

A TAXA DE JUROS NATURAL EM MODELOS DSGE: O CASO DO BRASIL

CELSO J. COSTA JUNIOR ^{*}
ALEJANDRO C. GARCIA-CINTADO [†]
KARLO MARQUES JUNIOR [‡]

Resumo

Utilizando um modelo DSGE, este trabalho procura estimar a taxa de juros natural da economia brasileira no período 2000T1-2018T4, além de avaliar o comportamento do Banco Central durante o período. Para tanto, espera-se que uma curva estimada da taxa natural de juros seja suficiente para avaliar a conduta da política monetária. Nossos resultados mostram que a taxa de juros natural começou a declinar de 2002 até o final de 2012, quando se elevou até meados de 2016, permanecendo estável a partir de então. Além disso, o “hiato da taxa de juros” aumentou no início do mandato de Meirelles, pois o objetivo era construir a reputação do Banco Central, fato que apoiou a queda dessa variável até a primeira metade da administração Tombini. Posteriormente o hiato das taxas apresentou uma tendência de aumento até o restante dessa administração e passa a cair novamente após a chegada de Goldfajn ao Banco Central.

Palavras-chave: taxa natural de juros; política monetária; modelos DSGE.

Abstract

Using a DSGE model, this paper seeks to estimate the natural interest rate of the Brazilian economy in the period 2000T1-2018T4, in addition to assessing the behavior of the Central Bank during the period. Therefore, it is expected that an estimated curve of the natural interest rate will be sufficient to assess the conduct of monetary policy. Our results show that the natural rate started to decline from 2002 until 2012, when it rose until mid-2016, remaining stable since then. In addition, the interest rate gap increased at the beginning of Meirelles' mandate, as the objective was to build the reputation of the Central Bank, a fact that supported the fall of this variable until the first half of the Tombini administration. Subsequently, the rate gap it showed an upward trend until the rest of this administration and starts to fall again after Goldfajn's arrival at the Central Bank.

Keywords: natural rate of interest; monetary policy; DSGE models.

JEL classification: E10, E43, E52

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/1980-5330/ea189734>

^{*} Univesidade Estadual de Ponta Grossa. E-mail: cjunior@uepg.br

[†] Universidade Pablo de Olavide e Univesidade Estadual de Ponta Grossa. E-mail: agcintado@upo.es.

[‡] Univesidade Estadual de Ponta Grossa. E-mail: karlomjunior@hotmail.com

1 Introdução

Devido ao fato de não ser diretamente observável, a taxa de juros natural (também chamada de taxa neutra ou estrutural) só pode ser estimada. De um modo geral, existe uma ampla variedade de metodologias diferentes para medir essa variável. Como sugerido por (DOOJAV; GANTUMUR, 2019), nas últimas duas décadas três abordagens estão sendo mais utilizadas para estimar a taxa de juros natural variante no tempo: modelos de gerações sobrepostas (OLG) com abordagem demográfica; abordagens econométricas, dividida entre subabordagens baseadas na metodologia VAR e na metodologia de modelos semiestruturais e; por último, a abordagem de modelos DSGE (*Dynamic Stochastic General Equilibrium*). No presente artigo foi utilizado um modelo novokeynesiano com abordagem DSGE baseado em Gali (2008) para analisar o desenvolvimento e os determinantes estruturais da taxa natural da economia brasileira para o período entre 2000T1-2018T4. Deve ser notado que diferentes metodologias de estimativa são frequentemente justificáveis e todas reservam certas limitações.

A taxa natural é a taxa de juros real que vigoraria no caso em que o produto corrente se iguala ao seu potencial e a taxa de inflação torna-se estável (LAUBACH; WILLIAMS, 2003), isto é, quando a atividade econômica e a taxa de variação do nível de preços não se aceleram nem se desaceleram (OKAZAKI; SUDO, 2018). Essa taxa é considerada como uma taxa de referência ao avaliar se a postura da política monetária é acomodatória ou não. Teoricamente, portanto, é importante estimar a taxa natural e determinar se a taxa real de juros é maior ou menor que as estimativas daquela. Não surpreendentemente, as observações sobre a taxa natural são frequentemente citadas em discursos de banqueiros centrais das principais economias do mundo (CARNEY, 2012; CONSTÂNCIO, 2016; YELLEN, 2015).

Para o Banco Central do Brasil (2017), a taxa de juros natural é um ponto de referência para a condução da política monetária. Isso porque quando a taxa de juros real está em um patamar abaixo da taxa de juros natural, ela exerce um efeito de impulsionar a atividade econômica e, por outro lado, quando a taxa real está acima da estrutural, seu efeito é contracionista, reduzindo a inflação. Ainda segundo o estudo, o comportamento de tal variável depende das condições estruturais da economia, tais como a taxa de crescimento do produto potencial, a taxa de crescimento populacional, a preferências da intertemporal do consumo por parte das famílias, as perspectivas de longo prazo da política fiscal e a eficiência do sistema financeiro. Portanto, reformas e ajustes estruturais da economia podem afetar a taxa natural, que por sua vez seria independente de fatores cíclicos, tais como movimentos do hiato do produto e de desvios da inflação em relação à meta estipulada.

Discutimos o comportamento e determinantes estruturais da taxa natural usando a literatura econômica de referência e as estimativas derivadas do modelo proposto. Resultados diferentes calculados por modelos estruturais, juntamente com outros modelos, sugerem uma provável redução da taxa natural em países desenvolvidos como no Japão (OKAZAKI; SUDO, 2018), em que se observa uma contínua redução da taxa desde a década de 90 e atualmente estima-se que esteja em torno de 0%. Estimativas observadas para a economia americana e a Zona do Euro também apresentam valores historicamente baixos e próximos a zero, devido a fatores como a queda na tendência de crescimento, excesso de poupança global e prêmios de risco (PESCATORI; TURUNEN,

2016).

De fato, as estimativas para a taxa de juros natural apresentam uma tendência de queda nos últimos anos para o grupo de países desenvolvidos e para vários outros, incluindo o Brasil, tal como pode ser visto em [Brand, Bielecki e Penalver \(2018\)](#), em que os autores comparam as estimativas geradas por meio de várias metodologias para a Zona do Euro e em [Kaplan et al. \(2018\)](#), quando o mesmo exercício é realizado para os Estados Unidos. Além disso é mostrada a tendência de redução das taxas nominais de longo prazo que remuneraram os títulos públicos das principais economias, que se inicia na primeira metade dos anos 1980.

[Blanchard \(2020\)](#) elenca os fatores que podem possibilitar a reversão dessa tendência e impulsionar as taxas neutras das economias mundiais devido à pandemia de Covid-19. Contudo, o autor acredita que a possibilidade é remota. O fator principal para essa redução seria a maior oferta de títulos por parte dos governos, objetivando amenizar os efeitos econômicos perversos causados pela pandemia. O autor afirma que um ponto a mais na relação dívida/PIB pode levar a taxa neutra entre 2 e 4 pontos bases a menos e que, assumindo a possibilidade dessa relação aumentar 60%, isso levaria a um aumento de 120 a 240 pontos bases na taxa neutra, embora o mais provável seja que esse efeito seja amenizado por outros fatores tais como a contração da demanda por consumo e investimento por motivos precaucionais.

O Banco do Japão estimou a taxa natural no Japão, usando várias metodologias em sua “Avaliação Abrangente” ([FUJIWARA et al., 2016](#)). As estimativas da taxa natural com base nos modelos estruturais que descrevemos aqui, o Modelo de Equilíbrio Geral Estocástico Dinâmico e o Modelo de Gerações Sobrepostas, poderiam servir para direcionar os impulsionadores subjacentes da taxa natural e serem consideradas como suplementos a essas estimativas já utilizadas.

