variáveis soja (DSOJA_SA) causa no sentido Granger a inflação, representada pela variável Índice de preços ao consumidor (IPC), representado pela (DCPI_SA), evidenciado pelo resultado de 0,0002. Isso quer dizer que choques no mercado de soja, afetam os níveis de preços internos (domésticos), mostrando como os bens de primeira ordem afetam os Índices de preços ao consumidor (IPC). Todos as demais variáveis estão com seus valores superiores a 0,05 ($\text{Prob.} \geq 0,05$), indicando que não se rejeita H_0 e, portanto, as demais relações entre as variáveis, não causam-Granger umas às outras, conforme mostra a Tabela 6.

Em síntese, os resultados do teste de causalidade de Granger evidenciam que, a variável taxa Selic (DSELIC) causa Granger a variável produção agropecuária (DAGRO_SA), ao nível de significância de 5%, rejeitando a hipótese nula (H_0), dada a probabilidade de 0,0467 ou 4,67%. Esse resultado mostra que as decisões de política monetária são importantes, afetando diretamente as decisões de produção e os resultados da agropecuária. Ainda, observa-se que, a variável taxa de Câmbio (DE) causa Granger a atividade agropecuária (DAGRO_SA), ao nível de significância de 10%, como mostra a probabilidade de 0,0899, ou 8,99%, em outras palavras, choques na taxa de câmbio influenciam as decisões de produção no setor agropecuário, direcionadas ao mercado externo.

Por fim, a variável taxa Selic (DSELIC) causa Granger a variável Desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA), ao nível de significância de 10%, conforme a probabilidade apresentada de 0,0829 ou 8,29%. Em outras palavras, dada um choque na taxa Selic, por exemplo, uma diminuição da taxa básica de juros, ocorrerá um estímulo para o investimento no setor agropecuário, expandindo a produção e colaborando para o aumento do

desmatamento da floresta amazônica, dado que a atividade agropecuária lida essencialmente com a expansão do uso das terras para cultivos de soja, milho, por exemplo, e criação de gado, para pastagem.

Tabela 7 – Teste de Causalidade de Granger

Hipótese nula	Prob.
DCPI_SA não causa Granger DAGRO_SA	0,9575
DAGRO_SA não causa Granger DCPI_SA	0,3546
DE não causa Granger DAGRO_SA	0,0899
DAGRO_SA não causa Granger DE	0,4096
DESMAT_SA não causa Granger DAGRO_SA	0,8805
DAGRO_SA não causa Granger DESMAT_SA	0,7668
DSELIC não causa Granger DAGRO_SA	0,0467
DAGRO_SA não causa Granger DSELIC	0,7822
DSOJA_SA não causa Granger DAGRO_SA	0,8496
DAGRO_SA não causa Granger DSOJA_SA	0,5607
DE não causa Granger DCPI_SA	0,0934
DCPI_SA não causa Granger DE	0,3972
DESMAT_SA não causa Granger DCPI_SA	0,3073
DCPI_SA não causa Granger DESMAT_SA	0,8045
DSELIC não causa Granger DCPI_SA	0,2118
DCPI_SA não causa Granger DSELIC	0,0002
DSOJA_SA não causa Granger DCPI_SA	0,0002
DCPI_SA não causa Granger DSOJA_SA	0,7493
DESMAT_SA não causa Granger DE	0,1397
DE não causa Granger DESMAT_SA	0,5710
DSELIC não causa Granger DE	0,5240
DE não causa Granger DSELIC	0,6196
DSOJA_SA não causa Granger DE	0,3658
DE não causa Granger DSOJA_SA	0,4608
DSELIC não causa Granger DESMAT_SA	0,0829
DESMAT_SA não causa Granger DSELIC	0,8659
DSOJA_SA não causa Granger DESMAT_SA	0,3522
DESMAT_SA não causa Granger DSOJA_SA	0,9331
DSOJA_SA não causa Granger DSELIC	0,8056
DSELIC não causa Granger DSOJA_SA	0,9456

Fonte: Elaborado pelo autor através do sistema Eviews10 com dados da pesquisa (2025).

4.3 – FUNÇÃO IMPULSO RESPOSTA

As Funções Impulso-Resposta (FIR), como explicam Gujarati e Porter (2011), ajudam a entender de forma muito clara como um choque inesperado em uma variável se espalha pelo sistema ao longo do tempo, impactando não somente a variável analisada, mas as outras inseridas no modelo.

Nisto, para a identificação estrutural dos choques, foi aplicado o ordenamento das variáveis pelo método de decomposição de Cholesky, estruturado da seguinte forma: DSOJA_SA, DCPI_SA, DSELIC, DAGRO_SA e DESMAT_SA. Nesse ordenamento as variáveis são classificadas das mais exógenas para as menos exógenas, em que as primeiras não sofrem efeitos imediatos de choques nas variáveis que seguem no ordenamento.

Assim, a figura 10, apresenta as respostas ao impulso com o ordenamento de Cholesky escolhido, verificando-se os seguintes resultados: no primeiro gráfico, tem-se a resposta ao impulso na variável desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA) a um choque sobre a variável Soja (DSOJA_SA), mostrando que as bandas (linhas vermelhas), estão posicionadas em eixos diferentes do gráfico – uma linha na parte superior e a outra na parte inferior –, nisto não há evidência estatisticamente significativa de resposta ao impulso entre as variáveis. Observa-se ainda, no período de 2 a 4 uma queda nos dados apresentados e a partir do período 6 a tendência é que os dados se aproximem de zero, significando basicamente que neste modelo não foi encontrado efeito consistente de que a produção da soja afete o desmatamento no curto prazo.

