

Multiplicadores Fiscais e Investimento em Infraestrutura

Guilherme V. Moura^{*}

Sumário: 1. Introdução; 2. Multiplicadores Fiscais; 3. Modelo DSGE para o Brasil; 4. Estimação; 5. Resultados; 6. Conclusão; A. Apêndice.

Palavras-chave: Multiplicador Fiscal, Infraestrutura, DSGE, Estimação Bayesiana.

Códigos JEL: E62, E63, C11.

Este trabalho utiliza um modelo DSGE para calcular multiplicadores a valor presente para gastos do governo com consumo e investimento. Os resultados mostram que o efeito inicial do aumento do consumo público sobre o PIB é positivo, porém, o efeito de longo prazo é menor do que um em todos os cenários analisados. Por outro lado, gastos com investimento acarretam não só um impacto inicial positivo, mas também um efeito de longo prazo superior a um mesmo para valores da elasticidade produto do capital público muito baixos, apontando para as vantagens de uma política fiscal baseada em gastos com investimento.

This article develops a dynamic and stochastic general equilibrium model to analyze the different effects of government expenditures based on consumption and on investment for the Brazilian economy. The model includes public capital as a production factor and analyzes the impact of public investment on the marginal productivity of private inputs and on GDP. The analysis is based on present value multipliers, allowing the consideration of the dynamic effects of fiscal policy. The results show the advantages of a fiscal policy based on investment in comparison to a fiscal policy based on consumption expenditures.

1. INTRODUÇÃO

A atual crise internacional reacendeu o interesse a respeito dos efeitos econômicos de políticas fiscais, fazendo com que a atenção de economistas e formuladores de política retornasse para questões fiscais antes ofuscadas pelo debate monetário. Pergunta fundamental neste interesse renovado é a efetividade dos gastos públicos como ferramenta de estímulo econômico. Esta efetividade é avaliada com frequência em termos do multiplicador dos gastos do governo, ou seja, do efeito no produto agregado de gastos públicos. Entretanto, diferentemente do que ocorre com a política monetária, os efeitos e impactos de

^{*}Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Economia. Campus Universitário Trindade, Florianópolis, SC, Brasil. CEP 88049-970. E-mail: guilherme.moura@ufsc.br. O autor agradece ao IPEA pelo auxílio financeiro oferecido através da bolsa PNPD nº 33/2013 e ao CNPq pelo auxílio oferecido através dos processos nº 475230/2012-4, nº 40893/2013-2 e nº 308346/2013-0.



políticas fiscais na economia não são bem compreendidos e ainda geram inúmeras divergências. Estimativas do multiplicador dos gastos do governo podem variar de aproximadamente 0 até valores bem superiores a 1 dependendo da amostra utilizada e de hipóteses de identificação do modelo estimado.

Com o intuito de entender, analisar e comparar os efeitos de políticas fiscais baseadas em consumo e em investimento na economia brasileira, um modelo dinâmico e estocástico de equilíbrio geral (DSGE) foi desenvolvido. O modelo incorpora o estoque de capital público como um fator de produção, permitindo analisar os impactos de investimentos públicos sobre a produtividade marginal dos insumos privados e sobre o PIB, diferenciando os efeitos de gastos com consumo dos efeitos de gastos com investimento. Como o modelo é dinâmico, choques de gastos terão efeito no período corrente, mas também em períodos futuros devido aos mecanismos de propagação do modelo e, para calcular o efeito total da política fiscal, o valor presente dos multiplicadores é calculado. O multiplicador a valor presente do efeito do consumo público sobre o PIB mostra que, apesar do impacto inicial positivo, o efeito de longo prazo deste é menor do que um em todos os cenários analisados, sendo que em algumas parametrizações, este efeito pode ser negativo. O efeito negativo de longo prazo se dá pela necessidade de ajuste orçamentário após o aumento de gastos gerado pelo choque fiscal, o que implica em reduções futuras de consumo e de investimento público. Com isso, a queda no estoque de capital público acaba por reduzir a capacidade produtiva da economia. Por outro lado, gastos com investimento possuem não só um impacto inicial positivo, mas também um efeito de longo prazo superior a um mesmo para valores da elasticidade produto do estoque de capital público igual a 0,02. Um maior estoque de capital público gera ganhos de produtividade privados, ampliando os investimentos e a capacidade produtiva da economia, apontando para as vantagens de uma política fiscal baseada em investimento em infraestrutura em detrimento a gastos em consumo.

Ademais, o efeito da interação entre política monetária e política fiscal é analisado e a importância do termo de suavização na regra de Taylor é analisada. Mais especificamente, um banco central mais avesso a mudanças bruscas na taxa de juros acaba gerando, inicialmente, maiores multiplicadores fiscais com sua política monetária mais acomodativa. Porém, no longo prazo, o valor presente das variações futuras no PIB será comprometido negativamente, pois uma recessão maior deverá ser induzida para trazer a inflação para a meta novamente. Já o banqueiro central que opta por ajustes mais bruscos na taxa de juros após choques inflacionários tende a diminuir o efeito inicial da política fiscal, entretanto, neste caso, o valor presente das variações futuras do PIB é superior, pois a inflação não se afasta fortemente da meta em nenhum momento, evitando oscilações fortes de preço e de produto.

O presente trabalho está dividido em seis sessões, incluindo esta introdução. Na [seção 2](#) uma breve revisão da literatura sobre o cálculo de multiplicadores fiscais, bem como a definição do multiplicador a valor presente são apresentadas. A [seção 3](#) explicita as equações do modelo DSGE desenvolvido, enquanto a [seção 4](#) descreve sucintamente a metodologia de estimação. A [seção 5](#) contém os resultados obtidos através de análises de funções impulso-resposta, bem como análises baseadas no multiplicador a valor presente para diferentes cenários. Algumas sugestões para pesquisas futuras são discutidas ao final desta seção. O trabalho termina com algumas conclusões na [seção 6](#). Informações adicionais a respeito da metodologia e dos resultados da estimação são apresentadas no [Apêndice A](#).

2. MULTIPLICADORES FISCAIS

Tradicionalmente, o termo multiplicador fiscal se refere à razão entre a variação da renda nacional e a variação nos gastos do governo. Um valor superior a um para esta razão indica que a política fiscal possui um efeito multiplicador, pois uma alteração de, por exemplo, R\$ 1,00 nos gastos públicos acarreta um aumento maior do que R\$ 1,00 na renda agregada. A lógica para este aumento mais do que proporcional na renda agregada tem origem na ideia de que o aumento dos gastos públicos incentivará o consumo privado que, por sua vez, causará aumento da renda e este aumento da renda impactará novamente o consumo positivamente, desencadeando então um círculo virtuoso. Entretanto, do ponto de vista empírico, estimativas para este efeito variam de valores próximos a 0 até valores bem superiores

a 1 dependendo do período e tamanho da amostra, países de análise e hipótese de identificação dos choques.

No caso da economia americana, Barro (2009) argumentou que o multiplicador fiscal em períodos de paz é essencialmente zero, enquanto Romer e Bernstein (2009) sugerem uma estimativa de 1,6. A literatura brasileira também não apresenta um consenso sobre os impactos de políticas fiscais sobre o produto. Reis et al. (1999) utilizaram um modelo macroeconômico Keynesiano e encontraram relação positiva entre gastos do governo e produto. Peres e Ellery Jr (2009), baseando-se na metodologia de vetores autoregressivos (VAR) de Blanchard e Perotti (2002), também dão sustentação à visão Keynesiana tradicional. Por outro lado, Mendonça, Medrano e Sachsida (2009), utilizando a abordagem VAR com o procedimento de identificação de Mountford e Uhlig (2009), chegam à conclusão de que aumentos inesperados de gastos públicos conduzem, com 77% de probabilidade, a uma retração do produto real. Ainda um terceiro resultado foi encontrado por Cavalcanti e Silva (2010). Estes autores seguem Favero e Giavazzi (2007) e consideram explicitamente o papel da dívida pública na determinação da política fiscal, o que acaba por tornar o efeito multiplicador estatisticamente não significativo, dando sustentação à idéia de um efeito nulo no produto real após política fiscal expansionista.

Porém, enquanto na literatura internacional autores como Cogan, Cwik, Taylor e Wieland (2010), Uhlig (2010), Drautzburg e Uhlig (2011) e Woodford (2011), entre outros, analisaram estas questões de política fiscal através da abordagem DSGE, os estudos brasileiros tem se concentrados em modelos VAR ou até mesmo em modelos baseados em sistemas de equações simultâneas ainda sujeitos à crítica de Lucas (1976). A análise microfundamentada proporcionada por um modelo DSGE não só ataca a crítica de Lucas, mas apresenta também algumas vantagens em relação à análise VAR, justificando os esforços no desenvolvimento dessa ferramenta para a avaliação de políticas fiscais.

A possibilidade de se modelar conjuntamente o comportamento de outros agentes está entre as vantagens do uso de DSGEs para o cálculo de multiplicadores fiscais, pois este tipo de modelo permite analisar os efeitos de diferentes regras de comportamento na magnitude dos multiplicadores. Por exemplo, é possível avaliar o impacto de diferentes funções de reação do banco central no tamanho do multiplicador fiscal. Claramente, o resultado final de um choque positivo nos gastos públicos dependerá de como o banco central reagirá através da administração da taxa de juros nominal. Em modelos VAR, esta reação seguirá obrigatoriamente os padrões históricos de correlação entre gastos públicos e a taxa básica de juros embutida nas estimativas dos parâmetros do modelo VAR. Por sua vez, modelos DSGE possibilitam a análise de diferentes cenários de comportamento do banco central frente à expansão fiscal, permitindo analisar casos em que o banco central acomoda a política fiscal, bem como situações de forte reação via aumento de juros, entre outras situações hipotéticas, sem que estas tenham necessariamente ocorrido no passado.

A análise de comportamentos alternativos para a autoridade fiscal também pode ser interessante, pois estes influenciam o multiplicador através das várias formas de financiamento dos gastos e das regras de administração da dívida pública. Ademais, análises baseadas em diferentes cenários de comportamento das famílias, firmas e de outros agentes, bem como questões de bem estar e utilidade das famílias, podem ser bastante vantajosas. Todas estas análises podem ser consideradas em modelos DSGE, porém são inviáveis em modelos VAR.

Outra característica comum à maioria dos estudos a respeito do tamanho do multiplicador fiscal é a hipótese de que os gastos do governo estimulam somente a demanda do período corrente, não possuindo qualquer efeito sobre a oferta de bens e serviços via aumento na produtividade marginal dos insumos privados. Mais especificamente, estes estudos ignoram a possibilidade do investimento público expandir a capacidade produtiva da economia e consideram que gastos do governo afetam somente a demanda agregada.

Entretanto, o investimento público, além de estimular a demanda agregada no curto prazo, pode fomentar também o crescimento de longo prazo através de melhorias na infraestrutura nacional, aumentando a capacidade produtiva da economia. Ferreira e do Nascimento (2005) argumentam que a falta de investimentos em infraestrutura no passado recente afetou negativamente o crescimento econômico



brasileiro, gerando altos custos sociais e produtivos. Como evidenciado em [Aschauer \(1989\)](#), gastos em infraestrutura podem aumentar o retorno do capital, o que acaba por incentivar o investimento privado.

Apesar de existir a possibilidade de gastos com infraestrutura acarretarem benefícios não só de demanda mas também de oferta, a sua eficácia depende do efeito do investimento público na inflação e na expectativa futura dos agentes em relação à variação de preços. Considerando que um aumento do estoque de capital público aumenta a produtividade das firmas, um aumento do investimento governamental terá um efeito de redução e um efeito de aumento dos custos marginais futuros. A redução se dará devido ao aumento na produtividade marginal dos fatores privados, ou seja, é um efeito de oferta. Já o efeito de aumento dos custos marginais é oriundo do aumento da demanda agregada futura em resposta a um efeito riqueza sentido pelas famílias após o aumento da produtividade dos fatores privados. Portanto, o resultado final do investimento público na inflação e no produto dependerá da importância relativa de cada um destes efeitos em diferentes pontos do tempo.

Para comparar os efeitos dos diferentes cenários para a política fiscal, é importante calcular alguma medida descritiva para cada situação. Uma medida muito usada na literatura é o chamado multiplicador de impacto, definido como a razão entre a resposta do PIB sobre o choque inicial dado na variável fiscal (ver, por exemplo, [Blanchard & Perotti, 2002](#)). Entretanto, esta medida desconsidera o impacto de determinado cenário em toda a trajetória futura do produto. Para calcular tal efeito, será utilizado o multiplicador a valor presente proposto por [Mountford e Uhlig \(2009\)](#). Mais especificamente, o multiplicador a valor presente k trimestres após o choque é definido pela seguinte fórmula:

$$\frac{\sum_{j=0}^k (1+r)^{-j} \Delta Y_j}{\sum_{j=0}^k (1+r)^{-j} \Delta G}, \quad (1)$$

onde r é o juros real no estado estacionário, Y é o produto e G é o gasto do governo. Portanto, no período do choque $k = 0$, o multiplicador a valor presente nos dá o multiplicador de impacto. Porém, quando $k \rightarrow \infty$, este multiplicador traz a valor presente todos os efeitos futuros dos gastos do governo sobre o produto, permitindo analisar o efeito total líquido do choque fiscal.

3. MODELO DSGE PARA O BRASIL

O modelo aqui apresentado é baseado principalmente em [de Castro, Gouvea, Minella, dos Santos e Souza-Sobrinho \(2008, 2011\)](#), mas também em alguns modelos internacionais como os de [Baxter e King \(1993\)](#), [Stähler e Thomas \(2012\)](#), [Christiano, Eichenbaum e Evans \(2005\)](#), [Smets e Wouters \(2003\)](#), [Smets e Wouters \(2007\)](#), [Medina e Soto \(2007\)](#), [Adolfson, Laséen, Lindé e Villani \(2007\)](#), e [Murchison e Rennison \(2006\)](#). O objetivo é representar uma pequena economia aberta sujeita à rigidez nominal. Rigidez de preços é incorporada ao nível dos bens intermediários. Rigidez real também é incluída através do regime de competição monopolística, custos de utilização e de ajuste do capital, além de persistência nos hábitos de consumo.

Várias características do modelo são herdadas de [de Castro et al. \(2008, 2011\)](#) e tem o intuito de capturar especificidades da economia brasileira. Por exemplo, bens importados são usados como insumos, uma vez que bens de consumo representam não mais do que 15% das importações do país. A autoridade monetária trabalha com uma meta de inflação e a autoridade fiscal persegue uma meta de superávit primário, além de também buscar estabilizar a relação dívida/PIB. Adicionalmente, o risco-país é aumentado através de variações na preferência pelo risco de investidores internacionais, o que permite contabilizar as grandes variações no risco-país brasileiro nas últimas décadas.

