

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
FACULDADE DE ECONOMIA**

ANA CAROLINE SANTOS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE INDICADORES DE INCERTEZA
INFLACIONÁRIA NO CONTEXTO DA ECONOMIA BRASILEIRA**

**Governador Valadares
2023**

ANA CAROLINE SANTOS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE INDICADORES DE INCERTEZA
INFLACIONÁRIA NO CONTEXTO DA ECONOMIA BRASILEIRA**

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador (a): Prof. Dr. Luckas Sabioni Lopes

**Governador Valadares
2023**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Santos de Oliveira, Ana Caroline.

Avaliação do desempenho de indicadores de incerteza inflacionária no contexto da economia brasileira / Ana Caroline Santos de Oliveira. -- 2023.

46 p.

Orientador: Luckas Sabioni Lopes

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Avançado de Governador Valadares, Instituto de Ciências Sociais Aplicadas - ICSA, 2023.

1. Incerteza. 2. Inflação. 3. Expectativa de Inflação. I. Sabioni Lopes, Luckas , orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

ANA CAROLINE SANTOS DE OLIVEIRA

Avaliação do desempenho de indicadores de incerteza inflacionária no contexto da economia brasileira

Trabalho de monografia aprovado como parte das exigências para a obtenção do título de bacharel no curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares, pela seguinte banca examinadora:

Aprovado em **11 de JANEIRO** de **2023**

BANCA EXAMINADORA

Dr. Luckas Sabioni Lopes – Orientador (a)
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Luiz Antônio de Lima Junior
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Thiago Costa Soares
Universidade Federal de Juiz de Fora



Documento assinado eletronicamente por **Luckas Sabioni Lopes, Professor(a)**, em 11/01/2023, às 08:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Antonio de Lima Junior, Professor(a)**, em 11/01/2023, às 09:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thiago Costa Soares, Professor(a)**, em 12/01/2023, às 09:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1107920** e o código CRC **4944693D**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que até aqui me sustentou. À minha mãe Claudia que mesmo sozinha fez de tudo para me incentivar aos estudos. Ao meu irmãozinho Wallace, por recarregar minhas energias com seu amor e afeto. As minhas tias Rosana e Eliene que sempre cuidaram de mim como filha. As minhas primas Kamila e Kícila que são como irmãs para mim. Aos demais familiares que sempre me acolheram e incentivaram.

Ao meu parceiro de vida (e de curso) Mateus Moreira, que torna minha vida e meus dias melhores. À minha amiga e confidente Camily, que esteve ao meu lado em todos os desafios do ciclo universitário. Ao meu amigo Silas, que durante a pandemia, mesmo que por vídeo chamada me ofereceu todo apoio e amor quando mais precisei. A minha amiga Débora, que é um anjo em forma de gente. Aos amigos, Biazinha, Thays, Eduardo, Franscisco, Linda, Bea, Rafael, Ramon, Márcia, que a faculdade me deu de forma direta ou indireta. Obrigada por tornarem essa caminhada mais fácil.

Gostaria de agradecer todos os professores do departamento de economia da UFJF-Campus GV. Sem vocês eu literalmente não estaria aqui. Especialmente, agradeço o meu orientador Luckas Sabioni, aquele quem despertou em mim o desejo de trabalhar com pesquisa, que prestou todo suporte que precisei de forma comprensiva, tornando essa jornada leve.

A todos vocês, minha profunda gratidão, carinho, e principalmente admiração.

RESUMO

O presente trabalho procurou avaliar o desempenho de um conjunto de indicadores quanto à sua adequação como medida empírica da incerteza inflacionária no Brasil, considerando o período de janeiro de 2003 a junho de 2022. Utilizaram-se indicadores construídos com modelos GARCH e Markov-Switching, além da dispersão das expectativas, da credibilidade do regime de metas para a inflação e do leque de inflação. Para isto, foram considerados três critérios avaliativos: (1) a correlação positiva das *proxies* com os níveis da inflação e de suas expectativas; (2) o comportamento anticíclico das *proxies* ao longo dos ciclos econômicos; e, (3) o impacto das *proxies* sobre indicadores macroeconômicos, como o hiato da produção, a inflação e as expectativas de inflação auferidos pelas funções de impulso-resposta geradas por modelos VAR. Os resultados mostram que o indicador de credibilidade foi a *proxy* com melhor desempenho segundo os critérios estabelecidos, demonstrando correlação positiva com a inflação e suas expectativas, picos em momentos recessivos e impactando da forma esperada as variáveis macroeconômicas consideradas.

Palavras-chave: 1. Incerteza. 2. Inflação 3. Expectativa de Inflação

ABSTRACT

The present work sought to verify the performance of a set of indicators in terms of their adequacy as an empirical measure of the empirical measure of inflationary uncertainty for Brazil, considering the period from January 2003 to June 2022. Indicators built with GARCH, Markov Switching, Dispersion of expectations, BACEN Credibility and Inflation Fan models were used. For this, three evaluative criteria were considered: (1) the positive correlation of the proxy with the levels of inflation and its expectations that were tested by the temporal correlation of the indicators with the variables; (2) the countercyclical behavior of the proxy over time, with a test of averages in peak and trough periods of the business cycle; (3) the impact of proxies on macro indicators, GDP, inflation and their expectations measured by the impulse response functions generated by the VAR model. The results show that the credibility indicator was the proxy with the best performance according to the established criteria, demonstrating a positive correlation with inflation and its expectations, peaks in recessive moments and impacting the selected macroeconomic variables as expected.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Indicadores de incerteza inflacionária com base em séries de tempo.....	37
Figura 2: Indicadores de Incerteza baseados em informações de pesquisas do BCB	38
Figura 3: Resposta hiato do produto (Gap) aos choques de incerteza inflacionária.....	41
Figura 4: Resposta da inflação (IPCA) aos choques de incerteza inflacionária.....	42
Figura 5: Resposta da expectativa de inflação (EXP12) aos choques de incerteza inflacionária.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados do GARCH para Inflação (Ipca) e Expectativas (Exp12).....	31
Tabela 2: Resultados dos Modelos markovianos para Inflação (Ipca) e Expectativas (Exp12)	32
Tabela 3: Correlação dos Indicadores de Incerteza com a Inflação e as Expectativas.....	35
Tabela 4: Teste de médias dos indicadores nas expansões e recessões.....	39
Tabela 5:Resumo dos desempenhos dos indicadores em cada critério	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE OS TRÊS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	17
2.1. A relação entre o nível e a volatilidade da inflação	17
2.2. A relação entre incerteza e o nível da atividade econômica	18
3. INCERTEZA INFLACIONÁRIA: UMA REVISÃO DOS INDICADORES ANALISADOS E DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS	20
3.1 Indicadores de Séries de tempo.....	20
3.1.1. Indicadores extraídos de modelos ARCH/GARCH :.....	20
3.1.2. Indicadores extraídos de modelos com mudanças de regimes markovianos	22
3.2. Indicadores de incerteza inflacionária derivados da Pesquisa “Focus”	25
3.2.1. Indicador de dispersão das expectativas.....	26
3.2.2. Indicador do leque da distribuição da inflação.....	27
3.2.3 Indicador de credibilidade da política de metas para a inflação	28
3.3 Fonte e tratamento dos dados.....	29
4. RESULTADOS	30
4.1. Resultados preliminares dos modelos ARCH/GARCH e markovianos	31
4.2. Avaliação dos indicadores de acordo com os três critérios propostos.....	34
4.2.1. Primeiro critério: a correlação positiva entre incerteza inflacionária e o nível da inflação e das expectativas inflacionárias	34
4.2.2. Segundo critério: a tendência à elevação da incerteza inflacionária nas recessões econômicas	36
4.2.3. Terceiro critério: avaliando o impacto de choques de incerteza sobre agregados econômicos.....	39
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a inflação deixara de ser um problema econômico em grande parte do mundo desenvolvido. Por exemplo, conforme Miles et al. (2017), entre 2009 e 2016, a inflação média nas economias avançadas foi de 1,2% ao ano com um desvio padrão de 1,4 pontos percentuais (pp). Ademais, no período de 1994 a 2008, o crescimento médio dos preços foi superior e alcançou o valor de 2% ao ano. Segundo pesquisadores do Banco Central Europeu Ciccarelli et al. (2017) e Kocherlakota (2021), o desafio que se colocara para a política monetária era a queda da tendência temporal da inflação e os riscos crescentes para a atividade econômica de um período longo de deflação e, ou, estagnação produtiva¹.

Contudo, acontecimentos recentes relacionados aos impactos da pandemia do vírus Corona (COVID-19) sobre as sociedades, às reações engendradas pelas autoridades monetárias e fiscais ao redor do globo e aos desdobramentos advindos do conflito armado Rússia-Ucrânia contribuíram para o ressurgimento de um processo inflacionário forte e disseminado a nível internacional: dados para vários meses de 2022 mostram taxas de inflação da ordem de 7 a 9% em termos anuais para os Estados Unidos da América, o Reino Unido e países da União Europeia². Situação análoga é observada nos países emergentes, como o Brasil por exemplo, alvo deste estudo, que apresentou uma taxa de inflação média de 10% durante os 12 meses que se seguiram a junho de 2021, colocando-a acima do teto da meta de inflação estipulada em 5% para 2022.

A nova onda de pressão nos preços pode ser duradoura e reaviva, portanto, o interesse acerca dos problemas gerados pelas incertezas quanto aos rumos da inflação e da política monetária. Como Friedman (1977) destaca, a incerteza inflacionária pode gerar perdas de bem-estar significativas, desalinhando preços relativos e atrapalhando o processo de tomada de decisão nos mercados. Nessa linha, Bernanke (1983) argumenta que um maior nível de incerteza macroeconômica advindo do recrudescimento inflacionário pode reduzir o fluxo de investimentos e prejudicar a atividade econômica e o emprego. Pesquisas apontam que elevações da incerteza à política monetária podem impactar de forma negativa e significativa o consumo, o investimento e o produto interno bruto no Brasil como destacam (COSTA,

¹ Cochrane (2018) argumenta, inclusive, que mesmo as massivas intervenções realizadas pelos bancos centrais após a crise financeira internacional em 2008 não produziram aceleração inflacionária nem maiores instabilidades nos preços, o que colocava em cheque as teorias monetárias tradicionais.

² Os dados são disponibilizados pelo Federal Reserve de St. Louis (<https://fred.stlouisfed.org/>), no blog *Comovements in monetary policy*.

2014; BARBOZA E ZILBERMAN, 2018; LOPES E SOARES, 2018). Ademais, Corrêa e Lopes (2023) argumentam que mudanças nos regimes de incerteza podem ser prejudiciais para a condução da política monetária no país.

A definição mais aceita para o conceito de incerteza é devida a Knight (1921), que a conceitua como a dificuldade de se imputar probabilidades a um conjunto de eventos possíveis. Em outras palavras, a incerteza torna difícil, ou impraticável, realizar previsões para a dinâmica futura das variáveis econômicas. A incerteza inflacionária, por sua vez, é específica ao contexto da evolução dos preços. A conjectura de Friedman (1977), mais tarde formalizada por Ball (1992) e Evans e Wachtel (1993), entre muitos outros, postula que essa forma de incerteza é afetada de modo direto pela visão do público quanto ao ímpeto dos bancos centrais no combate à inflação. Essa característica da ausência de uma definição precisa da forma como a incerteza pode ser quantificada, levando inclusive a autores como Bloom (2014) a defini-la como um conceito amorfo, induz os estudos empíricos a adotarem uma variedade de proxies diferentes para a análise dos impactos da incerteza inflacionária sobre as economias.

De modo geral pode-se considerar que as medidas de incerteza sejam classificadas em duas categorias. Na primeira, a incerteza inflacionária é mensurada a partir de modelos de séries temporais, como a simples variabilidade temporal da inflação, ou por medidas mais sofisticadas oriundas, por exemplo, das abordagens de heterocedasticidade condicional (ARCH/GARCH) ou de mudanças de regimes *markovianos*³. Na segunda, utilizam-se dados contidos em pesquisas conduzidas pelos bancos centrais para se computar indicadores de dispersão das expectativas de inflação ou de indicadores de credibilidade da política monetária, veja-se por exemplo, (MANKIW; REIS; WOLFERS, 2004; MONTES; DA FONSECA NICOLAY,2015)

A existência de numerosas *proxies* para a incerteza inflacionária é reflexo da importância desta variável e indica que as medidas disponíveis na literatura apresentam pontos fortes e fracos, tornando-se essencial que sejam feitas análises comparativas para uma avaliação criteriosa. Nesse contexto o presente artigo se propõe a avaliar um conjunto amplo de indicadores quanto à sua adequação como medidas empíricas da incerteza inflacionária para o Brasil, considerando o período de janeiro de 2003 a junho de 2022. O início do período corresponde à consolidação do sistema de coleta de expectativas pelo Banco Central do Brasil

³ Engle (2001) fornece uma revisão acessível dos modelos ARCH e GARCH. O desenvolvimento inicial de modelos mudanças de regimes com cadeias de Markov é devido a Hamilton (1990). Sua aplicação ao contexto da incerteza inflacionária foi sugerida por Evans e Wachtel (1993).

através da pesquisa Focus permitindo, portanto, a avaliação das medidas de dispersão de expectativas.