Economistas de banco centrais têm usado cada vez mais modelos estruturais no estudo da taxa natural ([DEL NEGRO et al., 2017](#); [GAGNON](#); [JOHANNSEN](#); [LOPEZ-SALIDO, 2016](#); [NERI](#); [GERALI, 2019](#)). Modelos estruturais fornecem previsões teóricas sobre as decisões econômicas tomadas por famílias e empresas que determinam a taxa natural. Eles mostram como essas decisões são influenciadas por mudanças na estrutura econômica, tais como mudanças na tecnologia neutra (que são aquelas que afetam todos os fatores de produção homogeneamente, e podem ser identificados), na paisagem demográfica, no funcionamento da intermediação financeira, e como tais mudanças, por sua vez, levam a mudanças na taxa natural. O uso dessa classe de modelo permite, por exemplo, identificar os determinantes da taxa natural e avaliar o impacto na taxa natural de mudanças futuras na estrutura econômica. Contudo, [Pescatori e Turunen \(2016\)](#) destacam que as taxas neutras derivadas de modelos DSGE tendem a mostrar maior variabilidade do que é comumente considerado pelos *policy makers*.

No relatório do Estudo Especial nº 71/2019 do [Banco Central do Brasil \(2019\)](#), a taxa chamada estrutural (ou natural) da economia brasileira foi calculada a partir de informações extraídas do Sistema Expectativas de Mercado (pesquisa Focus realizada semanalmente pela instituição), que segundo o estudo, deve estar correlacionada com a taxa natural. A mediana para a taxa de juros real, calculada a partir das expectativas das instituições que participam da pesquisa para a taxa Selic e para o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo), chegou a 5,76% a.a., em janeiro de 2016, e retornou

para 2,9% a.a., em novembro de 2019, o que sugeriria uma redução da taxa estrutural.

Utilizando um modelo dinâmico com Regra de Taylor com intercepto (*dynamic model for the Taylor rule intercept*), Duarte (2010) estima a taxa de juros natural da função de reação do Banco Central para os anos de 2000 a 2009 usando um filtro de Kalman. Nesse caso, a taxa natural, representada pelo intercepto da Regra de Taylor estimada, seria a taxa implícita nas decisões de política monetária que eliminaria o hiato do produto e os desvios da inflação esperada em relação à meta perseguida pela autoridade monetária. A autora utiliza um filtro Hodrick–Prescott (HP) para a Taxa Selic Real ex-post e ex-ante de referência (nesse caso apresenta três estimativas, uma deflacionada pelo IPCA esperado para os anos T e $T+1$, outra pelo IPCA esperado para os próximos 12 meses e, por fim, por meio da taxa Swap 360). Os resultados sugerem um gap relativamente pequeno entre a taxa natural estimada e as taxas reais obtidas com o filtro HP ou mesmo em comparação com a taxa real corrente. Nota-se um significativo declínio da taxa natural entre o período de 2000 a 2009.

De modo semelhante, Barcellos Neto e Portugal (2009) usam filtros HP e BandPass (BP) para as taxas naturais de juros ex-post e ex-ante de longo prazo. Embora os resultados do trabalho sugiram uma taxa natural entre 1999 e 2005 alta para os padrões internacionais, uma vez que a taxa real corrente flutuou ao redor da taxa natural estimada, os autores consideram que o Banco Central do Brasil foi neutro durante o período observado. Portanto, os autores consideram que os resultados obtidos são inconsistentes com as diversas críticas de que o Banco Central do Brasil opera uma política monetária rígida no período avaliado. Para uma taxa de juros de política monetária mais baixa que fosse sustentável a longo prazo, como o desejado, seriam necessárias políticas que afetassem a taxa de juros natural, isto é, políticas que afetassem o aumento da produtividade total dos fatores, a elasticidade intertemporal do consumo ou a sensibilidade da inflação em relação às expectativas dos agentes econômicos.

Utilizando um modelo semiestrutural para uma economia aberta, Ronchi Neto e Candido (2018) estimam a taxa de juros neutra para a economia brasileira referente ao período de 2002T1 a 2017T3. Os resultados apontam para uma trajetória temporal da taxa semelhante à estimada no presente trabalho. Para fim de comparações os autores também estimaram a taxa neutra usando um filtro HP e um filtro de Kalman com preferência intertemporal constante dos consumidores e com *time varying intertemporal preference*, obtendo resultados semelhantes.

A tentativa de conhecer o nível e a trajetória da taxa natural (variável não observada) é importante para maior eficácia da política monetária. Isso porque, ao manter a taxa de juros da política monetária abaixo (acima) da taxa natural, a autoridade monetária estaria, no curto prazo, expandindo (contraindo) a demanda agregada e acelerando (desacelerando) a inflação. Portanto, quanto mais acurada for tal estimativa, menor será o custo da política monetária. Dadas tais considerações, o objetivo do presente trabalho consiste em estimar a taxa natural de juros para a economia brasileira do primeiro trimestre de 2000 ao quarto trimestre de 2018 usando um modelo novokeynesiano canônico com abordagem DSGE baseado em Gali (2008).

Posteriormente, será estudado o comportamento da política monetária do Banco Central do Brasil, tendo como referência a taxa natural estimada. Isto é, em que momentos o Banco Central foi mais conservador (*hawkish*), no sen-

Figura 1: Taxa de juros natural para o Brasil realizada por [Pereira e Valecico \(2019\)](#)

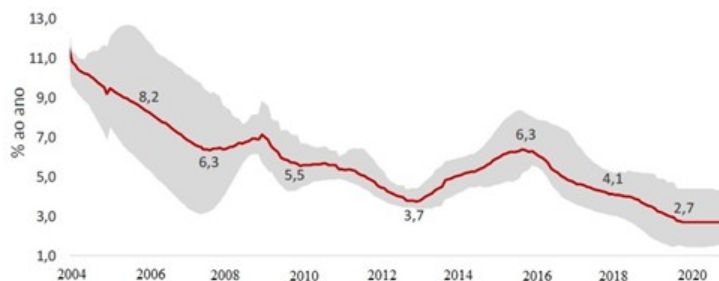
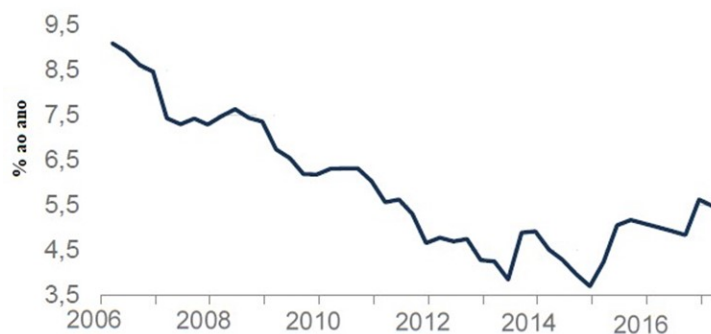


Figura 2: Taxa de juros natural para o Brasil – Mediana Modelos Seleccionados – realizada por [Itaú Asset Management \(2017\)](#)



tido de manter a taxa corrente acima da taxa natural ou em que momentos foi expansionista (dovish), mantendo a taxa de juros abaixo da natural estimada pelo modelo. Para uma primeira ilustração do comportamento da variável para a economia brasileira, as Figuras 1 e 2 são reproduzidas dos estudos realizados pelo [Itaú Asset Management \(2017\)](#) e pelo Departamento de Pesquisa Econômicas do Bradesco (Depec) por [Pereira e Valecico \(2019\)](#) e sugerem uma tendência de redução nas taxas naturais segundo as estimativas dos autores.

Os resultados do presente trabalho sugerem, em semelhança com os resultados dos trabalhos apresentados nos gráficos acima, que a taxa de juros natural começou a declinar no segundo trimestre (T2) de 2000 até o final de 2012, quando diminuiu de 4,9% para 1,64% e passa a subir e alcançar o patamar de 2,35% em 2016 T4. Posteriormente, volta a apresentar uma redução chegando a 2,21% em 2017 T4 e fecha a série em 2018 T4 com o valor de 2,36%. Adicionalmente, o “hiato da taxa de juros” – a diferença entre a taxa de juros real observada e a taxa de juros natural – aumentou no início do mandato de Meirelles, quando o objetivo era construir a reputação do Banco Central, fato que possibilitou a queda dessa variável até a primeira metade da administração Tombini. Mas uma política monetária menos rígida diminuiu a credibilidade da autoridade monetária até a mudança de diretoria em 2016, como sugerido por [Vereda et al. \(2020\)](#), e assim o hiato entre ambas as taxas apresentou uma tendência de alta até o final daquela administração. Na sequência, sob a administração de Goldfajn, esse déficit caiu significativamente, como poderá ser

observado na Figura 9.

