

Atualização dos modelos semiestruturais de pequeno porte

Os modelos de projeção do Banco Central do Brasil (BC) constituem importante insumo para auxiliar o processo de tomada de decisão do Comitê de Política Monetária (Copom)¹ e estão em contínuo aprimoramento. Em linha com o procedimento de aperfeiçoar a comunicação e transparência do BC, este box atualiza as informações sobre os modelos semiestruturais de pequeno porte, tanto na versão agregada como na desagregada.²

Em relação às versões anteriores, as versões revisadas tiveram seus parâmetros reestimados utilizando uma amostra mais atualizada, que se estende até o final de 2023, abarcando assim o período da pandemia da Covid-19. Isso exigiu alguns cuidados metodológicos durante a estimação e pequenas modificações nas especificações de algumas equações, descritos a seguir. Em geral, os parâmetros estimados tiveram pouca alteração em relação às versões anteriores.

Especificação das principais equações dos modelos

O BC utiliza diversos modelos para subsidiar as análises e decisões do Copom, dentre os quais dois modelos semiestruturais de pequeno porte, uma versão agregada e outra desagregada. Essas versões têm praticamente o mesmo conjunto de equações, diferindo apenas na representação da inflação de preços livres. No modelo agregado, a representação é dada por uma única equação para a inflação de preços livres, enquanto no modelo desagregado são três equações, uma para cada um dos seguintes grupos: serviços, bens industriais e alimentação no domicílio.

Os modelos mantêm a abordagem de focar nas principais relações econômicas relevantes para análise da política monetária. A sua estrutura básica é definida pelas seguintes equações comportamentais: (i) curva(s) de Phillips, que determina(m) a dinâmica da inflação de preços livres (uma no modelo agregado, três no desagregado); (ii) curva IS, que determina a dinâmica do hiato do produto; (iii) regra de Taylor, que representa a função de reação de um banco central; (iv) equação de paridade descoberta de juros (*Uncovered Interest Parity* – UIP, na sigla em inglês), que descreve a relação entre a variação da taxa de câmbio e o diferencial de juros internos e externos e um prêmio de risco; e (v) curva de expectativas de inflação, as quais reagem endogenamente no modelo.³ As séries do modelo têm periodicidade trimestral e, geralmente, as variáveis são representadas em logaritmo.

Curvas de Phillips

No modelo agregado, a única curva de Phillips é representada pela equação a seguir, que determina a dinâmica da inflação de preços livres como função da inércia inflacionária, das expectativas de inflação, da inflação externa, da taxa de câmbio, do hiato do produto doméstico e das anomalias climáticas:

1/ Ver o box [Sistema de análise e projeções do BC](#), do Relatório de Inflação de março de 2023.

2/ Ver os boxes [Novo modelo desagregado de pequeno porte](#), do Relatório de Inflação de março de 2021, e [Revisão do modelo agregado de pequeno porte](#), do Relatório de Inflação de dezembro de 2021

3/ Ressalta-se que os modelos utilizados para preços administrados seguem basicamente os apresentados no box [Reformulação dos modelos de projeção de médio prazo dos preços administrados](#), no Relatório de Inflação de setembro de 2017. Na elaboração de projeções, utilizam-se também as projeções de especialistas.

$$(1) \pi_t^{L,sa} = \alpha_{1L}\pi_{t-1}^{L,sa} + \alpha_{1I}\frac{\sum_{i=1}^4 \pi_{t-i}^{IPCA,sa}}{4} + (1 - \alpha_{1L} - \alpha_{1I})\frac{\pi_{t,t+4|t}^e}{4} + \alpha_2\hat{\pi}_t^* + \alpha_3\widehat{\Delta e}_{t-1} + \alpha_4 h_t \\ + \frac{\sum_{i=0}^2 (\alpha_5 d_{t-i}^{el} + \alpha_6 d_{t-i}^{la})Clima_{t-i}^2}{3} - \frac{\sum_{i=3}^5 (\alpha_5 d_{t-i}^{el} + \alpha_6 d_{t-i}^{la})Clima_{t-i}^2}{3} + \epsilon_t^{\pi^L}$$

$$(1.1) \hat{\pi}_t^* = w_a \hat{\pi}_t^{*agri} + w_m \hat{\pi}_t^{*metal} + w_e \hat{\pi}_t^{*energia}$$

onde $\pi_t^{L,sa}$ representa a inflação trimestral de preços livres do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) com ajuste sazonal; $\pi_t^{IPCA,sa}$ representa a inflação trimestral do IPCA com ajuste sazonal; $\pi_{t,t+4|t}^e$ é a expectativa em t, apurada pela pesquisa Focus, acerca da inflação esperada para quatro trimestres à frente (média ao longo do trimestre das expectativas para doze meses à frente); $\hat{\pi}_t^*$ é a inflação trimestral importada de *commodities*, medida pelo desvio da variação do Índice de *Commodities* – Brasil (IC-Br) em reais em relação à meta de inflação doméstica⁴; $\hat{\pi}_t^{*agri}$ é a inflação trimestral importada de *commodities* agrícolas, medida pelo desvio do IC-Br Agropecuária em relação à meta de inflação doméstica; $\hat{\pi}_t^{*metal}$ é a inflação trimestral importada de *commodities* metálicas, medida pelo desvio do IC-Br Metal em relação à meta de inflação doméstica; $\hat{\pi}_t^{*energia}$ é a inflação trimestral importada de *commodities* energéticas, medida pelo desvio do IC-Br Energia em relação à meta de inflação doméstica; w_a , w_m e w_e são os respectivos pesos das inflações setoriais importadas, tais que $w_a + w_m + w_e = 1$; $\widehat{\Delta e}_t$ é o desvio da variação trimestral da taxa de câmbio nominal (R\$/US\$) em relação à sua variação de longo prazo prevista pela teoria da paridade do poder de compra⁵; h_t é o hiato do produto doméstico; $Clima_t^2$ representa a variável que captura choques de oferta provenientes de anomalias climáticas⁶; d_{t-i}^{el} é uma *dummy* que assume valor 1 quando a anomalia climática é positiva (eventos *El Niño*); d_{t-i}^{la} é uma *dummy* que assume valor 1 quando a anomalia climática é negativa (eventos *La Niña*); e $\epsilon_t^{\pi^L}$ é o termo de erro. A única mudança de especificação dessa equação em relação ao modelo do Relatório de Inflação de 2021 é que a variação do câmbio aparece agora com defasagem de um trimestre em vez de dois trimestres.

