

NOTA TÉCNICA I

Modelagem da Relação entre a Inflação do Consumidor e a Inflação do PIB

1 Introdução

O Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e o Deflator Implícito do Produto Interno Bruto (PIB) são medidas da inflação em uma economia. O IPCA mede a variação dos preços a partir da perspectiva do consumidor ao utilizar como parâmetro uma cesta de bens e serviços adquiridos por famílias com rendimentos mensais entre 1 e 40 salários-mínimos, sejam eles produzidos domesticamente ou no exterior. O Deflator Implícito do PIB, por sua vez, mede a variação dos preços a partir da perspectiva da produção nacional, refletindo a variação de preços do valor adicionado e excluindo a aquisição dos bens e serviços importados.

O IPCA é produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) desde 1979 e tem por objetivo medir a inflação de um conjunto de produtos e serviços comercializados no varejo, referente ao consumo pessoal das famílias, cujos rendimentos variam entre 1 e 40 salários mínimos, qualquer que seja a fonte de rendimentos. Esta faixa de renda foi criada com o objetivo de garantir uma cobertura de 90% das famílias pertencentes às áreas urbanas de cobertura do Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor - SNIPC.

Desde junho de 1999, o IPCA é o índice utilizado pelo Banco Central do Brasil (BCB) para o acompanhamento do sistema de metas de inflação, sendo considerado o índice oficial da inflação com a qual se depara o consumidor brasileiro. A coleta dos preços para sua aferição é realizada em estabelecimentos comerciais, prestadores de serviços, domicílios e concessionárias de serviços públicos, nas Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro, Porto Alegre, Belo Horizonte, Recife, São Paulo, Belém, Fortaleza, Salvador e Curitiba, além de Brasília e do município de Goiânia.

O período de coleta do IPCA estende-se, em geral, do dia 01 a 30 do mês de referência. São considerados nove grupos de produtos e serviços: alimentação e bebidas; artigos de residência; comunicação; despesas pessoais; educação; habitação; saúde e cuidados pessoais; transportes e vestuário. Eles são subdivididos em outros itens. Ao todo, são consideradas as variações de preços de 465 subitens.

Por sua vez, o deflator implícito do PIB é a razão entre o PIB Nominal e o PIB Real. O termo implícito do deflator do PIB deriva justamente do fato de não ser este um índice construído a partir de uma coleta direta de dados, a exemplo do IPCA. O deflator implícito do PIB é uma espécie de inflação do PIB, mensurando a variação média dos preços de um período em relação aos preços do período

Alexandre Manoel Silva

Secretaria de Acompanhamento Econômico do Ministério da Fazenda (SEAE/MF).

Alexandre Ywata Carvalho

Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Ipea.

Bruno Fabrício Ferreira da Rocha

SEAE/MF.

Giovanni Silva Bevilaqua

SEAE/MF e UnB.

anterior. É mais abrangente que o IPCA, pois considera informações não contidas na coleta dos dados da inflação ao consumidor, como os preços implícitos da administração pública.



Em diversas ocasiões, o deflator implícito do PIB tende a se distanciar do IPCA, seja por este não refletir a variação de preços do valor adicionado, seja pela diferença em sua abrangência ou até mesmo pelo tratamento dado às importações. A título de ilustração, aumento dos preços das importações em reais significa crescimento do IPCA devido ao encarecimento dos produtos transacionados internamente, tanto no segmento atacadista como no varejo. Porém, não necessariamente há incremento no deflator implícito do PIB pelo fato das importações não se constituírem valor adicionado.

De fato, se o aumento dos preços das importações for integralmente repassado aos agentes finais, o impacto sobre a variação do deflator implícito do PIB será nulo. Entretanto, se parte dessa elevação for absorvida pelos agentes produtivos, significando redução de margens, o impacto sobre a variação do deflator será negativo. Nessa diferença de tratamento dada pelo IPCA e pelo deflator, reside a principal razão para os comportamentos distintos ao longo dos anos.

1.1 A Importância da Relação entre o IPCA e o Deflator do PIB para a Gestão do Novo Regime Fiscal no Brasil

No âmbito das finanças públicas, entende-se que há crise fiscal quando existe dificuldade do governo em rolar sua dívida. Essa dificuldade evidencia-se desde a necessidade de pagar juros mais elevados sobre os títulos do governo, até a perda completa de acesso ao mercado de crédito. Em uma trajetória de insustentabilidade da dívida pública, há prejuízos não apenas para o setor governamental, mas também aumento dos prêmios de risco aplicados sobre empréstimos captados pelo setor privado e, principalmente, aumento da incerteza sobre o futuro, que desencoraja o investimento e o consumo.

A fim de medirmos as condições de sustentabilidade da dívida pública¹, costuma-se utilizar a razão entre a dívida bruta e o PIB; isto é, o quanto a dívida pública representa do total da renda anualmente gerada no país, verificando se essa razão apresenta uma trajetória crescente, estável ou decrescente. A figura 1 apresenta a evolução da Dívida Bruta do Governo Geral (DBGG), entre os anos 2006 e 2016, e a evolução da relação percentual entre a dívida bruta e o PIB. Observa-se que a DBGG apresentou trajetória com acentuada inclinação positiva nos últimos anos, atingindo o patamar de 70,3% do PIB em outubro de 2016.

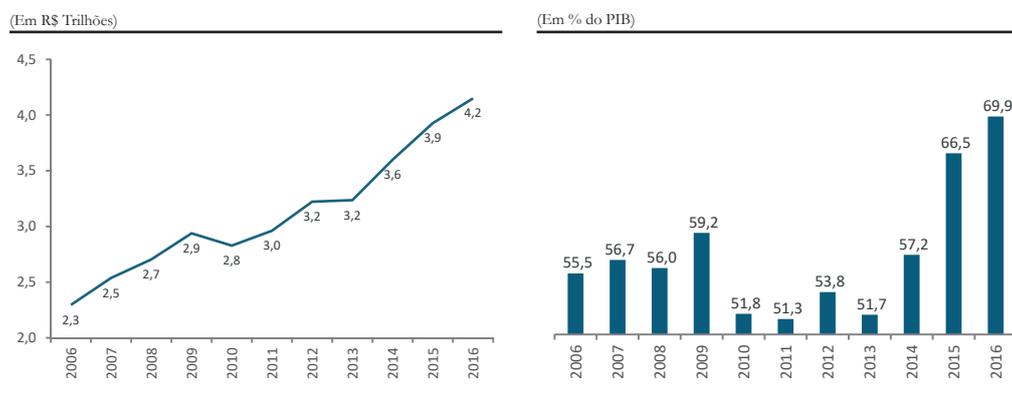
Considerando-se o endividamento, conforme apresentado na figura 1, esteja em trajetória não sustentável, como reflexo da deterioração das contas públicas no