Buscando atender os objetivos citados acima, o presente artigo foi organizado da seguinte maneira: além desta introdução, a seção dois trata de uma explanação teórica sobre a taxa de juros natural e suas estimativas usando uma abordagem DSGE; a terceira seção expõe o modelo usado e a estratégia teórica seguida pelos autores para estimar a taxa natural; a quarta seção trata da análise empírica e expõe os resultados estimados, além de analisá-los, conectando-os com os objetivos propostos pelo artigo e as referências. E, por último, serão apresentadas as conclusões.

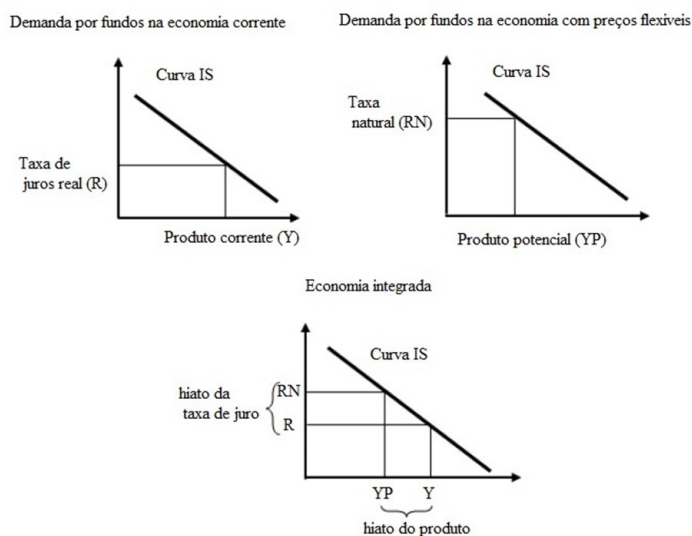
2 A taxa de juros natural em modelos DSGE

Modelos DSGE novokeynesianos têm sido amplamente usados por bancos centrais e economistas acadêmicos para uma melhor compreensão de como a economia absorve choques exógenos, como reage a mudanças nas políticas econômicas, para estimar o comportamento futuro de algumas variáveis-chaves, entre outras questões. Uma característica importante desses modelos é que eles nos permitem estimar alguma variável não observada, baseando-se em algum arcabouço teórico e nos dados observados. Nesse contexto, podemos estimar o comportamento da taxa real de juros. Em termos práticos, a produção real se desvia da produção potencial devido a fricções associadas a rigidezes nominais, e a taxa natural é, portanto, definida como a taxa de juros real que prevalece sob uma economia hipotética na qual tais fricções estão ausentes e a produção coincide com a natural.

Laubach e Williams (2016) argumentam que a taxa natural pode ser definida como a taxa real de juros de curto prazo consistente com a economia operando em seu nível potencial, em que a possibilidade de choques transitórios de demanda e oferta seria reduzida e, conseqüentemente, eliminaria as pressões sobre o desvio da taxa de inflação observada de sua tendência de longo prazo. Assim, os autores adotam uma definição da taxa natural por meio de uma perspectiva de “longo prazo”, em que a taxa natural seria a taxa de juro real que deve prevalecer entre cinco ou dez anos depois que a economia absorveu flutuações cíclicas e está expandindo de acordo com a taxa de tendência. Note que essa definição é análoga à definição fornecida no parágrafo anterior. Segundo os autores, a taxa natural mudaria ao longo tempo em resposta a mudanças estruturais altamente persistentes nas estruturas de demanda ou oferta agregadas como, por exemplo, mudanças nas projeções de longo prazo para o déficit orçamentário do governo.

Os autores investigam se a redução observada na taxa natural americana pós-crise financeira é uma tendência que perdurará e, nesse caso, episódios com zero *lower bound* serão frequentes e duradouros, fomentando a hipótese de estagnação secular (SUMMERS, 2014). Adicionalmente, um ambiente de estagnação secular e baixa taxa natural de juros favoreceria abordagens de política monetária e fiscais não convencionais (BLANCHARD; SUMMERS, 2020).

Como mostrado na Figura 3, os três gráficos da figura apresentam uma curva IS, que denota o equilíbrio no mercado de bens, com a taxa de juros real no eixo vertical e o produto no eixo horizontal. No gráfico, na parte de cima, à esquerda tem-se a taxa de juros real observada e o produto corrente em uma economia com preços fixos, tal como se observa em situações reais. A taxa de juros real é o preço que iguala a demanda e a oferta de fundos emprestáveis

Figura 3: A taxa natural em modelos novokeynesianos

e há uma relação negativa entre ela e o nível de produção. No gráfico, na parte de cima à direita, temos uma situação similar, porém representando uma economia hipotética com plena flexibilidade de preços. Nessa economia, a taxa de juros que igualaria a demanda e oferta de fundos seria a taxa natural e o produto correspondente seria o potencial. A diferença entre ambas as taxas de juros, real e natural, é chamada de hiato da taxa de juros, bem como a diferença entre a produção gerada sob cada taxa é chamada de hiato do produto.

Portanto, o hiato do produto é zero quando a taxa natural é igual à taxa de juros real, o que, por sua vez, implica que a taxa de inflação seja igual à sua taxa-alvo em um ambiente institucional da política monetária guiada por um regime de metas de inflação. Nesse sentido, a taxa natural é a taxa real em que a atividade econômica e os preços não se aceleram nem se desaceleram, como dito no inicialmente. Trata-se de uma situação em que a taxa de crescimento do produto e a variação dos preços são constantes e definidas por fatores reais da economia. Considera-se, portanto, a taxa natural como sendo a taxa real de juros real em uma economia hipotética na qual todos os preços são plenamente flexíveis.

Okazaki e Sudo (2018) indicam cinco fatores que foram considerados condutores essenciais dessas curvas em estudos e avaliam suas importâncias quantitativas estimando um modelo DSGE que incorpora esses cinco fatores usando dados do Japão. Os cinco fatores são: (i) tecnologia neutra, que são aquelas que afetam todos os fatores de produção homogeneamente, e podem ser identificados. Como coloca Fisher (2006), choques tecnológicos neutros permanentes podem ser identificados se eles forem a única fonte de mudanças de longo prazo na produtividade do trabalho; (ii) funcionamento da intermediação financeira; (iii) fatores demográficos; (iv) tecnologia específica para investimentos e; (v) fatores de demanda. Cada fator pode deslocar a curva demanda ou a curva de oferta de fundos ou mudar suas inclinações, afetando a taxa natural. Para o Japão, o resíduo de Solow, que é a proxy da tecnologia

neutra, exibiu uma desaceleração desde os anos 90. Isso induziu uma queda no retorno sobre o capital, o que poderia ter contraído a demanda por investimento das empresas e deprimido a taxa natural.

Em relação à economia brasileira, Ribeiro e Teles (2013) estimam a taxa natural de juros entre o final de 2001 e segundo trimestre de 2010 usando dois modelos, Laubach e Williams (2003) e Mésonnier e Renne (2007). Segundo os autores, as estimativas provenientes dos dois modelos não apresentam diferenças relevantes, o que gera maior confiabilidade nos resultados obtidos. As estimativas mostram que a taxa natural de juros declinou na economia brasileira entre 2006 e 2010. A mensuração da taxa natural de juros, adicionalmente, possibilitou que fosse feita uma avaliação da condução da política monetária implementada pelo Banco Central brasileiro nos referidos anos utilizando-se do conceito de hiato de juros. Em linhas gerais, a análise mostrou um Banco Central mais conservador entre o final de 2001 e 2005 e mais próximo da neutralidade desde então.

