

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Faculdade de Ciências Econômicas
Departamento de Economia e Relações Internacionais

Gabriel Pires Vanzelotti

ESTIMANDO UMA REGRA DE TAYLOR PARA O BRASIL

Porto Alegre

2023

Gabriel Pires Vanzelotti

ESTIMANDO UMA REGRA DE TAYLOR PARA O BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Marcelo Savino Portugal

Porto Alegre

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Vanzelotti, Gabriel Pires
Estimando uma Regra de Taylor para o Brasil /
Gabriel Pires Vanzelotti. -- 2023.
43 f.
Orientador: Marcelo Savino Portugal.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade
de Ciências Econômicas, Curso de Ciências Econômicas,
Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Regra de Taylor. 2. Econometria. 3.
Macroeconomia. 4. Política Monetária. 5. Método dos
Momentos. I. Portugal, Marcelo Savino, orient. II.
Titulo.

Gabriel Pires Vanzelotti

ESTIMANDO UMA REGRA DE TAYLOR PARA O BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Marcelo Savino Portugal

Aprovado em: Porto Alegre, 6 de setembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcelo Savino Portugal

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Hudson da Silva Torrent

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Ronald Otto Hillbrecht

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a mim mesmo.

Também agradeço ao *The Weeknd* pelo
álbum *Dawn FM*.

Forecast is both a science, but also an art that requires some judgement

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo principal a estimação da Regra de Taylor no contexto brasileiro. Faz parte do instrumental utilizado pelos bancos centrais para determinar uma taxa de juros, equilibrando a estabilidade de preços e o crescimento econômico. O Brasil segue um regime de meta de inflação, no qual o Banco Central define uma meta anual para a inflação e utiliza a taxa de juros como instrumento para alcançar esse objetivo. O 1º Working Paper Series do Banco Central foi uma importante fonte de referência utilizada para embasar nossa pesquisa, fornecendo informações relevantes sobre a implementação e o funcionamento da política monetária no país. Realizaremos uma revisão da literatura de forma concisa, apresentando o direcionamento apropriado e destacando os aspectos relevantes. Concluiremos com um estudo empírico, estimando uma Regra de Taylor para o Brasil utilizando uma abordagem de Método dos Momentos. Abordagem GMM é bastante comum na estimação de *policy reaction* onde temos inércia e possíveis erros de mensuração das variáveis, esta abordagem ganhou bastante reconhecimento depois do *paper* de Hansen (1982). Utilizamos o horizonte de dados econômicos entre 2002 e 2022. Os resultados obtidos a partir da estimação fornecem *insights* valiosos sobre a dinâmica da política monetária no Brasil e fornecem subsídios para uma análise mais aprofundada dos mecanismos de reação e transmissão da política monetária.

Palavras-chave: Econometria. Macroeconomia. Política Monetária. Regra de Taylor. Método dos Momentos.

JEL: C50, E47, E58

ABSTRACT

This final paper has as its main objective the estimation of the Taylor Rule in the Brazilian context. It is part of the instrument used by central banks to determine an optimal interest rate, balancing price stability and economic growth. Brazil follows an inflation targeting regime, in which the Central Bank sets an annual target for inflation and uses the interest rate as an instrument to achieve this objective. The 1st Central Bank Working Paper Series was an important reference source used to base our research, providing relevant information on the implementation and operation of monetary policy in the country. We will carry out a concise literature review, presenting the appropriate direction and highlighting the relevant aspects. We will conclude with an empirical study, estimating a Taylor Rule for Brazil using a Method of Moments approach. The GMM approach is quite common in policy reaction estimation where we have inertia and possible errors in measuring the variables, this approach gained a lot of recognition after the paper by Hansen (1982). We use the economic data horizon between 2002 and 2022. The results obtained from the estimation provide valuable insights into the dynamics of monetary policy in Brazil and provide subsidies for a deeper analysis of the reaction and transmission mechanisms of monetary policy.

Keywords/: Econometrics. Macroeconomics. Monetary Policy. Taylor Rule. Generalized Method of Moments

JEL: C50, E47, E58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Taylor aplicado ao FED.....	13
Figura 2 - Estruturas de Política Monetária no Mundo	15
Figura 3 - Histórico de Inflação.....	16
Figura 4 - Hiato de Inflação	17
Figura 5 – Mecanismos de transmissão	19
Figura 6 - Expectativa de Inflação	27
Figura 7 – Hiato do Produto	30
Figura 8 - Especificação do Hiato.....	31
Figura 9 - Taxa de Juro Neutro Nominal no Brasil	32
Figura 10 - Taylor aplicado ao Brasil	33
Figura 11 - Estatísticas de Predição.....	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	POLÍTICA MONETÁRIA E O BRASIL	14
2.2	MECANISMOS DE TRANSMISSÃO	19
2.3	ESPECIFICAÇÕES DA REGRA DE TAYLOR	20
2.4	CONCEITOS CHAVE	22
3	MODELOS EMPÍRICOS	24
3.1	OLS X GMM	24
3.2	INSPEÇÃO VISUAL	26
3.3	ESTIMANDO O HIATO DO PRODUTO	28
3.4	ESTIMANDO O JURO NATURAL	31
3.5	REGRA DE TAYLOR E AVALIAÇÃO DO MODELO	33
3.6	MODELO ALTERNATIVO	36
4	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é explorar a função de reação do Banco Central, conhecida como Regra de Taylor, no contexto brasileiro. Este estudo se baseia principalmente no trabalho de Bogdanski, Tombini, Werlang (2000) intitulado "*Implementing inflation targeting in Brazil*". O entendimento e a aplicação dessa regra são fundamentais para a condução da política monetária e têm impacto direto no bem-estar da população, justificando, assim, a relevância deste estudo.

Regra de Taylor permite determinar uma taxa de juros que equilibra o objetivo de estabilidade de preços e o de crescimento econômico. Embora seja amplamente utilizada pelos bancos centrais em países que adotam o Regime de Metas de Inflação (RMI), ela é alvo de críticas por parte de alguns economistas, que questionam a sua eficácia. Neste trabalho vamos estimar um modelo econométrico que considera os componentes relevantes e demonstraremos o sucesso do RMI, destacando o seu ajuste aos dados.

Os bancos centrais modernos possuem a inflação baixa e estável como seu objetivo principal. Por que isso é importante? Junto com dívida sustentável, estabilidade micro financeira, sustentabilidade externa e crescimento econômico, inflação baixa e estável é crucial para a estabilidade macroeconômica. A inflação baixa torna o ambiente econômico menos arriscado e incentiva o investimento e a alocação eficiente de recursos. Portanto, promove um crescimento econômico maior e de longo prazo. Inflação limita as pessoas que estão na causa inferior da distribuição de renda de prosperar.

O BACEN utiliza de instrumentos para implementar a política monetária. Os bancos centrais geralmente não podem controlar a inflação diretamente e precisam de um conjunto de metas operacionais e intermediárias que relacionem os instrumentos ao objetivo final.

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira: capítulo 1 é a introdução; o capítulo 2 consiste em uma revisão da literatura; capítulo 3 aborda a metodologia utilizada e os resultados; capítulo 4 é a conclusão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O Banco Central do Brasil (BCB) adotou formalmente o regime de metas de inflação (RMI) desde 1999. Mesmo em um ambiente com condições adversas, como taxas de câmbio voláteis, o Banco Central foi capaz de manter as expectativas de inflação controladas, com exceção de um momento particular na eleição do Lula. Essa consistência fortaleceu a relação do BCB com os agentes econômicos, construindo credibilidade e contribuindo para a redução da inflação que assombrava o país nas décadas anteriores.

O **sucesso do RMI** e a credibilidade do BACEN foram discutidos inicialmente por Minella *et al.* (2003) e posteriormente por Aragón e Medeiros (2015). Ambos os estudos estimam uma função de reação do BCB e concluem que esta segue o princípio de Taylor, reagindo mais do que proporcionalmente a desvios da expectativa de inflação.

A Regra de Taylor, que empiricamente descreve a resposta da autoridade monetária a variáveis macroeconômicas, tem sido uma comum ferramenta para analisar o comportamento de bancos centrais. Segundo Portugal (2011) é importante ressaltar que essas estimativas não capturam características estruturais da autoridade monetária, o que limita o entendimento de suas preferências e a análise de seu processo de formulação.

Um grande número de estudos que procuram estimar as preferências de bancos centrais se concentra especialmente no *FED* (Federal Reserve). Entre eles, podemos citar Favero e Rovelli (2003) que utilizam o interessante argumento de que o FED preocupa-se com o efeito de suas decisões a partir de uma janela de tempo de quatro trimestres. Os autores empregam uma abordagem de **Método dos Momentos** (GMM) para estimar as preferências da autoridade monetária. Uma abordagem similar em Svensson (1999), que utiliza tanto o GMM quanto o método de máxima verossimilhança. Ambos concluem que o *FED* pondera de forma mais intensa um ajuste gradual na taxa de juros, enquanto atribui pouca ou nenhuma importância ao hiato do produto.

Vale comentar a questão russa utilizando como referência o artigo de Korhonen e Nuutilainen (2017) intitulado “*Breaking monetary policy rules in Russia*”. Os autores estimam uma regra de política monetária do tipo Taylor para o país mencionado, utilizando o Método dos Momentos. É interessante ressaltar que o Banco Central

Russo explicitamente mencionava, em seus comunicados oficiais, a estabilidade da taxa de câmbio como um dos seus objetivos. Informação que vai de encontro com o artigo de Furlani (2010) que conclui que esta variável não é relevante tanto no caso do Brasil quanto em outros países estudados. Segundo Korhonen e Nuutilainen, formalmente a meta russa de taxa de câmbio foi abandonada em novembro de 2014. Por vezes, a inflação realizada ultrapassa (*overshoot*) as bandas da meta, revelando a fragilidade do regime de metas de inflação no país. Além da taxa de câmbio é considerada a inclusão da variável de preços de petróleo na Regra de Taylor, pois ela possui uma forte relação tanto com o produto e a inflação quanto com o câmbio. O modelo que incorpora as variáveis taxa de câmbio e preço do petróleo demonstra a significância de ambas. Descartando *oil prices*, a taxa de câmbio torna-se estatisticamente insignificante. Observa-se uma quebra estrutural na Regra de Taylor em fevereiro de 2015. O aumento abrupto da taxa de juros, seguido por subseqüentes cortes, pode ser atribuído a um choque externo, como a invasão russa da Ucrânia, que reverbera no PIB e na inflação e resultou em uma forte depreciação do rublo.