3.1. Famílias

O modelo contém um *continuum* de famílias indexadas por $j \in (0, 1)$, sendo que uma fração $(1 - \omega_h)$ das famílias tem acesso ao mercado financeiro, enquanto uma fração ω_h das famílias não tem acesso

a crédito, títulos e capital, consumindo apenas o salário de cada período e, portanto, não apresentando comportamento Ricardiano devido à impossibilidade de substituição intertemporal de consumo e também de lazer. Ambos tipos de famílias ofertam mão de obra em um mercado de trabalho competitivo e, portanto, não possuem poder de monopólio. Salários são considerados flexíveis.

As famílias com acesso ao mercado financeiro resolvem um problema de maximização da utilidade intertemporal usual. Seja $j \in (0, 1 - \omega_h)$ o índice de umas das famílias irrestritas, então ela resolve o seguinte problema:

$$\max_{\substack{C_{j,t}, N_{j,t} \\ B_{j,t+1}, B_{j,t+1}^* \\ K_{j,t+1}, U_{j,t}, I_{j,t}}} E_0 \left[\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t Z_t^c \left(\frac{(C_{j,t} - hC_{t-1}^o)^{1-\sigma}}{1-\sigma} - Z_t^n \frac{\phi}{1+\eta} (N_t^j)^{1+\eta} \right) \right], \quad (2)$$

sujeito à seguinte restrição orçamentária:

$$C_{j,t} + I_{j,t} + a(U_{j,t})K_j + \frac{B_{j,t+1}}{P_t R_t} + \frac{B_{j,t+1}^*}{P_t \Phi_t R_t^*} S_t \leq \frac{W_t N_{j,t}}{P_t} + \frac{r_t^{n,k} U_{j,t} K_{j,t}}{P_t} + \frac{B_{j,t}}{P_t} + \frac{B_{j,t}^* S_t}{P_t} + \frac{\Upsilon_{j,t}}{P_t} - \frac{\tau_t^n}{P_t}, \quad (3)$$

e à lei de movimento do estoque de capital:

$$K_{j,t+1} = (1 - \delta)K_{j,t} + \left[1 - S \left(\frac{I_{j,t}}{Z_t^I I_{j,t1}} \right) \right] I_{j,t}, \quad (4)$$

onde β é o fator de desconto intertemporal, $C_{j,t}$ é o consumo da família j , C_j^o é o nível médio de consumo das famílias irrestritas, $N_{j,t}$ é a quantidade de trabalho ofertada pela família j , Z_t^c é um choque que afeta a preferência por consumo, Z_t^n é um choque que afeta a preferência por trabalho, $K_{j,t}$ é o capital físico de propriedade da família j , $U_{j,t}$ é a taxa de utilização do capital, $I_{j,t}$ é o investimento, P_t o nível de preços da economia, $B_{j,t+1}$ são títulos com maturidade de um período denominados em moeda local, $B_{j,t+1}^*$ são títulos internacionais denotados em moeda estrangeira, S_t é a taxa de câmbio nominal (definida como o preço da moeda estrangeira em termos da moeda local), $r_t^{n,k}$ é a taxa nominal de juros paga pelos serviços do capital, R_t é a taxa de juros nominal domestica, R_t^* é a taxa livre de risco que define o juros nominal internacional, Φ_t é o prêmio de risco do país local, W_t é o salário nominal, $\Upsilon_{j,t}$ é o lucro nominal dos produtores de bens intermediários, τ_t^n são impostos líquidos do tipo *lump-sum*, δ é a taxa de depreciação e Z_t^I é um choque afetando o custo de ajustamento do capital. Ajustar a taxa de utilização do capital implica em custos convexos e $a(U_{j,t})$ satisfaz $a' > 0$, $a'' > 0$, $a(\bar{U}) = 0$, onde \bar{U} é a taxa de utilização de capital do estado estacionário; além disso, $\delta_a = a''/a'$. A lei de movimento do estoque de capital inclui custos de ajustamento dados pela função $S(\cdot)$, que satisfaz as seguintes propriedades em estado estacionário $\bar{S}(\cdot) = 0$, $\bar{S}' = 0$ e $\bar{S}'' \equiv \delta_S > 0$.

As famílias que não possuem acesso a crédito, mercado de capitais e ao capital físico maximizam a mesma função utilidade em (2), entretanto, elas escolhem apenas o nível de consumo e trabalho desejado. Seja agora $j \in (1 - \omega_h, 1)$ o índice de uma família restrita, então o problema que ela resolve é:

$$\max_{C_{j,t}, N_{j,t}} E_0 \left[\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t Z_t^c \left(\frac{(C_{j,t} - hC_{t-1}^o)^{1-\sigma}}{1-\sigma} - Z_t^n \frac{\phi}{1+\eta} (N_t^j)^{1+\eta} \right) \right], \quad (5)$$

sujeito à seguinte restrição orçamentária:

$$P_t C_{j,t} \leq W_t N_{j,t}. \quad (6)$$



Devido à existência de dois grupos de famílias, as equações para consumo e oferta de trabalho agregados são:

$$C_t = (1 - \omega_h)C_t^o + \omega_h C_t^r$$

e

$$N_t = (1 - \omega_h)N_t^o + \omega_h N_t^r.$$

3.2. Firms

O modelo possui uma firma representativa que produz o bem de consumo final usando um *continuum* de bens intermediários, indexados por $i \in (0, 1)$, usando uma função de produção CES. Este bem de consumo final pode ser visto como a cesta de consumo típica do índice geral de preços. O bem de consumo resultante é vendido em um mercado competitivo. Este bem é usado para consumo privado, consumo governamental, investimento e exportações. No caso das exportações, este bem será usado no exterior como insumo para a produção do bem importado.

A firma produtora do bem de consumo maximiza a seguinte função de lucro:

$$\max_{Y_t, Y_{i,t}} \left(P_t Y_t - \int_0^1 P_{i,t} Y_{i,t} d_i \right), \quad (7)$$

sujeita à tecnologia descrita na função de produção:

$$Y_t \equiv \left(\int_0^1 (Y_{i,t})^{\frac{\xi-1}{\xi}} d_i \right)^{\frac{\xi}{\xi-1}}, \quad (8)$$

onde $\xi > 1$ é a elasticidade-preço da demanda por cada bem intermediário. A solução para este problema determina a curva de demanda pelos i bens intermediários:

$$Y_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t}}{P_t} \right)^{-\xi} Y_t. \quad (9)$$

O nível agregado de preços, ou o preço do bem de consumo final, será então dado por:

$$P_t = \left(\int_0^1 P_{i,t}^{-\xi} d_i \right)^{\frac{1}{1-\xi}}. \quad (10)$$

A produção de bens intermediários fica a cargo de uma infinidade de firmas operando em condições de concorrência monopolística. A substituição de concorrência perfeita por concorrência monopolística inclui uma fonte de rigidez real no modelo, o que faz com que, mesmo em pleno emprego, a economia ainda apresente ineficiências.

Inicialmente, estas firmas produzem um insumo doméstico para ser combinado posteriormente com o insumo importado. A produção do insumo doméstico utiliza não só trabalho e capital privado, mas também capital público como proposto por [Aschauer \(1989\)](#). Esta especificação para a função de produção também foi utilizada por [Baxter e King \(1993\)](#) em um modelo DSGE pequeno e posteriormente incluída em modelos de média escala por [Stähler e Thomas \(2012\)](#), entre outros. Trabalho e os dois tipos de capital são combinados usando uma função de produção Cobb-Douglas para produzir o insumo doméstico:

$$Y_{i,t}^d = A_t K_{G,t}^{\alpha_G} (K_{i,t}^u)^{\alpha} N_{i,t}^{1-\alpha}, \quad (11)$$

onde A_t é um fator tecnológico comum a todas as firmas, $K_{i,t}^u \equiv U_{i,t} K_{i,t}$ é o capital privado utilizado na produção, $K_{G,t}$ é o estoque de capital público do qual a firma se beneficia e α_G é a elasticidade do insumo doméstico ao estoque de capital público. [Aschauer \(1989\)](#) argumenta que a provisão por parte do governo de insumos como saneamento básico, eletricidade, linhas de comunicação, vias de transporte, entre outros, pode gerar economia de escala na produção privada. Isso leva a uma especificação da função de produção onde os insumos privados geram retornos constantes à escala, porém a função apresenta retornos crescentes à escala quando todos os fatores de produção são considerados. Este seria o caso se $\alpha_G > 0$ em (11). Neste situação, insumos privados continuam sendo pagos com seus respectivos produtos marginais e a produção é totalmente utilizada para o pagamento destes insumos.

O insumo doméstico $Y_{i,t}^d$ é combinado com o insumo importado através de uma função de produção CES para gerar o bem intermediário:

$$Y_{i,t} = \left[\epsilon^{\frac{1}{\theta}} \left(Y_{i,t}^d \right)^{\frac{\theta-1}{\theta}} + (1-\epsilon)^{\frac{1}{\theta}} \left(M_{i,t} \right)^{\frac{\theta-1}{\theta}} \right]^{\frac{\theta}{\theta-1}}, \quad (12)$$

onde $M_{i,t}$ é o bem importado.

Inicialmente, a firma monopolista escolhe $Y_{i,t}$, $N_{i,t}$, $M_{i,t}$ e $K_{i,t}^u$, considerando o nível de preços como variável exógena. A minimização de custos da firma i será:

$$\min_{M_{i,t}, N_{i,t}, K_{i,t}^u} \left(\frac{P_t^M}{P_t} M_{i,t} + \frac{W_t}{P_t} N_{i,t} + \frac{r_t^{n,k}}{P_t} K_{i,t}^u \right), \quad (13)$$

sujeita às restrições tecnológicas (11) e (12). P_t^M é o preço do bem importado na moeda local.

Em seguida, a firma monopolista escolhe o preço de seu bem intermediário, sendo que ela irá efetivamente alterá-lo para o preço desejado com uma probabilidade $1 - \theta$. Seguindo [Galí e Gertler \(1999\)](#), dentre as firmas que irão alterar seus preços, uma fração $(1 - \omega_b)$ irá fazê-lo baseado não só no histórico inflacionário, mas também em expectativas a respeito do futuro (*forward-looking*), enquanto a parcela ω_b das firmas que ajustarão preços irá fazê-lo baseando-se apenas no histórico de preços (*backward-looking*).

O problema de escolha do preço para as firmas *forward-looking* pode ser descrito como:

$$\max_{P_{i,t}} E_0 \sum_{j=0}^{\infty} (\theta \beta)^j \Lambda_{t,t+j} \left[\left(\frac{P_{i,t}}{P_{t+j}} \right)^{1-\xi} Y_{t+j} - MC_{t+j} \left(\frac{P_{i,t}}{P_{t+j}} \right)^{-\xi} Y_{t+j} \right], \quad (14)$$

onde MC_{t+j} é o custo marginal real.

Por outro lado, as firmas *backward-looking* definem seus preços de acordo com:

$$P_t^b = \Pi_{t-1} P_{t-1}^a, \quad (15)$$

onde P_t^b é o preço dos produtos vendidos por firmas *backward-looking*, $\Pi_t = P_t/P_{t-1}$ é a taxa de inflação, P_t^a é o preço médio das firmas que ajustaram seus preços, que é dado por uma média ponderada entre os preços dos dois tipos de firmas:

$$P_t^a = \left[\omega_b \left(P_t^b \right)^{1-\xi} + (1 - \omega_b) \left(P_t^f \right)^{1-\xi} \right]^{\frac{1}{1-\xi}}. \quad (16)$$

O nível agregado de preços, portanto, evolui de acordo com uma média ponderada entre preços recém ajustados e o antigo nível de preços:

$$P_t = \left[\theta \left(P_{t-1} \right)^{1-\xi} + (1 - \theta) \left(P_t^a \right)^{1-\xi} \right]^{\frac{1}{1-\xi}}. \quad (17)$$



3.3. Setor externo

Uma parcela dos bens de consumo finais são exportados. Estes bens serão usados no exterior como insumos no setor produtivo. Diferentemente do que ocorre domesticamente, este bem final é visto como um bem diferenciado no mercado externo, onde opera-se sob concorrência monopolística. Seguindo [Galí e Monacelli \(2005\)](#), considera-se que existem um *continuum* de países $i \in (0, 1)$, onde cada país produz um bem com algum tipo de diferenciação no mercado global.

A demanda externa por bens do país local é oriunda das firmas importadoras estrangeiras. A firma representativa do país k enfrenta um problema de maximização análogo a (7), porém agora na moeda do país k :

$$\max_{M_t, M_{i,t}} \left(P_{k,t}^M M_t^k - \int_0^1 P_{i,t} M_{i,t}^k d_i \right), \quad (18)$$

sujeito a

$$M_t^k \equiv \left(\int_0^1 (M_{i,t}^k)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} d_i \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}, \quad \kappa > 1, \quad (19)$$

onde M_t^k são as importações agregadas do país k , $M_{i,t}^k$ são as importações oriundas do país i , $P_{k,t}^M$ é o preço agregado das importações em moeda do país K e $P_{i,t}$ é o preço das importações oriundas do país i .

As condições de primeira ordem para este problema determinam a demanda por exportações do país local:

$$X_t = \left(\frac{P_t/S_t}{P_t^*} \right)^{-\kappa} M_t^*, \quad (20)$$

onde M_t^* são as importações mundiais totais ($M_t^* \equiv \int_0^1 M_{i,t} d_i$) e P_t^* é o preço das importações na moeda internacional. Como o interesse está no país local, M_t^* e P_t^* são tratados como processos exógenos. Portanto, as exportações do país local dependem do preço relativo destas, bem como das importações mundiais.

A firma importadora representativa resolve o mesmo problema da firma estrangeira. Esta firma compra bens diferenciados dos diversos países externos e os utiliza para gerar um bem importado homogêneo que é usado como insumo em (12). Como bens importados só são usados pelas firmas produtoras de bens intermediários, a demanda agregada por importações vem das escolhas de insumos das firmas monopolistas.

A lei de movimento para posição líquida em ativos estrangeiros será:

$$\frac{S_t B_{t+1}^*}{\Phi_t R_t^*} = S_t B_t^* + N X_t^n, \quad (21)$$

onde $N X_t^n \equiv P_t X_t - P_t^M M_t$ são as exportações líquidas em termos nominais.