Na tentativa de contribuir com a literatura que estima a taxa natural de juro brasileira por meio de modelos do tipo DSGE, apresenta-se, na seção seguinte, um modelo novokeynesiano canônico adaptado de Gali (2008) com parâmetros calibrados e estimados para a economia do Brasil.

3 Modelo

Utiliza-se um modelo novokeynesiano canônico baseado em Gali (2008) formado por famílias, firmas e autoridade monetária. A competição imperfeita no mercado de bens é introduzida assumindo que cada firma produz um bem diferenciado para o qual ela define o seu preço. Algumas restrições são impostas no mecanismo de ajuste dos preços, assumindo que apenas uma fração das firmas pode ajustar o preço do seu bem de forma ótima em cada período. A estrutura resultante dessas hipóteses é referida como sendo um modelo novokeynesiano básico cuja versão log-linearizada será apresentada abaixo.

Do problema da família de maximização da utilidade intertemporal a valor presente sujeita à sua restrição orçamentária, cujas condições de primeira ordem são a oferta de trabalho e a equação de Euler, chega-se na curva IS novokeynesiana, dada por:

$$y_t = y_{t+1} - \left(\frac{1}{\sigma}\right) \left(R_t - E_t \pi_{t+1} - R_t^N + S_{t+1}^P - S_t^P \right) \quad (1)$$

onde y é o hiato do produto, π é a taxa de inflação, R é a taxa de juros nominal, E_t é o operador de expectativas racionais, R^N é a taxa de juros natural, σ é a aversão ao risco relativo e S^P é um choque de preferência intertemporal.

Do problema de minimização dos custos da firma, em que são obtidas a demanda por trabalho, as equações de definição do preço ótimo da firma e do nível geral de preços, chega-se na Equação de Phillips Novokeynesiana e na definição da taxa de juros natural, respectivamente dadas por:

$$\pi_t = \beta E_t \pi_{t+1} + \kappa y_t + \lambda S_t^L \quad (2)$$

$$R_t^N = \sigma \psi_n (A_{t+1} - A_t) \quad (3)$$

onde $\kappa = \lambda \left[\sigma + \left(\frac{\phi + \alpha}{1 - \alpha} \right) \right]$, $\lambda = \omega \left[\frac{(1 - \theta)(1 - \beta\theta)}{\theta} \right]$, $\omega = \frac{1 - \alpha}{1 - \alpha + \alpha\psi}$ e $\psi_n = \frac{1 + \phi}{\sigma(1 - \alpha) + \phi + \alpha}$, sendo que β é o desconto intertemporal, ϕ é a desutilidade marginal do trabalho,

$1 - \alpha$ é a participação do trabalho na produção, θ é o parâmetro de rigidez de preços, ψ é a elasticidade de substituição dos bens intermediários, S^L é um choque exógeno oferta de trabalho e A é o nível de produtividade da economia.

Como mencionado, o modelo apresenta dois choques do lado das preferências das famílias. O primeiro é o choque de preferência intertemporal – choque de demanda –, S^P , que altera a escolha da família entre o consumo presente e futuro, com a seguinte regra de movimento:

$$\log S_t^P = \rho^P \log S_{t-1}^P + \varepsilon_{P,t} \quad (4)$$

onde ρ_P é o componente autoregressivo desse choque e $\varepsilon_{P,t} \sim N(0, \sigma_P)$.

E o segundo choque é o de oferta de trabalho, S^L , que afeta a disposição da família ao trabalho, com a seguinte regra:

$$\log S_t^L = \rho^L \log S_{t-1}^L + \varepsilon_{L,t} \quad (5)$$

onde ρ_L é o componente autoregressivo desse choque sendo que $\varepsilon_{L,t} \sim N(0, \sigma_L)$.

Já a autoridade monetária é representada por uma regra de Taylor:

$$R_t = \gamma_R R_{t-1} + (1 - \gamma_R) (\gamma_y y_t + \gamma_\pi \pi_{t+4}) + S_t^m \quad (6)$$

onde γ_R é um parâmetro de suavização de alterações na taxa de juros, γ_y é a sensibilidade da taxa de juros em relação ao hiato do produto, γ_π é a sensibilidade da taxa de juros em relação à taxa de inflação esperada para um ano a frente e S^m é o choque monetário.

Por fim, resta dizer que os choques da economia $Z = \{S_t^P, S_t^L, S_t^m, A\}$ seguem um processo autoregressivo de ordem um:

$$Z_t = \rho_t^Z Z_{t-1} + \varepsilon_t^Z \quad (7)$$

onde ρ^Z é o componente autoregressivo de cada um dos choques e $\varepsilon_t^Z \sim N(0, \sigma_Z)$.

Considerando o referencial teórico exposto anteriormente, é possível realizar algumas inferências em relação às variáveis e aos parâmetros que determinam o comportamento das variáveis endógenas do modelo. Fatores demográficos como uma redução da taxa de fertilidade e envelhecimento da população geram maiores incentivos a poupar e, conseqüentemente, devem reduzir a inflação de equilíbrio e a taxa de juros natural. Tais relações podem ser captadas, por exemplo, pelos choques de preferência expostos na equação (1), que afetariam diretamente o produto no curto prazo e, conseqüentemente, a inflação, como observado na equação (2).

Os efeitos de tais mudanças demográficas também poderiam ser captados por mudanças no parâmetro β , observado na equação (2) e que denota o fator de desconto intertemporal. Se considerarmos $\beta = 1/(1 + \tau)$, onde τ representa taxa subjetiva de preferência intertemporal, indicando que quanto menor o valor de τ , maior a valoração da utilidade futura em relação à presente e, portanto, maior será β e menor a taxa de juros natural. É esperado, portanto, que o envelhecimento da população esteja relacionado à diminuição da taxa de inflação e da taxa de juros. Tais mudanças demográficas também podem reduzir a oferta de trabalho, que afeta negativamente a taxa de inflação, como

Tabela 1: Variáveis observáveis do modelo

Séries	Fonte
IPCA (% a.m.)	IBGE/SNIPC
Selic Over (% a.m.)	BCB Boletim/M. Finan.
hiato do produto	gerado pelo método da função de produção
Produtividade	gerado pelo método da função de produção

Fonte: Elaborada pelos autores.

observado na equação de Phillips Novokeynesiana, representada pela equação (2).

Outras inferências podem ser realizadas a partir da equação (3), que define a taxa natural de juros no modelo. Em primeiro lugar, uma taxa de crescimento tecnológico negativa acarreta uma redução direta na taxa natural de juros, relação que remete à hipótese levantada por Okazaki e Sudo (2018). Adicionalmente, uma menor participação do trabalho na produção, isto é, redução em $(1 - \alpha)$ na função de produção, que pode ser consequência da queda da taxa de natalidade, afeta negativamente a elasticidade de substituição dos bens intermediários e, conseqüentemente, reduz a taxa natural. Outra variável que pode ser afetada por mudanças demográficas é a aversão relativa ao risco, σ . Nesse caso, uma redução desse parâmetro também reduz a taxa natural.

4 Análise empírica

4.1 Processamento de dados

A base de dados usada neste modelo é formada por dados trimestrais de 2000T1 até 2018T3 e está descrita na Tabela 1¹. Inicialmente, os dados foram tratados para retirar as sazonalidades e as tendências das séries – por meio do algoritmo X12-ARIMA e da diferença dos logaritmos, respectivamente.