Um potencial problema de política monetária para países emergentes reside na dificuldade de estabelecer a credibilidade do banco central. Isso demanda tempo e determinação para ser construída, podendo dissipar rapidamente com mudanças no governo e nas preferências de seus representantes. No caso do Brasil, esse tema é extremamente relevante, considerando a recente **independência do Banco Central** em 2021. A Lei estabelece que o presidente e diretores do BC tenham mandatos fixos de quatro anos, não coincidentes com o do Presidente da República.

Os formuladores de políticas econômicas (*policy makers*) em países **emergentes** provavelmente precisam fazer um maior esforço do que as economias avançadas para **construir credibilidade**, ou seja, convencer os agentes de mercado de seu compromisso em perseguir a meta de inflação, que é o objetivo do BACEN. A necessidade desse esforço adicional em economias em desenvolvimento é principalmente devido às suas fracas instituições, o que favorece a percepção que as regras podem ser flexibilizadas conforme a vontade dos governantes (Mishkin, 2008).

Questão: nós deveríamos abandonar as regras e seguir o caminho de discricionariedade?

Uma vertente de economistas argumenta que o melhor caminho a seguir é seguir cegamente a uma “policy rule”, o que auferiria vantagens sob a discrição.

Taylor argumenta que os policymakers não seguem – e nem deveriam seguir – uma regra de maneira mecânica. Existem razões específicas e técnicas envolvidas. Isso se alinha com a frase citada no início deste trabalho: *forecast is both a science, but also an art that requires some judgement*.

A regra de política monetária deve ser um dos elementos considerados na tomada de decisão do banqueiro central. É importante ter um entendimento bem fundamentado das variáveis de interesse e deixar a decisão final a cargo do policymaker.

Na busca por uma boa regra de política monetária Bryant, Hooper, e Mann (1993) discutem algumas comparações entre modelos com diferentes variáveis significativas. Parte-se do pressuposto de que a autoridade monetária ajusta a taxa de juros em resposta à (a) desvios da oferta monetária em relação a alguma meta; (b) volatilidade da taxa de câmbio; ou (c) uma ponderação dos desvios entre a taxa de inflação e a meta e o PIB real contra uma meta, o que é conhecido como hiato do produto.

A conclusão destes autores é que políticas que focam na taxa de **câmbio ou na oferta de moeda não performam tão bem** (medido em produto e estabilidade de preço) quanto à opção do terceiro tipo.

A avaliação econométrica de políticas monetária e fiscal usando o método de expectativas racionais tem sido comum no campo da macroeconometria. Alguns fatores explicam esta tendência: a crítica de Lucas mostrando que a avaliação econométrica tradicional era falha; o reconhecimento de que expectativas racionais não implicam em ineficiência de política monetária; e estudos sobre credibilidade e seus benefícios.

É necessário **endogeneizar as expectativas** usando o pressuposto de **expectativas racionais de Lucas**, como foram utilizadas no modelo de Taylor. O autor considera uma política monetária do tipo 3, que reage a desvios no nível de preços e no hiato do produto. Descarta-se a volatilidade do câmbio como uma variável relevante. Finalmente, temos a formulação original de Taylor:

$$r = p + 0,5y + 0,5(p - 2) + 2 \quad (0)$$

“r” representa a taxa de juros de curto prazo (*fed funds rate*), “p” é a taxa de inflação nos últimos quatro trimestres e “y” é o desvio do PIB (*GDP*) em relação a sua tendência.

Observa-se que a formulação original é *backward-looking*. “p”, conforme descrito, não corresponde à expectativa de inflação e sim a inflação anterior. A regra de política monetária descrita na equação nos informa que haverá um aumento de juros caso a inflação (expectativa) esteja acima da meta de 2% e/ou se o PIB estiver acima da sua tendência de longo prazo. Observe também a própria **definição de taxa de juros natural**, estabelecida em 2%, que prevalece quando a expectativa de inflação está na meta e o hiato do produto está fechado.

Podemos observar o bom desempenho desse simples modelo na previsão do comportamento do FED na figura 1 do artigo de Taylor (1993).

Figura 1 - Taylor aplicado ao FED



Figure 1. Federal funds rate and example policy rule.

Taylor (1993)

O artigo de Taylor apresenta um estudo de caso sobre o **choque do petróleo** na década de 90, mas propositalmente foca em um prisma que foge a história do evento.

Em 1990, o Iraque invade o Kuwait. Ambos os países eram responsáveis pela produção diária de 4,3 milhões de barris de petróleo. O preço da commodity disparou de \$21 para \$46 em um trimestre. Em resumo, Saddam Hussein acusou o Kuwait de não cumprir as cotas da OPEP, o que influenciava negativamente o preço

do petróleo. O país (Irão) que havia sido financiado pelos EUA contra o Irã agora se tornava um inimigo.

Diante desse cenário, quais seriam as reações de política monetária e fiscal?

Uma alteração na taxa de juros pode-se mostrar inadequada caso o choque seja temporário, o oposto seria uma mudança estrutural de algum tipo. Na época, os mercados futuros de petróleo Brent e WTI também indicavam uma convergência para a média passando-se um ano.

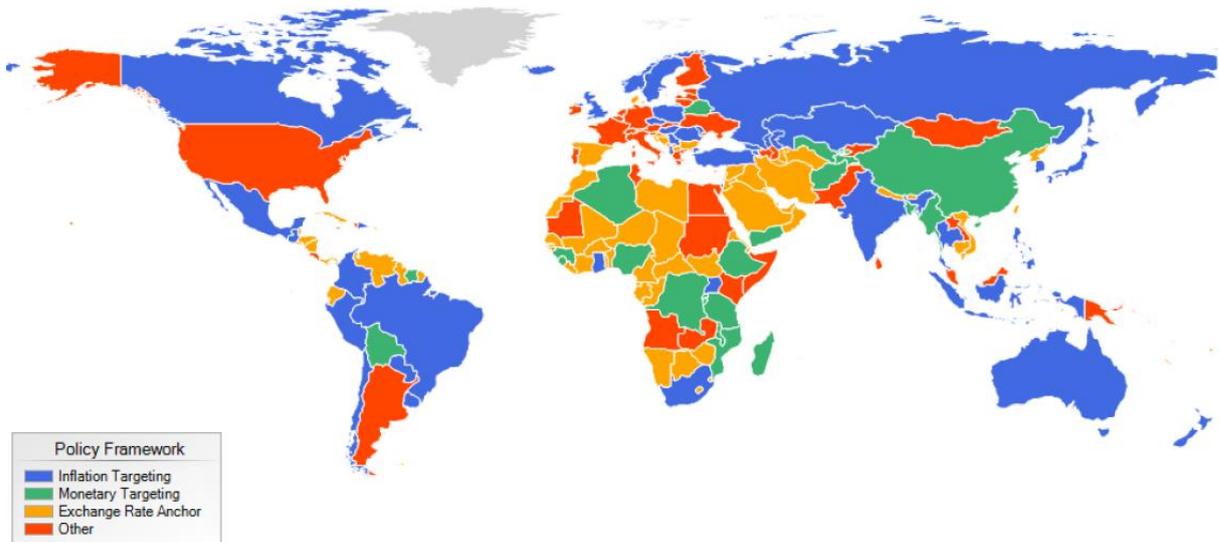
Como podemos ver na figura 1, a taxa de juros americana caiu e se estabilizou em torno de 3% nos 10 anos seguintes.

Seria interessante investigar mais a fundo esse evento histórico em futuros estudos. O fato é que o aumento de inflação não foi correspondido por um ajuste nas taxas de juros, o que caracteriza um desvio em relação à regra de política monetária.

2.1 POLÍTICA MONETÁRIA E O BRASIL

No passado, houve muita discussão sobre a que um Banco Central deveria adotar no combate à inflação. Ao longo do tempo, optou-se por uma regra monetária, mas ainda restava dúvida sobre qual instrumento deveria ser utilizado. O Bundesbank, por exemplo, utilizava um agregado monetário (M3), a Argentina em seu Plano Cavallo procurou uma volta ao padrão ouro, enquanto o FED recorria à taxa de juros. No caso do Brasil, no preâmbulo deste século, o país adotava um regime cambial em que a desvalorização gradual e constante do Real em relação ao dólar era utilizada como instrumento de controle inflacionário, quase como um regime de câmbio fixo. Com o tempo, a sabedoria convencional trilhou o caminho do Sistema de Metas de Inflação.

Figura 2 - Estruturas de Política Monetária no Mundo



Fonte: Annual Report on Exchange Arrangements and Exchange Restrictions (AREAER), 2016

Uma base importante para a escolha da estrutura política (*policy framework*) é fornecida pelo que os economistas chamam de Trilema de Griffin (*impossible trinity*). Segundo ela, o país não pode, simultaneamente, ter plena capacidade de conduzir uma política monetária autônoma; possuir moeda nacional fortemente atrelada (*hard pegged*) a outra moeda estrangeira; e também possuir total mobilidade de capital. Nos livros texto, a escolha é sobre um vértice e dois lados do triângulo.