O prêmio de risco Φ_t é definido em função das reservas internacionais em (21), de choques específicos ao país local, z_t^ϕ , e da disposição dos investidores internacionais em tomar risco, $z_t^{\phi^*}$:

$$\Phi_t = \psi \exp \left\{ \psi \left(\frac{S_t B_{t+1}^*}{P_t Y_t} - \frac{S B}{P Y} \right) + \nu z_t^{\phi^*} + z_t^\phi \right\}, \quad (22)$$

onde $\frac{S B}{P Y}$ é o valor de estado estacionário das reservas internacionais líquidas, enquanto $z_t^{\phi^*}$ e z_t^ϕ seguem processos AR(1).

3.4. Governo

3.4.1. Autoridade monetária

O banco central segue um regime de meta de inflação e determina a taxa de juros nominal com base em uma regra de Taylor com a adição de um suavizador de taxa de juros. O banco central reage a desvios das expectativas de inflação em relação à meta e também a desvios do PIB em relação ao seu nível no estado estacionário (produto potencial) de acordo com a seguinte função de reação:

$$R_t = R_{t-1}^{\gamma_r} \left(E_t \left[\frac{\Pi_{t+h}}{\bar{\Pi}_{t+h}} \right]^{\gamma_\pi} \bar{\Pi} \bar{R}^{\text{real}} \left(\frac{Y_t^{\text{VA}}}{Y^{\text{VA}}} \right)^{\gamma_y} \right)^{1-\gamma_r} e^{z_t^r}, \quad (23)$$

onde $h \geq 0$ é o horizonte de expectativa usado na reação do banco central, R_t é a taxa de juros nominal, $\bar{\Pi}_t$ é a meta de inflação, \bar{R}^{real} é a taxa de juros real no estado estacionário e z_t^r é um choque de política monetária.

O PIB é definido como:

$$P_t^{\text{VA}} Y_t^{\text{VA}} \equiv P_t Y_t - P_t^{\text{M}} M_t, \quad (24)$$

onde P_t^{VA} é o deflator implícito do PIB.

3.4.2. Autoridade fiscal

O instrumento de política da autoridade fiscal é o gasto governamental, que será dividido em gastos com consumo e gastos com investimentos, sendo que este último contribui para a formação de um estoque de capital público que beneficia as firmas. Entretanto, a autoridade fiscal persegue metas de superávit primário anunciadas com antecedência com o objetivo de estabilizar a relação dívida/PIB. Portanto, os gastos do governo, sejam eles para consumo ou para investimento, respondem à variações do superávit primário em relação à meta, bem como a variações da relação dívida/PIB. Portanto, o consumo do governo segue o seguinte processo estocástico:

$$\frac{P_t G_t^{\text{C}}}{P_t^{\text{VA}} Y_t^{\text{VA}}} = \gamma_g \frac{P_{t-1} G_{t-1}^{\text{C}}}{P_{t-1}^{\text{VA}} Y_{t-1}^{\text{VA}}} + (1 - \gamma_g) \left[\gamma_s \left(\frac{S_{t-1}^g}{P_{t-1}^{\text{VA}} Y_{t-1}^{\text{VA}}} - \frac{\bar{S}_{t-1}^g}{P_{t-1}^{\text{VA}} Y_{t-1}^{\text{VA}}} \right) - \gamma_b (B_t^y - B^y) + \frac{P G}{P^{\text{VA}} Y^{\text{VA}}} \right] + z_t^{g^{\text{C}}}, \quad (25)$$

onde S_t^g é o superávit primário, $(\bar{S}_{t-1}^g)/(P_{t-1}^{\text{VA}} Y_{t-1}^{\text{VA}})$ é a meta de superávit primário como proporção do PIB, $B_t^y = B_t/(P_{t-1}^{\text{VA}} Y_{t-1}^{\text{VA}})$ é a relação dívida/PIB e $z_t^{g^{\text{C}}}$ é um choque de consumo do governo. Os investimentos do governo seguem um processo estocástico similar:

$$\frac{P_t G_t^{\text{I}}}{P_t^{\text{VA}} Y_t^{\text{VA}}} = \gamma_g \frac{P_{t-1} G_{t-1}^{\text{I}}}{P_{t-1}^{\text{VA}} Y_{t-1}^{\text{VA}}} + (1 - \gamma_g) \left[\gamma_s \left(\frac{S_{t-1}^g}{P_{t-1}^{\text{VA}} Y_{t-1}^{\text{VA}}} - \frac{\bar{S}_{t-1}^g}{P_{t-1}^{\text{VA}} Y_{t-1}^{\text{VA}}} \right) - \gamma_b (B_t^y - B^y) + \frac{P G}{P^{\text{VA}} Y^{\text{VA}}} \right] + z_t^{g^{\text{I}}}, \quad (26)$$

onde $z_t^{g^{\text{I}}}$ é um choque de investimento do governo.

Os gastos totais do governo, incluindo consumo e investimentos, são dados por $G_t = G_t^{\text{C}} + G_t^{\text{I}}$. Os gastos com investimentos do governo agregam ao estoque de capital público, bem como compensam a depreciação deste:

$$K_{G,t+1} = (1 - \delta_G) K_{G,t} + G_t^{\text{I}}. \quad (27)$$

O estoque de capital público $K_{G,t}$ representa rodovias, portos, aeroportos, universidades, escolas e outros tipos de infraestrutura que contribuem para a produtividade das firmas produtoras de bens intermediários e seu efeito fica explícito na função de produção (11). É importante notar que, apesar de (11) apresentar retornos constantes à escala para os fatores de produção privados, esta é uma função de produção com retornos crescentes à escala, pois a infraestrutura pública permite ganhos adicionais de produtividade. O superávit primário é definido como

$$S_t^g \equiv \tau_t^n - P_t G_t, \quad (28)$$



onde τ_t^n são as receitas líquidas com impostos em termos nominais.

As receitas de impostos são uma função do PIB nominal, logo:

$$\tau_t^n = \tau^y P_t^{VA} Y_t^{VA}. \quad (29)$$

Todo o déficit do governo é financiado domesticamente, ou seja, o governo emite apenas títulos domésticos. A restrição orçamentária do governo é dada por:

$$\frac{B_{t+1}}{R_t} + \tau_t^y = P_t G_t + B_t. \quad (30)$$

Obviamente, a economia deve satisfazer também a seguinte identidade:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + X_t, \quad (31)$$

onde que Y_t inclui também insumos importados usados na produção e difere da definição de PIB dada em (24).

4. ESTIMAÇÃO

A estimação do modelo proposto foi realizada através da abordagem Bayesiana. A literatura apresenta diversos procedimentos para a determinação do valor dos parâmetros de modelos DSGE, desde abordagens informais como a calibração (ver, por exemplo, [Kydland & Prescott, 1982](#)), que evoluíram para a estimação formal usando método generalizado dos momentos (ver, entre outros, [Christiano et al., 2005](#)), a estimacões baseadas em funções de verossimilhança tanto com abordagem clássica ([McGrattan, 1994](#)), quanto com a Bayesiana ([An & Schorfheide, 2007](#)).

Entretanto, a estimação Bayesiana de modelos DSGE possui vantagens em relação aos métodos de estimação clássicos, pois permite incorporar informações adicionais disponíveis ao pesquisador à estimação dos parâmetros através de distribuições a priori para estes (ver [An & Schorfheide, 2007](#), para uma discussão a respeito de outras vantagens desta abordagem). Estas informações a priori podem servir para reduzir a importância de determinadas regiões do espaço paramétrico que não condizem com observações do mundo real não contidas no vetor de séries de tempo utilizado na estimação. Além disso, informações a priori podem adicionar curvatura a dimensões praticamente planas da função de verossimilhança, influenciando o formato da distribuição a posteriori.

O modelo possui 73 parâmetros, dos quais 32 são calibrados, e 41 são estimados. A base de dados utilizada na estimação deste parâmetros contém dados trimestrais sobre o Produto Interno Bruto, a taxa de câmbio real (média trimestral), a taxa de juros Selic (média trimestral), a inflação medida pelo IPCA (variação trimestral), a razão superávit primário fiscal em relação ao PIB, a inflação trimestral dos EUA (usada como proxy para a inflação internacional) e a taxa de juros dos *FED funds* (usada como proxy para a taxa de juros internacional). A amostra tem início no terceiro trimestre de 1999 e se estende até o terceiro trimestre de 2013. A tendência de todas as séries é retirada utilizando-se o filtro proposto por [Hodrick e Prescott \(1997\)](#).

A estimação Bayesiana é realizada através do algoritmo Metropolis-Hastings, que permite gerar cadeias de Markov cuja distribuição estacionária corresponde à distribuição a posteriori de interesse ([Chib & Greenberg, 1995](#)). Como descrito por [An e Schorfheide \(2007\)](#), um caso especial do algoritmo Metropolis-Hastings muito usado na estimação de modelos DSGE é o algoritmo Metropolis-Hastings passeio aleatório, cuja implementação possui os seguintes passos:

- 1) Use uma rotina de otimização para encontrar a moda do produto entre a função de verossimilhança e a função de distribuição a priori. Denote esta moda por $\tilde{\theta}$.
- 2) Calcule o inverso da matriz Hessiana do produto de funções acima no ponto $\tilde{\theta}$ e denote-o por $\tilde{\Sigma}$.

- 3) Amostre $\theta^{(0)}$ de uma distribuição $\mathcal{N}(\tilde{\theta}, c^2 \tilde{\Sigma})$, onde c^2 permite alterar a escala de $\tilde{\Sigma}$.
- 4) Para $s = 1, \dots, S$, amostre um vetor tentativo de parâmetros ϑ da distribuição proposta, $\mathcal{N}(\theta^{(s-1)}, c^2 \tilde{\Sigma})$. A realização ϑ será aceita como o novo vetor $\theta^{(s)}$ com uma probabilidade $\min\{1, r(\theta^{(s-1)}, \vartheta|Y)\}$ e rejeitado (ou seja, $\theta^{(s)} = \theta^{(s-1)}$) caso contrário, onde

$$r(\theta^{(s-1)}, \vartheta|Y) = \frac{\mathcal{L}(\vartheta|Y)p(\vartheta)}{\mathcal{L}(\theta^{(s-1)}|Y)p(\theta^{(s-1)})}. \quad (32)$$

- 5) A distribuição a posteriori dos parâmetros é então aproximada pela distribuição amostral $\{\theta^{(i)}\}_{i=B}^S$, onde B é o número de amostras iniciais descartadas antes da convergência da cadeia de Markov para a distribuição a posteriori.

Portanto, o algoritmo Metropolis-Hastings passeio aleatório constrói uma sequência de realizações da distribuição a posteriori sem a exigência do conhecimento desta distribuição em fórmula fechada. A partir desta amostra, pode-se aproximar os momentos da distribuição a posteriori através dos momentos empíricos. Na estimação realizada, a escala de $\tilde{\Sigma}$ foi parametrizada com $c = 0,4472$, garantindo uma taxa de aceitação em (32) de aproximadamente 25%, seguindo recomendação de Roberts, Gelman, Gilks et al. (1997). Foram amostradas da cadeia de Markov gerada pelo algoritmo Metropolis-Hastings 1.000.000 realizações dos parâmetros, sendo que 60% destas observações foram descartadas para garantir que a cadeia de Markov já tenha convergido para a distribuição a posteriori antes que as realizações desta comecem a ser utilizada para calcular os momentos empíricos da distribuição a posteriori. O Apêndice A apresenta alguns diagnósticos de convergência para o algoritmo utilizado.

A Tabela A-2, incluída no Apêndice, descreve os valores de cada parâmetro usados nas simulações do modelo. Os parâmetros cujos valores foram calibrados seguem referências na literatura nacional e internacional. A maior parte dos parâmetros calibrados são relações entre variáveis no estado estacionário. Este valores foram calibrados de acordo com a média das variáveis na amostra utilizada. Parâmetros como a taxa de depreciação, a elasticidade produto do capital privado do e a taxa de depreciação foram calibrados de acordo com de Castro et al. (2011). A Tabela A-2 descreve todos os parâmetros, suas distribuições a priori e a moda de suas distribuições a posteriori. O Apêndice A também apresenta gráficos das distribuições a priori e a posteriori, permitindo a análise de quais parâmetros são melhor identificado nos dados.

A principal especificidade do modelo aqui apresentado é a inclusão do estoque de capital público como fator relevante no aumento da produtividade, com isso, a calibragem da elasticidade produto do capital público, α_G , é fundamental. No modelo base, esse parâmetro foi fixado em 0,02, porém, como argumentado por Ferreira e do Nascimento (2005) não há um consenso na literatura a respeito do valor deste parâmetro e estimativas variam de 0,4 em Ferreira e Malliagros (1998), até resultados estatisticamente não significativos. Bom e Ligthart (2013) realizam uma meta-análise para esta elasticidade baseada em 578 estimativas coletadas em 68 estudos diferentes contendo amostra de vários países da OCDE e encontram uma estimativa média de 0,08. Aschauer (1989) estima a elasticidade produto do estoque de capital público em 0,36 usando dados americanos. A escolha conservadora de $\alpha_G = 0,02$ tem o intuito de mostrar a importância do investimento público mesmo em um cenário onde α_G é pequeno; entretanto, uma análise de sensibilidade dos resultados a esta escolha será feita na seção 5.2.

5. RESULTADOS

Esta seção apresenta as análises obtidas através do modelo desenvolvido e estimado com dados brasileiros. Os valores dos parâmetros foram estimados de acordo com a discussão apresentada na seção 4, permitindo então a solução e a simulação do modelo apresentado. Baseado nestes parâmetros, funções



impulso-resposta para os diversos choques podem ser analisadas, permitindo separar os efeitos dinâmicos dos diferentes choques contidos no modelo. Além disso, análises a respeito do efeito dinâmico total dos gastos públicos são consideradas através de multiplicadores a valor presente.

5.1. Análise de funções impulso-resposta

A [Figura 1](#) (páginas 87 e 88) apresenta funções impulso-resposta a choques no consumo do governo para todas as variáveis endógenas. É possível perceber, por exemplo, que o consumo das famílias otimizadoras cai em resposta a aumento do consumo do governo, evidenciando o efeito riqueza negativo típico de consumidores Ricardianos devido à expectativa de maiores gastos futuros com impostos. Entretanto, as famílias de baixa renda e que não possuem acesso ao mercado financeiro não podem transferir consumo e trabalho ao longo do tempo e acabam por consumir mais no período do choque de consumo devido ao aumento da renda corrente. O aumento do consumo do governo também afeta a posição externa do país, uma vez que as exportações líquidas se tornam negativas, gerando uma redução nas reservas internacionais. Essa redução acaba por gerar um aumento no risco-país e uma consequente fuga de capitais, desvalorizando então a moeda local no médio prazo. A desvalorização cambial incentiva então as exportações, gerando exportações líquidas positivas e, gradualmente, recompondo o estoque de reservas internacionais, o que traz o risco-país novamente para seu nível de estado estacionário.

