

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCCA SIMEONI PAVAN

ENSAIOS SOBRE DINÂMICA MACROECONÔMICA NA PERSPECTIVA DE  
MODELOS DSGE.

CURITIBA

2019

LUCCA SIMEONI PAVAN

ENSAIOS SOBRE DINÂMICA MACROECONÔMICA NA PERSPECTIVA DE  
MODELOS DSGE.

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Desenvolvimento Econômico na Universidade Federal do Paraná no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico - PPGDE, setor de Ciências Sociais Aplicadas.

Orientador: Armando Vaz Sampaio.

CURITIBA

2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS SOCIAIS  
APLICADAS – SIBI/UFPR COM DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)  
Bibliotecário: Eduardo Silveira – CRB 9/1921

Pavan, Lucca Simeoni

Ensaio sobre dinâmica macroeconômica na perspectiva de modelos  
DSGE / Lucca Simeoni Pavan. – 2019.

84 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências  
Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento  
Econômico.

Orientador: Armando Vaz Sampaio.

Defesa: Curitiba, 2019.

1. Macroeconomia. 2. Salários. 3. Dinâmica. 4. Infraestrutura  
(Economia). I. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Sociais  
Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico.  
II. Sampaio, Armando Vaz. III. Título.

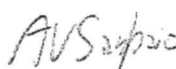
CDD 339

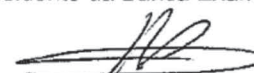
**TERMO DE APROVAÇÃO**

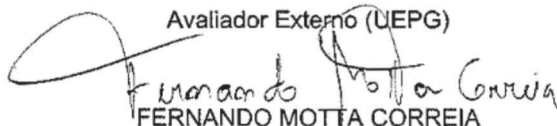
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Tese de Doutorado de **LUCCA SIMEONI PAVAN**, intitulada: **ENSAIOS SOBRE DINÂMICA MACROECONÔMICA NA PERSPECTIVA DE MODELOS DSGE**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.


A outorga do título de Doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

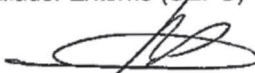
Curitiba, 25 de Fevereiro de 2019.

  
ARMANDO VAZ SAMPAIO  
Presidente da Banca Examinadora

pl   
CELSO JOSE COSTA JUNIOR  
Avaliador Externo (UEPG)

  
FERNANDO MOTTA CORREIA  
Avaliador Interno (UFPR)

  
KARLO MARQUES JUNIOR  
Avaliador Externo (UEPG)

  
ALEXANDRE ALVES PORSSÉ  
Avaliador Interno (UFPR)

*Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,  
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.*

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer imensamente à minha família, que me deu todo apoio para superar os desafios propostos não só pela construção desta tese de doutorado, como a todas as questões pessoais e profissionais que envolvem o sacrifício necessário para conclusão deste ciclo. Agradeço, portanto, à minha esposa, Victória Godinho Rossini, com quem dividi as alegrias e tristezas desta jornada e espero continuar compartilhando muitas outras ao seu lado. Agradeço também à minha mãe, Maria Cristina Simeoni, que me ajuda e me inspira em tudo que eu faço, principalmente em relação à assuntos acadêmico e de docência, profissão que ela também exerce com muito amor e dedicação. Para não me estender, agradeço aos outros familiares e ressalto que cada um tem sua parcela de contribuição, seja em uma palavra de força, ou em algum auxílio eventual ou favor prestado. Nesse momento lembro das ocasiões e rostos de cada um que passou e contribuiu com esta jornada.

Agradeço também ao meu orientador, Armando Vaz Sampaio, que aceitou me guiar durante a escrita desta Tese. Seus conselhos e cobranças foram de muita valia para mim. Por isso, é uma pessoa a quem eu estimo e respeito muito. Agradeço também aos meus colegas de doutorado. Aos amigos que fiz durante minha breve estadia no PIMES em Pernambuco, onde talvez foi meu ponto de inflexão na jornada do doutorado. Lá aprendi muitas coisas e com certeza se não tivesse passado por lá, não seria capaz de realizar este trabalho. Agradeço à Dieison Casagrande, pessoa obstinada e dedicada, que inspirou não só a mim, mas aos seus colegas contemporâneos, por sua disciplina e foco nos estudos. Agradeço ao "Dr. Paulo", grande colega cujos conselhos e exemplo de determinação me fez continuar e seguir em frente mesmo após tropeços. Talvez ele tenha me dado o principal conselho que levo comigo até hoje, mesmo após 4 anos ainda me lembro dele dizendo "o segredo é aprender uma coisa nova por dia, só assim você vai pra frente". Agradeço ao Guilherme "mago" Studart pois me disse outra frase de valor, acredito que, sem perceber, contribuiu imensamente para minha formação quando me disse que para aprender algo, aquilo deve fazer sentido para mim, mesmo que não faça sentido pra mais ninguém. Mesmo que pareça trivial para uns, para mim foi muito esclarecedor. Ainda, aos colegas do Nordeste, Emanuel também me deu uma valiosa dica. Quando estávamos conversando sobre as frustrações da pós-graduação, eu disse que não sabia o que fazer, pois estudava por cerca de 14, 16 horas por dia e não conseguia ir bem nas provas. E ele me disse muito sabiamente, "então você está estudando do jeito errado". A partir daí minha primeira preocupação passou a ser com estratégia e objetivo de estudo, não só em cumprir determinada ementa de disciplina, fato que me fez aumentar e muito meu desempenho como aluno. Agradeço aos outros companheiros também, da pequena sala de estudos número 222, na qual passamos dias e noites a fio estudando e se ajudando

mutuamente.

Agradeço também aos colegas e professores do PPGDE/UFPR pelo acolhimento e participação na minha formação acadêmica e pessoal. Lá fiz grandes amizades também, como Bruno e João, colegas com quem aprendi bastante. Agradeço aos professores Maurício Bittencourt e Alexandre Porsse pelo empenho e dedicação ao programa de pós-graduação em economia da UFPR. Agradeço à professora Raquel, que quando estive doente e por isso não consegui realizar algumas atividades em um nível equivalente aos meus colegas, foi muito compreensível e me ajudou muito para que eu conseguisse terminar sua cadeira de economia do desenvolvimento, a qual ministrou com excelência. Gostaria também de agradecer às agências de fomento CNPQ e CAPES que me ajudaram cedendo bolsas de estudos durante minha estadia no PIMES e no PPGDE e deram suporte financeiro para que eu realizasse o sonho de concluir este doutorado em economia<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

*Ouço e me esqueço,  
vejo e me lembro,  
faço e aprendo"*  
*(Confúcio.)*



## RESUMO

Esta tese é composta por dois ensaios. O objetivo do primeiro ensaio foi identificar os efeitos sobre variáveis macroeconômicas agregadas de alterações na forma como se determina o salário a partir de um modelo DSGE de média escala. Mais precisamente, alterou-se a função objetivo de determinação dos salários por parte das famílias. Comparou-se entre especificar tal função considerando o nível de utilidade gerado pelo salário ou considerando o benefício marginal do salário. Isto causou mudanças importantes ao analisarmos efeitos de choques exógenos sobre o produto, consumo, emprego, investimento, taxa de inflação, salários, estoque de capital, taxa de juros e remuneração do capital. Os principais resultados deste ensaio apontam que as funções impulso-resposta mudam significativamente dependendo de como é feita a construção teórica do modelo. Estabelecer que as famílias se preocupam com a utilidade marginal que o salário proporciona, em vez do nível de utilidade que tal salário possibilita, impõe uma rigidez para baixo na trajetória dos salários após um choque tecnológico. Também houveram diferenças entre os modelos nas trajetórias de consumo e estoque de capital após um choque no *mark-up* dos salários.

O objetivo do segundo ensaio 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. Tal estoque de capital afeta 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 às variações na composição do estoque de capital total. Os principais resultados mostraram que, quando o imposto de ajuste fiscal aos choques 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 econômicos, são sensíveis às 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-chave:** Macroeconomia. Dinâmica. Rigidez. Salários. Investimento. Infraestrutura.

## ABSTRACT

This thesis is composed. The objective of the first essay was to identify the effects of changes in the way wage is determined on aggregate macroeconomic variables using a medium-scale DSGE model. More precisely, the wages objective function was altered. It was compared between specifying such a function considering the level of utility generated by the wages or considering the marginal utility that such wage provides. This has generated important changes in analyzing the effects of exogenous shocks on the economy and on the results of economic welfare. The main results of this essay point out that the impulse response functions change significantly depending on how the theoretical construction of the model is done. Establishing that households care about the marginal utility that wages provide, instead of the level of utility that such wages make possible, imposes a downward rigidity on the wage trajectory after a technological shock.

The objective of the second essay was to measure the effects of public and private investment in infrastructure on macroeconomic aggregates. We use a DSGE model with public capital stock and private capital. These make up the total capital stock of the economy that affects the marginal productivity of labour 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 as 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 well-being.

**Key-words:** Macroeconomics. Dynamics. Rigidity. Wages. Investment. Infrastructure.

# Lista de ilustrações

Figura 1.1 – Funções impulso-resposta para um choque na preferência dos consumidores ( $\eta_t^\beta$ ). . . . .	44
Figura 1.2 – Funções impulso-resposta para um choque na desutilidade marginal do trabalho ( $\eta_t^L$ ). . . . .	45
Figura 1.3 – Funções impulso-resposta para um choque no custo de ajustamento do investimento ( $\eta_t^I$ ). . . . .	46
Figura 1.4 – Funções impulso-resposta para um choque de ineficiência do mercado de trabalho ( $\eta_t^w$ ). . . . .	47
Figura 1.5 – Funções impulso-resposta para um choque de tecnologia de produção ( $\eta_t^a$ ). . . . .	48
Figura 1.6 – Funções impulso-resposta para um choque no <i>mark-up</i> dos preços ( $\eta_t^p$ ). . . . .	49
Figura 1.7 – Funções impulso-resposta para um choque nos gastos do governo ( $\eta_t^G$ ). . . . .	50
Figura 1.8 – Funções impulso-resposta para um choque na taxa de juros ( $\eta_t^R$ ). . . . .	51
Figura 1.9 – Funções impulso-resposta para um choque na meta de inflação ( $\eta_t^\pi$ ). . . . .	52
Figura 1.10 – Funções de autocorrelação . . . . .	55
Figura 2.1 – Funções impulso-resposta após um choque na tecnologia. . . . .	72
Figura 2.2 – Funções impulso-resposta após um choque nos gastos do governo. . . . .	73
Figura 2.3 – Funções impulso-resposta dos impostos após um choque na tecnologia e nos gastos do governo. . . . .	74
Figura 2.4 – Sensibilidade do nível de utilidade de estado estacionário em relação ao parâmetro $\gamma$ . . . . .	75
Figura 2.5 – Sensibilidade do nível de consumo de estado estacionário em relação ao parâmetro $\gamma$ . . . . .	76
Figura 2.6 – Sensibilidade do nível de produto de estado estacionário em relação ao parâmetro $\gamma$ . . . . .	76
Figura 2.7 – Análise de Sensibilidade das trajetórias do produto . . . . .	77
Figura 2.8 – Análise das trajetórias da Utilidade. . . . .	78

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Diferença entre os desvio-padrão das funções impulso-resposta dos dois modelos para cada variável e choque - em percentual (%) . . . . .	53
Tabela 2 – Valores de estado estacionário para os modelos de Smets e Wouters (2003) e Klima et al. (2015). . . . .	54

# Sumário

	Introdução à Tese . . . . .	14
I	<b>ENSAIO 1º - ACESSANDO ASPECTOS REAIS DA RIGIDEZ DE SALÁRIOS EM UM MODELO DSGE</b>	<b>16</b>
1	<b>ACESSANDO ASPECTOS REAIS DA RIGIDEZ DE SALÁRIOS EM UM MODELO DSGE . . . . .</b>	<b>17</b>
1.1	Introdução . . . . .	17
1.2	Rigidez de Salários: Uma breve revisão de literatura . . . . .	18
1.3	O Modelo . . . . .	23
1.3.1	Famílias . . . . .	25
1.3.2	Firmas . . . . .	34
1.3.3	Autoridades fiscal e monetária . . . . .	40
1.4	Condições para o equilíbrio dos mercados . . . . .	41
1.5	Análise dos resultados . . . . .	42
1.5.1	Funções impulso-resposta . . . . .	42
1.5.2	Estado Estacionário . . . . .	54
1.5.3	Autocorrelações . . . . .	55
1.6	Conclusão . . . . .	56
II	<b>ENSAIO 2º - INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA E IMPOSTOS DISTORCIVOS: EFEITOS DE POLÍTICA FISCAL USANDO UM MODELO MICROFUNDAMENTADO</b>	<b>58</b>
2	<b>INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA E IMPOSTOS DISTORCIVOS . . . . .</b>	<b>59</b>
2.1	Introdução . . . . .	59
2.2	Revisão de literatura . . . . .	62
2.3	O modelo teórico . . . . .	65
2.3.1	Consumidores . . . . .	66
2.3.1.1	Condições de primeira ordem: Consumidores . . . . .	67
2.3.2	Firmas . . . . .	67
2.3.2.1	Condições de primeira ordem: Firmas . . . . .	68
2.3.3	Governo . . . . .	68

2.3.4	Equilíbrio . . . . .	69
2.3.5	Definição dos parâmetros . . . . .	69
2.4	Resultados . . . . .	70
2.4.1	Funções impulso-resposta . . . . .	71
2.4.2	Análise de sensibilidade das variáveis em estado estacionário . . . . .	74
2.4.3	Análise de sensibilidade das trajetórias . . . . .	77
2.5	Conclusão . . . . .	79
	Considerações Finais . . . . .	81
	REFERÊNCIAS . . . . .	83

# Introdução à Tese

O papel do economista na sociedade se torna mais evidente quando a economia enfrenta uma recessão econômica. Os outros atores da sociedade esperam de nós, a solução para esse período de retrocesso. Dentre os diversos campos em que o cientista econômico pode atuar, a sugestão de uma política macroeconômica eficaz é um dos desafios a serem superados. Neste sentido, os dois ensaios apresentados têm o objetivo de fortalecer um método bastante utilizado para este fim.

Os modelos macroeconômicos de equilíbrio geral dinâmico estocástico têm, entre suas funções, a capacidade de testar quais as consequências para a economia ao ocorrerem choques exógenos. Estes choques podem ser de tecnologia, de gastos do governo ou de taxa de juros, por exemplo. Esclarecer como a construção de tais modelos afetam seus resultados e como alterações em determinadas funções ou parâmetros mudam o impacto destes choques, cria uma ferramenta mais segura para a formulação de políticas econômicas.

Esta Tese divide-se em dois ensaios. O primeiro ensaio apresentado buscou abordar a questão da rigidez salarial em um modelo em que o salário é determinado pelas famílias em um ambiente de concorrência monopolística. As famílias ofertam trabalho diferenciado. Uma agência de emprego agrega estes trabalhos e o transforma em um trabalho homogêneo. Com isso, as firmas contratam trabalho desta agência de emprego e tomam os salários como exógenos, escolhendo apenas a quantidade demandada de trabalho. Para contribuir com a literatura deste tema, comparou-se duas especificações na forma em que as famílias escolhem seu salário ótimo.

Esta comparação se deu por suposições diferentes na forma como a função objetivo da determinação dos salários é construída. Em um primeiro modelo, as famílias olham para o nível de utilidade que o salário proporciona ao determinarem seus salários. No outro modelo, as famílias levam em conta o benefício marginal do salário. Esta mudança alterou os impactos dos choques exógenos de tecnologia, desutilidade do trabalho e taxa de juros sobre as trajetórias do produto, consumo, investimento e oferta de trabalho. Além disso, os choques sobre o *mark-up* de salários apresentou efeitos diferentes nos dois modelos, principalmente sobre as trajetórias do consumo e acumulação de capital.

Este fato trouxe à tona que, ao formular uma política econômica, a suposição da forma de determinação dos salários afeta diretamente os resultados de políticas econômicas. Portanto, estas políticas devem estar de acordo com o que se observa nos dados de uma economia alvo. Uma formulação inadequada à realidade estudada, pode trazer efeitos inesperados de uma política econômica e afetar significativamente a eficácia de tal instrumento.

O segundo ensaio, apesar de uma estrutura diferente, teve uma finalidade semelhante. Ele mostrou como a mudança de uma estrutura afeta os resultados de choques exógenos sobre uma economia. Neste caso, a alteração na estrutura do modelo foi a de incorporar investimento público em infraestrutura e incluir um estoque de capital total que afeta tanto a produtividade marginal do trabalho quanto a utilidade marginal do lazer. Além disso, testou-se como a composição deste estoque de capital afeta a trajetória e nível de longo prazo das variáveis. Para isso, realizou-se choques de gastos do governo e choques de tecnologia.

Também foi feito um exercício de comparação. Primeiro, permitiu-se que o imposto não distorcivo reagisse como ajuste fiscal após os choques. Depois, a variável de ajuste foi o imposto sobre o consumo. Este ensaio encontrou que quando a variável de ajuste fiscal em resposta ao choque é o imposto sobre o consumo, os efeitos de choques exógenos sobre consumo e bem-estar são mais acentuados. Além disso, um choque de gastos do governo causa contração econômica e redução do bem-estar. Encontrou-se também que, uma maior proporção de capital privado no estoque de capital total da economia é benéfica para as trajetórias do produto, consumo e bem-estar econômico.



## Parte I

**Ensaio 1<sup>o</sup> - Acessando aspectos reais da rigidez de salários em um modelo DSGE**

# 1 Acessando aspectos reais da rigidez de salários em um modelo DSGE

## 1.1 Introdução

A macroeconomia se torna mais evidente na sociedade quando a economia enfrenta uma recessão. Neste contexto, algumas questões são levantadas e a responsabilidade de resposta é do economista. Dentre tais questionamentos, indaga-se a respeito de qual deve ser a política econômica a ser adotada. Entre as opções, políticas de mercado de trabalho que modificam a dinâmica dos salários podem ser desenvolvidas.

Em períodos de retração econômica, os formuladores de política se deparam com o seguinte dilema: adotar estratégias de flexibilização do salário, permitindo que o nível salarial diminua em períodos de recessão ou manter o poder de compra das famílias, não permitindo que o nível médio dos salários siga na mesma direção do ciclo econômico. A justificativa para uma política de flexibilização salarial é que, ao se permitir que o salário diminua em um período recessivo, a demanda por trabalho aumentaria, fato que reduziria o desemprego e aumentaria a renda agregada. Isto faria com que a economia retornasse ao seu estado de equilíbrio.

Entretanto, os efeitos da flexibilização salarial na economia dependem da regra de política econômica adotada pela autoridade monetária e dependem também da intensidade com que o banco central responde à inflação (GALÍ; MONACELLI, 2016). Além disso, se a flexibilidade salarial pode reduzir o desemprego em um período recessivo, sua volatilidade excessiva pode reduzir o bem-estar econômico dado o contexto de incerteza gerado pela volatilidade salarial oriunda da flexibilização (GALÍ; MONACELLI, 2016). Com esse efeito ambíguo, o benefício de uma política de flexibilização salarial pode ser obsoleto devido ao efeito negativo da volatilidade de salários sobre o bem-estar econômico.

O objetivo deste ensaio foi mensurar os efeitos sobre a dinâmica salarial quando se muda a estrutura de determinação dos salários. Observou-se os efeitos de tal mudança estrutural sobre variáveis macroeconômicas como, produto, consumo, emprego, investimento, taxa de inflação, salários, estoque de capital, taxa de juros e remuneração do capital. A partir do modelo proposto por Smets e Wouters (2003), testou-se como uma modificação na função objetivo das famílias altera os efeitos de políticas econômicas sobre as variáveis macroeconômicas e sobre o bem-estar. Este artigo contribui com a literatura de estudos macroeconômicos ao comparar os resultados de choques exógenos sobre as funções impulso resposta de dois modelos diferentes.

O primeiro modelo segue a estrutura apresentada em Smets e Wouters (2003).

Neste modelo, as famílias determinam seu salário com o objetivo de maximizar a utilidade do consumo proporcionado pelo nível de utilidade proporcionado pelo salário. O segundo modelo, proposto por [Klima et al. \(2015\)](#), estabelece que as famílias determinam um salário considerando o benefício marginal que o salário lhes possibilita.

A partir disso, pode-se comparar estes resultados auferidos com o modelo de [Smets e Wouters \(2003\)](#) com os resultados do modelo de [Klima et al. \(2015\)](#). Identificou-se diferenças nos efeitos de choques exógenos dadas as diferenças de especificações de determinação de salários dos dois modelos. Quando se altera esta estrutura, uma mesma política gera trajetórias diferentes sobre os agregados econômicos. Isso modifica os resultados de políticas econômicas e suas consequências para o bem-estar da economia. Com base nos resultados deste ensaio, pode-se observar que no modelo de [Klima et al. \(2015\)](#), os salários apresentaram uma rigidez para baixo após um choque tecnológico. Também houveram efeitos sobre o consumo e estoque de capital após um choque de *mark-up* de salários. Ambos resultados apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os dois modelos.

Os resultados mostraram que a forma como se determina o comportamento dos agentes impacta nos efeitos de choques sobre a trajetória das variáveis macroeconômicas. O modelo de ([SMETS; WOUTERS, 2003](#)), em geral, gera uma maior volatilidade nas trajetórias das variáveis, uma maior sensibilidade aos choques e uma maior persistência dos efeitos destes choques. Cabe destaque o efeito da alteração do modelo sobre a trajetória de salários, quando a economia sofre um choque tecnológico e sobre a trajetória do consumo e acumulação de capital quando ocorre um choque no *mark-up* dos salários.

Mostrar a diferença dos efeitos da mesma política sobre cada um dos modelos torna possível que o formulador de políticas possa auferir resultados mais confiáveis. Assim, ele pode adequar seu modelo conforme a estrutura que represente melhor seu objeto de estudo. Por exemplo, no caso específico da formulação do problema de determinação dos salários apresentado neste ensaio, os efeitos de um choque tecnológico sobre o nível de salários difere substancialmente entre os dois modelos, pelo menos a curto prazo. Caso a especificação da função objetivo não seja adequada, os resultados de uma simulação de efeitos de políticas sobre a economia ficam comprometidos.