4.2 Calibragem

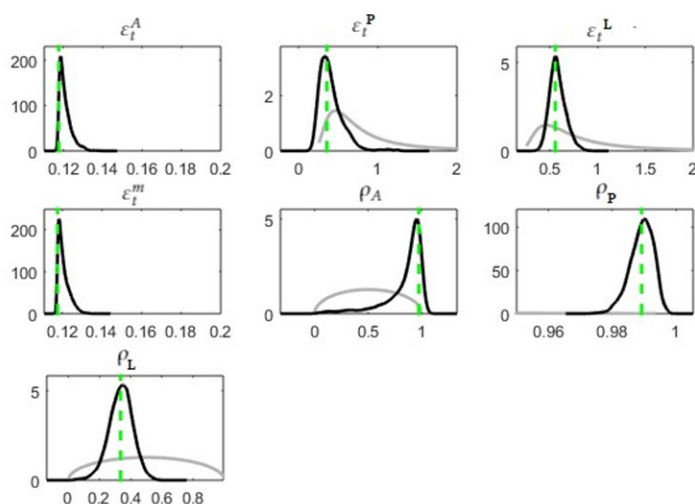
A Tabela 2 reporta os valores dos parâmetros calibrados.

¹Os seguintes passos foram usados para construir as séries do hiato do produto e da produtividade seguindo o método da função de produção: i) foram utilizados os deflatores do PIB e da FBKF para encontrar o PIB real e o investimento real; ii) assumindo que o estoque de capital em $t=0$ seria duas vezes o valor do PIB anual e uma taxa de depreciação do capital no valor de 2,5% ao trimestre, usou-se a lei de movimento do capital para transformar a série de investimento real em estoque de capital real; iii) usando dados da população ocupada e desocupada, foi calculada a taxa de ocupação; iv) usando uma função de produção do tipo Cobb-Douglas com participação do capital na produção igual a 0,4, com as séries crescimento do PIB real, crescimento do estoque de capital, o crescimento da capacidade instalada e o crescimento da população ocupada, calculou-se o crescimento da produtividade; e v) assumindo que não há desemprego dos fatores produtivos, calculou-se o PIB potencial e, então, o hiato do produto.

Tabela 2: Calibragem dos parâmetros

Parâmetro	Valor	Fonte
α	0,39	Kanczuk (2002)
R_{ss}	1,065 ^{0,25}	Valor da Taxa Selic
β	$1/R_{ss}$	—
θ	0,74	Castro <i>et al.</i> (2015)
ψ	11	Castro <i>et al.</i> (2015)
σ	2	Cavalcanti e Vereda (2011)
ϕ	1,5	Cavalcanti e Vereda (2011)
ω	$(1 - \alpha)/(1 - \alpha + \alpha * \psi)$	—
γ_y	0,16	Castro <i>et al.</i> (2015)
γ_π	2,43	Castro <i>et al.</i> (2015)
γ_R	0,79	Castro <i>et al.</i> (2015)
ρ_m	0,545	Costa Junior, Cintado e Sampaio (2017)

Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 4: Prior e posterior do modelo

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.3 Estimação

Dada a distribuição *prior* dos parâmetros, foi estimada a distribuição *posterior* usando um processo de cadeia de Markov por meio do algoritmo Metropolis-Hastings com 500 000 iterações, um valor de escala de 0,1 e 2 cadeias paralelas. A Tabela 3 e a Figura 4 apresentam as distribuições *priori* e *posterior* de cada um dos parâmetros estimados. Para a estimação ter um resultado satisfatório, espera-se que as distribuições *posterior* dos parâmetros tenham um formato próximo de uma distribuição normal e que a moda não fique muito distante da média. Assim, nota-se que a estimação foi satisfatória, como o esperado.

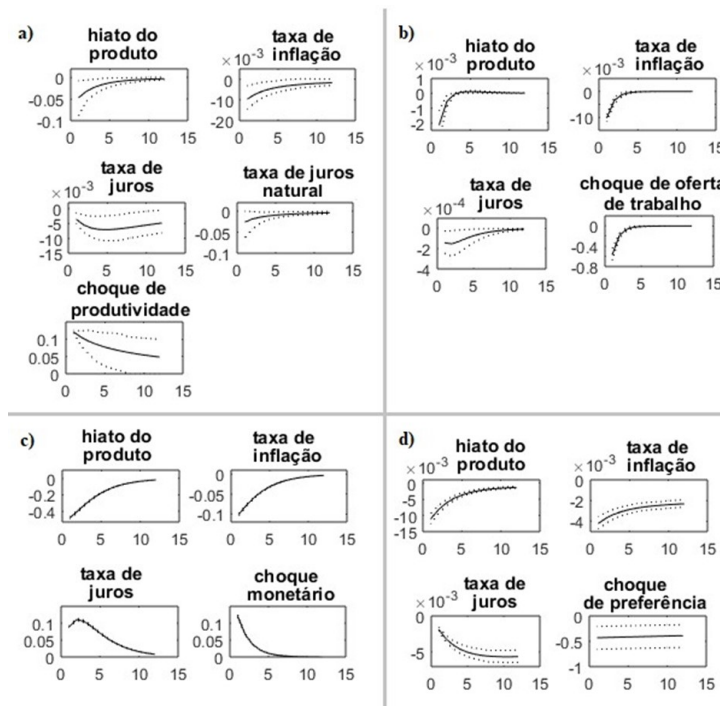
4.4 Funções impulso-resposta e decomposição dos choques para o hiato do produto

Além de analisar se os resultados estatísticos foram adequados, é preciso verificar se os choques estão apresentando os resultados esperados. A Figura 5

Tabela 3: Distribuição *posteriori* do modelo

Parâmetros	<i>Média prior</i>	<i>Média posterior</i>	90% Intervalo		<i>Prior</i>	<i>pstdev</i>
Parâmetros autoregressivos						
ρ_A	0,5	0,8383	0,5880	0,9999	beta	0,25
ρ_P	0,5	0,9891	0,9831	0,9947	beta	0,25
ρ_L	0,5	0,3357	0,2219	0,4709	beta	0,25
Desvios-padrão						
ε_t^A	1,0	0,1209	0,1176	0,1251	invg	Inf
ε_t^P	1,0	0,4052	0,2014	0,6165	invg	Inf
ε_t^L	1,0	0,5797	0,4511	0,7223	invg	Inf
ε_t^m	1,0	0,1206	0,1176	0,1247	invg	Inf

Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 5: Funções impulso-resposta para os choques do modelo

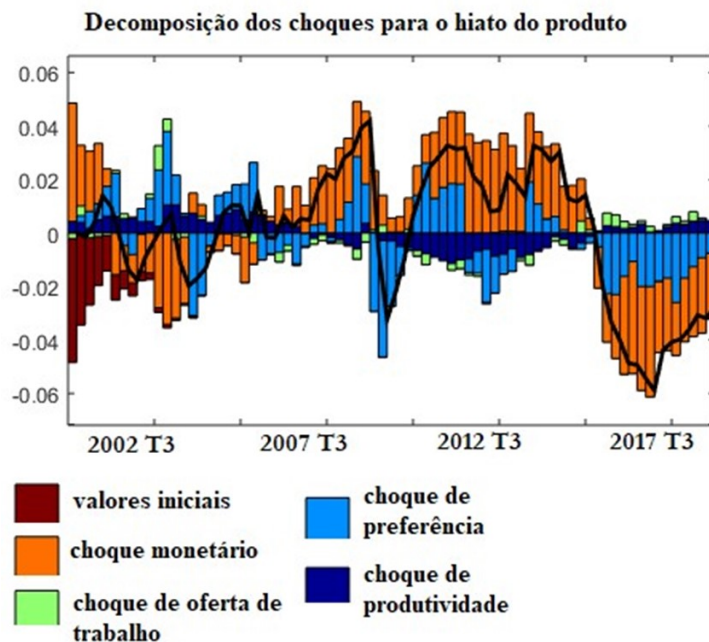
Os gráficos a), b), c) e d) representam os choques de produtividade, de oferta de trabalho (*cost-push*), monetário e de preferências (demanda), respectivamente. Todos foram definidos para afetarem negativamente o hiato do produto.