Como a autoridade fiscal procura estabilizar a razão dívida/PIB, nos períodos subsequentes ao choque de gastos do governo haverá um aperto fiscal. Este efeito pode ser visto na função impulso-resposta para o superávit primário. O incentivo à demanda dado pelo aumento nos gastos do governo acaba por gerar um aumento da taxa de inflação, o que leva a autoridade monetária a responder com um aumento na taxa nominal de juros nominal. O aumento dos juros, juntamente com o aperto fiscal nos períodos seguintes levam a uma redução não só da inflação, mas também do PIB. Portanto, o impacto inicial do consumo do governo sobre o produto é positivo, porém, a dinâmica da economia e as respostas dos diversos agentes econômicos acaba por gerar um efeito negativo sobre o produto em períodos futuros. Uma maneira de contabilizar o saldo final destes efeitos dinâmicos distintos é a utilização do multiplicador a valor presente desenvolvido por [Mountford e Uhlig \(2009\)](#) e apresentado na [seção 5.2](#).

A [Figura 2](#) (páginas 89 e 90) apresenta as mesmas variáveis, porém agora após um choque no investimento público. Neste caso, o consumo das famílias otimizadoras cai no período corrente, mas aumenta nos períodos seguintes refletindo o aumento de produtividade da economia gerado pelo maior estoque de capital público disponível. O aumento de produtividade oriundo do maior estoque de capital público reduz o custo marginal e, portanto, as expectativas de inflação e a própria inflação corrente. É interessante notar que o efeito do aumento dos investimentos públicos sobre o nível de preços é diferente do efeito de um aumento no consumo do governo, uma vez que o aumento do estoque de capital público gera também efeitos de oferta que acabam por reduzir as pressões inflacionárias.

5.2. Multiplicador fiscal

Como é possível ver nas funções impulso resposta apresentada nas [Figuras 1 e 2](#), os dois tipos de choques fiscais têm um efeito inicial positivo, entretanto, o choque passa a ter efeitos negativos no produto ao longo do tempo. Portanto, uma análise de multiplicador fiscal baseado em funções impulso resposta pode gerar conclusões enganosas. Por exemplo, é possível perceber na [Figura 1](#) que o efeito positivo no produto dura menos do que quatro trimestres, enquanto que o efeito negativo do aumento de gastos dura mais de seis trimestres. Entretanto, a magnitude do efeito positivo parece ser maior do que a magnitude do efeito negativo e uma análise precisa do efeito total do choque fiscal deve comparar estes dois momentos. Seguindo [Mountford e Uhlig \(2009\)](#), [Leeper, Walker e Yang \(2010\)](#), [Uhlig \(2010\)](#) e [Drautzburg e Uhlig \(2011\)](#), usaremos o multiplicador a valor presente dos gastos do governo para analisar o impacto intertemporal de políticas fiscais no produto. O multiplicador a valor presente k trimestres

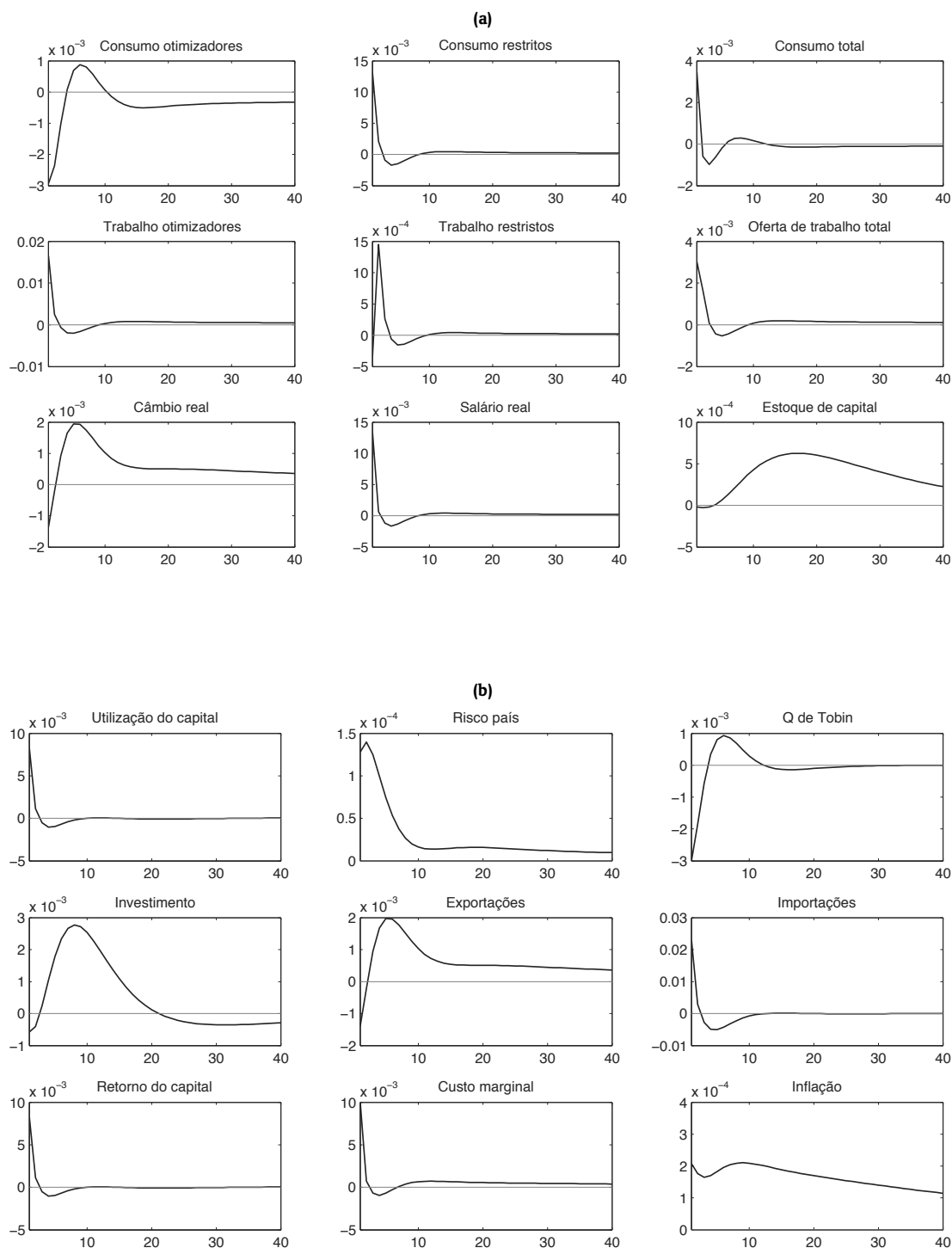
Figura 1. Efeito de choque no consumo do governo.

Figura 1. (continuação) Efeito de choque no consumo do governo.

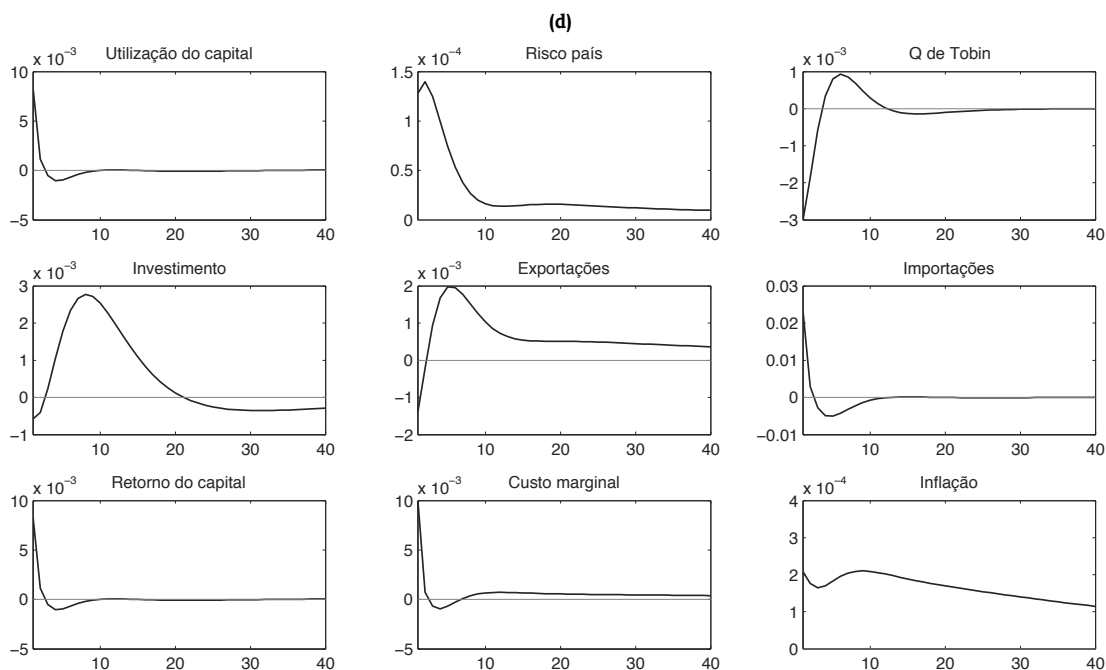
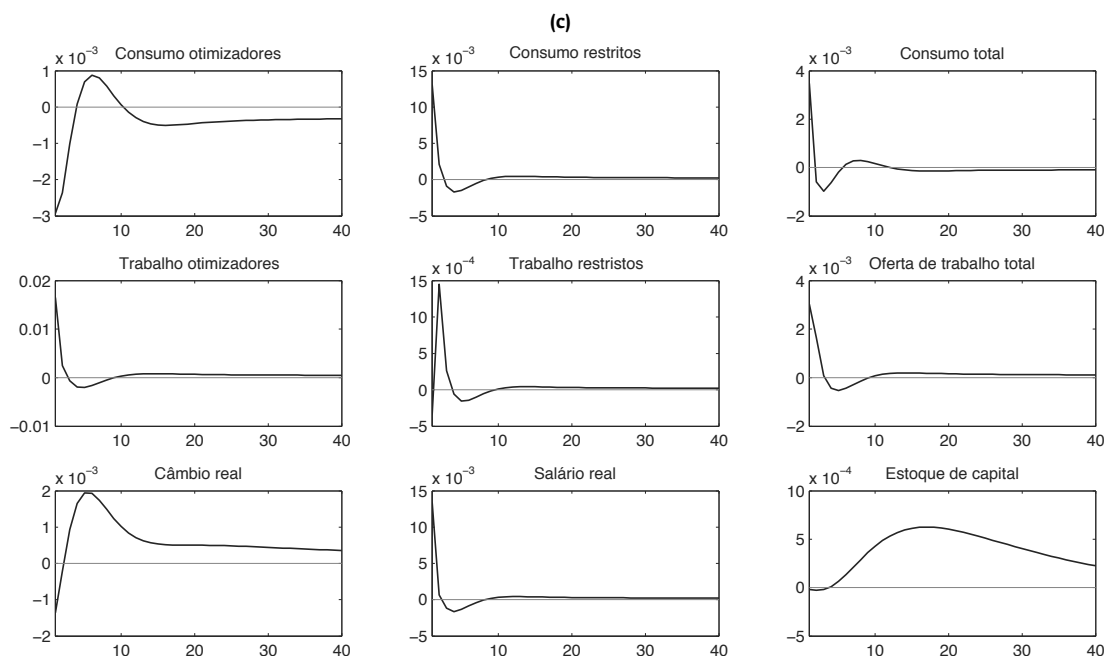