## 1.2 Rigidez de Salários: Uma breve revisão de literatura

A rigidez de salários tem uma grande influência no comportamento de efeitos de choques sobre as variáveis econômicas agregadas, tanto em modelos para economia fechada, quanto em modelos para economia aberta. [Gali \(2013\)](#) discute o papel dos salários na determinação do emprego por meio de um modelo Novo-Keynesiano. Para isso, o autor usou os argumentos contidos na *Teoria Geral* de Keynes. Suas conclusões apontam que a regra

de política monetária serve para moldar a relação entre salários e emprego e determinar o impacto no bem-estar de se flexibilizar os salários. Gali (2013) comparou o efeito de choques tecnológicos na relação salário emprego em uma estrutura de modelo clássica, em que salário é igual à produtividade marginal, com uma estrutura Novo-Keynesiana inspirada na *Teoria Geral*. Sendo que nesta última, dado um choque tecnológico, o salário real só aumentaria se a demanda agregada aumentar em consequência deste choque, o que por sua vez, teria um efeito positivo sobre o emprego e conseqüentemente sobre o salário real. Nesta visão, caso a demanda não respondesse pelo menos proporcionalmente ao choque tecnológico, a demanda por trabalho diminuiria, já que tal choque implica que a economia possa produzir o mesmo produto usando uma menor quantidade de trabalho.

Christiano, Eichenbaum e Evans (2005) apresentam evidências de que a rigidez de salário possui um papel determinante na explicação dos efeitos de política monetária em um modelo DSGE, enquanto a rigidez de preços têm um papel secundário. Este argumento pode contribuir na explicação da persistência inflacionária, mesmo após uma política monetária restritiva. Quando os salários são rígidos, uma queda na taxa de juros não têm efeito relevante sobre o salário nominal, o que explica a persistência do produto e da taxa de inflação. Portanto, esta evidência nos leva a crer que somente quando os efeitos restritivos da política monetária afetam o nível de emprego, aumentando o desemprego e com isso reduzindo a massa de salário agregado da economia, é que o consumo e produto diminuem causando uma queda da taxa de inflação. Portanto, sob certas circunstâncias, um choque tecnológico aumenta o produto e o salário real da economia, mas tem efeitos negativos sobre o emprego e a inflação. Neste caso, a regra de política monetária seguida pela autoridade monetária não aumenta a demanda agregada o suficiente para evitar a queda no emprego (SMETS; WOUTERS, 2003; SMETS; WOUTERS, 2007).

Gali (2013) estudou, por meio de seu modelo Novo-Keynesiano, se a flexibilização do salário é um fator de estabilização macroeconômica, no sentido de manter o emprego sob controle. Para isso o autor buscou responder a seguinte pergunta: Qual o impacto de uma maior flexibilização dos salários sobre a volatilidade do emprego e sobre o bem-estar? O autor encontrou que a contribuição da volatilidade da inflação de salários é não-monotônica, independente da força da política monetária realizada. Ocorrem ganhos de bem-estar com maior flexibilidade, mas perdas de bem-estar devido à maior volatilidade. Uma maior flexibilidade dos salários implica em uma maior volatilidade na inflação dos salários, tornando a estabilização da inflação de preços mais custosa em termos de volatilidade do emprego. Além disso, afirma o autor, se o banco central seguir um regra de Taylor, uma maior flexibilização de salários nem sempre é uma boa política, na perspectiva do bem-estar da economia.

Em economias cuja política monetária se baseia fortemente em perseguir uma meta de inflação, uma maior flexibilidade de salários tende a proporcionar maior bem-estar. Entretanto, em uma economia aberta com forte âncora cambial, uma maior flexibilidade

de salários tende a reduzir o bem-estar da economia (GALÍ; MONACELLI, 2016). A ideia de que uma redução nos salários pode amenizar os efeitos negativos de uma recessão sobre o desemprego é bastante difundida na discussão de políticas econômicas. Por isso, quando ocorre um choque negativo na economia, uma das sugestões que emergem é a flexibilização dos salários ou outras questões de mercado de trabalho, entre elas: a desburocratização de contratações e flexibilização de leis trabalhistas e a redução de impostos sobre o setor. Porém, Galí e Monacelli (2016) mostraram que os efeitos da flexibilização dos salários, principalmente sobre o bem-estar econômico, dependem da regra de política monetária em vigência e da força da resposta sistemática do Banco Central à inflação, este mecanismo foi chamado pelos autores de "canal de política endógeno".

Galí e Monacelli (2016) apresentam os aspectos teóricos do efeito de choques de demanda, tanto em uma estrutura clássica, quanto em uma estrutura Novo-Keynesiana. Para os autores, em um modelo clássico, uma mudança no salário real afeta diretamente a quantidade de trabalho demandada pelas firmas. Em uma estrutura Novo-Keynesiana, os autores argumentam que a quantidade de trabalho contratada, no curto prazo e para uma dada tecnologia, é determinada pela quantidade de produto que as firmas desejam produzir, fato que depende da demanda agregada. Portanto, em uma economia fechada, uma mudança nos salários afetaria o emprego pelo seu impacto sobre os custos marginais, inflação e taxa de juros (real e nominal). Estes acontecimentos, por sua vez, impactam o consumo e outros componentes da demanda agregada sensíveis à taxa de juros.

Outra forma em que os salários podem afetar o emprego em uma estrutura Novo-Keynesiana de economia aberta é denominada por Galí e Monacelli (2016) de "canal de competitividade". Este canal narra o fato de que a queda nos custos marginais e nos preços, devido à abertura comercial, tornam as firmas competitivas em relação às suas concorrentes estrangeiras. Isto acontece, pois a flexibilidade dos salários faz o papel da flexibilidade da taxa de câmbio em uma estrutura de união monetária ou âncora cambial. Na ocorrência de um choque negativo, o canal de competitividade permite que uma redução nos salários domésticos leve a uma depreciação dos termos de troca, o que contribui para a estabilização da demanda agregada, produto e emprego.

Barattieri, Basu e Gottschalk (2014) iniciam seu trabalho apresentando a intuição keynesiana sobre o efeito de política monetária. Eles afirmam que, conforme a teoria keynesiana, se assumirmos que os salários nominais sejam rígidos, estaremos assumindo também que uma política monetária expansionista reduziria os salários reais e aumentaria o emprego e o produto. Galí e Monacelli (2016) e Christiano, Eichenbaum e Evans (2005) afirmam que a rigidez nominal dos salários é mais importante do que a rigidez nominal de preços para explicar a dinâmica dos efeitos de política monetária. Barattieri, Basu e Gottschalk (2014) enfatizam a escassez de estimações usando microdados para a medida da probabilidade da mudança dos salários nominais. Por isso, os autores estimaram a frequência do ajuste dos salários nominais para a economia americana. Eles mostraram

que o nível de rigidez importa para que os modelos macroeconômicos mimetizem os fatos estilizados de que os choques monetários causam mudanças persistentes no produto real e mudanças pequenas mas persistentes nos preços, sem assumir que os salários pré-estabelecidos sejam automaticamente indexados à inflação passada.

Barattieri, Basu e Gottschalk (2014) mostraram que, para a economia americana, a frequência de ajustamento dos salários não mostra nenhum padrão mensal ou sazonal significante. Além disso, também encontraram uma heterogeneidade na frequência com que a indústria americana ajusta seus salários. Descobriram também uma forte assimetria na mudança dos salários que encontra forte rigidez para baixo dos salários ao investigarem microdados. Os autores concluem que ao nível de microdados, o padrão de mudanças dos salários parecem se adequar melhor com o modelo de contratos escalonados de Taylor do que o modelo de probabilidade de re-otimização de Calvo. Além disso, o nível de rigidez salarial varia consideravelmente entre países, portanto este fenômeno está fortemente relacionado às características econômicas, políticas e sociais de cada país estudado e mesmo dentro de um país em períodos de tempo diferentes (DICKENS et al., 2006).

Bhattarai, Eggertsson e Schoenle (2014) investigaram as implicações de um aumento na flexibilidade de preços sobre a volatilidade do produto. Para isso usaram um modelo DSGE e mostraram analiticamente que uma maior flexibilidade dos preços sempre amplifica a volatilidade do produto quando ocorrem choques de oferta e de demanda se a política monetária não responde fortemente à inflação. Para estes autores, uma maior flexibilidade de preços também reduz o bem-estar, mesmo quando a política monetária ótima é completamente eficiente. Os autores estimaram um modelo DSGE de média escala. Encontraram que se os preços e salários são completamente flexíveis, o desvio-padrão do crescimento do produto anual mais que dobra.

Bondestein e Zhao (2017) estudaram uma política monetária ótima quando as evidências empíricas deixam o formulador de política econômica em dúvida se o verdadeiro processo gerador de dados é dado por um modelo de salários rígidos ou um modelo de fricções de *search and matching* no mercado de trabalho. A menos que o formulador de política seja quase certo de que o modelo de *search and matching* seja o processo gerador de dados correto, ele escolhe estabilizar a inflação dos salários às custas da inflação de preços. Esta é uma política semelhante à política ótima no modelo de salários rígidos, independente de qual seja o modelo (BONDESTEIN; ZHAO, 2017). Os resultados dos autores refletem a grande sensibilidade da perda de bem-estar aos desvios da política ótima em um modelo de salários rígidos. Concluem que incertezas sobre aspectos importantes da estrutura da economia não necessariamente se traduzem em incerteza sobre as características da boa política monetária.

Fernández-Villaverde (2016) tratou da questão do salário mínimo e investigou quais seriam seus efeitos sobre o emprego. Ele analisou dados para os Estados Unidos

e a literatura deste tema. Encontrou que a ideia que preponderou por maior parte do tempo foi a de que uma política de salário mínimo gera desemprego, principalmente na camada de mão-de-obra de menor rendimento. Porém, apresentou algumas evidências de efeito contrário, argumentando que em alguns casos encontrou-se evidências de aumento de emprego após uma política de salário mínimo. Entretanto, após um aprofundamento no assunto, percebeu, ao consultar a literatura, que esta evidência inesperada poderia ser causa de um modelo econométrico mal especificado. Mesmo assim, [Fernández-Villaverde \(2016\)](#) ressalta que ainda pairam na ciência econômica dúvidas sobre os reais efeitos do salário mínimo, tanto no curto quanto no longo prazo, e que o formulador de política econômica deve tratar esta questão com muito cuidado e sem se apoiar em conceitos estabelecidos por senso comum.

[Mineyama \(2018\)](#) desenvolveu um modelo novokeynesiano com trabalhadores heterogêneos cuja determinação de salários nominais estão sujeitas à rigidez para baixo. Esta heterogeneidade se deu na forma de que uma parcela dos trabalhadores possuem rigidez para baixo em seu salário nominal, enquanto outra parcela dos trabalhadores possuem salários flexíveis. Usou seu modelo para lidar com o problema da dinâmica inflacionária observada durante a Grande Recessão após a crise de 2008 e 2009. Seu modelo também contém rigidez de preços. Durante este período, observou-se na economia americana a ausência de deflação durante esta recessão e a excessiva desinflação após o período de crise. O autor demonstrou que a rigidez nominal para baixo dos salários cria um limite inferior que varia no tempo entre o hiato do produto e o custo marginal de produzir uma unidade do produto. Este fato, conforme o autor, torna a curva de Phillips mais achatada durante as recessões. A evolução endógena da distribuição dos salários entre setores causa várias dimensões de não-linearidades nos dados. Intuitivamente, a rigidez dos salários nominais evita que o salário real e portanto o custo marginal das firmas se reduza após um choque contracionista. Além disso, a presença do limite inferior zero da taxa de juros nominal reforça estas não-linearidades. [Mineyama \(2018\)](#) calibra seu modelo para corresponder à distribuição de salários nos Estados Unidos e encontrou que seu modelo reproduz quantitativamente a dinâmica de inflação durante e após a Grande Recessão.

[Schmitt-Grohé e Uribe \(2016\)](#) afirmam que uma curva de Phillips de longo prazo com inclinação ascendente devido à rigidez para baixo dos salários nominais em conjunto com o limite inferior zero da taxa nominal de juros é a causa por trás da recuperação sem geração de emprego da economia americana após a Grande Recessão. Estes autores desenvolveram um modelo DSGE de economia aberta e pequena e encontraram que a rigidez para baixo dos salários nominais é a causa fundamental para a alta taxa de desemprego na zona do euro nos anos recentes.

[Kim \(2017\)](#) construiu um modelo DSGE de economia pequena e aberta para investigar os efeitos de contratos heterogêneos de salários entre trabalhadores regulares e temporários sobre a volatilidade macroeconômica em uma economia financeiramente frágil.



A condições de mercado financeiro incompleto é capturada por um custo de ajustamento quadrático em emprestar ativos estrangeiros e a fricção é capturada por um processo de barganha de Nash que somente é disponível para os trabalhadores regulares quando eles negociam seus salários com as empresas. Os trabalhadores temporários têm seu salário determinado na forma de igualdade com o custo marginal. Como resultado de um impulso-resposta à um choque de produtividade doméstica, quanto maior a elasticidade de substituição entre os dois tipos de trabalhadores e menor o peso sobre os trabalhadores regulares no processo produtivo da firma, maior é a volatilidade na maioria das variáveis. Isto é justificado, conforme o autor, pelo fato de que uma maior substitutibilidade cria um processo de determinação de salários mais volátil, enquanto uma menor participação de trabalhadores regulares enfraquece seu poder de barganha de Nash no processo de formulação dos contratos.

Inicialmente, a formulação do mercado de trabalho nos modelos DSGE buscaram flexibilizar a suposição inicial de que os salários refletem diretamente a produtividade marginal do trabalhador. Para isto, usou-se modelos de *search and matching*, modelos de contratos escalonados ou modelos construídos conforme o mecanismo de Calvo. Recentemente, a preocupação é a inclusão da rigidez para baixo dos salários nominais (DNWR) nos modelos. Dada a constatação da influência da rigidez de salário nominal sobre os efeitos de políticas econômicas, o caminho natural foi o de buscar evidência nos microdados sobre o comportamento do mercado de trabalho. Com isso, os resultados dos modelos ficam melhor alinhados aos fatos estilizados observados empiricamente.

Na literatura, a questão da rigidez nominal para baixo dos salários e das diversas formas de se incorporá-la aos modelos têm sido o objeto de estudo. O ensaio exposto aqui, adiciona a esta discussão um fato até então não foi discutido com profundidade. Além das formas de incorporar a rigidez salarial já citadas, a forma como se determina a função objetivo dos salários também gera uma rigidez de salários. Como foi detalhado no decorrer do artigo, considerar que a família determina seu salário levando em consideração a utilidade marginal que o salário proporciona, em vez do nível de utilidade gerada pelo mesmo salário, faz com que, após um choque tecnológico, os salários apresentem uma rigidez para baixo. O modelo e as simulações que demonstram tal resultados são apresentados nas próximas seções.

### 1.3 O Modelo

O modelo deste ensaio segue uma estrutura convencional dos modelos DSGE de economia fechada. As famílias escolhem as quantidades de demanda por produtos e de oferta de trabalho que maximizam sua utilidade intertemporal. As famílias são detentoras dos bens de capital e o alugam para as firmas. No mercado de trabalho, uma agência de emprego contrata o trabalho diferenciado, ofertado pelas famílias, tomando o salário como



dados. Os salários são determinados pelas famílias em um esquema do tipo Calvo com indexação nominal. As famílias são proprietárias das firmas e maximizam a riqueza dos acionistas. O sistema produtivo é dividido em produção de bens intermediários (insumos) e bens finais. As autoridades fiscal e monetária completam o modelo. A autoridade fiscal cobra um imposto não distorcivo e realiza gastos de forma exógena. O banco central determina a taxa de juros por meio de uma regra de Taylor expandida.

Este modelo possui algumas características apropriadas para mimetizar o comportamento de dados empíricos, entre elas, a formação de hábitos de consumo, custo de utilização do capital, custo de ajustamento do investimento e determinação de preços de produtos finais e salários em uma estrutura do tipo Calvo.

O cerne deste ensaio é a forma como se especifica a determinação dos salários. O objetivo foi comparar os efeitos de duas especificações diferentes do problema de determinação dos salários. Quando se altera a estrutura de um problema de otimização, os efeitos de choques exógenos sobre as variáveis de interesse do modelo se alteram. Comparar duas especificações de determinação de salários diferentes esclarece quais são as mudanças e que tipo de comportamento está associado a esta mudança. Apesar de parecer óbvio que duas funções diferentes vão proporcionar efeitos diferentes nas funções impulso resposta, medir a magnitude deste efeito e qual a direção das alterações sobre os efeitos de choques só é possível após o exercício de simulação dos modelos e comparação de seus resultados.

Por isso, este ensaio propõe a comparação do modelo apresentado por [Klima et al. \(2015\)](#) com o modelo desenvolvido por [Smets e Wouters \(2003\)](#). No modelo de [Klima et al. \(2015\)](#), as famílias escolhem o seu salário ótimos considerando o benefício marginal do salário recebido. No modelo de [Smets e Wouters \(2003\)](#), as famílias escolhem um salário considerando o nível de utilidade que o salário lhes proporciona.

Inicialmente, considerou-se que as famílias escolhem um salário que maximiza sua utilidade, levando em conta o nível de utilidade gerado por aquele salário (modelo de [\(SMETS; WOUTERS, 2003\)](#)), conforme a equação 1.13. Este modelo foi utilizado para o compararmos com a especificação apresentado por [Klima et al. \(2015\)](#).

Na estrutura de determinação de salários abordada neste ensaio, os efeitos de choques mostram um comportamento sinuoso, diferente da trajetória mais bem comportada observada em modelos com formulações pautadas em hipóteses diferentes como a especificação apresentada por [Klima et al. \(2015\)](#). Estes e outros detalhes sobre os efeitos de choques sobre as variáveis de interesse podem ser observados na seção que trata dos resultados.

### 1.3.1 Famílias

#### O problema do consumidor.

Neste modelo consideramos que a economia seja composta por um *continuum* de famílias indexadas por  $i \in [0, 1]$  que vivem infinitamente e podem ser representadas pela mesma função utilidade. Estas famílias maximizam sua utilidade esperada ao longo do tempo  $U_t(i) = E_t[\sum_{\tau=0}^{\infty} \beta^\tau u_{t+\tau}(i)]$ , onde  $\beta$  é o fator de desconto e  $u_t$  é a utilidade instantânea. O objetivo do consumidor pode ser reescrito na sua forma recursiva:

$$U_t(i) = u_t(i) + \beta E_t[U_{t+1}(i)]. \quad (1.1)$$

A função utilidade  $u$  é separável em consumo  $C$  e trabalho  $L$  e possui a seguinte forma:

$$u_t(i) = \varepsilon_t^\beta \left( \frac{1}{1 - \sigma_c} (C_t(i) - H_t)^{1 - \sigma_c} - \frac{\omega \varepsilon_t^L}{1 + \sigma_l} (L_t(i))^{1 + \sigma_l} \right), \quad (1.2)$$

sendo que o hábito externo de consumo é dado por  $H_t = hC_{t-1}$ , em que  $h$  é a intensidade da formação de hábito. A função utilidade é crescente na diferença entre o consumo corrente e a média do consumo da economia no período anterior.  $\omega$  é o parâmetro de desutilidade do trabalho,  $\sigma_c$  representa o coeficiente de aversão relativa ao risco e  $\sigma_l$  é o recíproco da elasticidade do trabalho em relação ao salário. A função utilidade instantânea da família pode ser afetada por dois tipos de choques de preferências:  $\varepsilon_t^\beta$  que é um choque no fator de desconto e influencia na elasticidade de substituição intertemporal, enquanto  $\varepsilon_t^L$  representa um choque na oferta de trabalho. Os dois choques seguem um processo autorregressivo de primeira ordem com inovações independentes e identicamente distribuídas (i.i.d.):

$$\begin{aligned} \log \varepsilon_t^\beta &= \rho_\beta \log \varepsilon_{t-1} + \eta_t^b, \\ \log \varepsilon_t^L &= \rho_L \log \varepsilon_{t-1}^L + \eta_t^L. \end{aligned}$$

Assume-se no modelo que um choque positivo na oferta de trabalho reduz a utilidade instantânea das famílias, pois este choque aumenta a desutilidade do trabalho para um dado nível de oferta de trabalho. Com isso temos que  $\frac{\partial u_t(i)}{\partial \eta_t^L} < 0$ . Portanto, um choque de oferta de trabalho representa um choque de desutilidade do nível de trabalho ofertado. Isto significa que, após um choque (de sinal positivo) em  $\eta_L$ , o indivíduo sente uma maior desutilidade para uma mesma quantidade de trabalho ofertada. No problema de determinação dos salários os efeitos de choques de oferta de trabalho seguem o mesmo padrão e possuem a mesma interpretação.

Este problema é resolvido sujeito à uma restrição orçamentária enfrentada pelas famílias e uma equação de transição para o estoque de capital de propriedade das famílias. A restrição orçamentária das famílias possui a seguinte forma:

$$\begin{aligned} C_t(i) + I_t(i) + \frac{B_t(i)}{R_t} &= [W_t(i)L_t(i) + A_t(i)] + [r_t^k z_t(i)K_{t-1}(i) - \Psi(z_t(i))K_{t-1}(i)] + \\ &Div_t(i) + \frac{B_{t-1}(i)}{\pi_t} - T_t \end{aligned} \quad (1.3)$$

Nesta restrição orçamentária, o salário real  $W_t(i)$  é obtido para cada hora de trabalho ofertada  $L_t(i)$ . Transferências de renda  $A_t(i)$  são realizadas a fim de garantir que os salários sejam igualmente distribuídos entre todas as famílias, sendo assim  $\int A_t(i)di = 0$  em cada período. Isto faz com que a renda  $[W_t(i)L_t(i) + A_t(i)]$  e a utilidade marginal da riqueza sejam iguais entre todos os diferentes tipos de famílias (CHRISTIANO; EICHENBAUM; EVANS, 2005; SMETS; WOUTERS, 2003). Já que o problema descrito é enfrentado por uma família representativa, o fluxo líquido de recursos originados da transferência de renda é igual a zero (KLIMA et al., 2015). O multiplicador de Lagrange associado a esta restrição é  $\lambda_t$ .

O retorno sobre o capital utilizado  $r_t^k z_t(i)$  é descontado pelo custo associado ao nível de utilização do capital  $\Psi(z_t(i))$ . O estoque de capital corrente ofertado pelas famílias é determinado pelo estoque de capital do período anterior  $K_{t-1}(i)$  e pelo nível de utilização de capacidade instalada  $z_t(i)$ .  $Div_t(i)$  são os dividendos pagos pelas firmas,  $\frac{B_{t-1}(i)}{\pi_t}$  são os rendimentos reais de títulos comprados no período anterior e compõe a renda no período corrente.  $\pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$  é a taxa de inflação. A renda disponível é dada após o governo descontar um imposto *lump-sum*,  $T_t$ .

