



Modelo de vetor autorregressivo com ancoragem de longo prazo

Estudo Especial nº 19/2018 – Divulgado originalmente como boxe do Relatório de Inflação (junho/2018) - volume 20 | nº 2

As projeções de longo prazo oriundas de modelos de vetores autorregressivos (VARs) têm como uma das suas características a sua convergência para a média incondicional de suas variáveis, diretamente relacionada à constante – ou intercepto – presente em cada equação. Entretanto, determinadas mudanças na economia que afetem a perspectiva de prazo mais longo das variáveis não são facilmente incorporáveis nos modelos VARs tradicionais, especialmente nos casos de mudanças recentes.

No caso do Brasil, os ganhos de credibilidade e o processo de convergência das expectativas para as metas no período mais recente são mudanças importantes para a dinâmica da inflação. Além disso, depois de 14 anos com meta para a inflação anual estabelecida em 4,50%, o Conselho Monetário Nacional (CMN), em junho de 2017, estabeleceu metas de valor mais baixo, de 4,25% para 2019 e 4,00% para 2020. Essas alterações se manifestaram no comportamento das expectativas de analistas de mercado, capturadas pela pesquisa Focus, conduzida pelo Banco Central do Brasil (BCB).

Este boxe apresenta um modelo VAR que permite a ancoragem de sua projeção de longo prazo nas expectativas da pesquisa Focus, incorporando assim mudanças importantes recentes na economia brasileira.¹

Nos VARs tradicionais, mudanças capazes de afetar o comportamento de longo prazo na inflação não têm impacto imediato nas projeções dos modelos. Nesses casos, é necessário esperar um aumento significativo da amostra para que essas mudanças afetem a média incondicional da inflação e, conseqüentemente, as previsões de longo prazo. Além disso, em um ambiente com mais de um regime, os coeficientes dos modelos VAR refletem um comportamento médio da dinâmica entre os regimes de cada variável.

Em contraste com o comportamento inercial dos modelos VARs, mudanças na condução da política monetária ou o estabelecimento de metas em valores diferentes dos usualmente definidos podem ser rapidamente capturados nas expectativas dos agentes para a inflação de longo prazo, uma vez que essas, livres da influência dos ciclos econômicos, tendem a refletir mudanças estruturais no nível da inflação. Incorporar essas expectativas aos modelos VARs seria, então, um modo eficaz de melhorar as projeções em situações que haja mudanças no nível das variáveis endógenas. Essa diretriz está presente em Faust e Wright (2013), que, após analisarem diversas abordagens para a previsão de inflação,

¹ Resultados extraídos do estudo em andamento “Anchoring long-term VAR forecasts based on survey data and state-space models”, conduzido por Marta Baltar Moreira Areosa e Wagner Piazza Gaglianone.



relatam melhor capacidade preditiva em modelos que consideram o intercepto das equações variante no tempo e incluem julgamentos de especialistas em suas projeções.

No caso do Brasil, as projeções de mais longo prazo dos modelos VAR têm se distanciado daquelas oriundas de outros modelos e das expectativas dos analistas. Basicamente, as projeções convergem no longo prazo para a média do período amostral, que inclui períodos em que o valor da meta foi superior ao definido para 2019 e 2020 e também períodos em que a inflação situou-se sistematicamente acima da meta, embora dentro do intervalo de tolerância, definido no sistema de metas no Brasil em termos da inflação do ano-calendário.

Para corrigir essa distorção, este boxe aplica ao modelo VAR a metodologia de *shifting endpoints*, proposta em Kozicki e Tinsley (2012), na qual o intercepto da equação que descreve a dinâmica da inflação é variante no tempo, dado por um passeio aleatório não observável. A estimação dos coeficientes do modelo e do passeio aleatório é ancorada pela restrição de que, no longo prazo, as projeções para a inflação sejam iguais às expectativas dos analistas. Com essa abordagem, obtêm-se então dois ganhos: (i) o modelo torna-se menos inercial devido à introdução das expectativas de longo prazo dos analistas; e (ii) o nível das projeções torna-se ajustável no longo prazo.

O modelo VAR, ajustado pela presença de *shifting endpoint*, aqui denominado VAR-SE, pode ser escrito em formato de espaço de estados como:

$$\begin{aligned} X_t &= AX_{t-1} + B\varepsilon_t \\ Y_t &= CX_t + D\epsilon_t, \end{aligned}$$