No entanto uma dificuldade técnica se impõe para implementar a avaliação entre as diferentes medidas, qual seja: a necessidade de estabelecerem-se critérios comparativos. Para tanto, três quesitos são considerados:

1. As medidas devem apresentar uma correlação positiva da proxy com os níveis da inflação e de suas expectativas, como é documentado pela literatura desde os trabalhos de Okun (1971) e Friedman (1977);

2. O indicador de incerteza deve apresentar crescimento em períodos de recessão econômica, uma vez que a incerteza inflacionária é um componente das incertezas macroeconômicas, as quais crescem em momentos de baixa atividade produtiva, como documentado em Bloom (2014);

3. O impacto dos choques gerados pelos indicadores sobre os correspondentes indicadores de atividade econômica deve ser negativo, ou seja, o aumento da incerteza reduz a atividade econômica. De outro modo, o efeito sobre a inflação e as expectativas inflacionárias deve ser positivo, ou seja, o aumento da incerteza inflacionária está associado a níveis mais altos de inflação tanto corrente quanto futura, em linha com uma extensa literatura que documenta os efeitos da incerteza na atividade econômica em geral.

Para a análise dos dois primeiros critérios, são calculadas diversas medidas de correlação e associação temporal entre os indicadores de incerteza inflacionária e a inflação (medida pelo índice de preços ao consumidor amplo, IPCA), as expectativas de inflação e o nível da atividade produtiva. Para o terceiro critério, realiza-se uma análise econométrica com modelos de vetores autorregressivos (VAR), enfatizando e comparando os efeitos dos choques dos diferentes indicadores de incerteza inflacionária sobre o hiato do produto, a inflação e as expectativas de inflação. A significância das respostas é obtida por meio de exercícios de simulações (bootstrap). Detalhes adicionais acerca dos procedimentos metodológicos são apresentados à frente.

O presente artigo preenche uma lacuna importante existente na literatura ao propor uma análise comparativa entre os tipos de medidas fornecendo subsídios importantes para a formulação de políticas anti-inflacionárias mais eficazes e para a elaboração de pesquisas futuras analisando o impacto das instabilidades dos níveis de preços sobre a atividade econômica. Ressalta-se, ainda, que a presente análise é de especial interesse para os países emergentes, os quais apresentam níveis de incerteza mais elevados do que os observados em

países desenvolvidos, como documentado por Bloom (2014). Assim, é possível que a elevação das instabilidades inflacionárias seja ainda mais importante no grupo dos países menos desenvolvidos.

O restante do artigo conta com mais quatro seções além desta introdução. Na segunda seção, apresenta-se uma revisão da literatura que dá suporte aos três critérios de avaliação utilizados. A terceira seção descreve o amplo conjunto de indicadores utilizados para mensurar a incerteza inflacionária, além dos demais dados utilizados nos modelos econométricos. Na quarta seção, de resultados, avalia-se o desempenho dos indicadores nos critérios estabelecidos. Por fim, a quinta conclui a pesquisa, destacando as principais conclusões obtidas ao longo do estudo.

2. UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE OS TRÊS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Nesta seção, discutem-se os critérios de avaliação dos indicadores de incerteza inflacionária. Trabalhos teóricos e empíricos são apresentados para a fundamentação de cada quesito analisado. Em específico, na Seção 2.1, apresentam-se explicações para a interligação entre o nível e a volatilidade da inflação, também conhecida como a relação positiva entre inflação e incerteza inflacionária. Em seguida, na Seção 2.2, associa-se a incerteza macroeconômica com as recessões da atividade produtiva.

2.1. A relação entre o nível e a volatilidade da inflação

Em dois estudos precursores, Okun (1971) e Friedman (1977) postularam a existência de uma relação positiva entre a inflação e sua variabilidade. Desde então, vários outros estudos se dedicaram a analisar a questão, propondo estruturas teóricas capazes de interligar as duas medidas, tais como Barro e Gordon (1983), Ball e Cecchetti (1990), Cukierman e Liviatan (1992) e Ball (1992).

Okun (1971), por exemplo, argumenta que uma alta aversão à inflação por parte dos formuladores de políticas torna mais fácil a estabilização econômica por seu impacto sobre as expectativas dos agentes privados. Porém, quando a inflação e suas expectativas se elevam, menos o público acredita na vontade e na capacidade dos do governo em reduzi-las, piorando o *tradeoff* entre inflação e desemprego e prejudicando a efetividade da política monetária. Assim, de acordo com o autor, países que vivenciam momentos de inflação mais elevada tenderão a verificar, também, maior variabilidade inflacionária. Isso se dá porque a

instabilidade temporal da inflação irá depender da habilidade e do comprometimento do setor público (em geral, do banco central) em realizar medidas corretivas, uma vez que os preços ultrapassem algum nível tolerável.

Por sua vez, Friedman (1977) sugere que altos níveis de inflação são correlacionados com a variabilidade inflacionária em função da tendência dos governos em buscar objetivos múltiplos e conflituosos, como alto emprego e estabilidade de preços. A política tenderia a oscilar, ora produzindo expansões da atividade, ora buscando desacelerações dos níveis de preços⁴. Tal como em Okun (1971), é razoável supor uma piora do *trade-off* entre inflação e desemprego nesses contextos e, portanto, a própria ação das autoridades governamentais seria responsável pela maior variabilidade inflacionária, sobretudo quando o público considerar improvável que o governo esteja disposto a arcar com os custos políticos da desinflação.

Ball (1992) formaliza em um modelo teórico as narrativas de Okun (1971) e Friedman (1977). Em sua abordagem, quando a inflação é baixa, é consensual que os formuladores de políticas deverão mantê-la nesse nível. Por outro lado, quando a inflação é alta, os bancos centrais irão tentar reduzi-la. Contudo, a política monetária restritiva pode gerar desemprego, o que gera preocupações na autoridade monetária. Aumenta-se, assim, a incerteza acerca do ímpeto e do momento de implementação da política anti-inflacionária. Portanto, a dificuldade dos bancos centrais em adotar um plano crível de redução dos preços quando a inflação é alta se torna o elemento chave para explicar o elo entre inflação e sua variabilidade. Nesse contexto, a literatura na área privilegia a estratégia de metas bem definidas para a política monetária, em detrimento das políticas discricionárias, em linha com as sugestões de Kydland e Prescott (1977).

2.2. A relação entre incerteza e o nível da atividade econômica

Em um influente estudo, Bloom (2014) apresenta alguns fatos estilizados sobre a incerteza econômica. Entre eles, o autor afirma que esta variável tem um comportamento anticíclico, isto é, os indicadores de incerteza macroeconômica tendem a aumentar nos períodos de recessão da atividade e a reduzir nas expansões. Como a incerteza inflacionária é parte representativa das incertezas macroeconômicas, um comportamento anticíclico similar é esperado. Por exemplo, trabalhos empíricos aplicados ao contexto brasileiro, como Costa (2014), Barboza e Zilberman (2018) e Lopes e Soares (2018), constataam essa correlação

⁴ Políticas caracterizadas como *stop-and-go*.

negativa entre as *proxies* de incerteza e de incerteza inflacionária e os ciclos de econômicos mensurados por diversos indicadores agregados.

De forma complementar, Castelnuovo (2022) argumenta que o crescimento das incertezas ao longo das recessões é um fato empírico sólido. Os prováveis motivos para este comportamento, contudo, ainda são alvos de intensa investigação. Pode-se pensar que a relação entre incerteza e recessões ocorra como uma via de mão dupla, isto é, que se reforça. Por um lado, autores como Orlik e Veldkamp (2014) defendem que em períodos recessivos os agentes econômicos tenham mais problemas ao realizar previsões acerca da trajetória futura da economia, em especial em eventos profundos como a Grande Recessão e a pandemia da COVID-19. Ademais, em períodos recessivos, a incerteza pode aumentar em função da tendência ao maior intervencionismo das autoridades públicas, em especial quando há uma profusão de políticas mal comunicadas e conduzidas (PASTOR; VERONESI, 2012).

Por outro lado, choques de incerteza macroeconômica podem produzir quedas no nível da atividade produtiva e iniciar períodos recessivos o que caracteriza o terceiro fato estilizado analisado pela pesquisa (FERNÁNDEZ-VILLAVÉRDE; RUBIO-RAMÍREZ, 2005; BASU; BUNDICK, 2017). Argumenta-se que choques de incerteza podem aumentar a poupança precaucional, reduzir o consumo e desacelerar a atividade econômica. Em linha com esses resultados, Oh e Picco (2020) mostram que trabalhadores com maiores inseguranças no emprego podem cortar de modo mais intenso os gastos com consumo em resposta às variações da incerteza. Ademais, evidências teóricas e empíricas mostram que em contextos de maior incerteza, a política monetária anticíclica pode-se tornar menos efetiva, porque decisões de investimento podem ser postergadas e tornam-se menos sensíveis às alterações das taxas de juros, o que atrasa o processo de recuperação econômica (BERNANKE, 1983; ABEL; OLIVIER, 1986). Em suma, por razões similares às apresentadas, há uma tendência de alta incerteza macroeconômica e recessões coexistirem em boa parte da trajetória temporal das economias.

Assim, os estudos consultados sugerem que indicadores de incerteza inflacionária devem se associar positivamente com os níveis da inflação e de suas expectativas e negativamente com indicadores do nível real da atividade econômica. É com base nessas evidências prossegue-se com a avaliação das *proxies* empíricas.

3. INCERTEZA INFLACIONÁRIA: METODOLOGIA E DADOS

Existe um amplo conjunto de indicadores para medir a incerteza inflacionária. Há dois grupos mais conhecidos na literatura: i) os indicadores construídos com base em séries de tempo agregadas; e, ii) as *proxies* derivadas de pesquisas sobre as expectativas de inflação realizadas pelos bancos centrais.

3.1 Indicadores de Séries de tempo

3.1.1. Indicadores extraídos de modelos ARCH/GARCH :

Dentre os indicadores de incerteza construídos com base em séries de tempo, um grupo utilizado é obtido com a classe de modelos de heterocedasticidade condicional do tipo ARCH e GARCH. O principal proponente da metodologia ARCH (em português, modelo Autorregressivo para a Heterocedasticidade Condicional) foi Engle (1982). Procura-se com esse modelo caracterizar a variância heterocedástica e correlacionada no tempo, da inflação e das expectativas inflacionárias.

De forma complementar Bollerslev (1986) desenvolveu o que é considerado uma extensão dos modelos ARCH, acrescentando as variâncias condicionais passadas na equação de determinação da volatilidade das variáveis. Este modelo é conhecido como GARCH (ou, Modelo Autorregressivo Generalizado para a Heteroscedasticidade Condicional).

Nesta pesquisa, utilizaram-se as séries de tempo da taxa de inflação acumulada em 12 meses, calculadas com base no índice de preços ao consumidor amplo (IPCA), e das expectativas de inflação 12 meses à frente para calcular *proxies* de incertezas inflacionárias oriundos dos modelos (GARCH). Tanto a série da taxa de inflação (dessazonalizada) como das expectativas de inflação têm frequência mensal e abrangem o período de janeiro de 2003 a junho de 2022.

Os modelos ARCH e GARCH seguem a seguinte estrutura:

$$\pi_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i \pi_{t-i} + \varepsilon_t ; (1)$$

$$\sigma_\varepsilon^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q \gamma_i \sigma_{\varepsilon t-i}^2. (2)$$

Em que, na equação (1), π_t representa tanto a inflação observada como as expectativas de inflação no período t ; β_j , $j = 0, \dots, m$, representam coeficientes de intercepto e autorregressivos; e, ε_t é o termo de erro aleatório heterocedástico. A equação (2) caracteriza a estrutura da variância condicional do erro, σ_ε^2 , a qual depende de um valor constante (α_0); de coeficientes que capturam inovações (choques) defasados, α_i , termos conhecidos como a parcela ARCH da equação; e coeficientes que modelam a persistência temporal da variabilidade da série de tempo, γ_i , ou termos GARCH. A estimativa obtida para σ_ε é considerada como uma *proxy* de incerteza inflacionária oriunda da série de tempo da inflação ou das expectativas.

Para definir os termos defasados da equação (1), foram estimados modelos com termos constantes e até 12 defasagens autorregressivas. A escolha do modelo apropriado se deu de acordo com o Critério Bayesiano de Schwarz (BIC). Em seguida, acrescenta-se a equação da variância e algumas combinações de modelos são testadas, a saber: GARCH(1,0), GARCH(1,1), e o GARCH(2,1), também selecionados com o critério BIC. Por economia de espaço, nas estimações ARCH/GARCH assume-se que os resíduos seguem uma distribuição normal. A equação da média para a inflação selecionada conta com duas defasagens autorregressivas, ao passo que para as expectativas inflacionárias sugere-se uma defasagem. Em ambos os casos, o critério de informação bayesiano indica a modelagem GARCH(1,1) para a equação da variância.

