

Investimento em infraestrutura e impostos distorcivos: Efeitos de política fiscal usando um modelo microfundamentado.

Lucca Simeoni Pavan *

Armando Vaz Sampaio[†]

21 de julho de 2019

Área 4 - Macroeconomia, Economia Monetária e Finanças. JEL: E13; E60; E62

Resumo

O objetivo deste artigo foi mensurar os efeitos de investimento público e privado em infraestrutura sobre os agregados macroeconômicos. Para isso, foi usado um modelo DSGE com investimento em capital público e investimento em capital privado que compõem o estoque de capital total da economia, afetando a produtividade marginal do trabalho e a utilidade marginal do lazer. Os tributos são recolhidos de forma distorciva, com imposto sobre o consumo, aluguel do capital e salários, além de um imposto *lump sum*. Foi feito um exercício de comparação em que, primeiramente, a variável de ajuste fiscal é o imposto *lump sum*. Depois, considerou-se como variável de ajuste fiscal o imposto sobre o consumo. Realizou-se uma análise de sensibilidade dos resultados do modelo em relação à variações na composição do estoque de capital total. Os principais resultados mostraram que, quando o imposto de ajuste fiscal aos choque é o imposto sobre o consumo, o produto e bem-estar respondem de forma mais acentuada ao choque tecnológico e à política fiscal. Tanto o nível de estado estacionário, quanto as trajetórias dos agregados econômico, são sensíveis à mudanças na composição do estoque de capital total. Além disso, uma maior proporção de capital privado no estoque de capital total da economia se mostrou benéfica para as trajetórias do consumo, produto e bem-estar econômico.

Palavras-chaves: Macroeconomia. Dinâmica. Investimento. Infraestrutura.

Abstract

The objective of this paper was to measure the effects of public and private investment in infrastructure on macroeconomic aggregates. We use a DSGE model with public and private capital stock. These make up the total capital stock of the economy that affects the marginal productivity of labor and the marginal utility of leisure. The taxes are collected in a distorted way with a consumption tax, a rent of capital tax, a wages tax, and a lump sum tax. First, we consider the lump sum tax like the one that adjusts to the fiscal balance after the shocks. After this, we consider the consumption tax as the tax that adjusts to the shocks. A sensitivity analysis of the model results was performed in relation to changes in the composition of the total capital stock. The main results show that when the consumption tax adjusts, the production and welfare respond more to the shocks. Moreover, both the steady-state level and the economic aggregate paths are sensitive to changes in the composition of the total capital stock, and a greater proportion of private capital in the total capital stock of the economy has been beneficial to the paths of consumption, product, and economic welfare.

Key-words: Macroeconomics. Dynamics. Investment. Infrastructure.

*Professor substituto na Universidade Tecnológica Federal do Paraná

[†]Professor do Departamento de Economia na Universidade Federal do Paraná.

1 Introdução

O investimento em infraestrutura está no cerne da discussão de políticas públicas em qualquer país. O aumento no estoque de capital agregado, criado a partir destes investimentos, podem aumentar a produtividade marginal do trabalho, reduzir custos de produção e aumentar o rendimento do trabalho. Por outro lado, gastos com infraestrutura também têm a capacidade de melhorar as condições da obtenção de lazer por parte da população. Estes investimentos contribuem para o aumento da utilidade marginal do lazer e para ganhos de bem-estar econômico. Os tributos cobrados para possibilitar investimentos em infraestrutura podem gerar ineficiências de alocação de recursos, causando distorções econômicas que afastam a economia de um ótimo de Pareto ([MAS-COLELL; WHINSTON; GREEN, 1995](#)).

Este artigo trata do investimento em infraestrutura proporcionado tanto pelo setor público quanto pelo setor privado, por meio de um índice de capital que agrupa os estoques de capitais investidos pelo setor público e pelo setor privado em um único estoque de capital total da economia. Investimentos em capital, tanto público, quanto privado, afetam a economia em diversos setores e sob as mais variadas perspectivas. A literatura trata como investimento em infraestrutura a construção de rodovias e ferrovias, as estatais federais de telecomunicações, de geração de energia e petróleo e a construção de portos e aeroportos ([FERREIRA; MALLIAGROS, 1998; RIGOLON, 1998; MALLIAGROS, 1997](#)).

O estado, ao construir uma rodovia, facilita o transporte de mercadorias entre cidades, permite que os trabalhadores procurem empregos fora de seus municípios e movimenta diversos setores da economia na construção e manutenção destas rodovias. Além disso, as famílias têm melhores condições de viajar de férias para conhecer novos lugares. Com isso, obtém mais opções de lazer e aumentam suas possibilidades de consumo, melhorando seu bem-estar. O setor privado, ao observar as oportunidades geradas pelo investimento público, investe em busca de lucros. O setor privado busca parcerias com o governo na forma de concessões de pedágio da própria rodovia, por exemplo, ou construindo empresas que se beneficiarão da melhor estrutura de transporte proporcionada pelo governo.

Neste sentido, tanto o investimento público, quanto o investimento privado, formam um estoque de capital total da economia, que afeta, tanto a forma com que as famílias trabalham, quanto a forma como elas obtêm lazer. Portanto, este modelo macroeconômico visa construir uma estrutura que contemple a composição do estoque total de capital entre capital público e capital privado. Além disso, levou-se em conta a influência do estoque de capital total da economia sobre a produtividade marginal do trabalho e sobre a utilidade marginal do lazer¹.

O modelo proposto neste ensaio foi inspirado em [Chatterjee e Turnovsky \(2012\)](#) adicionando características da economia brasileira quanto à composição do estoque de capital, separando este estoque de capital entre capital privado e capital público. Outra característica da economia brasileira incorporada no modelo foi a composição da carga tributária. Neste modelo existem quatro fontes de arrecadação de impostos: imposto sobre o consumo, imposto sobre o aluguel capital, imposto sobre os salários e um imposto sem efeitos distorcivos sobre a economia (*lump sum*). O valor dos parâmetros referentes à composição de estoque de capital e composição da carga tributária foram extraídos a partir de dados do Ipeadata () e de [Santos \(2017\)](#).

O objetivo deste artigo foi auferir os efeitos de investimento público e privado em infraestrutura sobre os agregados econômicos quando as arrecadações de impostos são distorcivas. Para isso foi usado uma metodologia de modelos macroeconômicos de equilíbrio geral dinâmico estocástico na forma discreta.

Foi feito um exercício fiscal de comparação. Em uma simulação inicial, tratou-se o imposto *lump sum* como a variável de ajuste fiscal após os choques exógenos. Depois, tratou-se o imposto sobre o consumo como esta variável de ajuste. Realizou-se, também, uma análise de sensibilidade do nível de estado estacionário das variáveis e de suas respectivas trajetórias em relação à mudanças na composição do estoque de capital total da economia.

Este artigo contribui para a literatura de estudos macroeconômicos de efeitos de investimento público e privado em infraestrutura de uma forma geral, ao testar um modelo semelhante ao modelo de [Chatterjee e Turnovsky \(2012\)](#), porém usando uma metodologia diferente. O modelo de [Chatterjee e Turnovsky \(2012\)](#) foi construído usando-se o método de controle ótimo em tempo contínuo, neste artigo

¹ Que é o oposto de desutilidade marginal do trabalho.

foi usado o método de programação dinâmica em tempo discreto.

Em relação à literatura brasileira, este ensaio contribui no sentido de fomentar a discussão sobre efeitos de investimento público e privado em infraestrutura, utilizando uma abordagem microfundamentada. Os estudos sobre os impactos de investimento público, em sua maioria, têm sido feito utilizando metodologias baseadas em função de produção, custos de produção, vetores autorregressivos e economia comportamental ([PEREIRA; ANDRAZ, 2013](#)). Neste trabalho a abordagem DSGE é o método utilizado para o desenvolvimento teórico da relação investimento público e privado, produto, consumo e acumulação de capital.

Este método fornece ferramentas para estudos de estática e dinâmica comparativa de curto e de longo prazo. Ele também proporciona bases para conclusões sobre o bem-estar econômico. Além disso, fornece resultados quantitativos e qualitativos a partir das funções impulso-resposta e da análise de sensibilidade dos resultados em relação à mudanças nos parâmetros do modelo. A análise de sensibilidade feita neste ensaio proporciona conclusões mais detalhadas sob um espectro tridimensional. O exercício de comparação nos proporciona a intuição de qual imposto é mais adequado como resposta a determinado choque.

Os principais resultados mostraram que quando a variável de ajuste é o imposto sobre o consumo, as respostas do produto, consumo e bem-estar são mais acentuadas. Isto ocorre tanto após um choque tecnológico quanto após um choque nos gastos do governo. Um choque de tecnologia gera efeitos positivos sobre o produto e bem-estar econômico. Uma política fiscal expansiva eleva o produto por não mais que dez trimestres, gerando contração do produto depois deste período. Esta mesma política gera redução do bem-estar econômico.

As trajetórias das variáveis são sensíveis à participação do capital privado na composição do estoque total de capital da economia. Este efeito é mais evidente quando observamos os efeitos sobre o nível de utilidade de estado estacionário e a trajetória das variáveis após um choque exógeno. Estes resultados nos levam à concluir que uma maior proporção de capital privado no estoque de capital da economia, em geral, traz melhores respostas das variáveis macroeconômicas frente aos choques de tecnologia e de gastos do governo. Um maior valor do parâmetro γ , que mede tal proporção, faz com que o efeito de um choque tecnológico sobre o produto, consumo e nível de bem-estar seja maior em relação ao caso de uma proporção baixa de capital privado no estoque total de capital.