onde X_t é o vetor de estados, Y_t é o vetor de variáveis observáveis, enquanto ε_t e ϵ_t representam vetores de erros. Por sua vez, A , B , C e D são matrizes de coeficientes. Tem-se $Y_t = [y_t^T; \mathbf{1}_t; f_{t+H|t}]^T$, onde $\mathbf{1}_t$ é uma variável que assume o valor 1 para todo t , $f_{t+H|t} = \sum_{h=H-1}^H E[\pi_{t+h} | \mathcal{F}_t]$ é a expectativa dos agentes para a inflação anualizada H períodos à frente e $y_t = [\pi_t; y_{2,t}; \dots; y_{k,t}]^T$ é um vetor com todas as k variáveis endógenas, sendo a primeira delas igual à inflação. Tem-se $X_t = [\tilde{x}_t^T; \bar{x}_t; \mu_t]^T$ sendo $\tilde{x}_t^T = [x_t^T; x_{t-1}^T; x_{t-2}^T; \dots; x_{t-p+2}^T; x_{t-p+1}^T]$. Os k primeiros estados de \tilde{x}_t são iguais às variáveis endógenas ($x_t = y_t$) e os seguintes, às suas $p - 1$ defasagens. A variável \bar{x}_t representa um estado constante e é associada ao intercepto das equações que descrevem as dinâmicas das variáveis endógenas, exceto para a equação da inflação, variável para a qual o passeio aleatório $\mu_t = \mu_{t-1} + \varepsilon_{\mu,t}$ substitui o intercepto. Além disso, a restrição $f_{t+H|t} = \beta X_t = J_1 \sum_{h=H-1}^H A^h X_t$ completa a descrição do modelo ao impor que a previsão para a inflação anualizada H períodos à frente seja igual à expectativa dos analistas para o mesmo período. O vetor J_1 faz parte de uma família de vetores de seleção tais que, para todo $i = 1, \dots, k$, J_i corresponde à i -ésima linha de uma matriz identidade de dimensão $kp + 2$. Essas relações são obtidas impondo restrições apropriadas nas matrizes de coeficientes A , B , C e D .

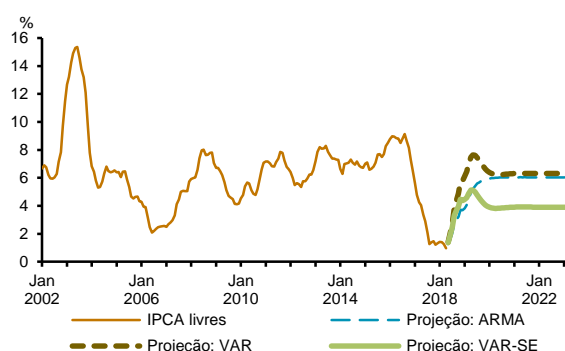
Com o intuito de ilustrar essa metodologia, estima-se, utilizando um filtro de Kalman, um modelo VAR-SE com frequência mensal para a economia brasileira, partindo de uma das especificações de modelo VAR tradicional apresentada no boxe “Revisão dos Modelos de Vetores Autorregressivos com



Fundamentação Econômica – 2012” (Relatório de Inflação de setembro de 2012).² A amostra abrange o período de novembro de 2001 até abril de 2018 (198 observações). Para fins de comparação, estima-se também um modelo VAR irrestrito, com as mesmas variáveis e defasagens, além de um modelo autorregressivo e de médias móveis (ARMA)³ para a inflação de preços livres.

O Gráfico 1 apresenta a inflação de preços livres observada até abril de 2018, bem como a projeção dos três modelos considerados, com horizontes de projeção variando entre 1 e 48 meses. Note que as projeções de longo prazo da inflação acumulada em doze meses dos modelos ARMA (6,05%) e VAR (6,32%) situam-se próximas à média amostral anualizada da inflação mensal de preços livres (6,20%).⁴ Por outro lado, a projeção de longo prazo do modelo VAR-SE ficou em 3,91%, ou seja, igual à projeção média da pesquisa Focus para um horizonte de $H = 48$ meses.⁵

Gráfico 1 – Inflação do IPCA livres e projeções
Acumulada em doze meses



Os Gráficos 2 e 3 mostram a inflação de preços livres do IPCA e as projeções dos modelos VAR e VAR-SE, respectivamente, estimados com a amostra terminando em cinco diferentes períodos, correspondendo aos meses de dezembro de 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017, com horizontes de projeção variando entre 1 e 48 meses. Note no Gráfico 2 que, em todos os casos, as projeções de longo prazo da inflação acumulada em doze meses do modelo VAR situam-se em patamar acima de 6,20%, ilustrando a dificuldade da modelagem VAR tradicional em gerar projeções de longo prazo que capturem mudanças estruturais recentes na dinâmica da inflação. Em contraste, no caso do modelo VAR-SE, o Gráfico 3 mostra que as projeções de longo prazo caem à medida que a amostra incorpora período mais recente, caracterizado pela queda nas expectativas de inflação de longo prazo da pesquisa Focus.

² Modelo VAR I, que tem, como variáveis endógenas, inflação de IPCA – preços livres, inflação de IPCA – preços administrados, variação da taxa de câmbio (R\$/US\$) e taxa de juros real.

³ Seguindo o critério de informação Akaike, foram utilizados modelos VARs com duas defasagens e a especificação ARMA(4,3).

