

The background image shows several Brazilian banknotes and coins scattered on a light-colored wooden surface. A prominent 200 Real banknote is in the center, with another 200 Real note partially visible above it. Various coins, including 100, 50, and 25 Real pieces, are also visible. A text box with a green border is overlaid on the image, containing the section title.

4. Inflação e Crescimento Econômico

Impacto da Inflação no Crescimento Econômico: Uma Análise Econométrica para o Brasil utilizando o modelo VEC (Vector Error Correction)

Fernanda de Oliveira e Silva
Marina de Oliveira Guimarães
Jessica Facioli
Daiane Rodrigues dos Santos

Resumo

O impacto da inflação sobre o crescimento econômico constitui um dos temas mais versados na literatura econômica, em virtude de sua influência direta sobre o bem-estar social, a competitividade dos mercados e a capacidade de elaboração de políticas públicas eficazes. O presente estudo investigou a relação entre inflação e crescimento econômico no Brasil, com foco nas dinâmicas de curto e longo prazo em contextos macroeconômicos. A análise baseou-se em dados trimestrais de 1996 a 2024 e utilizou o modelo de Correção de Erros Vetoriais (VEC) para explorar relações de cointegração entre variáveis-chave, como PIB, inflação, consumo das famílias, consumo do governo e formação bruta de capital fixo. Evidenciou-se que a inflação elevada impacta negativamente o crescimento econômico no período de um ano a frente, podendo inibir investimentos e reduzir o poder de compra. No período analisado, o PIB demonstrou capacidade de recuperação, ajustando-se aos choques iniciais. A metodologia incluiu transformações logarítmicas e diferenciações para tratar a não estacionariedade das séries temporais. Testes diagnósticos validaram a robustez do modelo, apontando a ausência de autocorrelação e normalidade dos resíduos. Os resultados destacam a importância de políticas econômicas que conciliem estabilidade de preços e crescimento sustentável, fundamentais para mitigar os impactos adversos da inflação em economias emergentes como a brasileira.

Palavras-chave: Inflação; Crescimento Econômico; Consumo das Famílias; VEC; Impulso Resposta.

4.1 Introdução

O impacto da inflação no crescimento econômico é um tema amplamente debatido na literatura econômica, dada a sua influência direta sobre o bem-estar social, a competitividade do mercado e a capacidade de formulação de políticas públicas eficazes (Fischer (1993); Barro (1995)). A inflação, definida como o aumento contínuo e generalizado dos preços afeta o poder de compra das famílias e também a dinâmica de investimento, produção e distribuição de renda dentro de uma economia. Este tem estudo tem como objetivo explorar essa relação, destacando como a inflação pode tanto inibir o crescimento quanto, em alguns casos, indicar um certo nível de dinamismo econômico.

Ao longo da história, períodos de inflação elevada demonstraram impacto negativo sobre o crescimento econômico, desacelerando o ritmo de investimentos e criando incertezas que desestimulam a expansão empresarial e novas contratações (Michael Bruno e William Easterly (1998)). Em um ambiente inflacionário, as empresas tornam-se cautelosas, adiando decisões de longo prazo e investimentos em infraestrutura. Além disso, o aumento nos preços corrói o poder de compra das famílias, que consequentemente consomem menos, diminuindo a demanda agregada e impactando diretamente a produção industrial e de serviços (Mankiw (2019)). Esse impacto é particularmente severo para as famílias de baixa renda, que destinam uma maior parte de seus rendimentos ao consumo imediato, como alimentos e energia, e são, portanto, mais vulneráveis a choques inflacionários (Blanchard e Johnson (2017)). Quando os preços desses itens básicos aumentam, as famílias de menor renda enfrentam escolhas difíceis entre reduzir o consumo ou comprometer sua poupança, o que pode acentuar a desigualdade social (Agenor e Montiel (2015)).

As empresas também enfrentam pressões significativas durante períodos de inflação alta. O aumento dos custos de produção — devido ao encarecimento de insumos e matérias-primas — geralmente é repassado ao consumidor final, tornando os produtos menos competitivos tanto no mercado doméstico quanto no exterior (Blanchard (2009)). Para muitas empresas, principalmente as de pequeno porte, a volatilidade de preços torna difícil precificar produtos com precisão, prejudicando o planejamento estratégico e a capacidade de realizar investimentos de longo prazo (Taylor e Weinstein (2003)).

Além disso, a inflação elevada traz consequências diretas para os governos, que enfrentam aumentos nos custos de bens e serviços públicos. Isso inclui despesas com infraestrutura, saúde e educação, que, em muitos casos, precisam ser ajustadas para refletir a alta no custo de vida (Krugman (2018)). Tais ajustes implicam em maiores déficits fiscais e podem agravar o ciclo inflacionário. A política monetária, portanto, se torna uma ferramenta importante para controlar a inflação. Ao ajustar a oferta de moeda e a taxa de juros, os governos buscam estabilizar os preços e criar um ambiente propício ao crescimento (Mankiw (2019)).

Um nível moderado de inflação pode ser positivo, particularmente em economias emergentes que estão saindo de recessões ou que precisam aumentar a demanda agregada (Agenor e Montiel (2015)). Contudo, quando a inflação ultrapassa certos limites, ela tende a gerar um ambiente de incerteza e insegurança, desestimulando investimentos e o consumo (Fischer (1993)). Esse é um dos motivos pelos quais muitos economistas defendem a independência dos bancos centrais, são responsáveis por controlar a oferta de moeda e estabelecer metas inflacionárias coerentes com o crescimento sustentável (Taylor e Weinstein (2003)). A adoção de metas de inflação tem sido uma política eficaz para proporcionar maior previsibilidade e confiança aos agentes econômicos (Blanchard e Johnson (2017)).

Adicionalmente, a dinâmica inflacionária exerce influência substancial sobre o setor externo. Em cenários onde a taxa de inflação doméstica supera a de parceiros comerciais, observa-se uma tendência de desvalorização da moeda nacional. Tal desvalorização, conforme apontado por Krugman e Obstfeld (2009), pode impulsionar a competitividade das exportações, simultaneamente elevando o custo das importações. Em economias caracterizadas pela dependência de insumos importados, este fenômeno pode exacerbar a inflação interna, instaurando um ciclo de pressões inflacionárias, conforme detalhado por Mankiw (2019). A eficácia das políticas de controle inflacionário, nesse cenário, esteve ligada à capacidade de conter os efeitos da desvalorização cambial sobre os custos de produção e, por consequência, sobre os preços finais. A análise da elasticidade da demanda por importações e exportações foi relevante para entender como a inflação afetou, de forma líquida, a balança comercial e o desempenho da economia como um todo.

Outro ponto importante é o comportamento dos juros reais em ambientes de inflação elevada. Quando os bancos centrais aumentam as taxas de juros para conter a inflação, o crédito se torna mais caro, desestimulando o consumo e o investimento, freando o crescimento econômico (Barro (1995)). Esse dilema é central em qualquer estratégia de política monetária: ao tentar controlar a

inflação, os governos correm o risco de sacrificar o crescimento de curto prazo, embora a longo prazo essa estratégia possa evitar crises inflacionárias mais severas (Blanchard e Johnson (2017)).

As expectativas dos agentes econômicos também apresentam relação entre inflação e crescimento. Observa-se que, em cenários onde empresários e consumidores mantêm a crença de que a inflação será controlada de forma eficaz, há uma propensão a ajustar seus comportamentos de maneira mais otimista. Este otimismo se manifesta através de um aumento nos investimentos e no consumo, o que, por sua vez, contribui para a sustentação do crescimento econômico (Krugman, 2018). Em contrapartida, a literatura aponta que, caso as expectativas de inflação se desancorem, as empresas podem optar por adiar investimentos, enquanto os consumidores podem reduzir seus gastos. Este comportamento pode desencadear um ciclo de retração econômica, conforme discutido por (Taylor e Weinstein (2003)). Destaca-se, portanto, a importância da comunicação transparente e eficaz por parte das autoridades monetárias, visando ancorar as expectativas inflacionárias e, assim, mitigar os riscos de instabilidade econômica. A credibilidade das políticas de controle inflacionário, nesse contexto, torna-se um fator determinante para a manutenção da estabilidade macroeconômica e o estímulo ao crescimento sustentável.

O impacto da inflação sobre o crescimento econômico varia de acordo com a estrutura produtiva de cada país (Agenor e Montiel (2015)). Economias com setores produtivos diversificados tendem a se adaptar melhor às pressões inflacionárias, redistribuindo os custos de maneira mais eficiente. Já economias dependentes de um único setor, como commodities ou agricultura, são mais vulneráveis a choques inflacionários, exacerbando os efeitos negativos da inflação no crescimento econômico (Michael Bruno e William Easterly (1998)).

Ao longo de extensos períodos, a comunidade de economistas tem recorrido a instrumentos estatísticos, tais como modelos de séries temporais, regressões lineares e métodos de suavização, com o propósito de estimar parâmetros em modelos macroeconômicos (vide Clements e Hendry (2011), Prothero e Wallis (1976), Clements, Franses et al. (2004), Hall e Henry (2014) e Teräsvirta et al. (2005)). Tais técnicas desempenham um papel de relevo na compreensão das interações entre variáveis econômicas e, por conseguinte, na formulação de políticas públicas. A previsão macroeconômica, que abrange indicadores como a inflação e o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), apresenta-se como uma alternativa para orientar decisões tanto no âmbito governamental quanto empresarial. Ressalta-se que a precisão das estimativas e previsões obtidas por meio dessas ferramentas estatísticas é passível de variações, influenciada por fatores como a qualidade dos dados disponíveis, a escolha do modelo e a estabilidade das relações econômicas subjacentes. A análise crítica dos resultados e a consideração de diferentes cenários tornam-se, portanto, elementos chave para a tomada de decisões informadas.

Sendo assim, este estudo propõe uma análise econométrica de como o crescimento econômico do Brasil pode ser afetado pela inflação, utilizando também outras variáveis macroeconômicas relevantes como a formação bruta de capital fixo e o consumo das famílias. Nesta análise, será utilizado o método VEC (Vector Error Correction).

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: Esta introdução; a seção 2, que se dedica ao referencial teórico e inclui uma análise bibliométrica das publicações realizadas nos últimos 20 anos que versam sobre inflação e crescimento econômico; a seção 3, na qual é apresentada a metodologia utilizada; a seção 4, que apresenta e analisa os resultados da modelagem; e a seção 5, que ressalta as conclusões obtidas e tece as considerações finais.