O custo da utilização de capital  $\Psi$  é estritamente crescente,  $\Psi' > 0$ , convexo,  $\Psi'' > 0$  e  $\Psi(1) = 0$ . Esta última igualdade significa que, quando  $z_t(i) = 1$ , a família  $i$  usa todo o seu capital, portanto não necessita alugar capital de outras famílias. Caso  $z_t(i) > 1$ , a família  $i$  está usando um nível de capital maior que seu próprio estoque, portanto arca com o custo de utilização do capital excedente alugado de outras famílias. No caso em que  $z_t(i) < 1$ , a família  $i$  não utiliza todo o seu capital, podendo alugar para outras famílias e obter rendimento sobre este montante de capital não utilizado. A forma adotada para  $\Psi$  segue Adjemian, Pariès e Moyen (2007) e Klima et al. (2015):

$$\Psi(z_t) = \frac{\bar{r}^k}{\psi} (e^{\psi(z_t-1)} - 1), \quad (1.4)$$

em que  $\bar{r}^k$  é o nível de estado estacionário do retorno sobre o capital e  $\psi$  é um parâmetro de escala.

As famílias alugam seu capital para os produtores à uma taxa  $r_t^k$  definida em um mercado perfeitamente competitivo. Caso desejem aumentar seus rendimentos de capital, os indivíduos podem intensificar sua utilização de capital disponível ou investir, sendo que estas duas operações geram um custo.

As famílias gastam sua renda do trabalho e riqueza financeira em consumo  $C_t(i)$ , investimento  $I_t(i)$  e compra de títulos de um período com custo de  $\frac{B_t(i)}{R_t}$ . Portanto, a família que compra este título recebe  $\frac{B_t(i)}{\pi_{t+1}}$  no período seguinte (KLIMA et al., 2015). Esta especificação é uma forma de enfatizar que a taxa de juros que a família recebe é a taxa de juros vigente no período de compra do título.

A equação de transição do capital é:

$$K_t(i) = (1 - \delta)K_{t-1}(i) + \left[ 1 - S\left(\varepsilon_t^I \frac{I_t(i)}{I_{t-1}(i)}\right) \right] I_t(i), \quad (1.5)$$

em que  $\delta$  é a taxa de depreciação do capital e  $I_t$  é o investimento bruto. Esta equação demonstra que mudanças no investimento geram custos adicionais. A função de custo de ajustamento para o investimento  $S(\cdot)$  é positiva e sua derivada primeira é igual a zero no estado estacionário, ou seja,  $S(x) > 0$  para todo  $x \neq 0$ ,  $S(1) = 0$  e  $S'(1) = 0$ . Esta última igualdade significa que os custos de ajustamento em torno do estado estacionário dependem somente da derivada de segunda ordem (CHRISTIANO; EICHENBAUM; EVANS, 2005; SMETS; WOUTERS, 2003). O multiplicador de Lagrange associado a esta restrição é  $q_t$ . A forma da função custo de ajustamento do investimento é:

$$S(x) = \frac{\varphi}{2}(x - 1)^2, \quad (1.6)$$

em que  $\varphi$  é um parâmetro de escala. Por fim, o *q de Tobin*, representado por  $Q$ , é definido como a razão entre os multiplicadores de Lagrange das restrições (1.3) e (1.5).

$$Q_t = \frac{\lambda_t}{q_t}.$$

A oferta de trabalho não aparece no problema do consumidor como variável de controle porque as famílias ofertam um trabalho diferenciado, o que lhes proporciona poder de monopólio. Isto faz com que as famílias decidam seu próprio salário. Portanto, a variável de decisão agora é  $W_t(i)$  em vez da quantidade ofertada de trabalho.

Em uma economia sem rigidez salarial, os salários podem ser determinados livremente. Entretanto, numa estrutura tipo Calvo (1983) para determinação de salários, a família escolhe seu salário a cada período e o tempo entre duas atualizações de salário é aleatório. O mercado de trabalho com concorrência monopolística e as regras de determinação dos salários conforme a regra de Calvo (1983) são descritos a seguir.

### Estrutura do mercado de trabalho

Nesta estrutura de mercado de trabalho, as famílias são contratadas competitivamente por uma firma representativa, por exemplo, uma agência de emprego que agrupa os trabalhadores diferenciados usando a seguinte tecnologia (ERCEG; HENDERSON; LEVIN, 2000; KLIMA et al., 2015):

$$L_t = \left[ \int_0^1 L_t(i)^{\frac{1}{1+\lambda_w}} di \right]^{1+\lambda_w}. \quad (1.7)$$

Em que  $1 + \lambda_w$  determina a elasticidade de substituição entre os trabalho diferenciado, e por sua vez, compõe o *mark-up* sobre os salários. Portanto nesta especificação,  $L_t$  é a quantidade de trabalho agregado ofertado pela agência de emprego, enquanto  $L_t(i)$  é o

trabalho diferenciado que a agência de emprego demanda como insumo para "produzir"  $L_t$ . O problema de maximização do agregador de trabalho é escolher o nível de demanda de trabalho ofertado por cada família tomando o salário,  $W_t(i)$ , como dado:

$$\max_{L_t(i)} W_t L_t - \int_0^1 W_t(i) L_t(i) di.$$

As condições de primeira ordem com respeito à oferta de trabalho de cada família  $i$  estabelecem que:

$$L_t(i) = \left( \frac{W_t(i)}{W_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} L_t. \quad (1.8)$$

A equação (1.8) estabelece a quantidade de trabalho da família  $i$  que a agência de emprego demanda em resposta ao salário determinado por aquela família. Substituindo (1.8) no problema de maximização da agência de emprego, dada a condição de lucro zero, temos o salário agregado:

$$W_t = \left[ \int_0^1 W_t(i)^{-\frac{1}{\lambda_w}} di \right]^{-\lambda_w}. \quad (1.9)$$

### Determinação dos salários no esquema de Calvo

Neste sistema de determinação de salários, inspirado em [Calvo \(1983\)](#), as famílias determinam seu salário nominal,  $W_t(i)^N = W_t(i)P_t$ . As famílias de uma economia são divididas em dois grupos. O primeiro grupo recebe um sinal aleatório de que é necessário re-otimizar a escolha de seu salário nominal. A probabilidade de que certa família irá receber este sinal é constante e igual a  $1 - \xi_w$ . O outro grupo de famílias, que não recebeu o sinal, pode indexar parcialmente seu salário nominal à taxa de inflação passada ([CHRISTIANO; EICHENBAUM; EVANS, 2005](#); [SMETS; WOUTERS, 2003](#); [KLIMA et al., 2015](#)). Os salários nominais indexados são ajustados conforme:

$$W_t(i)P_t = \left( \frac{P_{t-1}}{P_{t-2}} \right)^{\gamma_w} W_{t-1}(i)P_{t-1}, \quad (1.10)$$

em que  $\gamma_w$  é o grau de indexação do salário nominal. Se  $\gamma_w = 1$ , a indexação é perfeita. Se  $\gamma_w = 0$ , o salário nominal permanece constante até receber o sinal para re-otimização. Isso implica que, se uma família não puder re-otimizar seu salário por  $\tau$  períodos, seu salário real normalizado após  $\tau$  períodos seria igual a:

$$W_{t+\tau}(i) = \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_w}}{\pi_{t+s}} \right) W_t(i). \quad (1.11)$$

Se substituirmos (1.11) em (1.8)  $\tau$  períodos à frente temos:

$$L_{t+\tau}(i) = \left( \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_w}}{\pi_{t+s}} \right) \frac{W_t(i)}{W_{t+\tau}} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} L_{t+\tau}. \quad (1.12)$$

O problema de maximização das famílias que receberam um sinal para re-otimização de seus salários nominais é:

$$\max_{W_t(i)} V_t(i) = E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^\tau \left[ \underbrace{\varepsilon_{t+\tau}^\beta \left( \frac{1}{1-\sigma_c} (C_{t+\tau}(i) - H_{t+\tau})^{1-\sigma_c} - \frac{\omega \varepsilon_{t+\tau}^L}{1+\sigma_l} (L_{t+\tau}(i))^{1+\sigma_l} \right)}_{\text{nível de utilidade (SMETS; WOUTERS, 2003)}} \right] \right], \quad (1.13)$$

em que a família, neste caso, escolhe seu salário com a finalidade de maximizar sua utilidade intertemporal descontada,  $V_t(i)$ , dada a restrição orçamentária (1.3). Os termos destacados nas funções objetivo (1.13) e (1.14) são o ponto de distinção entre os dois modelos analisados.

A especificação descrita em (1.13) estabelece que as famílias, ao escolherem seu salário ótimo, levam em consideração o nível de utilidade que iriam obter ao se consumir os produtos proporcionados por aquele salário. Esta forma de se moldar o problema de determinação de salários está em conformidade com Smets e Wouters (2003) e Adjemian, Pariès e Moyen (2007).

A forma expressa em (1.13) difere do modelo apresentado por Klima et al. (2015) (equação (1.14)), em que a família considera o benefício marginal do salário em vez do nível de utilidade que este proporciona. A função objetivo para determinação dos salários no modelo de Klima et al. (2015) está apresentada na equação (1.14) abaixo:

$$\max_{W_t(i)} V_t^*(i) = E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^\tau \left[ \underbrace{\lambda_{t+\tau}(i) \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_w}}{\pi_{t+s}} \right) W_t(i) L_t(i)}_{\text{benefício marginal do salário (KLIMA et al., 2015)}} - \omega \frac{\varepsilon_{t+\tau}^\beta \varepsilon_{t+\tau}^L}{1+\sigma_l} (L_{t+\tau}(i))^{1+\sigma_l} \right] \right], \quad (1.14)$$

em que  $\lambda_{t+\tau}(i)$  é o multiplicador de Lagrange do problema do consumidor e representa a utilidade marginal do consumo. Portanto o primeiro termo do somatório das utilidades intertemporais  $V_t$  e  $V_t^*$  diferem, sendo que na especificação apresentada por Klima et al. (2015) o consumidor estabelece um peso maior para o consumo em relação à desutilidade do trabalho comparando com o função objetivo apresentada em (1.13).

Na equação (1.13), a condição de equilíbrio no problema de determinação de salários estabelece que a utilidade marginal do salário deva ser igual à desutilidade marginal do trabalho gerada para obter aquele salário. No modelo de Klima et al. (2015), fica determinado que as famílias, ao escolherem seu salário, comparam como o benefício marginal aumenta e não como o nível de utilidade aumenta.

Como a diferença entre estas duas suposições e as consequências para seus resultados não ficaram evidentes em nenhum dos trabalhos de Klima et al. (2015), Smets e Wouters (2003) ou Adjemian, Pariès e Moyen (2007), surge a necessidade de se esclarecer qual a

relação entre estas diferentes suposições. Para isso, este ensaio realizou a simulação dos dois modelos e comparou seus resultados. Analisou-se os resultados após choques exógenos sobre produto, consumo, emprego, investimento, taxa de inflação, salários, estoque de capital, taxa de juros e remuneração do capital. A partir deste exercício foi possível conhecer quais as implicações das diferentes suposições sobre o comportamento das funções impulso-resposta dos agregados econômicos citados. Especificamente, estas diferenças se referem à direção e magnitude dos efeitos dos choques sobre a trajetória destas variáveis.

Os benefícios de se realizar tal procedimento englobam questões de mensuração dos efeitos de políticas econômicas usando modelos DSGE. Após a análise dos resultados, constatou-se que adequar o modelo conforme a suposição teórica que melhor se encaixe ao objeto a ser estudado é determinante para a mensuração eficaz dos efeitos de choques exógenos sobre a economia.

Outra contribuição surge no campo de análise de eficiência de políticas econômicas, como a política fiscal ou a política monetária. Neste caso, ao se mostrar a diferença dos efeitos da mesma política sobre cada um dos modelos, torna possível que o formulador daquela política possa auferir resultados mais confiáveis, conforme a estrutura que represente melhor seu objeto de estudo. Por exemplo, no caso específico da formulação do problema de determinação dos salários apresentado neste ensaio, os efeitos de um choque tecnológico sobre o nível de salários difere substancialmente entre os dois modelos, pelo menos a curto prazo. Caso a especificação da função objetivo não seja adequada, os resultados de qualquer pesquisa ficam comprometidos.

Substituindo (1.12) em (1.3) o termo referente aos rendimentos do trabalho se torna:

$$W_{t+\tau}(i)L_{t+\tau}(i) = \left( \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_w}}{\pi_{t+s}} \right) W_t(i) \right)^{-\frac{1}{\lambda_w}} \left( \frac{1}{W_{t+\tau}} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} L_{t+\tau}.$$

As condições de primeira ordem implicam que:

$$E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^{\tau} \left[ \varepsilon_{t+\tau}^{\beta} \left( \frac{1}{\lambda_w} \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_w}}{\pi_{t+s}} \right) L_{t+\tau}(i) (C_{t+\tau}(i) - H_{t+\tau})^{-\sigma_c} \right) \right] \right] =$$

$$E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^{\tau} \left[ \varepsilon_{t+\tau}^{\beta} \left( \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_w}}{\pi_{t+s}} \right) \frac{1}{W_{t+\tau}} \right) \left( \frac{1 + \lambda_w}{\lambda_w} \left( \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_w}}{\pi_{t+s}} \right) \frac{W_t(i)}{W_{t+\tau}} \right)^{-\frac{1+2\lambda_w}{\lambda_w}} L_{t+\tau} \omega \varepsilon_{t+\tau}^L (L_{t+\tau}(i))^{\sigma_l} \right) \right] \right]$$

Agora chamemos o lado esquerdo da igualdade acima de  $f_t^1$  e o termo do lado direito de  $f_t^2$ , podemos escrever ambos os lados em suas formas recursivas (SCHMITT-GROHE; URIBE, 2004; KLIMA et al., 2015). O termo  $f_1$  representa a utilidade marginal do salário de cada período, somadas e descontadas pela taxa de inflação e pelo parâmetro de desconto subjetivo  $\beta$ . Este termo pode ser interpretado como os benefícios que o agente leva em consideração ao determinar seu salário, que serão comparados com os custos desta escolha.



$$f_t^1 = E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^\tau \left[ \varepsilon_{t+\tau}^\beta \left( \frac{1}{\lambda_w} \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_w}}{\pi_{t+s}} \right) L_{t+\tau}(i) (C_{t+\tau}(i) - H_{t+\tau})^{-\sigma_c} \right) \right] \right],$$

que na forma recursiva fica:

$$f_t^1 = \left[ \varepsilon_t^\beta \left( \frac{1}{\lambda_w} L_t(i) (C_t(i) - H_t)^{-\sigma_c} \right) \right] + \beta \xi_w E_t \frac{\pi_t^{\gamma_w}}{\pi_{t+1}} f_{t+1}^1.$$

O termo  $f_2$  representa a desutilidade marginal do trabalho de cada período, somadas e descontadas à taxa de inflação e à taxa de desconto subjetivo  $\beta$ . Este termo pode ser interpretado como os custos subjetivos que o agente leva em conta ao escolher seu salário. Portanto, o salário ótimo escolhido pelo agente é aquele salário que iguala os benefícios marginais com os custos marginais gerados por aquele salário.

$$f_t^2 = E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_w)^\tau \left[ \varepsilon_{t+\tau}^\beta \left( \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_w}}{\pi_{t+s}} \right) \frac{1}{W_{t+\tau}} \right) \left( \frac{1 + \lambda_w}{\lambda_w} \left( \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_w}}{\pi_{t+s}} \right) \frac{W_t(i)}{W_{t+\tau}} \right)^{-\frac{1+2\lambda_w}{\lambda_w}} \times \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. L_{t+\tau} \omega \varepsilon_{t+\tau}^L (L_{t+\tau}(i))^{\sigma_l} \right) \right] \right],$$

que na forma recursiva fica:

$$f_t^2 = \left[ \varepsilon_t^\beta \left( \frac{1}{W_t} \right) \left( \frac{1 + \lambda_w}{\lambda_w} \left( \frac{W_t(i)}{W_t} \right)^{-\frac{1+2\lambda_w}{\lambda_w}} L_t \omega \varepsilon_t^L (L_t(i))^{\sigma_l} \right) \right] + \beta \xi_w E_t \left( \frac{\pi_t^{\gamma_w}}{\pi_{t+1}} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} f_{t+1}^2.$$

Supondo que o mercado de trabalho seja completo<sup>1</sup>, as famílias estabelecem o mesmo salário, portanto  $W_t(i) = W_t^*$ . Com isso a equação (1.8) pode ser escrita como:

$$L_t^{*d} = \left( \frac{W_t^*}{W_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} L_t.$$

Em que  $L_t^{*d}$  é a quantidade ótima de trabalho demandada pela agência (ofertada pelas famílias). Portanto, o nível de demanda por trabalho é função da quantidade de trabalho agregado,  $L_t$ , e da relação entre salário ótimo e salário agregado, dado o parâmetro que define o *mark-up* de salários. De forma intuitiva, esta equação revela que quanto maior for o nível de salário ótimo determinado pelas famílias, menor será a demanda de trabalho por parte da agência de emprego. As condições de primeira ordem do problema de determinação dos salários se tornam:

$$f_t^1 = \frac{\lambda_t}{\lambda_w} L_t^{*d} + \beta \xi_w E_t \frac{\pi_t^{\gamma_w}}{\pi_{t+1}} f_{t+1}^1,$$

<sup>1</sup> Por mercado de trabalho completo entende-se que não existe custo de transação na definição dos salários e que não existe desemprego. Um mercado completo é um sistema de mercados em que cada agente está apto em comercializar cada bem, direta ou indiretamente, com outro agente (FLOOD, 1991).



$$f_t^2 = \varepsilon_t^\beta \left( \frac{1 + \lambda_w}{\lambda_w} \right) \frac{\omega \varepsilon_t^L (L_t^{*d})^{1+\sigma_l}}{W_t^*} + \beta \xi_w E_t \left( \frac{\pi_t^{\gamma_w}}{\pi_{t+1}} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} f_{t+1}^2$$

e

$$f_1 = f_2.$$

Estas duas equações acima são diferentes em relação à determinação dos salários no modelo de [Klima et al. \(2015\)](#). Esta diferença surge com a forma de se especificar a função de utilidade no problema de determinação dos salários como comentado anteriormente. Neste caso, quanto ao lado esquerdo da condição de primeira ordem (C.P.O.) do problema de determinação de salários, as famílias olham para o benefício marginal relativo de ofertar uma unidade de trabalho medido em unidades de salário agregado corrente. O lado direito da C.P.O. nos diz que as famílias também levam em conta a desutilidade marginal do trabalho em relação ao nível de salário ótimo.

Esta nova C.P.O. implica que as famílias, ao determinarem o nível ótimo de salários, comparam a utilidade marginal do consumo em termos de salário agregado corrente e a desutilidade marginal do trabalho em termos de salário ótimo. Um choque de ineficiência no mercado de trabalho ( $\eta_t^w$ ) pode ser inserido na condição de primeira ordem do mercado de trabalho na forma  $f_1 = f_2 + \eta_t^w$  ([KLIMA et al., 2015](#)).

O salário ótimo  $W_t^*$  dado por  $f^1$  e  $f^2$  é determinado por todas as famílias que receberam o sinal para re-otimização. Para o restante das famílias que não receberam o sinal, o salário é definido pelo seu valor no período anterior e pela inflação, como em (1.11). Podemos escrever a evolução do salário agregado particionando (1.9) em duas partes, desde que o salário seja representado por uma função do tipo Dixit-Stiglitz ([DIXIT; STIGLITZ, 1977](#)):

$$W_t^{-\frac{1}{\lambda_w}} = \xi_w \left( \frac{\pi_{t-1}^{\gamma_w}}{\pi_t} \right)^{-\frac{1}{\lambda_w}} W_{t-1}^{-\frac{1}{\lambda_w}} + (1 - \xi_w) W_t^{*- \frac{1}{\lambda_w}}, \quad (1.15)$$

que pode ser rearranjado para:

$$1 = \xi_w \left( \frac{\pi_{t-1}^{\gamma_w}}{\pi_t} \right)^{-\frac{1}{\lambda_w}} \left( \frac{W_{t-1}}{W_t} \right)^{-\frac{1}{\lambda_w}} + (1 - \xi_w) (\pi_t^{*w})^{-\frac{1}{\lambda_w}}, \quad (1.16)$$

em que  $\pi_t^{*w} = \frac{W_t^*}{W_t}$  é a razão entre salário ótimo e nível médio de salário. Se  $\pi_t^{*w} > 1$ , o nível de salário ótimo determinado pelas famílias está acima do nível de salário médio.

Na determinação do equilíbrio do mercado de trabalho, podemos introduzir um índice de dispersão dos salários,  $\nu_t^w$ , que relaciona o trabalho agregado ofertado pelas famílias e o trabalho agregado ofertado pela agência de emprego. Integrando os dois lados de (1.8) resulta na seguinte condição:

$$\int_0^1 L_t(i) di = \left( \int_0^1 \left( \frac{W_t(i)}{W_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} di \right) L_t. \quad (1.17)$$

Sendo o índice de dispersão dos salários igual a:  $\nu_t^w = \int_0^1 \left( \frac{W_t(i)}{W_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} di$ . Esta medida de dispersão dos salários possui um limite inferior de 1, pois a dispersão dos salários não deve ser encarada como um benefício e sim com um fato custoso para o mercado de trabalho (SCHMITT-GROHE; URIBE, 2004). Representando o total de trabalho ofertado pelas famílias, ou seja, total de trabalho demandado pela agência de emprego, por  $L_t^s = \int_0^1 L_t(i) di$ , temos:

$$L_t^s = \nu_t^w L_t. \quad (1.18)$$

Caso a medida de dispersão dos salários seja maior que a unidade, o montante agregado de trabalho ofertado pelas famílias será maior que a quantidade de trabalho agregado ofertado pela agência de emprego. Isto implica em desemprego de mão-de-obra, pois a agência não realocará para a produção toda a mão-de-obra disponibilizada pelas famílias,  $L_t^s$ . Para facilitar a análise,  $L_t$  pode ser tratado como a demanda de trabalho agregada, ou seja a quantidade efetiva de trabalho repassada pela agência de emprego para o setor produtivo. Caso não exista dispersão dos salários,  $W_t(i) = W$  e  $\nu_t^w = 1$ , a oferta e demanda por trabalho estariam em igualdade.