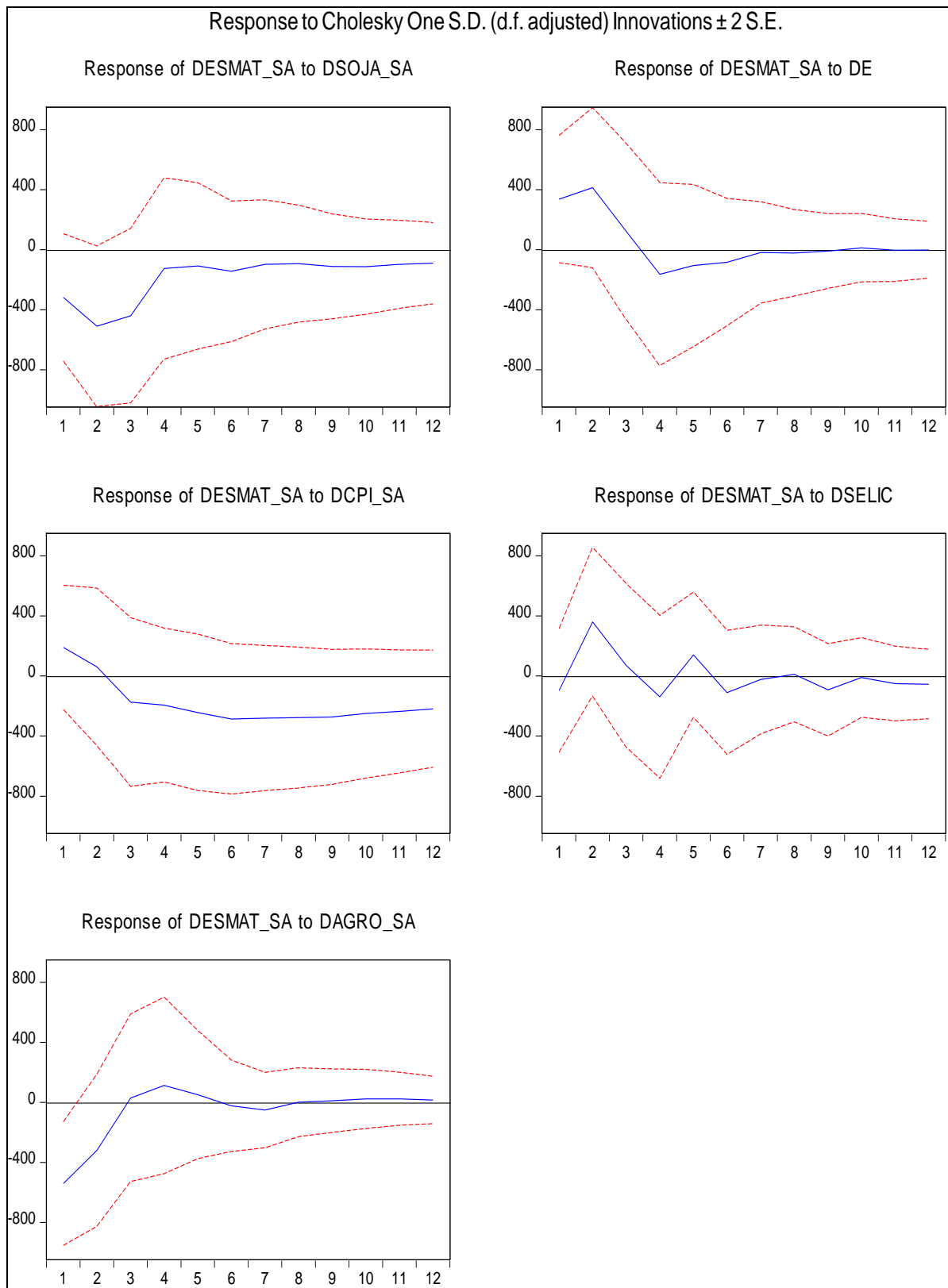
O segundo gráfico, mostra a resposta ao impulso da variável desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA) a um choque na variável taxa de câmbio (DE), foi possível perceber que existe um impacto positivo no desmatamento, evidenciado nos períodos 1 e 2. Já nos períodos seguintes ocorre uma queda abrupta, até que no período 6 atinge um efeito convergindo para zero. Isso significa que embora o modelo apresente oscilações, não existe uma evidência consistente de impacto da atividade do câmbio sobre o desmatamento no curto prazo.

O terceiro gráfico, mostra a resposta ao impulso da variável desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA) ao choque no índice de preços ao consumidor (DCPI_SA), observou-se uma redução do desmatamento nos períodos de 1 ao período 6. Porém após esse período os valores convergem para em torno de zero, evidenciado que não são estatisticamente significativos.

O quarto gráfico, apresenta uma reposta do desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA) a um choque na taxa Selic (DSELIC), apresentando um comportamento um pouco diferente dos outros gráficos apresentados, observa-se uma oscilação mais volátil, com alternâncias marcando pontos de picos e vales nos períodos de 1 a 6, após esses períodos, as bandas de confiança tendem a se concentrar em torno de zero. E nisto pode-se inferir que o modelo não consegue estabelecer uma relação de significância entre choque na taxa Selic respondendo ao desmatamento no longo prazo.

Por fim, no último gráfico, tem-se a resposta do desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA) a um choque na variável agropecuária (DAGRO_SA), mostrando nos primeiros períodos (1 e 2), que existe um crescimento significativo da atividade agropecuária sobre o desmatamento. Já nos períodos 3 a 5,5 aproximadamente, observa-se um leve crescimento, indicando que um choque na agropecuária, está impactando o aumento do desmatamento, sendo o impacto significativo deste trabalho. Evidenciando que a produção agropecuária, afeta o desmatamento da Floresta Amazônica, no curto prazo e em outros pontos ao ao longo do tempo, mesmo com a linha de resposta ficando dentro das bandas de confiança.

Figura 10 – Resposta ao Impulso com ordenamento de Cholesky



Fonte: Elaborado pelo autor através do sistema Eviews10 com dados da pesquisa (2025).