Além disso, uma maior proporção de capital privado na economia faz a trajetória destes agregados demorar mais tempo para retornar ao seu estado estacionário. Este fato intensifica os efeitos positivos de um choque tecnológico. Com relação ao choque de gastos do governo, cabe destaque à trajetória do nível de utilidade. Esta não respondeu de forma monótona à aumentos do parâmetro γ . Este fato implica que, para a mensuração de bem-estar, existe um nível ótimo de proporção de capital privado na economia.

O artigo é composto por esta introdução, em seguida foi feito uma revisão de literatura sobre trabalhos que tratam da relação investimento público e crescimento econômico. Na terceira seção é apresentado o modelo teórico. A quarta seção se compõe dos resultados das simulações. Por fim, na quinta e última seção são relatadas as conclusões.

2 Revisão de literatura

Os efeitos de investimento público sobre o crescimento e bem-estar da economia podem ser estudados sob várias perspectivas teóricas e métodos diferentes. [Chatterjee e Turnovsky \(2012\)](#) estudaram os impactos do investimento em infraestrutura sobre o crescimento econômico de curto e longo prazo e sobre a desigualdade de renda e de riqueza. Em seu modelo os autores trataram as variáveis na forma contínua e usaram o método de controle ótimo. Desenvolveram um modelo em que capital afeta tanto o crescimento econômico quanto determina a distribuição de riqueza, renda e bem-estar. Conforme argumentaram os autores, o investimento público aumenta a desigualdade de riqueza ao longo do tempo, independentemente de sua forma de financiamento. Já a trajetória temporal da desigualdade de renda é altamente sensível à forma em que o investimento público é financiado e é caracterizada por dilemas intertemporais em que a desigualdade de renda diminui no curto prazo, mas aumenta no longo prazo.

Os autores ainda relatam que o investimento público gera uma correlação positiva entre crescimento

e desigualdade ao longo da trajetória de transição, porém suas relações de curto e longo prazo dependem de como as externalidades afetam as decisões de alocação. Além disso, estes efeitos dependem também das formas de financiamento e do horizonte de tempo considerado. As políticas também geram *trade-offs* entre bem-estar médio e sua distribuição, com investimento governamental aumentando o bem-estar médio mas também sua dispersão.

Dando continuidade à pesquisa realizada em [Chatterjee e Turnovsky \(2012\)](#), [Turnovsky \(2015\)](#) estudou a relação entre crescimento e desigualdade. Após discutir algumas questões de método, motivadas por uma vasta evidência empírica, pesquisou os efeitos do investimento público como determinante da relação crescimento-desigualdade econômica. O autor abordou duas estruturas alternativas, cada uma oferecendo uma perspectiva diferente. A primeira utiliza a teoria de distribuição do consumidor representativo, em que a heterogeneidade do agente é originada via dotação inicial de riqueza. Isto gera um equilíbrio em que a dinâmica agregada guia a dinâmica distributiva. Na segunda abordagem, a heterogeneidade do agente surge de choques idiosincráticos na produtividade e resulta em um equilíbrio em que a dinâmica distribucional guia o crescimento. O autor argumenta que o impacto do investimento público sobre o crescimento e desigualdade são bastante diferentes entre as duas abordagens, o que segundo ele, ilustra a complexidade da relação crescimento-desigualdade econômica.

Uma vez identificados os modelos que tratam dos efeitos de investimento público sobre o crescimento econômico sob a perspectiva de modelos de equilíbrio geral dinâmico estocástico, fica estabelecida a base para a criação do modelo a ser simulado neste ensaio. Dando continuidade a esta seção, abaixo se apresentam alguns trabalhos que estudaram os efeitos de investimento público e privado em infraestrutura sobre a economia brasileira, utilizando métodos diferentes daqueles apresentados acima. Com isso, se constrói as bases para o objetivo deste ensaio que é estudar os efeitos de investimento público sobre a economia, usando o método DSGE com parâmetros que remontam características da economia brasileira. Este trabalho contribui para a literatura de efeitos de investimento em infraestrutura sobre o crescimento e bem-estar econômico, aplicando uma metodologia ainda pouco utilizada quando se estuda a economia brasileira no que se refere à investimentos públicos.

Quanto às evidências empíricas dos efeitos do investimento em infraestrutura pública sobre questões econômicas, [Pereira e Andraz \(2013\)](#) fazem uma vasta revisão de literatura dos efeitos de investimentos públicos sobre o crescimento econômico. Os autores discutem tanto as diversas abordagens metodológicas quanto suas conclusões. Seu trabalho inclui uma discussão do desenvolvimento dos métodos que levaram às estimativas de função de produção, custos, lucros e modelos de vetores autorregressivos e de economia comportamental. Os autores concluem que apesar das diferenças de magnitude, os efeitos de investimento público, em geral, são positivos sobre o crescimento econômico. Argumentam ainda que os efeitos são maiores em países em desenvolvimento do que em países desenvolvidos. Outra evidência revelante é de que o efeito de investimento público é menor, quanto menor for sua área geográfica de implementação, o que segundo eles, é uma evidência de efeitos de externalidades. Além de conclusões sobre aspectos geográficos e regionais do investimento público, os autores tratam dos efeitos setoriais e industriais, considerando o investimento público uma fonte de concentração produtiva tanto entre regiões como entre setores e indústrias.

No que se refere ao caso brasileiro, diversos trabalhos tratam do tema sobre investimentos em infraestrutura e crescimento econômico. Conforme [Rigolon \(1998\)](#) o investimento em infraestrutura é condição necessária para o crescimento econômico, pois aumenta o retorno de insumos privados e incentiva o investimento privado e gera emprego. Além disso, para o autor, a presença de externalidades associadas com a oferta de serviços de infraestrutura faz com que exista uma tendência de os investimentos neste setor estarem em um patamar abaixo do nível socialmente ótimo. Neste contexto o autor defende a provisão de incentivos para o investimento em infraestrutura, principalmente por meio da oferta de crédito com condições adequadas. Em seu trabalho, [Rigolon \(1998\)](#) tem como objetivo mostrar a importância do investimento em infraestrutura para o crescimento econômico sustentado no Brasil. O autor utilizou, para este fim, um modelo de consistência macroeconômica para medir os impactos esperados do investimento adicional em infraestrutura em variáveis macroeconômicas relevantes como, o crescimento do PIB, crescimento da produtividade, taxa de investimento, exportações, importações, balança comercial, poupança externa e poupança pública.

[Rigolon \(1998\)](#) compara diversos trabalhos aplicados sobre a influência da infraestrutura no

crescimento econômico. No caso brasileiro, o autor ressalta os trabalhos de Ferreira (1993) onde se calculou a elasticidade entre variação do investimento em infraestrutura e variação do crescimento econômico entre 0,34 e 1,12, sendo que o conceito de infraestrutura utilizado foi telecomunicações, energia e transportes (estatais federais). Outro autor destacado por Rigolon (1998) foi Malliagros (1997) que calculou a elasticidade infraestrutura-crescimento para o Brasil entre 0,55 e 0,61, utilizando como conceito de infraestrutura as telecomunicações, energia elétrica e transportes. Por fim o autor conclui que o investimento em infraestrutura pode ser uma estratégia eficiente para promover o investimento privado e o crescimento econômico sustentado.

Ferreira e Malliagros (1998) apresentam uma análise empírica do setor de infraestrutura brasileira no período de 1950 a 1995. Tal trabalho se concentra na estimativa das elasticidades do produto e da produtividade em relação ao capital e ao investimento em infraestrutura desagregados nos setores de energia elétrica, telecomunicações, ferrovias e portos. Além disso, estimaram tais fatos em relação a medidas físicas de estoque de capital. Os autores investigaram também o sentido de causalidade entre capital de infraestrutura e PIB e entre capital de infraestrutura e produtividade total dos fatores (PTF). Os resultados obtidos confirmaram para o Brasil a existência de forte relação entre infraestrutura e produto no longo prazo. As estimativas realizadas para elasticidade-renda de longo prazo situaram entre 0,55 e 0,61, sendo que os setores que mais influenciaram o PIB foram os de energia elétrica, de transportes e de telecomunicações. As estimativas de elasticidade da PTF em relação ao capital em infraestrutura também foram altas e significativas, da mesma forma que o impacto das medidas de estoque físico de capital sobre o PIB.

As relações de longo prazo foram analisadas por Ferreira e Malliagros (1998) identificando-se a co-integração entre infraestrutura, produto e produtividade. Por fim as elasticidades desagregadas para as séries de estoque físico de capital foram, para o setor de telefonia 0,92, para o setor elétrico 0,89. O setor ferroviário não apresentou relação de longo prazo com o produto e o setor rodoviário apresentou elasticidade renda relativamente baixa. Além do cálculo da influência do investimento em infraestrutura sobre o crescimento econômico e a produtividade total de fatores, o trabalho de Ferreira e Malliagros (1998) contribuiu com a construção de séries de dados originais e mais longas que as disponíveis até então.

Ferreira e Azzoni (2011) acompanharam a evolução do investimento no setor de infraestrutura sob diferentes arranjos institucionais. Tal análise se refere ao segmento rodoviário, ferroviário, de energia elétrica e de telecomunicações. As séries foram submetidas a testes econômétricos propostos por Bai e Perron (2003) que em última instância, procuram identificar eventuais quebras estruturais para depois associá-las às mudanças institucionais. As quebras estruturais encontradas pelos autores demarcam o ápice e o esgotamento do padrão de organização do setor.

Bertussi e Ellery Jr (2012) investigaram o impacto dos gastos públicos em transportes sobre o crescimento econômico dos estados brasileiros entre 1986 e 2007 utilizando dados em painel. Além do modelo tradicional de efeitos fixos, os autores optaram por estimar também um modelo de regressão quantílica. Os resultados obtidos por eles mostraram que o investimento público no setor de transportes provoca efeito positivo e estatisticamente significante sobre o desempenho econômico de longo prazo dos estados brasileiros e contribui potencialmente para a redução da desigualdade de renda entre eles. Os autores ainda encontraram que, os gastos públicos em infraestrutura de transporte são mais produtivos nas regiões menos desenvolvidas do país (Norte, Nordeste e Centro-Oeste). Por fim os autores concluem que as políticas públicas implementadas no país são de extrema relevância para a promoção do crescimento econômico e do desenvolvimento regional brasileiro.