¹ Para maiores detalhes sobre sustentabilidade da dívida pública, ver Da Costa, C.E.E.L., "Sustentabilidade da Dívida Pública", In: "Dívida Pública: A Experiência Brasileira", Secretaria do Tesouro Nacional, 2009.

período recente, foi promulgada em dezembro de 2016 a Emenda Constitucional número 95, que estabelece um limite para o crescimento dos gastos públicos². De acordo com a Emenda, a despesa Primária total não poderá ter crescimento real a partir de 2017, sendo um de seus objetivos promover a sustentabilidade da dívida pública por meio do controle do crescimento real dos gastos públicos, fazendo com que estes caiam ao longo do tempo, em proporção do PIB, para níveis observados nos períodos em que o Brasil apresentava superávits primários. Além disso, espera-se que haja uma maior racionalização do uso dos recursos públicos, buscando-se maior eficiência e melhor relação de custo-benefício nos programas e ações do governo.

Nesse sentido, como a proposta de teto para o gasto público federal prevê que as despesas primárias sejam reajustadas pelo IPCA, é possível perceber que se o deflator implícito do PIB estiver em nível mais elevado do que o IPCA, o PIB crescerá mais rapidamente que os gastos públicos, tornando mais célere, ao longo do tempo, a redução do indicador gasto primário como proporção do PIB. Daí, é necessária uma cuidadosa análise do comportamento tanto da inflação do PIB quanto da inflação do consumidor no intuito de tornar mais consistente a projeção das despesas primárias como proporção do PIB e de subsidiar a tomada de decisão em relação à gestão do Novo Regime Fiscal.

Figura 1: Evolução da Dívida Bruta do Governo Geral



Fonte: MF/SEAE/COMFI.

Observação: o gráfico da esquerda apresenta a evolução anual da dívida bruta do governo geral, enquanto o gráfico inferior traz a evolução da relação dívida bruta sobre produto interno bruto.

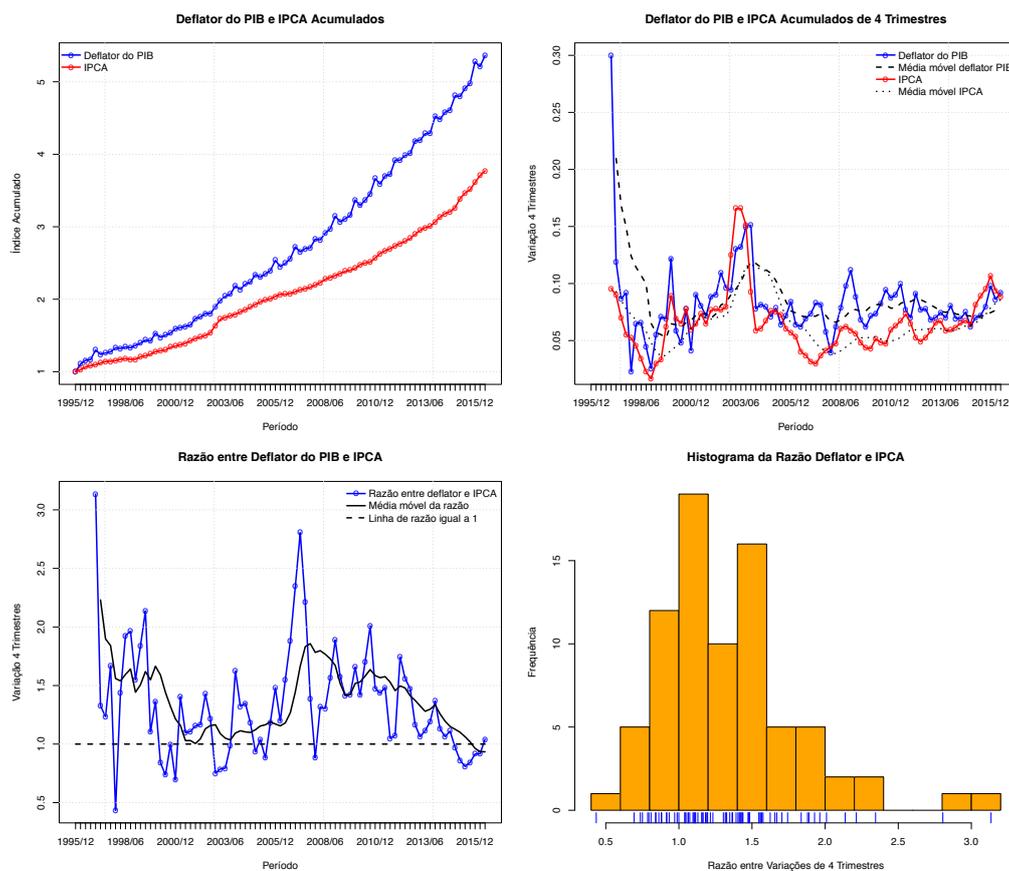
A figura 2 apresenta a evolução dos deflatores do PIB total e do IPCA, ao longo dos últimos 20 anos. Foi utilizada a variação acumulada de quatro trimestres para o IPCA, a partir de dados obtidos no IPEADATA. Para o deflator do PIB, utilizou-se também a variação acumulada para quatro trimestres, a partir de informações obtidas no site do IBGE. Nesse caso, o deflator foi calculado como o PIB trimestral em valores correntes dividido pelo PIB em valores de 1995. Pode-se observar que, durante a maior parte do período entre 2001 até 2014, o deflator do PIB variou em níveis acima do IPCA, comportamento que foi revertido a partir do final de 2014.

O objetivo deste texto é melhor entender a relação entre o Deflator Implícito do

² Novo Regime Fiscal - Nota à Imprensa pelo Ministério da Fazenda - Disponível em: <http://www.fazenda.gov.br/noticias/2016/junho/novo-regime-fiscal>. Acesso em 19/10/2016.