No âmbito geral, essa *proxy* é muito utilizada na literatura correlata. Por exemplo, em seu trabalho pioneiro, Engle (1982) ajusta modelos ARCH para a inflação no Reino Unido. O autor aponta que os modelos ARCH são capazes de captar a dinâmica da volatilidade, e que esta aumenta de forma considerável durante a década de 70, época marcada por elevados níveis inflacionários. Com a finalidade de observar a trajetória da incerteza inflacionária nos Estados Unidos da América (EUA) e na Zona do Euro no período de 1997 a 2017, Ftiti e Jawadi (2019) utilizaram três diferentes tipos de modelos GARCH para obter diferentes *proxies* da variável. As estimativas indicaram que os modelos da família ARCH foram úteis para a compreensão das oscilações de curto prazo e de alterações na tendência da inflação.

Para o caso brasileiro, Vale (2005) estima modelos GARCH para séries da produção e da inflação no Brasil de 1975 a 2001. Os resultados corroboram com a hipótese de que a incerteza inflacionária aumenta a perspectiva de inflação futura e impacta de forma negativa a atividade econômica. De forma complementar, Costa (2014) emprega os modelos GARCH como *proxy* para a incerteza no Brasil, a fim de analisar a relação entre a incerteza

inflacionária e o nível da inflação no país. Ademais, o autor também utiliza uma medida de incerteza baseada no desvio padrão das expectativas de inflação fornecido pela pesquisa Focus do BCB. Seus resultados mostram que as medidas baseadas em modelos GARCH revelam uma relação de causalidade em ambos os sentidos entre a incerteza inflacionária e a inflação. O autor também verifica que as medidas de incerteza GARCH se correlacionam positivamente com a dispersão das expectativas.

3.1.2. Indicadores extraídos de modelos com mudanças de regimes markovianos

Há uma vasta literatura que aponta para uma correlação temporal existente entre os erros de previsão da inflação. Evans e Wachtel (1993) argumentam que essa dependência temporal nos erros de previsão reflete as incertezas do público quanto ao regime inflacionário perseguido pelo banqueiro central. De acordo com essa visão, os agentes econômicos tentam inferir o perfil do responsável pela política monetária de modo racional, aprendendo com seus erros passados e projetando-os para o futuro. De maneira evidente, um maior grau de transparência na execução da política monetária poderia reduzir essa incerteza, a qual se denomina incerteza quanto ao regime inflacionário. Para estima-la empiricamente, utiliza-se a classe de modelos de mudanças de regimes como cadeias de Markov, baseados em Hamilton (1989).

Neste trabalho, considera-se a existência de dois regimes de inflação (representados por $s_t = 0, 1$): o primeiro com inflação alta e volátil; e, o segundo, com baixas e estáveis taxas de inflação. Em seguida, na equação (3), apresenta-se a variância da inflação para k períodos à frente (conforme EVANS; WACHTEL, 1993):

$$Var(\pi_{t+k}|\Omega_t) = E\{Var(\pi_{t+k}|\Omega_t, s_{t+k})|\Omega_t\} + Var\{E(\pi_{t+k}|\Omega_t, s_{t+k})|\Omega_t\}. \quad (3)$$

Em (3), o primeiro termo após o sinal da igualdade na equação mede a variabilidade da inflação caso o regime de inflação fosse conhecido. Trata-se, portanto, do componente da variância da inflação inerente à sua condição parcialmente estocástica. O segundo termo captura a variabilidade inflacionária ocasionada pela incerteza quanto ao regime inflacionário vigente no futuro.

Na situação em que os agentes não considerem eventuais mudanças nos regimes inflacionários, o segundo termo se iguala a zero e o primeiro passa ser resumido em $Var(\pi_{t+k}|\Omega_t)$, componente este conhecido na literatura por “certo equivalente” (CE). À vista

disso, a incerteza é fruto de choques exógenos da inflação. Entretanto, como os agentes consideram possíveis alterações no regime inflacionário, o segundo termo após a igualdade na equação (3) passa ser positivo e assume o papel de “incerteza sobre o regime” (RU), conforme nomenclatura de Evans e Wachtel (1993). Ou seja, esse componente vai identificar o impacto das alterações no regime inflacionário sobre a incerteza das previsões da inflação no futuro.

Portanto, a variância da inflação pode ser subdividida em duas partes: i) a relacionada a choques não antecipados da inflação (CE); e, a que se manifesta em função da incerteza do regime inflacionário atual e futuro (RU). As proporções de CE e RU são obtidas de acordo com o modelo markoviano escolhido. Em específico, ainda considerando os dados acumulados em 12 meses para a inflação IPCA e as expectativas de inflação para um ano no período de 2003 a 2021, ajusta-se, nesta pesquisa, o seguinte modelo de dois regimes markovianos⁵:

$$\pi_{0,t} = \pi_0 + v_{0,t} \quad v_{0,t} \sim N(0, \sigma_0^2); \quad (4)$$

$$\pi_{1,t} = \pi_1 + v_{1,t} \quad v_{1,t} \sim N(0, \sigma_1^2). \quad (5)$$

Nas equações (4) e (5), considera-se as séries de tempo da inflação e das expectativas de inflação no país (ambas representadas por π_t) pode variar entre os regimes estacionários 0 (zero) e 1 (um) com diferentes médias e variâncias. Dessa maneira, a especificação postula dois contextos inflacionários, a saber: um em que a variabilidade dos preços é de certo modo estável e próxima à meta definida pelo banco central; e, outro em que o contexto inflacionário se recrudescer.

A análise a seguir ilustra a obtenção do componente da incerteza inflacionária relacionado à execução da política do BCB, isto é, RU. Esta é, de fato, a parcela da incerteza de maior interesse para os propósitos da pesquisa, pois ela mede o impacto de mudanças no regime de condução da política monetária sobre a variabilidade das previsões da inflação. No modelo, a variável de estados não observáveis, $s_t = 0, 1$, segue uma cadeia de Markov, com probabilidades de transição representada por:

$$p_{i,j} = P[s_{t+1} = i | s_t = j], \quad (6)$$

⁵ Modelo baseado em Lopes e Soares (2018). A inclusão de termos autorregressivos tende a piorar o ajuste do modelo aos fatos da economia brasileira, proporcionando regimes com pouca aderência à realidade empírica do país. Portanto, consideram-se regimes que podem afetar a média e a variância da inflação e das expectativas.

em que i e j são iguais a 0 (zero) e 1 (um). Assim a probabilidade de haver uma mudança de regime vai depender do estado atual da variável s_t . A matriz de transição P_2 coleta todas as situações possíveis, isto é:

$$P_2 = \begin{bmatrix} p_{0,0} & p_{0,1} \\ p_{1,0} & p_{1,1} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

As estimativas dos parâmetros da equação (4) a (5) e das probabilidades definidas em (7) são obtidas pelo método de máxima verossimilhança proposto por Hamilton (1989). As probabilidades suavizadas são dadas pelo algoritmo de suavização de Kim (1994). Em seguida, o termo RU é formado pelo somatório do quadrado das diferenças da inflação esperada no horizonte k com o peso das probabilidades de ocorrência de cada um dos dois regimes, ou seja:

$$\text{Var}\{E(\pi_{t+k}|\Omega_t, s_{t+k})|\Omega_t\} = [E(\pi_{0,t+k}|\Omega_t) - E(\pi_{1,t+k}|\Omega_t)]^2 \times P(s_{t+k} = 0|\Omega_t)P(s_{t+k} = 1|\Omega_t). \quad (8)$$

Ao substituir em (8) as informações do modelo markoviano especificado na pesquisa, tem-se que:

$$\text{Var}\{E(\pi_{t+k}|\Omega_t, s_{t+k})|\Omega_t\} = [\pi_0 - \pi_1]^2 \times P(s_{t+k} = 0|\Omega_t)P(s_{t+k} = 1|\Omega_t), \quad (9)$$

em que, em (9), as probabilidades de ocorrência de cada estado k períodos à frente, $P(s_{t+k} = i|\Omega_t)$, $i = 0, 1$, são obtidas da matriz de probabilidades de transição e das probabilidades suavizadas. Por exemplo, o procedimento para a obtenção da probabilidade de o regime ser o zero em k períodos é:

$$P(s_{t+k} = 0|\Omega_t) = [1 \quad 0]P_2^k \begin{bmatrix} P(s_t = 0|\Omega_t) \\ P(s_t = 1|\Omega_t) \end{bmatrix}. \quad (10)$$

A equação (9) estima a parcela dos erros de previsão k períodos à frente gerada pela incerteza quanto ao regime inflacionário vigente (RU). É interessante notar que RU tem um formato de série de tempo, abrindo um leque de oportunidades para avaliação dos desdobramentos da incerteza sobre a atividade econômica. Nota-se ainda que, para padronização das séries de

tempo no horizonte de previsão de um ano, considera-se aqui apenas o caso de $k = 12$. Assim, calculam-se as incertezas quanto ao regime inflacionário vigente em 12 meses para a inflação observada e para as expectativas inflacionárias.

Em suma, Evans e Wachtel (1993) concluem que as incertezas associadas ao regime inflacionário atual e futuro atrapalham a efetividade das previsões, mesmo quando os indivíduos agem de modo racional utilizando toda a informação disponível. Por isso, caso os integrantes do mercado consigam antecipar alterações na dinâmica inflacionária, seus erros de previsão serão correlacionados no tempo e poderão divergir de zero, em média, ainda que agindo de maneira racional. Isso ocorre porque, na presença de incerteza inflacionária, os agentes tendem a errar suas previsões por duas razões diferentes: i) desvios gerados por um ambiente macroeconômico com diferentes níveis de volatilidades agregadas; e, ii) desvios gerados por uma incerteza acerca da credibilidade da política anti-inflacionária administrada pelo banco central.

De forma complementar, Lopes e Soares (2018) buscam avaliar qual o impacto dessas medidas de incerteza inflacionária sobre a dinâmica produtiva no Brasil no plano real, com dados variando de 1995 a 2016. Os autores estimam as probabilidades de estarem em operação três regimes inflacionários diferentes (inflação baixa, média e alta), com o método de mudanças de regimes de Markov. Seus resultados evidenciam que o plano real contribuiu positivamente para que a variabilidade da inflação se reduzisse, contudo, as medidas de incerteza RU impactaram significativamente sobre os agregados do consumo, do investimento e da produção.

3.2. Indicadores de incerteza inflacionária derivados da Pesquisa “Focus”

Em alternativa às *proxies* baseadas em séries temporais, sugerem-se indicadores de incerteza baseados em informações extraídas de pesquisas de mercado realizadas pelos bancos centrais. No Brasil, o BCB coleta as previsões de mercado sobre indicadores relevantes e disponibiliza esses valores agregados no boletim Focus.

O “Boletim Focus” é um relatório de expectativas do mercado realizado pelo Banco Central do Brasil (BCB) desde a implementação do regime de metas para a inflação (RMI) em 1999. A Gerência Executiva de Relacionamentos com Investidores (GERIN) é o departamento do BCB responsável pela elaboração e divulgação semanal deste relatório, que serve como um termômetro dos eventuais cenários econômicos do país em curto, médio e longo prazo.

São coletadas, de modo diário, as expectativas de aproximadamente 140 instituições que colaboram com o Sistema de Expectativa de Mercado (bancos, gestores de recursos e outras instituições). Essas instituições revelam as suas projeções quanto à inflação, taxa de câmbio, taxa de juros, dados fiscais, produto interno bruto (PIB), entre outras variáveis macroeconômicas. Os indicadores a seguir derivam-se dos dados disponibilizados pelos relatórios Focus.

3.2.1. Indicador de dispersão das expectativas

O Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (IBRE/FGV) calcula e divulga o Indicador de Incerteza da Economia Brasileira (IIE-BR) que é uma alternativa para a mensuração da incerteza macroeconômica no país. Essa medida é subdividida e calculada com base na frequência das notícias divulgadas pelos veículos de comunicação do país (IIE_{mídia}, com peso de 70%), na dispersão do mercado quanto às expectativas de inflação e câmbio (IIE_{expectativas}, com peso de 20%), e na volatilidade da bolsa de valores (IIE_{mercado}, com peso de 10%).

Neste trabalho, utiliza-se o segundo termo do IIE-BR, isto é, a dispersão das expectativas de inflação e do câmbio como *proxy* para incerteza inflacionária. Esse indicador é construído com base nas informações das séries de expectativas para a inflação e o câmbio fornecidas pelo BCB. O indicador de incerteza econômica baseado nas expectativas, de acordo com Ferreira *et al.* (2017), é construído da seguinte forma:

$$I_{exp,t} = \frac{I_{IPCA,t} + I_{cambio,t}}{2} \quad (11)$$

em que, $I_{IPCA,t}$ representa o coeficiente de variação padronizado da expectativa de inflação 12 meses a frente para o IPCA, e $I_{cambio,t}$ o coeficiente de variação padronizado para taxa de câmbio. A inclusão do câmbio no cálculo do indicador de dispersão é interessante em função do alto grau de concordância existente entre as expectativas de inflação nos anos recentes da amostra.