4.2 Referencial Teórico

Esta seção foi construída em duas etapas. A primeira apresenta uma análise bibliométrica das publicações envolvendo o estudo da relação entre inflação e crescimento econômico. A bibliometria é uma abordagem científica interdisciplinar que fornece análises quantitativas da produção científica relacionada a um determinado tema, considerando autores e instituições (Santos e Marques (2023)).

Ela avalia a evolução do tema segundo palavras-chaves específicas, e pode ser utilizada para se identificar de maneira sistematizada as publicações, autores e periódicos mais relevantes, bem como justificar uma pesquisa tanto pela sua relevância quanto pela sua originalidade.

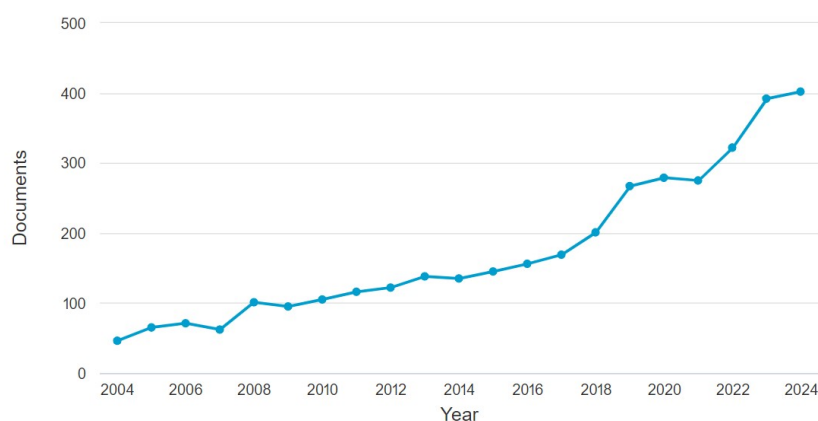
Em seguida, foram selecionadas publicações relevantes e atuais que foram exploradas e tiveram seus resultados apresentados em uma revisão da literatura do tema deste estudo.

4.2.1 Bibliometria

Dada a relevância da técnica, foi realizada uma análise bibliométrica para embasar o presente trabalho. A busca na base de publicações Scopus foi definida para os últimos 20 anos, ou seja, entre os anos de 2004 a 2024, cabendo ressaltar que para o ano de 2024 estão contemplados os resultados até o mês de outubro, quando foi realizada a referida pesquisa. A primeira etapa da bibliometria foi uma pesquisa que empregou apenas as palavras-chave em inglês para inflação e crescimento econômico, ou seja, *inflation and economic growth*. O operador booleano *and* foi utilizado pelo fato de que para este trabalho interessam as publicações que versem sobre ambos os termos e não sobre um ou o outro.

Da análise da Figura 1, pode-se observar que publicações que relacionam inflação e crescimento econômico vêm sendo realizadas em abundância no período considerado. Foram encontrados 3.664 resultados na base Scopus, com tendência linear de aumento no número de publicações ano a ano. Nota-se inclusive que o ano de 2024, embora inacabado, já ultrapassou o ano de 2023 em número de publicações.

Figura 4.1: Evolução anual do número de publicações que relacionam inflação e crescimento econômico.



Fonte: Base de periódicos SCOPUS

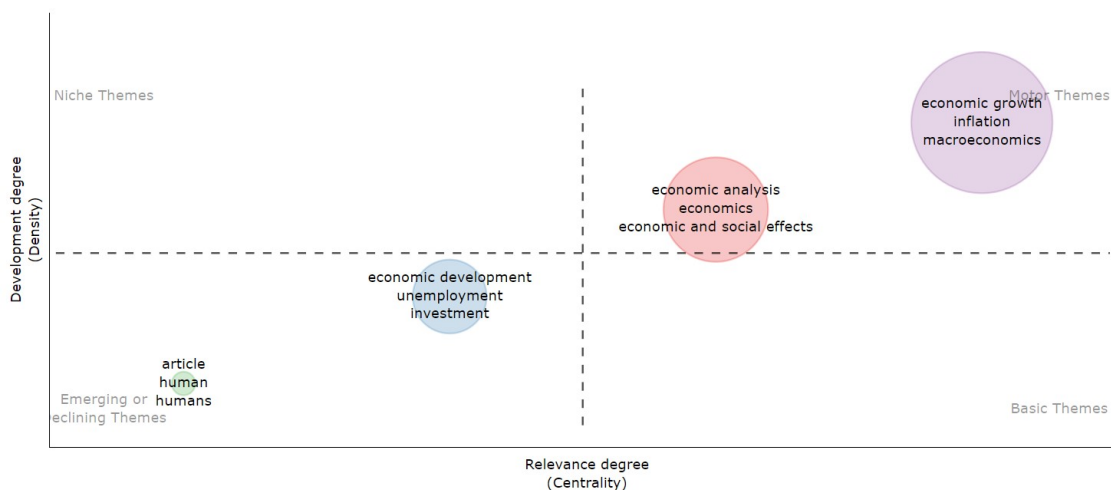
A maior parte dos resultados encontrados na pesquisa bibliométrica são artigos, correspondendo 78,1% do total. Entretanto, foram encontrados, ainda que em número bem mais reduzido, outros tipos de publicações, como capítulos de livros e anais de congressos, como se pode verificar na Figura 2. Há uma preferência pela disseminação de resultados por meio de periódicos acadêmicos.

Elaborou-se também um mapa temático, apresentado na Figura 4, que ajuda a posicionar clusters de temas relevância ou obsolescência. O mapa temático se divide em quatro nichos, a saber: Temas motores (quadrante superior direito), temas básicos (quadrante inferior direito), temas emergentes/em desaparecimento (quadrante inferior esquerdo) e temas de nicho (quadrante superior esquerdo).

A distribuição dos temas entre os quadrantes leva em conta duas dimensões: Centralidade (eixo x) e densidade (eixo y). O grau de centralidade indica a importância de um tema dentro de uma rede de palavras. Temas mais centrais são os mais influentes. Já o grau de densidade se refere à coesão de termos dentro de um cluster, ou seja, quanto maior a densidade mais coesos entre si são os temas. Desta forma, os temas motores são os mais importantes e influentes, sendo impulsionadores da pesquisa. Temas inseridos em clusters posicionados neste quadrante possuem forte coesão, como se nota, da Figura 4, que estão os temas de inflação e crescimento econômico dentro da pesquisa macroeconômica.

Os temas básicos podem ser considerados fundamentais na pesquisa, entretanto os temas contidos nos clusters localizados neste quadrante possuem baixa coesão. Por sua vez, os temas emergentes/em desaparecimento apresentam tanto centralidade quanto densidade baixa, podendo indicar tanto que estão em desenvolvimento quanto que vêm perdendo a relevância. Por fim, os temas de nicho são muito específico e embora apresentem alta coesão interna, pouco influenciam na pesquisa como um todo.

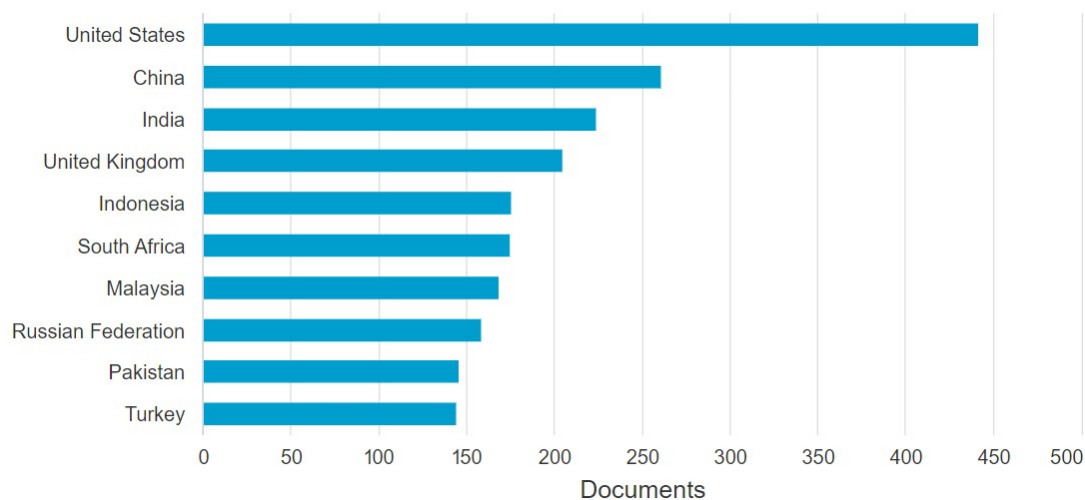
Figura 4.4: Mapa temático da revisão bibliométrica.



Fonte: Elaboração própria utilizando-se o pacote Bibliometrix, disponível no software R, a partir das informações presentes na base de periódicos SCOPUS

Da Figura 5, pode-se observar que os Estados Unidos lidera a produção científica relacionada a inflação e crescimento econômico, seguidos pela China e pela Índia.

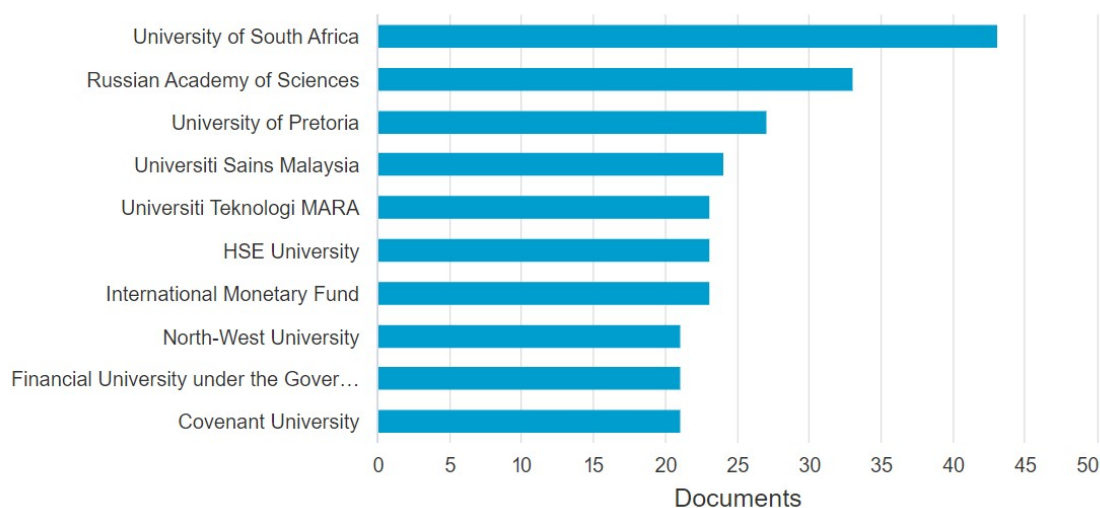
Figura 4.5: Produção científica por país.