Também na prática, a implementação da política de facto e de jure podem diferir. Um país pode, por exemplo, anunciar que usa metas de inflação e tem uma taxa de câmbio flutuante, mas, de fato, administra fortemente ou visa à taxa de câmbio.

O ponto que quero destacar aqui é o sucesso do Regime de Metas de Inflação no Brasil. O BACEN conseguiu manter um razoável grau de ancoragem da inflação em torno da sua meta.

No passado, utilizava-se o instrumento dos juros para controlar a balança de pagamentos, enquanto o câmbio afetaria a inflação. Com o sistema de metas a lógica se inverteu, agora utilizamos o instrumental dos juros para conter a inflação e o câmbio afeta a balança de pagamentos. Neste novo arranjo, os juros, antes voláteis, tornam-se muito mais estáveis, e o câmbio que era razoavelmente estável, torna-se volátil.

A gestão de Henrique Meirelles sucedeu a gestão de Armínio Fraga, que entregava o cargo em um momento marcado por choques internacionais e uma forte desvalorização do Real. O início do mandato de Meirelles foi marcado por taxas de juros elevadas, demonstrando seu compromisso com a credibilidade.

Figura 3 - Histórico de Inflação



Felipe Camargo (2023)

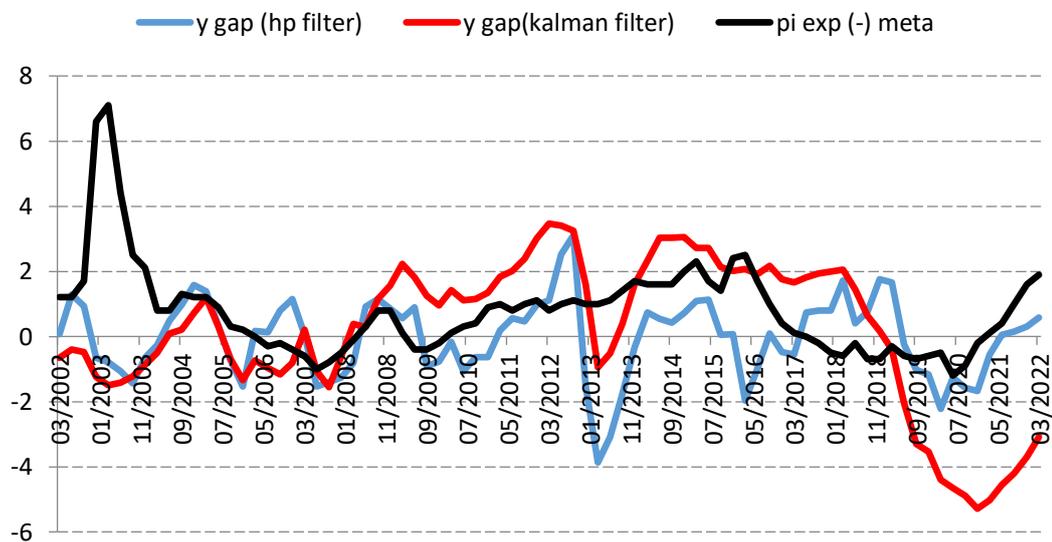
Sob um critério ingênuo de trimestres dentro da banda, pode-se argumentar que Meirelles foi o mais bem sucedido, costumeiramente com a inflação dentro do intervalo da meta. Por outro lado, Campos Neto teria sido o gestor menos eficiente. No entanto, é importante considerar que essa avaliação não considera a questão da pandemia, é provável que Campos Neto tenha se destacado frente a seus pares ao resto do mundo. Além disto, Tombini aproximou-se do limite superior da banda, enquanto seu sucessor, Ilan, peca no movimento contrário, descumprindo o piso da meta.

Custos simétricos. Devemos reconhecer que existem custos assimétricos associados a cometer erros de previsão para cima ou para baixo. No mundo real, é comum atribuir uma ponderação diferente aos erros de previsão positivos e negativos. Chegar ao aeroporto vinte minutos antes ou depois do avião decolar possui um custo associado bem diferente. O mesmo princípio se aplica ao hiato de inflação.

A redução da taxa de juros durante o início do mandato de Tombini caracterizou um momento incomum na política monetária, uma vez que o banco

central implementou cortes embora a inflação permanecesse acima da meta durante todo o período e com um hiato do produto positivo. Essa condução contribuiu para a deterioração das expectativas de inflação a época. Muitos argumentam que esse movimento foi puramente político, visando assegurar um desempenho eleitoral favorável em 2014. Infelizmente, a inflação continuou acelerando, atingindo os dois dígitos em 2015. Existe um custo em bem-estar por abalar a credibilidade do Banco Central.

Figura 4 - Hiato de Inflação



Fonte: Elaboração do autor

Observe na figura 4 que durante a gestão Tombini, entre os anos de 2011 e 2016, tanto o hiato do produto calculado através do Filtro de Kalman, que é a metodologia oficial, quanto à variável de expectativa de inflação descontada da meta, apresentam valores positivos. Isso indica que tanto as expectativas de inflação estavam acima da meta e desancoradas, quanto o hiato do produto sugeria um patamar acima do equilíbrio. Nesse contexto, a opção por uma política monetária expansionista, com juros reais abaixo do neutro, mostra-se contraproducente.

Esta mudança de política monetária foi acompanhada por um crescente intervencionismo por parte do governo Rousseff, como controle de preços administrados e a redução significativa do custo da energia elétrica. A política

monetária está intimamente relacionada à condução da política fiscal e, quando os vetores estiverem em direções opostas, há um maior custo de desinflação.

Esse comportamento discricionário por parte do banco central, apesar de proporcionar certa flexibilidade, corre-se o risco de manchar a reputação construída. Em outras palavras, o esforço de longo prazo realizado em gestões anteriores em perseguir a estabilidade macroeconômica e a credibilidade pode ficar comprometida diante de uma nova administração com diferentes pensamentos e objetivos mais lenientes a inflação, o que representaria um fardo ao bem-estar social.

Devido a essas questões relacionadas à política monetária, muitos autores argumentam em favor de ajustar a meta de inflação na gestão Tombini para patamar implicitamente mais elevado, em vez dos 4,5% estabelecidos oficialmente.

Estamos interessados em saber o quão estáveis são os coeficientes da Regra de Taylor, o que pode induzir mudanças nos coeficientes dessa função poderia ser, por exemplo, uma situação em que novos membros ingressam em um comitê de política monetária.

Em momentos de extrema incerteza econômica, observa-se um típico movimento característico de aumento da poupança por parte das famílias. Embora que *households* de baixa renda (famílias não-ricardianas) tenham uma capacidade limitada de poupança devido ao seu baixo nível de renda, os indivíduos de alta renda ajustam seus fluxos de investimento e poupança de acordo com as condições econômicas. A incerteza associada à crise financeira encoraja as famílias a aumentarem sua poupança no curto prazo. É importante entender se este aumento é temporário ou permanente, o que implica em diferentes estratégias para estabilizar a crise, utilizando o ferramental de política monetária e/ou fiscal.

Movimentos marcantes nesse sentido ocorreram no Brasil tanto recentemente na pandemia, quanto na década de 80, marcada pela superinflação. Taxas de juros elevadas incentivam a poupança por conta dos rendimentos auferidos. Vale ressaltar que a taxa de juros transporta o consumo no tempo. Talvez a cultura de poupar tenha sido prejudicada pela infeliz iniciativa do governo Collor de confiscar as poupanças, congelando as contas bancárias do país em março de 1990. Pode-se conjecturar sobre a postura forward-looking dos agentes econômicos, que reagem e antecipam as mudanças econômicas.

É justo reconhecer que, em comparação com o resto do mundo, nosso Banco Central tem sido bastante proativo em absorver as novas informações de inflação e

tem conduzido a política monetária de maneira adequada, embora com certa demora ao elevar as taxas de juros, em minha opinião. Preocupações com o alisamento exponencial da taxa de juros, embora relevantes, pode limitar uma reação mais enérgica.

É fácil fazer conjecturas com base no passado. Como veremos, o BACEN adota uma abordagem forward-looking, guiando-se tanto em expectativas quanto por variáveis não observáveis.

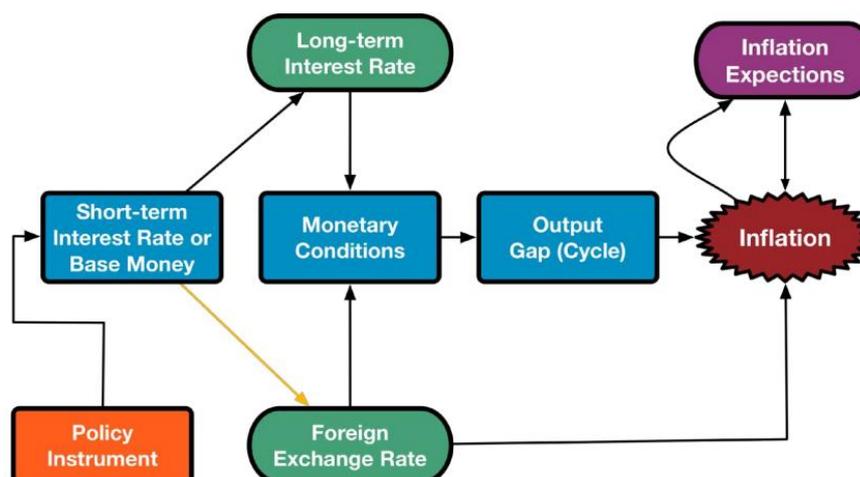
2.2 MECANISMOS DE TRANSMISSÃO

Existem vários canais pelos quais a política monetária afeta a demanda agregada e, em última análise, a inflação. Em particular, identificamos dois canais de preços de ativos, dois canais de crédito, taxa de juros e canais de taxa de câmbio.

O quanto reverbera os canais de preço dos ativos e de crédito dependem da profundidade dos mercados financeiros. Estes geralmente são menos importantes para economias em desenvolvimento, por não possuir uma maturidade completa.