4.4 – DECOMPOSIÇÃO DA VARIÂNCIA

Em modelos VAR, a decomposição da variância funciona basicamente para mostrar o quanto da variação futura de uma variável vem de choques nela mesma e o quanto dessa variação é resultado de choques das outras variáveis do sistema. É uma forma bem clara de entender como essas variáveis se influenciam ao longo do tempo, como destaca Bueno (2008), utiliza-se a decomposição da variância do erro, para analisar as inter-relações e estimar o quanto cada variável endógena impacta no modelo ao longo do tempo.

Dito de outra forma, é quando se busca explicar o comportamento da variação de uma variável, específica e endógena ao modelo, afetada pelas outras variáveis que estão sendo estudadas neste modelo. A decomposição da variância, enquanto técnica estatística, foi utilizada para que se pudesse avaliar qual o peso relativo dos choques macroeconômicos.

Nisto, pode-se verificar que foram utilizados 12 períodos e os resultados são apresentados na Tabela 8 para o preço da Soja (DSOJA_SA), a taxa de Câmbio (DE), o Índice de preços ao consumidor – IPC – (DCPI_SA), a taxa Selic (DSELIC), a produção Agropecuária (DAGRO_SA) e o desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA).

Os resultados para o desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA), indicam que a variabilidade dos erros de previsão é explicada quase que exclusivamente pela sua própria variação, representando 95% e indicando uma condição de exogeneidade para as emissões de CO₂. No médio prazo, entre os períodos de 3 a 6, a variabilidade reduz, mas continua em patamares elevados (92,5% em média), nisto verifica-se qual o percentual de impacto das outras variáveis sobre o desmatamento, que embora sejam impacto menores, percebe-se que a produção Agropecuária Nacional (DAGRO_SA) é a que mais impacta em todos os períodos, seguida pelo preço da Soja (DSOJA_SA), depois pela taxa de Câmbio (DE), e com impactos menores advindos do Índice de Preços do Consumidor – IPC – (DCPI_SA) e da taxa Selic (DSELIC).

Tabela 8 – Decomposição da Variância

PERÍODO	DSOJA_SA	DE	DCPI_SA	DSELIC	DAGRO_SA	DESMAT_SA
1	0,898877	1,005460	0,321400	0,083025	2,605210	95,086030
2	2,127475	1,668538	0,233864	0,817709	2,326877	92,825540
3	2,884575	1,550403	0,363644	0,747720	2,059835	92,393820
4	2,715712	1,546508	0,511405	0,776640	1,946136	92,503600
5	2,599724	1,500317	0,742655	0,817491	1,836471	92,503340
6	2,579333	1,466345	1,061918	0,834788	1,761067	92,296550
7	2,538370	1,422062	1,354235	0,810931	1,716956	92,157450
8	2,508638	1,387509	1,630211	0,790637	1,672926	92,010080
9	2,508861	1,360759	1,891431	0,809342	1,640681	91,788930
10	2,523141	1,341828	2,108577	0,798176	1,619055	91,609220
11	2,530905	1,326372	2,299623	0,798873	1,602395	91,441830
12	2,539976	1,314695	2,461401	0,803346	1,589060	91,291520
Ordenamento Cholesky: DSOJA_SA DE DCPI_SA DSELIC DAGRO_SA DESMAT_SA						

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da pesquisa (2025).

4.5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção tem por objetivo apresentar os principais resultados verificados neste trabalho. Inicialmente, utilizou-se a escolha do Modelo de Vetores Autorregressivos (VAR) como ferramenta econométrica para analisar as possíveis relações dinâmicas entre as variáveis de natureza econômica (taxa Selic, taxa de Câmbio, produção agropecuária); além de especial atenção ao preço da soja e a variável ambiental, desmatamento da Floresta Amazônica, sobre as emissões de dióxido de carbono (CO₂) no Brasil. A escolha do Modelo VAR foi realizada por conta de sua natureza multivariada, na qual todas as variáveis são tratadas como endógenas, o que possibilita observar como elas se relacionam no longo prazo (Sims, 1980).

Após a escolha do Modelo, realizou-se a dessazonalização das variáveis, retirando as previsibilidades de ocorrências de eventos que impactam diretamente nas variáveis, como por exemplo mudanças de estações no ano, datas comemorativas, etc.

Em seguida, para alcançar a estacionariedade, a etapa empírica consistiu na realização do teste de raiz unitária, com destaque para o teste *Dickey-Fuller Aumentado* (“ADF”), para verificar se as variáveis selecionadas apresentavam comportamento de estacionariedade na

série temporal escolhida – janeiro de 2003 a dezembro de 2024 –. Pois conforme já visto, esta etapa é fundamental, uma vez que a presença de raiz unitária pode trazer resultados com regressão espúria e vieses na análise.

Nisto, os resultados mostraram que, com exceção da variável desmatamento da Floresta Amazônica, todas as outras variáveis selecionadas apresentaram comportamento não estacionário em nível – $I(0)$, sendo necessária a aplicação do teste de raiz unitária, levando as variáveis à diferenciação. Lembrando que a variável desmatamento da Floresta Amazônica, passou somente pela dessazonalização.

Em seguida, ocorreu a definição do número ótimo de defasagens (Lags) do Modelo VAR, utilizando como critério o método de Akaike (AIC) verificou-se que o Lag3 (26,84575) foi destacado por apresentar o menor valor entre as alternativas testadas. Evidenciando que as interações entre as variáveis ocorrem com até três períodos de defasagens. Tendo importância na análise dos demais testes que se seguem no modelo.

O próximo passo foi a realização do teste de causalidade de Granger, cujo objetivo foi analisar as relações entre as variáveis defasadas, avaliando a precedência temporal e capacidade preditiva entre elas. O critério utilizado no teste de causalidade de Granger permite mostrar que, ao nível de significância de 5%, rejeita-se a hipótese nula de ausência de causalidade quando a probabilidade associada ao teste é inferior a 0,05. Análise semelhante foi feita com o nível de significância de 10%.