Fonte: Base de periódicos SCOPUS

Entretanto, da Figura 6 observa que, no que diz respeito à afiliação institucional dos autores, a Universidade da África do Sul lidera a produção científica, seguida pela Academia Russa de Ciências e pela Universidade de Pretória, esta também localizada na África do Sul.

Figura 4.6: Produção científica por afiliação.



Fonte: Base de periódicos SCOPUS

4.2.2 Revisão da Literatura

A Tabela B.1 é resultado da análise bibliométrica apresentada na seção anterior, e apresenta as dez publicações mais relevantes na temática da relação entre inflação e crescimento econômico, segundo o critério de classificação por relevância da base de periódicos Scopus.

Tabela B.1: As dez publicações mais relevantes na temática de inflação e crescimento econômico segundo a base Scopus.

Classificação	Título	Autor(es)	Periódico	Ano
1	Optimal inflation threshold and economic growth: Ordinal regression model analysis	Van Dinh, D.	Journal of Asian Finance, Economics and Business	2020
2	Inflation, Inflation Uncertainty and the Economic Growth Nexus: A Review of the Literature	Mandeya, S.M.T., Ho, S.-Y.	Folia Oeconomica Stetinensia	2022
3	The common trend and cointegration cycle of economic growth and inflation in China	Zhang, J., Ouyang, Z.	Xitong Gongcheng Lilun yu Shijian/System Engineering Theory and Practice	2021
4	Inflation and Economic Growth in Zimbabwe: Is there Any Inflation Threshold Level?	Runganga, R.	International Journal of Applied Economics, Finance and Accounting	2020
5	A study on cointegration between inflation and economic growth in India	Goud, R.G., Reddy, M.K.	AIP Conference Proceedings	2020
6	The Indian inflation-growth relationship revisited: robust evidence from time-frequency analysis	Tiwari, A.K., Olayeni, R.O., Olofin, S.A., Chang, T.	Applied Economics	2019
7	Inflation threshold effect on economic growth in turkey	Esen, Ö., Aydin, C., Aydin, R.	Journal of Advanced Research in Law and Economics	2016
8	The long run relation between inflation and economic growth in Iran	Dehbashi, V.	Life Science Journal	2012
9	Nonlinear relation between inflation and economic growth: Evidence from China	Chen, J., Du, X.	Advanced Materials Research	2012
10	Analysis of the optimal inflation rate in the economic growth process of a developing country: The case of South Africa	Meyer, D.F., Hassan, A.S.	Journal of Infrastructure, Policy and Development	2024

Fonte: Base de periódicos SCOPUS

Van (2020) investigou a relação entre a taxa de inflação e o crescimento econômico com o objetivo de determinar o limite ótimo de inflação que conduza ao crescimento econômico. O Van (2020) concluiu que um limite ótimo de inflação é fundamental para o crescimento econômico, pois a taxa de inflação está positivamente relacionada ao crescimento econômico. Utilizando modelos de mínimos quadrados ordinários e regressão ordinal, o autor concluiu que a meta de inflação adequada para o crescimento econômico é de 4,5%, devendo os governos buscarem estabilizar o índice de inflação em torno deste limite ótimo para atingir o crescimento econômico.

Os resultados de Van (2020) mostram a importância da inflação e do crescimento econômico. De acordo com os autores, se a taxa de inflação exceder o limite de inflação ideal, isso causará a diminuição do crescimento do PIB. Portanto, deve-se considerar as seguintes questões: a inflação e o crescimento econômico existem no relacionamento de curto e longo prazo, então o Governo precisa ter uma solução abrangente entre políticas macroeconômicas, política monetária, política fiscal e outras políticas para controlar e manter a inflação e estimular o crescimento.

Para a economia do Vietnã, o limite de inflação ideal é de 4,5%. Ainda no curto prazo, de acordo com Van (2020), é necessário estabelecer medidas para promover o crescimento econômico e controlar a inflação em um nível apropriado. No entanto, os resultados da pesquisa mostram que há uma relação positiva entre inflação e crescimento econômico de curto prazo que não causa inflação. o Governo deve definir uma meta prioritária para o crescimento econômico sustentável. Para Van (2020) a política de gestão econômica, o Governo precisa definir metas específicas para garantir que o crescimento econômico e o controle da inflação estejam no limite ideal de inflação. Além disso, o Governo não deve esperar uma alta taxa de crescimento ao afrouxar a política monetária, o que causará alta inflação.

Mandeya e Ho (2022) realizaram uma extensa revisão da literatura acerca da inflação, a incerteza sobre a inflação e o crescimento econômico, concluindo que os estudos que estimaram separadamente o papel da inflação ou da incerteza da inflação sobre o crescimento econômico encontraram resultados mistos. Para Mandeya e Ho (2022), estudos que estimaram o impacto conjunto de ambas as variáveis sobre o crescimento econômico chegaram à conclusão de que a inflação prejudica o crescimento econômico, enquanto a literatura ainda permanece inconclusiva sobre a incerteza da inflação.

Assim, segundo Mandeya e Ho (2022), os estudos que investigaram o papel isolado da inflação ou da incerteza inflacionária sobre o crescimento econômico apresentaram resultados heterogêneos. Alguns trabalhos sugerem que a inflação tem um efeito negativo sobre o crescimento, principalmente

em economias com níveis de inflação persistentemente elevados, onde a desvalorização do poder de compra, a instabilidade nos preços relativos e a distorção nos incentivos ao investimento e ao consumo se tornam mais evidentes (MANDEYA; HO, 2022). Porém, em outros estudos há níveis moderados de inflação podem ter um efeito neutro ou até levemente positivo, dependendo do contexto macroeconômico e do grau de desenvolvimento do país (MANDEYA; HO, 2022)

Quanto à incerteza inflacionária, os resultados encontrados na literatura permanecem mais ambíguos. Para Mandeya e Ho (2022), enquanto algumas análises indicam que a volatilidade nos preços reduz a confiança dos agentes econômicos, desincentiva o investimento de longo prazo e introduz riscos adicionais para o crescimento, outros estudos sugerem que a incerteza inflacionária pode levar a ajustes nas expectativas que estimulam a adoção de práticas mais conservadoras e resilientes por parte das empresas e investidores. A revisão de Mandeya e Ho (2022) destaca que a inflação, de maneira geral, exerce um impacto negativo sobre o crescimento econômico ao desestabilizar os fundamentos macroeconômicos. Mas os efeitos da incerteza inflacionária permanecem inconclusivos na literatura, refletindo a complexidade das interações entre as variáveis macroeconômicas e o comportamento dos agentes econômicos em diferentes contextos institucionais e estruturais.

Jie e Zhigang (2021) concluíram que o investimento, o consumo, os gastos públicos, a política monetária e a abertura ao exterior são os principais fatores para manter o crescimento econômico e a inflação na faixa razoável. Segundo aqueles autores, o crescimento econômico e a inflação formaram uma tendência comum e um ciclo codependente, o que significa que estas variáveis se movem juntas e que ambas afetam suas flutuações de forma mútua. Para Jie e Zhigang (2021) a transformação da estrutura econômica da China influenciou a natureza dessa relação. Após a transformação, a tendência de crescimento econômico desacelerou, levando à necessidade de se ajustar a meta de inflação. Após a transformação, o crescimento econômico e a inflação configuraram uma nova situação "comum", segundo Jie e Zhigang (2021), na qual a taxa de crescimento econômico tende a diminuir lentamente, mas de forma instável. Para uma meta de crescimento econômico superior a 6,5% sob a nova norma, a meta de inflação deve ser ligeiramente inferior a 2% (JIE; ZHIGANG, 2021).

O estudo de Jie e Zhigang (2021) sugere que os formuladores de políticas econômicas e monetárias devem considerar a complexa interação entre crescimento econômico e inflação na sua elaboração. Dessa forma, entender a tendência comum e o ciclo codependente, os formuladores de políticas podem tomar decisões embasadas que mantenham o equilíbrio entre o crescimento econômico e a estabilidade de preços.

O estudo de Runganga (2020) versou sobre a relação entre inflação e crescimento econômico no Zimbábue. Utilizando dados que foram de 1981 a 2018, os autores concluíram que formuladores de políticas devem garantir que a inflação permaneça abaixo do limiar de 4%, o que deve ser a meta de inflação para alcançar um maior crescimento econômico no país. Via modelagem de Mínimos Quadrados Ordinários Dinâmicos (DOLS), o estudo de Runganga (2020) mostrou que a inflação tem um impacto negativo no crescimento econômico e que a participação da formação bruta de capital no PIB tem um impacto positivo. Além disso, mostrou via Mínimos Quadrados Condicionais que existe uma relação não linear entre inflação e crescimento econômico.

Goud e Reddy (2020) estudaram a relação entre inflação e crescimento econômico para a Índia. Partindo do ponto de que as evidências empíricas e teóricas apontam três tipos de relação entre inflação e crescimento econômico, a saber negativa, positiva e inexistente, a proposta dos autores foi investigar a relação entre crescimento econômico e inflação no país durante o período de 1980 a 2016, utilizando várias técnicas de cointegração e correlação. Para Goud e Reddy (2020), o coeficiente de correlação sugeriu que existe uma relação negativa e fraca entre o crescimento econômico e a inflação. Os testes de cointegração de Engle-Granger, de Johansen e de Phillips-Ouliaris, por sua vez, revelaram que as variáveis crescimento econômico e inflação não são cointegradas, ou seja, não há uma relação de longo prazo entre as variáveis no contexto da Índia

considerando o período abordado no estudo.