Cruz et al. (2013) avaliaram a evolução dos gastos públicos em capital humano e físico e a evolução de alguns dos principais indicadores socioeconômicos nos diversos estados brasileiros. O autor o fez para extrair conclusões sobre a eficácia destes dispêndios do governo quanto à meta de aumento do bem-estar das famílias nos diversos estados do país. As principais conclusões dos autores atestam a eficácia dos dispêndios públicos em infraestrutura rodoviária, em educação e saúde, na malha rodoviária e no estoque de capital humano. Para os autores, fica claro que os estados do Sul e Sudeste continuam a concentrar riqueza e maior infraestrutura em detrimento dos demais estados. Contudo, os autores destacam que houve melhora geral no país nos anos de 2007 e 2008, em relação à década de 1980, a exemplo da diminuição da mortalidade e da melhora de indicadores de escolaridade média, PIB per capita, condição das rodovias federais e de concentração de renda, em todos os estados brasileiros.

Com base nesta revisão de literatura observa-se que o método DSGE é importante para se estudar efeitos de investimento em infraestrutura sobre a economia (CHATTERJEE; TURNOVSKY, 2012; TURNOVSKY, 2015). Porém, a literatura brasileira apresenta resultados que utilizam métodos econométricos que carecem de um fundamentação microeconômica. A modelagem DSGE pode suprir esta lacuna. Este fato justifica este ensaio, pois ele contribui para esta literatura ao usar o método DSGE onde, até então, predominam métodos sem microfundamentos. Portanto, criam-se bases para que a questão de infraestrutura também possa ser estudada usando tanto a teoria microeconômica, quanto microdados.

3 O modelo teórico

Este modelo é um modelo dinâmico estocástico de equilíbrio geral, em que existe investimento em capital feito tanto pelo governo quanto pelo setor privado. A agregação destes dois tipos de investimento forma um estoque de capital que impacta tanto a produção da economia quanto a utilidade marginal do lazer. Neste ensaio, o modelo teórico é uma versão discreta do modelo desenvolvido por (CHATTERJEE; TURNOVSKY, 2012). O ambiente econômico é formado por n empresas com a mesma tecnologia que enfrentam uma estrutura de mercado competitiva. Estas empresas por serem idênticas podem ser representadas por uma única empresa. Os consumidores são homogêneos e podem ser representados pela mesma função utilidade. As famílias são detentoras do capital. O governo, por sua vez, cobra impostos sobre o consumo, capital e salários, além de um imposto *lump sum* para financiar seus investimentos em capital público.

3.1 Consumidores

Neste modelo, a família representativa possui preferências sobre o consumo, C_t e oferta de trabalho, L_t^s . Nesta função utilidade assume-se separabilidade entre consumo e desutilidade do trabalho. U_t representa a utilidade intertemporal e β é o parâmetro de desconto subjetivo. η é o inverso da elasticidade do esforço de trabalho com respeito ao salário real e μ é o coeficiente de aversão relativa ao risco ou o inverso da elasticidade de substituição intertemporal do consumo (SMETS; WOUTERS, 2003). $X_t = K_t^{G^{1-\gamma}} K_{t-1}^{\gamma}$ é o estoque de capital agregado no período t , que afeta diretamente a utilidade marginal do lazer. γ representa a proporção de capital privado no estoque de capital total da economia. O consumidor escolhe no período corrente o estoque de capital a ofertar no próximo período, K_t^s , o quanto consumir C_t , a quantidade de trabalho que irá ofertar L_t^s , e o montante de investimento em capital privado a realizar, I_t , dada sua restrição orçamentária (3.2) e a equação de transição do capital (3.3).

$$\max_{K_t^s, C_t, L_t^s, I_t} U_t = \beta E_t [U_{t+1}] + u_t \quad (3.1)$$

s.t. :

$$I_t + C_t (1 + \tau^C) = \pi_t - T_t + K_{t-1}^s r_t (1 - \tau^r) + L_t^s W_t (1 - \tau^W) \quad (\lambda_t^{\text{CONSUMER}^1}) \quad (3.2)$$

$$K_t^s = I_t + K_{t-1}^s (1 - \delta) \quad (\lambda_t^{\text{CONSUMER}^2}) \quad (3.3)$$

$$u_t = \frac{C_t^{1-\mu}}{(1-\mu)} - \frac{(L_t^s X_t)^{1+\eta}}{(1+\eta)} \quad (3.4)$$

Na restrição orçamentária (3.2), o lado esquerdo representa os gastos realizados pelo consumidor e o lado direito representa suas fontes de renda. Portanto, o consumidor gasta sua renda com investimento e com consumo acrescido da sua tributação. τ^C , τ^r , τ^W representam os impostos distorcivos sobre o consumo, remuneração do capital e salários. As fontes de renda da família representativa são o lucro gerado pelas empresas que são de sua propriedade, o aluguel líquido de impostos cobrado sobre estoque de capital acumulado no período anterior e a renda líquida de impostos proveniente do trabalho ofertado, descontado um imposto *lump sum*, T_t . Na equação de transição do capital (3.3), δ representa a taxa de depreciação do estoque de capital e o investimento é a variação líquida no estoque de capital

3.1.1 Condições de primeira ordem: Consumidores

A derivação das condições de primeira ordem do problema de otimização nos dão as quantidades ótimas de capital ofertado, K_t^s , consumo, C_t , oferta de trabalho, L_t^s e investimento, I_t , que as famílias escolhem a fim de maximizar sua utilidade intertemporal. O sistema de equações (3.5) à (3.8) representam a derivada do Lagrangeano dinâmico dado por (3.1), (3.2) e (3.3) com respeito à oferta de capital, K_t^s , consumo, C_t , oferta de trabalho, L_t^s e investimento, I_t .

A equação (3.5) temos que a utilidade marginal da oferta de capital no período corrente, $\lambda_t^{\text{CONSUMER}^2}$, depende da utilidade marginal da oferta de capital, da utilidade marginal da renda e da remuneração do capital do período seguinte.

$$-\lambda_t^{\text{CONSUMER}^2} + \beta \left((1 - \delta) E_t \left[\lambda_{t+1}^{\text{CONSUMER}^2} \right] + (1 - \tau^r) E_t \left[\lambda_{t+1}^{\text{CONSUMER}^1} r_{t+1} \right] \right) = 0 \quad (K_t^s) \quad (3.5)$$

$$\lambda_t^{\text{CONSUMER}^1} (-1 - \tau^C) + C_t^{-\mu} = 0 \quad (C_t) \quad (3.6)$$

$$-X_t (L_t^s X_t)^\eta + \lambda_t^{\text{CONSUMER}^1} W_t (1 - \tau^W) = 0 \quad (L_t^s) \quad (3.7)$$

$$-\lambda_t^{\text{CONSUMER}^1} + \lambda_t^{\text{CONSUMER}^2} = 0 \quad (I_t) \quad (3.8)$$

A equação (3.6) estabelece que a utilidade marginal da renda, $\lambda_t^{\text{CONSUMER}^1}$, é igual à utilidade marginal do consumo. A equação (3.7) determina que a desutilidade marginal do trabalho é igual ao benefício marginal do salário, $\lambda_t^{\text{CONSUMER}^1} W_t (1 - \tau^W)$. A equação (3.8) mostra que no ótimo, a utilidade marginal da renda deve ser igual à utilidade marginal da oferta de capital.

3.2 Firms

As firmas enfrentam um mercado de produtos e fatores perfeitamente competitivos, sendo π_t o lucro auferido pela firma representativa, Y_t o seu nível de produto, que consequentemente também representa o nível de produto agregado da economia, L_t^d , K_t^d representa a demanda das firmas por mão-de-obra e capital.

A firma busca maximizar seu lucro, escolhendo as quantidades demandadas de capital e trabalho e o produto a ser ofertado, dada a restrição de tecnologia apresentada na equação (3.10).

$$\max_{K_t^d, L_t^d, Y_t} \pi_t = Y_t - L_t^d W_t - r_t K_t^d \quad (3.9)$$

s.t. :

$$Y_t = Z_t K_t^{d\alpha} (L_t^d X_t)^{1-\alpha} \quad (\lambda_t^{\text{FIRM}^1}) \quad (3.10)$$

Na restrição enfrentada pelas firmas, a tecnologia é do tipo *Cobb-Douglas*, sendo Z_t a variável que representa os choques exógenos que a tecnologia pode sofrer. Este choque possui um processo autorregressivo de primeira ordem em que o termo de erro aleatório η_t^Z tem comportamento Gaussiano.

$$\log Z_t = \phi \log Z_{t-1} + \eta_t^Z \quad (3.11)$$

3.2.1 Condições de primeira ordem: Firms

As condições de primeira ordem do problema de maximização do lucro das firmas nos dão as quantidades ótimas de capital e trabalho a serem demandados e a quantidade de bens a ser produzida,

K_t^d , L_t^d e Y_t . O sistema de equações de (3.12) à (3.14) são as derivadas do problema de maximização de lucro, (3.9), restrito à tecnologia de produção, (3.10).

$$-r_t + \alpha \lambda_t^{\text{FIRM}^1} Z_t K_t^{d^{-1+\alpha}} (L_t^d X_t)^{1-\alpha} = 0 \quad (K_t^d) \quad (3.12)$$

$$-W_t + \lambda_t^{\text{FIRM}^1} X_t Z_t (1 - \alpha) K_t^{d\alpha} (L_t^d X_t)^{-\alpha} = 0 \quad (L_t^d) \quad (3.13)$$

$$1 - \lambda_t^{\text{FIRM}^1} = 0 \quad (Y_t) \quad (3.14)$$

A equação (3.12) estabelece que a remuneração do capital, r_t , deve ser igual à produtividade marginal do capital. A equação (3.13) estabelece que os salários, W_t deve ser igual à produtividade marginal do trabalho. Tanto a produtividade marginal do trabalho, quanto a produtividade marginal do capital dependem positivamente do estoque de capital total da economia, X_t . Esta é a suposição central deste modelo.