Desta maneira, a taxa de juros e os canais da taxa de câmbio são mais importantes em emergentes.

Figura 5 – Mecanismos de transmissão



IMF Institute for Capacity Development

Podemos observar um mecanismo básico de transmissão com dois canais principais: taxa de câmbio e taxa de juros.

O banco central implementa a política monetária e conduz o instrumento de política, que são as operações de mercado aberto, que afeta a taxa de curto prazo do mercado monetário ou a oferta de moeda de reserva doméstica. O canal da taxa de juros muda as expectativas sobre as taxas de juros curtas e de longo prazo. Como resultado, a demanda agregada e, portanto, a produção muda. Finalmente, afeta a inflação.

Existem dois subcanais de taxa de câmbio - direto e indireto. Por exemplo, em um aumento na taxa de juros doméstica, a demanda externa por moeda doméstica aumenta, então esta se valoriza. Isto impacta diretamente a inflação por meio de preços de importação mais baixos. Este é o canal de transmissão direta da taxa de câmbio.

Além disso, os bens domésticos tornam-se mais caros em relação aos estrangeiros, e a demanda por bens domésticos diminui. Isso leva a uma demanda e produção mais moderada, e, portanto, uma inflação mais moderada. É assim que funciona o canal indireto da taxa de câmbio.

2.3 ESPECIFICAÇÕES DA REGRA DE TAYLOR

A seguir, descreverei diferentes especificações da Regra de Taylor, desde modelos mais *naive* até a especificação final que utilizaremos.

Especificação 1 – Regra *Naive*

$$Selic_t = \beta_0 + \beta_1(\pi_t - \pi_{meta_t}) + \beta_2(y_t - \bar{y}_t) \quad (1)$$

Nesta formulação mais simplificada, a taxa SELIC é determinada em função dos desvios da inflação à meta e uma medida de ciclo econômico através do hiato do produto. O coeficiente beta zero representa a taxa de juros neutra.

Especificação 2 – Taylor com Suavização

$$Selic_t = \sum_{n=1}^N \gamma_n Selic_{t-n} + (1 - \sum_{n=1}^N \gamma_n)(\beta_0 + \beta_1(\pi_t - \pi_{meta_t}) + \beta_2(y_t - \bar{y}_t)) \quad (2)$$

Nessa especificação, incorporamos coeficientes autoregressivos (gama) na equação, que proporcionam uma medida de suavização para o tempo de resposta do BACEN. As vantagens dessa abordagem, conhecida como “*policy inertia*”, foram identificadas no estudo de Woodford (2001). Atuar de forma “imperfeita” em relação à Regra de Taylor é inevitável, e os componentes de suavização são úteis para capturar o grau de incerteza da economia em determinado momento. Quando os efeitos de política monetária dependem das expectativas de mercado sobre a trajetória de algumas variáveis, é desejado que tenhamos um componente *history-dependent*, o que também permite uma menor volatilidade na taxa de juros de curto prazo e traz uma relativa estabilização. Casos com um valor de gama (fator de suavização da política monetária) muito próximos de 0 tornam a regra pouco sensível ao ajuste gradual, enquanto gama próximo de 1 torna pouco relevante desvios de inflação e hiato do produto.

Especificação 3 – Taylor com suavização, juro neutro variante e expectativa de inflação

$$Selic_t = \sum_{n=1}^N \gamma_n Selic_{t-n} + (1 - \sum_{n=1}^N \gamma_n) (\beta_0 + \beta_1 (E_t \pi_{t+12} - \pi_{meta_t}) + \beta_2 (y_t - \bar{y}_t)) \quad (3)$$

Este é o modelo com o qual iremos trabalhar. Observe que a formulação é idêntica à apresentada no modelo agregado de pequeno porte do BCB em seu relatório de inflação (2020).

A medida de inflação é a expectativa de mercado. Esta expectativa pode ser obtida pela diferença entre juro nominal e real na curva de juros, também conhecida como inflação implícita. No entanto, para este estudo, considere as projeções divulgadas pela pesquisa Focus, que é a forma brasileira de divulgar expectativas de mercado para diversas variáveis.

Do ponto de vista teórico, essa mudança faz todo sentido, com esta especificação Woodford (2001) defende que o BACEN atua de maneira *forward-looking*. É importante mencionar que a expectativa de inflação atua de certa forma, sobre seu próprio valor corrente, criando um componente de retroalimentação.

O coeficiente beta zero, estabelecido aqui, difere da formulação original de Taylor, pois considero uma taxa de juros neutra variante. Considerar a taxa neutra

como fixa ignora seu papel de equilibrar o mercado de crédito e de fluxo estrangeiro de poupança. Detalhes técnicos e específicos serão apresentados no modelo empírico.

2.4 CONCEITOS CHAVE

Nesta seção, são apresentadas algumas definições importantes e sua relevância para o caso brasileiro.

No artigo da Fundação Cowles intitulado "*Potential GNP: Its Measurement and Significance*", Okun (1962) esclarece o conceito de **produto potencial** como sendo a capacidade máxima de produção de uma economia quando todos os recursos estão plenamente utilizados, ou seja, em um estado de pleno emprego. Ele discute a importância dessa medida não-observável para entender o desempenho e as perspectivas de crescimento econômico, destacando as incertezas associadas à sua estimação.

Uma definição complementar é apresentada no Relatório de Inflação do BCB (2004), onde o produto potencial é definido como o nível máximo de produção que pode ser alcançado pela economia sem gerar pressões inflacionárias. O hiato do produto desempenha um papel central como indicador dessas pressões.

Em um estudo do Banco Central Europeu (2011) intitulado *Trends in potential output*, a discussão é enriquecida ao afirmar que, embora as medidas de crescimento do produto potencial se abstenham de movimentos cíclicos de curto prazo, ele pode ainda flutuar, refletindo condições de oferta.

O **hiato do produto** é um conceito central nas discussões acerca da política monetária, pois permite inferir se a economia está ou não crescendo acima do seu potencial. Em estudo recente sobre a estagnação do produto potencial no Brasil, Claudio Considera (2023) argumenta que a queda do produto potencial se deveu inicialmente à queda da produtividade do capital e, posteriormente, à queda da produtividade do trabalho. A partir de 2020, observou-se uma forte queda na Produtividade Total dos Fatores (PTF). Portanto, é plausível afirmar que a estagnação da PTF é a principal razão para a estagnação do Produto Potencial. Nesse sentido, o autor *bend the concept* de hiato do produto, concluindo que o hiato positivo não necessariamente seria um sinal de aquecimento da economia brasileira,

mas sim um reflexo, em grande parte, da estagnação do produto potencial após 40 anos de crescimento no longo prazo.

Este conceito também é chave para condução de política fiscal, onde o multiplicador fiscal, que se encontra no intervalo $[0,1; 1]$, é amplificado caso o país se encontre com hiato do produto negativo. Segundo o *IMF Working Paper 14/93 "A Simple Method to Compute Fiscal Multipliers"*, estima-se que o valor do multiplicador fiscal seja cerca de 60% maior quando o país se encontra em recessão, alternativamente um hiato do produto positivo reduz a potência em 40%. O multiplicador fiscal não pode ser zero, pois não é razoável assumir na plenitude a equivalência Ricardiana.

No que diz respeito à **taxa de juros neutra**, este conceito foi introduzido pelo sueco Johan Wicksell. A definição desse conceito evoluiu ao longo do tempo e refere-se a taxa real de juros de equilíbrio em um contexto de preços perfeitamente flexíveis. É amplamente reconhecido que a taxa de juros neutra/natural possui um papel estabilizador de ciclos de política monetária, estabilizando os preços e igualando poupança e investimento. No médio prazo, a taxa neutra é aquela que proporciona suficiente crédito para que a economia opere em seu pleno emprego, mantendo a inflação ancorada com a meta estabelecida. É importante ressaltar que a taxa neutra difere da taxa de juros real, que é aproximadamente a taxa nominal subtraída da expectativa de inflação.

De acordo com o Instituto Fiscal Independente (2020), a taxa de juros neutra é uma referência na condução da política monetária, representando a taxa de juros consistente com o crescimento do PIB igual ao crescimento potencial e com a taxa de inflação na meta. A taxa de juros real, estando abaixo da taxa natural, estimula a atividade econômica, da mesma maneira, quando o juro real se posiciona acima da taxa natural, seu efeito sobre o produto é contracionista.

Atualmente observa-se um mundo de juros reais elevados, este subiu na esteira da alta inflacionária que acompanhou o fim da pandemia. Com a expectativa de inflação convergindo para a meta, espera-se uma redução nos juros nominais no Brasil. Um potencial problema é o impacto negativo que o endividamento público exerce sobre a taxa de juros natural, ou seja, quanto maior a dívida, maior será o juro neutro, o que cria um círculo vicioso que demanda resultados fiscais primários cada vez maiores.

3 MODELOS EMPÍRICOS

Em relação à base de dados utilizada neste estudo, as informações sobre a expectativa de inflação podem ser encontradas tanto no IPEADATA quanto nos anexos estatísticos dos Relatórios de Inflação do Banco Central. Estes relatórios contêm uma série de informações valiosas e também é a fonte utilizada para a metodologia oficial de cálculo do hiato do produto, por meio do Filtro de Kalman, também o estimo por Eviews, via filtro HP.

Além disso, os dados históricos da taxa SELIC e da meta de inflação podem ser encontrados no site do Banco Central. Os dados de inflação foram obtidos do IBGE SIDRA, tabela 1737. O proxy de juro neutro é o juro pré de cinco anos, onde aplicamos o filtro Hodrick-Prescott.

3.1 OLS X GMM

O Banco Central reage a variáveis como a inflação e o hiato do produto, que são endógenas a choques de política monetária. Precisamos realizar o teste de Hausman de endogeneidade. Se suspeitarmos que mais de uma variável seja endógena, o teste T vira um teste F de significância conjunta dos coeficientes dos resíduos incluídos.