De acordo com Aviral Kumar Tiwari Richard O. Olayeni e Chang (2019) a relação entre a inflação e o crescimento econômico no contexto da economia indiana, utilizando as técnicas de correlação wavelet, correlação cruzada wavelet e teste de causalidade de Granger escala por escala. Os pesquisadores encontraram alta e crescente dependência entre inflação e crescimento econômico, particularmente após meados de 2002, mas concluíram não haver relação causal de longo prazo entre as duas variáveis no longo prazo.

Segundo Chen e Du (2012) a relação entre inflação e crescimento econômico na economia chinesa, utilizando dados trimestrais de 1992 a 2011. Os autores aplicaram um modelo de regressão de transição suave, tendo concluído que existem relações de causalidade de Granger bidirecionais entre inflação e crescimento econômico, e que a inflação tem impactos não lineares significativos no crescimento econômico. O estudo de Chen e Du (2012) utiliza dados trimestrais do CPI e do GDP na China entre 1992 e 2011, aplicando um modelo STR para capturar a relação não linear entre inflação e crescimento econômico.

A metodologia de Chen e Du (2012) destaca o modelo geral de regressão de transição suave, que considera transições contínuas entre diferentes regimes econômicos, modelando a relação entre as variáveis com base em funções de transição específicas. Adicionalmente, os resultados de Chen e Du (2012) indicam que existem relações de causalidade bidirecional (Granger causality) entre inflação e crescimento econômico, e que a inflação exerce impactos não lineares significativos sobre o crescimento econômico.

Em Meyer e Hassan (2024) estudaram a relação entre inflação e crescimento econômico na África do Sul. Com o objetivo de determinar o limite ótimo da inflação para o crescimento da economia, os autores aplicaram as técnicas de modelos autorregressivos de defasagens distribuídas (ARDL) e modelos autorregressivos com limiar (TAR) a dados trimestrais do período de 1995 a 2002. As estimativas do ARDL demonstraram que a relação entre inflação e crescimento econômico é não linear e assume a forma de um U invertido no longo prazo. Entretanto, para Meyer e Hassan (2024), no curto prazo, esta relação é linear e inversa, indicando que um aumento na taxa de inflação leva a diminuição do crescimento econômico.

No longo prazo, para Meyer e Hassan (2024) as taxas de inflação mais baixas ajudam a manter o crescimento econômico em trajetória ascendente, enquanto taxas de inflação elevadas acima do limiar de 6% prejudicam o crescimento econômico. O resultado de longo prazo é corroborado pelas regressões de limiar, que também calcularam o limiar da taxa de inflação em 6%. Esta pesquisa constrói sobre a literatura existente para o país e contribui refinando os limiares de inflação sugeridos. Estudos anteriores sobre a África do Sul, como os de Leshoro (2012) e Phiri (2018), propuseram limiares de inflação de 4% e 5,3%, respectivamente.

Para Meyer e Hassan (2024), a estimativa do limiar de inflação em 6% pelo estudo de Meyer & Hassan indica que a importância de se reconhecer a natureza evolutiva das condições macroeconômicas na África do Sul e a necessidade de reavaliações periódicas das metas de inflação ótimas. Por último, os autores ressaltaram a dificuldade de se obter algumas variáveis com periodicidade trimestral. O presente estudo encontrou a mesma dificuldade, não conseguindo incorporar as variáveis taxa SELIC e taxa de câmbio pelo mesmo motivo.

4.3 Metodologia

O modelo Vetor de Correção de Erros (VEC) é bastante utilizado na análise de séries temporais interdependentes, especialmente quando as variáveis apresentam uma relação de cointegração. Desenvolvido como uma extensão do modelo VAR (Vector Autoregressive), o VEC ganha destaque pela capacidade de lidar com séries não estacionárias que compartilham uma relação de longo prazo, o que garante que desvios em torno dessa relação sejam gradualmente corrigidos ao longo do tempo. Essa abordagem foi inicialmente explorada por (R. F. Engle e C. W. J. Granger (1987)), que

destacaram a importância do conceito de cointegração em econometria para capturar a dinâmica de equilíbrio de longo prazo entre variáveis econômicas.

O modelo VEC é projetado para descrever as relações de curto prazo entre as variáveis enquanto ele incorpora as restrições de longo prazo necessárias pela cointegração. Essa característica o torna útil para a análise de políticas econômicas e previsão de variáveis macroeconômicas, que pode ser usado para capturar tanto as flutuações de curto prazo quanto as tendências de longo prazo. S. Johansen (1988) foi um dos pioneiros no desenvolvimento de métodos para estimar e testar a cointegração em sistemas multivariados, ampliando a aplicabilidade do modelo VEC.

A principal vantagem do VEC é a capacidade de modelar simultaneamente a dinâmica de curto prazo e o equilíbrio de longo prazo, o que o diferencia do modelo VAR clássico. Enquanto o VAR assume que todas as variáveis são estacionárias ou transformadas para estacionariedade, o VEC permite que variáveis não estacionárias, mas cointegradas, sejam incluídas diretamente no modelo. Essa abordagem pode ser utilizada em cenários onde as relações econômicas são governadas por forças de longo prazo, como a ligação entre investimento e PIB, ou entre taxas de câmbio e inflação, (Hamilton (1994)). O modelo VEC supramencionado apresenta desafios, uma das limitações é a necessidade de identificar e testar corretamente as relações de cointegração, que pode ser algo complexo em sistemas com muitas variáveis.

De acordo com Juselius (2006), o modelo é sensível à escolha do número de vetores de cointegração, que deve ser determinado com base em testes, como o teste de traço e o teste da máxima autovalor. O modelo VEC oferece uma representação poderosa e informativa das interações dinâmicas entre variáveis econômicas. Trabalhos recentes demonstraram a aplicabilidade do modelo VEC em diversos contextos econômicos. Por exemplo, estudos como os de Pedroni (2021) exploraram o uso do VEC na análise de choques econômicos e seus efeitos de longo prazo em economias abertas. Esses estudos mostram que o modelo pode capturar como variáveis ajustam-se ao equilíbrio após choques exógenos.

O modelo VEC tem sido aplicado na análise de políticas monetárias e fiscais. Autores como Lütkepohl e Krätzig (2004) demonstraram que o VEC é particularmente útil para avaliar os impactos de políticas econômicas em cenários onde as variáveis de interesse, como taxa de juros e inflação, possuem relações de cointegração. O modelo ajuda a entender como os desvios em relação ao equilíbrio de longo prazo influenciam as dinâmicas de curto prazo. Logo, o VEC é reconhecido por sua flexibilidade em análises que exigem a consideração simultânea de relações estáveis de longo prazo e ajustes dinâmicos de curto prazo (Asali (2008)).

4.3.1 Estrutura Matemática do Modelo VEC

O modelo VEC (Vector Error Correction) é uma extensão do modelo VAR (Vector Autoregressive) aplicado a séries temporais não estacionárias que possuem relações de cointegração (vide Zivot e Wang (2006)). Sua estrutura básica combina as dinâmicas de curto prazo com os ajustes para o equilíbrio de longo prazo, capturando assim as interações entre as variáveis.

Modelo VAR e Transição para VEC

O modelo VAR de ordem (p) para um vetor de variáveis endógenas ($\mathbf{y}_t \in \mathbb{R}^k$) é definido por:

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{A}_1 \mathbf{y}_{t-1} + \mathbf{A}_2 \mathbf{y}_{t-2} + \cdots + \mathbf{A}_p \mathbf{y}_{t-p} + \mathbf{u}_t, \quad (4.1)$$

onde:

- (\mathbf{A}_i) são matrizes de coeficientes (k),
- ($\mathbf{u}_t \sim N(0, \Sigma_u)$) é um vetor de resíduos iid com média zero e matriz de covariância (Σ_u) e
- ($\mathbf{u}_t \sim N(0, \Sigma_u)$) é um vetor de resíduos iid com média zero e matriz de covariância (Σ_u).

Se as variáveis (\mathbf{y}_t) são integradas de ordem 1 (I(1)) e cointegradas, a formulação do modelo VAR pode ser reescrita na forma de diferenças para incluir os vetores de cointegração. Assim, o modelo VEC é dado por:

$$\Delta \mathbf{y}_t = \Pi \mathbf{y}_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta \mathbf{y}_{t-i} + \mathbf{u}_t, \quad (4.2)$$

onde:

- ($\Delta \mathbf{y}_t = \mathbf{y}_t - \mathbf{y}_{t-1}$) representa as diferenças de primeira ordem,
- ($\Pi = \alpha \beta'$) é a matriz de impacto de longo prazo,
- (Γ_i) são matrizes de coeficientes ($k \times k$) que capturam as dinâmicas de curto prazo,
- (α) ($(k \times r)$) representa os vetores de ajuste (velocidades de correção) e
- (β) ($(k \times r)$) contém os vetores de cointegração, com (r) sendo o número de vetores cointegrantes.

A matriz (Π) contém informações sobre as relações de longo prazo entre as variáveis. Caso $\text{rank}(\Pi) = 0$, não há cointegração e o modelo se reduz a um VAR em diferenças. Se $\text{rank}(\Pi) = k$, as variáveis são estacionárias em nível. Quando $0 < \text{rank}(\Pi) = r < k$, existem (r) vetores de cointegração, e o modelo VEC é apropriado.

Segundo (Søren Johansen (1991)), os vetores cointegrantes $\beta' \mathbf{y}_{t-1}$ representam combinações lineares das variáveis que são estacionárias, enquanto α define as velocidades de ajuste em direção ao equilíbrio de longo prazo.

No âmbito dos Modelos de Correção de Erros Vetoriais (VECM), as dinâmicas de curto prazo é capturada pelas diferenças de primeira ordem, representadas por $\Delta \mathbf{y}_{t-i}$. Essas diferenças estão relacionadas as variações instantâneas que não são explicadas pelas relações de longo prazo, permitindo uma análise mais granular das respostas das variáveis a choques e mudanças repentinas. Por sua vez, As matrizes Γ_i modelam as interdependências dessas mudanças representam as interdependências dessas mudanças ao longo do tempo. Elas fornecem uma estrutura matemática que permite avaliar como as variações em uma variável podem influenciar as demais, considerando as relações de curto prazo.