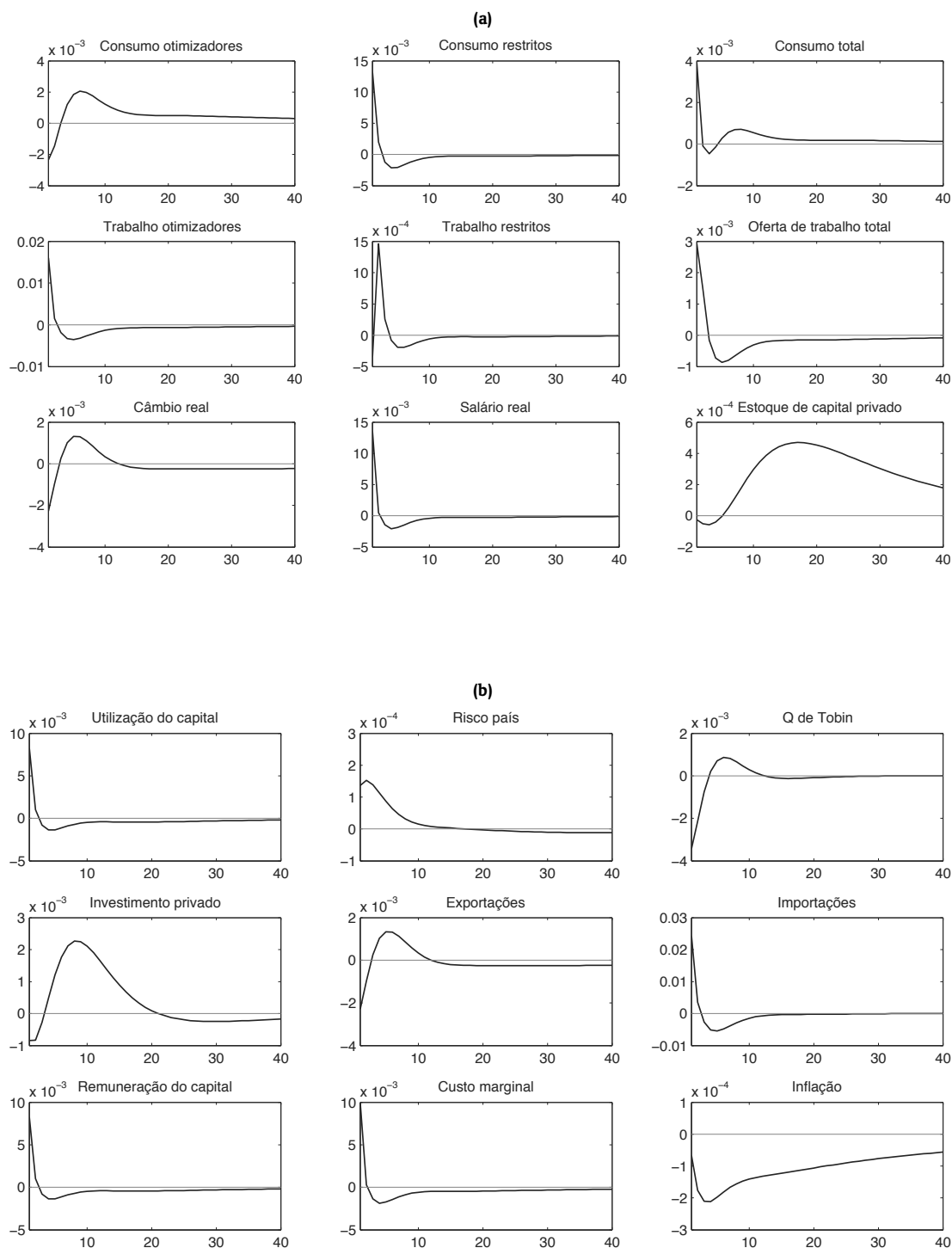
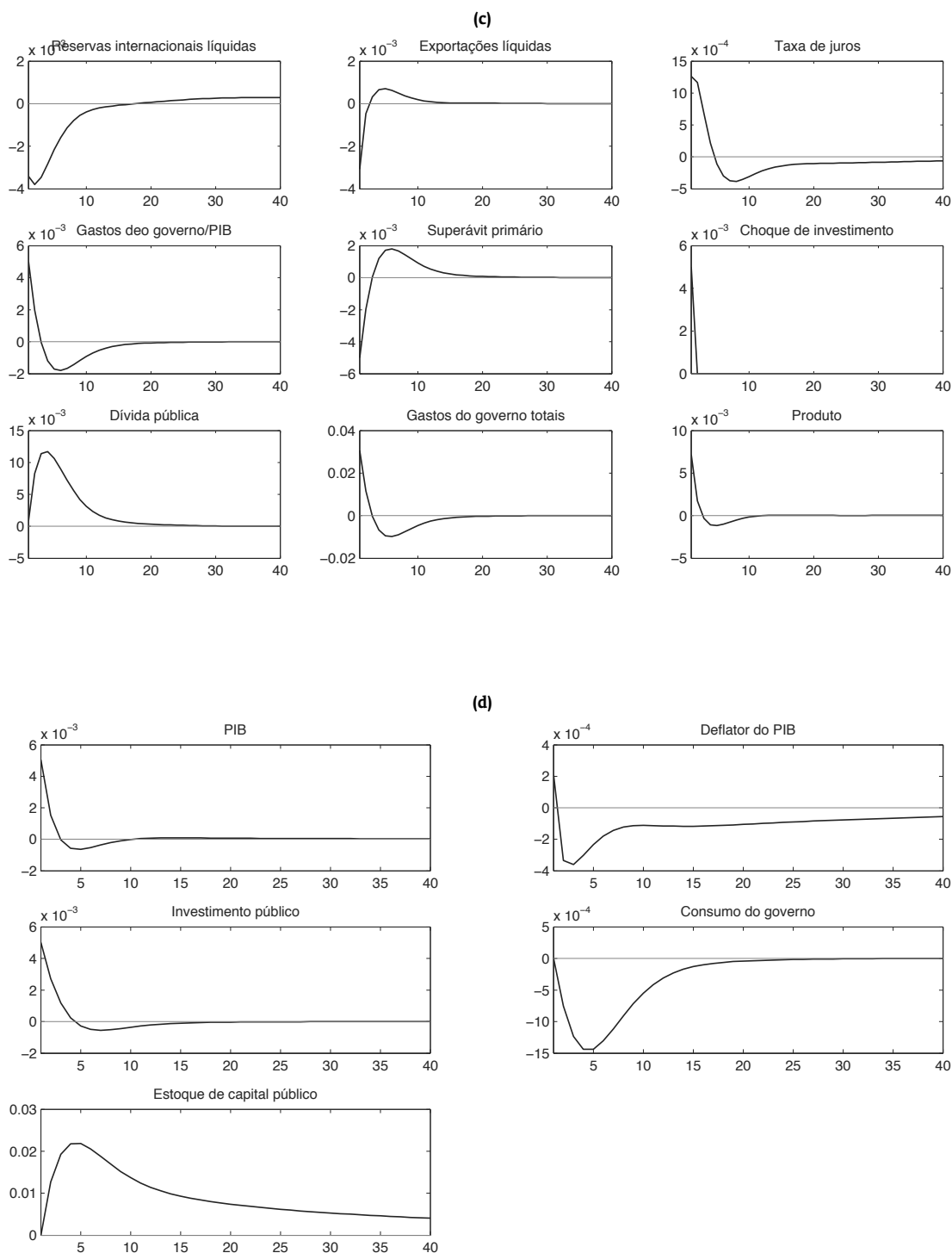
Figura 2. Efeito de choque no investimento do governo.

Figura 2. (continuação) Efeito de choque no investimento do governo.



após o choque é definido pela seguinte fórmula:

$$\frac{\sum_{j=0}^k (1+r)^{-j} \Delta Y_j^{VA}}{\sum_{j=0}^k (1+r)^{-j} \Delta G_j}, \quad (33)$$

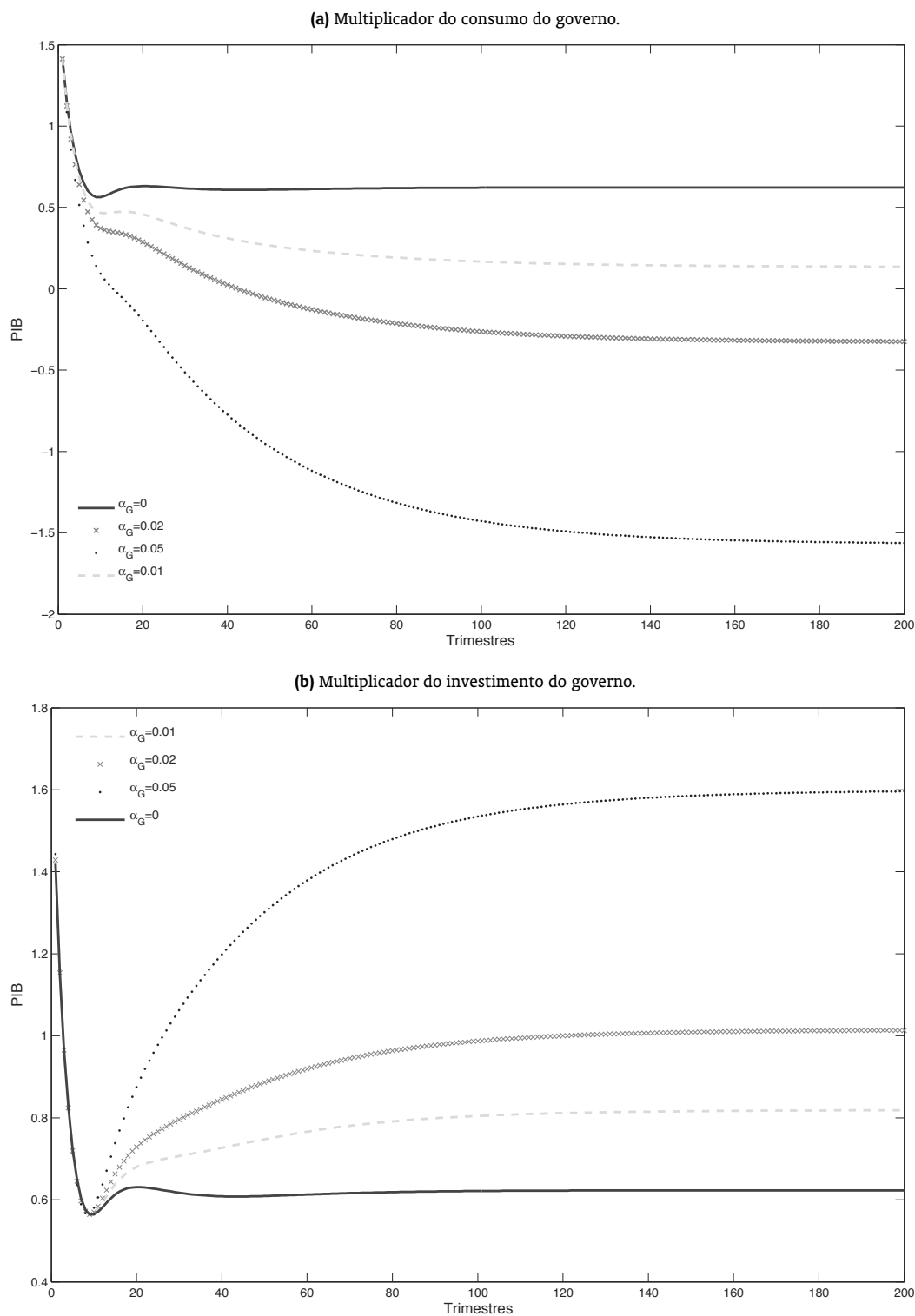
onde r é o juros real no estado estacionário. Portanto, no período do choque $k = 0$, o multiplicador a valor presente nos dá o efeito em Reais no produto de um aumento de um Real nos gastos públicos. Porém, quando $k \rightarrow \infty$, este multiplicador traz a valor presente todos os efeitos futuros dos gastos do governo sobre o produto, permitindo analisar o efeito total do choque fiscal.

A [Figura 2a](#) apresenta o multiplicador a valor presente dos gastos com consumo do governo para diferentes valores da elasticidade produto do estoque de capital público, α_G , permitindo uma análise de sensibilidade à calibragem utilizada para este parâmetro. No caso onde $\alpha_G = 0$, o estoque de capital público não gera ganhos de produtividade para as firmas e representa caso análogo a [Uhlig \(2010\)](#), [Mountford e Uhlig \(2009\)](#) e [Woodford \(2011\)](#), entre outros. Neste cenário, o impacto inicial do aumento em R\$ 1,00 no consumo do governo gera um aumento de aproximadamente R\$ 1,48 no PIB. Entretanto, este efeito se reduz ao longo do tempo devido à necessidade da autoridade fiscal manter superávits primários e da autoridade monetária manter a inflação na sua meta, o que acaba por incentivar uma recessão no médio prazo. Portanto, após 10 anos do aumento inicial no consumo do governo, quando a economia se aproxima novamente de seu estado estacionário, percebe-se que cada R\$ 1,00 gasto com consumo do governo gerou apenas R\$ 0,62 de PIB em valor presente. Entretanto, é importante salientar que nem mesmo este resultado final baixo para o gasto do governo invalida seu uso para reagir a movimentos do ciclo econômico, pois, dependendo do momento do ciclo econômico, contra atacar recessões com aumento de gastos do governo ao custo de uma redução na expansão econômica futura pode gerar aumento de bem estar.

Os casos onde $\alpha_G \neq 0$ representam a situação onde o estoque de capital público contribui para a produtividade dos insumos privados e quanto maior for α_G , maior será o aumento de produtividade gerado por incrementos no estoque de capital público. Note que, nestas situações, o efeito de longo prazo do aumento do consumo do governo se deteriora. Isso se dá em razão do choque aumentar apenas os gastos com consumo do governo, mas quando a autoridade fiscal reduz seus gastos para recompor a dívida pública aos níveis de equilíbrio, tanto gastos com consumo quanto gastos com investimento são cortados. A redução dos gastos com investimento público necessária para manter a estabilidade da razão dívida/PIB reduzirá o estoque de capital público e, conseqüentemente, a produtividade das firmas. Esta situação mostra a importância de se considerar os efeitos macroeconômicos da consolidação, uma vez que a redução de gastos com investimento tem impacto mais severo do que a redução de gastos com consumo. A literatura sobre efeitos da consolidação fiscal em modelos DSGE ainda é incipiente, mas os efeitos de curto e longo prazo da obtenção de superávits primários através de diferentes instrumentos de política fiscal são analisados em [Coenen, Mohr e Straub \(2008\)](#) e em [Schwarz Müller e Wolters \(2014\)](#).

A [Figura 2b](#) mostra o multiplicador a valor presente dos investimentos do governo para diferentes valores de α_G . No caso onde o estoque de capital público não tem efeito na produtividade dos fatores de produção privados, investimento e consumo do governo geram os mesmos efeitos no produto ao longo do tempo. Porém, a medida que a elasticidade produto do estoque de capital público aumenta, os efeitos de longo prazo do aumento de produtividade refletem no PIB, evidenciando os efeitos de oferta gerados por um maior estoque de capital público disponível às empresas e a conseqüente expansão da capacidade produtiva. Na parametrização base, $\alpha_G = 0,02$, é possível perceber que, no longo prazo, gastos com infraestrutura acabam se pagando, uma vez que o multiplicador fiscal de longo prazo supera 1 o que esta de acordo com as conclusões obtidas em [Ferreira e do Nascimento \(2005\)](#). Apesar disso, esta situação não evita a recessão no médio prazo causada pela necessidade de obtenção de superávits para controlar o estoque da dívida e de aumento dos juros para conter a inflação. [Ferreira e do Nascimento \(2005\)](#) argumenta justamente que a situação fiscal antes do choque pode impedir investimentos em infraestrutura mesmo no caso onde estes podem ser vistos como auto-financeáveis no longo prazo, uma

Figura 3. Multiplicador fiscal a valor presente para diferentes α_G .