Os resultados mostraram que, a taxa Selic (DSELIC) causa Granger a atividade agropecuária (DAGRO_SA) com probabilidade de 0,0467 ou 4,67%. Esse resultado pode ser associado ao fato de que, havendo mudanças na política monetária, aumentando ou diminuindo a taxa Selic, o setor agropecuário pode ser afetado no que tange ao crédito rural, incentivando ou desincentivando nas decisões de investimentos. Por exemplo, se a inflação sobe, o banco central eleva a taxa Selic, afim de conter pressões inflacionários, consequentemente, os preços de fertilizantes, sementes, produtos agropecuários, em geral, podem ter seus preços elevados, bem como investir em novos maquinários pode-se tornar mais oneroso, resultando em uma queda ou mesmo em desaceleração da produção agropecuária.

Outro resultado do teste de causalidade de Granger foi que, o preço da soja (DSOJA_SA) causa Granger a inflação (DCPI_SA), ainda que com pouca expressividade, com a probabilidade de 0,0002. Refletindo que quando choques afetam os preços da soja, podem

influenciar o índice de preços ao consumidor, aumentando ou diminuindo a venda e o consumo de soja e seus produtos derivados, refletindo no mercado interno.

Importante resultado também é a variação da taxa de Câmbio (DE) que causa Granger a atividade agropecuária (DAGRO_SA), ao nível de significância de 10%, evidenciando que decisões na produção agropecuária são influenciadas por choques no Câmbio, impactando as exportações brasileiras.

Resultado fundamental também foi a variável taxa Selic (DSELIC) que causa Granger a variável desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA), ao nível de significância de 10%, com probabilidade de 0,0829 ou 8,29%. Isso significa que, decisões de política monetária do Banco Central do Brasil (BCB), podem afetar indiretamente o desmatamento da Floresta Amazônica, uma vez que, quando a produção agropecuária, por exemplo, sofre impactos da variação da taxa Selic, como, facilidade de crédito para investir em maquinários, expansão de terras para plantio de soja e atividades pecuárias, registram-se consequentemente um aumento do desmatamento de áreas que anteriormente não eram destinadas a esse fim, como é o caso da Floresta Amazônica.

Para as demais variáveis percebe-se que a relação de causalidade não acontece, podendo estar relacionado ao fato dessas variáveis não apresentarem relação de impacto mais direto entre si. Por fim, ainda sobre o desmatamento da Floresta Amazônica, podemos ressaltar que decisões de políticas ambientais, mudanças de governos em que cada um possui uma visão política com aplicação de leis de regulação ou ampliação de terras para cultivos, não conseguem ser facilmente capturadas pelo modelo, como por exemplo as variáveis econômicas.

Em seguida, a metodologia empírica analisou as funções de impulso-resposta (FIR) do desmatamento da Floresta Amazônica aos choques nas demais variáveis do Modelo. A partir da decomposição de Cholesky, com a ordenação previamente definida, foi possível verificar qual os sinais e a persistência, bem como a força do efeito dos choques nas variáveis macroeconômicas e na variável ambiental sobre as emissões de CO₂.

Os resultados apontaram ausência de efeitos estatisticamente significativos e persistentes sobre o desmatamento no longo prazo, uma vez que as respostas permanecem, em sua maioria, apenas nos primeiros períodos e dentro das bandas de confiança, onde as linhas vermelhas, nunca se encontravam, ficando cada uma em um patamar do gráfico, uma na banda inferior (menor que zero) e a outra na banda superior (acima de zero). Além disso, a linha azul, representando a média da variável, convergindo para zero ao longo do horizonte analisado, ou

seja, há um leve comportamento de mudança no curto prazo, porém tendendo a média a zero no longo prazo.

O choque no preço da soja, na taxa de câmbio e no índice de preços ao consumidor (IPC) geram respostas apenas no curto prazo, se dissipando ao longo da trajetória e convergindo para a média em torno de zero.

A taxa Selic, nos primeiros meses observou-se um comportamento mais dinâmico, com alternância entre efeitos positivos e negativos sobre o desmatamento. Porém, de igual forma convergem para zero nos períodos posteriores, o que indica ausência de relação significativa de longo prazo entre a política monetária e o desmatamento no modelo estimado.

E por último, o choque na atividade agropecuária apresenta efeitos mais expressivos no curto prazo, com redução inicial do desmatamento seguida de um aumento temporário nos períodos subsequentes. Ainda assim, como a resposta permanece dentro das bandas de confiança, não há evidências estatísticas de que esses choques tenham impacto duradouro sobre o desmatamento.

As funções impulso-resposta sugerem que, no contexto do modelo analisado, o desmatamento da Floresta Amazônica apresenta comportamento relativamente exógeno, não respondendo de forma estatisticamente significativa e persistente a choques macroeconômicos e produtivos no curto e no longo prazo.

Seguindo as etapas de análises empíricas, a decomposição da variância do erro de previsão, permite quantificar a contribuição relativa de cada variável para a explicação da variância das emissões de CO₂ ao longo do tempo. Considerada assim uma etapa também fundamental para identificar a importância relativa dos fatores macroeconômicos e ambientais que afetam emissões de CO₂.

Os resultados da decomposição da variância do erro de previsão indicam que, o desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA) é explicado predominantemente por sua própria dinâmica, respondendo por aproximadamente 95% da variabilidade dos erros de previsão. Esse resultado evidencia um elevado grau de exogeneidade da variável no modelo estimado. Mesmo no médio prazo, entre os períodos 3 e 6, essa participação permanece elevada, situando-se em torno de 92,5%.

As demais variáveis exercem influência limitada sobre o desmatamento, embora a produção Agropecuária (DAGRO_SA) se destaque como o principal fator explicativo entre elas

ao longo de todo horizonte analisado, seguida pelo preço da Soja (DSOJA_SA) e pela taxa de Câmbio (DE). Os impactos do Índice de Preços ao Consumidor – IPC – (DCPI_SA) e da taxa Selic (DSELIC) mostram-se relativamente reduzidos em comparação às demais variáveis.