Destaca-se que o termo $\Pi \mathbf{y}_{t-1} = \alpha \beta' \mathbf{y}_{t-1}$ ajusta os desvios do equilíbrio de longo prazo. Este mecanismo pode capturar choques exógenos ou desequilíbrios temporários afetam o sistema econômico ao longo do tempo. Søren Johansen (1991) propôs um método de máxima verossimilhança para estimar Π , α , e β . Os testes de cointegração de Johansen envolvem a análise dos valores próprios da matriz Π para determinar (r): O teste do traço (λ_{trace}) verifica a hipótese nula de que há, no máximo, (r) vetores de cointegração. O teste de valor máximo (λ_{max}) avalia a hipótese de que o número de vetores de cointegração é exatamente (r).

4.3.2 Impacto da Inflação no Crescimento Econômico com Modelo VEC

No Brasil, a inflação possui um impacto relevante no desempenho econômico, especialmente em períodos marcados por instabilidade macroeconômica. Estudos recentes, como os de (M. Bruno e W. Easterly (2021)), mostram que taxas de inflação elevadas em economias emergentes podem limitar o crescimento ao aumentar a incerteza e reduzir a previsibilidade, desestimulando investimentos produtivos. Além disso, a inflação reduz o poder de compra da população, prejudicando o consumo, componente chave do Produto Interno Bruto (PIB). Nesse contexto, modelos econométricos, como o Modelo de Correção de Erros (VEC), são instrumentos amplamente utilizados para analisar as interações de longo prazo entre variáveis macroeconômicas.

Pesquisas brasileiras que empregam o modelo VEC enfatizam a sua capacidade de capturar relações de equilíbrio de longo prazo entre variáveis econômicas, mesmo em cenários sujeitos a frequentes mudanças estruturais. Segundo (Andrade et al. (2023)), o VEC permite avaliar como

choques inflacionários afetam as condições de equilíbrio, ajustando as variáveis ao longo do tempo. Isso é particularmente importante em economias como a brasileira, onde a política monetária e os choques externos frequentemente alteram os padrões de comportamento macroeconômico.

4.3.3 Estruturação do Modelo VEC para Análise de Inflação e Crescimento no Brasil

Como supramencionado, o modelo VEC é uma extensão do VAR projetada para trabalhar com séries temporais integradas (não estacionárias mas cointegradas). Essa cointegração indica que existe uma relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis, apesar de flutuações de curto prazo. No Brasil, o modelo pode incluir variáveis como taxa de inflação, PIB, consumo das famílias e formação bruta de capital fixo, dentre outras, proporcionando uma análise de resultado do impacto da inflação no crescimento econômico (vide Fonseca et al. (2023), Rocha Gonçalves e Oliveira Passos (sem data) e Santos, Ferreira et al. (2015)).

4.4 Modelagem e resultados

O objetivo deste estudo é compreender o impacto da inflação no crescimento econômico no contexto da economia brasileira. A partir do sistema de contas nacionais do IBGE, obtiveram-se ambos os indicadores para o período de 1996 a 2024, em periodicidade trimestral, de forma que o período completo contempla do primeiro trimestre do ano de 1996 ao segundo trimestre do ano de 2024. Além disso, obtiveram-se outras variáveis auxiliares. As variáveis em unidade de medida monetária se encontram em preços correntes de 2024. A Tabela 2 apresenta todas as variáveis que foram obtidas para a elaboração do modelo, informando também a unidade de medida correspondente a cada uma delas e algumas medidas descritivas.

Tabela D.2: Análise descritiva das variáveis utilizadas no presente artigo.

Variável	Unidade de Medida	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
PIB	Milhões de reais	1.104.472,92	932.318,28	762.319,23	189.323,30	2.887.650,28
IPCA	Número índice	3.452,26	3.083,82	1.632,16	1.271,05	6.921,24
PIB agro	Milhões de reais	56.370,96	41.054,57	50.032,12	8.398,88	244.068,48
PIB industrial	Milhões de reais	234.263,27	215.811,83	160.209,50	41.473,60	637.046,60
PIB serviços	Milhões de reais	659.318,49	541.229,54	459.610,79	112.835,61	1.723.916,26
Consumo das famílias	Milhões de reais	693.742,00	560.359,85	485.570,24	125.685,04	1.818.247,90
Consumo do governo	Milhões de reais	211.363,71	175.336,58	145.406,18	35.666,08	595.197,30
FBCF	Milhões de reais	194.299,04	187.690,25	129.166,42	35.403,15	484.442,13
Var. dos estoques	Milhões de reais	3.702,04	2.430,63	26.847,41	-96.154,17	161.380,74
Exportações	Milhões de reais	160.758,45	109.759,58	142.612,59	12.305,88	538.197,09
Importações	Milhões de reais	159.392,33	115.335,21	134.447,56	14.772,80	537.589,10

Fonte: Elaboração própria com base nas Contas Nacionais Trimestrais do IBGE

Como pode ser visto na Tabela D.2, A variável PIB exibe uma média de R\$ 1.104.472,92 milhões. O desvio padrão do PIB é de R\$ 762.319,23 milhões, indicando significativa variabilidade. Este comportamento é consistente com a natureza do PIB, que é influenciado por diversos fatores macroeconômicos e políticas econômicas. A mediana do PIB é inferior à média, situando-se em R\$ 932.318,28 milhões, sugerindo uma distribuição assimétrica à direita, onde valores extremos elevados podem estar influenciando a média para cima.

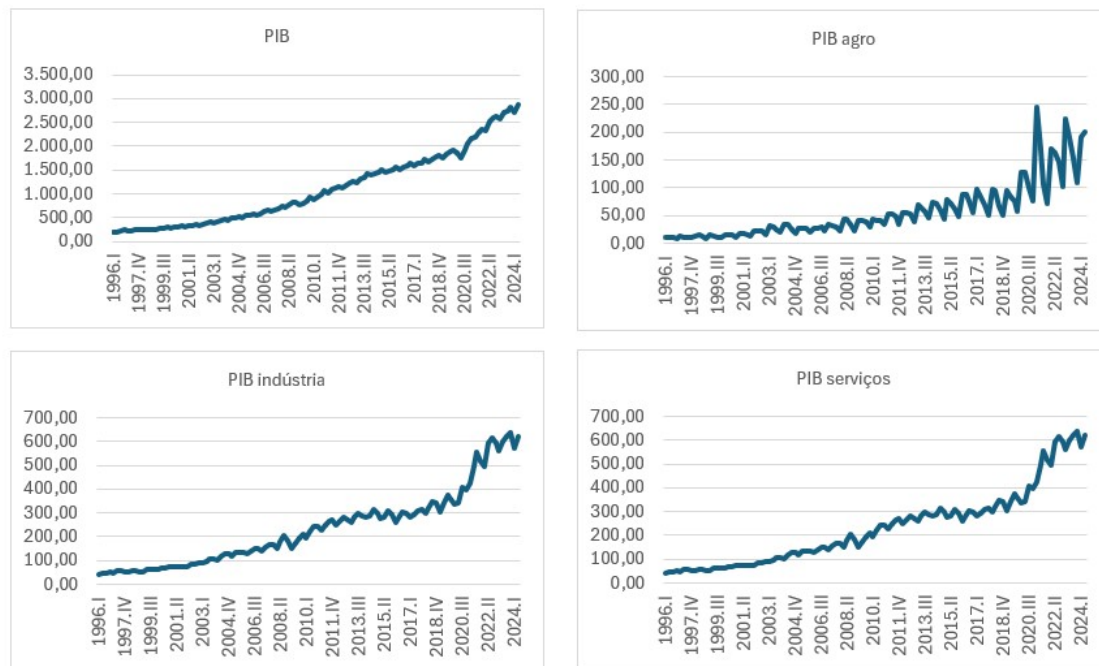
As variáveis que compõem o PIB setorial, como o PIB agro, industrial e de serviços, mostram diferenças marcantes em termos de magnitude e variabilidade. O PIB agro apresenta uma média de R\$ 56.370,96 milhões e um desvio padrão de R\$ 50.032,12 milhões, destacando a variabilidade inerente ao setor. Comparativamente, o PIB industrial e o PIB de serviços possuem médias de R\$ 234.263,27 milhões e R\$ 659.318,49 milhões, respectivamente, com desvios padrão menores em relação ao PIB total, mas ainda significativos. A mediana do consumo das famílias, R\$ 560.359,85 milhões, e do consumo do governo, R\$ 175.336,58 milhões, são inferiores às suas respectivas médias, sugerindo novamente a presença de valores extremos que elevam a média.

A Formação Bruta de Capital Fixo (FBCF), que representa o investimento em ativos fixos na economia, apresentou uma média de R\$ 194.299,04 milhões. O desvio padrão de R\$ 129.166,42 milhões indica uma variação significativa nos níveis de investimento ao longo do tempo. A mediana da FBCF, R\$ 187.690,25 milhões, é bastante próxima da média, indicando uma distribuição relativamente simétrica, porém ainda sujeita a variações econômicas cíclicas (D.2). Por outro lado, o IPCA, que mede a inflação ao consumidor, apresentou uma média de 3.452,26, com um desvio padrão de 1.632,16, evidenciando a volatilidade dos preços ao consumidor no período analisado. Essa variabilidade pode ser atribuída a fatores como oscilações nos preços de commodities, políticas monetárias, e variações na demanda interna e externa.

Os gráficos das séries temporais apresentadas na Tabela D.2 estão contidos nas figuras de 7 a 10. A Figura 4.7 com PIB total, demonstra uma tendência clara de crescimento consistente ao longo das últimas décadas. A curva apresenta inclinação positiva, refletindo a expansão econômica do país. Contudo, observa-se uma desaceleração em determinados períodos, como durante a crise financeira global de 2008 e a recessão interna de 2015-2016, seguidas por períodos de recuperação. A partir de 2020, nota-se uma leve instabilidade associada aos impactos econômicos da pandemia de COVID-19, mas com uma retomada visível nos trimestres subsequentes. O PIB agropecuário exibe um comportamento mais volátil em comparação ao PIB total, com oscilações significativas em períodos curtos.