Muitos trabalhos empíricos trabalham com o IIE-BR como *proxy* para incerteza (MONTES, 2018; MONTES,2020; OLIVEIRA,2016). Em conformidade, Oliveira (2016) avalia a relação entre a incerteza inflacionária e o prêmio de risco inflacionário utilizando dispersão das expectativas de inflação e do câmbio como indicador de incerteza. O autor

denota que os choques de incerteza impactam de forma positiva e significativa os prêmios de risco da inflação. Montes (2018) utilizou o indicador de incerteza com base nas expectativas com a finalidade de analisar a dinâmica entre política fiscal discricionária e as discordâncias das expectativas sobre dívida pública e saldo orçamentário. Seus resultados indicaram que a adoção de políticas fiscais discricionárias pode gerar maior desacordo acerca das expectativas sobre variáveis fiscais.

3.2.2. Indicador do leque da distribuição da inflação

A inflação como variável econômica está sujeita a incertezas de diversas fontes. O leque é uma abordagem utilizada para representar essa característica, calculando margens de incerteza ao longo das previsões centrais realizadas em um determinado período.

Para construir o leque, os membros do Comitê de Política Monetária (Copom) calculam estimativas a respeito de possíveis acontecimentos futuros que podem desencadear pressões inflacionárias com base na trajetória da taxa de juros básica da economia. Essas estimativas são agrupadas e geram a medida de tendência central e o grau de dispersão em torno dela. A projeção central segue diversas metodologias econométricas (como modelos VAR padrão, modelos VAR estruturais, abordagens microfundamentadas estimadas com técnicas bayesianas e até indicadores antecedentes) para assegurar maior consistência nos resultados. Em geral, o modelo com maior precisão e que serve como balizador dos cenários centrais é o VAR (BCB, 2011). O nível de dispersão vem das avaliações dos membros do Copom, da variância dos possíveis choques nas expectativas de inflação, e ajustes advindas de decisões conjuntas quanto a dinâmica de eventuais erros de previsão que ocorreram no passado.

Para o cálculo do leque, são desenvolvidos alguns cenários de acordo com as informações acerca da economia doméstica e internacional. A partir disso, o Copom decide qual é o mais plausível diante das condições atuais. Nos relatórios, há dois cenários: “*cenário referência*”, que considera a taxa de juros e de câmbio constantes ao longo do tempo; e, “*cenário alternativo*”, que considera as expectativas de mercado para as taxas de câmbio e de juros.

As projeções da inflação são apresentadas no formato de tabelas e gráficos de leque com os intervalos de confiança de 10%, 30% e 50%. Com base nisso é possível construir as probabilidades de a inflação ultrapassar, por exemplo, a meta. Em suma, o formato de leque dos gráficos reflete os graus de incerteza em torno da medida de tendência central associada à

estimativa da inflação ao longo do tempo, podendo ser utilizada como uma *proxy* para a incerteza inflacionária das próprias projeções do BCB.

Em termos empíricos, Clements (2004), analisando o leque da inflação do Banco Central da Inglaterra, revela que as previsões realizadas para inflação 12 meses ou um ano à frente superestimam a probabilidade de a inflação ser mais alta que 2,5%. De forma similar, Galvão (2005) buscou avaliar todas as informações que poderiam ser extraídas do leque de inflação, desde a implementação do regime de metas até o ano de 2004 no Brasil. Segundo a autora, a precisão das estimativas para inflação diminui na medida em que o horizonte fica mais extenso. Isto revela que os intervalos de confiança usados pelo BCB não contemplavam de forma geral as incertezas sobre a inflação futura, em grande parte produzindo projeções que subestimavam os valores realizados da inflação.

3.2.3 Indicador de credibilidade da política de metas para a inflação

A credibilidade da política monetária facilita a coordenação das expectativas do público a respeito dos resultados das ações realizadas. Dessa forma, ela pode melhorar o impacto de mudanças nos instrumentos de política sobre os indicadores alvo. Por exemplo, uma política monetária recessiva iriar gerar maior impacto sobre a inflação com menores oscilações na taxa básica de juros.

Como argumentam Blackburn e Christensen (1989), credibilidade pode ser alcançada com a restrição do comportamento dos formuladores de políticas a alguma regra pré-estabelecida como, por exemplo, uma meta para inflação. Os autores sugerem que a credibilidade pode ser entendida como uma variável de estado (conjuntural) que muda de acordo com o tempo e que mede a probabilidade subjetiva do público a respeito do perfil do *policy maker* e de sua aversão à inflação. Esta probabilidade é atualizada de maneira dinâmica com a chegada de novas informações.

O regime de metas para inflação é uma estratégia de política monetária usada para direcionar a trajetória da inflação em prazos razoáveis de tempo. Uma vez definida a meta, espera-se que o banco central mantenha a inflação do país oscilando em torno dela. Assim, a credibilidade dos bancos centrais que adotam o sistema de metas pode ser mensurada através da diferença entre as expectativas de inflação dos agentes privados e a meta estabelecida pelo banco central, dado que, segundo Blinder (2000, p.1422), “*A central bank is credible if people believe it will do what it says*”. Por consequência, um maior distanciamento das expectativas de inflação de sua meta sugere um cenário de maior incerteza inflacionária ou, em outras

palavras, de maior desconfiança do público quanto à capacidade e vontade do banco central e da política monetária em alcançar os objetivos prometidos: um conceito similar ao da incerteza quanto ao regime da política monetária.

Neste trabalho, seguindo a definição de Blinder (2000), calcula-se o indicador de credibilidade como o valor absoluto da diferença entre a expectativa de inflação realizadas no período t para a o horizonte $t + 12$ ($\pi_{t,t+12}^e$) e a meta de inflação estabelecida pelas autoridades monetárias ($\bar{\pi}_t$), isto é:

$$cred_t = |\pi_{t,t+12}^e - \bar{\pi}_t|. \quad (12)$$

O indicador apresentado na equação (12) é de cômputo simples e pondera igualmente desvios positivos e negativos da inflação ao redor da meta. Ademais, valores mais altos indicariam um aumento da incerteza inflacionária e de perda de credibilidade.

Vários trabalhos empíricos consideram medidas similares à anterior e suas relações com outras variáveis econômicas. Por exemplo, Mendonça (2007) analisa a credibilidade do sistema de metas no Brasil, com indicadores de credibilidade baseados em Cecchetti e Krause (2002). Os indicadores calculados mostram uma queda considerável da credibilidade entre o início de 2001 e o final de 2003. Em seguida, o autor estima um modelo VAR linear contendo as variáveis taxa básica de juros (Selic), meta de inflação, expectativa de inflação 12 meses à frente e o índice de credibilidade no período entre julho de 1999 e novembro de 2004, com dados mensais. Suas funções impulso-resposta, contudo, mostraram um impacto muito pequeno e não significativo do indicador de credibilidade nas demais variáveis do sistema.

Por sua vez, Mendonça e Souza (2009) analisam a credibilidade do BCB com diversos índices baseados na diferença entre a expectativa inflacionária e a meta. Por meio de modelos lineares estimados com MQO, os autores averiguam que variações na credibilidade afetam negativamente as variações da taxa básica de juros. Os autores argumentam que essa evidência sugere que com o aumento da credibilidade, são necessários menores ajustes na taxa de juros para o atingimento da meta de inflação. Dessa forma, é interessante avaliar também a relevância do indicador de credibilidade como uma medida de incerteza inflacionária.

3.3 Fonte e tratamento dos dados

Os dados utilizados neste trabalho são de periodicidade mensal e abrangem o período de janeiro de 2003 a junho de 2022. As séries de tempo foram deflacionadas com o índice de preços ao consumidor e ajustadas sazonalmente pelo método *Census X12* aditivo.

Em relação a incerteza, para calcular o IIE-BR mensura-se a dispersão das projeções a respeito da inflação e do câmbio, realizadas pelas instituições que colaboram com o Sistema de Expectativa de Mercado do BCB. Esse indicador de incerteza é calculado e disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (IBRE/FGV).

Para o Leque de inflação utilizam-se os extremos das distribuições dos leques de inflação de acordo com o cenário alternativo, divulgados com a periodicidade trimestral desde a implantação do regime de metas para a inflação no país, nos *Relatórios de Inflação* do Banco Central. Calcula-se a diferença em termos absolutos dos valores limites do nível de confiança de 50% para as projeções, gerando uma *proxy* da incerteza inflacionária relacionada com a amplitude da margem de confiança das expectativas de inflação do banco central no horizonte de 12 meses.

Para as análises VAR, utilizaram-se ainda o hiato do produto (*GAP*), para medir a atividade econômica do país, sendo calculada como a variação percentual entre os mesmos meses de dois anos consecutivos. A série utilizada para calcular o *GAP* é o indicador do nível de atividade brasileira disponibilizado pelo BCB, IBC-Br. Para a taxa de juros, utiliza-se a taxa básica de juros de mercado (*Selic*) acumulada em 12 meses. A taxa de juros swaps (Swap) de 360 dias é fornecida pela Bolsa de Mercadorias e Futuros do Brasil e disponibilizada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), utilizada para representar uma estrutura a termo de taxas de juros. A inclusão dessa variável torna o formato das funções impulso-respostas mais próximo ao esperado pela teoria, como em Clarida, Gali e Gertler (1999). Essas variáveis compõem uma estrutura VAR juntamente com uma das *proxies* de incerteza inflacionária, a inflação e as expectativas de inflação. Na seção 4.2.3 apresentam-se detalhes adicionais a respeito do processo de estimação e da ordenação das variáveis nos modelos VAR.

4. RESULTADOS

Os resultados estão divididos da seguinte maneira: na primeira parte, apresentam-se informações preliminares a respeito do ajustamento dos modelos ARCH/GARCH e de cadeias de Markov para as séries de tempo da inflação (*Ipca*) e das expectativas de inflação (*Exp12*);

na segunda parte, os resultados relacionados aos três critérios de avaliação são apresentados para cada indicador de incerteza.

4.1. Resultados preliminares dos modelos ARCH/GARCH e markovianos

Nessa seção, apresenta-se uma análise prévia acerca do ajustamento dos modelos de séries de tempo utilizados para a criação das *proxies* de incerteza inflacionária. Para aplicar a metodologia GARCH à inflação, estimou-se um modelo AR(2) para a equação da média, o qual é selecionado pelo critério bayesiano de informação (BIC). De acordo com o mesmo critério, para a base de dados das expectativas de inflação, o modelo ajustado para a equação da média é um AR(1). Em ambos os casos, a equação da variância selecionada tem o formato GARCH(1, 1). A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos com as estimações.⁶

Tabela 1: Resultados do GARCH para Inflação (Ipca) e Expectativas (Exp12)

Variável	<i>Ipca</i>		<i>Exp12</i>	
	Coefficiente (erro padrão)	Valor-p	Coefficiente (erro padrão)	Valor-p
C	5,944 (0,481)	0,000	4,650 (0,373)	0,000
AR(1)	1,155 (0,058)	0,000	0,952 (0,016)	0,000
AR(2)	-0,597 (0,056)	0,000	-	-
	Equação da variância		Equação da Variância	
C	0,002 (0,002)	0,172	0,017 (0,010)	0,090
ε_{t-1}^2	0,075 (0,031)	0,014	0,129 (0,068)	0,058
σ_{t-1}^2	0,908 (0,034)	0,000	0,641 (0,179)	0,000
	R ²	0,982	R ²	0,941
	Durbin-Watson	1,927	Durbin-Watson	1,573

Fonte: Elaboração própria.

As estimações revelam que as séries da inflação e das expectativas apresentam alta persistência temporal, tanto nos valores médios como em sua volatilidade. Nas equações da

⁶Nos dois casos, o correlograma do quadrado dos resíduos dos modelos lineares indicaram estatísticas Q significativas ao nível de 5% para várias defasagens, o que sugere a presença de não linearidades do tipo ARCH/GARCH.

variância, nota-se que, com exceção da constante, os coeficientes são significativos ao nível de 5% e que o coeficiente representativo da inovação (ou do choque inicial defasado) é menor que o parâmetro estimado para o componente GARCH (σ_{t-1}^2), especialmente para o caso da inflação. Dessa forma, os choques tendem a provocar pouca volatilidade nos períodos mais imediatos ao impacto, mas, apresentam elevada persistência temporal.

Ademais, para a série de tempo da inflação (*Ipca*), todos os coeficientes são significativos ao nível 1% na equação da média. O coeficiente de determinação R^2 revela que o modelo está bem ajustado aos dados, representando aproximadamente 98% das variações da inflação. O modelo estimado para as expectativas de inflação obtém um coeficiente de determinação ligeiramente inferior, de 94%, além de também apresentar o coeficiente autorregressivo de primeira ordem significativo ao nível de 1%. Tais informações denotam o bom ajuste dos modelos GARCH considerados para as séries de tempo da inflação e das expectativas inflacionárias. Na próxima seção, apresentam-se os gráficos das séries de tempo dos desvios padrão condicionais, os quais são, efetivamente, as *proxies* para a incerteza inflacionária originada pelos modelos de heterocedasticidade condicional.