As evidências empíricas apontam para uma forte interdependência entre crescimento econômico, desmatamento e emissões de CO₂ no Brasil, reforçando a necessidade de políticas públicas não isoladas, mas integradas, que combinem desenvolvimento econômico, mitigação das emissões de CO₂ com sustentabilidade.

Como parte do processo de construção do conhecimento, este trabalho apresentou como as variáveis selecionadas se comportaram ao longo dos anos entre 2003 e 2024 e tendo em vista a multiplicidade de condicionantes, que podem influenciar as emissões dos gases de efeito estufa, uma das possibilidades para pesquisas futuras é a inserção de novas variáveis, como por exemplo, variáveis referente a atividade mineradora, tendo em vista seu importante papel no Brasil, quando o assunto é garimpo ou atividade extrativa legal e ilegal, bem como inserir novas *commodities* importantes na pauta de exportações brasileiras, para assim poder verificar os impactos e as relações de causalidade de Granger e Impulso a respostas ao choque nessa variável.

CONCLUSÃO

A pesquisa mostrou em um primeiro momento, um breve contexto histórico das conferências e reuniões internacionais voltadas ao clima. Da Conferência de Estocolmo (1972), seguindo as principais COPs, das quais resultaram trabalhos importantes para o desenvolvimento e o fortalecimento das ações de mitigação dos gases de efeito estufa (GEE).

Em seguida, o trabalho mostrou como o Brasil desenvolveu políticas de fortalecimento e aprimoramento do combate as emissões de dióxido de carbono (CO_2) e dos demais gases causadores do efeito estufa (GEE), como o Plano Nacional sobre Mudança do Clima, o Fundo Clima, além de informar sobre sua matriz energética e os impactos que as queimadas na Floresta Amazônica têm sobre as emissões de dióxido de carbono (CO_2)

Neste sentido, foi mostrando que, o observatório do Clima busca desde 2018 contabilizar as emissões provenientes do carbono do fogo não associado ao desmatamento, que podem ser interpretados como aqueles que afetam as florestas em pé na Amazônia e na Mata Atlântica, que não colocam abaixo a floresta, além de contabilizar também as emissões de metano (CH_4) e de óxido nitroso (N_2O), sendo eles impactantes no quadro das emissões de GEE.

O trabalho seguiu então em mostrar se as variáveis, escolhidas previamente a partir de reuniões com o orientador deste trabalho, impactam ou não as emissões de gás carbônico (CO_2) ao receberem algum choque exógeno, além de verificar a persistência desses possíveis impactos.

Conclui-se que, em relação a Floresta Amazônica, o desflorestamento apresenta um papel significativo nas emissões dos gases de efeito estufa (GEE). Assim a degradação da Floresta explica a maior parte das emissões de dióxido de carbono (CO_2) no Brasil, no período que vai de 2003 a 2024. Ações como grilagem, garimpos ilegais, decisões políticas de governos anteriores, podem ser elencadas como as principais condicionantes da Amazônia como sua principal fonte de emissões de dióxido de carbono (CO_2), quando comparado aos procedimentos realizados com as demais variáveis selecionadas. O trabalho empírico mostrou através dos resultados da decomposição da variância do erro de previsão.

O PIB da Agropecuária, figurado no trabalho como (DAGRO_SA), por sua vez pode trazer análises importantes para a realidade do desmatamento da Floresta, juntamente com os resultados empíricos apresentados. Incentivos financeiros, como a redução da taxa de juros,

podem contribuir significativamente para que o setor da agropecuária invista em novas máquinas, ferramentas e insumos, afim de expandir sua fronteira agrícola, todo esse aparato de novas tecnologias pode contribuir significativamente para o desmatamento da Amazônia e consequentemente para o aumento das emissões de dióxido de carbono (CO₂).

No choque realizado na taxa Selic por exemplo, verificou-se que ocorre uma mudança nos períodos iniciais bastante significativa, influenciando impactos diretos na Agropecuária e indiretos no desmatamento da Floresta Amazônica.

Esse resultado, figurado neste trabalho como, Selic (DSELIC) causa Granger a variável desmatamento da Floresta Amazônica (DESMAT_SA), foi considerado como um dos mais importantes, tendo em vista que, em vias de senso comum, não é usual pensar que decisões de política monetária possam afetar as taxas de desmatamento da Floresta Amazônica, colaborando assim para o aumento das emissões do dióxido de carbono (CO₂). Levando a reflexões sutis, como, será que todas as decisões de política monetária devem evitar a diminuição da Taxa de Juros, uma vez que sua diminuição acarreta, como mostrou o resultado do teste de causalidade de Granger, no aumento da taxa de desmatamento?

Essa questão deixa claro o quanto as ciências econômicas são uma área complexa, na qual a resposta, obviamente, seria, antes, a tomada de decisões na política monetária, visa em última instância equilibrar crescimento econômico com estabilidade de preços, controlando a inflação. Todavia o que se propõe na ótica deste trabalho é pensar em políticas públicas integradas, aliando o interesse primário das reuniões do Banco Central, com discussões pontuais sobre o papel importante que o desmatamento da floresta amazônica e os desdobramentos do mesmo acarretam para a própria economia.

Mesmo que as outras variáveis tenham apresentado pouca significância, é necessário trabalhar com elas, para que sejam articuladas políticas públicas e econômicas para mudar o contexto desses resultados e mitigar os efeitos do aquecimento global, principalmente pela preservação da floresta nativa da Amazônia, que é responsável por estocar uma enorme quantidade de carbono.