3.3 Governo

O governo gasta todos os recursos arrecadados com capital público, $G_t = K_t^G$, que juntamente com o capital investido pelas famílias, K^s , forma o estoque de capital agregado da economia, $X_t = K_t^{G^{1-\gamma}} K_{t-1}^s$. O comportamento do governo é considerado exógeno pelas famílias e pelas firmas. O gasto do governo depende de um distúrbio aleatório ϵ_t^G e de um nível de gastos autônomo G^{bar} .

$$G_t = G^{\text{bar}} \epsilon_t^G$$

O termo estocástico η_t^G tem um comportamento Gaussiano i.i.d.,

$$\log \epsilon_t^G = \rho^G \log \epsilon_{t-1}^G + \eta_t^G. \quad (3.15)$$

A restrição orçamentária do governo é composta da arrecadação de impostos sobre o consumo, $\tau^C C_t$, remuneração do capital $\tau^r r_t K_{t-1}^s$ e trabalho $\tau^W W_t L_t^s$, além de um imposto *lump sum*, T_t .

$$G_t = \tau^C C_t + \tau^r r_t K_{t-1}^s + \tau^W W_t L_t^s + T_t \quad (3.16)$$

Portanto, esta restrição orçamentária estabelece que, se o governo resolve aumentar seus gastos de forma inesperada, ou seja, um choque exógeno positivo em ϵ_t^G , o montante arrecadado deve aumentar na mesma proporção.

3.4 Equilíbrio

As relações de equilíbrio para a solução do modelo são descritas pelas equações abaixo. A equação (3.17) estabelece a igualdade entre oferta e demanda por capital, em que a oferta de capital no período anterior é igual à demanda por capital corrente. A equação (3.18) estabelece que a oferta de trabalho é igual a demanda por trabalho, portanto se supõe ausência de desemprego neste modelo.

$$K_t^d = K_{t-1}^s \quad (3.17)$$

$$L_t^d = L_t^s \quad (3.18)$$

$$G_t = K_t^G \quad (3.19)$$

A equação (3.19) estabelece que o governo gasta todo seus recursos com capital público (infraestrutura). O equilíbrio do mercado de bens finais não é incluído aqui, pois ele é estabelecido automaticamente devido à Lei de Walras.

3.5 Definição dos parâmetros

Neste modelo, o parâmetro α estabelece que a remuneração do capital seja 36% do produto de estado estacionário.

$$-0.36Y_{ss} + r_{ss}K_{ss}^d = 0 \rightarrow \alpha. \quad (3.20)$$

O nível de endividamento de longo prazo corresponde à 40% do produto de estado estacionário.

$$\frac{G_{ss}}{Y_{ss}} = 0.4 \rightarrow G^{\text{bar}}. \quad (3.21)$$

Esta calibração foi escolhida conforme [Klima, Podemski e Retkiewicz-Wijtiwiak \(2018\)](#). Os parâmetros livres, ou seja, aqueles que não dependem das condições de estado estacionário, foram definidos conforme a literatura consultada, sendo os parâmetros, $\beta = 0.99$, $\delta = 0.025$, $\eta = 2$, $\mu = 0.3$, $\phi = 0.95$, $\rho^G = 0.949$ obtidos em [Klima, Podemski e Retkiewicz-Wijtiwiak \(2018\)](#) e [Klima et al. \(2015\)](#) e os parâmetros de tributação $\tau^C = 0.16$, $\tau^r = 0.4$, $\tau^W = 0.15$ foram obtidos em [Santos \(2017\)](#). O parâmetro $\gamma = 0.75$ é a participação do capital privado no estoque de capital total da economia e foi determinado conforme uma aproximação da proporção do valor do estoque de capital privado do Brasil em relação ao valor do estoque total de capital. Esta proporção varia ao longo do tempo. No ano de 2008 esta proporção era de 83% ([IPEADATA](#),)². O valor exato não é objeto de estudo deste ensaio, para verificar o efeito da variação deste parâmetro em relação ao valores de estado estacionário e trajetórias das variáveis agregadas, como PIB, consumo e utilidade intertemporal foi feito uma análise de sensibilidade em relação à γ e os resultados são apresentados na próxima seção.

4 Resultados

O pacote `gEcon` resolve modelos de equilíbrio dinâmico usando o método de perturbação de primeira ordem. Este método requer a linearização do modelo em torno de seu estado estacionário. Outra forma de resolver o modelo é log-linearizando em vez de apenas linearizar. Após a log-linearização, as funções impulso-resposta das variáveis podem ser interpretadas como desvios percentuais em relação a seu estado estacionário. Esta log-linearização é mais adequada ao se fazer as interpretações econômicas dos resultados das funções impulso-resposta ([KLIMA; PODEMSKI; RETKIEWICZ-WIJIWIAK, 2018](#)).

Esta seção contém as funções impulso-resposta dado um choque na tecnologia e um choque nos gastos públicos. Foi realizado também um exercício fiscal em que a variável de resposta ao choque de gastos de governo foi o imposto sobre o consumo, em vez do imposto *lump-sum* como consta na estrutura inicial do modelo. Além disso, esta seção contém uma análise de sensibilidade do nível de estado estacionário e das trajetórias das variáveis em relação ao parâmetro γ . Este parâmetro representa a participação do capital privado no estoque de capital total da economia.

4.1 Funções impulso-resposta

Aqui são apresentadas as funções impulso-resposta para dez variáveis macroeconômicas que compõem o modelo. São elas: a remuneração do capital (r_t), consumo (C_t), estoque de capital (K_s), produto (Y), nível de emprego (L_s), investimento privado (I_t), gastos do governo (G), salários (W), utilidade intertemporal (U) e um imposto que responde aos choques exógenos. Inicialmente, o imposto que cumpre este papel é o imposto *lump sum* (T_t). Depois foi realizado outro exercício em que o imposto que reage aos choques exógenos é o imposto sobre o consumo (τ_C).

Quando ocorre um choque tecnológico nesta economia, o efeito contemporâneo é um aumento da remuneração do capital, Figura 4.1. Este aumento é consequência do aumento de produtividade do capital proporcionado pelo choque. O choque tecnológico estimula o produto, consumo, investimentos e acúmulo de capital. Este aumento no estoque de capital reduz sua produtividade marginal, fato que explica a queda na sua remuneração.

² Último ano de informação disponível.

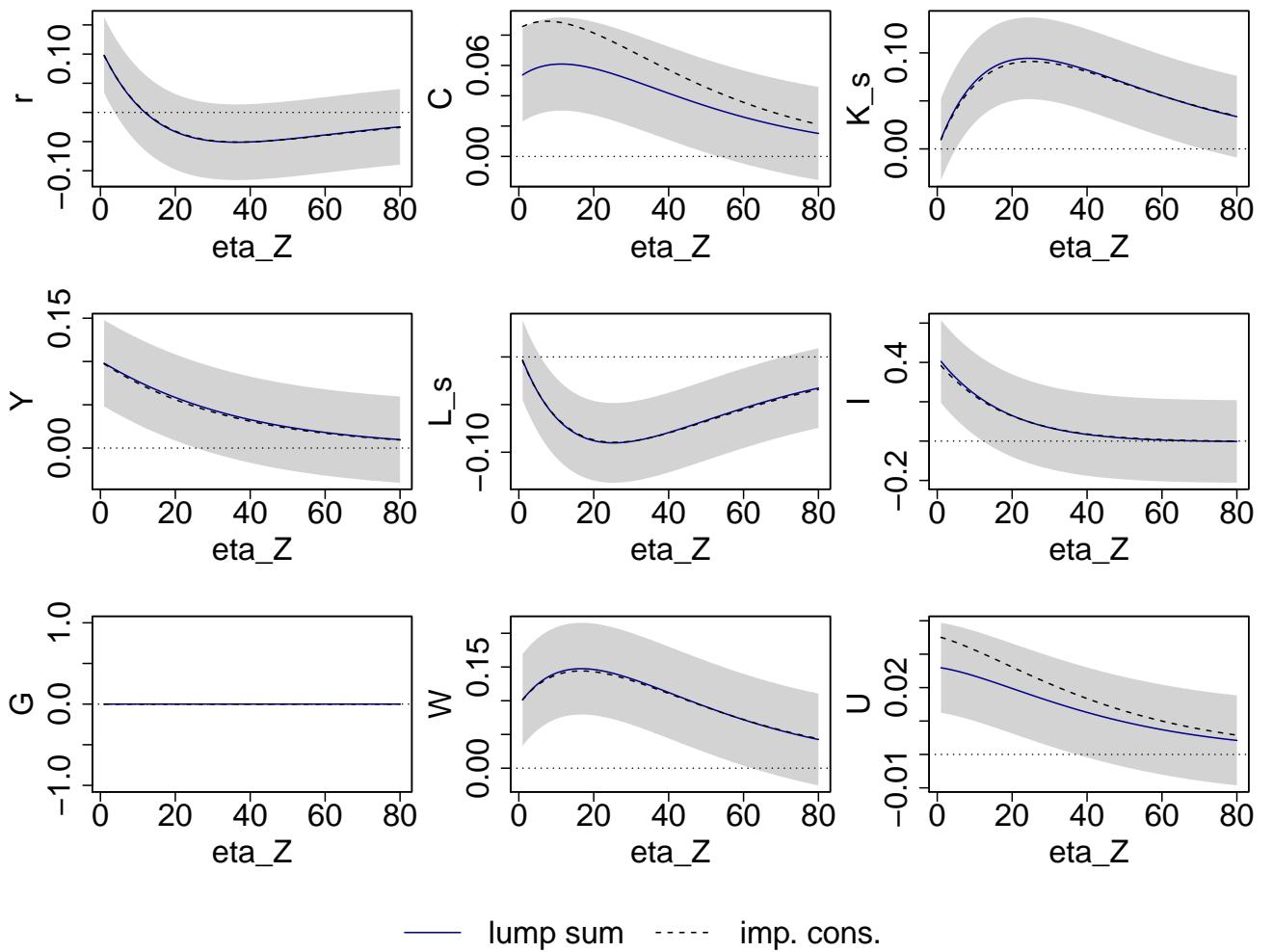


Figura 4.1 – Funções impulso-resposta após um choque na tecnologia.