Tabela 2: Resultados dos Modelos markovianos para Inflação (Ipca) e Expectativas (Exp12)

		<i>Ipca</i>	
Regime	Variável	Coefficiente (erro padrão)	Valor-p
Baixa Inflação	π_0	5,062 (0,104)	0,000
	σ_0	1,432 (0,065)	0,000
Alta Inflação	π_1	10,822 (0,555)	0,000
	σ_1	2,716 (0,148)	0,000
		<i>Exp12</i>	
Regime	Variável	Coefficiente (erro padrão)	Valor-p
Baixa Inflação	π_0	4,067 (0,057)	0,000
	σ_0	0,484 (0,077)	0,000
Alta Inflação	π_1	5,959 (0,105)	0,000
	σ_1	1,044 (0,065)	0,000

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados dos modelos de mudanças de regimes markovianos são apresentados na Tabela 2. Percebe-se que para as duas variáveis, os parâmetros que caracterizam o regime de inflação baixa e estável (π_0 , σ_0) e o regime de inflação alta e volátil (π_1 , σ_1) são significativos ao nível de 1%.

No que se refere aos dados da inflação (*Ipca*), os regimes de baixa inflação são caracterizados por uma taxa de inflação média anualizada de cerca de 5%, valor muito próximo à meta para a inflação de 4,5% que vigorou entre os anos de 2005 a 2018 na amostra. Neste regime, variabilidade estimada para a inflação é 1,43 pontos percentuais, isto é, similar ao valor da banda de dois pontos percentuais (± 2 pp.) adotado pelo BCB no período. Logo, é possível concluir que o regime de baixa inflação estimado caracteriza os meses em que o banco central atende à meta para a inflação, levando em consideração o intervalo de tolerância. Entretanto, quando o regime inflacionário prevalecente é inflação alta, observa-se uma variação anualizada dos preços da ordem de dois dígitos (10,8%), com maior variabilidade, estimada em 2,7 pp. Analogamente, o modelo estimado para as expectativas de inflação apresenta um regime de baixas expectativas condizente com a previsão da inflação próxima à meta, neste caso de cerca de 4%, com uma variabilidade de 0,5 pontos percentuais, aproximadamente. No regime de altas expectativas de inflação, estima-se um valor médio de 6% para as expectativas um ano à frente, com oscilações de 1,04 pontos percentuais.

Em termos da incidência dos regimes, verifica-se que os anos de 2003 e 2004 são caracterizados como de alta inflação e de altas expectativas. Ademais, as expectativas de inflação seguem altas até o fim de 2005. Isto se dá por conta dos desdobramentos de uma série de choques cambiais, energéticos e políticos do período. Em seguida, a economia brasileira em um regime de preços, o qual vigora entre 2006 e 2010, e só é perturbado para o caso das expectativas de inflação durante a crise financeira internacional de 2008.

No início de 2010, observa-se uma piora das expectativas de inflação, que adentram no regime de expectativas mais altas que perdura até o final do ano de 2016. Para o caso do *Ipca*, essa transição para o regime de alta inflação somente é captada no final do ano de 2014, durando, também, até o fim de 2016. Este período é marcado por uma das piores recessões econômicas enfrentadas pelo Brasil, fruto de uma deterioração da situação fiscal do governo, do descongelamento de preços administrados e por uma grave crise política que culminou com um impeachment presidencial (BARBOSA, 2017). Em seguida, de 2017 a 2021, aproximadamente, tem-se regimes de baixa inflação, o qual é alterado em meados deste último ano até o final da amostra. É válido notar que o ano de 2021 é caracterizado por fortes

elevações dos preços de commodities e de combustíveis, atrelados aos impactos da pandemia da COVID-19, que acarretaram uma inflação acima do teto da meta e a necessidade de retratação por parte do BCB.⁷ Por economia de espaço, apresentam-se na próxima seção as medidas de incerteza inflacionária derivadas dos modelos markovianos.

4.2. Avaliação dos indicadores de acordo com os três critérios propostos

4.2.1. Primeiro critério: a correlação positiva entre incerteza inflacionária e o nível da inflação e das expectativas inflacionárias

Nesta seção avalia-se a correlação temporal das *proxies* de incerteza com as séries de tempo da inflação e das expectativas de inflação. É esperado que essa associação fosse positiva, como é vastamente documentado na literatura, desde os precursores Okun (1971) e Friedman (1977). Portanto, a Tabela 3 analisa a questão, considerando a correlação das séries de tempo de incerteza inflacionária com diversas defasagens (*lags*) e avanços (*leads*), com os indicadores inflacionários.

No caso das *proxy* de incerteza construída com os modelos GARCH, no ajustado aos dados do *Ipca* (*Garch_IPCA*), percebe-se uma correlação negativa e próxima de zero com a inflação nas diversas defasagens e avanços, conforme mostra o painel A. No painel B, verifica-se que correlação deste indicador de incerteza com os níveis das expectativas de inflação continua negativa, porém, significativa. De qualquer forma, este indicador não atende ao primeiro critério de avaliação. Quanto ao indicador estimado com as expectativas de inflação e o modelo GARCH (*Garch_EXPI2*), estimam-se correlações positivas com a inflação nas defasagens -2, -1 e zero. Porém, no *lead* +12 o sinal da correlação se altera, tornando-se negativo. Quanto à correlação de *Garch_EXPI2* e as expectativas de inflação, obtêm-se valores negativos e não significativos na maioria dos casos. Assim, de maneira geral, os indicadores de incerteza calculados com a metodologia GARCH não atenderam adequadamente ao primeiro critério.

Para o caso das medidas de incerteza inflacionária construídas com os modelos markovianos de dois estados, a partir dos dados do IPCA (*MS2_IPCA*), verifica-se forte correlação positiva entre a *proxy* de incerteza e a inflação, principalmente nos *leads* e *lags* mais curtos, o que ilustra um padrão de coincidência temporal (veja-se Painel A). Além disso,

⁷ Anteriormente, a inflação esteve acima do teto da meta nos calendários de 2003 e 2015. Em 2017, o BCB deu explicações ao ministro da fazenda pela inflação (2,95%) ligeiramente abaixo do limite inferior da meta (3%).

os parâmetros são todos significativos ao nível de 1%. Esta *proxy* também se correlaciona significativa e positivamente com as expectativas de inflação, porém, os coeficientes de estimados são relativamente menores. Há ainda uma tendência fraca de esse indicador responder com atraso aos aumentos das expectativas, pois a maior correlação é verificada no *lead* seis. A *proxy* de incerteza construída com os dados das expectativas de inflação (*MS2_EXP12*) apresenta forte correlação temporal positiva a inflação e suas expectativas, resultado coerente com o que vem sendo relatado pela teoria econômica. Logo, os indicadores do modelo markovianos atendem ao primeiro critério.

Tabela 3: Correlação dos Indicadores de Incerteza com a Inflação e as Expectativas

Painel A: Proxy vs. <i>Ipca</i>									
Proxy Incerteza	Lags					Leads			
	-12	-6	-2	-1	0	+1	+2	+6	+12
<i>Garch_IPCA</i>	-0,16 (0,02)	-0,13 (0,06)	-0,13 (0,07)	-0,12 (0,08)	-0,11 (0,12)	-0,10 (0,17)	-0,09 (0,22)	-0,08 (0,23)	-0,12 (0,08)
<i>Garch_EXP12</i>	0,04 (0,55)	0,10 (0,15)	0,14 (0,05)	0,15 (0,04)	0,14 (0,04)	0,13 (0,07)	0,11 (0,13)	-0,08 (0,24)	-0,29 (0,00)
<i>MS2_IPCA</i>	0,08 (0,28)	0,35 (0,00)	0,54 (0,00)	0,59 (0,00)	0,64 (0,00)	0,69 (0,00)	0,72 (0,00)	0,65 (0,00)	0,37 (0,00)
<i>MS2_EXP12</i>	0,35 (0,00)	0,55 (0,00)	0,69 (0,00)	0,71 (0,00)	0,73 (0,00)	0,73 (0,00)	0,73 (0,00)	0,69 (0,00)	0,46 (0,00)
<i>Cred</i>	0,43 (0,00)	0,66 (0,00)	0,61 (0,00)	0,59 (0,00)	0,57 (0,00)	0,53 (0,00)	0,49 (0,00)	0,35 (0,00)	0,14 (0,05)
<i>Disp</i>	-0,03 (0,71)	-0,07 (0,32)	-0,22 (0,00)	-0,25 (0,00)	-0,28 (0,00)	-0,29 (0,00)	-0,29 (0,00)	-0,30 (0,00)	-0,30 (0,00)
<i>Leque</i>	-0,05 (0,43)	-0,08 (0,24)	-0,04 (0,54)	-0,04 (0,60)	-0,03 (0,68)	-0,02 (0,83)	0,00 (0,96)	0,08 (0,24)	0,18 (0,00)

Painel B: Proxy vs. <i>Exp12</i>									
Proxy Incerteza	Lags					Leads			
	-12	-6	-2	-1	0	+1	+2	+6	+12
<i>Garch_IPCA</i>	-0,33 (0,00)	-0,27 (0,00)	-0,27 (0,00)	-0,27 (0,00)	-0,28 (0,00)	-0,27 (0,00)	-0,26 (0,00)	-0,25 (0,00)	-0,25 (0,00)
<i>Garch_EXP12</i>	0,03 (0,68)	-0,04 (0,53)	-0,10 (0,15)	-0,09 (0,20)	-0,09 (0,19)	-0,11 (0,13)	-0,08 (0,24)	-0,11 (0,10)	-0,20 (0,00)
<i>MS2_IPCA</i>	0,13 (0,06)	0,30 (0,00)	0,35 (0,00)	0,37 (0,00)	0,39 (0,00)	0,42 (0,00)	0,44 (0,00)	0,46 (0,00)	0,31 (0,00)
<i>MS2_EXP12</i>	0,53 (0,00)	0,63 (0,00)	0,75 (0,00)	0,77 (0,00)	0,80 (0,00)	0,82 (0,00)	0,83 (0,00)	0,83 (0,00)	0,61 (0,00)
<i>Cred</i>	0,45 (0,00)	0,61 (0,00)	0,71 (0,00)	0,72 (0,00)	0,74 (0,00)	0,72 (0,00)	0,70 (0,00)	0,57 (0,00)	0,34 (0,00)
<i>Disp</i>	-0,20 (0,00)	-0,30 (0,00)	-0,41 (0,00)	-0,44 (0,00)	-0,45 (0,00)	-0,45 (0,00)	-0,45 (0,00)	-0,44 (0,00)	-0,42 (0,00)
<i>Leque</i>	-0,03 (0,68)	-0,05 (0,50)	-0,01 (0,85)	-0,01 (0,93)	0,00 (0,98)	0,02 (0,82)	0,03 (0,65)	0,08 (0,24)	0,15 (0,04)

Nota: Os valores da probabilidade empírica para a hipótese nula de ausência de correlação temporal se encontram entre os parênteses abaixo dos respectivos coeficientes.

Fonte: Elaboração própria.

Analisam-se, agora, as medidas de incertezas construídas com base nas pesquisas do BCB. Quanto ao indicador de credibilidade (*Cred*), os dados da Tabela 3 indicam forte associação temporal desta variável com os dados da inflação e das expectativas inflacionárias. Os maiores coeficientes são estimados nas defasagens de curto-prazo, mostrando uma coincidência temporal entre a perda de credibilidade e a aceleração da inflação e das expectativas (*Exp12*). Logo, o indicador *Cred* também demonstra coerência com a teoria econômica. Por outro lado, a medida de dispersão das expectativas de inflação e do câmbio, *Disp*, apresenta correlações negativas e significativas com os dados do *Ipca* e de *Exp12*. Dessa forma, o indicador de dispersão das expectativas de inflação, o qual é amplamente utilizado como *proxy* para a incerteza em pesquisas empíricas, não atende ao fato estilizado apresentado pela literatura econômica.

A análise das relações entre o leque de inflação (*Leque*) e o *Ipca* (Painel A) e as expectativas de inflação (*Exp12*, Painel B) revelam a ausência de um padrão claro. A princípio, nota-se uma correlação negativa em alguns *lags* e correlação positiva nos *leads*. Contudo, na grande maioria dos casos analisados, o coeficiente de correlação estimado foi não significativo. Esses resultados demonstram a inconsistência do indicador *Leque* com o que o primeiro critério avaliado.

Em suma, o primeiro critério de avaliação, em que se avalia a característica de que a incerteza inflacionária aumenta quando os níveis da inflação e das expectativas de inflação também se elevam, mostra que somente as *proxies* construídas como a incerteza quanto ao regime dos modelos markovianos (*MS2_IPCA* e *MS2_EXP12*) e o indicador de credibilidade (*Cred*) seriam adequadas. Este resultado revela, neste primeiro momento, a relevância destes indicadores como medida de incerteza inflacionária.