Fonte: Elaborada pelos autores.

apresenta as funções impulso-resposta para os quatro choques desse modelo. Na parte a) dessa figura, a melhora na produtividade diminui o custo marginal das firmas no modelo, isto é, por intermédio de uma queda na taxa de juros natural. Na sequência, essa variável diminui o hiato do produto (via curva IS), gerando uma queda na taxa de inflação (curva de Phillips). Esse efeito na produtividade é parcialmente acomodado pela regra de política monetária (regra de Taylor), ou seja, as quedas no hiato do produto e na taxa de inflação influenciam na queda da taxa de juros. Contudo, essa política de acomodação não é suficiente para “fechar” o hiato do produto imediatamente, evento que ocorrerá, em aproximadamente, 12 períodos.

O choque de oferta de trabalho ou choque *cost-push* (painel b da Figura 5), é o segundo a ser analisado. Aqui, foi dado um choque negativo na desutilidade do trabalho, ou seja, aumentou-se a preferência por trabalho da família. No modelo, este evento é percebido na curva de Phillips, de modo que ocorre uma queda na taxa de inflação. Da mesma forma do que no choque de produtividade, este choque é parcialmente acomodado pela regra monetária, mas diferentemente do choque anterior, o hiato do produto tem um “fechamento” em 4 períodos.

O painel c) da Figura 5 apresenta os resultados de um choque monetário contracionista. O seu canal direto de atuação é na curva IS, aumentando custo intertemporal de consumo corrente, isto é, aumentando a taxa de juros que é o

Figura 6: Decomposição dos choques para o hiato do produto

Fonte: Elaborada pelos autores.

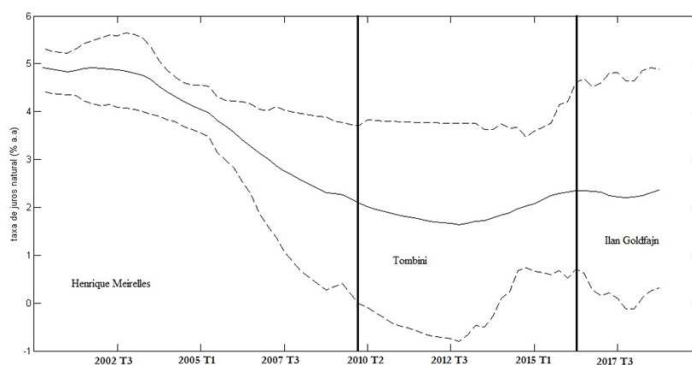
preço de se consumir no presente em relação ao futuro, logo ocorre uma queda no hiato do produto. Em seguida, a atividade econômica mais fraca (devido à queda no hiato) diminui a taxa de inflação da economia (curva de Phillips). Esse arrefecimento econômico tem uma persistência de 12 períodos, momento em que o hiato do produto volta para o seu nível de estado estacionário.

O choque que encerra esta análise é o de preferência intertemporal do consumo ou choque de demanda (painel d) da Figura 5). Aqui, ocorre uma queda na preferência pelo consumo corrente, que diminui o hiato do produto (curva IS), como nos dois primeiros choques, também ocorre uma queda na taxa de inflação (curva de Phillips) e acomodação pela regra monetária (regra de Taylor). Algo a destacar é a persistência desse choque ($\rho_P = 0,9891$), que mantém a taxa de juros em um nível baixo por um tempo maior.

Por fim, ainda nesta linha de análise do comportamento do modelo, a Figura 6 apresenta a decomposição dos choques para o hiato do produto. Nota-se, nessa análise, que o único choque com pouca influência no histórico do hiato do produto é o choque de oferta de trabalho. E os dois maiores destaques são para o choque monetário e o choque de preferência, sendo que tiveram as principais influências na recuperação pós-crise financeira internacional e na crise econômica brasileira com início em 2014.

4.5 Resultados para a taxa de juros natural

Os resultados das estimativas da taxa de juros natural sugerem que essa atravessou um processo de queda entre 2002 e final de 2012, quando passa a apresentar uma tendência de alta que se estabiliza em meados de 2016, tal como exposto na Figura 7. Nesta seção, serão esboçados esses resultados e uma ten-

Figura 7: Estimação da taxa de juros natural trimestral anualizada

Fonte: Elaborada pelos autores.

tativa de compreender melhor as trajetórias observadas por meio dos cinco fatores sugeridos na revisão teórica esboçada anteriormente. Para uma exposição mais clara dos resultados, estimou-se uma taxa natural anual de 4,9% no segundo trimestre (T2) de 2000, que alcançou uma mínima de 1,64% em 2012 T4, retornando a 2,35% em 2016 T4, quando passa a apresentar novamente uma redução, até que alcança o patamar de 2,21% em 2017 T4 e sobe novamente para 2,36% um ano depois.

Okazaki e Sudo (2018) expõem as evidências que constatarem uma menor taxa de crescimento da tecnologia neutra nos países desenvolvidos, reforçando a hipótese de estagnação secular lançada por Summers (2014). Tal estagnação dessa variável tecnológica, que por sua vez não é diretamente observável, reduziria a taxa de retorno do capital, diminuindo a demanda por fundos para investimentos e, conseqüentemente, a taxa de juros real também seria reduzida. Embora tais constatações empíricas fossem referentes às economias desenvolvidas, a redução da taxa de retorno do capital desses países estimula, por processo de arbitragem, um fluxo de capital em direção aos países em desenvolvimento que possuem contas de capital relativamente aberta, como no caso brasileiro, aumentando a oferta de fundos nesses países e valorizando a taxa real de câmbio, o que pode colaborar para uma redução da taxa de juros. Adicionalmente, vários estudos sugerem que a produtividade total dos fatores da economia brasileira está relativamente estagnada nas últimas décadas, como sugerido em Ellery Jr (2017) e BNDES (2018), reforçando a possibilidade desse canal atuar sobre a taxa natural da economia brasileira.

Segundo aqueles autores, há uma correlação entre a intermediação financeira e a taxa de juros reais. Novas tecnologias e mudanças institucionais que reduzem o custo das intermediações financeiras também contribuem para uma redução da taxa natural. Uma vez ocorridas essas alterações, a taxa de juro das operações de intermediações financeiras é reduzida, diminuindo a quantidade demandada de recursos necessária para a realização de investimentos, além de reduzir o custo marginal das empresas.

No caso brasileiro, reformas microeconômicas que afetam a eficiência dos contratos de crédito, ocorridas entre 2003 e 2005, tais como a regulamentação do crédito consignado, a nova Lei de Falência, instituição do patrimônio de afetação, possibilitam a redução da taxa de juro do crédito e aumentam a efi-

ciência da política monetária o que pode ter acionado os canais descritos no parágrafo anterior e contribuído para a redução da taxa natural. Somando-se a isso, a redução da relação dívida/PIB (tanto da dívida bruta do governo geral quanto da dívida líquida) observada entre o início de 2002 e final de 2013 e consequente diminuição do prêmio de risco dessa dívida, também são fatores potenciais para a redução da taxa natural.

A reversão de tais tendências podem ser vista com uma piora na eficiência do mercado de crédito brasileiro e com o aumento da inflação verificado entre os anos de 2012 a 2015. A expansão de crédito direcionado por parte dos bancos públicos promoveu um aumento da dívida bruta e da taxa de juros implícita da dívida. Como consequência desses fatores, a taxa básica da política monetária brasileira se elevou, saindo de 7,25% a.a. em maio de 2013 para 14,25% em julho de 2015. Finalmente, em 2015, o Brasil perde a condição de *investment grade*.