Sendo assim,  $\nu_t^w$  pode ser encarado como uma representação do índice de desemprego e a partir dele podemos obter uma aproximação da taxa de desemprego. Tirando o logaritmo natural em ambos os lados e rearranjando temos que:

$$\log \nu_t^w = \log L_t^s - \log L_t.$$

Ou da mesma forma, se representarmos a taxa de desemprego por  $\mu_t$ , temos que:

$$\nu_t^w = 1 + \mu_t \approx \log \nu_t^w \quad (1.19)$$

Como a cada período uma fração  $1 - \xi_w$  do conjunto de famílias podem re-otimizar seus salários e uma fração  $\xi_w$  somente reajusta seu salário conforme a inflação passada, podemos escrever o índice de dispersão dos salários em sua forma recursiva:

$$\begin{aligned} \nu_t^w &= \int_0^1 \left( \frac{W_t(i)}{W_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} di \\ &= (1 - \xi_w) \left( \frac{W_t^*}{W_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} + \xi_w \left( \frac{W_{t-1} \pi_{t-1}^{\gamma_w}}{W_t \pi_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_w}{\lambda_w}} \nu_{t-1}^w. \end{aligned} \quad (1.20)$$

Portanto, fica especificado o problema de determinação dos salários pelas famílias. Nesta estrutura, o salário apresenta dois componentes importantes que o distancia de um nível de salário de mercado competitivo. O primeiro é que as famílias, por ofertarem um trabalho diferenciado, têm certo poder de monopólio sobre sua mão-de-obra e com isso podem escolher seu nível de salário acima do salário de concorrência perfeita. Esta distorção no mercado de trabalho é resumida pelo *mark-up* de salário que as famílias

impõem às firmas. As origens deste poder de monopólio podem ser ou por diferenciação de capital humano entre os trabalhadores, ou por sindicalização de parte dos trabalhadores. Existem diversos motivos para a existência de poder de monopólio na determinação de salários, porém uma análise mais detalhada desta questão não faz parte do escopo deste trabalho.

O segundo componente se refere à forma aleatória de determinação dos salários e à indexação do salário por parte das famílias que não receberam o sinal de re-otimização. Estes dois fatos proporcionam uma importante fonte de rigidez ao modelo. A estrutura tipo [Calvo \(1983\)](#) com indexação impõe que o equilíbrio entre oferta e demanda por trabalho somente seja alcançado por meio do índice de dispersão dos salários  $\nu_t^w$ .

Uma terceira fonte de rigidez é a suposição sobre o problema de determinação dos salários por parte das famílias. Supor que as famílias consideram o benefício marginal do salário na sua função objetivo, em vez do nível de utilidade do consumo proporcionado pelo salário, gera outra fonte de rigidez real no modelo. Ao considerar assim, as famílias comparam a desutilidade marginal do trabalho com a variação do benefício marginal do salário. Em outras palavras, a família só oferta mais trabalho se o salário está aumentando a taxas crescentes.

Quando tratamos que as famílias olham para o nível de utilidade do consumo proporcionado pelo salário, estamos afirmando que estes agentes comparam utilidade marginal do consumo e desutilidade marginal do trabalho. Isto é o mesmo que dizer que as famílias ofertam mais trabalho se o salário está crescendo proporcionalmente à desutilidade marginal do trabalho ([SMETS; WOUTERS, 2003](#)). No caso anterior, para a família ofertar mais trabalho, seu salário deveria crescer a taxas cada vez maiores em relação à desutilidade marginal do trabalho ([KLIMA et al., 2015](#)).

### 1.3.2 Firmas

As famílias são donas de todas as firmas e maximizam o valor presente dos lucros,  $\Pi_t$ , ajustado pelo fator de desconto e taxa marginal de substituição intertemporal:

$$E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} \beta^{\tau} \frac{\lambda_{t+\tau}}{\lambda_t} \Pi_{t+\tau} \right].$$

Esta especificação do problema das firmas considera a suposição de que nos períodos em que o consumo das famílias é baixo (utilidade marginal do consumo alta), o lucro naquele período tem maior importância para as firmas. Por outro lado, nos períodos em que o consumo das famílias é alto (utilidade marginal do consumo baixa), o lucro naquele período tem uma importância relativa menor.

## Produção de bens finais

As firmas produtoras de bens finais enfrentam uma estrutura de mercado perfeitamente competitivo. Elas combinam um *continuum* de bens intermediários diferenciados,  $Y_t(j)$ , com  $j \in [0, 1]$  gerando um bem final  $Y_t$ . Estes bens finais são vendidos para as famílias. As famílias podem usar este bem final tanto para consumo quanto para investimento. A tecnologia para a produção de bens finais é dada por uma função do tipo Dixit-Stiglitz :

$$Y_t = \left[ \int_0^1 Y_t(j)^{\frac{1}{1+\lambda_p}} dj \right]^{1+\lambda_p}. \quad (1.21)$$

Como não existem efeitos intertemporais na produção de bens finais, o lucro desta firma é determinado a cada período, sendo na prática um problema estático. Com isso, a firma produtora de bens finais maximiza seu lucro dado por:

$$\Pi_t = P_t Y_t - \int_0^1 P_t(j) Y_t(j) dj,$$

em que  $P_t(j)$  é o preço do  $j$ -ésimo bem intermediário e  $P_t$  é o preço agregado. Este problema é análogo ao problema da agência de emprego e suas condições de primeira ordem com respeito a  $Y_t(j)$  resultam na demanda por bens intermediários:

$$Y_t(j) = \left( \frac{P_t(j)}{P_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} Y_t. \quad (1.22)$$

O parâmetro  $\lambda_p$  compõe o *mark-up* das firmas produtoras de bens intermediários e serve como medida de seu poder de mercado. Usando a condição de lucro zero da firma produtora de bens finais, podemos encontrar o nível de preços agregado:

$$P_t = \left[ \int_0^1 P_t(j)^{-\frac{1}{\lambda_p}} dj \right]^{-\lambda_p}. \quad (1.23)$$

## Produção de bens intermediários

Os bens intermediários  $Y_t(j)$  são produzidos em um ambiente de concorrência monopolística em que as firmas possuem uma tecnologia Cobb-Douglas com custos fixos  $\Phi$ :

$$Y_t(j) = \varepsilon_t^a K_t^d(j)^\alpha L_t^d(j)^{1-\alpha} - \Phi. \quad (1.24)$$

$\varepsilon_t^a$  é um termo estocástico de produtividade,  $K_t^d(j)$  e  $L_t^d(j)$  são a demanda da  $j$ -ésima firma por capital e trabalho.  $\alpha$  representa a fração de capital na produção. A inclusão de custos fixos facilita a solução do modelo pois permite a suposição de lucro zero para as firmas em concorrência monopolística. O termo de produtividade é o mesmo para todas as firmas e segue um processo autorregressivo:

$$\log \varepsilon_t^a = \rho_a \log \varepsilon_{t-1}^a + \eta_t^a,$$

em que  $\eta_t^a$  é um choque Gaussiano i.i.d.. As firmas empregam o trabalho agregado e pagam um salário  $W_t$  para cada unidade e alugam capital das famílias à taxa de rendimento de  $r_t^k$ .

O problema da firma produtora de bens intermediários pode ser dividido em duas etapas. Inicialmente esta firma escolhe os níveis de demanda por trabalho e capital que minimizam o custo de produção de  $Y_t(j)$ . Depois, as firmas escolhem o preço ótimo que maximiza seu lucro esperado.

O problema de minimização de custos da firma é:

$$\min_{L_t^d(j), K_t^d(j)} tc_t(j) = W_t L_t^d(j) + r_t^k K_t^d(j) \quad s.a \quad Y_t(j) = \varepsilon_t^a K_t^d(j)^\alpha L_t^d(j)^{1-\alpha} - \Phi, \quad (1.25)$$

em que  $\Phi > 0$  é o custo fixo. Ele pode ser adicionado ao modelo para garantir que o lucro da empresa seja zero no estado estacionário, o que exclui a possibilidade de entrada de novas empresas. A presença de um custo fixo diminui a elasticidade do custo marginal com respeito ao hiato do produto, no caso, o custo fixo é uma fonte de rigidez real porque ele torna o custo marginal real menos sensível ao hiato do produto (SIMS, 2016). Devido ao retorno contante de escala inserido na tecnologia Cobb-Douglas, o custo marginal é independente da quantidade produzida e é o mesmo para todas as firmas.

Sendo  $mc_t$  o multiplicador de Lagrange de (1.25), as condições de primeira ordem deste problema implicam que:

$$mc_t^* = \frac{1}{\varepsilon_t^a} \left( \frac{r_t^k}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{W_t}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \quad (1.26)$$

Este fato auxilia na solução do problema de determinação de preços ao permitir que o custo marginal seja tratado como dado para a firma quando ela decide seu preço (KLIMA et al., 2015).

### Determinação de preços na estrutura de Calvo

A segunda etapa do problema da firma produtora de bens intermediários é a determinação dos preços. Usando a estrutura de Calvo (1983) para a escolha do preço ótimo, podemos incorporar uma rigidez nominal semelhante à do problema de determinação dos salários. As firmas produtoras de bens intermediários escolhem seu preço conforme uma estrutura de concorrência monopolística. Entretanto, a cada período, apenas uma fração das empresas recebem um sinal para re-otimizar seus preços. A probabilidade de receber tal sinal é de  $1 - \xi_p$ , e é a mesma para todas as firmas. As firmas que não recebem o sinal de re-otimização podem indexar seu preço com base na inflação do período anterior. A taxa de indexação corrente é  $\pi_{t-1}^{\gamma_p}$ , em que  $\gamma_p$  é o parâmetro de indexação. Sendo assim,

o preço no período  $t + \tau$  da firma que não re-otimiza seu preço por  $\tau$  períodos é de:

$$P_{t+\tau}(j) = \prod_{s=1}^{\tau} \pi_{t+s-1}^{\gamma_p} P_t(j). \quad (1.27)$$

Usando (1.27), a equação (1.22) pode ser reescrita  $\tau$  períodos à frente:

$$Y_{t+\tau}(j) = \left( \frac{\prod_{s=1}^{\tau} \pi_{t+s-1}^{\gamma_p} P_t(j)}{P_{t+\tau}} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} Y_{t+\tau}. \quad (1.28)$$

O problema de determinação dos preços dos produtos intermediários fica:

$$\max_{P_t(j)} E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_p)^{\tau} \frac{\lambda_{t+\tau}}{\lambda_t} \left( \frac{\prod_{s=1}^{\tau} \pi_{t+s-1}^{\gamma_p}}{P_{t+\tau}} P_t(j) - mc_{t+\tau}^* \right) Y_{t+\tau}(j) \right]. \quad (1.29)$$

Substituindo (1.28) temos:

$$\max_{P_t(j)} E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_p)^{\tau} \frac{\lambda_{t+\tau}}{\lambda_t} \left( \frac{\prod_{s=1}^{\tau} \pi_{t+s-1}^{\gamma_p}}{P_{t+\tau}} P_t(j) - mc_{t+\tau}^* \right) \left( \frac{\prod_{s=1}^{\tau} \pi_{t+s-1}^{\gamma_p} P_t(j)}{P_{t+\tau}} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} Y_{t+\tau} \right]. \quad (1.30)$$

ou

$$\max_{P_t(j)} E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_p)^{\tau} \frac{\lambda_{t+\tau}}{\lambda_t} \left( \left( \frac{\prod_{s=1}^{\tau} \pi_{t+s-1}^{\gamma_p} P_t(j)}{P_{t+\tau}} \right)^{-\frac{1}{\lambda_p}} - mc_{t+\tau}^* \left( \frac{\prod_{s=1}^{\tau} \pi_{t+s-1}^{\gamma_p} P_t(j)}{P_{t+\tau}} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} \right) Y_{t+\tau} \right]. \quad (1.31)$$

Derivando com respeito à  $P_t(j)$  e igualando à zero, temos as condições de primeira ordem de (1.30):

$$E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_p)^{\tau} \frac{\lambda_{t+\tau}}{\lambda_t} \left( \left( -\frac{1}{\lambda_p} \right) \left( \frac{\prod_{s=1}^{\tau} \pi_{t+s-1}^{\gamma_p}}{P_{t+\tau}} P_t^* \right)^{-\frac{1}{\lambda_p}} \frac{1}{P_t^*} \right. \right. \\ \left. \left. \frac{1 + \lambda_p}{\lambda_p} \frac{mc_{t+\tau}^*}{P_t^*} \left( \frac{\prod_{s=1}^{\tau} \pi_{t+s-1}^{\gamma_p}}{P_{t+\tau}} P_t^* \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} \right) Y_{t+\tau} \right] = 0 \quad (1.32)$$

Em que  $(P_t^*)$  é o preço ótimo determinado igualmente por todas as empresas pois elas são idênticas. Com isso o índice  $j$  pode ser omitido. A implicação desta condição de primeira ordem se resume no fato de que o fluxo de benefícios marginais reais ponderados pela rigidez e *mark-up* dos preços e pelo fator de desconto devem se equivaler ao fluxo de custos marginais sob as mesmas condições.

Dado que  $P_{t+1} = \frac{P_t}{\pi_{t+1}}$ , e multiplicando (1.32) em ambos os lados por  $\left( \frac{P_t^*}{P_t} \right)^{\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}}$ , temos:

$$\begin{aligned}
& E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_p)^\tau \lambda_{t+\tau} \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_p}}{\pi_{t+s}} \right)^{-\frac{1}{\lambda_p}} \frac{P_t^*}{P_t} Y_{t+\tau} \right] \\
& = E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_p)^\tau \lambda_{t+\tau} (1 + \lambda_p) m c_{t+\tau}^* \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_p}}{\pi_{t+s}} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} Y_{t+\tau} \right] \quad (1.33)
\end{aligned}$$

A log-linearização de (1.32) nos daria a curva de Phillips novo-Keynesiana (KLIMA et al., 2015). Porém, conforme Schmitt-Grohe e Uribe (2004) a log-linearização supõe que a taxa de inflação de longo prazo seja zero, hipótese que não será considerada neste trabalho, o que justifica a representação das condições de primeira ordem na sua forma recursiva como podemos ver a seguir. Chamando o lado esquerdo de (1.32) de  $g_t^1$  e a parte em expectativa de seu lado direito de  $g_t^2$  temos:

$$g_t^1 = (1 + \lambda_p) g_t^2. \quad (1.34)$$

podemos escreve  $g_t^1$  em sua forma recursiva para obter:

$$\begin{aligned}
g_t^1 & = E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_p)^\tau \lambda_{t+\tau} \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_p}}{\pi_{t+s}} \right)^{-\frac{1}{\lambda_p}} \frac{P_t^*}{P_t} Y_{t+\tau} \right] \\
& = \lambda_t \pi_t^* Y_t + \beta \xi_p \pi_t^* E_t \left[ \frac{1}{\pi_{t+1}^*} \left( \frac{\pi_t^{\gamma_p}}{\pi_{t+1}} \right)^{-\frac{1}{\lambda_p}} g_{t+1}^1 \right], \quad (1.35)
\end{aligned}$$

em que  $\pi_t^* = \frac{P_t^*}{P_t}$  é a razão entre preço ótimo e nível de preços. (KLIMA et al., 2015) a introduzem para eliminar a possibilidade de o modelo conter uma variável  $P_t$  não estacionária. Na aproximação log-linear, esta razão pode ser interpretada como um desvio percentual do preço ótimo em relação ao nível de preços médio no período  $t$ . Escrevendo  $g_t^2$  em sua forma recursiva obtemos:

$$\begin{aligned}
g_t^2 & = E_t \left[ \sum_{\tau=0}^{\infty} (\beta \xi_p)^\tau \lambda_{t+\tau} m c_{t+\tau}^* \left( \prod_{s=1}^{\tau} \frac{\pi_{t+s-1}^{\gamma_p}}{\pi_{t+s}} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} Y_{t+\tau} \right] \\
& = \lambda_t m c_t^* Y_t + \beta \xi_p E_t \left( \frac{\pi_t^{\gamma_p}}{\pi_{t+1}} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} g_{t+1}^2. \quad (1.36)
\end{aligned}$$

O choque de *mark-up* dos preços dos produtos ( $\eta_t^p$ ) pode ser inserido na forma  $g_t^1 = (1 + \lambda_p) g_t^2 + \eta_t^p$ . Este choque pode ser interpretado com um desvio das margens de preços de seu nível de estado estacionário (KLIMA et al., 2015).

Dadas as equações (1.32) e (1.23) podemos dividir o índice de preços em um termo que representa as firmas otimizadoras e as não otimizadoras de preços.

$$P_t^{-\frac{1}{\lambda_p}} = \xi_p \left( \pi_{t-1}^{\gamma_p} \right)^{-\frac{1}{\lambda_p}} \left( P_{t-1} \right)^{-\frac{1}{\lambda_p}} + (1 - \xi_p) \left( P_t^* \right)^{-\frac{1}{\lambda_p}}. \quad (1.37)$$

A equação acima define que o preço médio é afetado pelo preço médio indexado do período anterior e pelo preço ótimo no período corrente escolhido pelas firmas otimizadoras, dada a probabilidade de se receber ou não o sinal para a re-otimização. É comum os preços observados empiricamente serem não estacionários, portanto é necessário transformar esta expressão dividindo seus dois lados por  $P_t^{-\frac{1}{\lambda_p}}$  e com isso incluir na expressão o preço ótimo ponderado pelo nível médio de preços,  $\pi_t^*$  (KLIMA et al., 2015):

$$1 = \xi_p \left( \frac{\pi_t^{\gamma_p}}{\pi_t} \right)^{-\frac{1}{\lambda_p}} + (1 - \xi_p) (\pi_t^*)^{-\frac{1}{\lambda_p}} \quad (1.38)$$

Da mesma forma que no mercado de trabalho, o equilíbrio no mercado de produtos intermediários requer um índice de dispersão de preços que iguale a oferta e demanda de produtos intermediários.

Integrando a equação (1.22) para todas as firmas  $j \in [0, 1]$  e usando  $Y_t^s = \int_0^1 Y_t(j) dj$  para representar o total ofertado de produtos intermediários, chegamos à seguinte expressão de equilíbrio do mercado de produtos intermediários:

$$Y_t^s = \left( \int_0^1 \left( \frac{P_t(j)}{P_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} dj \right) Y_t. \quad (1.39)$$

Podemos interpretar  $\nu_t^p = \int_0^1 \left( \frac{P_t(j)}{P_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} dj$  como uma medida de dispersão dos preços semelhante à medida de dispersão de salários especificada no problema de determinação dos salários. Esta medida de dispersão torna possível o equilíbrio no mercado de bens mesmo com existência de rigidez de preços (SCHMITT-GROHE; URIBE, 2004). Dadas as condições de otimização em (1.32), podemos escrever o índice de dispersão de preços em sua forma recursiva:

$$\begin{aligned} \nu_t^p &= \int_0^1 \left( \frac{P_t(j)}{P_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} dj \\ &= (1 - \xi_p) (\pi_t^*)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} + \xi_p \left( \frac{\pi_t^{\gamma_p}}{\pi_t} \right)^{-\frac{1+\lambda_p}{\lambda_p}} \nu_{t-1}^p \end{aligned} \quad (1.40)$$

Dado que as firmas produtoras de bens intermediários possuem a mesma tecnologia com retornos constantes de escala e enfrentam o mesmo preço dos fatores de produção, a demanda agregada dos fatores de produção pode ser considerada como a demanda por fatores de produção de uma firma representativa. Isso significa dizer que independentemente das firmas produzirem quantidades diferentes, as relações entre  $Y_t(j)$ ,  $K_t^d(j)$  e  $L_t^d(j)$  são as mesmas para todo  $j$  e para as variáveis agregadas  $\int_0^1 Y_t(j) dj$ ,  $\int_0^1 K_t^d(j) dj$  e  $\int_0^1 L_t^d(j) dj$  (KLIMA et al., 2015).



### 1.3.3 Autoridades fiscal e monetária

#### O Governo

O governo cobra um imposto *lump sum*,  $T_t$ , das famílias para financiar seus gastos. O governo também pode emitir títulos,  $B_t^N$ , para arrecadar dinheiro. Neste modelo, seu comportamento é considerado como exógeno pelas famílias e pelas firmas, cujos gastos do governo está sujeito a um distúrbio estocástico,  $\varepsilon_t^G$ :

$$G_t = \bar{G}\varepsilon_t^G, \quad (1.41)$$

em que  $\varepsilon_t^G$  segue um processo regressivo de primeira ordem:

$$\log \varepsilon_t^G = \rho_G \log \varepsilon_{t-1}^G + \eta_t^G \quad (1.42)$$

com um termo de erro Gaussiano i.i.d. representado por  $\eta_t^G$ .  $\bar{G}$  representa os gastos do governo de estado estacionário, portanto o valor do distúrbio aleatório deve ser interpretado como desvios percentuais do estado estacionário. O parâmetro  $\bar{G}$  foi calibrado para que a razão gasto do governo e PIB,  $\frac{G_t}{Y_t}$ , seja 18%. Este valor foi proposto por [Klima et al. \(2015\)](#).

A restrição orçamentária do governo em termos reais é dada por:

$$G_t + \frac{B_{t-1}^N}{P_t} = T + \frac{B_t^N}{P_t R_t},$$

onde  $R_t$  é a taxa nominal bruta de retorno. Usando  $B_t = \frac{B_t^N}{P_t}$  e  $\pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$ , a restrição orçamentária do governo pode ser reescrita como:

$$G_t + \frac{B_{t-1}}{\pi_t} = T_t + \frac{B_t}{R_t}. \quad (1.43)$$

No equilíbrio, a oferta líquida de títulos é zero e o valor dos imposto cobrados é igual ao montante gasto pelo governo.

#### A autoridade monetária

A taxa nominal bruta de juros é estabelecida por uma autoridade monetária que segue uma regra de decisão. Esta regra de decisão leva em conta os seguintes fatores: A suavização da trajetória da taxa de juros, que consiste em levar em conta desvio em relação ao nível de estado estacionário da taxa de juros do período anterior,  $\hat{R}_{t-1}$ . A autoridade monetária também observa a diferença entre o desvio da inflação passada de seu estado estacionário em relação à uma meta de inflação,  $\hat{\pi}_{t-1} - \hat{\pi}_t$ . O hiato do produto, definido como a diferença percentual entre o nível atual do produto e o nível potencial do produto<sup>2</sup>,

<sup>2</sup> O nível potencial do produto é definido como seu nível na ausência de rigidez nominal e de choques de *mark-up*. O sobrescrito  $f$  implica que a variável está em seu nível potencial, mais detalhes sobre estas variáveis podem ser encontrados em [Klima et al. \(2015\)](#)

$\hat{Y}_t - \hat{Y}_t^f$ . A dinâmica do hiato de produto,  $(\hat{Y}_t - \hat{Y}_t^f) - (\hat{Y}_{t-1} - \hat{Y}_{t-1}^f)$ , e a dinâmica da taxa de inflação,  $\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_{t-1}$ , também são levadas em consideração na determinação da taxa de juros.