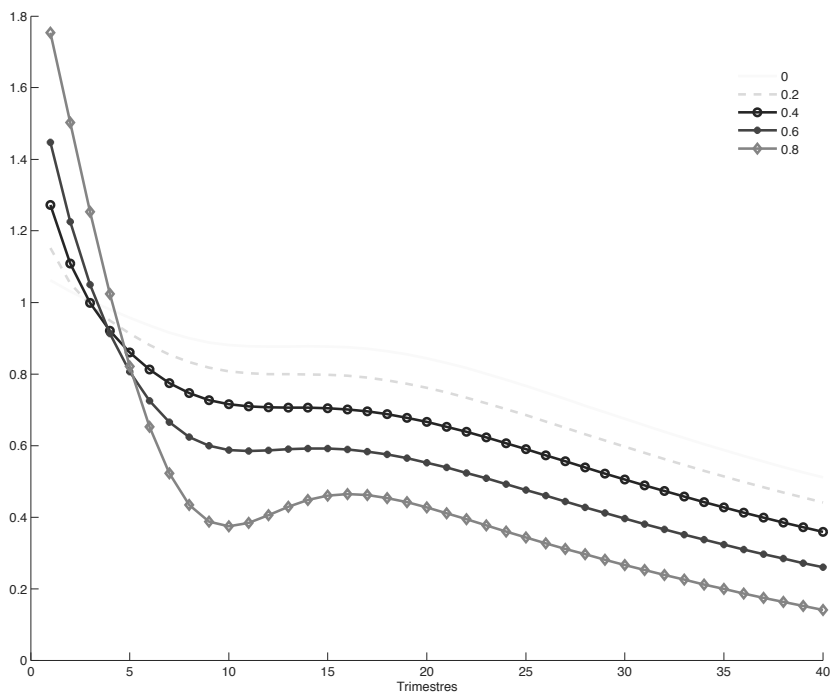
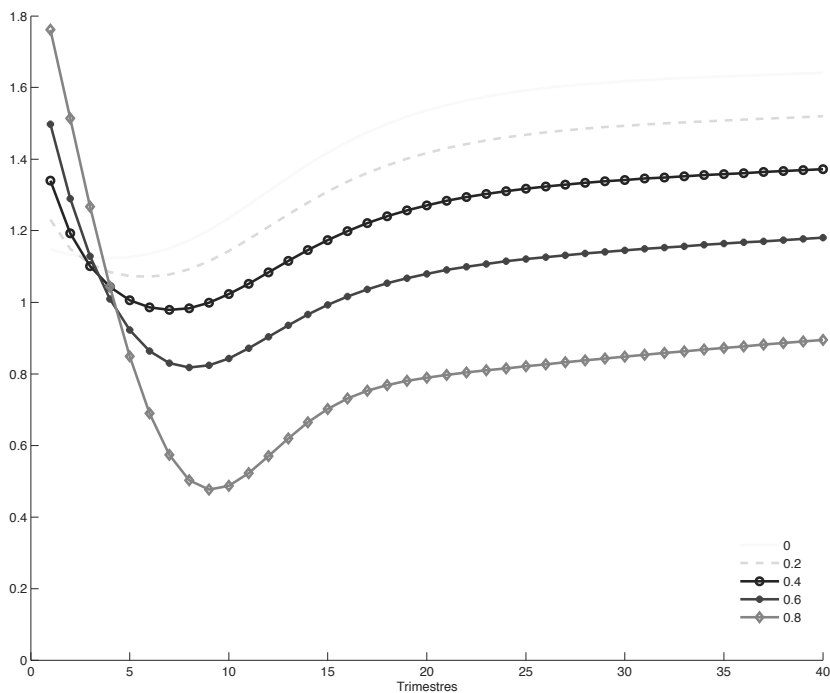


vez que as condições para a solvência do país podem ficar comprometidas no curto e médio prazo, antes que os efeitos de longo prazo de investimentos em infraestrutura sejam sentidos.

No caso onde $\alpha_G = 0,05$, devido aos ganhos de produtividade associados a investimentos públicos, é possível que o efeito de longo prazo do aumento no estoque de capital público supere o efeito de curto prazo, mesmo levando-se em consideração a necessidade de acúmulo de superávits após o choque inicial para manter a razão dívida pública constante. Ou seja, os ganhos de longo prazo de um maior estoque de capital público podem ser suficientes para compensar totalmente os períodos de baixo crescimento gerados pelo aperto fiscal necessário para arcar com os gastos em investimentos. Apesar da parametrização base utilizar $\alpha_G = 0,02$, é importante salientar que estudos brasileiros e internacionais como Bom e Ligthart (2013), Ferreira e Malliagros (1998) e Ferreira e do Nascimento (2005) mostram que uma elasticidade produto do estoque de capital público próxima de 0,05 não é implausível.

Uma das grandes vantagens de modelos DSGE em relação a modelos VAR é a possibilidade de se analisar situações hipotéticas não descritas no histórico dos dados. A interação entre política monetária e política fiscal é de fundamental importância na determinação dos efeitos de curto e longo prazo dos multiplicadores do consumo e investimento público. Mais especificamente, uma política monetária acomodativa tende a ampliar os efeitos de curto prazo dos multiplicadores ao custo de uma alta inflacionária. Portanto, é interessante analisar qual seria o efeito de um BACEN que, apesar de manter uma meta de inflação, evite movimentos bruscos na taxa de juros em relação a um BACEN que não suaviza as mudanças na taxa de juros. Para isso, pode-se analisar os multiplicadores fiscais utilizando diferentes graus de suavização da política monetária por parte do BACEN. A Figura 4 mostra multiplicadores do consumo e do investimento público para diferentes regras de política monetária. Mais especificamente, o parâmetro de suavização γ_r assume valores entre 0 e 0,8, onde $\gamma_r = 0$ caracteriza a situação onde o BACEN não suaviza a política monetária e $\gamma_r = 0,8$ caracteriza a situação onde o BACEN faz mudanças graduais no instrumento de política monetária ao longo do tempo até atingir a taxa de juros desejada. É possível perceber que, no caso de política monetária brusca, o efeito de curto prazo de ambos multiplicadores fiscais é reduzido. Entretanto, o efeito de longo prazo destes multiplicadores é maior. Uma política monetária suave, por outro lado, permite um maior nível de inflação no curto prazo, não reagindo prontamente ao aumento de demanda gerado pelo choque de gastos. Entretanto, esta leniência com a inflação no curto prazo acaba por tornar mais difícil a tarefa de longo prazo de trazer a inflação de volta para a meta, exigindo uma recessão mais severa para recolocar a inflação no patamar desejado. O custo da recessão mais severa no futuro faz com que o efeito de longo prazo do multiplicador fiscal seja reduzido, afetando o resultado final do multiplicador fiscal tanto no caso de gastos com consumo, quanto no caso de gastos com investimentos.

Outro exercício interessante é analisar os efeitos de políticas fiscais para situações onde exista uma maior proporção de agentes restritos ao mercado financeiro, o que impede a alocação intertemporal de recursos, evitando comportamento Ricardiano por parte dos consumidores. Se os consumidores aumentarem sua poupança após aumento nos gastos do governo de forma a se prevenir em relação a futuros aumentos na carga tributária, o efeito da política fiscal será drasticamente reduzido ou até mesmo eliminado. Entretanto, Campbell e Mankiw (1989) entre outros argumentam que essa hipótese de equivalência Ricardiana tem fraco suporte empírico e argumentam que os dados são melhor descritos por um modelo onde parte dos consumidores adotam comportamento Ricardiano, enquanto outra parte não realiza substituição intertemporal de recursos. A Figura 5 (página 96) mostra multiplicadores fiscais para diferentes proporções de consumidores restritos na população e deixa claro que o resultado de curto e também de longo prazo de gastos do governo são ampliados quando uma maior proporção da população age de forma não-Ricardiana. Além disso, o efeito de longo prazo no multiplicador com alta proporção de consumidores restritos é ampliado no caso de gastos com investimento público, uma vez que a recessão futura necessária para estabilizar o estoque de dívida, bem como a taxa de inflação, será mais branda devido aos efeitos de produtividade associados aos investimentos públicos, fazendo com que os consumidores não-Ricardianos não precisem reduzir muito seu consumo em momentos de baixo crescimento da renda. Portanto, a redução futura no consumo dos agentes restritos será mais branda do

Figura 4. Multiplicador fiscal para diferentes níveis de suavização da política monetária.**(a)** Multiplicador do consumo do governo.**(b)** Multiplicador do investimento do governo.

que no caso onde o choque fiscal for feito através de gastos com consumo, não gerando nenhum efeito de oferta adicional.

5.3. Possíveis extensões

A análise e os resultados aqui apresentados levantam alguns pontos que podem ser estudados com maior profundidade utilizando pequenas variações do modelo base. A análise dos multiplicadores fiscais deixou claro que aumento de gastos em um período terão que vir acompanhados de algum tipo de política fiscal contracionista no futuro de forma a manter a estabilidade da dívida pública e a solvência do país. Neste contexto, ficou evidente a desvantagem da redução do investimento público em relação à redução do consumo do governo como forma de gerar superávit primário. Apesar do foco deste trabalho ter sido em políticas fiscais expansionistas, uma análise de políticas fiscais contracionistas e das diferentes regras de política que permitiriam a obtenção do objetivo de estabilização da dívida pública e seus efeitos sobre inflação e produto também seria importante. Uma análise nessa direção desenvolvida para a economia americana, e com a intenção de entender as consequências do ajuste fiscal necessário após os gastos acarretados pelo *American Recovery and Reinvest Act*, é apresentada em [Schwarz Müller e Wolters \(2014\)](#).

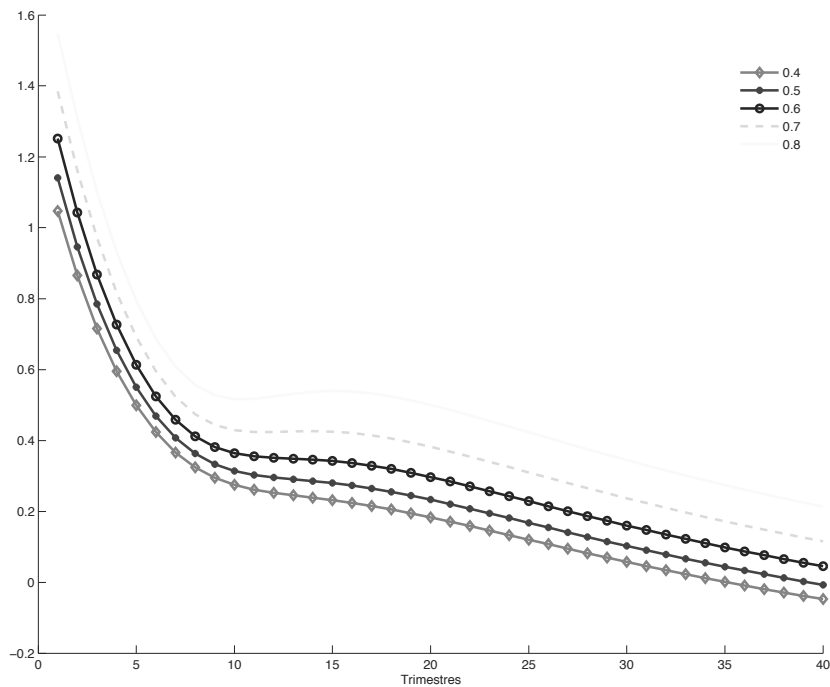
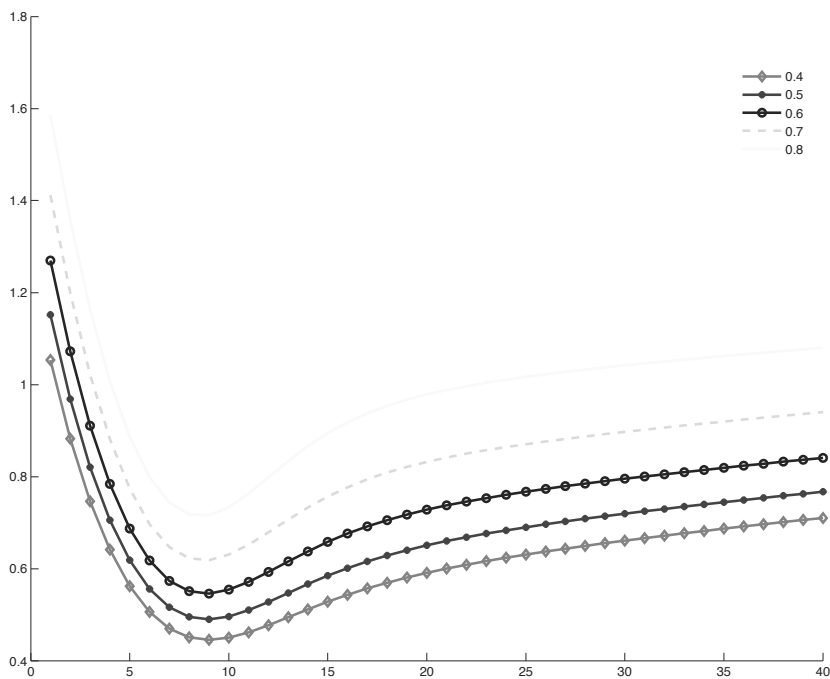
Adicionalmente, políticas fiscais contracionista ou expansionista podem ser desenvolvidas também através do aumento da carga tributária utilizando-se diferentes fontes de impostos. Mais especificamente, seria interessante comparar o efeito de políticas fiscais baseadas em aumento de gastos, sejam eles em consumo ou em investimento, com reduções tributárias advindas de diferentes fontes. Para isso, é necessário incorporar uma estrutura de tributos distorcivos no modelo DSGE desenvolvido. [Uhlig \(2010\)](#) aborda esta questão em um modelo DSGE de pequena escala sem investimento público e conclui que a desoneração tributária tem um maior efeito de longo prazo no produto. A inclusão de uma estrutura tributária no modelo permitiria também analisar a possibilidade de consolidação fiscal após aumento de gastos via aumento de tributos e não somente através de cortes no orçamento do governo, aumentando as possibilidades da autoridade fiscal para atingir o objetivo de estabilização da dívida pública e a meta de superávit primário.

A existência de diversas maneiras de se executar a política fiscal leva à pergunta sobre qual a melhor maneira de implementar políticas fiscais. Para tentar responder tal pergunta, pode ser interessante investigar as bases para o desenvolvimento de uma regra de política fiscal nos moldes das regras de política monetária desenvolvidas, por exemplo, por [Taylor \(1993\)](#). Dado que o objetivo da autoridade fiscal é, além de estabilizar a dívida pública, reduzir as oscilações do ciclo econômico, quais seriam os instrumentos de política fiscal mais eficientes para atingir tal objetivo? Estudos sobre política fiscal ótima em modelos DSGE podem ser encontrados pelo menos a partir de [Chari, Christiano e Kehoe \(1994\)](#), porém, não há consenso a respeito dos instrumentos ótimos de política fiscal, principalmente em modelos com rigidez nominal e rigidez real.

6. CONCLUSÃO

Um modelo dinâmico e estocástico de equilíbrio geral foi desenvolvido com o intuito de entender e analisar os efeitos de políticas fiscais na economia brasileira. O modelo incorpora especificidades da economia brasileira como por exemplo, famílias de baixa renda que enfrentam restrição de crédito, um banco central que persegue metas de inflação, autoridade fiscal com meta de superávit primário, produção dependente de insumos importados, investidores externos avessos ao risco, risco-país dependente das reservas internacionais líquidas, entre outras.