Ressalta-se assim a necessidade de aprimoramento de políticas públicas e econômicas e suas aplicações, principalmente quando se trata do cumprimento das leis, como enrijecimento ao combate de garimpos ilegais, a entrada e instalação de indústrias estrangeiras com altos índices de emissão dos gases do efeito estufa (GEE), além da revisão de políticas fiscais quando o assunto é economia verde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA GOV. Brasil é líder em investimento na América Latina em transição energética, mostra relatório. Agência Gov. 16 fev. 2024. Disponível em: <https://agenciagov.etc.com.br/noticias/202402/brasil-e-lider-em-investimento-na-america-latina-em-transicao-energetica-mostra-relatorio>. Acesso em 21 ago. 2025.

ALFASOFT. EViews – Uma introdução ao EViews. Alfsoft. Disponível em: <https://alfasoft.com/software/statistics-and-data-analysis/finance-and-econometrics/eviews/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

ARAÚJO, Victor Leonardo de. A economia brasileira sob o governo Bolsonaro (2019-2022): neoliberalismo radical e pragmatismo econômico. Texto para discussão sobre o Desenvolvimento, CICEF, n. 1, p. 1-31, 2023.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BCB). Taxas de juros básicas – Histórico. Banco Central do Brasil, Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 10 dez. 2025.

BARBOSA FILHO, L. H. Estacionariedade de Séries Temporais, o que é isso? Análise Macro, 15 mar. 2023. Disponível em: https://analisemacro.com.br/data-science/python/estacionariedade_series_temporais/#:~:text=Uma%20s%C3%A9rie%20temporal%20estacion%C3%A1ria%20%C3%A9,s%C3%A9rie%20temporal%20em%20momentos%20diferentes . Acesso em: 17 mar. 2025

BARRETO, Pedro. Rio-92: mundo desperta para o meio ambiente. Revista Desafios do Desenvolvimento, ano 7, n. 56, 10 dez. 2009. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?Itemid=23&id=2303%3Acatid%3D28&option=com_content. Acesso em: 10 nov. 2025.

BARROS, Talita Delgrossi. Silvicultura. Brasília, DF: Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/florestal/silvicultura>. Acesso em: 10 nov. 2025.

BASSO, Cassiane Gris. A emissão de CO₂, o consumo de energia renovável e o crescimento econômico: uma análise para o Brasil, 1990–2018. 2022. 98 f. Dissertação (Mestrado em Teoria Econômica) — Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Campus Toledo, Toledo, 2022. Disponível em: https://tede.unioeste.br/bitstream/tede/5978/2/Cassiane_Gris_Basso_2022.pdf. Acesso em: 09 dez. 2025.

BEN SALHA, O.; SEBRI, M. A multivariate analysis of the causal flow between renewable energy consumption and GDP in Tunisia. Munich Personal RePEc Archive, Paper n. 52572, 2014.

BHANDARI, Preety; WARSZAWSKI, Nathaniel; COGAN, Deirdre; GERHOLDT, Rhys. O que são as “perdas e danos” das mudanças climáticas. WRI Brasil, 08 mar. 2024. Atualizado em mai. 2025. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/o-que-sao-perdas-e-danos-das-mudancas-climaticas>. Acesso em: 19 nov. 2025.

BLOOMBERGNEF. Energy Transition Investment Trends 2024. New York: Bloomberg Finance L.P., 2024. Disponível em: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends-2024.pdf>. Acesso em 25 ago. 2025.

BOEHM, Sophie; SCHUMER, Clea. 10 conclusões do Relatório do IPCC sobre Mudanças Climáticas de 2023. WRI Brasil, 24 mar. 2023. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/10-conclusoes-do-relatorio-do-ipcc-sobre-mudancas-climaticas-de-2023>. Acesso em: 20 nov. 2025.

BORGES, Rodolfo. Greve dos caminhoneiros: como se formou o nó que levou à paralisação. EL PAÍS Brasil, São Paulo, 25 maio 2018. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2018/05/24/economia/1527177800_693499.html. Acesso em: 02 dez. 2025.

BRASIL. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os arts. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 10 dez. 2010. Seção 1.

Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2010/decreto-7390-9-dezembro-2010-609643-publicacaooriginal-130958-pe.html>. Acesso em: 29 nov. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional sobre Mudança do Clima. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2008. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>. Acesso em 25/08/2025. Acesso em 07 mai. 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Planos setoriais de mitigação e adaptação à mudança do clima. Brasília: MMA, s.d. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/planos-setoriais-de-mitigacao-e-adaptacao.html>. Acesso em: 07 mai. 2025

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Fundo Nacional sobre Mudança do Clima – FNMC. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/secex/dfre/fundo-nacional-sobre-mudanca-do-clima>. Acesso em 07 mai. 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Governo do Brasil sanciona lei que moderniza e fortalece a segurança do setor energético. Brasília: MME, 25 nov. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/governo-do-brasil-sanciona-lei-que-moderniza-e-fortalece-a-seguranca-do-setor-energetico>. Acesso em: 08 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Relatório do Inventário Nacional das Emissões Antrópicas por Fontes e das Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa do Brasil: 1990-2022 (NIR 2024) / Primeiro Relatório Bienal de Transparência à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília: MCTI, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-bienais-de-transparencia-btrs/Relatorio_deInventario_NacionalNIR_2024_PORT.pdf. Acesso em: 04 nov. de 2025

BUENO, Rodrigo de Losso da Silveira. Econometria de séries temporais. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

BUENO RUBIAL, M. del P. (2016). O Acordo de Paris: Uma nova ideia sobre a arquitetura climática internacional? *Relações Internacionais*, 33, 75-95. Disponível em: <https://doi.org/10.15366/relacionesinternacionales2016.33.004>. Acesso em: 11 nov. 2025.