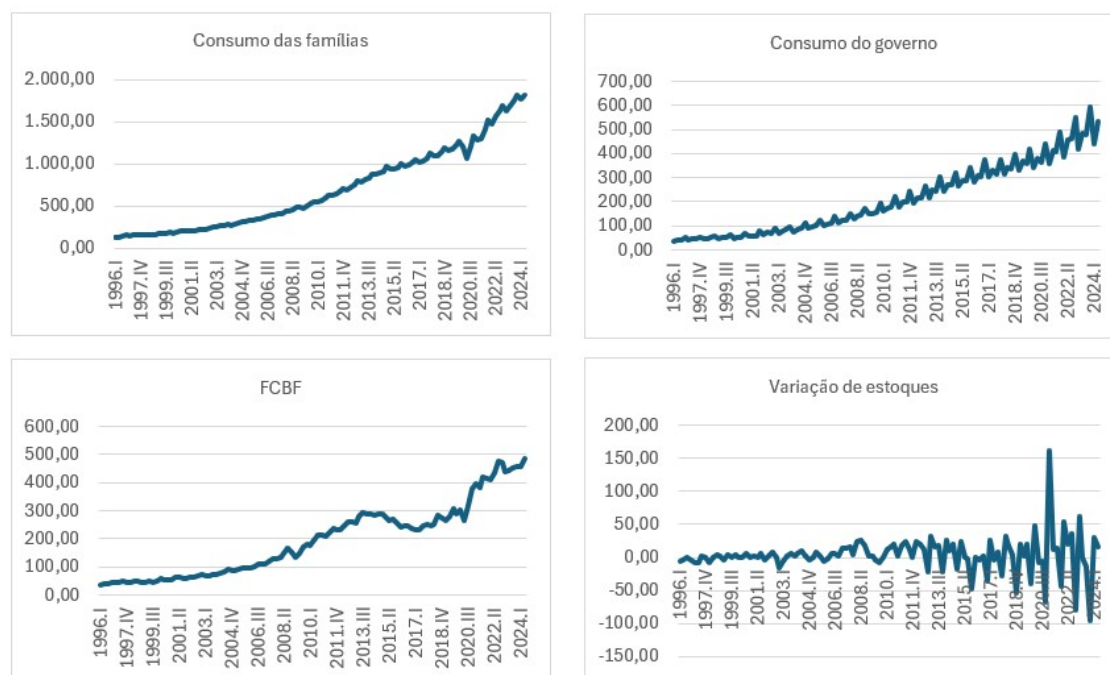
O gráfico do PIB industrial também apresenta uma tendência de crescimento ao longo do tempo, mas com maior estabilidade do que o setor agro (Figura 4.7). Como pode ser observado, o PIB de serviços apresentou um comportamento semelhante ao PIB total, com crescimento contínuo ao longo do tempo e relativa estabilidade, especialmente em comparação ao setor agropecuário. Contudo, observa-se uma desaceleração mais pronunciada durante a pandemia de COVID-19.

Figura 4.7: Análise gráfica das variáveis PIB e suas componentes agro, indústria e serviços em bilhões de reais.



Fonte: Elaboração própria com base nas Contas Nacionais Trimestrais do IBGE.

Figura 4.8: Análise gráfica das variáveis consumo das famílias, consumo do governo, FCBF e variação de estoques em bilhões de reais.



Fonte: Elaboração própria com base nas Contas Nacionais Trimestrais do IBGE.

Como pode ser visto na Figura 4.7, a série do consumo das famílias exibiu uma tendência consistente de crescimento ao longo do tempo, refletindo a expansão da renda disponível e o aumento do acesso ao crédito no Brasil. O gráfico evidencia uma aceleração mais acentuada durante períodos de expansão econômica, como nos anos 2000, e uma breve desaceleração durante eventos de crise, como em 2015-2016 e no início da pandemia de COVID-19 em 2020.

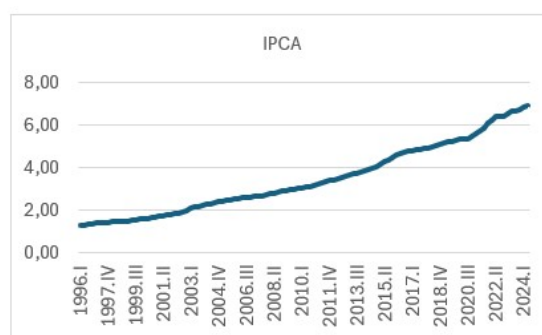
Adicionalmente, na Figura 4.7, consumo do governo também apresentou uma tendência de crescimento ao longo do período, mas com uma inclinação mais moderada em comparação ao consumo das famílias. O gráfico demonstra oscilações que acompanham as condições fiscais e orçamentárias do país. A FBCF, representando os investimentos em ativos fixos, apresenta uma trajetória de crescimento, mas com maior volatilidade em relação ao consumo das famílias e do governo. A série da variação de estoques na Figura 4.7 apresenta o comportamento mais volátil entre as variáveis analisadas, oscilando frequentemente entre valores positivos e negativos. Momentos de queda acentuada, como em 2015 e 2020, indicam períodos de desaceleração econômica, já os picos positivos sugerem períodos de ajuste para atender a uma demanda, como observado em fases de recuperação econômica.

Figura 4.9: Análise gráfica das variáveis exportações e importações em bilhões de reais



Fonte: Elaboração própria com base nas Contas Nacionais Trimestrais do IBGE.

Figura 4.10: Análise gráfica da variável IPCA



Fonte: Elaboração própria com base nas Contas Nacionais Trimestrais do IBGE.

O gráfico de exportações mostra um aumento consistente, especialmente a partir dos anos 2000, impulsionado pela alta nos preços de commodities e pela crescente demanda de mercados internacionais, como China e Estados Unidos (Figura 4.9). Por outro lado, o gráfico de importações apresenta uma trajetória semelhante, acompanhando o crescimento econômico e a demanda por bens de consumo e insumos produtivos.

Como pode ser evidenciado na Figura 4.10 há momentos de maior aceleração da Inflação brasileira, como em 2002-2003, devido à instabilidade cambial, e em 2015-2016, quando a crise econômica interna e o aumento dos preços administrados (como combustíveis e energia) pressionaram o índice. A partir de 2020, nota-se uma nova aceleração no IPCA, impulsionada pelos efeitos da pandemia, como a desvalorização cambial, os gargalos na cadeia de suprimentos global e a alta nos preços das commodities. Destaca-se que a análise gráfica das variáveis macroeconômicas foi útil para antecipar questões como a falta de estacionariedade das séries temporais, problema que foi endereçado posteriormente.

4.4.1 Análise de Estacionariedade

Após a organização da série temporal, realizou-se o teste de Dickey-Fuller aumentado (ADF) para verificar a estacionariedade de diversas variáveis presentes no conjunto de dados. Este teste

pode ser utilizado para identificar se uma série temporal possui raiz unitária, o que indicaria não estacionariedade. A análise foi conduzida para todas as diferentes séries previamente introduzidas na Tabela D.3.

Os resultados dos testes ADF (Tabela D.3) indicaram que a maioria das variáveis testadas possui p-valor muito elevado, o que sugere que as séries não são estacionárias. Especificamente, os p-valores para o PIB agropecuário, PIB de serviços, PIB industrial, PIB total, consumo das famílias, consumo do governo, formação bruta de capital fixo, índice de preços ao consumidor, importações e exportações foram todos superiores a 5%. Estes resultados levaram à não rejeição da hipótese nula de que estas séries possuem uma raiz unitária, indicando que as mesmas não são estacionárias. A única exceção foi a variável de variação nos estoques, que apresentou um p-valor de 6,3%, ainda acima do limite usual de 5%, mas bem próxima do nível de significância adotado.

Tabela D.3: Resultados do teste ADF para todas as séries temporais.

Variável	p-valor
PIB	0,990
IPCA	0,941
PIB agro	0,847
PIB industrial	0,852
PIB serviços	0,838
Consumo das famílias	0,984
Consumo do governo	0,987
FBCF	0,709
Var. de estoques	0,063
Exportações	0,954
Importações	0,929

Fonte: Elaboração própria utilizando-se o software R.

É realizado um tratamento adicional nas séries temporais para solucionar o problema da falta de estacionariedade. Optou-se por tomar o logaritmo natural de todas as observações de cada uma das séries, exceto a variação de estoques, que continha valores negativos. Para cada uma das variáveis logarítmicas, o teste ADF foi aplicado, sendo o resultado interpretado em termos de p-valor.

O teste ADF para as variáveis de PIB agropecuário (lpiba), PIB de serviços (lpibs), PIB da indústria (lpibi), PIB geral (lpib), consumo das famílias (lcf), consumo do governo (lcg), formação bruta de capital fixo (lfbcf), índice de preços ao consumidor (lipca), importações (limp) e exportações (lexp) foram executados com uma hipótese alternativa de estacionariedade. Os resultados mostraram que, para a variável lpiba (PIB agropecuário), o p-valor foi 0,04636, indicando que a série é estacionária no nível de significância de 5%.

As demais variáveis, como lpibs (PIB de serviços), lpibi (PIB da indústria) e lpib (PIB geral), apresentaram p-valores significativamente altos, como 0,9161, 0,5804 e 0,9175, respectivamente, sugerindo que estas séries não são estacionárias no nível de significância de 5%. Para as variáveis de consumo (lcf, lcg), formação bruta de capital fixo (lfbcf), e o índice de preços ao consumidor (lipca), o p-valor também foi elevado, indicando que essas séries não são estacionárias, com p-

valores variando entre 0,7287 e 0,9896. Já as variáveis de importações e exportações, $limp$ e $lexp$, apresentaram p-valores mais baixos (0,06668 e 0,3108), mas ainda assim, não foram suficientes para declarar a estacionariedade. Estes valores podem ser visualizados na Tabela D.4.

Tabela D.4: Resultados do teste ADF para todas as séries temporais em logaritmo.

Variável	p-valor
PIB	0.918
IPCA	0.941
PIB agro	0.046
PIB industrial	0.580
PIB serviços	0.916
Consumo das famílias	0.860
Consumo do governo	0.990
FBCF	0.729
Exportações	0.311
Importações	0.067

Fonte: Elaboração própria utilizando-se o software R.

Diagnosticada a persistência da não estacionariedade das séries, realizou-se uma diferenciação de cada série logarítmica. Em seguida, o teste ADF foi reaplicado a essas séries diferenciadas, com a expectativa de que a diferenciação ajudasse a obter estacionariedade. Os resultados indicaram que as séries diferenciadas de PIB agropecuário, PIB da indústria, PIB geral, consumo das famílias, consumo do governo, formação bruta de capital fixo, índice de preços ao consumidor, importações e exportações apresentaram p-valores significativos (todos abaixo de 5%), sugerindo que essas séries, após diferenciação, se tornaram estacionárias, como se pode verificar na Tabela 5.