No modelo desagregado, as curvas de Phillips setoriais para as inflações de bens industriais, alimentação no domicílio e serviços, cuja soma ponderada resulta na inflação de preços livres, são dadas por:

$$(1a) \pi_t^{B,sa} = A_t^B + \alpha_1^B (\pi_{t-1}^{B,sa} - A_{t-1}^B) + (1 - \alpha_1^B) \frac{\pi_{t,t+4|t}^e}{4} + \alpha_{2,0}^B \hat{\pi}_t^{*metal} + \alpha_{2,1}^B \hat{\pi}_{t-1}^{*metal} + \alpha_3^B \hat{\pi}_t^{*petro} \\ + \alpha_4^B \widehat{\Delta e}_{t-1} + \alpha_5^B IPPCV_t + \alpha_6^B h_t + \epsilon_t^B$$

$$(1b) \pi_t^{A,sa} = A_t^A + \alpha_1^A (\pi_{t-1}^{A,sa} - A_{t-1}^A) + (1 - \alpha_1^A) \frac{\pi_{t,t+4|t}^e}{4} + \alpha_2^A \hat{\pi}_t^{*agri} + \alpha_3^A \widehat{\Delta e}_{t-1} + \alpha_4^A h_t \\ + \frac{\sum_{i=0}^2 (\alpha_5^A d_{t-i}^{el} + \alpha_6^A d_{t-i}^{la})Clima_{t-i}^2}{3} - \frac{\sum_{i=3}^5 (\alpha_5^A d_{t-i}^{el} + \alpha_6^A d_{t-i}^{la})Clima_{t-i}^2}{3} + \epsilon_t^A \\ + \alpha_7^A \epsilon_{t-1}^A$$

$$(1c) \pi_t^{S,sa} = A_t^S + \alpha_1^S \left(\frac{\sum_{i=1}^4 \pi_{t-i}^{IPCA,sa}}{4} \right) + \alpha_2^S \frac{\sum_{i=1}^4 (\pi_{t-i}^{S,sa} - A_{t-i}^S)}{4} + (1 - \alpha_1^S - \alpha_2^S) \frac{\pi_{t,t+4|t}^e}{4} + \alpha_3^S h_t + \epsilon_t^S$$

$$(1d) \pi_t^{L,sa} = w^A \pi_t^{A,sa} + w^B \pi_t^{B,sa} + w^S \pi_t^{S,sa}$$

$$(1.1) \hat{\pi}_t^* = w_a \hat{\pi}_t^{*agri} + w_m \hat{\pi}_t^{*metal} + w_e \hat{\pi}_t^{*energia}$$

4/ As inflações importadas oriundas do IC-Br, tanto no índice agregado, como nos índices por grupos, são representadas como variações do índice medido em reais, ou seja, incorporam a variação cambial medida em dólar norte-americano.

5/ Esse termo procura captar possíveis efeitos da taxa de câmbio que não passam pelo preço de *commodities*. A variação de longo prazo considerada utiliza a diferença entre a meta de inflação doméstica e a meta da maioria dos países avançados, de 2%.

6/ Em virtude do papel que os fenômenos *El Niño* e *La Niña* exercem para o comportamento da inflação de alimentos, utiliza-se variável de controle que reflete as temperaturas do Oceano Pacífico. A série utilizada é o *Oceanic Niño Index* (ONI), provida pelo *Climate Prediction Center*, vinculado ao *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) dos Estados Unidos da América (EUA). Para mais detalhes, ver o box [Modelo agregado de pequeno porte – 2017](#), do Relatório de Inflação de junho de 2017.

$$(1.2a) \quad A_t^A = A_{t-1}^A + \epsilon_t^{A^A}$$

$$(1.2b) \quad A_t^B = A_{t-1}^B + \epsilon_t^{A^B}$$

$$(1.2c) \quad w^A A_t^A + w^B A_t^B + w^S A_t^S = 0$$

onde $\pi_t^{B,sa}$, $\pi_t^{A,sa}$ e $\pi_t^{S,sa}$ representam as inflações trimestrais dos grupos de bens industriais, de alimentação no domicílio e de serviços, respectivamente, todas com ajuste sazonal; w^B , w^A e w^S são os respectivos pesos das inflações setoriais na inflação de preços livres, tais que $w^B + w^A + w^S = 1$; A_t^B , A_t^A e A_t^S são variáveis não-observáveis responsáveis por capturar a diferença relativa de inflação entre os grupos⁷; $IPPCV_t$ é o Índice de Pressão nas Cadeias de Suprimentos Brasileiras⁸ no período entre 2020T4 e 2022T3; e ϵ_t^B , ϵ_t^A e ϵ_t^S são termos de erro.

Há apenas duas mudanças na especificação em relação à versão publicada em 2021. À equação de bens industriais foi acrescentado o termo $IPPCV_t$ que representa o impacto do choque extraordinário nas cadeias produtivas ocorrido durante a pandemia, que foi sentido sobretudo no setor de bens industriais. A outra mudança está na equação de alimentação no domicílio, onde foi acrescentado um termo MA(1) de defasagem do termo de erro ($\alpha_7^A \epsilon_{t-1}^A$). Essa defasagem, cujo coeficiente estimado é negativo, ajuda a representar a reversão mais rápida observada nos choques nos preços de alimentos.