4.2.2. Segundo critério: a tendência à elevação da incerteza inflacionária nas recessões econômicas

Nesta subseção, avalia-se o padrão de comportamento anticíclico dos indicadores de incerteza inflacionária. Para definir as datas das recessões e expansões, utilizam-se os relatórios disponibilizados pelo Comitê de Datação de Ciclos Econômicos no Brasil (CODACE), mantido pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), que fornecem os períodos de início e término de cada fase da atividade produtiva. Contudo, a última datação disponibilizada pelo CODACE se dá no início de 2020, assim, para cobrir toda a amostra, a presente pesquisa precisou estimar datas das recessões para os anos de 2020 e 2021. A partir

do reconhecido algoritmo de Harding e Pagan (2002), que se baseia na rotina de Bry e Boschan, e utilizando os parâmetros convencionais da literatura (por exemplo, duração mínima das fases de seis meses, e ciclos completos com cerca de um ano), obtiveram-se os pontos de virada para os meses faltantes. A datação para o período por completo pode ser verificada nas áreas sombreadas das figuras a seguir, que denotam os períodos recessivos da economia brasileira. Através dessa cronologia, cria-se uma variável binária que assume o valor de um nas recessões econômicas; e de zero nas expansões.

A Figura 1 traz em seu corpo as *proxies* construídas com os modelos GARCH (partes *a* e *b*) e com a metodologia de cadeias de Markov (partes *c* e *d*). O indicador medido com o *Ipca* e o modelo GARCH mostra um pico de incerteza apenas na recessão de 2014-2016. Nos demais períodos, verificam-se altas na *proxy*, mas que não se distinguem muito das observadas, por exemplo, na expansão entre 2017 e 2019. Para o caso do modelo GARCH com as expectativas, verificam-se com mais clareza picos de incerteza nos períodos recessivos.

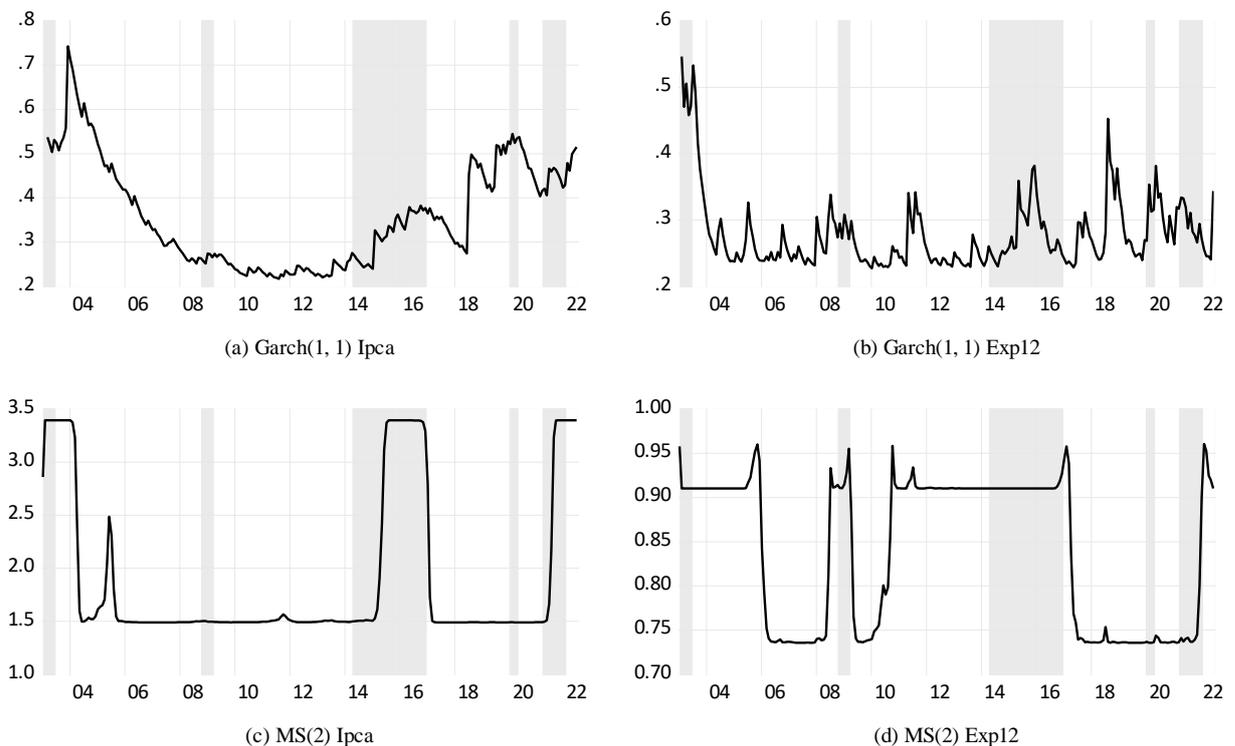


Figura 1: Indicadores de incerteza inflacionária com base em séries de tempo

Fonte: Elaboração própria. Nota: Áreas sombreadas denotam recessões econômicas.

No caso dos indicadores de incerteza quanto ao regime (RU, dos modelos markovianos), verifica-se uma maior aderência ao fato estilizado. Por exemplo, na Figura 3c, que ilustra o caso do *MS2_IPCA*, pode-se observar que o indicador só não apresentou picos nas curtas recessões do início dos anos de 2008 e 2020. Já o indicador das expectativas de inflação (*MS2_EXP12*, Figura 3d) revela alto nível de incerteza em todas as recessões, com exceção da ocorrida em 2020. Ademais, nota-se que esta *proxy* tende a se manter alta mesmo fora dos períodos de queda da atividade econômica, como no alto nível de incerteza que é estimado entre 2010 e 2016.

Em seguida, a Figura 2 apresenta os indicadores de incerteza baseados em informações de pesquisas de mercado do BCB. O indicador de credibilidade (*Cred*), apresentado na parte a picos claros nas recessões do país, sendo os mais claros datados na recessão de 2003 e no período de 2014 a 2016. Por sua vez, a *proxy* de incerteza medida como a dispersão das expectativas de inflação e do câmbio (*Disp*, Figura 2b) também aparenta apresentar aumentos nas recessões, porém, nota-se que a variável se manteve em um patamar bastante estável durante todo o período de 2004 a 2019. No caso do intervalo interquartílico das previsões do BCB, denotas como *Leque* e ilustrados na parte c da figura, observa-se um período de alta incerteza entre 2003 e 2007, porém um comportamento extremante estável no restante da amostra, a despeito da fase do ciclo econômica em que a economia brasileira se encontrava.

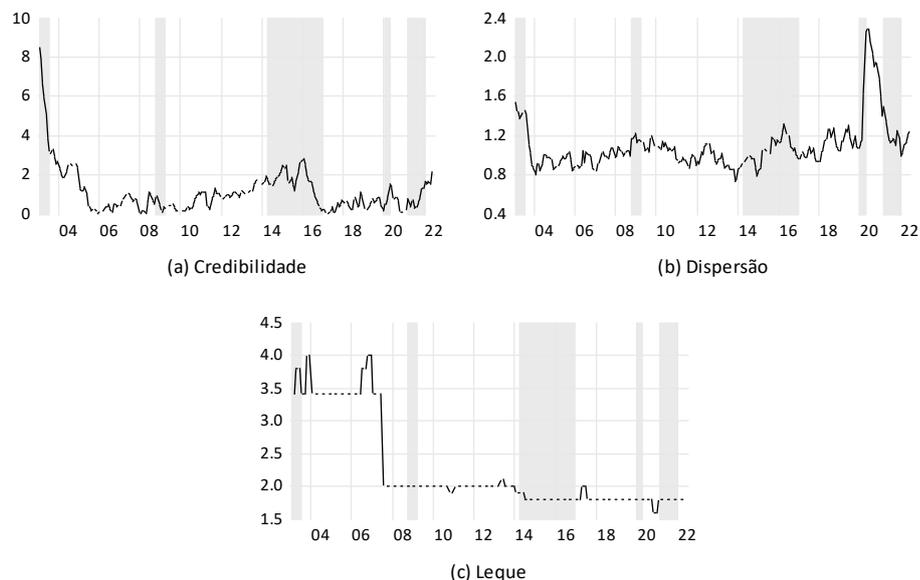


Figura 2: Indicadores de Incerteza baseados em informações de pesquisas do BCB

Fonte: Elaboração própria. Nota: Áreas sombreadas denotam recessões econômicas.

Com intuito de averiguar a hipótese da incerteza anticíclica para os indicadores com maior rigor estatístico, apresenta-se na Tabela 4 o teste de igualdade das médias das *proxies* nas expansões e nas recessões. Assim, espera-se que o valor observado nos períodos de atividade econômica fraca seja maior em termos estatísticos do que aquele calculado para os períodos de crescimento.

Na tabela citada, apenas para o caso do indicador *Garch_IPCA* não é possível rejeitar a hipótese nula de igualdade de médias ao nível de 10% de significância. Para as *proxies* *MS2_IPCA* e *Cred*, o valor médio observado nas recessões é substancialmente maior nas recessões (a estatística de teste é significativa ao nível de 1% em ambos os casos). Já para o indicador do *Leque*, o teste indica a rejeição da hipótese nula ao nível de 1%, porém, a média calculada para as expansões é superior à das recessões, contrariando o comportamento esperado para um indicador de incerteza adequado. Portanto, de acordo com a análise realizada, entre todos os indicadores considerados, apenas os referentes ao *Garch_Ipca* e ao *Leque* não atendem ao segundo critério. Em termos comparativos, o primeiro critério de avaliação das *proxies* mostrou-se consideravelmente mais rigoroso.

Tabela 4: Teste de médias dos indicadores nas expansões e recessões

Indicadores	Média Expansão	Média Recessão	Estatística-T
<i>Garch_IPCA</i>	0,358	0,362	-0,225 ^{NS}
<i>Garch_EXP</i>	0,268	0,303	-4,378*
<i>MS2_IPCA</i>	1,674	2,491	-8,413*
<i>MS2_EXP12</i>	0,827	0,873	-3,586*
<i>Cred</i>	0,880	1,818	-5,788*
<i>Disp</i>	1,067	1,162	-2,596**
<i>Leque</i>	2,353	2,005	3,408*
Observações	174	60	
(% da amostra)	(74)	(26)	

Fonte: Elaboração Própria. Notas: NS denota “não significativo; *, ** e *** representam significância estatística aos níveis de 1, 5 e 10%, respectivamente.

4.2.3. Terceiro critério: avaliando o impacto de choques de incerteza sobre agregados econômicos

As avaliações anteriores foram baseadas em análises de correlação temporal. Apesar de interessantes e baseadas na teoria elas, contudo, não fornecem informações sobre

causalidade. Assim, o terceiro fato preenche esta lacuna, estimando os impactos que os choques dos indicadores de incerteza inflacionária surtem sobre a atividade econômica, a inflação e as expectativas inflacionárias. Nesse sentido, modelos vetoriais autorregressivos (VAR) são estimados e as funções impulso-resposta (FIR) dos agregados macroeconômicos aos choques das *proxies* de incerteza são avaliadas e comparadas.

Em todos os modelos VAR estimados, considerou-se a seguinte ordenação das variáveis, da mais exógena para a mais endógena, para a identificação do modelo estrutural: 1) um indicador de incerteza por turno⁸; 2) o hiato do produto (*Gap*); 3) a inflação ao consumidor *Ipca*; 4) as expectativas de inflação, *Exp12*; 5) a taxa de básica de juros, *Selic*; e, 6) a taxa de juros *Swap*. Esta especificação procura representar a lógica do encadeamento das variáveis em modelos teóricos como o de Svensson (1997) e Clarida, Gali e Gertler (1999). Ou seja, considera-se que as incertezas constituem o ambiente macroeconômico em questão. O hiato do produto determina a inflação e, estas variáveis, impactam as expectativas. Em seguida, a taxa de juros responde como em uma regra de Taylor, impactando a estrutura a termo dos juros, representada pela taxa *Swap*.

Em adição, para aproximar os resultados empíricos da teoria da política monetária, os modelos estimados incluem as variáveis econômicas em nível. Nesse caso, conforme a metodologia de Toda e Yamamoto (1995), deve-se utilizar um número de defasagens amplo para a estimação consistente dos parâmetros, adicionando a ordem máxima de integração das variáveis aos *lags* sugeridos por algum critério de seleção. Como o critério bayesiano (BIC) sugere duas defasagens e não se pode rejeitar a presença de raiz unitária nas séries de tempo das taxas *Selic* e *Swap* em nível (de acordo com os testes ADF), os VARs estimados pela presente pesquisa deveriam incluir, no mínimo, três defasagens. Entretanto, fez-se a opção pela especificação VAR(4), pois, assim, se atendia à recomendação do critério de informação de Akaike. É válido notar que os modelos estimados atendem à condição de estabilidade e não apresentaram indícios fortes de autocorrelação serial nos resíduos de acordo com o teste do multiplicador de Lagrange (LM). A abordagem adotada para os modelos VAR segue de perto a pesquisa de Corrêa e Lopes (2023).

Por fim, como a significância das respostas das variáveis aos choques da incerteza inflacionária é importante para a avaliação dos indicadores, as FIRs apresentam intervalos de confiança de 90% para as repostas, obtidos com 10.000 simulações *bootstrap* pelo método de Hall (1986). Espera-se a priori que o padrão de resposta do hiato do produto seja recessivo,

⁸ Consequentemente, são estimados sete modelos VAR diferentes.

em formato de “U”; a inflação e as expectativas inflacionárias devem apresentar aumentos, isto é, com FIRs com formato em “U” invertido.