Fonte: Elaboração própria. Funções impulso-resposta para as variáveis selecionadas. No eixo horizontal, os períodos estão em trimestres. As linhas em azul (*lump sum*) são os resultados quando o imposto não distorcivo é a fonte de arrecadação que responde aos choques exógenos. As linhas pontilhadas (imp. cons.) são os resultados quando o imposto sobre o consumo é a variável que responde aos choques exógenos. A área sombreada correspondem à dois desvio-padrão dos valores amostrais da função impulso-resposta para cada variável.

Um choque na tecnologia faz com que o nível de emprego diminua, pois com o ganho de eficiência do trabalho, uma mesma quantidade de produto pode ser produzida com um nível menor de contratação de mão-de-obra. A redução no nível de emprego aumenta sua produtividade marginal, o que eleva sua remuneração (W_t). Por fim, o nível de utilidade também se expande após o choque tecnológico.

Não houveram grandes diferenças quando deixamos o imposto sobre o consumo reagir ao choque tecnológico no lugar do imposto *lump sum*. As diferenças mais evidentes são, na trajetória do consumo e na trajetória da utilidade intertemporal. Os gastos do governo não respondem à um choque na tecnologia neste modelo. O efeito deste choque sobre o consumo é mais forte quando o imposto sobre o consumo é a variável de ajuste. Isto acontece pois o consumo aumenta tanto pela expansão da renda quanto pela redução de seu imposto. A utilidade intertemporal responde de forma mais intensa quando o imposto *lump sum* toma o papel de variável de ajuste ao choque tecnológico. O maior nível de consumo explica os ganhos de bem-estar ao deixar com que o imposto sobre o consumo seja a termo de ajuste à um choque tecnológico. Como não houve aumento de gastos, o imposto sobre o consumo não se altera e a economia se beneficia com a expansão da renda e do nível de consumo.

Um choque nos gastos do governo eleva a remuneração do capital, reduz o consumo (efeito *crowding out*) e a acumulação do capital, Figura 4.2. Inicialmente, um choque nos gastos do governo expande o produto agregado, mas após alguns períodos o produto fica abaixo de seu nível de estado estacionário devido ao desacumulo de capital. No momento do choque, ocorre redução do nível de emprego, porém sua recuperação acontece em um curto período de tempo. O nível de investimentos e utilidade intertemporal

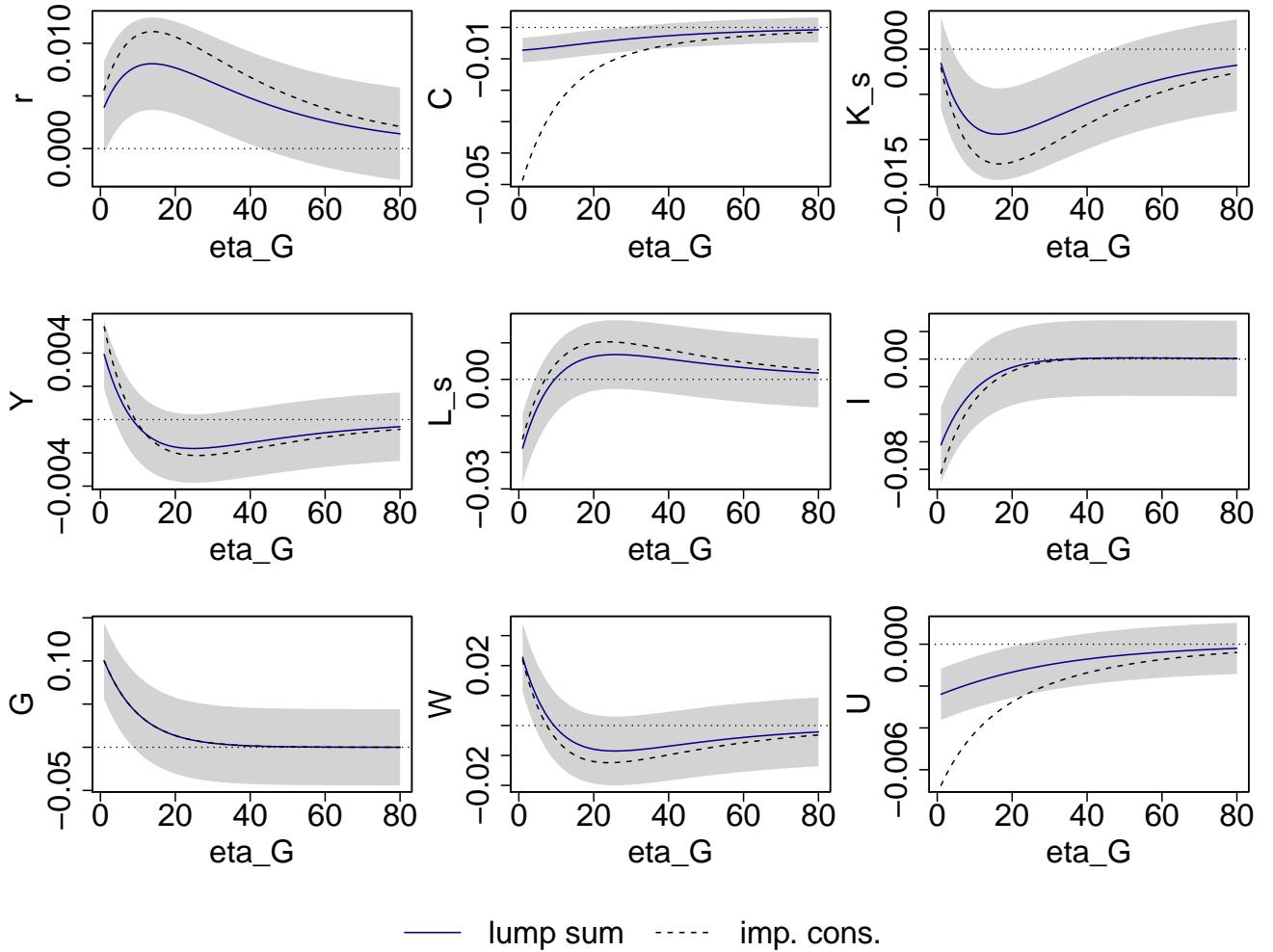


Figura 4.2 – Funções impulso-resposta após um choque nos gastos do governo.

Fonte: Elaboração própria. Funções impulso-resposta para as variáveis selecionadas. No eixo horizontal, os períodos estão em trimestres. As linhas em azul (*lump sum*) são os resultados quando o imposto não distorcivo é a fonte de arrecadação que responde aos choques exógenos. As linhas pontilhadas (imp. cons.) são os resultados quando o imposto sobre o consumo é a variável que responde aos choques exógenos. A área sombreada correspondem à dois desvio-padrão dos valores amostrais da função impulso-resposta para cada variável.

também se contraem após um choque nos gastos do governo. O nível de salários segue um comportamento oposto ao nível de emprego, pois uma queda do emprego aumenta a produtividade marginal do trabalho que corresponde diretamente ao nível de salários.

Comparando os dois exercícios realizados, as variáveis respondem com maior intensidade ao choque nos gastos do governo quando o imposto sobre o consumo é a variável de ajuste. O efeito *crowding out* sobre o consumo é mais intenso neste caso. Isto ocorre pois, um aumento nos gastos do governo exige maior arrecadação de tributos. O imposto sobre o consumo irá aumentar, desestimulando-o. Este fato, junto com o efeito *crowding out*, gera a resposta mais acentuada do consumo quando ocorre uma política fiscal expansionista. Portanto, quando o imposto é do tipo *lump sum*, os custos de um aumento nos gastos do governo se divide entre os agentes econômicos. Quando a variável de ajuste é o imposto sobre o consumo, os custos de uma expansão de gastos recaem mais fortemente sobre o consumo das famílias. Isto também explica a maior perda de bem-estar quando o imposto sobre o consumo se ajusta aos gastos do governo.