PIB - também aqui denominado inflação do PIB - e o IPCA - aqui denominado inflação do consumidor -, com a finalidade de projetar relações (entre a inflação do PIB e a do consumidor). Espera-se, dessa forma, subsidiar a obtenção de estimativas para variáveis macroeconômicas normalmente utilizadas na gestão da política fiscal, a exemplo da despesa pública como proporção do PIB. Neste estudo, considerando-se a amostra coletada de deflator do PIB e do IPCA nos últimos anos, foram feitas previsões das relações entre a inflação do PIB e a do consumidor para os próximos trimestres, a partir de vetores autoregressivos, e vetores autorregressivos com variáveis exógenas.

Figura 2: Relação entre o Deflator do PIB e o IPCA



Observações: o gráfico (A) apresenta o índices acumulados do deflator do PIB e do IPCA, a partir do final de 1995; (B) apresenta os gráficos da variação acumulada de quatro trimestres para deflator do PIB e para o IPCA (juntamente com médias móveis de 8 trimestres); (C) apresenta a razão entre o deflator do PIB e do IPCA, juntamente com uma média acumulada de 8 trimestres para suavizar a visualização; (D) apresenta o histograma da relação entre deflator do PIB e IPCA.

Além desta introdução, este artigo é dividido em mais 4 seções. Na próxima seção, serão analisadas as séries históricas das variáveis relevantes para a construção dos modelos utilizados para se estimar os valores futuros do deflator do PIB e do IPCA. Na seção 3, apresenta-se a metodologia de modelagem de séries temporais empregada. A seção 4 apresenta os resultados dos modelos utilizados, e a seção 5 conclui este documento.

2 Variáveis Utilizadas

Nesta seção apresenta-se o conjunto de séries temporais das variáveis utilizadas no

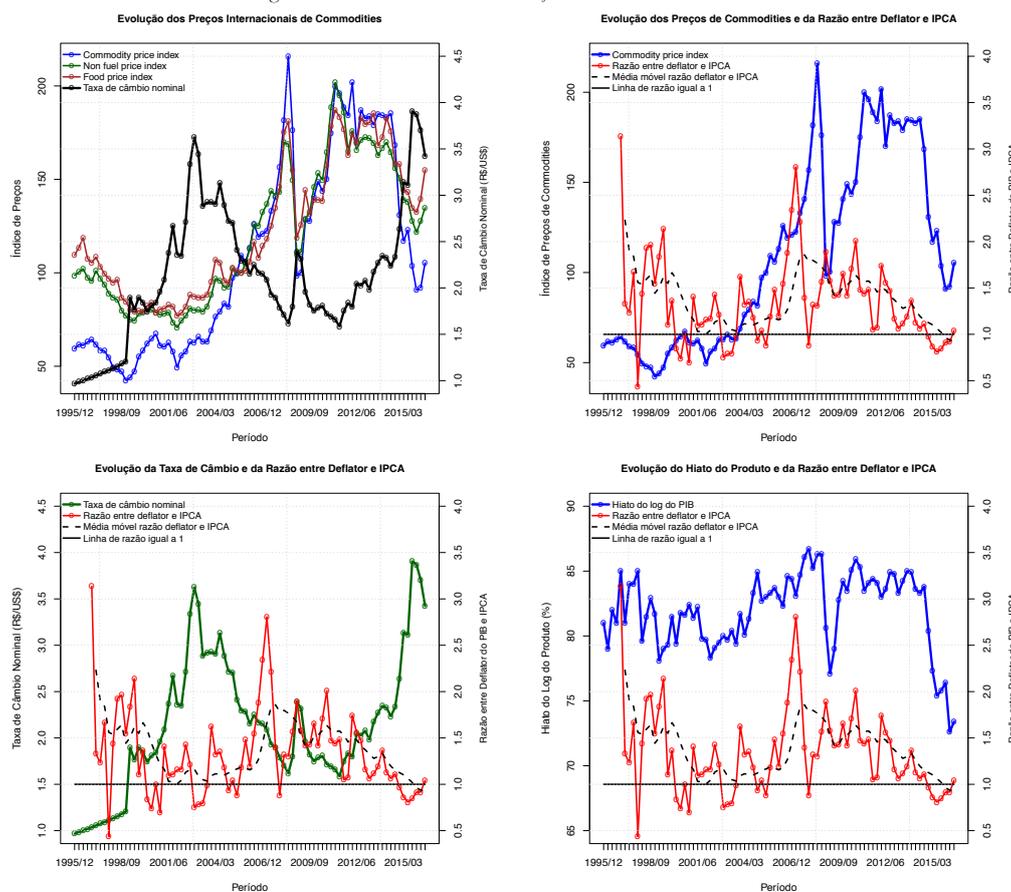
exercício de previsão, utilizando modelos de séries temporais que serão descritos na próxima seção. Conforme discutido acima, um aumento dos preços das importações em reais significa crescimento do IPCA devido ao encarecimento dos produtos transacionados internamente, tanto no segmento atacadista como no varejo. Porém, não necessariamente há incremento no deflator implícito do PIB pelo fato das importações não se constituírem valor adicionado. Portanto, a taxa de câmbio, e variáveis associadas, como preços internacionais de *commodities*, são candidatos naturais de variáveis econômicas a considerarmos quando do estudo da relação entre deflator do PIB e IPCA.

A figura 3 apresenta a evolução das variáveis mais diretamente consideradas nos modelos estimados neste trabalho. Note que, na maior parte do período em que o deflator do PIB esteve acima do IPCA, os preços internacionais das *commodities* apresentaram grande alta, conforme se verifica no gráfico (B) da figura 3. Uma vez que essa alta dos preços das *commodities* impactou substancialmente a taxa de câmbio brasileira, sugere-se que a taxa de câmbio seja uma variável relevante para explicar o comportamento da razão entre o IPCA e o deflator do PIB. Estudos voltados para a análise das chamadas *commodities currencies*, isto é, moedas de países cuja pauta de exportações contam com uma grande participação de *commodities*, incorporam os preços das *commodities* em seus modelos de determinação das taxas de câmbio, identificando uma tendência da existência de uma taxa de câmbio mais apreciada em países exportadores de produtos intensivos em recursos naturais, como é o caso do Brasil (Veríssimo, Xavier e Vieira, 2012). O gráfico (C) da figura 3 mostra a relação entre a taxa de câmbio nominal e a razão deflator do PIB/IPCA.