O método generalizado dos momentos (GMM) é amplamente utilizado na estimação dos parâmetros em modelos econômicos e ganhou reconhecimento significativo após o trabalho de Hansen (1982). O método dos momentos generalizados, não requer uma distribuição conhecida dos dados, mas utiliza a relação entre os momentos teóricos e empíricos para encontrar estimativas dos parâmetros.

Existem 3 formas clássicas de endogeneidade: erro de medida; viés de variável omitida; simultaneidade. Estas geram inconsistência no modelo. Na relação entre taxa de juro e inflação há simultaneidade. A inflação é influenciada pela taxa de juros e, ao mesmo tempo, o Banco Central observa a inflação para ajustar os juros.

Via de regra, a expectativa inicial é que a $E(x.e)=0$ o que implica que $COV(x,e)=0$ No caso da endogeneidade, a covariância vai ser diferente de zero. Endogeneidade implica uma correlação entre os regressores e o termo de erro, criando um viés no modelo. Na prática, a estimação de Variáveis Instrumentais é

geralmente utilizada para corrigir o problema de endogeneidade. Outra abordagem que pode ser empregada é o Método dos Momentos Generalizados (GMM). As Variáveis instrumentais são um caso particular de GMM.

No GMM o número de condições de momento (M) é maior que o número de parâmetros que queremos estimar (K). Por conta disto definimos uma Função de custo, esta mede o desvio de cada condição de momento em relação ao momento teórico. Se essas condições de momento ($g_1 \dots g_4$) forem satisfeitas, então cada uma destas funções deve assumir um valor zero.

$\hat{\mu}$ e $\hat{\sigma}^2$ são as estimativas dos parâmetros que minimizam as funções custo, ou seja, minimizam "S" que é o somatório das funções custo ao quadrado.

Podemos ponderar de maneira diferente cada condição de momento, significa que nosso sigma se ajustará mais a determinado momento. Isto é chamado de matriz de ponderação W , comum em amostras finitas.

Formalmente uma variável z_t é uma variável instrumental válida para x_t se a seguintes condições são satisfeitas:

Relevância do instrumento $cov(z_t, x_t) \neq 0$

Exogeneidade do instrumento: $cov(z_t, \varepsilon_t) = 0$

O objetivo principal do estimador GMM é predizer que a "verdadeira" média de um processo gerador dos dados seja igual a zero. Em segundo plano, o objetivo é escolher os parâmetros livres que "forçam" a média amostral a ser próxima a zero, isso significa ajustar o modelo de forma que ele se comporte de maneira semelhante à média dos dados reais. Por fim, realizam-se testes para verificar se os erros extrapolados estão próximos de zero, ou seja, verifica-se se as diferenças entre os valores previstos pelo modelo e os dados reais são próximos de zero. Isso é importante para avaliar o quão bem o modelo se ajusta aos dados e se a média dos erros se aproxima de zero, como desejado.

Em resumo, o GMM é uma técnica de estimação que escolhe os parâmetros do modelo de forma a minimizar as diferenças entre os valores previstos e os dados reais, e, em seguida, testam-se essas diferenças para verificar estatisticamente se são próximas de zero.

No que diz respeito à estimação da Regra de Taylor, o trabalho de Carvalho, Nechio e Tristão (2018) argumenta a favor da estimação por Método dos Mínimos Quadrados (MQO), apesar do possível problema de endogeneidade entre as variáveis, que acarretaria na estimativa inconsistente dos parâmetros.

Os resultados de Tristão *et al.* mostram que o viés de endogeneidade é pequeno na estimação da Regra de Taylor, e, em grandes amostras, a estimativa por OLS não traria perdas significativas, uma vez que o modelo acompanha o resultado estimado por GMM. Isso ocorre porque os choques de política monetária, que são perturbações nas taxas de juros, possuem um papel limitado em explicar a inflação e hiato do produto no modelo. O choque é relativamente sem importância na decomposição da variância dos regressores endógenos, o que os torna “não muito endógenos”.

De acordo com Baum (2002) existe uma vantagem de se utilizar GMM ao invés de Variáveis Instrumentais quando em presença de heterocedasticidade. No entanto, o uso do método dos momentos *comes with a price*, pois requer amostras grandes devido à matriz de ponderação ótima (\hat{s}), o que pode ser problemático em séries temporais com poucas observações.

3.2 INSPEÇÃO VISUAL

Iniciamos a análise com uma citação de Yogi Berra “*you can learn a lot just by watching*”. Seguindo esta abordagem, o primeiro passo consiste em realizar uma inspeção visual dos dados por meio de gráficos, estes podem conter detalhes relevantes que merecem nossa atenção. Nesse sentido, foi crucial identificar a escalada da expectativa de inflação quando o presidente Lula assumiu o cargo pela primeira vez. Esse *insight* foi importante para nossas estimativas do hiato de inflação e a significância dos coeficientes.

Figura 6 - Expectativa de Inflação



Fonte: Elaboração do autor

Os dados utilizados em nossos modelos possuem uma frequência trimestral, abrangendo um período de 20 anos (2002-2022). No entanto, as análises e estimativas do Hiato do Produto foram feitas em horizonte diferente.

Utilizaremos o método dos momentos generalizados (GMM) para construir a Regra de Taylor.

Agora, prosseguiremos com a apresentação de cada uma dessas partes de forma seqüencial e detalhada.

A figura abaixo representa a atividade econômica, representada pelo hiato do produto, que é descrito pela curva IS. Essa curva foi expandida e inclui uma *proxy* para o juro neutro.

$$(IS) \quad \tilde{y}_t = c_1 \tilde{y}_{t-1} + c_2 (i_t - E_t \pi_{t+4} - c_3 i_t^{5yhp} + \bar{\pi}) + \varepsilon_t^y \quad (4)$$

Observamos que a trajetória do hiato do produto “y(til)” depende de sua defasagem, do hiato da taxa real de juros (o juro real ex-ante “i-E[π]” menos o juro real de equilíbrio “i(barra) - π (barra)”) e de um choque ou termo de erro.

É importante mencionar que existem versões alternativas e mais abrangentes dessas fórmulas, nas quais podemos considerar outras variáveis na Curva IS, como um hiato internacional e uma variável fiscal de resultado primário.

3.3 ESTIMANDO O HIATO DO PRODUTO

Vamos realizar o cálculo do produto potencial e o hiato do produto. Nós não a observamos diretamente a partir dos dados, sendo considerada uma variável latente. Existem diferentes metodologias para realizarmos o cálculo, o que pode ter implicações distintas quanto à formulação de política monetária.

A primeira categoria engloba métodos estatísticos ou séries temporais univariadas. Esses métodos usam filtros estatísticos univariados aplicados na série de PIB real. Eles dividem a série em duas partes, tendência e ciclo, sendo a tendência a estimativa do produto potencial. Exemplos são a tendência linear, o filtro Hodrick-Prescott e o *Band-pass filter*.

Na segunda categoria estão os métodos que são aplicados a séries temporais econômicas multivariadas. Esses métodos geralmente usam alguma teoria econômica que permite estabelecer as relações entre os dados e estimar o produto potencial. Exemplos desses métodos incluem a abordagem da função de produção, filtros multivariados e modelos DSGE.

A tendência linear assume que o produto potencial cresce a uma taxa constante durante o período da amostra. Sua principal deficiência é que assume uma taxa de crescimento constante do produto potencial, o que é pouco realista.

Nosso método escolhido para estimar o PIB potencial é o Hodrick-Prescott. Utilizando tanto o suplemento do Excel quanto à opção pelo Eviews do mesmo filtro. Os economistas interpretam a tendência estimada como o PIB potencial. O componente cíclico é interpretado como o temporário desvio da tendência devido ao ciclo econômico. O filtro HP permite uma variação da taxa de crescimento do componente de tendência. Esta é uma grande diferença entre o filtro HP e a tendência de tempo linear.

$$\min_{y_t^*} \sum_{t=0}^{\infty} (y_t - y_t^*) + \lambda \sum_{t=2}^{\infty} [(y_{t+1}^* - y_t^*) - (y_t^* - y_{t-1}^*)]^2 \quad (5)$$

Vamos examinar a fórmula matemática do filtro HP. A fórmula consiste em duas partes. A primeira parte visa minimizar o desvio do PIB potencial do seu valor corrente. Essa diferença é representada por y_t menos y_t^* . A segunda parte consiste em minimizar a variação na tendência. Em outras palavras, a função de

minimização equilibra duas partes. Deseja-se que a tendência seja o mais próxima possível do PIB real; e o crescimento da tendência varie o mínimo possível.

O coeficiente que determina o peso relativo das duas partes é λ . Caso o λ for muito grande, a segunda parte terá maior influência. A estimativa do filtro HP torna-se então muito próxima da tendência de tempo linear. Se λ for zero, apenas a primeira parte será considerada e a tendência torna-se igual ao PIB real.

Utilizei um parâmetro de alisamento λ com valor de 1600, conforme recomendado por Hodrick e Prescott (1981) para séries temporais com dados trimestrais. Vale ressaltar que, caso estivéssemos trabalhando com uma base de dados mensais, o λ recomendado seria de 14400.

Embora o filtro HP seja amplamente utilizado, ele apresenta algumas deficiências (*shortcomings*). Primeiro não há base teórica para o filtro HP; segunda deficiência é que tal estimativa da tendência pode conter alguns dos componentes cíclicos que pretende isolar. Por fim, o filtro HP sofre com o *endpoint problem*. A estimativa do produto potencial no primeiro e último período da amostra tornam-se viesadas, pois não conhecemos o PIB do período passado e futuro.