Ademais, o estoque de capital público é incluído como um fator de produção, permitindo analisar os impactos de investimentos públicos sobre a produtividade marginal dos insumos privados e sobre o PIB. Dessa forma, o modelo permite diferenciar os efeitos de gastos com consumo dos efeitos de gastos com investimento, possibilitando uma melhor avaliação das possibilidades da política fiscal. É possível

Figura 5. Multiplicador fiscal para diferentes porcentagens de consumidores restritos.**(a)** Multiplicador do consumo do governo.**(b)** Multiplicador do investimento do governo.

analisar não somente os diferentes efeitos de gastos com consumo e com investimento, mas também os efeitos de um ajuste fiscal através de consumo ou de investimento. Mais especificamente, cortes de gastos que afetem os investimentos públicos terão efeitos de longo prazo mais custosos para economia, indicando que cortes em gastos com consumo devem ser privilegiados em momentos de política fiscal contracionista.

Funções impulso resposta para choques de consumo e de investimento públicos são usadas para explicitarem as diferenças dinâmicas entre os dois tipos de gastos. É possível perceber que, apesar do efeito inicial positivo, em ambos os casos o choque de gastos acaba por gerar recessões e queda no produto no médio prazo, o que torna o efeito final dos gastos públicos ambíguo. Para tentar capturar o efeito total destes choques de política fiscal, os efeitos de médio e longo prazo são trazidos a valor presente utilizando o multiplicador a valor presente.

O multiplicador a valor presente do efeito do consumo públicos sobre o PIB mostra que, apesar do impacto inicial positivo, o efeito de longo prazo deste multiplicador é menor do que um em todos os cenários analisados, sendo que em algumas parametrizações obtidas este efeito pode ser negativo. O efeito negativo de longo prazo se dá pela necessidade de ajuste orçamentário após o aumento de gastos gerado pelo choque fiscal, o que implica em reduções futuras do consumo e do investimento público. Este último acaba por reduzir a capacidade produtiva da economia, afetando negativamente o efeito final do choque de consumo do governo. Por outro lado, gastos com investimento possuem não só um impacto inicial positivo, mas também um efeito de longo prazo superior a um para $\alpha_G \geq 0,02$. Um maior estoque de capital público gera ganhos de produtividade privados, ampliando os investimentos e a capacidade produtiva da economia apontando para as vantagens de uma política fiscal baseada em investimento em infraestrutura em detrimento de gastos em consumo.

Alem disso, o efeito da interação entre política monetária e política fiscal é analisado. Uma política monetária com respostas mais suaves na taxa de juros acaba por gerar maiores multiplicadores fiscais no curto prazo, uma vez que a autoridade monetária não reage fortemente às pressões de demanda causadas pela política fiscal. Entretanto, o efeito de longo prazo neste cenário é reduzido, pois a recessão que se fará necessária no futuro para trazer a inflação novamente para a meta será mais severa. Por outro lado, uma política monetária com ajustes bruscos na taxa de juros após choques inflacionários acaba por diminuir o efeito de curto prazo dos multiplicadores fiscais. Porém, o efeito de longo prazo deste tipo de política gera resultados superiores, uma vez que o BACEN não permite que a inflação se distancie da meta, reduzindo as oscilações de preço e produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adolfson, M., Laséen, S., Lindé, J. & Villani, M. (2007). RAMSES: a new general equilibrium model for monetary policy analysis. *Sveriges Riksbank Economic Review*, 2, 5–40.
- An, S., & Schorfheide, F. (2007). Bayesian analysis of DSGE models. *Econometric reviews*, 26(2–4), 113–172. doi: [10.1080/07474930701220071](https://doi.org/10.1080/07474930701220071)
- Aschauer, D. A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23(2), 177–200.
- Barro, R. (2009, Jan. 22). Government spending is no free lunch. *The Wall Street Journal*. Disponível em: <http://www.wsj.com/articles/SB123258618204604599>
- Baxter, M., & King, R. G. (1993). Fiscal policy in general equilibrium. *American Economic Review*, [15pt]83(3), 315–334.
- Blanchard, O., & Perotti, R. (2002). An empirical characterization of the dynamic effects of changes in government spending and taxes on output. *The Quarterly Journal of Economics*, 117(4), 1329–1368. doi: [10.1162/0033553023209](https://doi.org/10.1162/0033553023209)
- Bom, P. R. D., & Ligthart, J. E. (2013). What have we learned from three decades of research on the productivity of public capital? *Journal of Economic Surveys*, 28(5), 889–916. doi: [10.1111/joes.12037](https://doi.org/10.1111/joes.12037)



- Brooks, S. P., & Gelman, A. (1998). General methods for monitoring convergence of iterative simulations. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 7(4), 434–455. doi: [10.1080/10618600.1998.10474787](https://doi.org/10.1080/10618600.1998.10474787)
- Campbell, J. Y., & Mankiw, N. G. (1989). Consumption, income and interest rates: Reinterpreting the time series evidence. In O. J. Blanchard & S. Fischer (Eds.), *NBER macroeconomics annual 1989, volume 4* (pp. 185–246). MIT Press. Disponível em: <http://www.nber.org/chapters/c10965>
- de Castro, M. R., Gouvea, S. N., Minella, A., dos Santos, R. C. & Souza-Sobrinho, N. F. (2008). SAMBA: Stochastic analytical model with a bayesian approach. In *Annals of the 2008 Latin American meeting of the Econometric Society*.
- de Castro, M. R., Gouvea, S. N., Minella, A., dos Santos, R. C. & Souza-Sobrinho, N. F. (2011, April). SAMBA: Stochastic analytical model with a bayesian approach (Working Papers Series N° 239). Banco Central do Brasil.
- Cavalcanti, M. A. F. H., & Silva, N. L. C. (2010). Dívida pública, política fiscal e nível de atividade: uma abordagem VAR para o Brasil no período 1995-2008. *Economia Aplicada*, 14(4), 391-418.
- Chari, V. V., Christiano, L. J. & Kehoe, P. J. (1994). Optimal fiscal policy in a business cycle model. *Journal of Political Economy*, 102(4), 617–652.
- Chib, S., & Greenberg, E. (1995). Understanding the Metropolis–Hastings algorithm. *The American Statistician*, 49(4), 327–335.
- Christiano, L. J., Eichenbaum, M. & Evans, C. L. (2005, Feb.). Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. *Journal of Political Economy*, 113(1), 1-45.
- Coenen, G., Mohr, M. & Straub, R. (2008). Fiscal consolidation in the euro area: Long-run benefits and short-run costs. *Economic Modelling*, 25(5), 912–932. doi: [10.1016/j.econmod.2007.11.011](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2007.11.011)
- Cogan, J. F., Cwik, T., Taylor, J. B. & Wieland, V. (2010, Mar.). New Keynesian versus old Keynesian government spending multipliers. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(3), 281-295. doi: [10.1016/j.jedc.2010.01.010](https://doi.org/10.1016/j.jedc.2010.01.010)
- Drautzburg, T., & Uhlig, H. (2011, June). *Fiscal stimulus and distortionary taxation* (NBER Working Paper N° 17111). National Bureau of Economic Research. doi: [0.3386/w17111](https://doi.org/0.3386/w17111)
- Favero, C., & Giavazzi, F. (2007, Jan.). *Debt and the effects of fiscal policy* (NBER Working Paper N° 12822). National Bureau of Economic Research, Inc. doi: [10.3386/w12822](https://doi.org/10.3386/w12822)
- Ferreira, P. C., & Malliagros, T. G. (1998). Impactos produtivos da infra-estrutura no Brasil—1950/95. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 28(2), 315–338. Disponível em: <http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/view/708>
- Ferreira, P. C., & do Nascimento, L. G. (2005). *Welfare and growth effects of alternative fiscal rules for infrastructure investment in Brazil* (EPGE – Ensaios Econômicos N° 604). Fundação Getulio Vargas (EPGE-FGV). Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/422>
- Galí, J., & Gertler, M. (1999). Inflation dynamics: A structural econometric analysis. *Journal of Monetary Economics*, 44(2), 195–222.
- Galí, J., & Monacelli, T. (2005). Monetary policy and exchange rate volatility in a small open economy. *The Review of Economic Studies*, 72(3), 707–734. doi: [10.1111/j.1467-937X.2005.0034](https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2005.0034)
- Hodrick, R. J., & Prescott, E. C. (1997, Feb.). Postwar U.S. business cycles: An empirical investigation. *Journal of Money, Credit and Banking*, 29(1), 1–16. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2953682>
- Kydland, F. E., & Prescott, E. C. (1982, Nov.). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica*, 50(6), 1345–70. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/1913386>
- Leeper, E. M., & Sims, C. A. (1994). Toward a modern macroeconomic model usable for policy analysis. In S. Fischer & J. Rotemberg (Eds.), *NBER macroeconomics annual 1994* (Vol. 9, pp. 81–140). MIT Press. doi: [10.3386/w4761](https://doi.org/10.3386/w4761)
- Leeper, E. M., Walker, T. B. & Yang, S.-C. S. (2010). Government investment and fiscal stimulus. *Journal of Monetary Economics*, 57(8), 1000–1012. doi: [doi:10.1016/j.jmoneco.2010.09.002](https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2010.09.002)

- Lucas, R. E. (1976). Econometric policy evaluation: A critique. In *Carnegie–Rochester conference series on public policy* (Vol. 1, pp. 19–46). doi: [10.1016/S0167-2231\(76\)80003-6](https://doi.org/10.1016/S0167-2231(76)80003-6)
- McGrattan, E. R. (1994). The macroeconomic effects of distortionary taxation. *Journal of Monetary Economics*, 33(3), 573–601. doi: [10.1016/0304-3932\(94\)90044-2](https://doi.org/10.1016/0304-3932(94)90044-2)
- Medina, J. P., & Soto, C. (2007, Dec.). *The Chilean business cycles through the lens of a stochastic general equilibrium model* (Working Papers N° 457). Central Bank of Chile. Disponível em: <http://www.bcentral.cl/estudios/documentos-trabajo/pdf/dtbc457.pdf>
- Mendonça, M. J., Medrano, L. A. & Sachsida, A. (2009). *Avaliando os efeitos da política fiscal no Brasil: Resultados de um procedimento de identificação agnóstica*. (Texto para Discussão N° 1377). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_1377.pdf
- Mountford, A., & Uhlig, H. (2009). What are the effects of fiscal policy shocks? *Journal of Applied Econometrics*, 24(6), 960–992. doi: [10.1002/jae.1079](https://doi.org/10.1002/jae.1079)
- Murchison, S., & Rennison, A. (2006). *ToTEM: the Bank of Canada's new Quarterly Projection Model* (Technical Report N° 97). Ottawa, Ontario, Canada: Bank of Canada.
- Peres, M. A. F., & Ellery Jr, R. G. (2009). Efeitos dinâmicos dos choques fiscais do governo central no PIB do Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 39(2), 159–206. Disponível em: <http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/view/1147>
- Reis, E. J., Cavalcanti, M. A. F. H., de Castro, A. S., Rossi Jr, J. L., de Araújo, E. R. & Hernandez, B. M. (1999). *Model for projections and simulations of the Brazilian economy* (Texto para Discussão N° 619). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).
- Roberts, G. O., Gelman, A., Gilks, W. R. et al. (1997). Weak convergence and optimal scaling of random walk Metropolis algorithms. *The Annals of Applied Probability*, 7(1), 110–120. doi: [10.1214/aoap/1034625254](https://doi.org/10.1214/aoap/1034625254)
- Romer, C., & Bernstein, J. (2009). *The job impact of the American Recovery and Reinvestment Plan* (Relatório técnico). American Council of Economic Advisers.
- Schwarz Müller, T., & Wolters, M. H. (2014). *The short- and long-run effects of fiscal consolidation in dynamic general equilibrium*. (Annals). 20th International Conference on Computing in Economics and Finance.
- Smets, F., & Wouters, R. (2003). An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area. *Journal of the European Economic Association*, 1(5), 1123–1175. doi: [10.1162/154247603770383415](https://doi.org/10.1162/154247603770383415)
- Smets, F., & Wouters, R. (2007). Shocks and frictions in US business cycles: A bayesian DSGE approach. *American Economic Review*, 97(3), 586–606. doi: [10.1257/aer.97.3.586](https://doi.org/10.1257/aer.97.3.586)
- Stähler, N., & Thomas, C. (2012). FiMod: A DSGE model for fiscal policy simulations. *Economic Modelling*, 29(2), 239–261. doi: [10.1016/j.econmod.2011.10.001](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2011.10.001)
- Taylor, J. B. (1993). Discretion versus policy rules in practice. *Carnegie–Rochester Conference Series on Public Policy*, 39(1), 195–214. doi: [10.1016/0167-2231\(93\)90009-L](https://doi.org/10.1016/0167-2231(93)90009-L)
- Uhlig, H. (2010). Some fiscal calculus. *American Economic Review*, 100(2), 30–34. doi: [10.1257/aer.100.2.30](https://doi.org/10.1257/aer.100.2.30)
- Woodford, M. (2011). Simple analytics of the government expenditure multiplier. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 3(1), 1–35. doi: [10.1257/mac.3.1.1](https://doi.org/10.1257/mac.3.1.1)



A. APÊNDICE

Detalhes da estimação Bayesiana

O primeiro passo da estimação Bayesiana através do algoritmo Metropolis-Hastings passeio aleatório é a determinação da distribuição proposta que irá iniciar a cadeia de Markov. Os momentos da distribuição proposta inicial do algoritmo Metropolis-Hastings passeio aleatório descrito na [seção 4](#) foram selecionados de forma a aproximar a moda e a curvatura neste ponto do núcleo da distribuição a posteriori. Estas quantidades foram obtidas através da maximização numérica do núcleo da distribuição a posteriori, realizada com o auxílio de um algoritmo de quase-Newton do tipo BFGS desenvolvido para a estimação por máxima verossimilhança de modelos DSGE por [Leeper e Sims \(1994\)](#). A vantagem deste algoritmo é a habilidade de enfrentar variações bruscas e alguns tipos de descontinuidade na função objetivo.