Nesse sentido, visto que a taxa de câmbio brasileira se mostra diretamente correlacionada com o preço das *commodities*, foi utilizada apenas a taxa de câmbio para explicar a razão deflator do PIB/IPCA, excluindo, portanto, os preços das *commodities*. Além disso, utilizou-se na modelagem o nível de utilização da capacidade instalada, compilado pela Fundação Getúlio Vargas, como proxy para o hiato do produto. O hiato do produto mostra o quanto a demanda da economia está distante de sua capacidade máxima de produção. O gráfico (D) da figura 3 mostra a evolução dessa proxy para o hiato do produto e a razão deflator do PIB/IPCA, em que se pode observar também uma relação entre as variáveis no período em análise. A ideia de se incluir o hiato do produto ao modelo é para entender como diferentes pressões causadas pelo aquecimento ou arrefecimento da economia podem impactar diferentemente o IPCA e o deflator do PIB. Observa-se, pelo gráfico, que um maior nível de utilização da capacidade instalada aparentemente está associado a uma maior razão entre o deflator do PIB e o IPCA.

Em resumo, na construção dos modelos multivariados dinâmicos, conforme discutido na próxima seção, foram utilizadas as séries temporais: (i) variação acumulada de quatro trimestres para o IPCA; (ii) variação acumulada de quatro trimestres para o deflator do PIB; (iii) o nível de utilização da capacidade instalada, da Fundação Getúlio Vargas; (iv) a taxa de câmbio nominal (R\$/US\$).

Figura 3: Análise Gráfica da Evolução das Variáveis Utilizadas.



Observações: o gráfico (A) apresenta a evolução dos diferentes índices de preços internacionais de commodities, juntamente com a taxa de câmbio nominal (R\$/US\$); (B) apresenta a evolução do índice preços internacionais de commodities juntamente com a evolução da razão entre deflator do PIB e IPCA; (C) traz a evolução da taxa de câmbio nominal juntamente com a razão entre o deflator do PIB e o IPCA; (D) apresenta a evolução do nível de utilização da capacidade instalada, da FGV, juntamente com a evolução da relação entre deflator do PIB e IPCA.
Fontes: FMI, Banco Central do Brasil, IBGE e IpeaData.

3 Metodologia

O emprego de métodos relacionados à modelagem de séries temporais em Economia tem uma longa história. Estes métodos possuem a peculiaridade de utilizarem apenas o comportamento passado de uma variável e, com base nesse comportamento apresentado, realizarem previsões de seu comportamento futuro (Rossi e Neves, 2014). Neste estudo, foram adotados modelos para a obtenção de previsões (da razão deflator do PIB/IPCA) não condicionais e de previsões condicionais, considerando-se as trajetórias futuras para o hiato do produto e para a taxa de câmbio entre o real e o dólar norte-americano.

3.1 Modelos de Vetores Autorregressivos (VAR)

Modelos que utilizam vetores autorregressivos são comumente utilizados na literatura de séries temporais. Esses modelos podem ser estimados por meio de métodos consagrados, como o de mínimos quadrados ordinários, máxima verossimilhança ou estimadores Bayesianos (Tsay, 2014, Lutkepohl, 2010, Clements e Hendry, 2008, Sims e Tao, 1998).

Formalmente, seja $y_t=(y_{1t},y_{2t},\dots,y_{kt})$, $t=1,2,\dots,T$, um vetor k -dimensional de séries temporais de variáveis aleatórias de interesse. O vetor autorregressivo de ordem p é escrito como

$$y_t = \delta + A_1 y_{t-1} + \dots + A_p y_{t-p} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

em que ε_t é um vetor aleatório, $\varepsilon_t=(\varepsilon_{1t},\varepsilon_{2t},\dots,\varepsilon_{kt})'$, com $E[\varepsilon_t]=0$, $E[\varepsilon_t \varepsilon_s']=0$, quando $s \neq t$, e $E[\varepsilon_t \varepsilon_t']=\Sigma$, δ é um vetor k -dimensional constante, e A_i , $i=1,2,\dots,p$, são matrizes $k \times k$. Os itens δ , Σ e A_i , $i=1,2,\dots,p$ são desconhecidos e precisam ser estimados com base em dados históricos.

Os modelos de vetores autorregressivos permitem capturar a dinâmica conjunta de várias séries históricas ao longo do tempo. A partir da estrutura estimada na equação (1) acima, é possível encontrar como cada variável é impactada pelas demais variáveis no sistema (decomposição de variância), é possível entender como perturbações em cada variável pode impactar na trajetória futura das demais (funções de impulso e resposta), e é possível o levantamento de previsões condicionais de determinadas variáveis em relação às demais. Além disso, existe uma vasta literatura sobre como os modelos VAR podem ser utilizados para capturar relações de longo prazo entre as variáveis no sistema (Clements e Hendry, 2008), identificando-se dinâmicas de curto e longo prazos (cointegração e representação do VAR na forma de equações com mecanismos de correção de erros). O modelo representado pela equação (1) é denominado comumente de VAR(p), para deixar explícito o número de defasagens utilizado.

Uma das vantagens da utilização de modelos VAR é a capacidade de incluirmos variáveis estacionárias, $I(0)$, e não-estacionárias, $I(1)$, no mesmo sistema de equações. Conforme discutido no capítulo 18, de Hamilton (1994), incluindo-se defasagens suficientes para as variáveis em nível, não há a necessidade de se trabalhar explicitamente com variáveis em diferenças. No entanto, alguns cuidados devem ser considerados quanto à distribuição assintótica de algumas estatísticas teste. Para testes de causalidade de Granger, por exemplo, quando há variáveis $I(1)$ no sistema, a distribuição assintótica da estatística para um teste de Wald tradicional não corresponde a uma distribuição qui-quadrada – válida para casos nos quais as variáveis são todas $I(0)$.