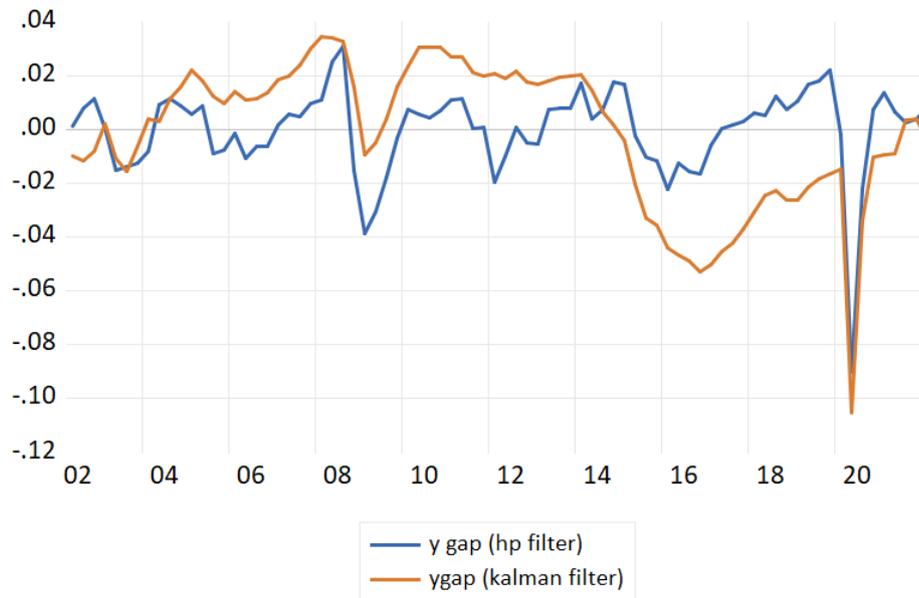
As estimativas do produto potencial podem ser fundamentadas em teoria econômica para compreensão dos efeitos estruturais e cíclicos, como a Função de Produção. A abordagem utiliza a função de produção Cobb-Douglas. Baseia-se no conceito de que quando a economia está em nível potencial, os insumos da função de produção também estão em seus níveis potenciais. O primeiro passo consiste em calcular os valores dos insumos (PTF, K, L). Em seguida, como desconhecemos o valor potencial para Produtividade Total dos Fatores (PTF) e pleno emprego (L^*), deve-se aplicar o filtro HP nas variáveis. A etapa final seria usar a função de produção Cobb-Douglas com os devidos valores calculados.

O valor do expoente α varia entre os países. No estudo original feito pelos professores Cobb e Douglas, o valor correspondente para os Estados Unidos seria de 30%. Segundo Pereira (2020), o correspondente para o Brasil seria de 45%.

No presente trabalho, possuo o hiato estimado via Filtro de Kalman disponibilizado online, embora não tenha utilizado essa estimativa em minha análise. No entanto, utilizar este filtro estaria em conformidade com a metodologia oficial utilizada pelo Banco Central, de acordo com suas especificações do modelo BCB-Global. O método que empregamos é o Hodrick-Prescott.

Observe como o hiato flutua com períodos de rápido crescimento e, em seguida, períodos de recessão. Este é o ciclo de negócios (*Real Business Cycle*).

Figura 7 – Hiato do Produto



Fonte: Elaboração do autor

Na tabela 1 e figura 8, apresentamos os dados e a especificação do hiato do produto no Eviews, por meio do método dos momentos. Essa especificação corresponde à Curva IS.

Tabela 1: Hiato do Produto

data	mpr	pi_exp	juro neutro nominal	pi_star	y gap (hp filter)	y gap(kalman filter)
03/2002	18,50%	4,70%	20,40%	3,5%	0,17	-0,73
06/2002	18,50%	4,70%	20,20%	3,5%	0,13	-0,96
09/2002	18,00%	5,20%	20,00%	3,5%	0,78	-1,17
12/2002	25,00%	10,10%	19,80%	3,5%	1,15	-0,81
03/2003	26,50%	11,10%	19,60%	4,0%	0,04	0,21
06/2003	26,00%	8,40%	19,30%	4,0%	-1,53	-1,06
09/2003	20,00%	6,50%	19,10%	4,0%	-1,40	-1,55
12/2003	16,50%	6,10%	18,80%	4,0%	-1,25	-0,61
03/2004	16,30%	5,80%	18,50%	5,0%	-0,81	0,38

Fonte: Elaboração do autor

Figura 8 - Especificação do Hiato

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.923534	0.036568	25.25492	0.0000
C(2)	-0.080390	0.050839	-1.581277	0.1185
C(3)	0.889009	0.098912	8.987878	0.0000

R-squared	0.936565	Mean dependent var	0.001009
Adjusted R-squared	0.934672	S.D. dependent var	0.024813
S.E. of regression	0.006342	Sum squared resid	0.002695
Durbin-Watson stat	1.078842	J-statistic	4.60E-31
Instrument rank	3		

Fonte: Elaboração do autor

3.4 ESTIMANDO O JURO NATURAL

Para a estimação da taxa de juro neutra nominal, utiliza-se como principal referência o artigo de Fernando Holanda de Barbosa (2016) e de Felipe Camargo (2023). Ambos os autores sugerem que taxas de juros de mercado são boas candidatas. Entre vários testes, uma das candidatas utilizadas como *proxy* é a taxa de juros pré-fixada de cinco anos, também conhecida como *brazil 5-year bond yield*.

Este trabalho estima a taxa de juros natural para a economia brasileira, adotando a metodologia de uma economia aberta de pequeno porte e assumindo que a taxa de juros natural variou no tempo. Os juros de prazo mais longos de mercado, teoricamente, capturam questões estruturais, não sendo tão afetados por flutuações de curto prazo, desta maneira capturando questões como risco soberano e cambial.

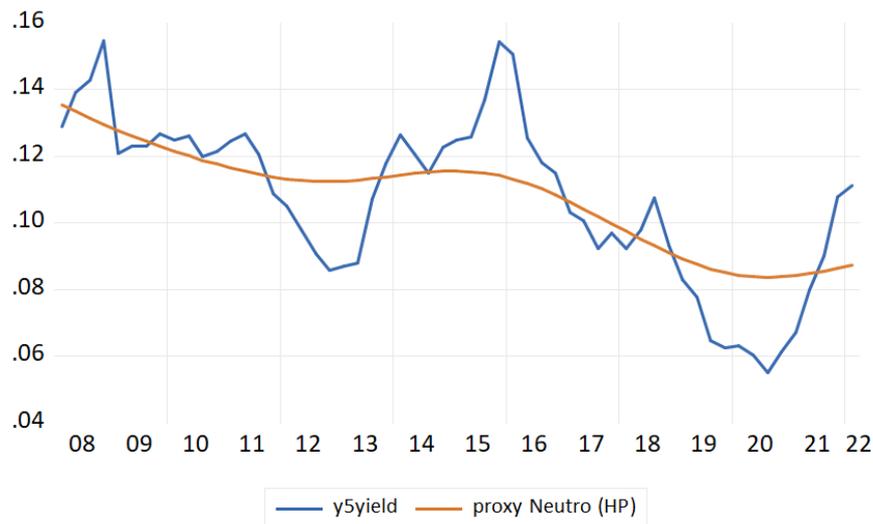
É importante ressaltar que o juro natural é uma variável não observável, sendo considerada uma variável latente no campo da estatística. Sua estimativa depende

da taxa de juros internacional (r “estrela”), do risco soberano (γ) e do risco cambial (τ).

$$\bar{r}_t = r_t^* + \gamma_t + \tau_t \quad (6)$$

Seguiremos uma abordagem mais direta. Diversos autores, incluindo Schulz (2019), têm aplicado o filtro HP na série do juro pré e utilizam apenas a tendência dessa série na busca pela estimativa do juro neutro nominal. A imagem a seguir corresponde aos resultados.

Figura 9 - Taxa de Juro Neutro Nominal no Brasil



Fonte: Elaboração do autor

É relevante lembrar que quando a taxa de juro real é inferior à taxa de juros natural, ocorre uma política monetária expansionista. Caso contrário, há uma contracionista.

Outra referência na estimativa de juro neutro é o trabalho de Barcellos & Portugal (2019). Embora não utilizemos esta abordagem, os autores utilizam de diversas metodologias incluindo o uso de filtros estatísticos como HP e Band-Pass Filter, além de seguir o trabalho de Laubach e Williams ao estimar as equações de demanda agregada, Curva IS, e oferta agregada, Curva de Phillips. Posteriormente, o equilíbrio de mercado permite extrair o comportamento da taxa natural.