Comparou-se as funções impulso-resposta do imposto de ajuste quando ocorre o choque tecnológico e o choque de gastos do governo, Figura 4.3. A figura da esquerda representa a função impulso resposta do imposto *lump sum* (linha sólida e azul) e do imposto sobre o consumo (linha tracejada) quando ocorre um choque tecnológico. Neste caso, se a variável de ajuste ao choque tecnológico for o imposto sobre o consumo a arrecadação é menor do que no caso em que o imposto *lump sum* é a variável de ajuste. Apesar dos gastos do governo não responderem ao choque tecnológico, Figura 4.1, a arrecadação de impostos

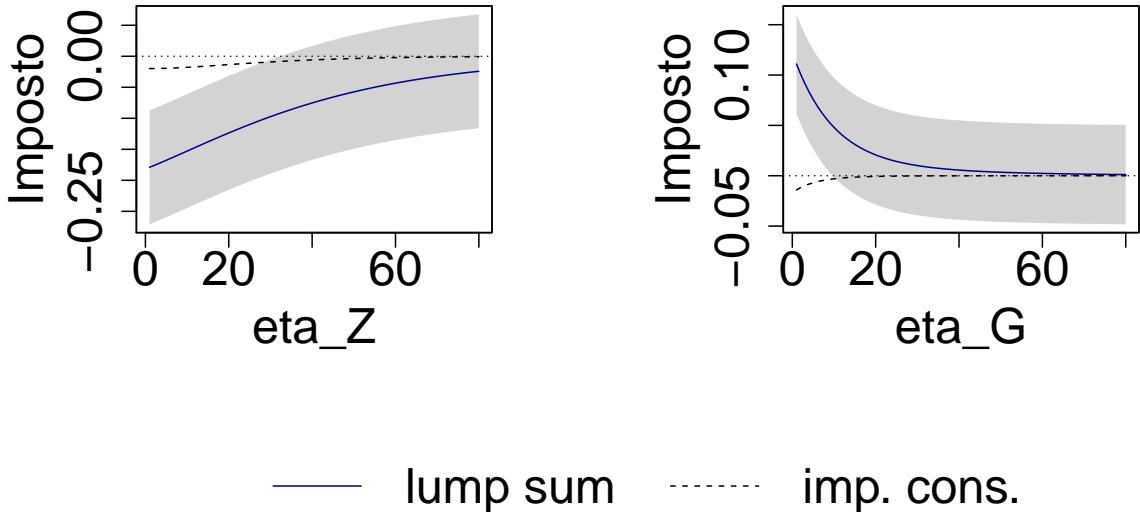


Figura 4.3 – Funções impulso-resposta dos impostos após um choque na tecnologia e nos gastos do governo.

Fonte: Elaboração própria. Funções impulso-resposta dos impostos (montante arrecadado). No eixo horizontal, os períodos estão em trimestres. As linhas em azul (imposto *lump sum*, T_t) são os resultados quando o imposto não distorcivo responde aos choques exógenos. As linhas pontilhadas (imp. cons., $\tau_t^C C_t$) é o montante arrecadado quando o imposto sobre o consumo é a variável que responde aos choques exógenos. A área sombreada correspondem à dois desvio-padrão dos valores amostrais da função impulso-resposta de T_t .

T_t , diminui. Esta redução é compensado pelo aumento da arrecadação de impostos sobre o consumo e remuneração do capital.

Quando ocorre um choque nos gastos do governo, a arrecadação de impostos do tipo *lump sum* aumenta para compensar a expansão de gastos, no caso em que este imposto é a variável de ajuste. No modelo em que consideramos o imposto sobre o consumo como variável de resposta ao choque para obtenção do equilíbrio orçamentário, o montante arrecado com impostos diminui. Isto ocorre pois, o efeito *crowding out* sobre o consumo reduz sua arrecadação, mesmo se a alíquota de imposto se eleve após o choque de gastos. Portanto, as outras fontes de arrecadação de impostos compensam o aumento nos gastos.

Os efeitos de um choque tecnológico aumentaram o produto e o bem-estar da economia. Este choque eleva a produtividade do trabalho de três formas: pelo efeito direto da tecnologia sobre a função de produção, pois este desloca a curva de produção; pela redução do nível de emprego, dado que a função de produção apresenta retornos marginais decrescentes; e por último, o acúmulo de capital aumenta o estoque de capital total da economia, expandindo a produtividade marginal do trabalho como consta na estrutura do modelo, equação (3.13). A redução no emprego é justificada tanto pelo aumento de eficiência do trabalho quanto pela expansão da desutilidade marginal do trabalho³.

Um choque sobre os gastos do governo aumenta o produto temporariamente, mas depois o coloca em um nível abaixo de seu nível de estado estacionário. Este choque também reduz o bem-estar da economia. Observando as trajetórias do produto e do nível de salários, os benefícios desta política fiscal são de curto prazo. Posteriormente, o desacumulo de capital e os efeitos *crowding out* sobre consumo e investimentos geram resultados onerosos para o produto e bem-estar econômico. O desacumulo de capital privado gerado pela política fiscal reduz o capital total da economia. Isto diminui a produtividade marginal do trabalho e consequentemente o nível de salários. A redução no estoque de capital também reduz a desutilidade marginal do trabalho após o décimo trimestre.

³ Lembrando que no modelo, o aumento no estoque total de capital também eleva a desutilidade marginal do trabalho.

4.2 Análise de sensibilidade das variáveis em estado estacionário

A estrutura inicial do modelo supõe separabilidade entre consumo e trabalho. Usando esta formulação, os níveis de estado estacionário e as funções impulso-resposta do produto, consumo e utilidade não se mostraram sensíveis à mudanças na composição do capital agregado. Entretanto, se usarmos uma formulação alternativa para a função utilidade instantânea

$$u_t = \frac{\left(C_t^\mu (1 - L_t^s)^{1-\mu}\right)^{1-\eta}}{(1-\eta)}, \quad (4.1)$$

em que o agente escolhe entre consumo (C_t) e lazer ($H_t = 1 - L_t$), os resultados se modificam conforme se altera a proporção de capital privado na economia (parâmetro γ). Portanto, as simulações reportadas daqui em diante usam não-separabilidade entre consumo e lazer na formulação do problema do consumidor.

A Figura 4.4 representa a mudança no nível de utilidade de estado estacionário, U , considerando variações na participação do capital privado no estoque de capital total da economia. Podemos observar que o nível de utilidade de longo prazo é sensível à variações na proporção de capital privado no estoque de capital total da economia. Quanto maior o γ , maior se torna o nível de utilidade de estado estacionário. Isto significa que o modelo com não-separabilidade entre consumo e lazer impõe uma maior importância para o estoque de capital privado frente ao capital público, no longo prazo. Uma justificativa plausível para este fenômeno é que, apesar de o capital público contribuir para a produtividade marginal do trabalho e utilidade marginal do lazer, os impostos cobrados para sua implementação geram custos maiores que os benefícios proporcionados por este investimento ao analisarmos longos períodos.

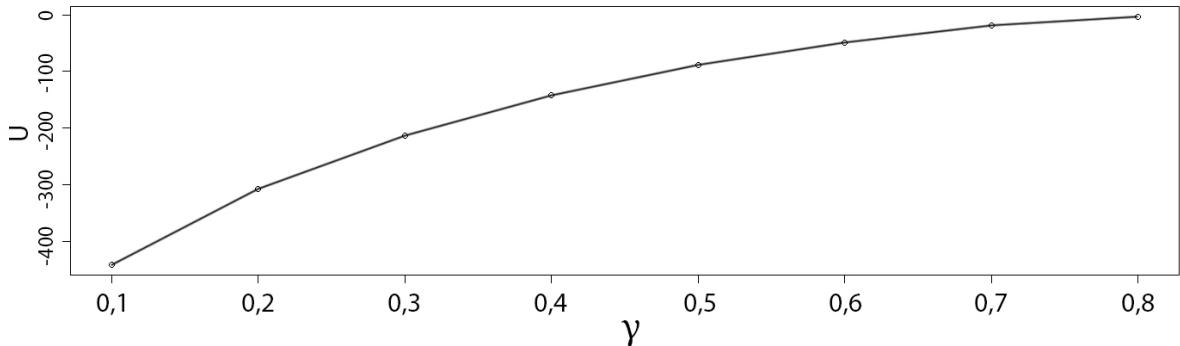


Figura 4.4 – Sensibilidade do nível de utilidade de estado estacionário em relação ao parâmetro γ .

Na Figura 4.5 estão representados os valores de estado estacionário do consumo em relação à alterações no parâmetro γ . O consumo de longo prazo se mostrou pouco sensível à mudanças na proporção de capital privado em relação ao estoque de capital para quase todos os valores do parâmetro γ simulados. Porém, a partir do valor de 0,7, o consumo de estado estacionário responde significativamente à variações da proporção de capital privado no estoque de capital total.

Na Figura 4.6 está representado o produto de estado estacionário no eixo vertical e a proporção de capital privado no estoque de capital total da economia no eixo horizontal. O produto de longo prazo mostrou um comportamento semelhante ao consumo com respeito às variações no parâmetro γ . Isto ocorreu, pois como comentado anteriormente, o consumo compõe mais de 80% da renda, e o nível de correlação entre estas variáveis é alto, 0,98. Portanto, as mudanças destas variáveis frente ao mesmo parâmetro são também semelhantes.

O nível de estado estacionário da utilidade, produto e consumo se mostraram sensíveis às variações do estoque de capital total na economia. As três variáveis aumentaram, conforme se aumentou o parâmetro γ . Este resultado nos mostra, a partir deste modelo, que quanto maior for a participação de capital privado na economia, maior é o nível de longo prazo destas variáveis. Uma explicação para esta conclusão é que, os custos gerados pela investimento público, na forma de impostos, são maiores que seus benefícios, no longo prazo.