Curva IS

A curva IS descreve a dinâmica do hiato do produto doméstico como função de suas defasagens, do hiato de taxa de juros real *ex-ante*, de uma variável fiscal e do hiato do produto mundial:

$$(2) \quad h_t = \beta_1 h_{t-1} - \beta_2 \frac{\hat{r}_{t-1}}{4} - \beta_3 \widehat{rp}_t + \beta_4 h_t^* + s_t^h + \epsilon_t^{h,crise2008} + \epsilon_t^{h,crise2020}$$

com

$$(2.1) \quad \hat{r}_t = i_{t,t+4|t}^e - \pi_{t,t+4|t}^e - \overline{rr}_t^{IS}$$

$$(2.2) \quad s_t^h = \beta_5 s_{t-1}^h + \epsilon_t^h$$

$$(2.3) \quad \overline{rr}_t^{IS} = \overline{rr}_t^{trend} + \widehat{rr}_t^{IS}$$

$$(2.4) \quad \widehat{rr}_t^{IS} = \widehat{rr}_{t-1}^{IS} + \epsilon_t^{rr,IS}$$

onde \hat{r}_t é uma medida de hiato de taxa de juros real, obtida pela diferença entre a expectativa da taxa Selic ao longo de um horizonte de doze meses $i_{t,t+4|t}^e$ e a expectativa de inflação referente ao mesmo período ($\pi_{t,t+4|t}^e$), ambas apuradas pela pesquisa Focus e representadas em taxa anual, e uma taxa de juros real de equilíbrio não observável (\overline{rr}_t^{IS}); \widehat{rp} é uma medida do resultado primário do governo central corrigido por *outliers* e ajustado pelo ciclo econômico, expressa como desvio de sua tendência; h_t^* é uma medida do hiato do produto mundial relevante para a economia brasileira⁹; s_t^h é um choque autorregressivo; e, por fim, ϵ_t^h é um termo de erro.

Em relação às versões de 2021, a curva IS não apresenta mais um termo para o índice de incerteza econômica. Outra modificação foi a introdução de um componente de persistência no choque da IS, que antes era apenas um ruído branco ϵ_t^h e agora é representado por um choque s_t^h com coeficiente autorregressivo β_5

7/ Essas variáveis, representadas no modelo como passeios aleatórios com variâncias calibradas, procuram acomodar as tendências distintas nas inflações setoriais. Por exemplo, a produtividade de bens industriais cresce a uma taxa maior do que a de serviços, o que resulta numa inflação média mais baixa para o primeiro grupo. Essas tendências setoriais distintas são definidas em relação à inflação agregada de preços livres e, portanto, a soma ponderada é zero, por construção (equação 1.2c).

8/ Ver o box [Índice de pressão nas cadeias de suprimentos brasileiras](#), do Relatório de Inflação de setembro de 2022.

9/ Calculado a partir da combinação do PIB de diversos países, onde o peso utilizado para cada país é baseado em sua participação nas exportações brasileiras.

a ser estimado. Também foram acrescentados dois termos de erro, $\epsilon_t^{h,crise2008}$ e $\epsilon_t^{h,crise2020}$, com variâncias calibradas relativamente elevadas durante os períodos da crise financeira de 2008/2009 e da pandemia da Covid-19, respectivamente¹⁰. Houve também mudança na especificação da taxa de juros de equilíbrio \overline{rr}_t^{IS} , que era um passeio aleatório simples e agora passa a ter duas componentes, um componente de persistência elevada \widehat{rr}_t^{IS} e uma tendência de longo prazo \overline{rr}_t^{trend} , dada pela tendência HP do juro real Focus $(i_{t,t+4|t}^e - \pi_{t,t+4|t}^e)$. O desvio-padrão do choque $\epsilon_t^{rr,IS}$ é calibrado de forma que a trajetória resultante de \overline{rr}_t^{IS} tenha variância semelhante às observadas nas trajetórias de média e mediana de indicadores de taxa neutra apresentadas no box [Atualização de medidas de taxa de juros real neutra no Brasil](#) deste Relatório de Inflação.

Função reação do banco central

A função de reação do banco central, representada aqui por uma regra de Taylor, é dada por:

$$(3) \quad i_t = \theta_1 i_{t-1} + \theta_2 i_{t-2} + (1 - \theta_1 - \theta_2) \left[\overline{rr}_t^{taylor} + \pi_t^{meta} + \theta_3 (\pi_{t,t+4|t}^e - \pi_t^{meta}) \right] + \epsilon_t^i$$

$$(3.1) \quad \overline{rr}_t^{taylor} = \overline{rr}_t^{trend} + \widehat{rr}_t^{taylor}$$

$$(3.2) \quad \widehat{rr}_t^{taylor} = \widehat{rr}_{t-1}^{taylor} + \epsilon_t^{rr,taylor}$$

onde i_t representa a meta para a taxa Selic nominal, que é função de seu próprio valor no passado e de respostas do banco central aos desvios das expectativas de inflação $\pi_{t,t+4|t}^e$ em relação à meta (π_t^{meta}), e ϵ_t^i é um termo de erro¹¹. Todas as variáveis estão representadas em taxas anualizadas.

Assim como na curva IS, houve uma mudança de especificação da taxa de equilíbrio em relação à versão do modelo de 2021. Agora, a taxa de equilíbrio foi decomposta em duas partes, uma dada pela tendência HP dos juros reais Focus \overline{rr}_t^{trend} (a mesma usada na IS) e outra dada por um componente de persistência elevada \widehat{rr}_t^{taylor} , distinto daquele da IS. Assim como na curva IS, o desvio-padrão do choque $\epsilon_t^{rr,taylor}$ é calibrado de forma que a trajetória resultante de \overline{rr}_t^{taylor} tenha variância semelhante às observadas nas trajetórias de média e mediana dos indicadores de taxa neutra. A regra de Taylor estimada representa uma função de reação média da autoridade monetária ao diferencial das expectativas de inflação em relação à meta de inflação. Os desvios observados na amostra em relação a essa função de reação média são distribuídos entre \overline{rr}_t^{taylor} (parte mais persistente) e ϵ_t^i (parte mais transitória). Assim, a interpretação da variável \overline{rr}_t^{taylor} da regra de Taylor é diversa daquela da variável \overline{rr}_t^{IS} da curva IS (que representa uma componente não-observável persistente da demanda agregada), o que justificaria desfazer a vinculação entre elas que existia nas versões dos modelos de 2021.

As demais equações dos modelos mantêm a especificação original das versões de 2021 e são referidas a seguir para completude e fechamento dos blocos principais dos modelos.