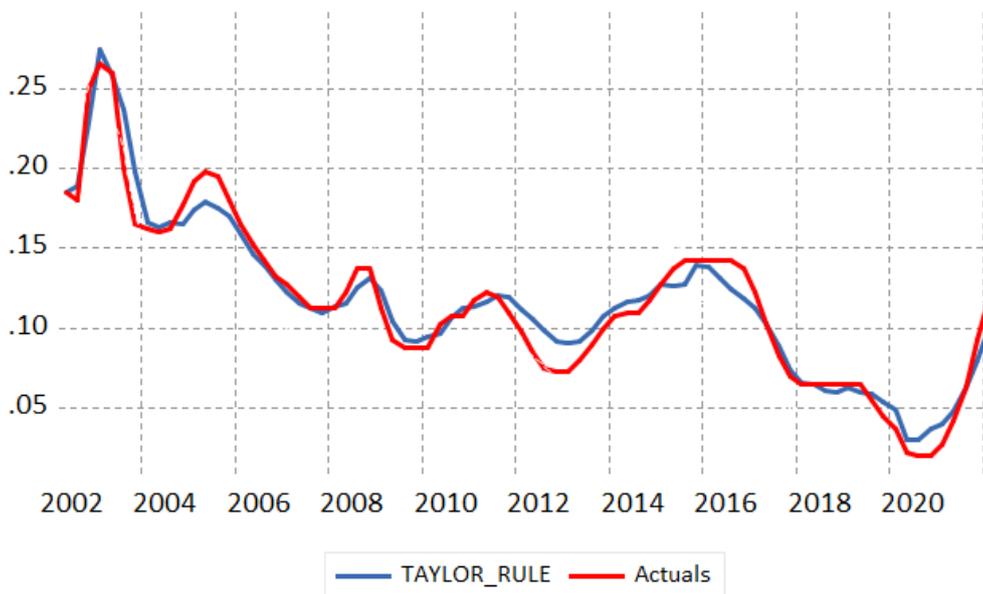
3.5 REGRA DE TAYLOR E AVALIAÇÃO DO MODELO

Uma vez estimada a equação de demanda agregada, Curva IS, resta estimarmos a Regra de Taylor. A equação é feita com base no Relatório de Inflação de setembro de 2020, que é idêntica a abordagem de Burns (2019), reescreveremos aqui a equação três.

$$Selic_t = \sum_{n=1}^N \gamma_n Selic_{t-n} + (1 - \sum_{n=1}^N \gamma_n) (\beta_0 + \beta_1 (E_t \pi_{t+12} - \pi_{meta_t}) + \beta_2 (y_t - \bar{y}_t)) \quad (3)$$

Uma especificação razoável só é obtida após anualizar a taxa de inflação esperada. Assim, essa taxa de inflação nos diz quanto de inflação observaríamos para o ano inteiro se o comportamento atual da inflação persistisse pelos próximos três trimestres. Pode-se intuir que a inflação anualizada é mais volátil que a anual. Para anualizar o acumulado trimestral, utiliza-se a fórmula $t = (1+i)^4 - 1$

Figura 10 - Taylor aplicado ao Brasil



Fonte: Elaboração do autor

Podemos observar a comparação entre a taxa SELIC praticada no Brasil entre 2002 e 2022 (linha vermelha) e a previsão gerada por nosso modelo (linha azul). O modelo demonstra um bom poder preditivo, com coeficientes devidamente

calibrados que explicam a importância atribuída às variáveis de interesse. A previsão nos permite a comparação entre o que de fato ocorreu e as expectativas do modelo. Para a previsão, que nos fornece uma medida de ajuste, utilizamos simulações estáticas, que são iterações de previsão um passo a frente. Esta abordagem se mostra mais adequada do que a simulação dinâmica, uma vez que absorve informações mais recentes.

Podemos observar a condução de política monetária durante a gestão Tombini (2011-16), em contexto de y_{gap} positivo e elevação nas expectativas de inflação, bem como a posterior demora do Ilan Goldfajn em reduzir os juros, descumprindo o limite inferior da meta.

Por opção, não detalharemos aqui a especificação da Regra de Taylor, deixando para os leitores interessados a oportunidade de replicar este último resultado.

Estamos interessados em como mensurar incerteza na previsão e quais métricas utilizar. Apresentamos a seguir os resultados de nossa previsão, utilizando tanto o EViews quanto o Excel, onde valores menores nas estatísticas indicam um melhor desempenho do modelo.

Figura 11 - Estatísticas de Predição

Forecast: TAYLOR_RULE	
Actual: META_SELIC	
Forecast sample: 2002Q1 2022Q1	
Adjusted sample: 2002Q2 2022Q1	
Included observations: 80	
Root Mean Squared Error	0.011387
Mean Absolute Error	0.008717
Mean Abs. Percent Error	10.13687
Theil Inequality Coef.	0.044779
Bias Proportion	0.007728
Variance Proportion	0.060381
Covariance Proportion	0.931890
Theil U2 Coefficient	1.088598
Symmetric MAPE	9.262736

Fonte: Elaboração do autor

O **viés** é calculado como a média das diferenças entre o valor esperado e o que de fato ocorreu, o valor real observado.

Erro quadrado médio (mean squared error) é obtido pela média dos erros ao quadrado, enquanto o **RMSE** considera a raiz desta média. O RMSE é a estatística mais utilizada. Na prática, essa fórmula com raiz pode ser sensível a *outliers*, justamente por estarmos colocando o forecast error ao quadrado.

Média do erro absoluto ou do erro percentual, (**mean absolute error**), calcula a média dos erros absolutos relativo ao valor observado.

Bias proportion: compara a média da previsão contra a série observada. Quanto menor, melhor.

Variance proportion: compara a variância da previsão contra a da série observada. Quanto menor, melhor.

Covariance proportion: mensura o restante do erro não sistemático da previsão.

A soma destes 3 componentes deverá ser igual a 1. Logo, o ideal é que uma maior parte possível esteja alocada na proporção de covariância.

Importante manter em mente que o desempenho da previsão pode variar dependendo do modelo e de quão longe no futuro estamos interessados. Portanto, é importante **avaliar a performance em diferentes horizontes** de tempo.

Todas essas métricas assumem custos simétricos, ou seja, não é dada uma ponderação especial pelo erro ser positivo ou negativo. Não é o ideal para avaliarmos um regime com metas de inflação, errar a previsão para mais ou menos pode ser custoso em graus diferentes.

Henri Theil foi um econometricista holandês, ele cria o que chamou de **U1 Statistics**, que é uma medida de acurácia de previsão que não considera custos simétricos (Theil, 1958). Intuição da fórmula é normalizar o RMSE pela dispersão das séries reais e projetadas. Seu valor estará sempre entre 0 e 1. É preterida em relação a U2 por conter propriedades indesejáveis como sua sensibilidade à escala dos dados quando estes possuem diferentes magnitudes.

A **Theil's U2 Statistic** mensura a qualidade de previsão, comparando o seu modelo com um benchmark (Theil, 1966). A estatística U2 é uma razão entre o MSE do nosso modelo contra um benchmark. Seu valor 1 é considerada uma *threshold*, quanto menor o valor da estatística em relação a este limiar, melhor nosso modelo performa frente a um benchmark. Quanto mais próximo o resultado estiver do valor 1, nosso modelo se aproxima de um benchmark ou mesmo um modelo ingênuo.

Ao analisar as estatísticas de previsão é importante compará-las com o desempenho de outros modelos ou abordagens, entretanto as métricas necessárias não foram encontradas em nosso referencial teórico.

Interpretando nossos resultados. O RMSE é de 0.011, o que significa que, em média, as previsões têm um erro de 0.011 em relação aos valores reais. Em nosso caso, o MAE é de 0.009, indicando que, em média, as previsões têm um desvio absoluto de 0.009 em relação aos valores reais.

Em relação ao MAPE, seu valor é de 10.14%, o que indica que as previsões têm um desvio médio absoluto de 10.14% em relação aos valores reais. É importante considerar que seu uso pode não ser adequado para variáveis como inflação ou PIB, tendo em vista que estamos olhando percentual de percentual.

Quanto ao *Theil Inequality Coefficient* (U1), um valor de 0.045 indica que a variabilidade dos erros de previsão é relativamente baixa em relação à variabilidade dos valores reais. Isso sugere uma boa precisão na previsão da taxa SELIC usando a regra de Taylor. No caso do Theil U2, um valor de 1.088 indica que a variabilidade dos erros de previsão é relativamente maior em relação à variabilidade dos valores reais. Este valor é a raiz da razão entre 2,18 e 1,86.

3.6 MODELO ALTERNATIVO

Existem três principais ferramentas de diagnóstico, mas nos concentramos apenas na regra de Taylor. Outras ferramentas podem, por exemplo, ir tão longe quanto os modelos de equilíbrio geral que muitos bancos centrais empregam atualmente.

A ligação entre as ferramentas de diagnóstico e as estruturas políticas é importante. Nem todas as ferramentas são igualmente relevantes para discussões de políticas.

A Regra de Taylor é relevante quando o banco central utiliza a taxa de juros como meta operacional e conta com o regime de metas para a inflação, independentemente do grau de controle de capital.

No caso do banco central que adotou regimes de metas monetárias, avaliar excessos monetários (*monetary overhang*) e metas monetárias é relevante.

No entanto, o índice de condições monetárias reais (RMCI) é relevante para todos os quadros monetários aqui apresentados bem como para um regime de meta de câmbio.

$$RMCI \equiv \alpha \hat{r}_t + (1 + \alpha) \hat{q}_t \quad (7)$$

Este índice, que contém o hiato da taxa de juros real “ \hat{r}_t ”, e o hiato da taxa de câmbio real “ \hat{q}_t ”, quando apresentar um valor negativo, representa uma condição monetária frouxa ou acomodativa, um valor positivo significa restringir a demanda agregada.

Futuros estudos podem incorporar outras mudanças que aumentem a robustez do modelo de Taylor. Alguns autores trabalham com medidas de núcleo de inflação, enquanto outros levantam a hipótese de ajustar a meta de inflação durante a gestão Tombini. Também pode-se testar a robustez de modelos alternativos como o *Stochastic Analytical Model with a Bayesian Approach* (SAMBA), que é o modelo DSGE para economia brasileira, ferramenta cujo objetivo é a previsão de variáveis macroeconômicas.

Mudanças na inflação nominal podem, às vezes, ser causadas por mudanças temporárias, incomuns ou pontuais nos preços de certos, como produtos agrícolas. Por essas razões, os bancos centrais costumam usar medidas de inflação que excluem os itens mais voláteis e ajustam o efeito de choques transitórios. A ideia é capturar as tendências de médio e longo prazo da inflação. Ao abstrairmos os itens que são fonte de variações transitórias, obtemos o núcleo da inflação. **O núcleo da inflação visa capturar as tendências da inflação subjacente e acompanhar as pressões inflacionárias** que persistem ao longo do horizonte da política monetária

Embora o núcleo da inflação não seja fácil de medir com precisão, pode ser estimado usando duas abordagens.