A função de política monetária, ou regra de Taylor generalizada, pra determinação da taxa de juros é expressa da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \hat{R}_t = & \rho \hat{R}_{t-1} + (1 - \rho) \{ \hat{\pi}_t + r_\pi (\hat{\pi}_{t-1} - \hat{\pi}) + r_Y (\hat{Y}_t - \hat{Y}_t^f) \} + r_{\Delta\pi} (\hat{\pi}_t - \hat{\pi}_{t-1}) \\ & + r_{\Delta Y} ((\hat{Y}_t - \hat{Y}_t^f) - (\hat{Y}_{t-1} - \hat{Y}_{t-1}^f)) + \eta_t^R. \end{aligned} \quad (1.44)$$

O parâmetro  $\rho$  mede o grau de suavização da taxa de juros. As elasticidades  $r_\pi$ ,  $r_Y$ ,  $r_{\Delta\pi}$  e  $r_{\Delta Y}$  são determinadas pelos pesos relativos atribuídos pela autoridade monetária aos respectivos desvios. A meta de inflação se modifica conforme a dinâmica abaixo:

$$\hat{\pi}_t = (1 - \rho_\pi) \hat{\pi} + \rho_\pi \hat{\pi}_{t-1} + \eta_t^\pi, \quad (1.45)$$

em que  $\eta_t^\pi$  é um ruído branco que representa choques na meta de inflação e  $\hat{\pi}$  é a meta de inflação de longo prazo.

## 1.4 Condições para o equilíbrio dos mercados

No equilíbrio as demandas por fatores e produtos se igualam às suas respectivas ofertas. Portanto, a demanda por capital é igual à oferta de capital, dada a utilização de capital naquele período. Isso significa que as empresas produtoras de bens intermediários irão contratar capital das famílias conforme sua necessidade e a taxa de utilização do capital:

$$K_t^d = z_t K_{t-1}.$$

O mercado de trabalho se equilibra no sentido de que a demanda por trabalho por parte das firmas seja igual a oferta de trabalho proporcionada pela agência de emprego. As famílias ofertam seu trabalho diferenciado para a agência de emprego, e esta, por sua vez, agrega este trabalho diferenciado e o oferta para as firmas produtoras de bens intermediários. Estas firmas determinam a demanda por trabalho conforme seu problema de maximização, que no equilíbrio é igual à oferta de trabalho proporcionado pela agência de emprego.

$$L_t^d = L_t.$$

Cabe destaque o fato de que as distorções da rigidez de salários no mercado de trabalho é equacionada pelo modelo no problema da agência de emprego. Quando a questão do emprego sai da esfera da agência de emprego e vai para o setor produtivo, o montante de emprego ofertado e demandado se equivalem. Isto ocorre pois o trabalho ofertado pela agência de emprego é homogêneo e as empresas contratam este trabalho em um ambiente competitivo.

O mercado de títulos se equilibra, o que equivale a dizer que:

$$B_t = 0.$$

Ou seja, no equilíbrio, o estoque líquido de títulos é zero e os agentes não possuem dívidas a pagar nem direitos a serem reivindicados. Esta condição serve para garantir que, no equilíbrio de estado estacionário, exista equilíbrio orçamentário e o nível de gastos autônomo do governo seja igual ao montante de impostos arrecadados.

As firmas, por sua vez, distribuem seus lucros na forma de dividendos,  $Div_t$ . O total de dividendos é igual ao valor da produto total menos as remunerações pagas ao capital e ao trabalho.

$$Div_t = Y_t - L_t^d W_t - K_t^d r_t^k.$$

O mercado de bens finais se equilibra automaticamente pela lei de Walras, que consiste na afirmação de que o consumidor irá gastar totalmente seu fluxo intertemporal de renda ao longo de sua vida (MAS-COLELL; WHINSTON; GREEN, 1995). Portanto a demanda por bens se iguala a sua oferta na situação de equilíbrio.

## 1.5 Análise dos resultados

### 1.5.1 Funções impulso-resposta

As funções de impulso-resposta das variáveis consumo ( $C$ ), produto ( $Y$ ), estoque de capital ( $K$ ), nível de investimentos ( $I$ ), oferta de trabalho ( $L$ ), salário real ( $W$ ), inflação ( $\pi$ ), taxa de juros ( $R$ ) e remuneração do capital ( $r_k$ ) são apresentadas nesta seção. Estão plotadas em cada gráfico, as funções impulso-resposta derivadas do modelo de Smets e Wouters (2003) (linha sólida) e Klima et al. (2015) (linha tracejada). Desta forma podemos comparar os efeitos do mesmo choque para as mesmas variáveis nos dois modelos.

Foram analisados nove tipos de choques. Um choque sobre as preferências dos consumidores ( $\eta_t^\beta$ ), um choque sobre a desutilidade de oferta de trabalho ( $\eta_t^L$ ), um choque sobre custo de ajustamento do investimento ( $\eta_t^I$ ), um choque de ineficiência do mercado de trabalho ( $\eta_t^w$ ), um choque tecnológico na produção de bens intermediários ( $\eta_t^a$ ), um choque sobre o nível de preços dos bens intermediários ( $\eta_t^p$ ), um choque nos gastos do governo ( $\eta_t^G$ ), um choque sobre a taxa de juros ( $\eta_t^R$ ) e um choque sobre a meta de inflação ( $\eta_t^\pi$ ).

Os efeitos de um choque de preferências sobre os dois modelos estão plotados na Figura 1.1. A linha sólida e azul representa o modelo de Smets e Wouters (2003). A linha tracejada representa o modelo de Klima et al. (2015). Existe pouca diferença de efeito deste choque sobre as variáveis de consumo e produto. Para os dois modelos, um choque sobre as preferências aumenta o nível de consumo. Este mesmo choque, reduz o nível de investimentos e conseqüentemente o nível de acumulação de capital. Um choque em  $\eta_t^\beta$

faz com que o nível de emprego aumente, pois para que o maior consumo seja possível, é necessário um maior nível de trabalho ofertado pelas famílias. Da mesma forma, as famílias exigem um salário maior após um choque de preferências. Portanto, o aumento do consumo é suprido parcialmente pelo aumento da oferta de trabalho e parcialmente pelo maior salário exigido pelas famílias.

O choque nas preferências ainda causa uma aceleração na inflação, devido à expansão do consumo. Consequentemente, uma maior inflação gera um aumento nas taxas de juros. Isto ocorre porque a instituição monetária responde às oscilações na taxa de inflação por meio de uma regra de Taylor. Por fim, a remuneração do capital também se desloca de seu nível de estado estacionário após este choque. A explicação para este fato é que a redução no estoque de capital aumenta a produtividade marginal do capital, dada a suposição de retornos marginais decrescentes dos fatores de produção. Além disso, a expansão do produto exige uma maior demanda por capital e por trabalho. A diferença entre os dois modelos não se mostrou estatisticamente significativa para um choque nas preferências de consumo, exceto para o período final da trajetória da remuneração do capital.

As funções impulso-resposta geradas após um choque na desutilidade do trabalho estão plotadas na Figura 1.2. Este choque gera uma redução no produto, consumo, acumulação de capital, nível de investimento e emprego. Isto porque, um choque de desutilidade do trabalho reduz a quantidade ofertada de emprego por parte das famílias. O choque em  $\eta_t^L$  exige um aumento do nível de salário real e no nível de inflação para manutenção do equilíbrio. Portanto, um choque na desutilidade do trabalho faz com que as famílias escolham um nível de salário nominal maior para uma mesma quantidade de trabalho ofertada.

A taxa de juros responde da mesma forma que a taxa de inflação por meio da regra de Taylor. A remuneração do capital aumenta devido à queda do estoque de capital, pois sua produtividade marginal também se eleva. A diferença entre os dois modelos não se mostrou estatisticamente significativa para nenhuma das variáveis após um choque de desutilidade do trabalho.

Um choque nos custos de ajustamento do investimento faz com que, em um primeiro momento, o consumo fique acima de seu nível de estado estacionário. Depois, o consumo fica abaixo de seu nível de estado estacionário no final de sua trajetória de convergência - Figura 1.3. Isto ocorre pois, no primeiro momento, a queda do investimento é compensada, parcialmente, pelo aumento do consumo na equação de demanda agregada. Além disso, um choque em  $\eta_t^I$  reduz o nível de produto, investimento, acumulação de capital e oferta de trabalho.

A redução do nível de produto observada acontece pois, o aumento do consumo não é suficiente para compensar a queda do nível de investimentos. O nível de emprego se reduz, o que faz com que o nível de salário nominal que as famílias determinam também

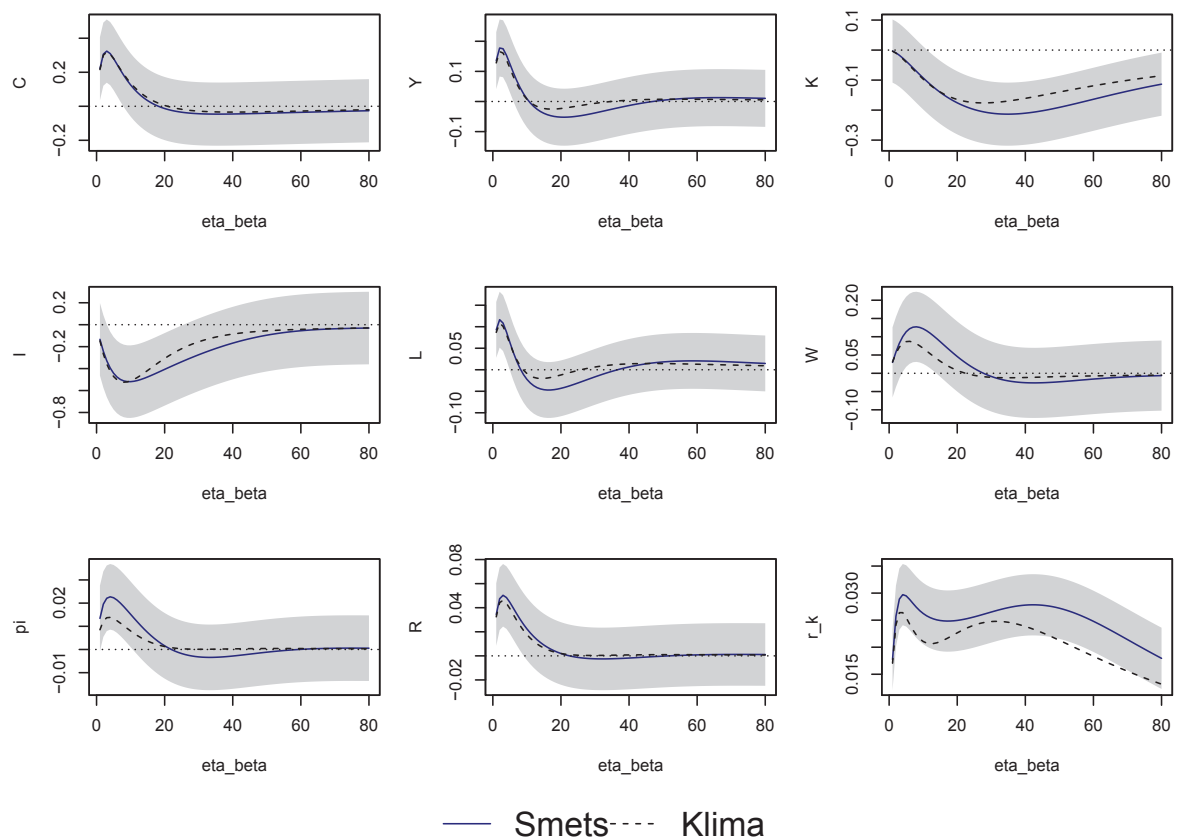


Figura 1.1 – Funções impulso-resposta para um choque na preferência dos consumidores ( $\eta_t^\beta$ ).

Fonte: Elaboração própria. A linha azul e sólida representa a função impulso-resposta do modelo de Smets e Wouters (2003). A linha pontilhada representa a função impulso-resposta do modelo de Klima et al. (2015). Os valores estão em desvios em relação ao seu valor de estado-estacionário. A área cinza representa um intervalo de confiança de 95%, calculados com base no desvio-padrão amostral das funções impulso-resposta. A linha pontilhada é uma linha horizontal em zero, representando a referência para convergência da variável para seu nível de estado-estacionário. No eixo horizontal estão os períodos em trimestres. No eixo vertical, as funções impulso-resposta para cada variável.

seja menor neste ciclo, ou seja, as famílias aceitam um nível menor nível de salários quando ocorre desemprego. A taxa de inflação segue um comportamento pró-cíclico. A taxa de juros responde à essa queda na taxa de inflação, conforme a regra de Taylor. Por fim, a remuneração do capital aumenta, devido à redução do estoque de capital e conseqüente expansão de sua produtividade marginal. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os modelos de Smets e Wouters (2003) e Klima et al. (2015) após um choque de custo de ajustamento dos investimentos.

As funções impulso-resposta para um choque de ineficiência no mercado de trabalho (choque de *mark-up* dos salários) se encontram na Figura 1.4. Este choque reduz consumo, estoque de capital e investimento. Além disso, gera também oscilação no produto e no emprego. Isto decorre pois, um aumento de ineficiência do mercado de trabalho faz com que as famílias tenham um maior poder de mercado na determinação de seus salários. Com isso, o nível de salário real e de inflação também se amplificam. A taxa de juros

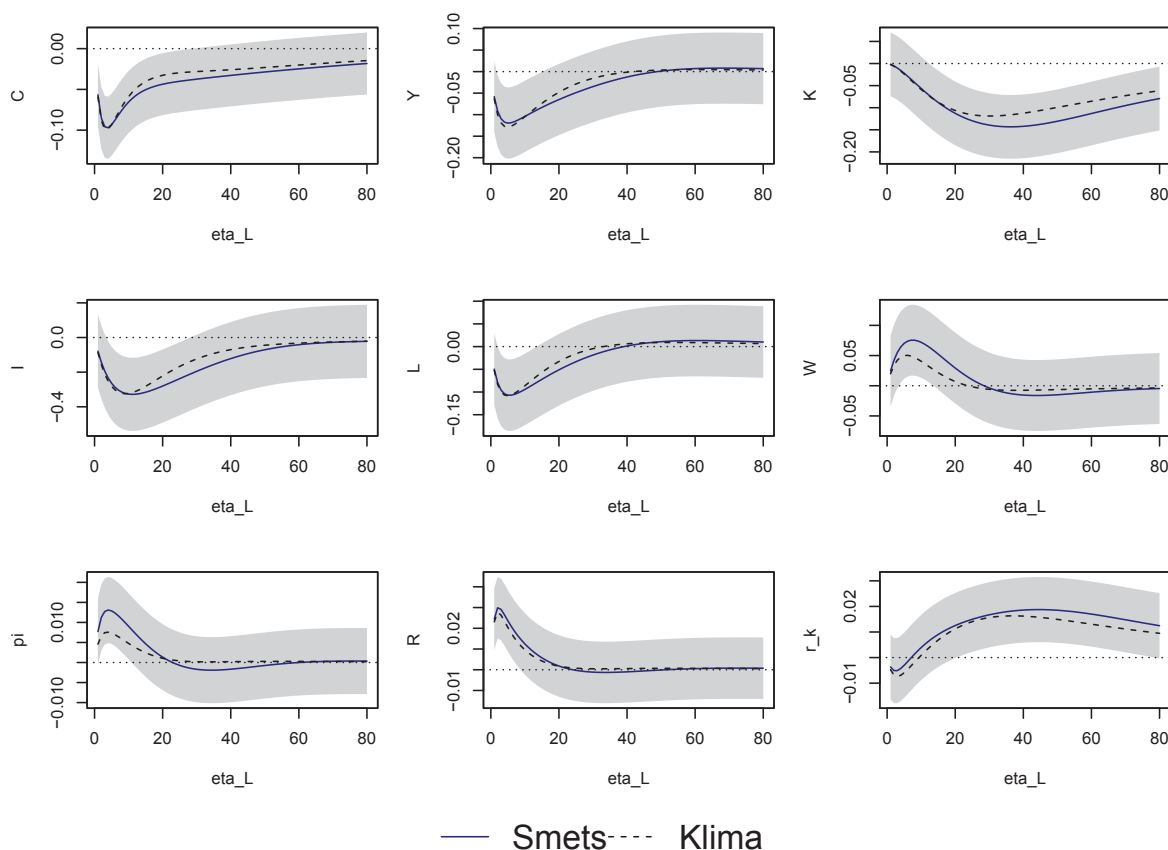


Figura 1.2 – Funções impulso-resposta para um choque na desutilidade marginal do trabalho ( $\eta_t^L$ ).

Fonte: Elaboração própria. A linha azul e sólida representa a função impulso-resposta do modelo de Smets e Wouters (2003). A linha pontilhada representa a função impulso-resposta do modelo de Klima et al. (2015). Os valores estão em desvios em relação ao seu valor de estado-estacionário. A área cinza representa um intervalo de confiança de 95%, calculados com base no desvio-padrão amostral das funções impulso-resposta. A linha pontilhada é uma linha horizontal em zero, representando a referência para convergência da variável para seu nível de estado-estacionário. No eixo horizontal estão os períodos em trimestres. No eixo vertical, as funções impulso-resposta para cada variável.

novamente responde à um choque de *mark-up* de salários da mesma forma que a taxa de inflação por causa da regra de Taylor.

As trajetórias da funções impulso-resposta após um choque em  $\eta_t^w$  mostraram diferenças quando se comparam os dois modelos. Em geral, o modelo proposto por Klima et al. (2015) (linha tracejada) responde menos à este choque do que o modelo de Smets e Wouters (2003). As diferenças entre os modelos se mostraram, pelo menos em parte, estatisticamente significativas à um nível de 5% de significância no que se refere à trajetória do consumo e trajetória do estoque de capital.

As funções impulso-resposta após um choque tecnológico coloca temporariamente o consumo, produto, estoque de capital e nível de investimentos acima de seus respectivos níveis de longo prazo - Figura 1.5. Após o choque tecnológico, o nível de emprego, taxa de inflação, taxa de juros e remuneração do capital se reduzem. Para o modelo de Smets e Wouters (2003), um choque tecnológico gera oscilação do nível de salários reais. Em um

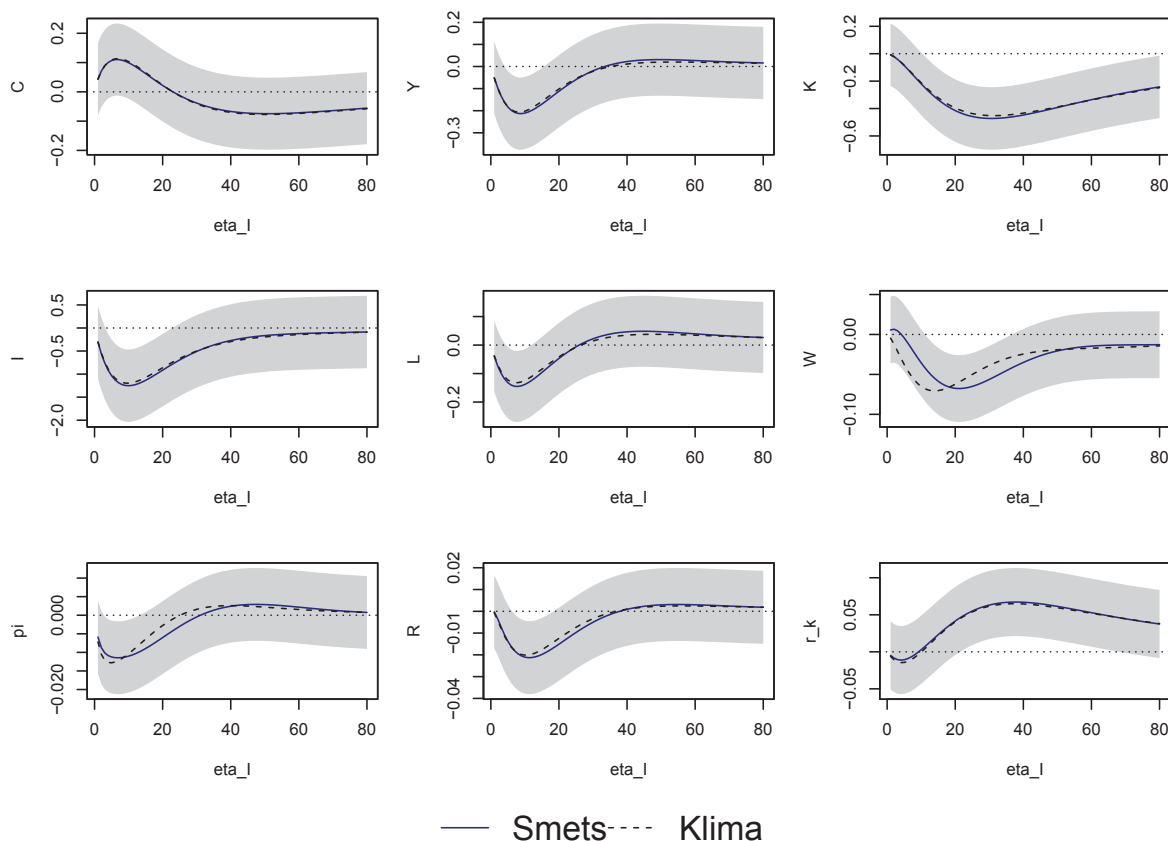


Figura 1.3 – Funções impulso-resposta para um choque no custo de ajustamento do investimento ( $\eta_t^I$ ).

Fonte: Elaboração própria. A linha azul e sólida representa a função impulso-resposta do modelo de Smets e Wouters (2003). A linha pontilhada representa a função impulso-resposta do modelo de Klima et al. (2015). Os valores estão em desvios em relação ao seu valor de estado-estacionário. A área cinza representa um intervalo de confiança de 95%, calculados com base no desvio-padrão amostral das funções impulso-resposta. A linha pontilhada é uma linha horizontal em zero, representando a referência para convergência da variável para seu nível de estado-estacionário. No eixo horizontal estão os períodos em trimestres. No eixo vertical, as funções impulso-resposta para cada variável.

primeiro momento, tal choque gera contração dos salários reais e depois uma expansão deste salário. Entretanto, no modelo de Klima et al. (2015), o mesmo choque gera uma expansão do nível de salários reais sem a contração observada no modelo anterior. Esta diferença se mostrou estatisticamente significativa. Isto representa uma evidência de que o modelo de Smets e Wouters (2003) apresenta uma maior volatilidade dos salários reais após um choque tecnológico. A taxa de inflação e por consequência a taxa de juros apresentam contração após um choque tecnológico. A remuneração do capital também apresenta redução, pois o aumento do estoque de capital reduz sua produtividade marginal.