A Figura 3 resume os impactos dos choques de um desvio padrão de Choleski dos sete indicadores de incerteza sobre o hiato do produto (*Gap*), nas partes “a” até “g”. Para facilitar a comparação das respostas, as escalas das FIRs estão todas na mesma faixa de variação. Quanto aos indicadores GARCH, ilustrados nas partes *a* e *b* da figura, verifica-se um impacto negativo, porém não significativo na maioria das respostas. Dentre as proxies markovianas (partes *c* e *d*), o indicador *MS2_IPCA* (Figura 3c) tem um impacto negativo e forte dentro do horizonte dos primeiros 12 meses da FIR. Contrário do que é percebido para o indicador *MS2_EXPI2*, que só apresenta efeitos recessivos e significativos após a 11ª defasagem. O indicador de credibilidade (Figura 3e) afeta negativa e significativamente o produto após a sexta defasagem, mas, seus efeitos perduram até o último período da FIR. Por fim, verifica-se um forte impacto recessivo sobre o produto da *proxy* de dispersão das expectativas (*Disp*, parte *f*), porém, o indicador *Leque* obteve uma resposta invertida e estatisticamente significativa. Portanto, os piores desempenhos em termos de impacto sobre a atividade produtiva foram obtidos com os indicadores *GARCH_IPCA*, *GARCH_EXPI2* e *Leque*.

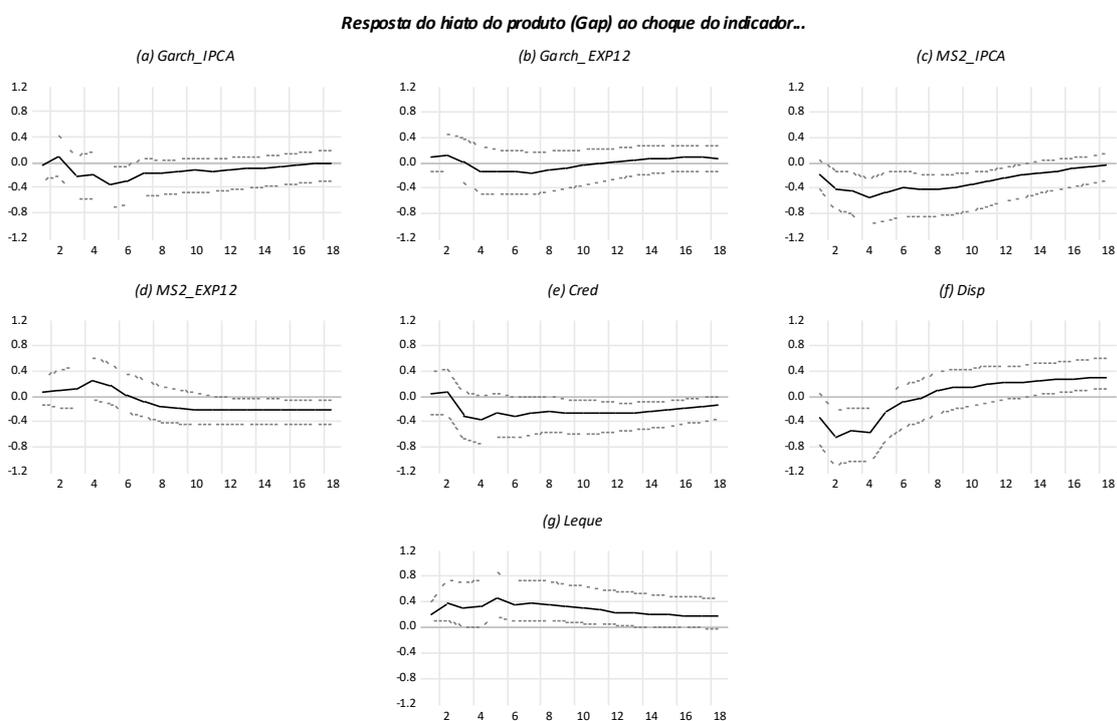


Figura 3: Resposta hiato do produto (*Gap*) aos choques de incerteza inflacionária

Fonte: Elaboração Própria. Nota: As linhas pontilhadas representam intervalos de confiança de 90%.

A Figura 4 ilustra a resposta da inflação aos choques das variáveis de incerteza. Novamente, os indicadores estimados com os modelos GARCH (partes *a* e *b*) não obtiveram FIRs conforme o esperado. Inclusive, a resposta da inflação aos choques da *proxy Garch_IPCA* foi invertida, algo que também se verifica para a resposta às intervenções de *Garch_EXP12*, porém, com efeitos não significativos. Neste quesito, também não se verifica um bom desempenho das *proxies* dos modelos markovianos (partes *c* e *d*), desde que a incerteza ajustada com os dados do *IPCA* possui uma FIR com o formato esperado, porém com intervalos que englobam o zero em grande parte das vezes e, no caso de *MS2_EXP12*, não se verificam respostas significativas e com os sinais esperados. Entre os demais indicadores, apenas os choques de *Cred* apresentaram um impacto positivo e significativo sobre a variação dos preços. Ambas as *proxies* *Disp* e *Leque* apresentam FIRs invertidas em horizontes mais curtos e impactos que são, em geral, nulos. Assim, a perda de credibilidade por parte do BCB se mostra como uma importante fonte de incerteza inflacionária com potencial de aumentar a inflação em prazos médios, como em cerca de oito meses após o choque inicial. Destaca-se que esta variável foi a única a afetar os preços ao se considerar o intervalo de 90% de confiança.

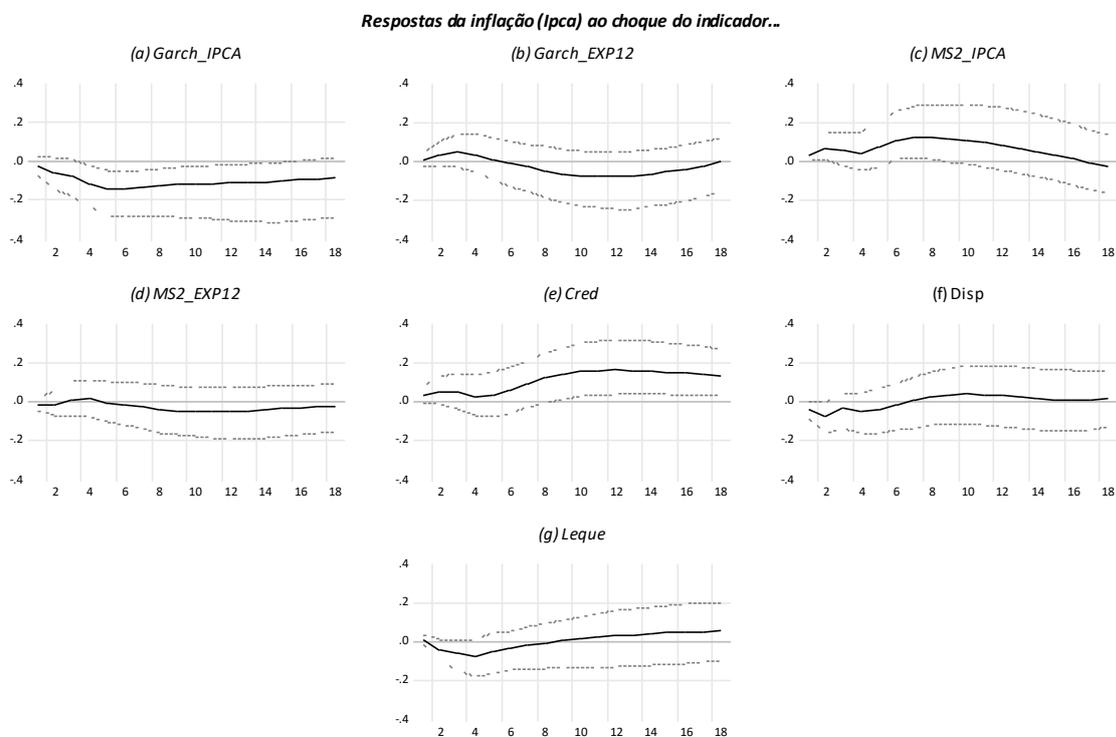


Figura 4: Resposta da inflação (IPCA) aos choques de incerteza inflacionária

Fonte: Elaboração Própria. Nota: As linhas pontilhadas representam intervalos de confiança de 90%.

A Figura 5 apresenta as respostas das expectativas de inflação aos choques dos diversos indicadores de incerteza. Neste aspecto, o desempenho das *proxies* deixou bastante a desejar. Por exemplo, os indicadores *Garch_IPCA* (5a), *Garch_EXP12* (5b), *MS2_IPCA* (5c), *Disp* (5f) e *Leque* (5g) todos apresentaram FIRs com um padrão invertido ao que é esperado pela teoria. Destaca-se ainda que nos casos de *Garch_IPCA* e da dispersão das expectativas, obtêm-se respostas estatisticamente significativas. Por outro lado, os indicadores *MS2_EXP12* (5d) e *Cred* (5e) impactaram de maneira expressiva sobre as expectativas de inflação: no primeiro caso, com impactos mais pronunciados no intervalo de seis a 12 meses após o choque; e, no segundo caso, no horizonte dos primeiros seis meses. Portanto, pode ser o caso de que as incertezas quanto ao regime das expectativas de inflação afetem os agentes em longo prazo, enquanto a perda de credibilidade pode se constituir em um sinal mais claro de descontrole inflacionário, afetando em curto prazo o processo de formação das expectativas.

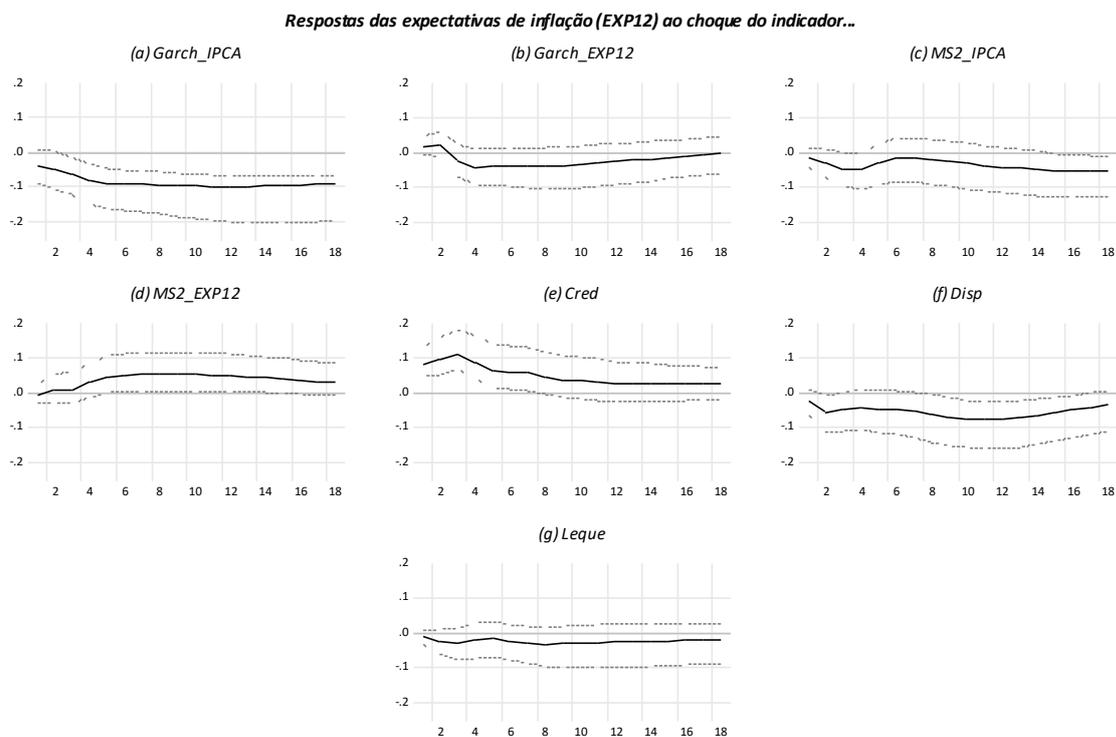


Figura 5: Resposta da expectativa de inflação (EXP12) aos choques de incerteza inflacionária

Fonte: Elaboração Própria. Nota: As linhas pontilhadas representam intervalos de confiança de 90%.

O resumo de toda a análise e avaliação das *proxies* de incerteza se encontra na Tabela 5, a seguir. Nesta, caso algum indicador atenda ao critério em questão, marca-se com a letra “X”. De fato, apenas o indicador de credibilidade passou em todos os testes. Pode ser por essas, entre outras razões, que presidentes de bancos centrais ao redor do mundo consideram a credibilidade de grande ou de máxima importância, conforme estudo de Blinder (2000). Com

um desempenho ligeiramente inferior, pode-se destacar a *proxy* de incerteza quanto ao regime das expectativas de inflação (*MS2_EXP12*), a qual só não foi capaz de impactar significativamente a inflação (*IPCA*) nas estimativas realizadas. Pode ser que isso seja reflexo das suposições adotadas pela presente pesquisa e que uma diferente especificação para o modelo markoviano consiga corrigir essa deficiência. Contudo, ainda assim, a própria necessidade de modelagem e da subjetividade implícita a isto pode ser um ponto contra a *proxy* em estudos empíricos. Na verdade, o fato de o indicador de credibilidade ter se desempenhado bem ao longo de toda a da análise é animador, pois ele apresenta o calculado mais simples dentre todas as opções.