Paridade descoberta da taxa de juros

A equação da paridade descoberta da taxa de juros (abaixo) relaciona a variação da taxa de câmbio (Δe_t) com a variação do diferencial de juros (i_t^{dif}) domésticos e externos (no caso, a *Fed Funds rate*), ajustados pelo prêmio de risco, medido nesta estimação pelo *Credit Default Swap* (CDS) de cinco anos para o Brasil.

10/ O termo $\epsilon_t^{h,crise2008}$ cobre o período de 2008T4 a 2009T4, e o termo $\epsilon_t^{h,crise2020}$, o período de 2020T1 a 2020T4. Fora desses intervalos, os termos são nulos. A introdução desses termos substitui com vantagem o papel do indicador de incerteza nos períodos de crise. Além disso, a presença desses choques com variância alta reduz o viés que esses períodos atípicos de crise na amostra podem ocasionar na estimação dos parâmetros do modelo. Esse tipo de solução tem sido adotada por vários autores para lidar com a estimação de modelos durante o período da pandemia, por exemplo, Lenza e Primiceri (2022).

11/ Assim como na versão anterior do modelo, não há um termo de reação ao hiato do produto, pois esse não se mostrou bem identificado e significativo no processo de estimação. No entanto, não é correto estender esse resultado a uma interpretação simplista de que o BC não reage à atividade, já que as expectativas de inflação são correlacionadas ao hiato, tendendo a ser mais altas quanto mais positivo está o hiato e vice-versa.

A variação esperada para o câmbio no longo prazo (Δe_t^{ppc}) segue a Paridade do Poder de Compra (PPC) e é dada pelo diferencial entre a meta de inflação doméstica (π_t^{meta}) e a inflação de equilíbrio externa (π^{*ss})¹²:

$$(4) \quad \Delta e_t = \Delta e_t^{ppc} - \delta (i_t^{dif} - i_{t-1}^{dif}) + \epsilon_t^e$$

$$(4.1) \quad i_t^{dif} = i_t - (i_t^* + CDS_t)$$

$$(4.2) \quad \Delta e_t^{ppc} = (\pi_t^{meta} - \pi^{*ss})/4$$

As variações Δe_t e Δe_t^{ppc} são trimestrais, e as taxas i_t , i_t^* e CDS_t estão anualizadas.

Expectativas de inflação

A equação das expectativas de inflação busca manter a coerência e consistência entre as expectativas de inflação medidas pela pesquisa Focus e as demais variáveis do modelo, em especial quando se constroem cenários alternativos ao cenário base, permitindo que alterações em condicionantes das projeções se traduzam em alterações nas expectativas. A equação é dada por:

$$(5) \quad \pi_{t,t+4|t}^e = \varphi_1 \pi_{t-1,t+3|t-1}^e + \varphi_2 E_t \pi_{t,t+4} + \varphi_3 \sum_{i=1}^4 \pi_{t-i}^{IPCA} + (1 - \varphi_1 - \varphi_2 - \varphi_3) \pi_t^{meta} + \epsilon_t^e$$

onde $E_t \pi_{t,t+4}$ representa a expectativa de inflação acumulada quatro trimestres à frente consistente com o modelo (*model-consistent expectations*); π_t^{IPCA} é representada a inflação trimestral do IPCA; e ϵ_t^e é um termo de erro.

Hiato do produto

O modelo trata o hiato do produto como uma variável não-observável, cuja trajetória incorpora informação de quatro variáveis de atividade econômica, referentes ao produto na economia e à ociosidade dos fatores de produção. Especificamente, são utilizados o Produto Interno Bruto (PIB, calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE), o Nível de Utilização da Capacidade Instalada (Nuci, calculado pela Fundação Getulio Vargas – FGV), a taxa de desocupação (medida pelo IBGE) e o estoque de empregos formais medido pelo Novo Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Novo Caged – Ministério do Trabalho e Emprego). A especificação das equações de observação dessas quatro variáveis procura captar o componente cíclico comum a essas medidas de atividade, normalizadas pela variância do PIB:

$$(6) \quad f_{pib}_t = h_t + \sigma^h \epsilon_t^{pib}$$

$$(7) \quad (fnuci_t / \gamma_{nuci}) = h_t + \sigma^h \epsilon_t^{nuci}$$

$$(8) \quad (femp_t / \gamma_{emp}) = h_{t-1} + \sigma^h \epsilon_t^{emp}$$

$$(9) \quad (fcaged_t / \gamma_{caged}) = h_{t-1} + \sigma^h \epsilon_t^{caged}$$

onde f_{x_t} representa o componente cíclico da variável x no período t ; σ^h é o desvio padrão do erro de mensuração, que, por suposição, é igual para todas as observáveis; e ϵ_t^x representa os termos de erro. A componente cíclica das variáveis não estacionárias PIB e Novo Caged é obtida a partir de um filtro HP com $\lambda = 1.600$; as componentes cíclicas da Nuci e desocupação são obtidas subtraindo das séries as respectivas médias do período pré-Covid (até 2019T4). Ressalta-se que o modelo adiciona estrutura econômica à estimação do hiato do produto, ao condicioná-lo também à sua relação com a inflação de preços livres (via curva(s) de Phillips), às expectativas de inflação (via equação de expectativas) e à própria curva IS. Assim, a trajetória

12/ Sobre a utilização da PPC em projeções, ver o box [Condicionalmente de câmbio nas projeções do Banco Central do Brasil e a paridade do poder de compra](#), do Relatório de Inflação de setembro de 2020.

estimada do hiato será influenciada tanto pelos indicadores de atividade quanto pelo comportamento das demais variáveis do modelo.