Um choque no *mark-up* dos preços representa um aumento no poder de mercado das firmas produtoras de bens intermediários. Isto proporciona à estas empresas, a condição de cobrar um preço mais alto pelos seus produtos (insumos de bens finais) e, conseqüentemente, produzir uma menor quantidade. Estes acontecimentos causam queda de consumo, produto, estoque de capital, investimentos, emprego e salários reais. A taxa de inflação e taxa de

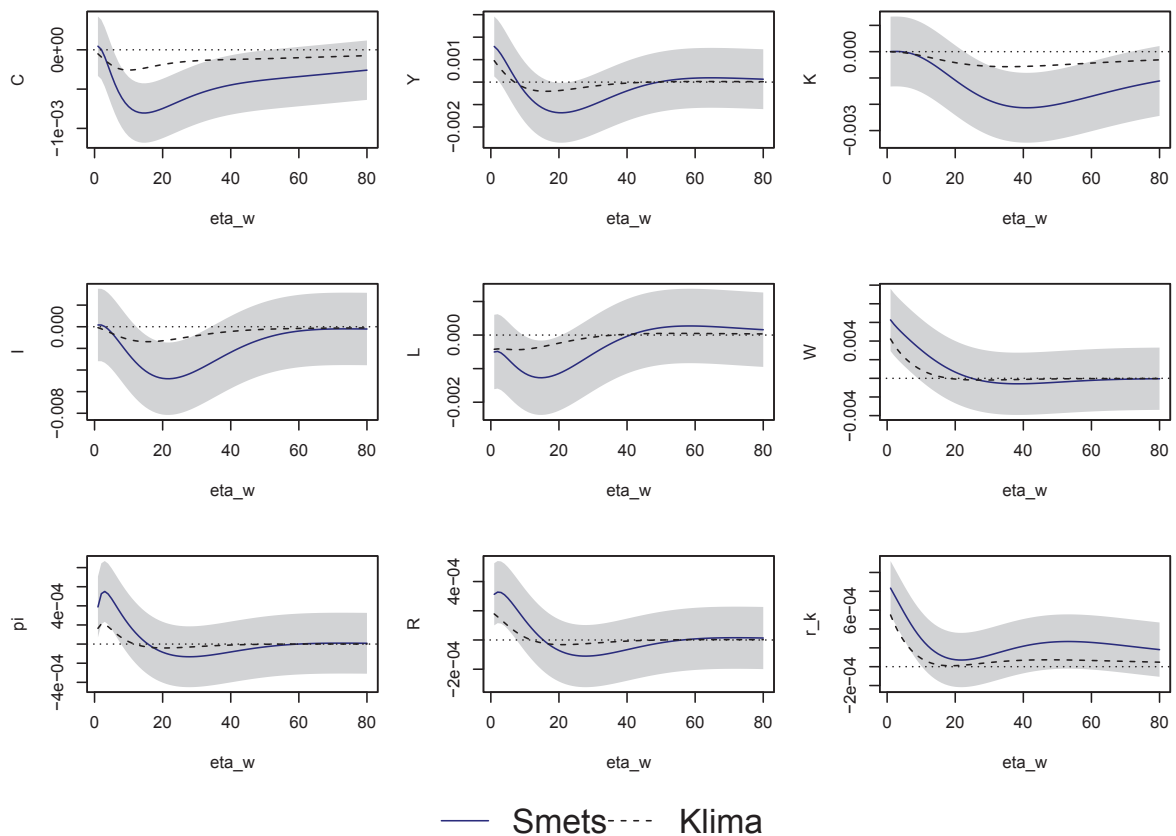


Figura 1.4 – Funções impulso-resposta para um choque de ineficiência do mercado de trabalho ( $\eta_t^w$ ).

Fonte: Elaboração própria. A linha azul e sólida representa a função impulso-resposta do modelo de Smets e Wouters (2003). A linha pontilhada representa a função impulso-resposta do modelo de Klima et al. (2015). Os valores estão em desvios em relação ao seu valor de estado-estacionário. A área cinza representa um intervalo de confiança de 95%, calculados com base no desvio-padrão amostral das funções impulso-resposta. A linha pontilhada é uma linha horizontal em zero, representando a referência para convergência da variável para seu nível de estado-estacionário. No eixo horizontal estão os períodos em trimestres. No eixo vertical, as funções impulso-resposta para cada variável.

juros apresentam expansão após um choque de *mark-up* - Figura 1.6. A taxa de inflação aumenta pois as empresas produtoras de bens finais repassam o aumento do preço de seus insumos para o preço do bem final. A taxa de juros segue a taxa de inflação pela regra de Taylor usada pela instituição monetária. A remuneração do capital também apresenta contração, pois a retração do produto implica em queda na demanda por capital e em consequência, queda na sua remuneração. As diferenças entre os modelos não se mostraram estatisticamente significativas à um nível de confiança de 95%.

Tratando agora dos efeitos de política fiscal, um choque nos gastos (consumo) do governo geram uma queda no consumo privado (efeito *crowding out*) - Figura 2.2. Os gastos do governo também ocasionam expansão do produto, redução do estoque de capital e do nível de investimentos. Além disso, um choque no consumo do governo aumenta o nível de emprego, os salários reais e nominais. A taxa de juros segue o comportamento da taxa de inflação pela regra de Taylor. Por fim, a remuneração do capital também apresenta



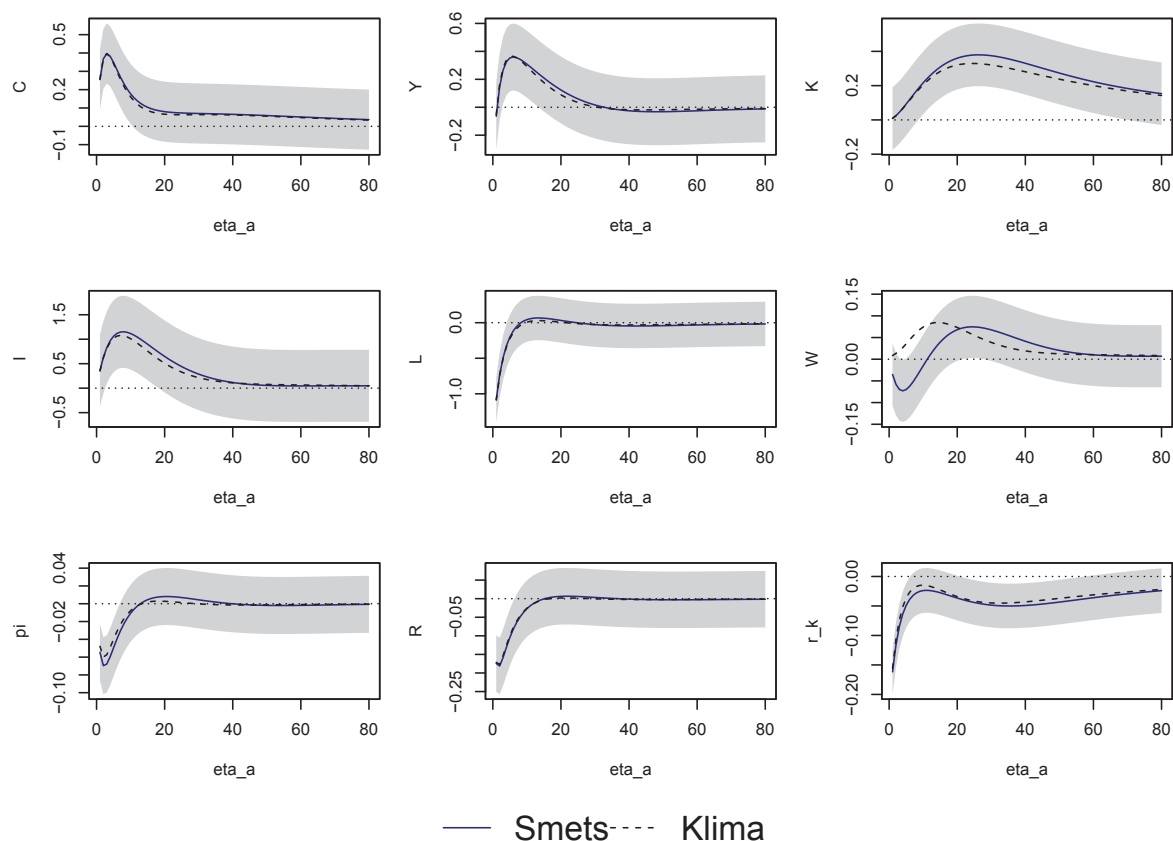


Figura 1.5 – Funções impulso-resposta para um choque de tecnologia de produção ( $\eta_t^a$ ).

Fonte: Elaboração própria. A linha azul e sólida representa a função impulso-resposta do modelo de Smets e Wouters (2003). A linha pontilhada representa a função impulso-resposta do modelo de Klima et al. (2015). Os valores estão em desvios em relação ao seu valor de estado-estacionário. A área cinza representa um intervalo de confiança de 95%, calculados com base no desvio-padrão amostral das funções impulso-resposta. A linha pontilhada é uma linha horizontal em zero, representando a referência para convergência da variável para seu nível de estado-estacionário. No eixo horizontal estão os períodos em trimestres. No eixo vertical, as funções impulso-resposta para cada variável.

expansão, dado um choque em  $\eta_t^G$ . As diferenças entre os modelos não se mostraram estatisticamente significativas para este choque.

As funções impulso-resposta geradas após um choque na taxa de juros (política monetária) estão representadas na Figura 1.8. Este choque caracteriza uma política monetária restritiva, proporcionando quedas no consumo, produto, acumulação de capital, investimentos e salários reais. A taxa de inflação também apresenta retração após um choque de política monetária. A taxa de juros inicialmente apresenta expansão após este choque, pois depende diretamente do choque monetário. Porém, posteriormente, a taxa de juros também se contrai em conformidade com a regra de Taylor, seguindo o ciclo de contração econômica.

A remuneração do capital apresenta oscilação em torno de seu nível de estado estacionário. Em um primeiro momento, um choque de política monetária gera uma contração. Posteriormente, ocasiona uma expansão na remuneração do capital. Isto ocorre pois, inicialmente um aumento na taxa de juros reduz a demanda por capital e, consequen-

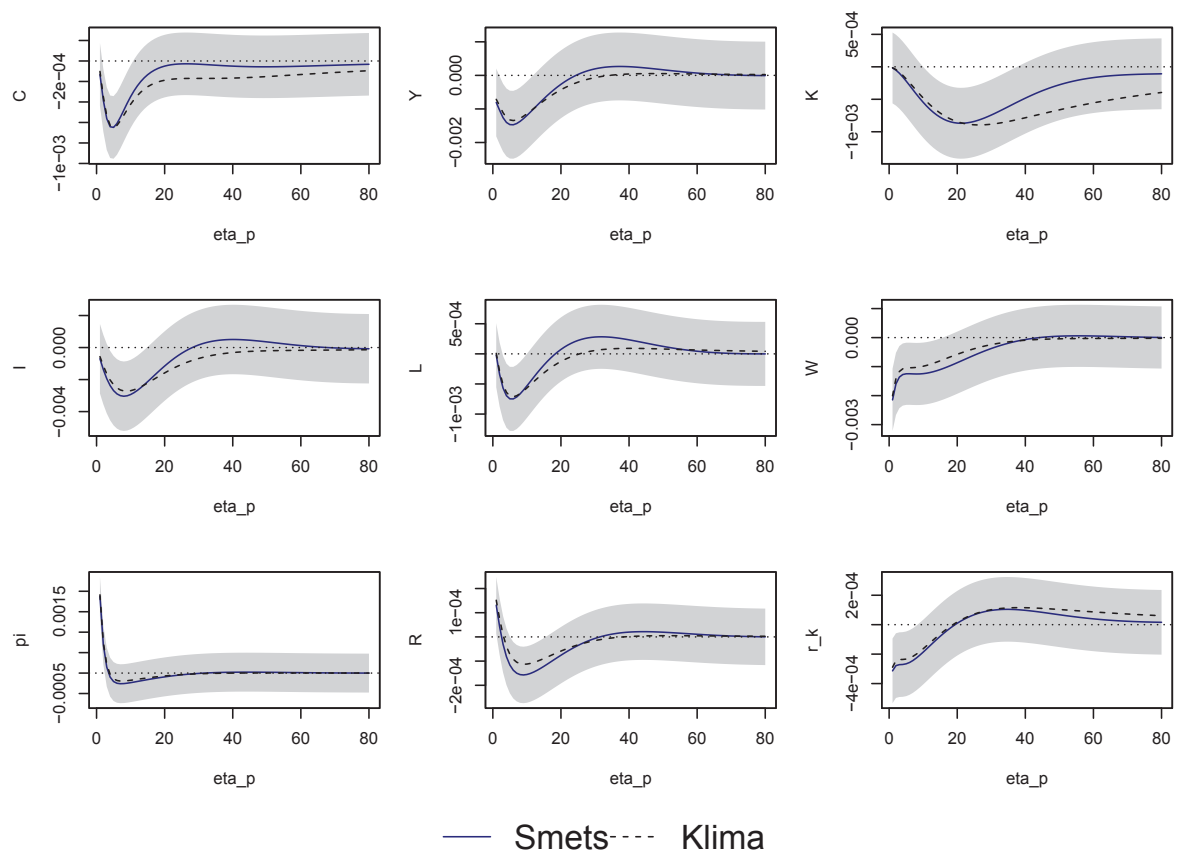


Figura 1.6 – Funções impulso-resposta para um choque no *mark-up* dos preços ( $\eta_t^p$ ).

Fonte: Elaboração própria. A linha azul e sólida representa a função impulso-resposta do modelo de Smets e Wouters (2003). A linha pontilhada representa a função impulso-resposta do modelo de Klima et al. (2015). Os valores estão em desvios em relação ao seu valor de estado-estacionário. A área cinza representa um intervalo de confiança de 95%, calculados com base no desvio-padrão amostral das funções impulso-resposta. A linha pontilhada é uma linha horizontal em zero, representando a referência para convergência da variável para seu nível de estado-estacionário. No eixo horizontal estão os períodos em trimestres. No eixo vertical, as funções impulso-resposta para cada variável.

temente, sua remuneração. No momento seguinte, a retração na oferta e o desacumulo de capital fazem com que sua remuneração se eleve, pelo princípio de escassez. As diferenças entre os modelos não se mostraram estatisticamente significativas para um choque de política monetária.

Um aumento na meta de inflação faz com que a regra de Taylor proposta não seja tão rígida em suas respostas à uma aceleração inflacionária. Isso faz com que o consumo, produto, estoque de capital e investimentos aumentem - Figura 1.9. O nível de emprego, salários reais, taxa de inflação e taxas de juros também se expandem após um choque de metas de inflação.

Por fim, a remuneração do capital apresenta oscilação em torno de seu estado estacionário. Em um primeiro intervalo, a remuneração do capital responde positivamente ao choque e, depois, se mostra temporariamente abaixo de seu nível de longo prazo. As diferenças entre os modelos não apresentaram significância estatística à um nível de 5%.

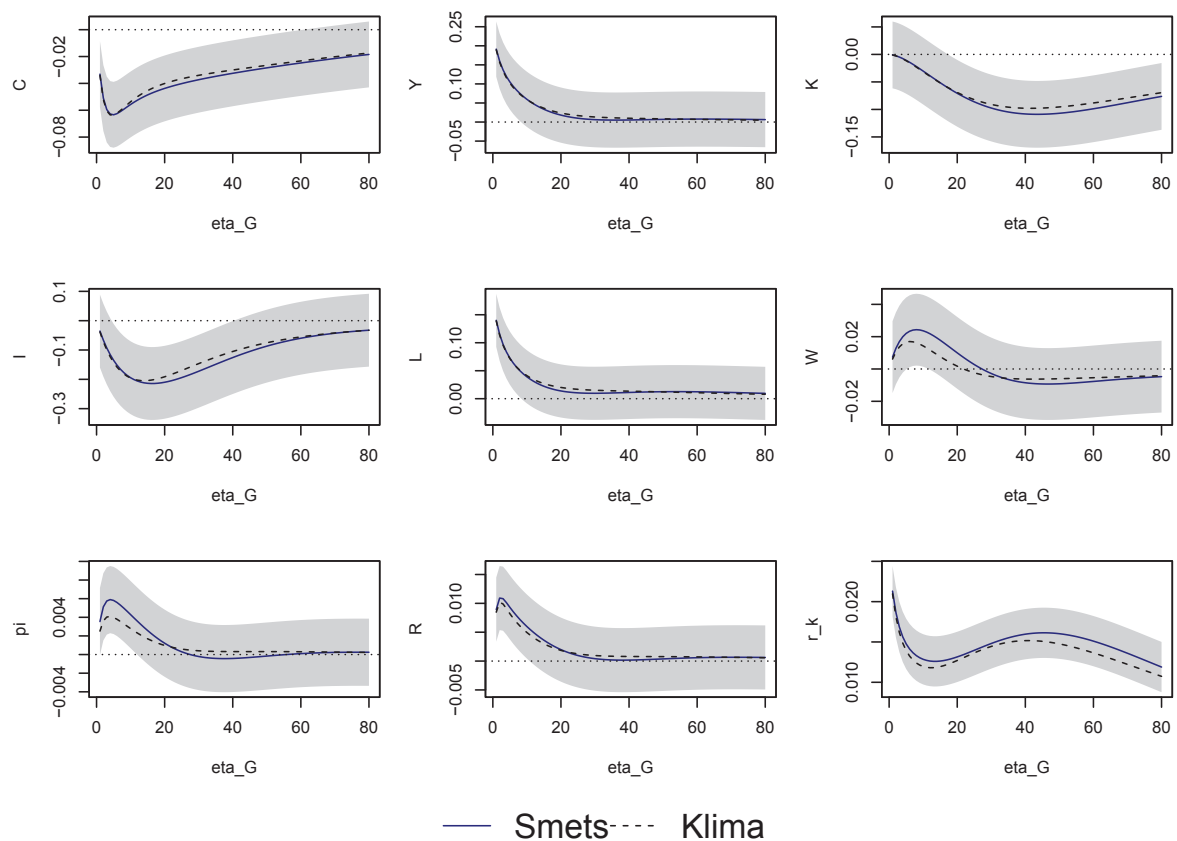


Figura 1.7 – Funções impulso-resposta para um choque nos gastos do governo ( $\eta_t^G$ ).

Fonte: Elaboração própria. A linha azul e sólida representa a função impulso-resposta do modelo de Smets e Wouters (2003). A linha pontilhada representa a função impulso-resposta do modelo de Klima et al. (2015). Os valores estão em desvios em relação ao seu valor de estado-estacionário. A área cinza representa um intervalo de confiança de 95%, calculados com base no desvio-padrão amostral das funções impulso-resposta. A linha pontilhada é uma linha horizontal em zero, representando a referência para convergência da variável para seu nível de estado-estacionário. No eixo horizontal estão os períodos em trimestres. No eixo vertical, as funções impulso-resposta para cada variável.

Com base nas funções impulso-resposta, podemos constatar que na maioria dos casos, os dois modelos não se mostraram diferentes quando analisamos os efeitos de choques exógenos. Como apenas a formulação da determinação dos salários são diferentes ao compararmos os dois modelos, era de se esperar que o choque relacionado ao mercado de trabalho ( $\eta_t^w$ ) apresentasse diferenças significativas. Porém, os choques de tecnologia também mostraram diferenças importantes nas funções impulso-resposta dos dois modelos.

Quanto ao choque de *mark-up* de salários, o modelo de Smets e Wouters (2003) se mostrou mais sensível, com respostas mais intensas em todas as variáveis, quando ocorre este choque. As trajetórias do consumo e do estoque de capital, por exemplo, se contraíram de forma mais acentuada neste modelo do que no modelo de Klima et al. (2015).

Em relação ao choque tecnológico ( $\eta_t^a$ ), a maior diferença de impacto nas funções impulso-resposta se mostrou na trajetória dos salários reais. Isto implica no fato de que quando os agente olham para o nível de consumo que o salário proporciona ao determinarem seu salário, um choque tecnológico causa uma maior oscilação dos salários

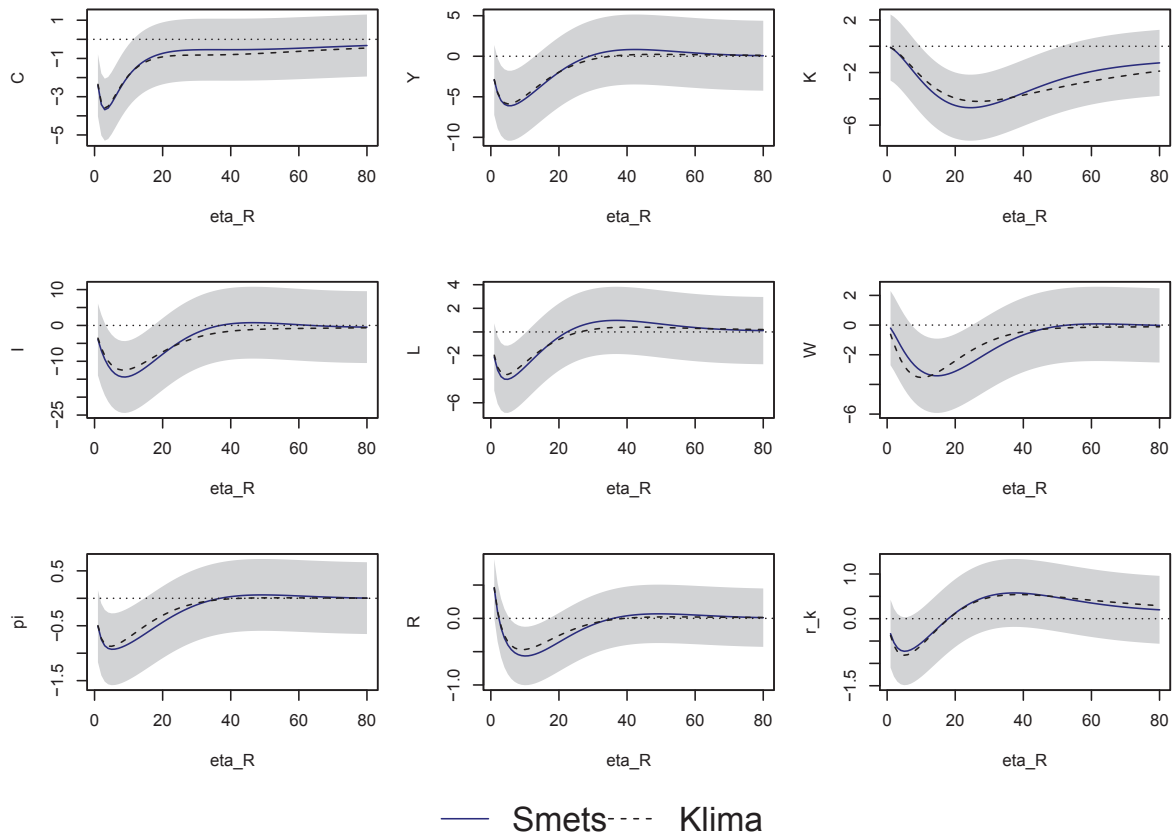


Figura 1.8 – Funções impulso-resposta para um choque na taxa de juros ( $\eta_t^R$ ).