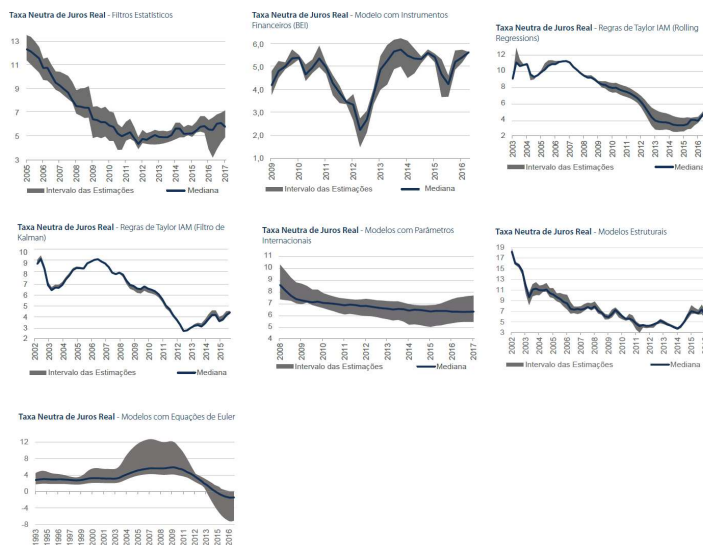
Como visto anteriormente, a taxa natural volta a se estabilizar no final de 2016 diante de um aumento na credibilidade da autoridade monetária e da política monetária, refletindo o grau de ancoragem das expectativas de inflação (VAL *et al.*, 2017). Outro fator que pode ter contribuído para a redução das taxas real e natural é a mudança da taxa de juro de empréstimo do BNDES, que teve seu subsídio reduzido quando deixa de ser usada a antiga TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo) e entra em vigor a TLP (Taxa de Longo Prazo).

Okazaki e Sudo (2018) consideram a literatura que explora a relação entre o envelhecimento da população provocado pela redução da taxa de fertilidade e o declínio da taxa de juros. Isso deve-se à consequente redução da taxa de crescimento da oferta de trabalho e aumento do capital devido aos maiores incentivos para poupar. As mudanças demográficas citadas também são observadas no Brasil. De fato, independente da variação da idade média da população, segundo dados do Banco Mundial, a taxa bruta de poupança doméstica no Brasil cresce em um ritmo mais rápido que a taxa de investimento entre os anos de 2001 e 2011, saindo de 16,55% do PIB para 21,05%, quando se inicia uma trajetória de forte redução e atinge 15,37% em 2016 e retorna a 15,95% em 2018. Nota-se que a trajetória da taxa natural de juros é coerente com a trajetória da taxa de poupança doméstica. Vale ressaltar que a mesma série para o grupo de países considerados de renda média alta apresenta um valor de 32,9% em 2017 e para o grupo renda média 30,9%, isto é, mais que o dobro do que o verificado no Brasil.

Mudanças na estrutura de demanda das famílias, em particular no fator de desconto (um aumento do parâmetro Beta da equação (4)), são apontadas pelos autores como potencial fonte de alterações nas taxas naturais de juros. Segundo os autores, há evidências empíricas que sugerem que variações no comportamento na demanda das famílias, causadas pelo fator desconto, podem ter sido uma das principais causas para as variações da taxa natural de juros da economia japonesa (IIBOSHI; SHINTANI; UEDA, 2018). Tal hipótese para a economia brasileira, embora não testada pelo modelo do presente artigo, é uma condição a ser verificada.

Para dar mais robustez aos resultados do presente trabalho, comparamos nossas estimativas com os resultados de trabalhos semelhantes realizados recentemente, como pode ser observado nas Figuras 1 e 2. No estudo do Itaú Asset Management (2017), verifica-se a estimativa da série para a taxa neutra de juros da economia brasileira utilizando várias metodologias e, por fim, a mediana. Nota-se uma trajetória semelhante à do presente trabalho. As mes-

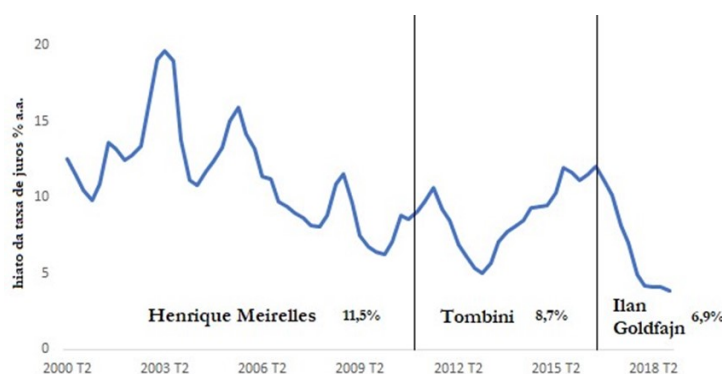
Figura 8: Taxa de juros natural – diversos modelos – realizada por Itaú Asset Management (2017)



mas semelhanças são encontradas no trabalho realizado por [Pereira e Valecico \(2019\)](#) pelo Depec do Bradesco, o que sugere também a importância da variável para tomadas de decisões do sistema financeiro. No estudo do [Banco Central do Brasil \(2019\)](#) citado anteriormente, a tendência para o recorte temporal de 2010 a 2018 é semelhante também ao encontrado pelo modelo deste artigo. O estudo ressalta a importância dessa informação para a condução da política monetária e as dificuldades inerentes à estimativa de uma série para uma variável não observada e, ainda, estende a série até novembro de 2019. Pode-se observar, portanto, uma tendência de redução da taxa natural nos últimos trimestres.

Por fim, uma outra relação importante revelada pelos resultados do artigo é o hiato da taxa de juros - a diferença entre as taxas de juros real observada e a taxa natural (Figura 9). De acordo com as estimativas do modelo, a política monetária implementada pelo Banco Central do Brasil no início do mandato de Henrique Meireles (primeiro governo Lula) foi conservadora, elevando o hiato para o maior patamar mensurado pela série estimada. Uma possível justificativa para tal ação da política monetária se dá pelo fato de que a inflação medida pelo IPCA foi de 12,53% em 2002, atingindo o pico histórico pós-estabilização inflacionária ocorrida com o Plano Real, diante do aumento do prêmio de risco durante o processo eleitoral de 2002, que indicava a vitória de um candidato com um histórico de defesa do default da dívida pública ([FAVERO; GIAVAZZI, 2004](#)). Era, portanto, necessário construir a reputação da autoridade monetária.

Posteriormente, aproveitando a maior credibilidade do Banco Central, observa-se uma trajetória de declínio do hiato até alcançar um valor mínimo no segundo semestre de 2013. Na sequência, observa-se uma política monetária mais frouxa, em um ambiente de aceleração inflacionária com o IPCA rompendo o teto da meta estipulada pelo CMN (Conselho Monetário Nacional) em 2015 e atingindo, pela primeira vez desde 2002, um valor anual maior que 10%, com consequentes perdas de reputação de tal política. Assim, pos-

Figura 9: Hiato das taxas de juros

Fonte: Elaborada pelos autores.

teriormente, o hiato volta a subir até o terceiro semestre de 2016 para conter a aceleração do aumento do nível de preços, até que, com a redução das expectativas de inflação diante de um aumento da credibilidade da autoridade monetária, o hiato passa a apresentar uma trajetória de baixa e alcança o menor valor da série estimada no quarto trimestre de 2018.

5 Conclusões

No presente artigo foi utilizado um modelo novokeynesiano com abordagem DSGE baseado em Gali (2008) e calibrado para a economia brasileira com o intuito de modelar o comportamento de uma variável não observada, no caso a taxa natural de juros, tal como sugerido pela equação (3). Em síntese, os resultados encontrados sugerem uma queda quase contínua da taxa natural da economia brasileira entre os anos de 2002 e 2012, interrompida por uma tendência de alta que dura até o final de 2016, quando a variável passa a apresentar relativa estabilidade.

Embora estimar uma série para uma variável econômica dessa natureza seja algo complexo e os resultados tenham que ser vistos sempre com cautela, trata-se de uma informação relevante, uma vez que é uma referência para a política monetária e para o mercado de títulos da dívida pública. Se a taxa de juros observada está em um patamar acima da taxa observada, pode-se induzir uma tendência de baixa daquela, o que, por sua vez, motiva a compra de títulos prefixados da dívida pública no mercado secundário.