3.2 Modelos de Vetores Autorregressivos com Variáveis Exógenas (VARX)

Um processo autorregressivo vetorial (VAR) pode ser afetado por outras variáveis observáveis, que são determinadas fora do sistema de interesse, e são denominadas variáveis exógenas ou independentes. Nesse sentido, o vetor y_t é conhecido com vetor de variáveis endógenas. Essas variáveis podem ser determinísticas ou estocásticas. Com a inclusão de variáveis exógenas, a equação (1) é reescrita como

$$y_t = \delta + \sum_{i=1}^p A_i y_{t-i} + \sum_{j=0}^m B_j x_{t-j} + \varepsilon_t, \quad (2)$$

em que B_j , $j=0,1,2,\dots,s$ são matrizes $k \times n$ desconhecidas, que precisam ser estimadas com base em dados históricos. O vetor de variáveis exógenas x_t é n -dimensional. Na especificação em (2), podemos ou não incluir um termo contemporâneo (defasagem $j=0$) para o vetor exógeno x_t . Caso estejamos assumindo que os valores para x_t que afetam o vetor endógeno y_t são conhecidos no período $t-1$, em geral não incluímos a defasagem $j=0$. Por outro lado, caso estejamos trabalhando com previsões condicionais com base em trajetórias para o vetor de variáveis exógenas x_t , podemos utilizar um termo contemporâneo. O modelo representado pela equação (2) é denominado comumente de VARX(p, m), para explicitar os números de defasagens utilizados.

3.3 Especificação dos Modelos

Uma das dificuldades na utilização das modelagens VAR e VARX é a definição do número de defasagens (valores de p e m) a serem empregadas. Modelos com poucas defasagens podem incorrer na captura parcial da dinâmica entre as diversas variáveis estudadas. Por outro lado, a inclusão de muitas defasagens pode incorrer em problemas de sobreparametrização, aumentando-se a imprecisão nas estimativas dos parâmetros e trazendo instabilidade para as previsões obtidas com os modelos. Em geral, utilizam-se critérios de seleção do tipo BIC (critério de informação Bayesiano), AIC (critério de informação de Akaike) ou o HQ (critério de informação de Hannan-Quinn). O BIC incorre na escolha de modelos mais parcimoniosos (menores números de defasagens), enquanto o AIC incorre em modelos com mais parâmetros. O critério HQ costuma sugerir modelos com número intermediário de parâmetros.

Os critérios de seleção AIC, BIC e HQ devem ser complementados com testes de ajuste, baseados em análises sobre os resíduos dos modelos estimados. Em muitos casos, a utilização de modelos parcimoniosos pode levar à rejeição de diversas propriedades esperadas nos testes de hipóteses, para avaliação do ajuste dos modelos. Maiores detalhes podem ser vistos em Hamilton (1994), Clements e Hendry (2008), Tsay (2014), Lutkepohl (2010), e Rossi e Das Neves (2014). Neste artigo, utilizamos os critérios de informação, buscando modelos parcimoniosos, mas que apresentem bons indicadores do ponto de vista de testes de ajustes. Além disso, para checarmos a robustez das conclusões, observamos como as conclusões gerais variam com diferentes configurações de defasagens, levando em consideração as diversas críticas à utilização de modelos em políticas públicas levantadas por Manski (2013), dadas as incertezas intrínsecas.

4 Resultados

Neste trabalho foram estimados três tipos de modelos: modelos VAR, com todas as quatro variáveis endógenas; modelos VARX, com tanto taxa de câmbio quan-

to nível de utilização da capacidade instalada como variáveis exógenas; modelos VARX, com apenas taxa de câmbio como variável exógena. Conforme discutido na seção 3, e ilustrado no gráfico (A) da figura 2, a taxa de câmbio parece estar fortemente relacionada a fatores externos. Isso pode estar associado à natureza da nossa pauta de exportações, fortemente baseada em produtos intensivos em recursos naturais (Veríssimo, Xavier e Vieira, 2012). Portanto, a hipótese de utilização da taxa de câmbio como variável exógena não parece ser tão comprometedora.

A figura 4 apresenta as previsões utilizando um modelo VAR com cinco defasagens. A escolha de $p = 5$ deveu-se por três motivos. Em primeiro lugar, entre as variáveis endógenas, estamos utilizando a variação acumulada de 4 trimestres tanto para o IPCA quanto o deflator do PIB. Dado que o modelo VAR está sendo estimado com base em dados trimestrais, isso faz com que, por construção, haja uma autocorrelação até a defasagem 4. Portanto, é de se esperar que p seja maior ou igual a 4. Em segundo lugar, o critério HQ apontou a utilização de $p = 5$. Finalmente, os diversos testes de ajuste do modelo, com base nos resíduos do modelo VAR(5) estimado, indicaram que os resíduos apresentam as propriedades esperadas (ausência de autocorrelação, variâncias constantes etc.). O BIC sugeriu um modelo com uma defasagem, enquanto o AIC sugeriu um modelo com nove defasagens, o que nos pareceu muito sobreparametrizado e com previsões instáveis. Note que, de acordo com os resultados do modelo VAR(5), apresentados na figura 4, espera-se uma reversão para o nível de utilização da capacidade instalada e para a taxa de câmbio.