Fonte: Elaboração própria. A linha azul e sólida representa a função impulso-resposta do modelo de Smets e Wouters (2003). A linha pontilhada representa a função impulso-resposta do modelo de Klima et al. (2015). Os valores estão em desvios em relação ao seu valor de estado-estacionário. A área cinza representa um intervalo de confiança de 95%, calculados com base no desvio-padrão amostral das funções impulso-resposta. A linha pontilhada é uma linha horizontal em zero, representando a referência para convergência da variável para seu nível de estado-estacionário. No eixo horizontal estão os períodos em trimestres. No eixo vertical, as funções impulso-resposta para cada variável.

pois este trabalhador é menos exigente. Esta suposição foi discutida na seção que trata do modelo. Tal suposição faz com que as famílias, neste caso, permitam oscilações de seus salários reais abaixo de seu nível de estado-estacionário. Em um primeiro momento, este choque gera uma diminuição do nível de salário real. Num segundo momento, o nível salarial se expande antes de retornar ao seu nível de estado estacionário.

A explicação para a contração inicial dos salários é que o choque tecnológico, inicialmente, causa uma queda na demanda por trabalho, pois uma mesma quantidade de produto pode ser produzida com um menor nível de trabalho contratado. Com isso, as famílias re-otimizam seus salários à um nível menor que o nível de longo prazo. Após este breve período inicial, o choque tecnológico torna o capital mais eficiente, estimulando os investimentos e a acumulação de estoque de capital. Isto faz com que a economia tenha as expansões de produto e consumo observadas. A partir disso, os salários iniciam sua trajetória de expansão por meio da retomada de crescimento do produto e contratação de mais trabalho.

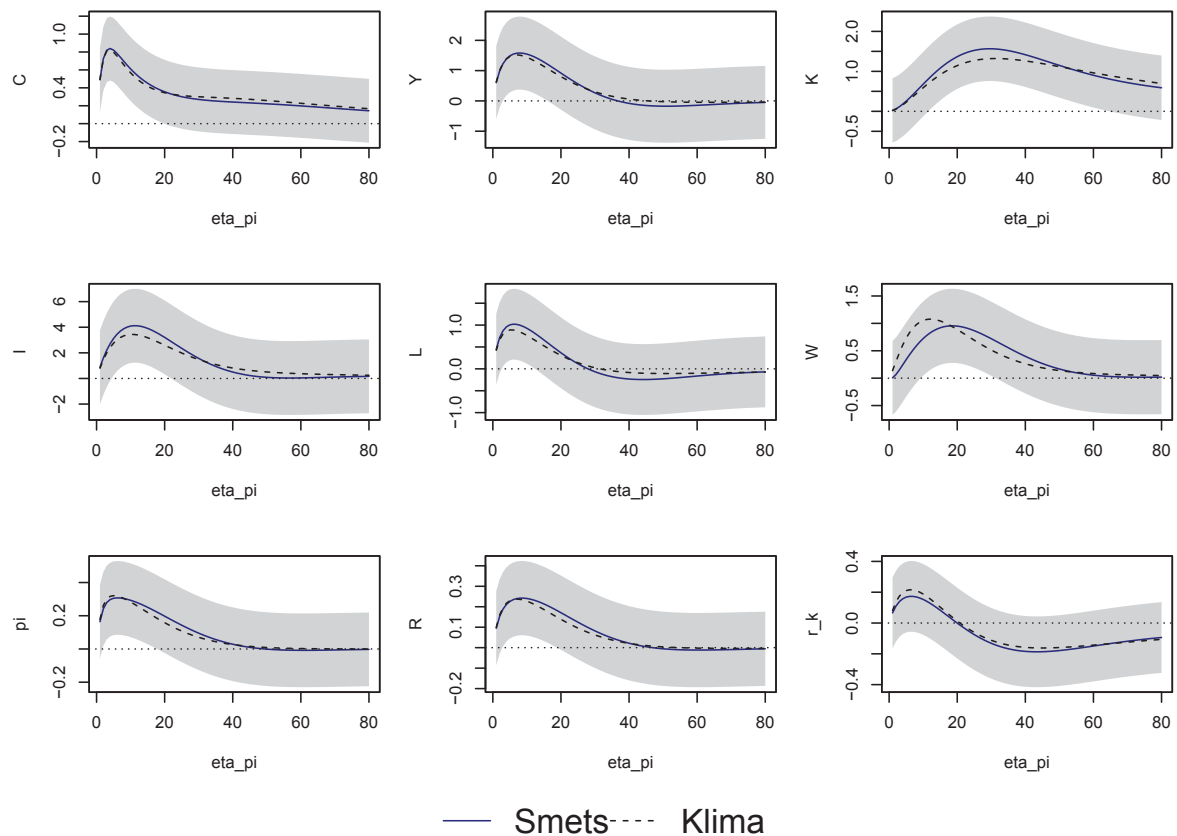


Figura 1.9 – Funções impulso-resposta para um choque na meta de inflação ( $\eta_t^\pi$ ).

Fonte: Elaboração própria. A linha azul e sólida representa a função impulso-resposta do modelo de Smets e Wouters (2003). A linha pontilhada representa a função impulso-resposta do modelo de Klima et al. (2015). Os valores estão em desvios em relação ao seu valor de estado-estacionário. A área cinza representa um intervalo de confiança de 95%, calculados com base no desvio-padrão amostral das funções impulso-resposta. A linha pontilhada é uma linha horizontal em zero, representando a referência para convergência da variável para seu nível de estado-estacionário. No eixo horizontal estão os períodos em trimestres. No eixo vertical, as funções impulso-resposta para cada variável.

No modelo de Klima et al. (2015), um choque tecnológico não gera a contração inicial do nível de salários como observado no modelo anterior. Um choque tecnológico no modelo de Klima et al. (2015), gera somente efeitos positivos sobre a trajetória dos salários. Neste modelo, as famílias olham para o benefício marginal do salário ao determinarem o nível de salário ótimo. Portanto, em sua função objetivo, apenas mudanças positivas são aceitas sobre os níveis salariais, fato que impõe uma fonte de rigidez real sobre o nível de salários. Isto caracteriza a maior exigência por partes destes agentes ao determinarem seu salário, não permitindo sua contração após um choque tecnológico.

Usar o benefício marginal do salário como argumento na função objetivo representa um agente otimizador mais exigente ao determinar seu salário. Esta pode ser uma interpretação teórica da rigidez de salários observada na literatura (SMETS; WOUTERS, 2003; SMETS; WOUTERS, 2007; CHRISTIANO; EICHENBAUM; EVANS, 2005; BARRATTIERI; BASU; GOTTSCHALK, 2014; BLANCHARD; GALÍ, 2005).

As funções impulso-resposta se mostram mais voláteis no modelo de Smets e

Wouters (2003) - Tabela 1. As linhas representam as variáveis consumo ( $C_t$ ), produto ( $Y_t$ ), estoque de capital ( $K_t$ ), investimentos ( $I_t$ ), ( $L_t$ ), salários reais ( $W_t$ ), taxa de inflação ( $\pi_t$ ), taxa de juros ( $R_t$ ) e remuneração do capital ( $r_t^k$ ). As colunas representam os choques do modelo, são eles: Um choque sobre as preferências dos consumidores ( $\eta_t^\beta$ ), um choque sobre a desutilidade de oferta de trabalho ( $\eta_t^L$ ), um choque sobre custo de ajustamento do investimento ( $\eta_t^I$ ), um choque de ineficiência do mercado de trabalho ( $\eta_t^w$ ), um choque tecnológico na produção de bens intermediários ( $\eta_t^a$ ), um choque sobre o nível de preços dos bens intermediários ( $\eta_t^p$ ), um choque nos gastos do governo ( $\eta_t^G$ ), um choque sobre a taxa de juros ( $\eta_t^R$ ) e um choque sobre a meta de inflação ( $\eta_t^\pi$ ).

Cada elemento da tabela representa a diferença entre os desvio-padrão das funções impulso-resposta do modelo de Smets e Wouters (2003) em relação ao modelo de Klima et al. (2015) para cada choque simulado. Cabe destaque para o choque de *mark-up* de salários ( $\eta_t^w$ ) que apresenta as maiores diferenças entre os dois modelos. A variável salários reais ( $W$ ) também apresenta diferenças importantes ao realizarmos esta comparação.

Tabela 1 – Diferença entre os desvio-padrão das funções impulso-resposta dos dois modelos para cada variável e choque - em percentual (%)

	$\eta_t^\beta$	$\eta_t^L$	$\eta_t^I$	$\eta_t^w$	$\eta_t^a$	$\eta_t^p$	$\eta_t^G$	$\eta_t^R$	$\eta_t^\pi$
$C_t$	3,19	4,94	-3,37	72,30	0,76	14,80	0,31	10,41	11,26
$Y_t$	21,58	-0,24	7,63	65,86	5,60	13,83	3,43	10,99	12,62
$K_t$	21,87	21,81	5,05	76,43	16,96	21,47	12,98	21,22	20,39
$I_t$	3,67	5,35	7,16	73,72	11,44	21,96	7,39	22,27	25,51
$L_t$	30,12	8,19	11,47	68,03	0,47	12,97	1,53	16,56	21,00
$W_t$	39,91	41,14	9,39	49,09	28,92	22,44	35,13	7,64	-4,03
$\pi_t$	47,63	50,10	4,04	67,38	19,74	0,42	39,93	15,10	5,92
$R_t$	14,41	15,42	9,06	63,08	4,05	25,91	15,65	21,04	9,93
$r_t^k$	-25,84	0,79	-1,62	37,22	2,77	0,23	-4,06	-6,36	-6,02

Fonte: Elaboração própria. Cada elemento da tabela representa a diferença em percentual dos desvios-padrão das funções impulso resposta de cada variável após o choque especificado, ex: o primeiro elemento na linha  $C_t$  e coluna  $\eta_t^\beta$  representa que, no modelo de Smets e Wouters (2003), o desvio-padrão da função impulso-resposta do consumo dado um choque nas preferências é 3,19% maior do que no modelo de Klima et al. (2015).

Quando ocorre um choque tecnológico, por exemplo, a variável que apresenta maior diferença de volatilidade das funções impulso-resposta são os salários reais, com desvio-padrão 28,92% maior no modelo de Smets e Wouters (2003) do que no modelo de Klima et al. (2015). Quando ocorre um choque de ineficiência no mercado de trabalho ( $\eta_t^w$ ), no primeiro modelo, todas as variáveis apresentaram maior volatilidade em suas funções impulso-resposta, entre elas o consumo (72,30%), estoque de capital (76,43%) e investimentos (73,72%).

Tabela 2 – Valores de estado estacionário para os modelos de Smets e Wouters (2003) e Klima et al. (2015).

Variáveis	(SMETS; WOUTERS, 2003)			(KLIMA et al., 2015)		
	Estad.	Est.	Desv. Pad.	Estad.	Est.	Desv. Pad.
$C$		1.20	5.27	1.20		5.09
$Y$		2.01	8.21	2.01		7.93
$K$		17.67	2.17	17.67		1.80
$I$		0.44	16.67	0.44		14.33
$L$		1.29	5.93	1.29		5.29
$W$		1.12	2.82	1.12		3.73
$\pi$		1.00	1.24	1.00		1.23
$R$		1.01	0.98	1.01		0.92
$r_k$		0.04	1.13	0.04		1.26
$f_1$		23.44	10.82	8.77		5.95
$f_2$		23.44	10.82	8.77		5.95
$g_1$		48.83	24.11	48.83		22.17
$g_2$		35.70	24.11	35.70		22.17

Fonte: Elaboração Própria. Valores de estado-estacionário (Estad. Est.) e desvio-padrão (Desv. Pad.) para os dois modelos.

### 1.5.2 Estado Estacionário

Com respeito aos valores de estado-estacionário, a única diferença entre os dois modelos ocorre nas condições de primeira ordem de determinação dos salários - Tabela 2. A utilidade marginal do salário no estado estacionário possui um nível maior no modelo de Smets e Wouters (2003) (23,44), contra um valor inferior apresentado pelo modelo de Klima et al. (2015) (8,77).

Por outro lado, a desutilidade marginal do trabalho também se encontra em um nível maior no primeiro modelo, contrabalançando o efeito da utilidade marginal do salário. Estes dois resultados antagônicos fazem com que o nível de utilidade no estado estacionário não mude,  $U = -427,94$ , o que implica que a nova especificação de determinação de salários não possui efeito sobre o bem-estar da economia.

Este resultado se mantém pelo menos quando usamos um método de perturbação de primeira ordem. Possivelmente, isso se deve ao fato de que para captarmos os efeitos sobre o bem-estar, realizar a linearização com uma perturbação de segunda ordem ou maior, torna os cálculos de bem-estar mais apurados (SCHMITT-GROHE; URIBE, 2004). Métodos de solução de sistema de equações que usam linearizações de ordens mais altas diminuem o resíduo da solução e, conseqüentemente, minimizam possíveis erros de aproximação (FERNÁNDEZ-VILLAVERDE; RUBIO-RAMIREZ; SCHORFHEIDE, 2015).

Em geral, os desvio-padrão das variáveis são maiores para o modelo de Smets e Wouters (2003). Este fato indica outra evidência de maior volatilidade quando as famílias olham para o nível de utilidade em sua função objetivo de determinação de salários. Apenas os salários e remuneração do capital apresentaram menor variância no modelo de Smets e

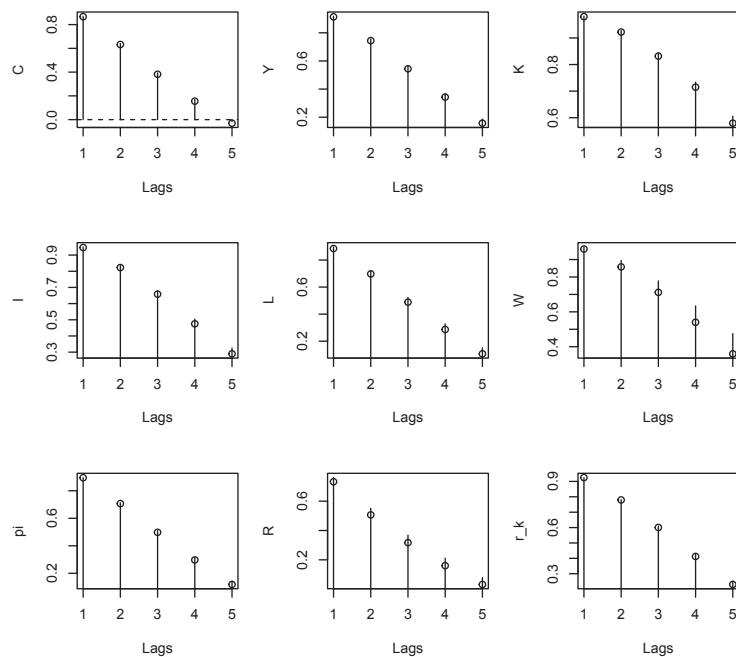


Figura 1.10 – Funções de autocorrelação

Fonte: Elaboração própria. Funções de autocorrelação dos dois modelos comparados. As linhas verticais representam as autocorrelações do modelo de (SMETS; WOUTERS, 2003), os pontos representam as autocorrelações do modelo de (KLIMA et al., 2015)

Wouters (2003) em comparação ao modelo de Klima et al. (2015).

### 1.5.3 Autocorrelações

Os modelos não apresentam grandes diferenças para as autocorrelações das variáveis. Apenas as variáveis salários reais ( $W$ ) e taxa de juros ( $R$ ) apresentaram diferenças em suas autocorrelações porém com pouca magnitude.

Após estes exercícios, podemos concluir que a especificação do modelo apresentada em Smets e Wouters (2003), em que as famílias levam em conta o nível de utilidade que o salário lhe pode proporcionar ao determinarem seu salário, traz uma maior volatilidade para algumas variáveis do modelo. Esta maior volatilidade ocorre principalmente nas trajetórias do consumo e estoque de capital após choques de *mark-up* e na trajetória dos salários reais após choques de tecnologia.

No modelo de Smets e Wouters (2003), algumas variáveis respondem mais à determinados tipos choques exógenos do que no modelo de Klima et al. (2015). Estes fatos trazem à tona a questão de que, ao se analisar estes modelos para formulação de políticas econômicas, alterações na forma como se determinam as escolhas dos agentes econômicos podem causar diferenças nos impactos sobre os efeitos de tais políticas. Isto pode ocorrer



tanto em questão de magnitude e persistência dos efeitos de choques exógenos, quanto na direção dos seus efeitos.

Com respeito aos modelos comparados, verificou-se não só o fato que as diferentes formulações de determinação dos salários podem causar resultados diferentes. Também foi possível auferir quantitativamente e qualitativamente quais são estas diferenças. Portanto, na formulação de uma política em relação aos salários, se o formulador se depara com uma série histórica em que os salários apresentem uma rigidez para baixo, a estrutura apresentada por [Klima et al. \(2015\)](#) se torna mais adequada. Nele, o agente é mais exigente na determinação de seus salários, o que impõe uma rigidez real dos salários frente à um choque tecnológico.

## 1.6 Conclusão

Quando ocorrem recessões ou contrações econômicas, surgem questionamentos e análises de quais políticas devem ser adotadas para a retomada da trajetória de crescimento. Vários espectros são analisados, diferentes políticas são propostas, das mais diferentes abordagens teóricas e técnicas. O objetivo central deste ensaio foi mostrar que quando se usam modelos de equilíbrio geral dinâmico estocástico para se analisar tais questões, os efeitos das políticas propostas são sensíveis à forma como se especificam o comportamento dos agentes econômicos. Mais precisamente, se comparou os modelos de [Smets e Wouters \(2003\)](#) e de [Klima et al. \(2015\)](#). No primeiro modelo, os agentes ao determinarem seu salário ótimo, levam em consideração qual o nível de utilidade proporcionado pelo nível de salário escolhido. No segundo modelo, os agentes usam como critério de escolha, o benefício marginal que o salário lhes proporciona, em vez do nível de utilidade.

Mostrou-se, após a análise dos resultados, que tal mudança gera diferenças importantes nos efeitos dos choques exógenos sobre a trajetória dos agregados econômicos. Estas diferenças se mostraram estaticamente significativas para a trajetória dos salários, após um choque tecnológico e para trajetória do consumo e estoque de capital, após um choque de *mark-up* dos salários.

Estas diferenças de efeito se traduzem em uma maior sensibilidade à choques exógenos quando consideramos que as famílias escolhem seus salários a fim de maximizar sua utilidade. Além desta maior sensibilidade, uma maior persistência dos choques foi observada. O modelo de [Smets e Wouters \(2003\)](#) também apresentou maior volatilidade, principalmente sobre os salários em face à um choque tecnológico.

A metodologia DSGE para o estudo da macroeconomia é uma ferramenta difundida no mundo todo, muito eficaz quando se pretende mensurar efeitos de política em um nível macroeconômico. Entretanto, esta fragilidade em relação às especificações de comportamento dos agentes é alvo de críticas ([STIGLITZ, 2017](#)). Para contornar tais

questionamentos, esta metodologia vem se utilizando cada vez mais de microdados para se especificar o comportamento dos agentes e para estimar os parâmetros que fazem parte de sua construção (CHRISTIANO; EICHENBAUM; TRABANDT, 2018).

Outras sugestões a serem incorporadas em pesquisas futuras é a comparação dos resultados deste modelo com dados empíricos. A questão de rigidez salarial vem sendo bastante discutida, como mostrou a revisão de literatura. Por isso, a estimação do parâmetro de rigidez salarial e de outros que compõem o modelo seria uma contribuição relevante. Usando-se dados da economia brasileira também seria algo que complementaria a literatura que discute o tema rigidez de salários no âmbito nacional.

## Parte II

Ensaio 2<sup>o</sup> - Investimento em infraestrutura e impostos distorcivos: Efeitos de política fiscal usando um modelo microfundamentado

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

### 2.1 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 agrega 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 movimentam 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, obtêm 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 lazer<sup>1</sup>.

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 \(2019\)](#) 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 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.

---

<sup>1</sup> Que é o oposto de desutilidade marginal do trabalho.

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  $\gamma$ , 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  $\gamma$ . 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.

## 2.2 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 idiossincráticos 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 estimações 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 [Malliagos \(1997\)](#) 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 Malliagos \(1998\)](#) apresentam uma análise empírica do setor de infraestrutura brasileira no período de 1950 a 1995. Tal trabalho se concentra na estimação 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 Malliagos \(1998\)](#) 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 Malliagos \(1998\)](#) 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 econométricos 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 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 significativo 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 uma 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 microfundaamentos. Portanto, criam-se bases para que a questão de infraestrutura também possa ser estudada usando tanto a teoria microeconômica, quanto microdados.

## 2.3 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.

### 2.3.1 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  $\beta$  é o parâmetro de desconto subjetivo.  $\eta$  é o inverso da elasticidade do esforço de trabalho com respeito ao salário real e  $\mu$  é o coeficiente de aversão relativa ao risco ou o inverso da elasticidade de substituição intertemporal do consumo (SMETS; WOUTERS, 2003).  $X_t = K_t^{G^{1-\gamma}} K_{t-1}^s{}^\gamma$  é o estoque de capital agregado no período  $t$ , que afeta diretamente a utilidade marginal do lazer.  $\gamma$  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 (2.2) e a equação de transição do capital (2.3).

$$\max_{K_t^s, C_t, L_t^s, I_t} U_t = \beta E_t [U_{t+1}] + u_t \quad (2.1)$$

s.t. :

$$I_t + C_t (1 + \tau^C) = \pi_t - T_t + K_{t-1}^s r_t (1 - \tau^r) + L_t^s W_t (1 - \tau^W) \quad (\lambda_t^{\text{CONSUMER}^1}) \quad (2.2)$$

$$K_t^s = I_t + K_{t-1}^s (1 - \delta) \quad (\lambda_t^{\text{CONSUMER}^2}) \quad (2.3)$$

$$u_t = \frac{C_t^{1-\mu}}{(1-\mu)} - \frac{(L_t^s X_t)^{1+\eta}}{(1+\eta)} \quad (2.4)$$

Na restrição orçamentária (2.2), 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.  $\tau^C$ ,  $\tau^r$ ,  $\tau^W$  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 (2.3),  $\delta$  representa a taxa de depreciação do estoque de capital e o investimento é a variação líquida no estoque de capital

### 2.3.1.1 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 (2.5) à (2.8) representam a derivada do Lagrangeano dinâmico dado por (2.1), (2.2) e (2.3) com respeito à oferta de capital,  $K_t^s$ , consumo,  $C_t$ , oferta de trabalho,  $K_t^s$  e investimento,  $I_t$ .