Os resultados do artigo também sugerem uma trajetória de redução do hiato entre as taxas de juros observada e a natural (Figura 9) à medida em que a política monetária ganha credibilidade e a taxa de inflação passa a se manter dentro do intervalo concebido pelo regime de meta de inflação. Os anos de 2002 e 2003 tiveram o IPCA acima do teto da meta e o de 2004 ficou levemente abaixo. Entre 2005 e 2010, os resultados foram satisfatórios no sentido de atingir a meta de inflação e pôde-se observar a redução do hiato até meados de 2010. Na sequência a taxa de inflação observada passa a se aproximar do teto e, finalmente, entre 2012 e 2016 o hiato passa a ter um comportamento ascendente devido à política monetária mais acomodatória. A partir de 2016, provavelmente devido à recuperação da credibilidade do Banco Central, o hiato volta a diminuir.

Na subseção 4.4 foram realizados alguns testes com choques exógenos apresentados por meio de funções impulso resposta para verificar a calibragem do modelo. Os resultados indicam que as variáveis endógenas do modelo reagiram aos choques de acordo com o esperado pela literatura. Adicionalmente, foi apresentada a decomposição dos choques para o hiato do produto, com destaque para a participação para o choque monetário e de preferência dos agentes, com influência menor do choque de oferta de trabalho.

Dessa forma, o presente artigo apresentou um método alternativo para estimar a taxa de juros natural e aplicou-o à economia brasileira. Os resultados foram condizentes aos observados na literatura sobre o tema e os fatos estilizados observados na economia brasileira para o período estimado.

Referências

- BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Proxy da taxa de juros estrutural implícita nas expectativas da pesquisa Focus*. Brasília: Banco Central do Brasil, 2019. (Estudo Especial nº 71/2019).
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Taxa de juros estrutural e condução da política monetária no Brasil*. Brasília: Banco Central do Brasil, 2017. (Relatório de inflação do Banco Central do Brasil de fevereiro de 2017).
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL — BNDES. *Perspectivas DEPEC 2018: o crescimento da economia brasileira 2018-2023*. Rio de Janeiro: BNDES, 2018.
- BARCELLOS NETO, P. C. F. D.; PORTUGAL, M. S. The natural rate of interest in Brazil between 1999 and 2005. *Revista Brasileira de Economia*, v. 63, p. 103–118, 2009.
- BLANCHARD, O. Is there deflation or inflation in our future? *VOX CEPR Policy Portal*, 2020.
- BLANCHARD, O. J.; SUMMERS, L. H. Automatic stabilizers in a low-rate environment. *AEA Papers and Proceedings*, v. 110, p. 125–30, 2020.
- BRAND, C.; BIELECKI, M.; PENALVER, A. *The natural rate of interest: estimates, drivers, and challenges to monetary policy*. Frankfurt am Main: European Central Bank, 2018. (ECB Occasional Paper, v. 217).
- CARNEY, M. A monetary policy framework for all seasons. In: *Remarks at the US Monetary Policy Forum*. New York: [s. n.], 2012. v. 24.
- CASTRO, M. R. et al. SAMBA: Stochastic analytical model with a bayesian approach. *Brazilian Review of Econometrics*, v. 35, n. 2, p. 103–170, 2015.
- CAVALCANTI, M. A.; VEREDA, L. *Propriedades dinâmicas de um modelo DSGE com parametrizações alternativas para o Brasil*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2011. (Texto para Discussão No. 1588).

- CONSTÂNCIO, V. The challenge of low real interest rates for monetary policy. *Macroeconomics Symposium at Utrecht School of Economics*, v. 15, 2016.
- COSTA JUNIOR, C. J.; CINTADO, A. C. G.; SAMPAIO, A. V. Post-2008 Brazilian fiscal policy: an interpretation through the analysis of fiscal multipliers. *Estudos Econômicos*, v. 47, p. 93–124, 2017.
- DEL NEGRO, M. *et al.* Safety, liquidity, and the natural rate of interest. *Brookings Papers on Economic Activity*, v. 2017, p. 235–316, 2017.
- DOOJAV, G.; GANTUMUR, M. Measuring the natural rate of interest in a commodity exporting economy: Evidence from Mongolia. *International Economics*, 2019.
- DUARTE, J. Measuring the natural interest rate in Brazil. *Institute of Brazilian Business and Public Management Issues*, 2010.
- ELLERY JR, R. Produtividade total dos fatores no Brasil no período pós-reformas. *Economia Aplicada*, v. 21, n. 4, p. 617–633, 2017.
- FAVERO, C.; GIAVAZZI, F. *Inflation targeting and debt: lessons from Brazil*. Cambridge, MA: NBER, 2004. (Working Paper 10390).
- FISHER, J. D. The dynamic effects of neutral and investment-specific technology shocks. *Journal of Political Economy*, v. 114, n. 3, p. 413–451, 2006.
- FUJIWARA, S. *et al.* Developments in the natural rate of interest in Japan. *Bank of Japan Review*, 2016.
- GAGNON, E.; JOHANNSSEN, B. K.; LOPEZ-SALIDO, D. Understanding the New Normal: The Role of Demographics. *Board of Governors of the Federal Reserve System (US)*, 2016.
- GALI, J. *Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2008.
- IIBOSHI, H.; SHINTANI, M.; UEDA, K. *Estimating a nonlinear new Keynesian model with the zero lower bound for Japan*. Canberra: Australian National University, 2018. (CAMA Working Paper No. 37).
- ITAÚ ASSET MANAGEMENT. *Taxa Neutra de Juros no Brasil*. São Paulo: Itaú, 2017.
- KANCZUK, F. Juros reais e ciclos reais brasileiros. *Revista Brasileira de Economia*, v. 56, p. 249–267, 2002.
- KAPLAN, R. S. *et al.* *The Neutral Rate of Interest*. Dallas, TX: Federal Reserve Bank of Dallas, 2018.
- LAUBACH, T.; WILLIAMS, J. C. Measuring the natural rate of interest. *Review of Economics and Statistics*, v. 85, n. 4, p. 1063–1070, 2003.

- LAUBACH, T.; WILLIAMS, J. C. Measuring the natural rate of interest redux. *Business Economics*, v. 51, n. 2, p. 57–67, 2016.
- MÉSONNIER, J.; RENNE, J. A time-varying “natural” rate of interest for the euro area. *European Economic Review*, v. 51, p. 1768–1784, 2007.
- NERI, S.; GERALI, A. Natural rates across the Atlantic. *Journal of Macroeconomics*, v. 62, 2019.
- OKAZAKI, Y.; SUDO, N. *Natural rate of interest in Japan: Measuring its size and identifying drivers based on a DSGE model*. Tokyo: Bank of Japan, 2018. (Working Paper No. 18-E-6).
- PEREIRA, R.; VALECICO, I. *Estimativas recentes sugerem taxa neutra de juros abaixo de 3,0% no Brasil*. Osasco: Destaque Depec-Bradesco, 2019.
- PESCATORI, A.; TURUNEN, J. Lower for longer: Neutral rate in the US. *IMF Economic Review*, v. 64, n. 4, p. 708–731, 2016.
- RIBEIRO, A.; TELES, V. K. Taxa natural de juros no Brasil. *EconomiA*, v. 14, n. 1c, p. 733–750, 2013.
- RONCHI NETO, A.; CANDIDO, O. Measuring the neutral real interest rate in Brazil: a semi-structural open economy framework. *Empirical Economics*, p. 1–17, 2018.
- SUMMERS, L. H. US economic prospects: Secular stagnation, hysteresis, and the zero lower bound. *Business Economics*, v. 49, n. 2, p. 65–73, 2014.
- VAL, F. de F. *et al. Estimating the Credibility of Brazilian Monetary Policy using Forward Measures and a State-Space Model*. Brasília: Banco Central do Brasil, 2017. (Working Paper 463).
- VEREDA, Luciano *et al.* Expectativas de inflação, metas percebidas pelos agentes e credibilidade das autoridades monetárias. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 50, n. 3, 2020.
- YELLEN, J. *Normalizing monetary policy: Prospects and perspectives*. San Francisco, CA: Federal Reserve Bank of San Francisco, 2015.