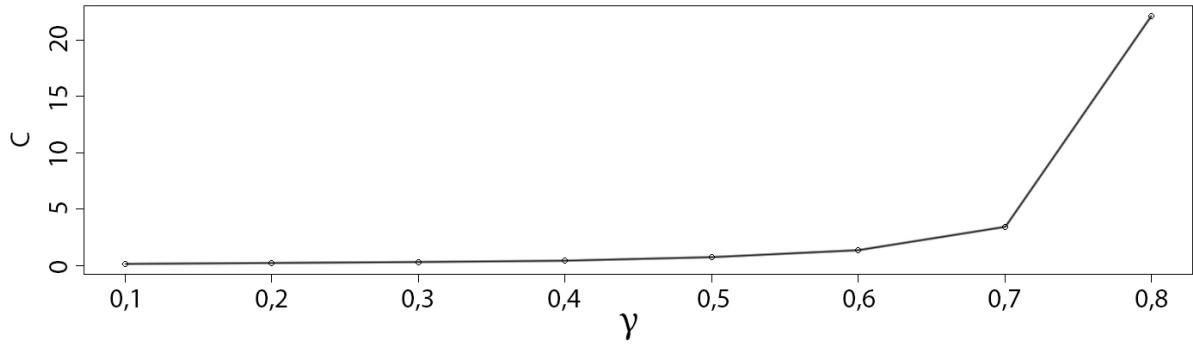


Figura 4.5 – Sensibilidade do nível de consumo de estado estacionário em relação ao parâmetro γ .

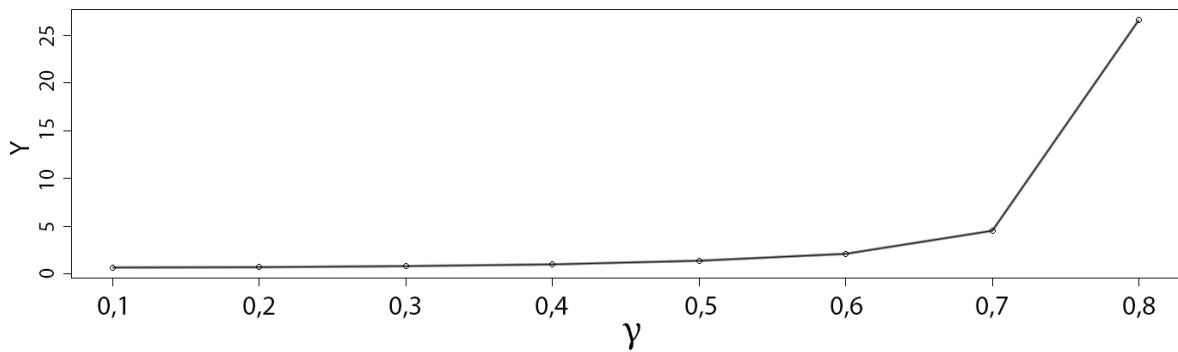


Figura 4.6 – Sensibilidade do nível de produto de estado estacionário em relação ao parâmetro γ .

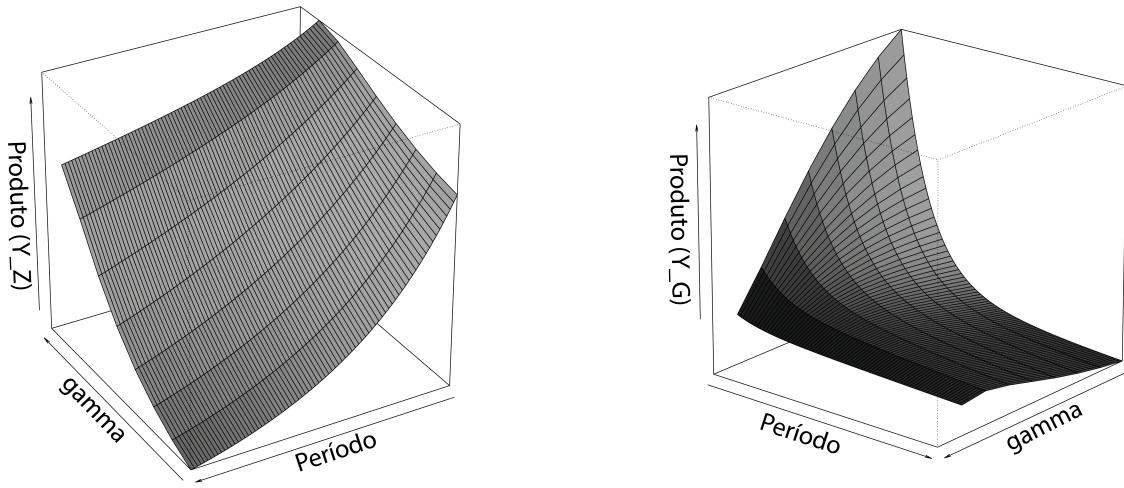
4.3 Análise de sensibilidade das trajetórias

Além da análise de sensibilidade dos valores das variáveis agregadas em estado estacionário, ao variarmos o valor do parâmetro γ , podemos auferir também diferentes trajetórias destas variáveis. Na Figura 4.7a está representada a sensibilidade da trajetória do produto agregado em relação à variação na proporção de capital privado no estoque total de capital da economia, dado um choque tecnológico. Observando esta figura podemos perceber que, quanto maior a parâmetro γ , maior é o efeito contemporâneo do choque tecnológico sobre o produto. Podemos auferir também que, quanto maior o parâmetro γ , maior a persistência do produto frente à um choque tecnológico.

Na Figura 4.7b temos a sensibilidade da trajetória do produto frente à variações no parâmetro γ , dado um choque nos gastos do governo. Deste exercício, destaca-se o fato de que quanto maior for a participação de capital privado na economia, menor o efeito contemporâneo de um choque nos gastos do governo. Para pequenos valores de γ , ou seja, quanto maior for a participação do capital público no estoque de capital total da economia, ocorre um forte efeito de gastos do governo sobre o produto e sua trajetória converge rapidamente para o estado estacionário.

Na Figura 4.8a está representada a sensibilidade da trajetória da utilidade em variações na proporção de capital privado no estoque de capital total, dado um choque tecnológico. Neste caso, quanto maior o parâmetro γ , maior o efeito inicial de um choque tecnológico sobre a utilidade e maior também será a persistência deste choque ao longo de sua trajetória de convergência para seu nível de estado estacionário. Portanto, dado um choque tecnológico, as simulações do modelo mostram que uma maior participação do capital privado no estoque de capital total gera efeitos positivos sobre o bem-estar da economia.

Na Figura 4.8b está representada a sensibilidade da trajetória da utilidade em variações no parâmetro γ , dado um choque nos gastos do governo. Podemos observar que não existe uma regra



(a) Sensibilidade da trajetória do produto em relação ao parâmetro γ , dado um choque tecnológico. (b) Sensibilidade da trajetória do produto em relação ao parâmetro γ , dado um choque de gastos do governo.

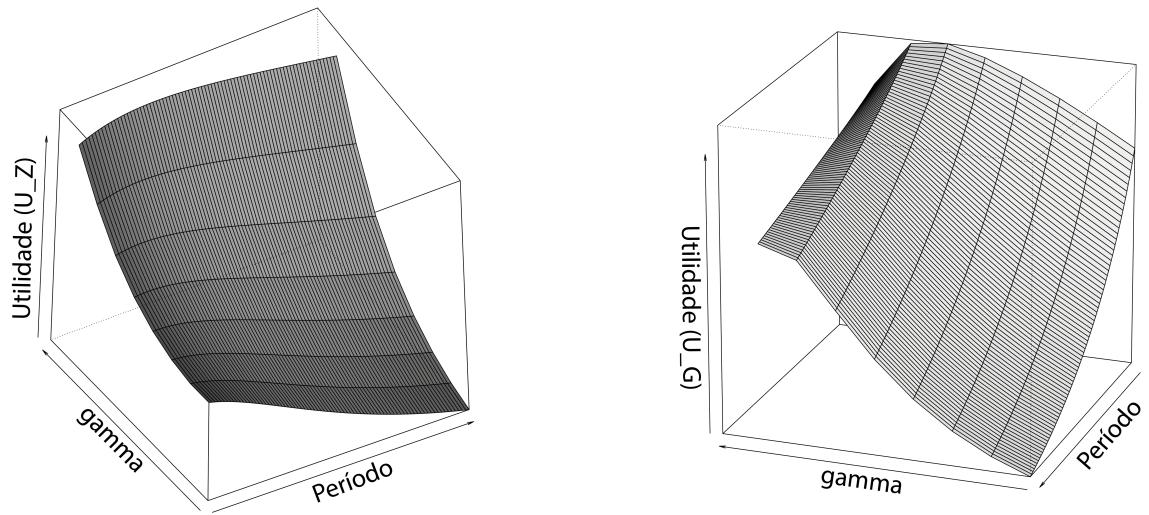
Figura 4.7 – Análise de Sensibilidade das trajetórias do produto

única para a sensibilidade do nível de utilidade contemporânea ao choque nos gastos do governo. Esta relação não é monotônica. Isto significa que existe uma proporção ótima para analisarmos esta situação. Observando o gráfico, o valor ótimo do parâmetro γ fica em torno de 0,7 à 0,8. Portanto, neste nível temos o melhor efeito contemporâneo de um choque dos gastos do governo sobre o nível de bem-estar da economia. Este fato está de acordo com o que se observou nos dados usado no primeiro exercício deste ensaio.

Quanto ao comportamento das trajetórias desta simulação, quanto maior o nível de capital privado na economia, maior a persistência da trajetória da utilidade após um choque nos gastos do governo. Portanto, existe um dilema para o formulador de política econômica entre efeito contemporâneo e persistência dos efeitos de um gasto do governo. Enquanto a persistência é monotônica em relação ao parâmetro γ , o efeito imediato de um choque nos gastos não é. Então antes de formular uma política de gastos, conhecer a proporção do capital privado no estoque de capital total da economia se torna crucial para antecipar os efeitos de tal política.

Após estas análises de sensibilidade, tanto dos valores de estados estacionário quanto das trajetórias, pudemos perceber que os efeitos dos choques exógenos são sensíveis ao parâmetro estabelecido. Na maioria dos casos, um aumento na proporção de capital privado no estoque de capital total da economia se mostrou benéfico para as trajetórias e para o nível de longo prazo do produto, consumo e bem-estar econômico.