Tabela D.5: Resultados do teste ADF para todas as séries temporais em logaritmo e em primeira diferença.

Variável	p-valor
PIB	0.010
IPCA	0.011
PIB agro	0.010
PIB industrial	0.010
PIB serviços	0.196
Consumo das famílias	0.010
Consumo do governo	0.010
FBCF	0.010
Exportações	0.010
Importações	0.010

Fonte: Elaboração própria utilizando-se o software R.

Para a confirmação da estacionariedade, foi aplicado o teste KPSS nas séries em logaritmo e em primeira diferença, com a hipótese nula de estacionariedade em nível. Os resultados mostraram que os p-valores para todas as séries diferenciadas foram iguais a 0,100, indicando que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese de estacionariedade no nível, corroborando a análise do teste ADF, que indicou que as séries em logaritmo e em primeira diferença se tornaram estacionárias. A tabela 6 apresenta os resultados do teste KPSS.

Tabela D.6: Resultados do teste KPSS para todas as séries temporais em logaritmo e em primeira diferença.

Variável	p-valor
PIB	0.100
IPCA	0.100
PIB agro	0.100
PIB industrial	0.100
PIB serviços	0.100
Consumo das famílias	0.100
Consumo do governo	0.100
FBCF	0.100
Exportações	0.100
Importações	0.100

Fonte: Elaboração própria utilizando-se o software R.

4.4.2 Análise de Multicolinearidade

A análise de multicolinearidade realizada envolveu a correlação entre variáveis explicativas e a construção de modelos de regressão linear para entender a dinâmica entre elas. Doravante, para cada variável referida, deve-se entender que se trata da série em logaritmo e em primeira diferença, a menos que se especifique diferente. Inicialmente, gerou-se uma matriz de correlação entre as variáveis explicativas, revelando que algumas variáveis apresentam correlações fortes entre si. Por exemplo, a variável consumo das famílias exibe uma correlação alta com a variável consumo do governo (0,636) e importações (0,534), indicando uma relação moderada entre essas variáveis. Outras correlações mais fracas foram observadas, como entre ipca e as demais variáveis, com valores próximos de zero, sugerindo pouca ou nenhuma associação entre elas.

Em seguida, foi construído um modelo de regressão linear múltipla, com o objetivo de avaliar o impacto de várias variáveis explicativas sobre a variável dependente PIB. Os resultados do teste de multicolinearidade (VIF) indicaram que as variáveis consumo das famílias, consumo do governo, exportações e importações apresentaram VIFs superiores a 2, o que pode sugerir a presença de multicolinearidade moderada, enquanto as variáveis IPCA e FBCF apresentaram VIFs mais baixos, sugerindo menor correlação entre elas. Esse resultado é importante para a interpretação do modelo, pois a multicolinearidade pode afetar a precisão das estimativas dos coeficientes de regressão.

Para uma análise mais robusta, foi realizado um segundo modelo de regressão linear, que excluiu as variáveis exportações e importações, que apresentaram valores de VIF altos e já haviam apresentado correlação alta entre si e com outras variáveis conforme mencionado anteriormente. Esta exclusão resultou em menores valores de VIF, indicando uma melhora na estabilidade do modelo.

4.4.3 Análise de Cointegração

O teste de cointegração de Johansen é utilizado para verificar a existência de relações de longo prazo entre séries temporais. A existência de uma ou mais relações de cointegração implica que,

mesmo que as séries individuais sejam não estacionárias, pode haver uma combinação linear entre elas que seja estacionária. No teste foi realizado utilizando-se a estatística Trace. Sua hipótese nula é de que o número de vetores de cointegração existente entre as variáveis é no máximo um valor r , que vai de 0 até o primeiro valor para o qual a hipótese nula é rejeitada. Assim, obtemos que existem $r - 1$ vetores de cointegração entre as variáveis.

O teste de Johansen foi realizado para as variáveis PIB, IPCA, consumo das famílias, consumo do governo e formação bruta de capital fixo. A Tabela 7 apresenta o resultado do teste a 5% de significância. Inferimos que o primeiro valor de r para o qual o valor da estatística de Trace é menor que o valor crítico, levando à rejeição da hipótese nula é 2, indicado no máximo um vetor de cointegração entre as variáveis. Na presença de pelo menos uma relação de cointegração, como é o caso deste trabalho, o próximo passo é a construção de um Modelo de Vetor de Correção de Erros (VEC) para incorporar as dinâmicas de curto e longo prazo.

4.4.4 Modelo VEC

Conforme mencionado anteriormente, o modelo VEC seria o ideal para esta estimação. Nesta seção, as variáveis mencionadas são logarítmicas, porém em nível. Sendo assim, primeiramente, o teste de cointegração de Johansen foi realizado para avaliar a existência de relações de longo prazo entre as variáveis PIB e IPCA. O teste foi conduzido com um tipo de estatística de traço, sem tendência linear e considerando uma defasagem de 5 períodos.

O valor da estatística do teste foi comparado com os valores críticos de 10%, 5% e 1%, e os resultados sugerem que existe uma relação de cointegração entre as séries, já que a hipótese nula de nenhuma cointegração ($r = 0$) foi rejeitada. Em seguida, um modelo VECM foi estimado, considerando uma defasagem de 5 períodos e uma relação de cointegração de ordem 1 ($r = 1$). A Tabela 7 contém os resultados da estimação, considerando o PIB como variável dependente.

Tabela D.7: Estimação do modelo VEC

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	Significância
ECT	-0.0338	0.0268	Não significativo
Intercept	0.0771	0.0441	Significativo à 10%
PIB(-1)	-0.0842	0.1025	Não significativo
PIB(-2)	-0.1299	0.0849	Não significativo
PIB(-3)	-0.2121	0.0835	Significativo à 5%
PIB(-4)	0.5058	0.0829	Significativo à 1%
PIB(-5)	-0.1305	0.1003	Não significativo
IPCA(-1)	-0.0463	0.3486	Não significativo
IPCA(-2)	0.2516	0.4001	Não significativo
IPCA(-3)	0.2867	0.3886	Não significativo
IPCA(-4)	-1.0229	0.3787	Significativo à 1%
IPCA(-5)	0.5607	0.3320	Significativo à 10%

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados fornecidos pelo software R

Observa-se da Tabela 7 que um choque inflacionário de 1% propaga um efeito negativo no PIB de -1,02% até quatro períodos à frente. Como neste trabalho as variáveis são trimestrais, isto significa um efeito negativo propagado por um ano. Em relação a um choque de 1% no PIB, observa-se que se ele ocorre até quatro períodos atrás existe uma propagação positiva de 0,5%, já se ele ocorre cinco períodos atrás, existe uma propagação negativa de -0,13%.

Análise dos Resíduos

Para que os resultados obtidos sejam válidos e interpretáveis, é necessário que os resíduos do modelo satisfaçam a hipótese de normalidade e de ausência de autocorrelação serial.

Para assegurar a validade e a interpretabilidade dos resultados obtidos, torna-se imperativo que os resíduos do modelo satisfaçam as premissas de normalidade e ausência de autocorrelação serial. A violação dessas premissas pode comprometer a confiabilidade das inferências estatísticas e a precisão das estimativas dos parâmetros do modelo. Com o intuito de verificar a hipótese de normalidade dos resíduos, aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov. Este teste estatístico não paramétrico avalia a similaridade entre a distribuição empírica dos resíduos e uma distribuição normal teórica, tendo como hipótese nula a premissa de que os dados analisados provêm de uma distribuição normal.

Para testar a hipótese de normalidade, foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, cuja hipótese nula é de que os dados analisados são provenientes de uma distribuição normal. Da Tabela 8, pode-se concluir que, a 5% de significância, não existem evidências para se rejeitar a hipótese de que os resíduos do modelo ajustado são oriundos de uma distribuição normal.

Tabela D.8: Resultados do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov

Variável	p-valor
PIB	0.5649
IPCA	0.2281

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados fornecidos pelo software R

Adicionalmente, para examinar a hipótese de ausência de autocorrelação serial nos resíduos, empregou-se o teste de Portmanteau, avaliando até 16 lags. Este teste, também conhecido como teste de Box-Pierce ou Ljung-Box, verifica se existe correlação significativa entre os resíduos em diferentes períodos de tempo, tendo como hipótese nula a premissa de que não há autocorrelação serial nos resíduos do modelo. Conforme pode ser observado na Tabela 9, a 5% de significância não existem evidências para se rejeitar a hipótese de que os resíduos não são autocorrelacionados.

Tabela D.9: Resultados do teste de autocorrelação serial de Portmanteau

Estatística do Teste	p-valor
53.5	0.2085

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados fornecidos pelo software R

Diante da validação das hipóteses de normalidade e ausência de autocorrelação serial para os resíduos, prossegue-se com a análise, dedicando a próxima subseção à interpretação da função impulso resposta do modelo ajustado. A satisfação dessas premissas estatísticas confere maior robustez e confiabilidade às conclusões derivadas da análise do modelo.

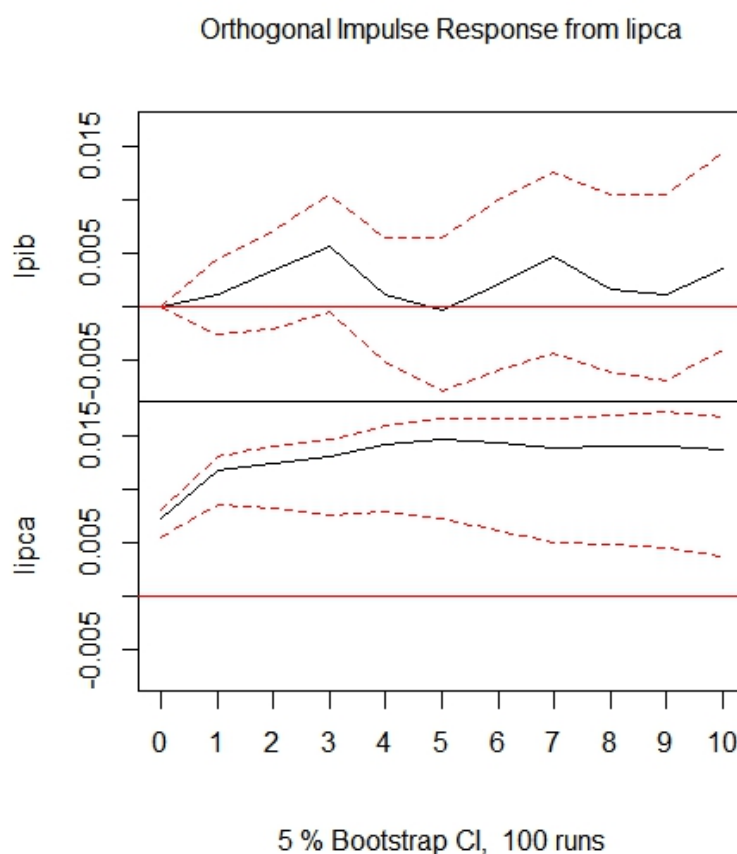
Função Impulso Resposta

É realizada uma análise das funções de resposta ao impulso (IRF), que permitiram observar o impacto de um choque no IPCA sobre o PIB ao longo de um período de 10 períodos à frente, bem como o impacto no PIB de um choque no próprio PIB. As funções de resposta fornecem uma visão sobre a reação dinâmica das variáveis a choques exógenos, e foram estimadas de forma ortogonal e com intervalos de confiança baseados em bootstrap.