Tabela 5: Resumo dos desempenhos dos indicadores em cada critério

Indicador	Critério 1	Critério 2	Critério 3		
			Gap	IPCA	EXP12
<i>Garch_IPCA</i>					
<i>Garch_EXP12</i>		X			
<i>MS2_IPCA</i>	X	X	X		
<i>MS2_EXP12</i>	X	X	X		X
<i>Cred</i>	X	X	X	X	X
<i>Disp</i>		X	X		
<i>Leque</i>					

Fonte: Resultados da pesquisa. Nota: “X” representa “atende ao critério”.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avaliou um conjunto de indicadores de incerteza inflacionária quanto à sua adequação como medidas empíricas da incerteza inflacionária para o Brasil no período de janeiro de 2003 a junho de 2022. Consideram-se duas categorias de indicadores: i) os construídos com base em séries de tempo agregadas com as abordagens de heterocedasticidade condicional (ARCH/GARCH) ou de mudanças de regimes markovianos; e, ii) as *proxies* derivadas de pesquisas sobre as expectativas de inflação, realizadas pelos bancos centrais para computar indicadores de dispersão ou de indicadores de credibilidade da política monetária (MANKIW; REIS; WOLFERS, 2004; MONTES; NICOLAY, 2015; MENDONÇA, 2018).

As medidas de incerteza inflacionária foram avaliadas em três aspectos: (1) deve-se observar uma correlação positiva entre a *proxy* e o nível da inflação e de suas expectativas; (2) espera-se notar um crescimento da incerteza em períodos recessivos, devido ao comportamento anticíclico da incerteza em outros contextos; e, (3) analisa-se o impacto dos indicadores na atividade produtiva (negativo) na inflação e nas expectativas inflacionárias

(ambos positivos), por meio de funções impulso-resposta obtidas com modelos VAR bastante utilizados para a análise da política monetária.

Entre os sete indicadores de incerteza inflacionária avaliados, a medida de credibilidade da política monetária, calculada simplesmente como o valor absoluto da diferença entre as expectativas de inflação e a meta estipulada, foi o indicador de incerteza mais adequado para mensurar a incerteza inflacionária no país, de acordo com os critérios estabelecidos, o que ressalta a relevância que os bancos centrais dão a essa variável. Ademais, esta *proxy* possui o método de cálculo mais acessível e impessoal dentre o conjunto de indicadores.

Destaca-se ainda que o indicador de incerteza inflacionária advindo do modelo de cadeias de Markov com as expectativas de inflação e a metodologia de Evans e Wachtel (1993) também pareceu promissor (*MS2_EXP12*), pois este obteve bom desempenho nos dois primeiros critérios, deixando de atender apenas ao terceiro critério, no impacto sobre a inflação (*IPCA*). Seus efeitos sobre o hiato do produto e sobre as expectativas de inflação foram significativos e na direção esperada. Vale ressaltar, contudo, que esta *proxy* depende da modelagem econométrica e seus cálculos são, talvez, o mais complexo entre os efetuados por esta pesquisa.

O indicador de dispersão das expectativas, apesar de ser amplamente utilizado em pesquisas empíricas, demonstrou o comportamento anticíclico esperado, mas, não obteve um bom desempenho nos demais critérios. Similarmente, os indicadores GARCH e a amplitude do leque de inflação apresentaram os piores resultados entre o conjunto de indicadores, atendendo a poucos critérios e, em muitos casos, apresentando inconsistências com o que vem sendo proposto pela teoria econômica em termos de elasticidades. Por fim, a presente pesquisa conclui que o indicador de credibilidade proposto por Blinder (2000) constitui-se uma excelente variável para mensuração e avaliação da incerteza inflacionária no Brasil, bem como de seus efeitos sobre agregados macroeconômicos relevantes.

REFERÊNCIAS

- ABEL, A. B.; BLANCHARD, O. J. The present value of profits and cyclical movements in investment. **Econometrica** , v. 54, n. 2, p. 249, 1986.
- BALL, L. Why does high inflation raise inflation uncertainty?. **Journal of Monetary Economics**, v. 29, n. 3, p. 371-388, 1992.
- BALL, L.; CECCHETTI, S. G.; GORDON, R. J. Inflation and uncertainty at short and long horizons. **Brookings Papers on Economic Activity**, v. 1990, n. 1, p. 215-254, 1990.
- BARBOSA, F. H. A crise econômica de 2014/2017. **Estudos avançados**, v. 31, p. 51-60, 2017.
- BARBOZA, R. D. M.; ZILBERMAN, Eduardo. Os efeitos da incerteza sobre a atividade econômica no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 72, p. 144-160, 2018.
- BARRO, R. J.; GORDON, D. B. A positive theory of monetary policy in a natural rate model. **Journal of political economy**, v. 91, n. 4, p. 589-610, 1983.
- BASU, S.; BUNDICK, B. Uncertainty shocks in a model of effective demand. **Econometrica**, v. 85, n. 3, p. 937-958, 2017.
- BERNANKE, B.S. Irreversibility, uncertainty, and cyclical investment. **The quarterly journal of economics**, v.98(1), p.85-106, 1983.
- BLACKBURN, K.; CHRISTENSEN, M. Monetary policy and policy credibility: theories and evidence. **Journal of Economic literature**, v. 27, n. 1, p. 1-45, 1989.
- BLINDER, A. S. Central-Bank Credibility: Why Do We Care? How Do We Build It?. **American Economic Review**, v.90, n.5, p. 1421-1431, 2000.
- BLOOM, N. Fluctuations in uncertainty. **Journal of Economic Perspectives**, v. 28, n. 2, p. 153-76, 2014.
- BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. **Journal of econometrics**, v. 31, n. 3, p. 307-327, 1986.
- CASTELNUOVO, E. Uncertainty before and during COVID-19: A survey. **Journal of Economic Surveys**, p.1-44, 2022.
- CECCHETTI, S. G.; Krause, S. Central bank structure, policy efficiency, and macroeconomic performance: exploring empirical relationships. **Review-Federal Reserve Bank of Saint Louis**, v. 84, n. 4, p. 47-60, 2002.
- CICCARELLI, M. et al. Low inflation in the euro area: Causes and consequences. **ECB occasional paper**, n. 181, 2017.
- CLARIDA, R; GALI, J.; GERTLER, M. The science of monetary policy: a new Keynesian perspective. **Journal of economic literature**, v. 37, n. 4, p. 1661-1707, 1999.

CLEMENTS, M. P. Evaluating the Bank of England density forecasts of inflation. **The Economic Journal**, v. 114, n. 498, p. 844-866, 2004.

COCHRANE, J. H. Stepping on a rake: The fiscal theory of monetary policy. **European Economic Review**, v. 101, p. 354-375, 2018.

CORRÊA, W. L. R.; LOPES, L. S. Monetary policy transmission, productive activity, and inflation in Brazil: Does uncertainty matter? **The Journal of Economic Asymmetries**, v. 27, p. e00285, 2023.

COSTA, F. A. E. Incerteza e atividade econômica no Brasil. **Economia Aplicada**, v. 18, p. 421-453, 2014.

CUKIERMAN, A.; LIVIATAN, N. The dynamics of optimal gradual stabilizations. **The World Bank Economic Review**, v. 6, n. 3, p. 439-458, 1992.

DEZ ANOS DE METAS PARA A INFLAÇÃO NO BRASIL - 1999-2009. Brasília: Banco Central do Brasil, 2011.

ENGLE, R. Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. **Econometrica: Journal of the econometric society**, v. 50, n. 4, p. 981-1008, 1982.

ENGLE, R. GARCH 101: The use of ARCH/GARCH models in applied econometrics. **Journal of economic perspectives**, v. 15, n. 4, p. 157-168, 2001.

EVANS, M.; WACHTEL, P. Inflation regimes and the sources of inflation uncertainty. **Journal of Money, Credit and Banking**, v. 25, n. 3, p. 475-511, 1993.

FERNÁNDEZ-VILLAVÉRDE, J.; RUBIO-RAMÍREZ, J. F. Estimating dynamic equilibrium economies: linear versus nonlinear likelihood. **Journal of Applied Econometrics**, v. 20, n. 7, p. 891-910, 2005.

FRIEDMAN, M. Nobel lecture: inflation and unemployment. **Journal of political economy**, v. 85, n. 3, p. 451-472, 1977.

FTITI, Z.; JAWADI, F. Forecasting inflation uncertainty in the United States and Euro Area. **Computational Economics**, v. 54, n. 1, p. 455-476, 2019.

GALVÃO, A. B. An Evaluation of the Inflation Fan Charts of the Brazilian Central Bank. **Economic Planning and Research**, v. 35, n. 1, 2005.

HALL, P. On the bootstrap and confidence intervals. **The Annals of Statistics**, v.4, n.4, p. 1431-1452, 1986

HAMILTON, J. D. A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. **Econometrica**, v.57, n.2, p.357-384, 1989.

HARDING, D.; PAGAN, A. Dissecting the cycle: a methodological investigation. **Journal of monetary economics**, v. 49, n. 2, p. 365-381, 2002.

KIM, C. J. Dynamic linear models with Markov-switching. **Journal of Econometrics**, v.60, n.1-2) p.1–22, 1994.

KNIGHT, F. **Risk, uncertainty and profit**. London: Houghton Mifflin, 1921. (Second Edition, 1933).

KOCHERLAKOTA, N. R. The Unavoidability of Low Inflation–Low Output Traps. **The Review of Economic Studies**, v. 89, n. 6, p. 3410-3435, 2022.

KYDLAND, F. E.; PRESCOTT, E. C. Rules rather than discretion: The inconsistency of optimal plans. **Journal of political economy**, v. 85, n. 3, p. 473-491, 1977.

LOPES, L. S.; SOARES, T. C. Regimes inflacionários e ciclos econômicos: A experiência brasileira pós-Plano Real. **Revista Brasileira de Economia**, v. 72, p. 410-428, 2018.

MANKIW, N. G.; REIS, R.; WOLFERS, J. Disagreement about inflation expectations. **NBER macroeconomics annual**, v. 18, p. 209-248, 2003.

MENDONÇA, H. F. Credibility and Inflation Expectations: What we can tell from seven emerging economies?. **Journal of Policy Modeling**, v. 40, n. 6, p. 1165-1181, 2018.

MENDONÇA, H. F.; SOUZA, G. J. G.. Inflation targeting credibility and reputation: the consequences for the interest rate. **Economic Modelling**, v. 26, n. 6, p. 1228-1238, 2009.

MENDONÇA, H. Towards credibility from inflation targeting: the Brazilian experience. **Applied Economics**, v. 39, n. 20, p. 2599-2615, 2007.

MILES, David et al. **And yet it moves: Inflation and the great recession**. International Center for Monetary and Banking Studies/Centre for Economic Policy Research, 2017.

MONTES, G. C.; SOUZA, I. Sovereign default risk, debt uncertainty and fiscal credibility: the case of Brazil. **The North American Journal of Economics and Finance**, v. 51, p. 100851, 2020.

MONTES, G.; LUNA, P. H. Discretionary fiscal policy and disagreement in expectations about fiscal variables empirical evidence from Brazil. **Economic Modelling**, v. 73, n.C, p. 100-116, 2018.

MONTES, G.; NICOLAY, R. Central bank's perception on inflation and inflation expectations of experts: Empirical evidence from Brazil. **Journal of Economic Studies**, v. 42, n. 6, p. 1142-1158, 2015.

OH, J.; PICCO, A. R. **Macro uncertainty and unemployment risk**. Sveriges Riksbank Working Paper Series, 2020.

OKUN, A. M. The mirage of steady inflation. **Brookings papers on economic activity**, v. 1971, n. 2, p. 485-498, 1971.

OLIVEIRA, Luciano Vereda; CURI, Alexandre. Disagreement in expectations and the credibility of monetary authorities in the Brazilian inflation targeting regime. **Economia**, v. 17, n. 1, p. 56-76, 2016.

ORLIK, A.; VELDKAMP, L. **Understanding uncertainty shocks and the role of black swans**. National Bureau of Economic Research, 2014.

PASTOR, L.; VERONESI, P. Uncertainty about government policy and stock prices. **The Journal of Finance**, v. 67, n. 4, p. 1219-1264, 2012.

SVENSSON, L. E. O. Inflation forecast targeting: Implementing and monitoring inflation targets. **European economic review**, v. 41, n. 6, p. 1111-1146, 1997.

TODA, H. Y.; YAMAMOTO, T. Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. **Journal of econometrics**, v. 66, n. 1-2, p. 225-250, 1995.

VALE, S. R. Inflation, growth and real and nominal uncertainty: some bivariate Garch-in-Mean evidence for Brazil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 59, p. 127-145, 2005.