Parâmetros estimados

A estimação foi realizada com dados trimestrais, considerando o período de 2003T4 a 2023T4. Excluiu-se assim o período inicial do regime de metas, caracterizado por elevada volatilidade, mas a amostra de estimação se estende incorporando todo o período da pandemia da Covid-19. Alguns cuidados foram tomados para evitar que os eventos extremos do período prejudicassem a estimação dos parâmetros. A principal abordagem foi impor variâncias mais altas para os choques no período. A aplicação dessa abordagem na curva IS já foi explicada acima. No caso das curvas de Phillips, tanto do modelo agregado quanto do desagregado, calibraram-se valores mais altos das variâncias dos termos de erro no período entre 2020T2 e 2022T4. O impacto disso é reduzir o peso das observações desses períodos na estimação dos parâmetros dessas curvas, uma vez que o foco aqui é obter valores de parâmetros condizentes com os períodos em que a economia opera de forma mais regular. No caso da Phillips de bens industriais, foi necessário acrescentar o IPPCV como variável explicativa no período da pandemia, já que, para esse setor em particular, o impacto da pandemia não foi apenas o aumento da variância dos choques, mas também uma elevação persistente da inflação setorial por conta dos distúrbios nas cadeias produtivas globais.

As Tabelas 1 e 2 detalham, para os modelos agregado e desagregado, respectivamente, as distribuições *a priori* de cada parâmetro estimado por meio de técnicas bayesianas, bem como apresenta a moda e o intervalo de credibilidade de 90% das distribuições *a posteriori* estimadas. Em geral, a estimação dessa versão do modelo buscou utilizar *prioris* pouco informativas, limitando apenas o suporte. Dessa forma, o resultado da estimação reflete principalmente o ajuste das equações aos dados observados.

Funções de resposta ao impulso

As propriedades do modelo são ilustradas nos gráficos seguintes pelas funções de resposta ao impulso de diferentes choques nas variáveis econômicas e seu impacto na inflação, medida pela variação do IPCA. São apresentadas funções de resposta a choques na taxa Selic, na taxa de câmbio e no hiato do produto. Para cada choque, o gráfico à esquerda apresenta o comportamento da variável em que o choque é aplicado, o à direita mostra o comportamento da inflação acumulada em quatro trimestres e o mais abaixo apresenta o comportamento, no caso do modelo desagregado, da inflação de preços de bens de serviços, de bens industriais e de alimentação no domicílio. As simulações são realizadas incorporando também o modelo de preços administrados¹³.

A primeira simulação ilustra o efeito de um choque na taxa de juros. A taxa Selic anualizada sobe 1 p.p. por quatro trimestres e depois segue comportamento baseado na regra de Taylor (Gráfico 1A). A inflação do IPCA cai, atingindo, no acumulado em quatro trimestres, um efeito máximo estimado de 0,27 p.p. e 0,24 p.p. segundo os modelos agregado e desagregado, respectivamente, alcançados no quarto trimestre após o choque inicial. Considerando os grupos do modelo desagregado, a inflação de serviços é a que responde de forma mais intensa e persistente (Gráfico 1C), refletindo a estimação, na curva de Phillips, de coeficientes de maior magnitude no hiato do produto e nos componentes de inércia. A resposta de alimentação no domicílio

13/ Ver o boxe [Reformulação dos modelos de projeção de médio prazo dos preços administrados](#), do Relatório de Inflação de setembro de 2017.

Tabela 1 – Parâmetros estimados, modelo agregado

Parâmetros	Descrição da variável ou do parâmetro	Priori	Posteriori	
		Distribuição*	Moda	Intervalo de credibilidade (90%)
Curva de Phillips Preços Livres				
α_{1L}	Inércia da inflação de livres	Uniforme ([0;1])	0,24	[0,02; 0,38]
α_{1I}	Inércia da inflação IPCA	Uniforme ([0;1])	0,38	[0,13; 0,69]
α_2	Inflação importada	Uniforme ([0;1])	0,023	[0,006; 0,039]
α_3	Variação do câmbio	Uniforme ([0;1])	0,011	[0; 0,025]
α_4	Hiato do produto	Uniforme ([0;1])	0,120	[0,072; 0,198]
α_5	Anomalia climática, <i>El Niño</i>	Uniforme ([0;0,01])	0,0012	[0,0004; 0,0019]
α_6	Anomalia climática, <i>La Niña</i>	Uniforme ([0;0,01])	0,0007	[0; 0,0021]
Curva IS				
β_1	Autorregressivo da IS	Uniforme ([0;1])	0,85	[0,7; 0,95]
β_2	Juro real	Uniforme ([0;1])	0,44	[0,21; 0,66]
β_3	Resultado primário	Beta ([0,03;0,002])	0,030	[0,027; 0,032]
β_4	Hiato mundial	Uniforme ([0;1])	0,054	[0; 0,23]
β_5	Autorregressivo do choque da IS	Uniforme ([0;1])	0,84	[0,59; 0,99]
Regra de Taylor				
θ_1	Suavização dos juros, 1ª defasagem	Uniforme ([0;2])	1,48	[1,41; 1,54]
θ_2	Suavização dos juros, 2ª defasagem	Uniforme ([-1;1])	-0,58	[-0,63; -0,52]
θ_3	Desvio da expectativa de inflação em relação à meta	Uniforme ([0;4])	2,03	[1,47; 2,64]
Expectativas de inflação				
φ_1	Inércia das expectativas	Uniforme ([0;1])	0,75	[0,68; 0,82]
φ_2	Expectativa consistente com o modelo	Uniforme ([0;1])	0,11	[0,06; 0,13]
φ_3	Inflação passada	Uniforme ([0;1])	0,021	[0; 0,049]
Outras curvas				
δ	Diferencial de taxa de juros interna e externa	Uniforme ([0;10])	1,90	[0,77; 3,22]
γ_{nuci}	Coefficiente de proporcionalidade da Nuci	Uniforme ([0;3])	1,87	[1,65; 2,12]
γ_{emp}	Coefficiente de proporcionalidade do emprego	Uniforme ([0;3])	1,10	[0,96; 1,25]
γ_{caged}	Coefficiente de proporcionalidade do Caged	Uniforme ([0;3])	0,69	[0,61; 0,79]
σ^h	Desvio padrão de erro de mensuração	Uniforme ([0;2])	1,09	[0,98; 1,21]

* As distribuições uniformes são definidas com os limites dos intervalos da distribuição, as distribuições beta por média e desvio-padrão.

se dá de forma mais rápida e intensa do que em bens industriais por causa da resposta mais rápida e intensa à apreciação cambial resultante do choque de juros.