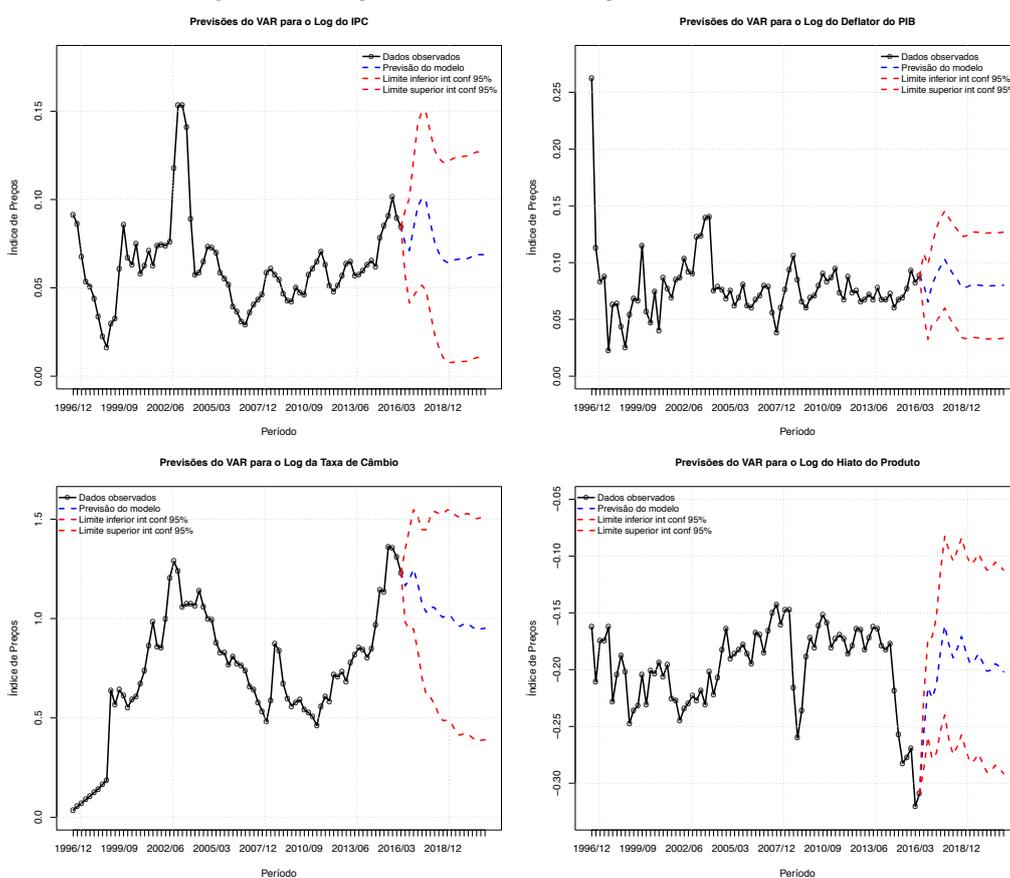
O gráfico (A) na figura 5 apresenta a trajetória predita para a razão entre o deflator do PIB e o IPCA. Conforme discutido na seção 1, quanto maior essa relação, mais rápido o governo conseguirá estabilizar a relação entre a dívida bruta e o PIB do país. Para checar a robustez das conclusões para diferentes números de defasagens, o gráfico (A) apresenta a trajetória predita com base em modelos VAR(1), VAR(5) e VAR(6). Para números de defasagens maiores do que 6, as trajetórias resultaram instáveis. Apesar de valores diferentes para a razão entre deflator e IPCA, com diferentes números de defasagens para os modelos, observa-se uma previsão de razão entre esses dois índices maior do que um.

Os intervalos de previsão para a razão não estão apresentados na figura, dada sua natureza não linear (o que exige alguma aproximação de primeira ordem para o desvio-padrão estimado para as trajetórias preditas). No entanto, observando-se a figura 4, nota-se que os intervalos de previsão para o logaritmo do IPCA e do logaritmo do deflator do PIB possuem sobreposição. Portanto, podemos concluir que: (i) a razão entre as trajetórias médias do deflator do PIB e do IPCA são maiores do que 1 no médio prazo; (ii) por outro lado, essa razão maior do que um não é estatisticamente significativa.

A ideia de se utilizar modelos VARX é investigar como as diferentes trajetórias do deflator do PIB e do IPCA se comportam condicionais a trajetórias hipotéticas para a taxa de câmbio e para o hiato do produto. Para isso, consideramos três

cenários para o câmbio e o nível de utilização da capacidade instalada. O cenário chamado pessimista assume uma trajetória futura do câmbio igual a 3,7 R\$/US\$ e uma trajetória futura do hiato do produto em torno do percentil 5% do nível de utilização observado historicamente. O cenário chamado neutro considera uma trajetória futura do câmbio igual a 3,2 R\$/US\$ e uma trajetória futura do hiato do produto em torno da mediana histórica para o nível de utilização. Finalmente, o cenário chamado otimista assume uma trajetória futura de câmbio igual a 2,9 R\$/US\$ e uma trajetória do hiato do produto em torno do percentil 95% do nível de capacidade instalada observado na série histórica. Portanto, o cenário otimista assume Real valorizado e aquecimento da economia, enquanto o cenário pessimista assume Real desvalorizado e baixa utilização da capacidade instalada.

Figura 4: Previsões para as Variáveis Estudadas a partir de um Modelo VAR.



Observações: os gráficos apresentam as previsões para 12 trimestres para o logaritmo do IPCA (A); o logaritmo do deflator do PIB (B); o logaritmo da taxa de câmbio nominal (R\$/US\$) (C); e o logaritmo do nível de utilização da capacidade instalada (D).

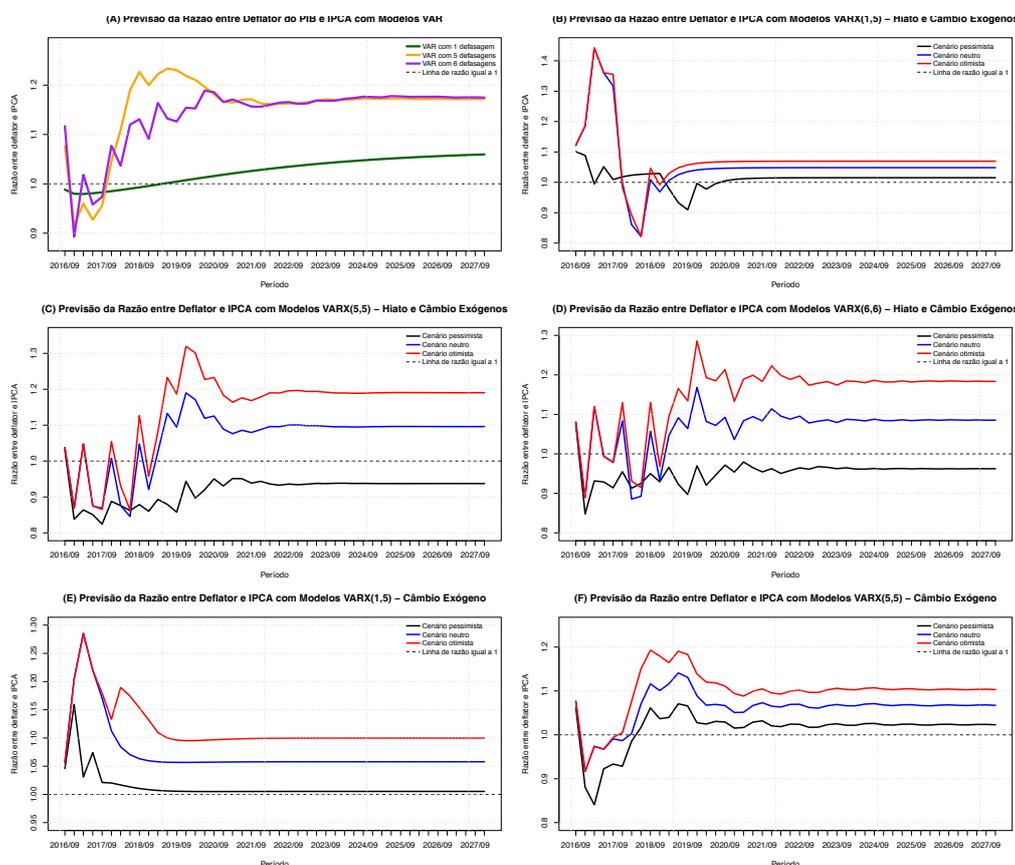
Obviamente, essas trajetórias condicionantes para o câmbio e para o hiato têm que ser consideradas com certa ressalva. Em primeiro lugar, o câmbio e o hiato obedecem a uma dinâmica própria entre si, havendo uma dependência entre essas duas variáveis. Um fato a favor da escolha dos cenários é que a correlação observada nos dados históricos entre o logaritmo da taxa de câmbio e o logaritmo do nível de utilização da capacidade é de -0.4. Portanto, historicamente, o Real valorizado está associado a uma maior utilização da capacidade. Em segundo lugar, dada a natureza cíclica do hiato do produto, uma hipótese de manutenção do nível de utilização da capacidade instalada em um valor fixo, seja ele alto ou baixo, durante