Com isso, a formulação de políticas públicas que causem efeitos sobre as variáveis macroeconômica devem levar em consideração qual as características da economia no que se refere à composição de seu estoque total de capital. O fato observado de que para cada valor do parâmetro γ , se modificam as trajetórias dos agregados econômicos considerados, faz com que esta composição de estoque de capital seja determinante na magnitude e na persistência dos efeitos de choques econômicos sobre a economia. No mesmo sentido, a composição do estoque de capital da economia pode alterar os efeitos de políticas públicas, principalmente quanto à políticas fiscais, objeto deste ensaio. Isto significa que a eficácia de uma política de cunho fiscal está intimamente relacionada à composição do estoque de capital da economia entre capital público ou capital privado. Portanto, ao se analisar efeitos de políticas públicas, é importante se levar em conta a composição do estoque de capital total da economia e observar qual a proporção de capital público e capital privado que compõem este estoque.



(a) Sensibilidade da trajetória da utilidade em relação ao parâmetro γ , dado um choque tecnológico.
(b) Sensibilidade da trajetória da utilidade em relação ao parâmetro γ , dado um choque de gastos do governo.

Figura 4.8 – Análise das trajetórias da Utilidade.

5 Conclusão

Os investimentos público e privado em infraestrutura possuem impactos relevantes sobre o produto, consumo e acumulação de capital. Além disso, estes investimentos têm efeitos positivos sobre a produtividade marginal do trabalho e sobre a utilidade marginal do lazer. A literatura consultada possui trabalhos empíricos sobre efeitos de investimento em infraestrutura, enfatizando questões econômicas relevantes, tanto para o Brasil quanto para outros países. A utilização de modelos microfundamentados contribui para esta discussão. A especificação do modelo deste artigo estuda a relação investimento público e crescimento econômico de uma maneira microfundamentada, formulando um modelo DSGE que inclui a variável investimento público e investimento privado como fatores de promoção de crescimento econômico, de melhoria da produtividade marginal do trabalho e da utilidade marginal do lazer.

Após a análise dos resultados, conclui-se que um choque tecnológico possui efeitos positivos sobre o produto e bem-estar econômico durante toda sua trajetória de convergência para o nível de longo prazo. O fato de o estoque de capital influenciar a produtividade e desutilidade marginais do trabalho torna as trajetórias mais persistentes, com os efeitos sobre o produto e bem-estar durando em torno de oitenta trimestres. Um choque nos gastos do governo aumenta o produto por apenas dez trimestres. Depois, os custos do aumento de gastos do governo recaem sobre o nível de produto e a economia apresenta taxas de crescimento negativas. O efeito de política fiscal sobre o bem-estar é negativo. Quando a arrecadação de impostos sobre o consumo é a variável de ajuste aos choques, os seus efeitos são mais acentuados, principalmente sobre o consumo e bem-estar econômicos.

Pode-se auferir com o resultado das simulações realizadas que, quanto maior a participação do capital privado no estoque de capital total da economia, ou seja, quanto maior for o valor do parâmetro γ neste modelo, maior é o efeito de um choque tecnológico sobre o nível de utilidade intertemporal, consumo e produto. Sob um contexto de maior participação de capital privado no estoque total de capital, o efeito de um choque tecnológico sobre o nível de utilidade intertemporal da economia também se mostra mais persistente, fazendo com que esta variável demore mais tempo para retornar ao seu nível de estado estacionário. Em suma, uma maior participação do capital privado no estoque de capital total se mostrou benéfica para a economia, proporcionando efeitos contemporâneos maiores dos choques sobre o consumo, produto e bem-estar econômico. Além disso, em geral, um maior valor do parâmetro γ , faz com que tais choques se tornem mais persistentes, ou seja, que o benefício de um choque tecnológico positivo ou uma política fiscal expansiva dure mais tempo.

Tais resultados são relevantes do ponto de vista da análise de eficácia de políticas públicas. Da

perspectiva da política fiscal, este ensaio mostra que a eficácia e os demais efeitos de uma política de investimento público são bastante sensíveis à composição do estoque de capital total da economia. Para cada valor do parâmetro γ , que mede tal proporção, o efeito de um aumento nos gastos do governo muda. Portanto, os formuladores de políticas públicas devem levar em consideração qual a composição do estoque total de capital da economia, a fim de desenvolver uma política que atinja os objetivos previamente definidos.

Os principais resultados mostraram que quando a variável de ajuste é o imposto sobre o consumo, as respostas do produto, consumo e bem-estar são mais acentuadas. Isto ocorre tanto após um choque tecnológico quanto após um choque nos gastos do governo. Um choque de tecnologia gera efeitos positivos sobre o produto e bem-estar econômico. Uma política fiscal expansiva eleva o produto por não mais que dez trimestres, gerando contração do produto depois deste período. Esta mesma política gera redução do bem-estar econômico.

Esta pesquisa não se esgota neste ensaio, pois possibilita a inclusão de questões distributivas. Isso é possível, pois temas como desigualdade de riqueza e de renda podem ser estudados a partir do modelo proposto. A mudança na composição dos impostos distorcivos podem gerar diferentes níveis de estado estacionário para as variáveis macroeconômicas e também proporcionar diferentes trajetórias para estas variáveis, o que seria um excelente objeto de pesquisa neste tema.

Referências

- BAI, J.; PERRON, P. Critical values for multiple structural change tests. *The Econometrics Journal*, v. 6, n. 1, p. 72–78, 2003. ISSN 1368-4221. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/23113649>>. Acesso em: 2016-07-27. Citado na página 5.
- BERTUSSI, G. L.; ELLERY JR, R. Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 4, p. 101–132, out. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jtl/v6n4/v6n4a06.pdf>>. Acesso em: 2016-07-27. Citado na página 5.
- CHATTERJEE, S.; TURNOVSKY, S. J. Infrastructure and inequality. *European Economic Review*, v. 56, n. 8, p. 1730–1745, nov. 2012. ISSN 0014-2921. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014292112001110>>. Acesso em: 2016-07-27. Citado 4 vezes nas páginas 2, 3, 4 e 6.
- CRUZ, A. C. et al. Evolução dos gastos públicos estaduais em capital humano e infraestrutura física nos estados brasileiros. *Revista Economia e Desenvolvimento*, v. 25, n. 3, p. 76–102, 2013. Disponível em: <periodicos.ufsm.br/eed/article/download/11283/pdf>. Acesso em: 2016-07-27. Citado na página 5.
- FERREIRA, P. C.; MALLIAGROS, T. G. Impactos produtivos da infraestrutura no Brasil - 1950/95. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 28, n. 2, p. 315–338, 1998. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 5.
- FERREIRA, P. C. G. *Essays on public expenditure and economic growth*. Tese (PhD. in Economics), Graduate School of Arts and Sciences, University of Pennsylvania, 1993. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/35653063_Essays_on_public_expenditure_and_economic_growth>. Citado na página 5.
- FERREIRA, T. T.; AZZONI, C. R. Arranjos institucionais e investimento em infraestrutura no Brasil. *Revista do BNDES*, v. 35, p. 37–86, jun. 2011. Disponível em: <http://www.bnDES.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/rev3502.pdf>. Acesso em: 2016-07-27. Citado na página 5.
- IPEADATA. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 2019-04-22. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 9.
- KLIMA, G.; PODEMSKI, K.; RETKIEWICZ-WIJIWIAK, K. *General Equilibrium Economic Modelling Language and Solution Framework*. [S.l.], 2018. 72 p. Disponível em: <<http://gecon.r-forge.r-project.org/files/gEcon-users-guide.pdf>>. Acesso em: 2018-04-09. Citado na página 9.
- KLIMA, G. et al. *Smets-Wouters '03 model revisited - an implementation in gEcon*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/p/prap/64440.html>>. Acesso em: 2017-03-10. Citado na página 9.
- MALLIAGROS, T. G. O impacto da infraestrutura sobre o crescimento da produtividade do setor privado e do produto brasileiro: análise empírica e evolução histórica. jun. 1997. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/17>>. Acesso em: 2016-07-27. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 5.
- MAS-COLELL, A.; WHINSTON, M. D.; GREEN, J. R. *Microeconomic Theory*. New York: Oxford University Press Inc., 1995. v. 1. Citado na página 2.
- PEREIRA, A. M.; ANDRAZ, J. M. On the economic effects of public infrastructure investment : a survey of the international evidence. *Journal of Economic Development*, v. 38, n. 4, dez. 2013. Disponível em: <<http://www.jed.or.kr/full-text/38-4/1.pdf>>. Acesso em: 2016-07-27. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 4.
- RIGOLON, F. J. Z. O investimento em infra-estrutura e a retomada do crescimento econômico sustentado. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 28, n. 1, p. 129–158, 1998. Disponível em: <<http://ppe.ipea.gov.br/index.php/ppe/article/view/716>>. Acesso em: 2016-07-27. Citado 3 vezes nas páginas 2, 4 e 5.

SANTOS, A. S. *Regras de política fiscal em um modelo DSGE. Uma análise da regra de gastos fixos e de superávit primário*. Tese (Tese de Doutorado em Economia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <file:///Users/imac/Downloads/2017_AllanSilveiradosSantos.pdf>. Acesso em: 2018-02-20. Citado 2 vezes nas páginas 2 e 9.

SMETS, F.; WOUTERS, R. An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area. *Journal of the European Economic Association*, v. 1, n. 5, p. 1123–1175, set. 2003. ISSN 1542-4774. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1162/154247603770383415/abstract>>. Citado na página 6.

TURNOVSKY, S. J. Economic growth and inequality: The role of public investment. *Journal of Economic Dynamics and Control*, v. 61, p. 204–221, dez. 2015. ISSN 0165-1889. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165188915001761>>. Acesso em: 2016-06-28. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 6.