Uma depreciação permanente do câmbio de 10%, por sua vez, produz um efeito máximo na variação acumulada em quatro trimestres do IPCA de aproximadamente 0,96 p.p. e 0,87 p.p. no IPCA (Gráficos 2A e 2B), segundo os modelos agregado e desagregado, respectivamente. Nesse caso, a inflação de preços livres aumenta 0,72 p.p. e 0,61 p.p. e a de preços administrados cerca de 1,65 p.p. e 1,61 p.p., conforme os modelos agregado e desagregado, respectivamente. Considerando os pesos desse grupos, a contribuição da inflação de preços administrados para a inflação do IPCA é de cerca de 0,41p.p e 0,40p.p. nos modelos agregado e desagregado, respectivamente. Usando o modelo desagregado, percebe-se que, dentro dos preços livres, alimentação no domicílio é o grupo mais impactado pela depreciação cambial, seguida por bens industriais e, por último, por serviços (Gráfico 2C). Este último é afetado pela depreciação cambial apenas de forma indireta. A sua reação tem um pico que ocorre um pouco mais tarde que os demais e apresenta maior persistência.

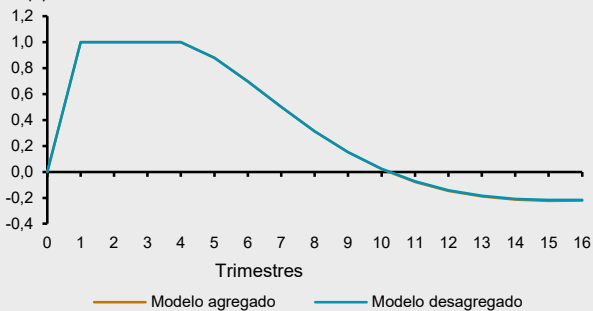
Tabela 2 – Parâmetros estimados, modelo desagregado

Parâmetros	Descrição da variável ou do parâmetro	Priori	Posteriori	
		Distribuição*	Moda	Intervalo de credibilidade (90%)
Curva de Phillips Bens Industriais				
α^B_1	Inércia da inflação setorial	Uniforme ([0;1])	0,43	[0,252; 0,598]
$\alpha^B_{2,0}$	<i>Commodities</i> metálicas em R\$, termo contemporâneo	Uniforme ([0;1])	0,0095	[0; 0,024]
$\alpha^B_{2,1}$	<i>Commodities</i> metálicas em R\$, 1ª defasagem	Uniforme ([0;1])	0,0082	[0; 0,021]
α^B_3	Petróleo em R\$	Uniforme ([0;1])	0,0086	[0; 0,015]
α^B_4	Variação do câmbio, 1ª defasagem	Uniforme ([0;1])	0,015	[0,0011; 0,0302]
α^B_5	Índice de pressão nas cadeias de suprimentos	Uniforme ([0;1])	0,23	[0; 0,45]
α^B_6	Hiato do produto	Uniforme ([0;1])	0,079	[0,017; 0,15]
Curva de Phillips Alimentação no domicílio				
α^A_1	Inércia da inflação setorial	Uniforme ([0;1])	0,53	[0,12; 0,63]
α^A_2	<i>Commodities</i> agrícolas em R\$	Uniforme ([0;1])	0,045	[0,0001; 0,083]
α^A_3	Variação do câmbio	Uniforme ([0;1])	0,023	[0; 0,066]
α^A_4	Hiato do produto	Uniforme ([0;1])	0,073	[0; 0,22]
α^A_5	Anomalia climática, <i>El Niño</i>	Uniforme ([0;0,01])	0,0044	[0,0022; 0,0069]
α^A_6	Anomalia climática, <i>La Niña</i>	Uniforme ([0;0,01])	0,0041	[0,0008; 0,0094]
α^A_7	Coefficiente MA(1) do choque da Phillips	Uniforme ([0;1])	-0,50	[-0,62; -0,01]
Curva de Phillips Serviços				
α^S_1	Inércia da inflação do IPCA	Uniforme ([0;1])	0,37	[0,19; 0,55]
α^S_2	Inércia da inflação setorial	Uniforme ([0;1])	0,30	[0,104; 0,497]
α^S_3	Hiato do produto	Uniforme ([0;1])	0,13	[0,095; 0,173]
Curva IS				
β_1	Autorregressivo da IS	Uniforme ([0;1])	0,86	[0,7; 0,96]
β_2	Juro real	Uniforme ([0;1])	0,44	[0,14; 0,69]
β_3	Resultado primário	Beta ([0,03;0,002])	0,030	[0,027; 0,033]
β_4	Hiato mundial	Uniforme ([0;1])	0,053	[0; 0,22]
β_5	Autorregressivo do choque da IS	Uniforme ([0;1])	0,83	[0,56; 1]
Regra de Taylor				
θ_1	Suavização dos juros, 1ª defasagem	Uniforme ([0;2])	1,48	[1,41; 1,53]
θ_2	Suavização dos juros, 2ª defasagem	Uniforme ([-1;1])	-0,58	[-0,63; -0,53]
θ_3	Desvio da expectativa de inflação em relação à meta	Uniforme ([0;4])	2,07	[1,55; 2,7]
Expectativas de inflação				
φ_1	Inércia das expectativas	Uniforme ([0;1])	0,74	[0,66; 0,79]
φ_2	Expectativa consistente com o modelo	Uniforme ([0;1])	0,12	[0,08; 0,15]
φ_3	Inflação passada	Uniforme ([0;1])	0,026	[0,004; 0,056]
Outras curvas				
δ	Diferencial de taxa de juros interna e externa	Uniforme ([0;10])	1,95	[0,73; 3,19]
γ_{nuci}	Coefficiente de proporcionalidade da Nuci	Uniforme ([0;3])	1,86	[1,65; 2,12]
γ_{emp}	Coefficiente de proporcionalidade do emprego	Uniforme ([0;3])	1,09	[0,97; 1,25]
γ_{caged}	Coefficiente de proporcionalidade do Caged	Uniforme ([0;3])	0,70	[0,62; 0,79]
σ^h	Desvio padrão de erro de mensuração	Uniforme ([0;2])	1,10	[0,98; 1,21]

* As distribuições uniformes são definidas com os limites dos intervalos da distribuição, as distribuições beta por média e desvio-padrão.