muitos anos, não nos parece uma situação plausível. Em todo caso, o exercício aqui apresentado utilizando os modelos VARX tem por objetivo entender melhor como a relação entre deflator do PIB e IPCA está relacionada a essas duas variáveis aqui consideradas exógenas.

Os gráficos (B), (C) e (D) da figura 5 apresentam a razão entre as trajetórias preditas para o deflator do PIB e para o IPCA, usando os modelos VARX considerando tanto o hiato do produto quanto a taxa de câmbio nominal como exógenos. Em cada gráfico, apresentam-se as razões entre as trajetórias preditas com base nos cenários pessimista, otimista e neutro. A diferença entre esses três gráficos está nos números de defasagens considerados em cada modelo VARX. Novamente, o objetivo é checar a robustez das conclusões gerais, apesar de o modelo VARX(5,5) nos parecer o modelo com melhor trade-off entre parcimônia (como indicado pelos critérios BIC e HQ) e validade em relação aos testes de resíduos.

Os gráficos (E) e (F) da figura 5 apresentam os resultados para a razão entre as trajetórias preditas para o deflator do PIB e o IPCA, com base nos modelos VARX, dessa vez com apenas a taxa de câmbio como variável exógena. Outros números de defasagens também foram considerados, mas as conclusões gerais se mantêm. Novamente, o modelo VARX(5,5) nos parece o melhor modelo, quando consideramos os critérios de informação e os testes de ajustes com base nos resíduos.

Figura 5: Previsões para a Relação entre Deflator do PIB e IPCA com Diferentes Modelos



Observações: os gráficos apresentam as previsões da razão entre o deflator do PIB e o IPCA considerando diferentes modelos, para fins de avaliar a robustez das conclusões. (A) Utilizando modelos VAR, considerando diferentes números de defasagens, apontados pelos critérios de informação. Para os gráficos (B), (C) e (D), utilizaram-se modelos VARX com o hiato do produto e o câmbio nominal como variáveis exógenas. Para os gráficos (E) e (F), utilizou-se apenas o câmbio nominal como variável exógena.

De maneira geral, os resultados dos modelos VARX indicam que nos cenários neutro e otimista, espera-se que a relação entre o deflator do PIB e o IPCA se mantenha acima de um. Para o cenário pessimista, essa relação se apresentou menor do que um, dependendo do modelo utilizado. Em todos os modelos, os resultados mostram que quanto mais valorizado o Real e quanto maior a utilização da capacidade instalada, maior a relação entre a o deflator do PIB e a o IPCA. Observa-se também que os modelos estimados apresentaram uma persistência da inflação para os próximos anos, devido à própria metodologia de séries temporais, baseada no histórico observado recentemente.

5 Conclusões

A relação entre o deflator do PIB e o IPCA parece ser implicitamente associada à taxa de câmbio e ao hiato do produto. Aparentemente, quando a economia apresenta elevada taxa de câmbio e está em recessão, pode-se observar uma menor relação entre o deflator do PIB e o IPCA. A intuição é que, em períodos recessivos, conjugados com alta do câmbio, há maior dificuldade por parte das empresas em repassar a alta dos custos (decorrente de uma depreciação cambial) para o consumidor final, diminuindo, portanto, o valor adicionado. Por sua vez, nesses períodos, o IPCA é mais sensível à depreciação cambial por considerar os bens importados. Assim, a razão deflator do PIB/IPCA tende a diminuir em períodos recessivos.

Por outro lado, com a recuperação da economia, utilizando os mesmos argumentos acima, espera-se que o IPCA fique abaixo do deflator do PIB, justamente pela menor dificuldade que os empresários possuem para repassar a alta de custos para o consumidor final em uma economia que está crescendo. Esse resultado tem um significado importante do ponto de vista do ajuste fiscal que o país está buscando atualmente. Espera-se que as medidas de maior racionalização dos gastos públicos possam levar a um aumento de confiança dos agentes econômicos, incorrendo em uma melhora no quadro econômico do país. Os resultados, neste artigo, indicam que uma melhora na situação econômica, refletida na taxa de câmbio nominal e no nível de utilização da capacidade instalada, pode levar a maiores valores da relação entre deflator do PIB e IPCA. Com o deflator do PIB acima do IPCA, pode-se chegar mais rapidamente a um ponto de estabilização da relação entre a dívida bruta e o PIB do país.

Este trabalho pode ser estendido em diversas formas. Uma possibilidade a ser explorada é a utilização de estimadores Bayesianos para os parâmetros do modelo e para as previsões dos modelos VAR e VARX. Uma das vantagens dos estimadores Bayesianos para modelos de vetores autorregressivos é o tratamento da sobreparametrização devido à inclusão de muitas defasagens nos modelos. Nesses casos, são utilizadas as distribuições a priori de Litterman. Para maiores detalhes, o leitor pode recorrer a Karlsson (2015), Litterman (1984), Brandt e Freeman (2006), Gre-

enberg (2012), Koop e Korobilis (2010), Sims e Tao (1998).