⁴ As projeções dos modelos ARMA e VAR atingem seus valores de longo prazo em aproximadamente 30 períodos.

⁵ A média das expectativas de inflação (IPCA) da pesquisa Focus, em 30.4.2018, para 2021 e 2022 ficou, respectivamente, em 3,93% e 3,86%. Uma interpolação linear desses valores resulta em uma expectativa de inflação de 3,91% para um horizonte de projeção de 48 meses.



Gráfico 2 – Inflação do IPCA livres e projeções usando o modelo VAR
Acumulada em doze meses

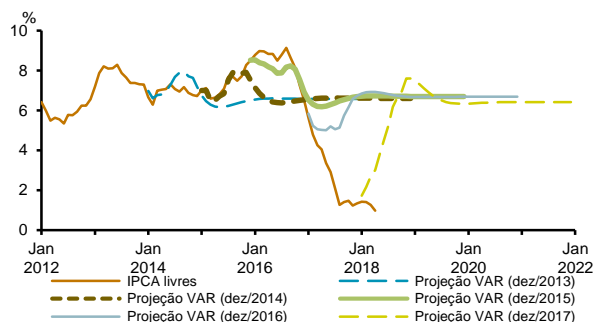
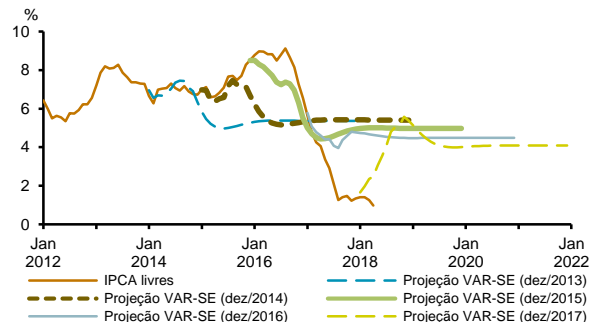


Gráfico 3 – Inflação do IPCA livres e projeções usando o modelo VAR-SE
Acumulada em doze meses



Por fim, a Tabela 1 apresenta os resultados de um exercício de projeção com dados fora da amostra⁶ com estimação recursiva dos três modelos considerados. Note que, para todos os horizontes de projeção considerados, o modelo VAR-SE apresenta o menor Erro Quadrático Médio (EQM). Em particular, na comparação entre os dois modelos VARs, o modelo VAR irrestrito apresenta um EQM 23% maior do que o do modelo VAR-SE para um horizonte de um ano (e 48% maior em um horizonte de três anos). Por fim, os testes de comparação de capacidade preditiva de Diebold e Mariano (1995) e Clark e West (2007) confirmam estatisticamente a superioridade do modelo VAR-SE para alguns horizontes considerados.

⁶ Para um horizonte de projeção fixo em 12 meses, foram avaliadas as projeções dos modelos feitas para o período de maio/2014 até abril/2018 (48 observações).



Tabela 1 – Erro Quadrático Médio (EQM)^{1/}

Horizonte de projeção (meses)	Modelos			n.obs.
	ARMA	VAR	VAR-SE	
1	0,064 ** (0,026)	0,056 * [0,086]	0,051	59
3	0,104 ** (0,010)	0,087 [0,397]	0,071	57
6	0,134 (0,295)	0,121 [0,955]	0,104	54
12	0,138 (0,547)	0,141 [0,728]	0,115	48
24	0,146 (0,288)	0,149 [0,380]	0,117	36
36	0,156 *** (0,000)	0,162 *** [0,001]	0,110	24

1/ Os valores de EQM estão multiplicados por 10.000. O p-valor do teste de Diebold e Mariano (1995) é apresentado entre parênteses e o do teste de Clark e West (2007) entre colchetes. ***, ** e * indicam, respectivamente, rejeição da hipótese nula de igualdade das projeções do modelo considerado em relação ao VAR-SE a 1%, 5% e 10% de significância.

Em suma, este boxe propõe uma metodologia que permite incorporar informação adicional nas projeções de um modelo VAR, relacionadas a mudanças recentes na economia brasileira, além de apresentar melhor capacidade preditiva em comparação ao VAR tradicional e a um modelo ARMA.

Referências

- Clark, T.E. e West, K.D. 2007. “Approximately normal tests for equal predictive accuracy in nested models”, *Journal of Econometrics* 138: 291-311.
- Diebold, F.X. e Mariano, R. 1995. “Comparing Predictive Accuracy”, *Journal of Business and Economic Statistics* 13: 253-265.
- Faust, J. e Wright, J.H. 2013. “Forecasting inflation”, *Handbook of economic forecasting*, volume 2A, capítulo 1: 3-56. Ed. Elsevier B.V.
- Kozicki, S. e Tinsley, P.A. 2012. “Effective Use of Survey Information in Estimating the Evolution of Expected Inflation”, *Journal of Money, Credit and Banking* 44: 145-169.