CARDOSO, Adauto Lucio, A questão urbana na Rio 92 /Adauto Lucio Cardoso. Johanna W. Looye. Rio de Janeiro: UFRJ/IPPUR. 1996. 17p.: 30cm - (Série Estudos e Debates: n. 15). Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/6463/1/ALCardoso%3b%20JWLooye.pdf.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2025.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). Entre 2023 e 2024, cerca de 60% do território brasileiro foi afetado pela seca extensa e intensa, aponta Nota Técnica do Cemaden. Brasília: Cemaden, 07 abr. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/entre-2023-e-2024-cerca-de-60-do-territorio-brasileiro-foi-afetado-seca-extensa-e-intensa-aponta-nota-tecnica-do-cemaden>. Acesso em: 07 dez. 2025

CIOTTA, Mariana; PEYERL, Drielli. Mudanças climáticas na América Latina pelas perspectivas da transição energética e dos acordos internacionais. In: *Governança Internacional e Desenvolvimento*, Edusp, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Mariana-Ciotta/publication/356731538_Mudancas_climaticas_na_America_Latina_pelas_perspectivas_da_transicao_energetica_e_dos_acordos_internacionais/links/61a9198d50e22929cd3ee910/Mudancas-climaticas-na-America-Latina-pelas-perspectivas-da-transicao-energetica-e-dos-acordos-internacionais.pdf. Acesso em: 06 nov. 2025.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos – v. 8, safra 2020/21, n. 12: décimo segundo levantamento – setembro 2021. Brasília, DF: Conab, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/2022/producao-de-graos-na-safra-2020-21-tem-volume-estimado-em-252-3-milhoes-de-toneladas/Ebook_BoletimZdeZSafrasZZ12oZlevantamento1.pdf. Acesso em 10 nov. 2025.

CRÉDITO DE LOGÍSTICA REVERSA. Agenda 2030 da ONU: tudo o que você precisa saber. Crédito de Logística Reversa, 30 abr. 2021. Disponível em: <https://www.creditodelogisticareversa.com.br/post/t-agenda-2030-da-onu-tudo-o-que-voce-precisa-saber>. Acesso em: 06 nov. 2025.

CURADO, Marcelo. Uma avaliação da economia brasileira no Governo Lula. Revista Economia & Tecnologia, v. 7, p. 91-103, 2011.

DE GODOY, Sara Gurfinkel Marques; PAMPLONA, João Batista. O Protocolo de Kyoto e os países em desenvolvimento. Pesquisa & Debate. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Economia Política., v. 18, n. 2 (32), 2007.

DE GODOY, Sara Gurfinkel Marques. O Protocolo de Kyoto e os países em desenvolvimento: uma avaliação da utilização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. 2010, tese apresentação ao programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-21112011-233304/publico/tese_kyoto_sara.pdf. Acesso em: 28 nov. 2025.

DIAS, Edson dos Santos. Os (des) encontros internacionais sobre meio ambiente: da Conferência de Estocolmo à Rio+20 – expectativas e contradições. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, v. 1, n. 39, p. 6-33, ago. 2018. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3538>. Acesso em: 06 nov. 2025.

ECONSULT. O que é sazonalidade econômica? 2 mar. 2018. Disponível em: <https://econsult.org.br/blog/o-que-e-sazonalidade-economica/> Acesso em: 21 out. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). EPE publica o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional 2025 [online]. Brasília: EPE, 29 maio 2025. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-publica-o-relatorio-sintese-do-balanco-energetico-nacional-2025>. Acesso em: 25 set. 2025.

FREITAS, Camila Rizzini; GUSSI, Alcides Fernando. Elementos introdutórios para uma avaliação em Profundidade da Política Nacional de Mudanças Climáticas. Desenvolvimento

em Debate, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 69-99, 2021. DOI: 10.51861/ded.dmvu.9.3.005. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/dd/article/view/66925/42665>. Acesso em: 25 set. 2025.

FERREIRA, Zenaide Rodrigues (Org.). Agricultura brasileira: da porteira para dentro e de fora para o mundo. Brasília, DF: Ipea, 2025. p. 257-272. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/9786556350820cap11>. Acesso em: 16 set. 2025

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). A greve dos caminhoneiros: origens e impactos sobre a economia brasileira. Rio de Janeiro: FGV Projetos, 2023. Disponível em: https://agro.fgv.br/sites/default/files/2023-03/greve%20caminhoneiros_anug_POR.pdf. Acesso em: 02 dez. 2025

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. Econometria Básica. 5.ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

GURGEL.C, Angelo, Impactos da economia mundial de baixo carbono sobre o Brasil. ANPEC, 2012. Disponível em: https://www.anpec.org.br/encontro/2012/inscricao/files_I/i10-ed6dc304ee86e4e0e54fb1b3f4ab6add.pdf. Acesso em: 25 set. 2025.

HORTA, Guilherme Tinoco de Lima; GIAMBIAGI, Fábio. Perspectivas DEPEC 2018: o crescimento da economia brasileira 2018-2023. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), 2018. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14760>. Acesso em: 10 nov. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Safra de 2012 bate recorde e chega a 162,1 milhões de toneladas. Agência de Notícias IBGE, 09 jan. 2013. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14347-asi-safra-de-2012-bate-recorde-e-chega-a-1621-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 07 dez. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA (IPAM). O que é o Fundo Amazônia? Belém: IPAM, 2009 (atualização contínua). Disponível em: <https://ipam.org.br/entenda/o-que-e-o-fundo-amazonia/>. Acesso em: 10 dez. 2025.

KITAGAWA, André; PIVETTA, Marcos. Produção de gases de efeito estufa cresce 1,3% no mundo, mas cai 12% no Brasil. Revista Pesquisa FAPESP, Edição 346, dezembro 2024, atualizado em 8 jan. 2025. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/producao-de-gases-de-efeito-estufa-cresce-13-no-mundo-mas-cai-12-no-brasil/>. Acesso em: 03 fev. 2026.

LOPES, Anthony. A importância da Floresta Amazônica: uma visão sobre os rios voadores para alunos da educação básica. In: BRINGEL, Sérgio Roberto Bulcão; GUTIERREZ, Denise Machado Duran (orgs.). Águas da Amazônia: natureza e desafios contemporâneos. Manaus: Editora INPA, 2024. p. [204-2016]. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/40531>. Acesso em: 05 dez. 2025.