Existe a abordagem de exclusão permanente para calcular o núcleo da inflação, muitas vezes excluimos produtos agrícolas e produtos energéticos, bem como produtos e serviços cujos preços são administrados.

A segunda abordagem é a abordagem de exclusão variável, que consiste em remover os componentes com grandes variações de preços relativos em um determinado mês

Uma boa medida do núcleo da inflação normalmente exhibe as seguintes características. A inflação cheia (*headline*) e o núcleo devem ter a mesma tendência. Eles não podem divergir no longo prazo. Dizemos neste caso que eles são co-integrados. Em outras palavras, embora o *headline* possa divergir substancialmente do núcleo da inflação, ele deve, em última análise, reverter para esse valor central. Esse deve ser o caso, pois o núcleo e a inflação nominal devem ter os mesmos caminhos de longo prazo. Além disso, a inflação cheia não é um atrator para o núcleo da inflação, uma vez que o último deve ser insensível a valores discrepantes observados no primeiro.

4 CONCLUSÃO

O propósito deste estudo consistiu na determinação da Regra de Taylor no contexto brasileiro, demandando uma minuciosa investigação de dois parâmetros cruciais para sua mensuração: o hiato do produto e a taxa de juro neutra.

Com base nos resultados obtidos, é evidente que o componente referente ao hiato do produto não apresenta significância na estimação da Regra de Taylor para o contexto brasileiro. O Banco Central, nesse cenário, concede prioridade à estabilização da inflação e à implementação de ajustes graduais na taxa de juros.

Ademais, partindo da suposição de que nos encontramos no cenário de juro neutro, ou seja, com a inflação atingindo sua meta e o hiato do produto próximo a zero, verifica-se que uma expectativa de inflação excedendo a meta em 1% é condizente com uma reação de 2,11 pontos percentuais em termos de aumento na taxa de juros nominal. Este aumento é mais que proporcional, em conformidade com o princípio de Taylor, o que assegura a convergência dos parâmetros.

Atualmente, estimativas do mercado para o juro neutro se encontram ao redor de 5%. Considerando a meta de inflação em 3,25% e um juro natural de 5%, a SELIC de referência encontra-se em 8,25%. Qualquer patamar de juro real ex-ante acima caracteriza política monetária contracionista.

Outra questão relevante é saber o prazo no qual se pretende trazer a inflação para a meta. Horizonte relevante de política monetária é de 18 meses. Quanto mais rápido desejarmos esta convergência, maior a dosagem de juro real frente ao natural.

À medida que as expectativas inflacionárias se desviam significativamente do controle, a autoridade monetária se vê compelida a intensificar seus esforços na gestão dessas expectativas. Isso implica na implementação de taxas de juros mais elevadas e na aplicação de medidas ainda mais drásticas para conter a demanda agregada. É sabido que as expectativas podem ser resistentes à modificação, possuindo certa persistência, mesmo quando confrontadas com novas informações ou eventos econômicos. Portanto, a inércia nas crenças pode representar um desafio considerável no contexto da política monetária. Crenças uma vez formadas podem ser muito difíceis de mudar.

Adicionalmente, é importante destacar o desafio inerente ao tratamento dos efeitos defasados das políticas implementadas. Notoriamente, no contexto brasileiro, tais ações demandam um período de aproximadamente três trimestres para surtirem seus efeitos iniciais, devido à defasagem longa que caracteriza a política monetária.

Expresso aqui minha admiração aos banqueiros centrais, que desempenham um trabalho extremamente importante e muitas vezes incompreendido. Incumbe-lhes a considerável responsabilidade de atuar como agentes de estabilização econômica, ao assegurarem a convergência das expectativas e utilizar como norte variáveis não-observáveis, a exemplo do hiato do produto e o juro natural.

REFERÊNCIAS

ARAGÓN, E., MEDEIROS, G. 2015. Monetary policy in Brazil: evidence of a reaction function with time-varying parameters and endogenous regressors, *Empirical Economics*, Springer, vol. 48(2), pages 557-575.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Inflação. Brasília. V. 6, n. 3, Set.2004. PIB Potencial e hiato do produto: atualização e novas estimações

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Inflação. Brasília. (setembro/2018) Estudo Especial Evolução da sazonalidade do IPCA

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Inflação. Brasília. V. 22, n. 3, Set.2020. Boxe modelo agregado de pequeno porte

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Inflação. Brasília. (setembro/2022) Boxe especificações do modelo BCB-Global

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatórios de Inflação. Brasília, Jun. 2023. Taxas de juros neutras:evidências internacionais

BARCELLOS, N.; PORTUGAL, Marcelo.2019. The natural rate of interest in Brazil between 99 and 05

BAUM. 2002. Boston College Economics Working Paper 545. Instrumental Variables and GMM

BOGDANSKI, J., TOMBINI, A.; WERLANG, S. Implementing inflation targeting in Brazil. Banco Central do Brasil (Working Paper Series, 01), 2000

BRYANT, R., HOOPER, P. e MANN, C. 1993. Evaluating Policy Regimes: New Research in Empirical Macroeconomics. Washington, D.C.: Brookings Institution.

BURNS. 2019. World Bank Macro Fiscal Model. Policy Research Working Paper 8965

CAMARGO, Felipe. 2023. Revisitando a política monetária brasileira através da Regra de Taylor. Disponível em: <https://flcamargo90.medium.com/revisitando-a->

pol%C3%ADtica-monet%C3%A1ria-brasileira-atrav%C3%A9s-da-regra-de-taylor-b1f1cf3ba38c

CAMARGO, Felipe. 2023. Sobre o regime de metas e perspectivas para o futuro. Disponível em: <https://flcamargo90.medium.com/sobre-o-regime-de-metas-a-infla%C3%A7%C3%A3o-de-2022-e-perspectivas-para-o-futuro-2135e74bc5ec>

CAMARGO, Felipe. 2023. Sustentabilidade fiscal e o novo juro de equilíbrio brasileiro. Disponível em: <https://flcamargo90.medium.com/sustentabilidade-fiscal-e-o-novo-juro-de-equil%C3%ADbrio-brasileiro-3120168acfa3>

CONSIDERA, Claudio Monteiro. 2023. É a falta de oferta. Disponível em: <https://blogdoibre.fgv.br/posts/e-falta-de-oferta>

CORTES, Paiva. 2017. Deconstructing credibility: The breaking of monetary policy rules in Brazil

European Central Bank. 2011. Trends in potential output, Monthly Bulletin, ECB, January, pp. 73-85.

FAVERO, C., ROVELLI, R. 2003, Macroeconomic Stability and the Preferences of the Fed. A Formal Analysis, 1961-1998, Journal of Money, Credit and Banking 35 (4), 545-556.

Friedman, Milton. 1968. The Role of Monetary Policy. American Economic Review, 58, 1-17.

FURLANI, Luiz. 2010. Exchange rate movements and monetary policy in Brazil: Econometric and simulation evidence

HANSEN, LP. 1982. Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators, Econometrica, Econometric Society, vol. 50(4), pages 1029-1054, July.

HODRICK, R.J.; PRESCOTT, EC. 1981. Postwar US business cycles: an empirical investigation. Northwestern University, Center for Mathematical Studies in Economics. Disponível em: <https://www.kellogg.northwestern.edu/research/math/papers/451.pdf>

HOLANDA, Fernando. 2016. A taxa de juros natural e a Regra de Taylor no Brasil

Instituição Fiscal Independente. 2020. Metodologia de previsão das variáveis macroeconômicas

IMF, Annual Report on Exchange Arrangements and Exchange Restrictions. Out.2016

IMF Working Paper 14/93. Weber A., L. Eyraud, N. Batini. 2014. A Simple Method to Compute Fiscal Multipliers

KORHOHEN, NUUTILAINEN. 2017. Breaking monetary policy rules in Russia

MAXIMOVA, Alisa. 2015. The Relationship between Inflation and Unemployment: A Theoretical Discussion about the Philips Curve

MINELLA, A. 2003. Monetary Policy and Inflation in Brazil (1975-2000): A VAR Estimation. Revista Brasileira de Economia, 57, 605-635.

MISHKIN, Frederic 2008. Exchange Rate Pass-Through And Monetary Policy, NBER Working Papers 13889, National Bureau of Economic Research, Inc.

NEGEM. 2019. The Causal Relationship between Inflation and Unemployment

OKUN, Arthur. 1962. Potential GNP: Its Measurement and Significance, Cowles Foundation Paper 190.

PHELPS, Edmund. 1967. PCs, Expectations of Inflation, and Optimal Unemployment Over Time, *Economica* 34, August, pp. 254-81.

PEREIRA, Rodrigo. 2020. An RBC model for the Brazilian economy with stylized fiscal shocks

PORTUGAL. 2011. Preferences of the central bank of Brazil under inflation targeting regime

SCHULZ, Evandro Costa de Oliveira. 2019. Estudo do nível da taxa neutra de juros no Brasil

SUMMERS, Lawrence. 2014. U.S. Economic Prospects: Secular Stagnation, Hysteresis, and the Zero Lower Bound, *Business Economics*, Palgrave Macmillan; National Association for Business Economics, vol. 49(2), pages 65-73.

SVENSSON, Lars. 1999. Inflation targeting as a monetary policy rule, *Journal of Monetary Economics*, Elsevier, vol. 43(3), pages 607-654.

TATSCH, Rílari. 2021. Produto potencial e hiato do produto: estimação e comparação bayesiana para o Brasil

TAYLOR, John. Discretion versus policy rules in practice. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, v. 39, 1993.

THEIL, Henri. 1966. *Applied Economic Forecasting*, North-Holland, Amsterdam.

TRISTÃO, Tiago. 2021. Taylor Rule Estimation by OLS, Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper 2018.

WOODFORD, Michael. 2001. Monetary policy in the information economy, *Proceedings - Economic Policy Symposium - Jackson Hole*, Federal Reserve Bank of Kansas City, pages 297-370.