No caso da curva IS, um choque positivo de 1% no hiato do produto (que pode ser entendido como um choque de demanda) ocasiona elevação de 0,49 p.p. e 0,45 p.p. na inflação do IPCA acumulada em quatro trimestres, segundo os modelos agregado e desagregado, respectivamente. Na desagregação, percebe-se que a inflação

Gráfico 1A – Taxa de juros Selic após choque de política monetária
p.p. a.a.



Taxa Selic mais alta em 1 p.p. durante quatro trimestres consecutivos e depois segue a regra de Taylor.

Gráfico 1B – Resposta da inflação ao choque na taxa de juros
Acumulada em quatro trimestres (p.p.)

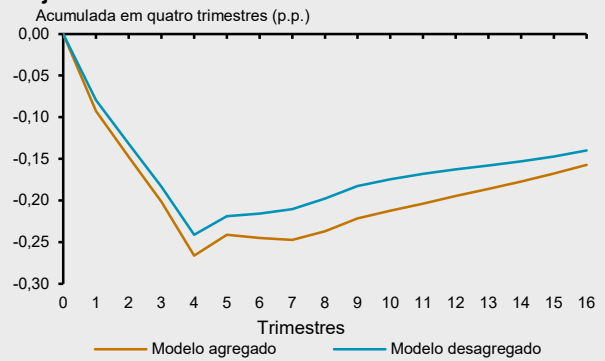


Gráfico 1C – Resposta das inflações setoriais ao choque na taxa de juros
Acumulada em quatro trimestres (p.p.)

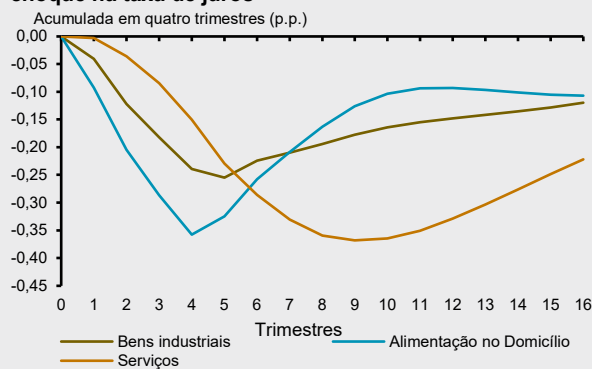
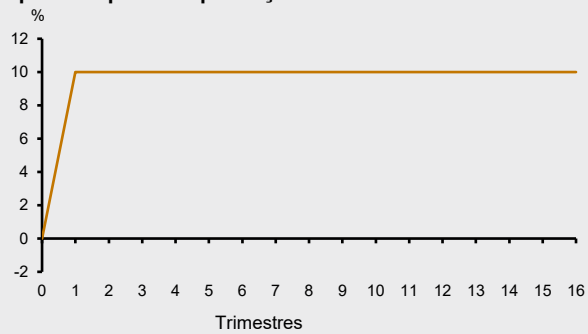


Gráfico 2A – Variação acumulada da taxa de câmbio após choque de depreciação cambial
%



Depreciação de 10% na taxa de câmbio em um trimestre.

Gráfico 2B – Resposta de inflação ao choque de depreciação cambial
Acumulada em quatro trimestres (p.p.)

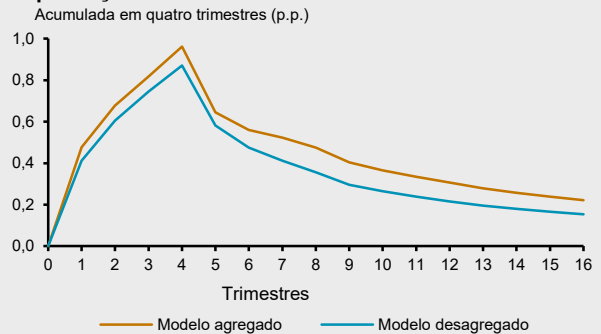
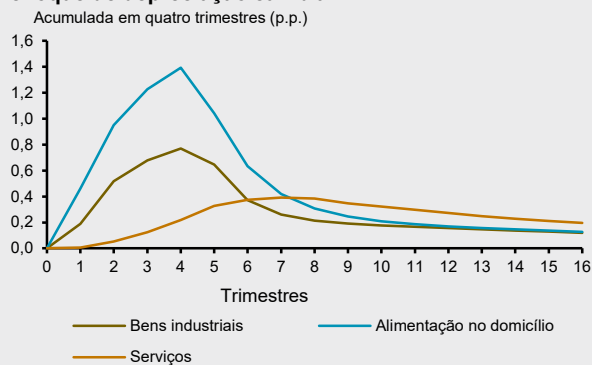
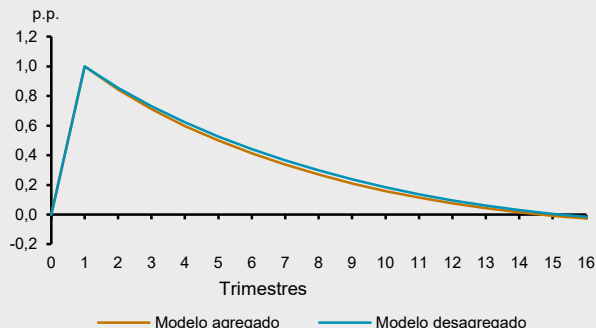


Gráfico 2C – Resposta das inflações setoriais ao choque de depreciação cambial
Acumulada em quatro trimestres (p.p.)



de serviços é a que mais responde ao choque no hiato, seguida por bens industriais e alimentação no domicílio (Gráfico 3C), refletindo as diferenças na magnitude do coeficiente no hiato do produto nas curvas setoriais de Phillips. A inflação de serviços também é a que apresenta maior persistência.

Gráfico 3A – Hiato do produto após choque no próprio hiato



Queda de 1p.p. no hiato do produto doméstico durante um trimestre.