MAGALHÃES, Aline Souza. Economia de baixo carbono no Brasil [manuscrito]: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa / Aline Souza Magalhães. – 2013. 293 f.: il., gráfs. e tabs. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/AMSA9GXQ2U/1/tese_aline_souza_magalhaes_26_03_2013.pdf. Acesso em: 13 set. 2025.

MEIRA FILHO, Luiz Gylvan. As várias histórias da responsabilidade histórica. Observatório do Clima (OC), 2015. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/as-varias-historias-da-responsabilidade-historica-artigo-de-gylvan-meira-filho/>. Acesso em: 07 dez. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Brasília: MMA, dez. 2008. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima/plano-nacional-sobre-mudanca-do-clima.html>. Acesso em 29 ago. 2025.

MORAIS, I. A. C. de; STONA, F.; SCHUCK, G. Econometria Aplicada no EViews. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística (FEE), 2016. ISBN 978-85-7173-141-7. Disponível em: <https://arquivofee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2016/10/20161031livro-econometria-aplicada-no-eviews-isbn-978-85-7173-141-7.pdf>. Acesso em: 15 set. 2025

MOREIRA, Helena Margarido; GIOMETTI, Ana Lúcia Bueno dos Reis. O Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio

de projetos em energia limpa. Contexto Internacional, Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 9-47, jan./abr. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cint/a/9RkZZcmTbc6mm8wRHHc5j3Q/>. Acesso em: 19 nov. 2025

MOTTA, Ronaldo Seroa da. Análise das metas do Acordo de Copenhague. In: Ipea. Boletim Regional, Urbano e Ambiental, n. 04, jul. 2010. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/392c11b8-7775-4219-8928-e642ff893fe9/content>. Acesso em: 08 dez. 2025

MAHMOODI, M. The relationship between economic growth, renewable energy, and CO₂ emissions: evidence from panel data approach. International Journal of Energy Economics and Policy, v. 7, p. 96-102, 2017.

OLIVEIRA, Clarice Ferreira de. **Preço** da soja e do milho durante a pandemia da COVID-19 e seus impactos no mercado nacional da carne. 2022. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Campus Ceres, Ceres, 2022.

PAULA, Luiz Fernando de; PIRES, Manoel. Crise e perspectivas para a economia brasileira. Estudos Avançados, São Paulo, v. 31, n. 89, p. 125–144, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/jNpn6wfChvNj659nr4LLtGD/?lang=pt>. Acesso em: 25 nov. 2025.

ROSSI, Pedro; MELLO, Guilherme. Choque recessivo e a maior crise da história: a economia brasileira em marcha à ré. Nota do Cecon, n. 1, Centro de Estudos de Conjuntura e Política Econômica (Cecon), Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Abril 2017. Disponível em: https://www.eco.unicamp.br/images/arquivos/NotaCecon1_Choque_recessivo_2.pdf. Acesso em: 15 nov. 2025.

SCOVAZZI, Tullio; LIMA, Lucas Carlos. Do Protocolo de Kyoto ao Acordo de Paris. Revista da Faculdade de Direito da UFMG, v. 78, p. 469-476, 2021.

SHAARI, M. S.; ABIDIN, N. Z.; KARIM, Z. A. The impact of renewable energy consumption and economic growth on CO2 emissions: new evidence using panel ARDL study of selected countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, v. 10, n. 6, p. 617-623, 2020.

SOUSA FILHO, João Francisco de. Causalidade entre as taxas de crescimento dos países desenvolvidos e emergentes. 2008. 44f. Dissertação (mestrado profissional) - Programa de Pós Graduação em Economia, CAEN, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

SOUZA, Maria Cristina Oliveira; CORAZZA, Rosana Icassatti. Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. *Desenvolvimento e meio ambiente*. Curitiba, PR. v. 42, p. 52-80, nov. de 2017. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/VisualizadorPdf?codigoArquivo=562920&tipoMidia=0>. Acesso em: 11 nov. 2025.

SOUSA, Mykaella Sales; CARMO, R. R.; ROCHA, S. M. Rio+10: a influência da Rio-92 e os reflexos da conferência na política mundial. *Direito Ambiental*, Santos, p. 179, 2013.

SANTOS, Vilma Ferreira Alves Cabral. Desenvolvimento sustentável e transição energética no Mercosul: uma análise à luz do Acordo de Paris. São Cristóvão, 2025. Monografia (graduação em Relações Internacionais) – Departamento de Relações Internacionais, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2025. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/22305>; Acesso em: 05 nov. 2025

SIMS, Christopher A. *Macroeconomics and reality*. *Econometrica*, v. 48, n. 1, p. 1–48, 1980.

TABOSA, Francisco José Silva; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. Crescimento econômico e emissão de gases de efeito estufa. In: VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro; TIWARI, A. K. A structural VAR analysis of renewable energy consumption, real GDP and CO2 emissions: evidence from India. *Economics Bulletin*, v. 31, n.2, p. 1793–1806, 2011.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. UN Climate Change Conference – COP 30. Disponível em: <https://unfccc.int/cop30>. Acesso em: 16 set. 2025

WRI BRASIL. O que são as “perdas e danos” das mudanças climáticas? 08 mar. 2024. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/o-que-sao-perdas-e-danos-das-mudancas-climaticas>. Acesso em: 16 set. 2025.

WWF-Brasil. Efeito Estufa e Mudanças Climáticas. Disponível em: https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/conceitos/_efeitoestufa_e_mudancasclimaticas/. Acesso em: 06 out. 2025. Acesso em: 16 set. 2025

ZAGHDOUDI, Taha. Oil prices, renewable energy, CO₂ emissions and economic growth in OECD countries. *Economics Bulletin*, vol. 37, n. 3, p. 1844–1850, 2017. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/ebl/ecbull/eb-17-00582.html>. Acesso em: 10 dez. 2025.