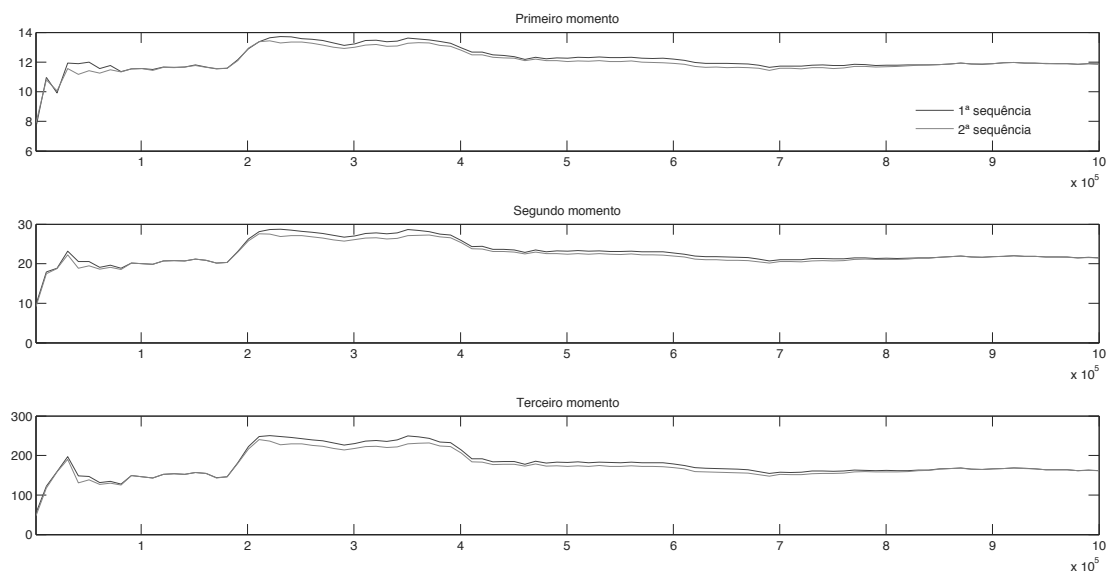
Com a distribuição proposta inicial em mãos, é possível amostrar realizações do vetor de parâmetros e iterar o algoritmo MCMC Metropolis-Hastings passeio aleatório para gerar realizações da distribuição a posteriori mesmo que esta última não tenha fórmula fechada. Estas realizações podem então ser utilizadas para aproximar os momentos da distribuição a posteriori desconhecida. Entretanto, isto não acontece antes da convergência da cadeia de Markov para a distribuição estacionária desta, o que torna fundamental a conferência da convergência. [Brooks e Gelman \(1998\)](#) desenvolveram um método para conferir a convergência de cadeias de Markov baseado na geração de mais de uma sequência simultaneamente. Como todas as sequências devem convergir para a mesma distribuição (a distribuição a posteriori de interesse), as diferenças entre os momentos empíricos de mesma ordem das diferentes cadeias devem se aproximar de zero, uma vez que ambas convergem para o mesmo alvo. Além disso, a convergência implica que os momentos empíricos devem se estabilizar. Baseando-se nestas idéias, [Brooks e Gelman \(1998\)](#) propõem comparar momentos empíricos de uma das sequências com os momentos empíricos das outras sequências, pois após a convergência estes momentos devem ser iguais. Estas medidas podem ser calculadas utilizando-se todas as realizações de cada um dos parâmetros (critério univariado), ou utilizando o núcleo da distribuição a posteriori para agregar as realizações de todos os parâmetros em apenas um critério multivariado.

Para conferir a convergência da cadeia de Markov utilizada para amostrar da distribuição a posteriori dos parâmetros do modelo DSGE acima, comparou-se os primeiros três momentos de duas cadeias de Markov iniciadas em pontos diferentes e utilizando diferente sequência de números aleatórios. A [Figura A-1](#) apresenta a variação dos momentos das duas sequências utilizando o critério multivariado, ou seja, agregando a informação de convergência de todos os parâmetros e indica a convergência para a mesma distribuição alvo.

Entretanto, é possível que a cadeia de Markov tenha atingido convergência na dimensão de alguns parâmetros e não na dimensão de outros parâmetros. O critério univariado permite a análise de convergência de forma individual, evidenciando parâmetros para os quais a cadeia exibe maior persistência, dificultando a estimação. A [Figura A-2](#) apresenta os critérios de convergência univariados, para o intervalo de média, o segundo momento e o terceiro momento das distribuições empíricas marginais dos parâmetros.

Estimativas

O modelo possui 73 parâmetros, dos quais 32 são calibrados, e 41 são estimados. A [Tabela A-2](#) apresenta os parâmetros do modelo, suas distribuições a priori e a moda da distribuição a posteriori. A [Figura A-3](#) permite uma visualização destas distribuições. A [Tabela A-1](#) mostra as relações de estado estacionário calibradas para permitir que o modelo gere séries com médias incondicionais iguais às dos dados utilizados na estimação.

Figura A-1. Diagnóstico Multivariado de Convergência**Tabela A-1.** Relações de Estado Estacionário.

Parâmetro	Distribuição a Priori			Moda a Posteriori	Descrição
	Nome	Média	D.P.		
s_c	—	0,555	0,000	0,989	Participação do consumo no produto
s_i	—	0,147	0,000	0,989	Participação do investimento no produto
s_g	—	0,176	0,000	0,989	Participação do governo no produto
s_m	—	0,109	0,000	0,989	Participação das importações no produto
s_x	—	0,121	0,000	0,989	Participação das exportações no produto
s_{va}	—	0,891	0,000	0,989	Participação do PIB no produto total
s_d	—	0,891	0,000	0,989	Participação de insumos domésticos no produto
$\bar{\omega}_c$	—	0,400	0,000	0,989	Part. consumidores restritos no consumo total.
$\bar{\omega}_n$	—	0,800	0,000	0,989	Part. consumidores restritos no trabalho.
I/K	—	0,030	0,000	0,989	Razão investimento-capital
Φ^*	—	1,016	0,000	0,989	Prêmio de risco
R^*	—	1,009	0,000	0,989	Taxa de juros internacional
B^y	—	0,033	0,000	0,989	Reservas em proporção do PIB.
R	—	1,042	0,000	0,989	Taxa de juros nominal
B^y	—	1,028	0,000	0,989	Relação dívida PIB.



Tabela A-2. Parâmetros.

Parâmetro	Distribuição a Priori			Moda a Posteriori	Descrição
	Nome	Média	D.P.		
β	—	0,989	0,000	0,989	Fator de desconto intertemporal.
α	—	0,448	0,000	0,448	Participação capital privado do produto.
α_G	—	0,020	0,000	0,02	Elasticidade capital público do produto.
σ	Normal	1,500	0,500	1.637	Inverso da elast. de substituição intertemporal.
ψ	Normal	0,040	0,020	0.082	Elast. reservas internacionais do prêmio de risco.
κ	Beta	1,000	0,250	1.764	Elast. câmbio das exportações.
h	Beta	0,500	0,250	0.634	Persistência do hábito.
ω_b	Beta	0,300	0,080	0.188	Proporção de firmas <i>forward-looking</i> .
θ	Beta	0,700	0,150	0.477	Parâmetro de Calvo.
η	Gama	0,250	0,200	0.246	Elasticidade Frisch da oferta de trabalho.
ρ	Gama	0,500	0,200	0.658	Elast. substituição entre bens dom. e import..
ν	Normal	0,700	0,500	0.246	Elast. aversão ao risco do prêmio de risco.
δ	—	0,015	0,000	0,025	Taxa de depreciação do capital privado.
δ_G	—	0,015	0,000	0,025	Taxa de depreciação do capital público.
δ_a	—	1,000	0,000	0,000	Curvatura do ajustamento de capital.
δ_s	Gama	2,500	1,500	3.051	2ª derivada do custo de ajustamento do inv.
ω_h	—	0,400	0,000	0,400	Proporção de famílias com restrição ao crédito.
γ_r	Beta	0,500	0,250	0.604	Suavização da taxa de juros na regra de Taylor.
γ_π	Normal	1,750	0,150	1.892	Resposta à inflação na regra de Taylor.
γ_y	Normal	0,250	0,200	0.543	Resposta ao hiato do produto na regra de Taylor.
γ_g	Beta	0,500	0,250	0.956	Suavização dos gastos do governo na regra fiscal.
γ_s	Normal	0,500	0,250	0.449	Resposta ao superávit primário na regra fiscal.
γ_b	Beta	0,250	0,100	0,130	Resposta à dívida do governo na regra fiscal.
ρ_a	Beta	0,500	0,250	0,982	Persistência do choque tecnológico.
ρ_c	Beta	0,500	0,250	0,610	Persistência do choque do consumo.
ρ_i	Beta	0,500	0,250	0,044	Persistência do choque do investimento.
ρ_n	Beta	0,500	0,250	0,268	Persistência do choque oferta de trabalho.
ρ_q	—	0,000	0,000	0,000	Persistência do choque da PDJ.
ρ_r	—	0,000	0,000	0,000	Persistência do choque de política monetária.
ρ_{g^C}	—	0,000	0,000	0,000	Persistência do choque de consumo do governo.
ρ_{g^I}	—	0,000	0,000	0,000	Persistência do choque de investimento público.
$\rho_{\bar{s}}$	Beta	0,900	0,080	0,931	Persist. do choque da meta de superávit primário.
ρ_π	Beta	0,900	0,080	0,967	Persistência do choque da meta de inflação.
ρ_ϕ	Beta	0,400	0,200	0,344	Persistência do choque do prêmio de risco-país.
ρ_{ϕ^*}	Beta	0,850	0,100	0,777	Persist. do choque de aversão ao risco.
ρ_{m^*}	Beta	0,250	0,150	0,187	Persist. do choque de importações internacionais.
ρ_{r^*}	Beta	0,900	0,005	0,754	Persist. do choque de juros internacional.
ρ_{π^*}	Normal	0	0,250	-0,016	Persist. do choque de inflação internacional.
σ_{g^C}	Gama Invert.	0,300	∞	0,062	Desv. pad. do choque de consumo do governo.
σ_{g^I}	Gama Invert.	0,300	∞	0,062	Desv. pad. do choque de investimento do governo.
$\sigma_{\bar{\pi}}$	Gama Invert.	0,050	∞	0,023	Desv. pad. do choque na meta de inflação.
$\sigma_{\bar{s}}$	Gama Invert.	0,050	∞	0,151	Desv. pad. do choque na meta de superávit.
σ_c	Gama Invert.	1,200	∞	0,498	Desv. pad. do choque de consumo privado.
σ_I	Gama Invert.	2,500	∞	0,941	Desv. pad. do choque de investimento privado.
σ_n	Gama Invert.	0,500	∞	0,156	Desv. pad. do choque de preferência por trabalho.
σ_{ϕ^*}	Gama Invert.	0,250	∞	0,898	Desv. pad. do choque de aversão ao risco ext..
σ_ϕ	Gama Invert.	0,500	∞	0,261	Desv. pad. do choque no prêmio de risco.
σ_a	Gama Invert.	1,000	∞	0,192	Desv. pad. do choque tecnológico.
σ_r	Gama Invert.	1,000	∞	0,219	Desv. pad. do choque de política monetária.
σ_{m^*}	Gama Invert.	0,800	∞	0,247	Desv. pad. do choque de importações mundiais.
σ_{π^*}	Gama Invert.	0,300	∞	0,562	Desv. pad. do choque de inflação mundial.
σ_{r^*}	Gama Invert.	0,010	∞	1,181	Desv. pad. do choque de juros internacionais.

Figura A-2. Diagnóstico Univariado de Convergência.

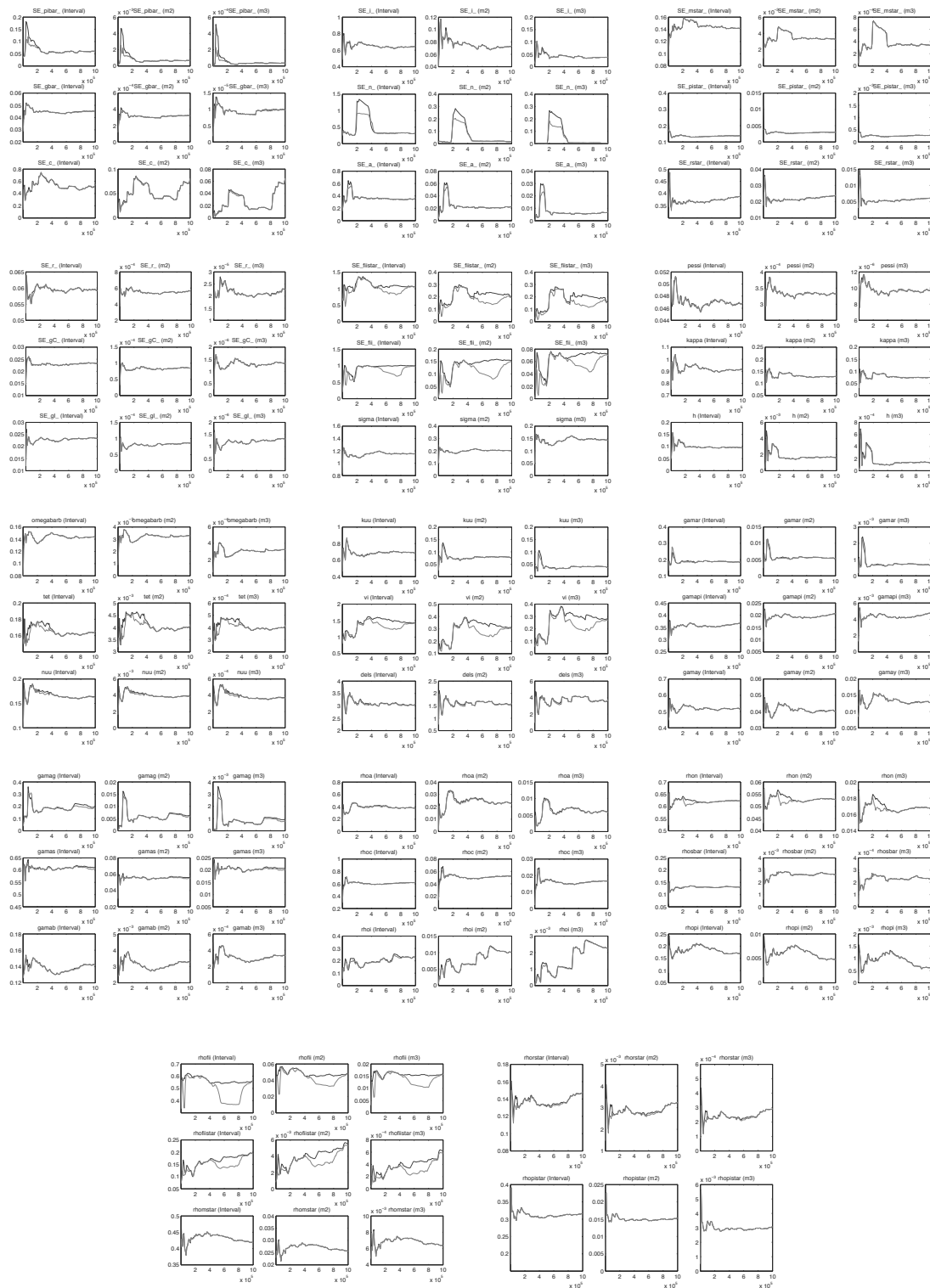




Figura A-3. Distribuições a Priori e a Posteriori.