Um dos potenciais ajustes a serem feitos na modelagem seria uma melhor compatibilização entre o intervalo para cálculo do IPCA acumulado e o intervalo para o deflator do PIB. Os resultados apresentados têm como base a variação do deflator do PIB trimestral, que corresponde a uma média entre esses meses; por outro lado, a variação acumulada do IPCA está calculada entre os finais de cada trimestre. Esse e outros ajustes finos estão sendo implementados pelos autores.

Outros modelos podem ser utilizados para investigar a dinâmica da relação entre o deflator do PIB e o IPCA. Modelos não-lineares são uma alternativa. Podemos recorrer a modelos de mistura com ou sem estrutura de cadeia de Markov, como discutido em Carvalho (2000), Carvalho e Tanner (2005a, 2005b, 2006), Douc, Moulines e Stoffer (2014), Franses e van Dijk (2000), Norris (1998), Sanchez-Espigares e Lopez-Moreno (2014), Hamilton (1990). Além disso, modelos estruturais, do tipo DSGE (vide Herbst e Schorfheide, 2015), também podem ser empregados. Algumas dessas alternativas estão atualmente sendo estudadas pelos autores.



Referências

Brandt, P., Freeman, J. R. (2006). Advances in Bayesian time series modelling and study of politics: theory testing, forecastin and policy analysis. Political Analysis.

Bureau of Labor Statistics (2016), Comparing the consumer price index with the gross domestic product price index and gross domestic product implicit price deflator. Disponível em <http://www.bls.gov/opub/mlr/2016/article/comparing-the-cpi-with-the-gdp-price-index-and-gdp-implicit-price-deflator.htm>. Acesso em 19 de outubro de 2016.

Carvalho, A. (2002). Mixtures-of-experts of generalized linear time series. Ph.D. Thesis, Department of Statistics, Northwestern University.

Carvalho, A. X. Y., Tanner, M. A. Modeling nonlinear time series with local mixtures of generalized linear models. Canadian Journal of Statistics, 33(1), pp. 97–113. March 2005.

Carvalho, A. X. Y., Tanner, M. A. Mixtures-of-Experts of Autoregressive Time Series: Asymptotic Normality and Model Specification. IEEE Transactions on Neural Networks, 16(1), pp. 39–56, February 2005.

Carvalho, A. X. Y., Tanner, M. A. Modeling nonlinearities with mixtures-of-experts of time series models. International Journal of Mathematics and Mathematical Science. Vol 2006, pp. 1–22.

Clements, M. P., Hendry, D. F. (2008). Forecasting Economic Time Series. Cambridge University Press.

Cottarelli, C., Gerson, P., Senhadji, A. (2014). Post-Crisis Fiscal Policy. MIT Press.

Durrett, F. (1996). Probability: Theory and Examples. Duxbury Press.

Douc, R., Moulines, E., Stoffer, D. S. (2014). Nonlinear Time Series: Theory, Methods and Applications with R Examples. Chapman & Hall/CRC Texts in Statistical Science.

Franses, P. H. van Dijk, D. (2000). Non-Linear Time Series Models in Empirical Finance. Cambridge University Press.

Greenberg, E. (2012). Introduction to Bayesian Econometrics. Segunda Edição. Cambridge University Press.

Hamilton, J. D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary

time series and the business cycle. *Econometrica*, 57, 357–384.

Hamilton, J. D. (1990). Analysis of time series subject to changes in regime. *Journal of Econometrics*, 45, 39–70.

Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton University Press.

Herbst, E. P., Schorfheide, F. (2015). *Bayesian Estimation of DSGE Models*. Princeton University Press.

Karlsson, S. (2015). Forecasting with Bayesian Vector Autorregression. *Handbook of Economic Forecasting*, 2 B.

Koop, G., Korobilis, D. (2010). Bayesian multivariate time series methods for empirical macroeconomics. *Foundations and Trends in Econometrics*, 3 (4), 267–358.

Litterman, R. (1984). Specifying VAR's macroeconomic forecasting. Federal Reserve Bank of Minneapolis Staff Report, no. 92.

Lutkepohl, H. (2010). *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*. Springer Berlin Heidelberg.

Manski, C. (2013). *Public Policy in an Uncertain World. Analysis and Decisions*. Harvard University Press, Cambridge.

Norris, J. R. (1998). *Markov Chains*. Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics. Cambridge University Press.

Rossi, J. W., Das Neves, C. (2014). *Econometria e Séries Temporais com Aplicações a Dados da Economia Brasileira*. LTC.

Sanchez-Espigares, J. A., Lopez-Moreno, A. (2014). MSwM examples. UPC-Barcelona Tech, Dept. of Statistics and Operations Research

Secretaria do Tesouro Nacional (2009). *Dívida Pública: A Experiência Brasileira*. http://www3.tesouro.fazenda.gov.br/divida_publica/livro_divida.asp.

Sims, C. A., Tao, Z. (1998). Bayesian methods for dynamic multivariate models. *International Economic Review*. 39(4), 949–968.

Tsay, R. S. (2014). *Multivariate Time Series Analysis with R and Financial Applications*. Wiley.

Veríssimo, M. P., Xavier, C. L., Vieira, F. V. (2012). Taxa de câmbio e preços de commodities: uma investigação sobre a hipótese da doença holandesa no Brasil. *Revista de Economia*, v. 13, n. 1, p. 93–130, jan/abr 2012.



Diretoria de Estudos e Políticas Macroeconômicas (Dimac)

José Ronaldo de Castro Souza Júnior – Diretor
Marco Antônio Freitas de Hollanda Cavalcanti – Diretor Adjunto



Grupo de Conjuntura

Equipe Técnica:

Christian Vonbun
Estêvão Kopschitz Xavier Bastos
Francisco Eduardo de Luna e Almeida Santos
Leonardo Mello de Carvalho
Marco Aurélio Alves de Mendonça
Marcelo Nonnenberg
Maria Andréia Parente Lameiras
Mônica Mora Y Araujo de Couto e Silva Pessoa
Paulo Mansur Levy
Vinicius dos Santos Cerqueira
Sandro Sacchet de Carvalho

Equipe de Assistentes:

Augusto Lopes dos Santos Borges
Beatriz Cordeiro Araújo
Felipe dos Santos Martins
Luciana Pacheco Trindade Lacerda

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.