Observa-se da Figura 11 que a resposta da inflação ao seu próprio choque é positiva e persistente ao longo do tempo. A resposta se estabiliza após os primeiros períodos, sugerindo um impacto duradouro. Conclui-se que o choque positivo na inflação gera um efeito persistente e acumulativo, o que é esperado, já que choques em inflação tendem a ter inércia.

Por sua vez, um choque inflacionário tem um efeito positivo de curto prazo sobre o PIB, com pico entre os períodos 3 e 4. Além disso, a dimensão da resposta é pequena, girando em torno de 0.005 a 0.01. Após o pico inicial, a resposta oscila de forma mais suave, se estabilizando próxima de zero nos últimos horizontes analisados. Efeitos significativos a mais de 5% ou não significativos não foram analisados.

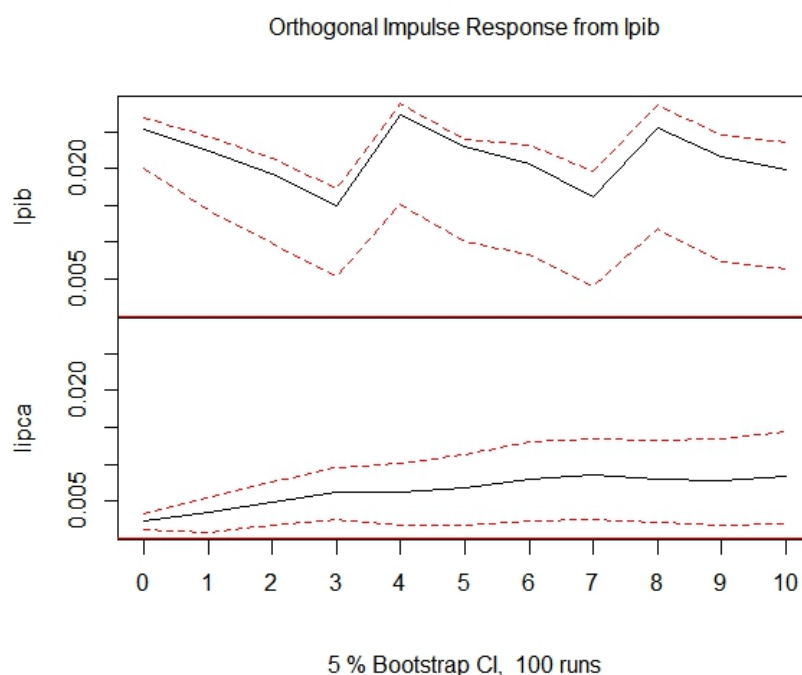
Figura 4.11: Resposta do PIB e do IPCA a um choque no IPCA



Fonte: Elaboração própria.

Foram também analisadas, ao longo de dez períodos a frente, as respostas no PIB e no IPCA a um choque no PIB. Observa-se da Figura 12 que a resposta do PIB ao seu próprio choque também é positiva e persistente ao longo do tempo. Podemos inferir também que este impacto é duradouro, pois a resposta se estabiliza a partir do quinto período. Por sua vez, um choque no PIB tem efeito negativo no IPCA no curto prazo, sendo o ponto mais baixo entre os períodos três e quatro. Observa-se que a resposta oscila de forma persistente ao longo dos dez períodos, não apresentando estabilização.

Figura 4.12: Resposta do PIB e do IPCA a um choque no PIB



Fonte: Elaboração própria.

4.5 Conclusão

A pesquisa investigou a relação entre a inflação e o crescimento econômico no Brasil, analisando dados macroeconômicos e aplicando modelos econométricos que permitem compreender as dinâmicas de curto e longo prazo. Os resultados alcançados ressaltaram que a inflação em níveis elevados exerce impactos negativos sobre o crescimento econômico ao gerar incertezas, desestimular investimentos e reduzir o poder de compra das famílias. Essa relação é mediada por uma série de fatores estruturais e contextuais, que tornam a magnitude dos efeitos variável de acordo com as especificidades de cada período e conjuntura econômica. O estudo abrangeu dados macroeconômicos trimestrais de 1996 a 2024, incluindo variáveis como PIB, IPCA, consumo das famílias, consumo do governo e formação bruta de capital fixo. O objetivo principal foi compreender como choques inflacionários impactam o crescimento econômico, considerando tanto os efeitos de curto prazo quanto as dinâmicas de longo prazo.

A análise foi iniciada com a verificação da estacionariedade das séries temporais, um requisito

para garantir a validade dos resultados do modelo VEC. Os testes de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) revelaram que a maioria das variáveis não era estacionária em nível, exigindo transformações logarítmicas e diferenciação para torná-las adequadas à modelagem. Adicionalmente, o teste de cointegração de Johansen confirmou a existência de relações de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis analisadas, possibilitando a construção do modelo VEC e permitindo uma análise robusta das interações macroeconômicas no Brasil.

Os resultados evidenciaram que choques inflacionários têm impactos significativos no curto prazo, afetando negativamente o consumo agregado e os investimentos produtivos. As funções impulso-resposta indicaram que esses choques geram uma retração inicial no PIB, mas a persistência desse impacto tende a ser limitada. Em horizontes de longo prazo, o sistema econômico demonstrou capacidade de ajustamento, retornando a um estado de equilíbrio. Esse comportamento ressalta que, embora a inflação elevada cause distorções temporárias, o Brasil apresenta mecanismos estruturais que promovem a recuperação econômica ao longo do tempo.

A análise de cointegração conduzida por meio do modelo VEC demonstrou que há uma relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis como PIB e índice de preços ao consumidor. Essa relação indica que, embora choques inflacionários possam provocar distorções de curto prazo, o sistema econômico tende a ajustar-se no longo prazo para restabelecer um padrão de equilíbrio.

Os testes de diagnóstico validaram a robustez do modelo econométrico utilizado. O teste de Kolmogorov-Smirnov indicou normalidade dos resíduos, enquanto o teste de Portmanteau confirmou a ausência de autocorrelação significativa. Adicionalmente, a análise de multicolinearidade revelou que a maior parte das variáveis apresentou correlação moderada, garantindo maior precisão nas estimativas.

Os resultados das funções impulso-resposta reforçaram a hipótese de que choques inflacionários produzem efeitos significativos sobre o PIB no curto prazo, mas a persistência desses impactos é limitada. Observou-se que, após o impacto inicial, o PIB tende a estabilizar-se, ainda que as bandas de confiança indiquem que a significância estatística dessa resposta possa ser baixa em horizontes mais longos.

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, identificaram-se também os efeitos desproporcionais da inflação sobre diferentes grupos econômicos. As famílias de baixa renda, mais vulneráveis às variações de preços em bens essenciais, enfrentam dificuldades adicionais em ambientes inflacionários. Esse fenômeno agrava a desigualdade social e também compromete a coesão econômica ao reduzir o consumo agregado, um dos principais motores do PIB.

Em termos comparativos, os limites ótimos de inflação identificados na literatura analisada variaram conforme o país e o período estudados. No caso do Brasil, adicionalmente, tem-se a dependência de *commodities* e a volatilidade cambial tornam a economia sensível a choques externos (Souza et al. (2021) e Silva et al. (2024)), ampliando os desafios associados à manutenção de níveis inflacionários dentro de limites saudáveis.

A pesquisa também destacou os impactos da inflação sobre o comportamento empresarial. Empresas são significativamente afetadas por ambientes inflacionários, particularmente no planejamento de longo prazo. A inflação gera incertezas sobre custos futuros, levando à postergação de investimentos e ao aumento da dependência de fontes externas de financiamento. Pequenas e médias empresas enfrentam maiores dificuldades devido à limitada capacidade de repassar custos adicionais aos consumidores, comprometendo sua sustentabilidade financeira.

Outro aspecto relevante é o impacto das políticas monetárias sobre o cenário macroeconômico. A pesquisa mostrou que aumentos nas taxas de juros, embora eficazes no controle da inflação, podem gerar efeitos colaterais significativos, como a contração do crédito e a redução da demanda agregada. Isso é especialmente preocupante em economias emergentes como a brasileira, onde o crescimento depende fortemente de investimentos internos e externos.

A pesquisa enfrentou algumas limitações que devem ser reconhecidas. A primeira se refere à dependência do modelo VEC, que assume relações lineares e estáveis entre as variáveis analisadas,

o que pode não capturar completamente as complexidades dinâmicas da economia brasileira, como choques estruturais ou eventos externos. Além disso, a ausência de outras variáveis no modelo pode ter limitado a abrangência dos resultados. Além disso, o foco exclusivo no Brasil restringe a generalização das conclusões para outras economias emergentes com diferentes características estruturais e contextos institucionais.

Pesquisas futuras podem expandir a análise ao incluir variáveis adicionais para captar uma visão mais completa das dinâmicas econômicas. Além disso, a aplicação de modelos não lineares ou modelos de redes neurais, pode oferecer ferramentas mais refinadas sobre as relações entre inflação e crescimento em diferentes regimes econômicos. Estudos comparativos entre economias emergentes também seriam relevantes para identificar fatores comuns e específicos que influenciam a interação entre essas variáveis. Adicionalmente, a análise do impacto setorial da inflação, com foco em diferentes segmentos produtivos, pode enriquecer a compreensão sobre os efeitos distributivos dessa variável.