Gráfico 3B – Resposta de inflação ao choque de hiato do produto

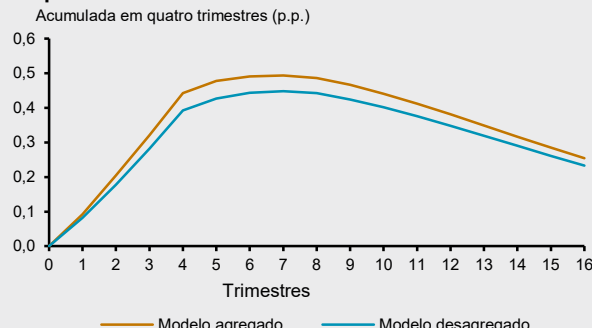
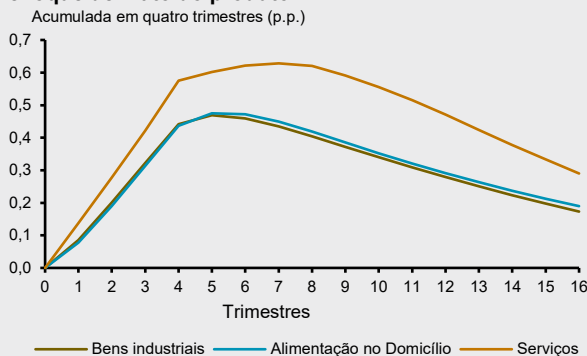
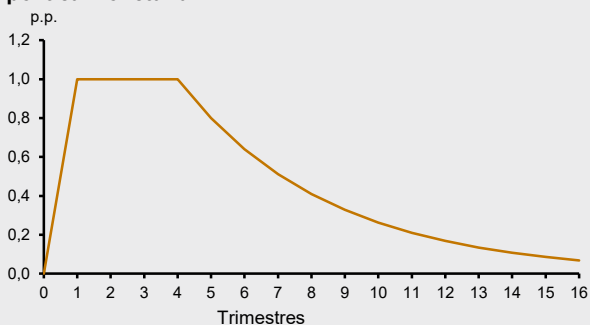


Gráfico 3C – Resposta das inflações setoriais ao choque de hiato do produto



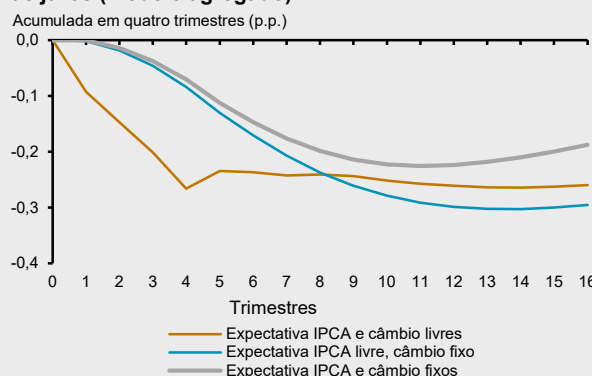
A transmissão de um choque de política monetária se faz por vários canais no modelo. Além do impacto sobre a demanda agregada e hiato do produto, representado na curva IS, o choque também afeta a inflação pelo canal de câmbio da equação da UIP e mais indiretamente via impacto nas expectativas de inflação. Pode-se ilustrar a existência desses canais por meio de um exercício simples usando o modelo agregado. Introduzimos no modelo um choque de juros exógeno com trajetória fixa, elevando-se 1 p.p. por quatro trimestres e depois decaindo a um fator fixo de 0,8 por trimestre (Gráfico 4A). Essa trajetória fixa serve para silenciar a resposta endógena do modelo via regra de Taylor, garantindo que a trajetória de juro seja idêntica nos exercícios seguintes, tornando-os mais comparáveis. Num primeiro caso, permite-se que câmbio e expectativas respondam endogenamente ao choque de juros, observando-se uma resposta rápida e intensa (Gráfico 4B). Num segundo caso, silenciamos o canal de transmissão via câmbio, e a resposta da inflação

Gráfico 4A – Taxa de juros Selic após choque de política monetária



Elevação de 1p.p. na Selic por 4 trimestres, retornando gradualmente com taxa de decaimento 0,8.

Gráfico 4B – Resposta de inflação ao choque na taxa de juros (modelo agregado)



passa a ser mais defasada e persistente. Por fim, um último cenário em que se impede também a reação das expectativas de inflação, reduz-se ainda mais a intensidade da resposta da inflação, que apresenta também uma persistência menor. É interessante ilustrar esses canais de transmissão também porque, no processo de construção de cenários de projeção baseados em modelos, uma mesma trajetória de juros pode produzir respostas diferentes da inflação de acordo com as hipóteses que são simultaneamente levantadas sobre o comportamento de outras variáveis.

Considerações finais

Visando manter o nível de transparência que caracteriza as ações de política monetária, este box apresenta informações sobre a atualização dos modelos semiestruturais de pequeno porte utilizados pelo BC.

Essa revisão não alterou significativamente a estrutura dos modelos. Concentrou-se em aperfeiçoar pontos específicos da estimação e estender a amostra de estimação para até o quarto trimestre de 2023, considerando os ajustes necessários para lidar com o choque econômico gerado pela pandemia da Covid-19. Cabe enfatizar que, assim como em outros modelos utilizados pelo BC para efetuar análises de cenários e projeções, as especificações do modelo e estimação são continuamente reavaliadas e revisadas.

Ressalta-se ainda que as projeções apresentadas nos documentos oficiais do Copom são resultado da combinação dos seguintes elementos: (i) análise de conjuntura e projeções de especialistas para preços livres para horizontes mais curtos e para preços administrados até determinado horizonte; (ii) utilização de modelos macroeconômicos, de modelos satélites, de modelos específicos para os itens de preços administrados e de estudos; (iii) construção de trajetórias e hipóteses sobre os condicionantes; e (iv) avaliação sobre o estado e perspectivas da economia.

Referência

LENZA, M., & PRIMICERI, G. E. (2022). "How to estimate a vector autoregression after March 2020", *Journal of Applied Econometrics*, 37(4), 688-699.