A equação (2.5) 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.

$$-\lambda_t^{\text{CONSUMER}^2} + \beta \left( (1 - \delta) E_t [\lambda_{t+1}^{\text{CONSUMER}^2}] + (1 - \tau^r) E_t [\lambda_{t+1}^{\text{CONSUMER}^1} r_{t+1}] \right) = 0 \quad (K_t^s) \quad (2.5)$$

$$\lambda_t^{\text{CONSUMER}^1} (-1 - \tau^C) + C_t^{-\mu} = 0 \quad (C_t) \quad (2.6)$$

$$-X_t (L_t^s X_t)^\eta + \lambda_t^{\text{CONSUMER}^1} W_t (1 - \tau^W) = 0 \quad (L_t^s) \quad (2.7)$$

$$-\lambda_t^{\text{CONSUMER}^1} + \lambda_t^{\text{CONSUMER}^2} = 0 \quad (I_t) \quad (2.8)$$

A equação (2.6) estabelece que a utilidade marginal da renda,  $\lambda_t^{\text{CONSUMER}^1}$ , é igual à utilidade marginal do consumo. A equação (2.7) 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 (2.8) mostra que no ótimo, a utilidade marginal da renda deve ser igual à utilidade marginal da oferta de capital.

### 2.3.2 Firmas

As firmas enfrentam um mercado de produtos e fatores perfeitamente competitivos, sendo  $\pi_t$  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 (2.10).

$$\max_{K_t^d, L_t^d, Y_t} \pi_t = Y_t - L_t^d W_t - r_t K_t^d \quad (2.9)$$

s.t. :

$$Y_t = Z_t K_t^{\text{d}\alpha} (L_t^d X_t)^{1-\alpha} \quad (\lambda_t^{\text{FIRM}^1}) \quad (2.10)$$

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  $\eta_t^Z$  tem comportamento Gaussiano.

$$\log Z_t = \phi \log Z_{t-1} + \eta_t^Z \quad (2.11)$$

### 2.3.2.1 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 (2.12) à (2.14) são as derivadas do problema de maximização de lucro, (2.9), restrito à tecnologia de produção, (2.10).

$$-r_t + \alpha \lambda_t^{\text{FIRM}^1} Z_t K_t^{\text{d}-1+\alpha} (L_t^d X_t)^{1-\alpha} = 0 \quad (K_t^d) \quad (2.12)$$

$$-W_t + \lambda_t^{\text{FIRM}^1} X_t Z_t (1 - \alpha) K_t^{\text{d}\alpha} (L_t^d X_t)^{-\alpha} = 0 \quad (L_t^d) \quad (2.13)$$

$$1 - \lambda_t^{\text{FIRM}^1} = 0 \quad (Y_t) \quad (2.14)$$

A equação (2.12) estabelece que a remuneração do capital,  $r_t$ , deve ser igual à produtividade marginal do capital. A equação (2.13) 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.

### 2.3.3 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,  $X_t = K_t^{G^{1-\gamma}} K_{t-1}^s{}^\gamma$ . O comportamento do governo é considerado exógeno pelas famílias e pelas firmas. O gasto do governo depende de um distúrbio aleatório  $\epsilon_t^G$  e de um nível de gastos autônomo  $G^{\text{bar}}$ .

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

O termo estocástico  $\eta_t^G$  tem um comportamento Gaussiano i.i.d.,

$$\log \epsilon_t^G = \rho^G \log \epsilon_{t-1}^G + \eta_t^G. \quad (2.15)$$

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*,  $T_t$ .

$$G_t = \tau^C C_t + \tau^r r_t K_{t-1}^s + \tau^W W_t L_t^s + T_t \quad (2.16)$$

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

### 2.3.4 Equilíbrio

As relações de equilíbrio para a solução do modelo são descritas pelas equações abaixo. A equação (2.17) 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 (2.18) estabelece que a oferta de trabalho é igual a demanda por trabalho, portanto se supõe ausência de desemprego neste modelo.

$$K_t^d = K_{t-1}^s \quad (2.17)$$

$$L_t^d = L_t^s \quad (2.18)$$

$$G_t = K_t^G \quad (2.19)$$

A equação (2.19) 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.

### 2.3.5 Definição dos parâmetros

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

$$-0.36Y_{ss} + r_{ss}K_{ss}^d = 0 \rightarrow \alpha. \quad (2.20)$$

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

$$\frac{G_{ss}}{Y_{ss}} = 0.4 \rightarrow G^{\text{bar}}. \quad (2.21)$$

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, 2019](#))<sup>2</sup>. 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 feita uma análise de sensibilidade em relação à  $\gamma$  e os resultados são apresentados na próxima seção.

## 2.4 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-WIJTIWIAK, 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  $\gamma$ . Este parâmetro representa a participação do capital privado no estoque de capital total da economia.

<sup>2</sup> Último ano de informação disponível.



### 2.4.1 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 ( $\tau_C$ ).

Quando ocorre um choque tecnológico nesta economia, o efeito contemporâneo é um aumento da remuneração do capital, Figura 2.1. 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.

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



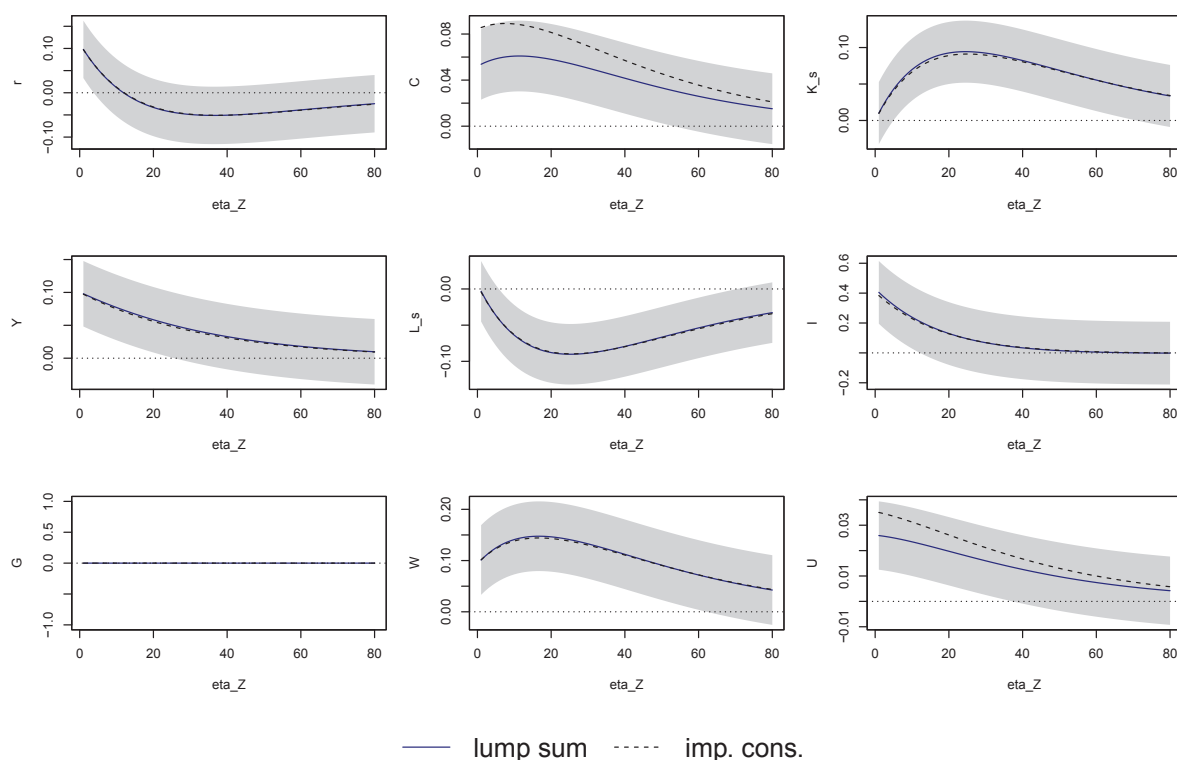


Figura 2.1 – Funções impulso-resposta após um choque na tecnologia.

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.

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 2.3. 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

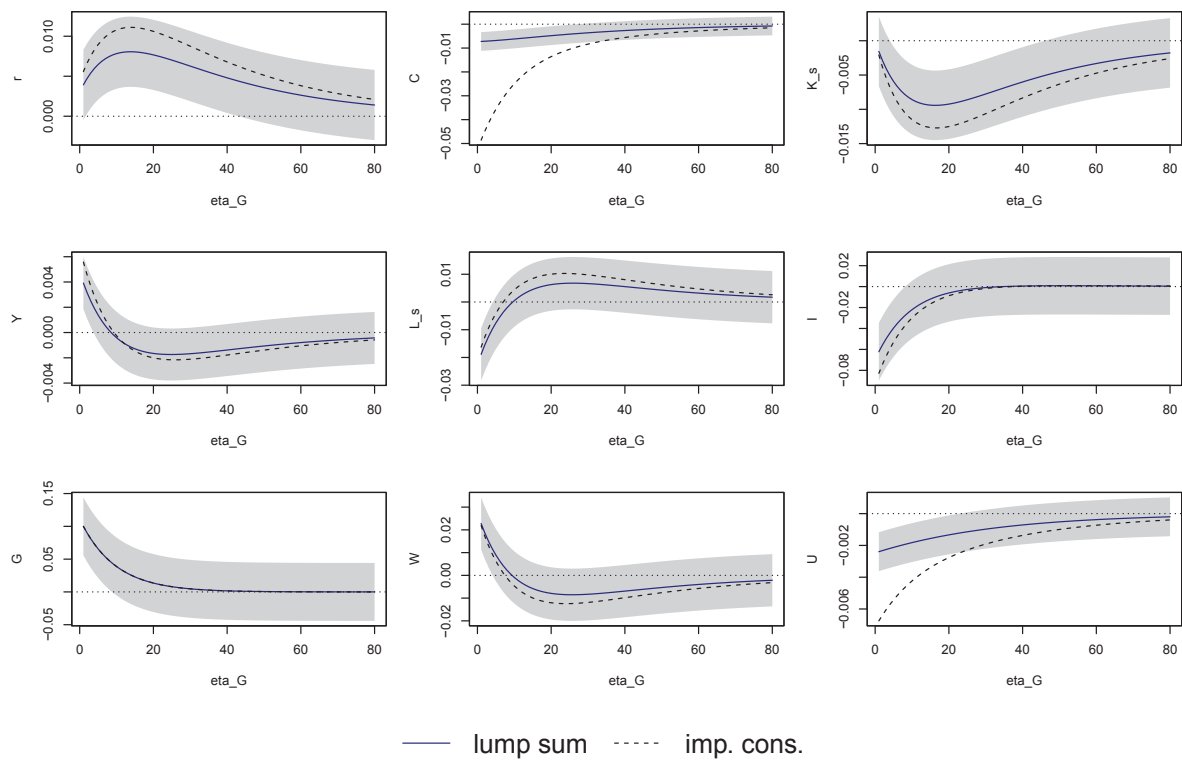


Figura 2.2 – Funções impulso-resposta após um choque nos gastos do governo.

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.

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 2.1, a arrecadação de impostos  $T_t$ , 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

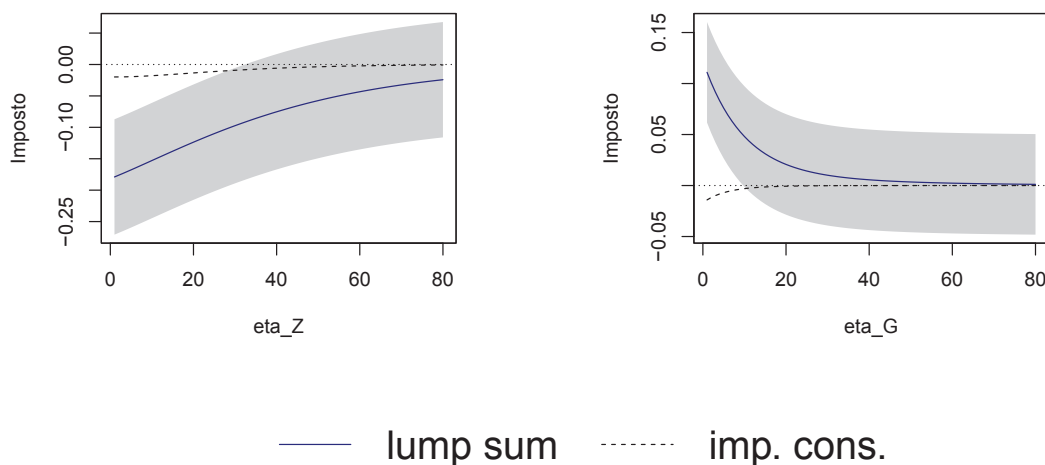


Figura 2.3 – Funções impulso-resposta dos impostos após um choque na tecnologia e nos gastos do governo.

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  $T_t$ .

decrecentes; 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 (2.13). A redução no emprego é justificada tanto pelo aumento de eficiência do trabalho quanto pela expansão da desutilidade marginal do trabalho<sup>3</sup>.

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 conseqüentemente o nível de salários. A redução no estoque de capital também reduz a desutilidade marginal do trabalho após o décimo trimestre.

### 2.4.2 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

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

do capital agregado. Entretanto, se usarmos uma formulação alternativa para a função utilidade instantânea

$$u_t = \frac{(C_t^\mu (1 - L_t^s)^{1-\mu})^{1-\eta}}{(1 - \eta)}, \quad (2.22)$$

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  $\gamma$ ). Portanto, as simulações reportadas daqui em diante usam não separabilidade entre consumo e lazer na formulação do problema do consumidor.

A Figura 2.4 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  $\gamma$ , 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.

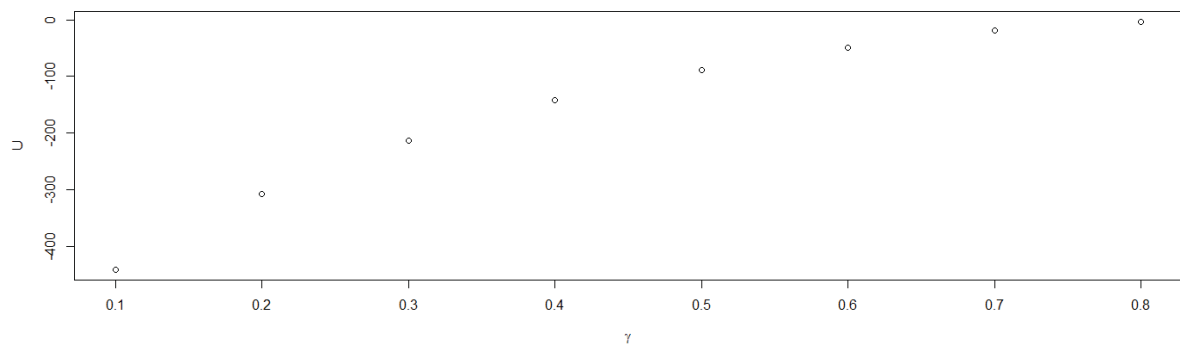


Figura 2.4 – Sensibilidade do nível de utilidade de estado estacionário em relação ao parâmetro  $\gamma$ .

Na Figura 2.5 estão representados os valores de estado estacionário do consumo em relação às alterações no parâmetro  $\gamma$ . O consumo de longo prazo se mostrou pouco sensível às mudanças na proporção de capital privado em relação ao estoque de capital para quase todos os valores do parâmetro  $\gamma$  simulados. Porém, a partir do valor de 0,7, o consumo de estado estacionário responde significativamente às variações da proporção de capital privado no estoque de capital total.

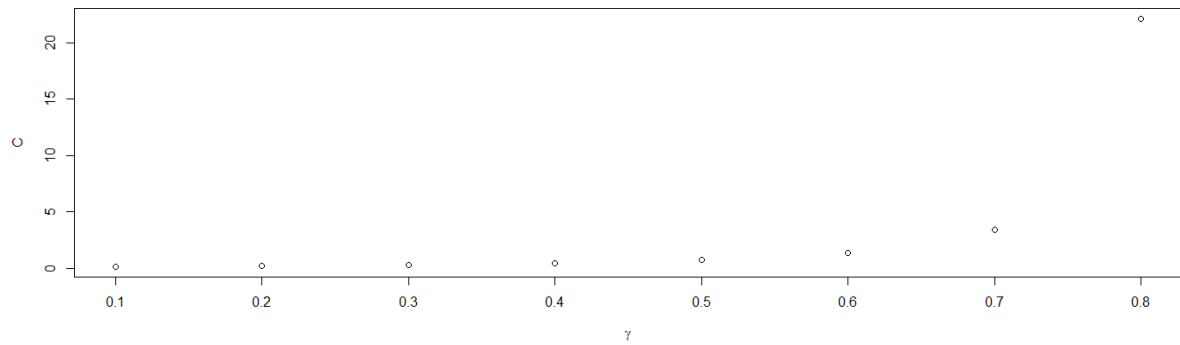


Figura 2.5 – Sensibilidade do nível de consumo de estado estacionário em relação ao parâmetro  $\gamma$ .

Na Figura 2.6 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  $\gamma$ . 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.

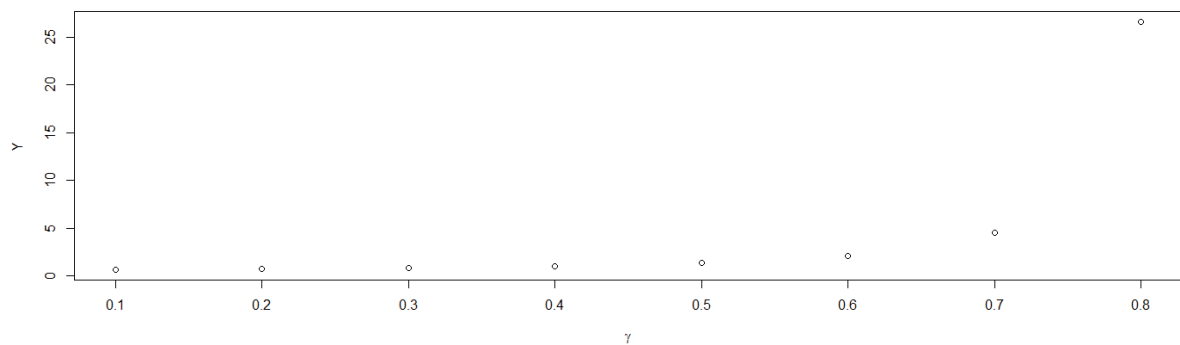
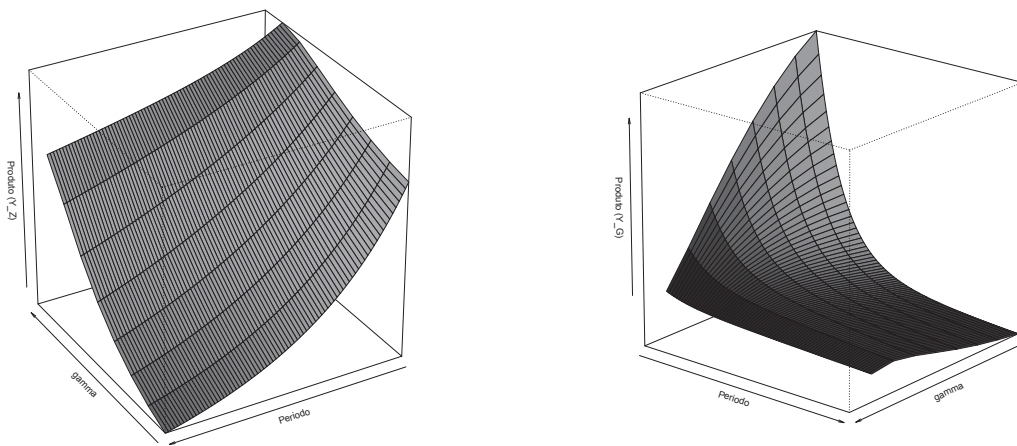


Figura 2.6 – Sensibilidade do nível de produto de estado estacionário em relação ao parâmetro  $\gamma$ .

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  $\gamma$ . 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.

### 2.4.3 Análise de sensibilidade das trajetórias

Além da análise de sensibilidade dos valores das variáveis agregadas em estado estacionário, ao variarmos o valor do parâmetro  $\gamma$ , podemos auferir também diferentes trajetórias destas variáveis. Na Figura 2.7a 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  $\gamma$ , maior é o efeito contemporâneo do choque tecnológico sobre o produto. Podemos auferir também que, quanto maior o parâmetro  $\gamma$ , maior a persistência do produto frente a um choque tecnológico.



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

Figura 2.7 – Análise de Sensibilidade das trajetórias do produto

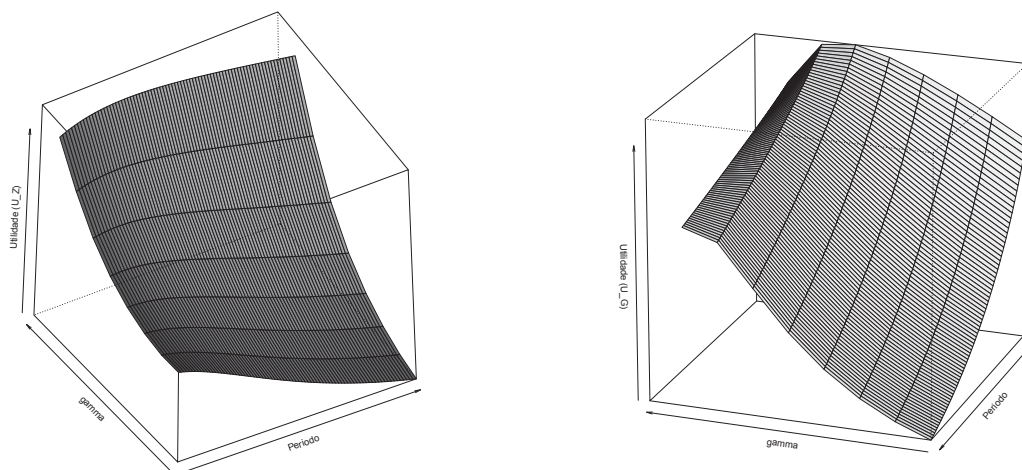
Na Figura 2.7b temos a sensibilidade da trajetória do produto frente à variações no parâmetro  $\gamma$ , dado um choque nos gastos do governo. Deste exercício, destaca-se o fato de que quanto maior for a participação de capital privado na economia, menor o efeito contemporâneo de um choque nos gastos do governo. Para pequenos valores de  $\gamma$ , 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 2.8a está representada a sensibilidade da trajetória da utilidade em relação às variações na proporção de capital privado no estoque de capital total, dado um choque tecnológico. Neste caso, quanto maior o parâmetro  $\gamma$ , 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 2.8b está representada a sensibilidade da trajetória da utilidade em relação às variações no parâmetro  $\gamma$ , dado um choque nos gastos do governo. Podemos observar que não existe uma regra 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  $\gamma$  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  $\gamma$ , 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.



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

Figura 2.8 – Análise das trajetórias da Utilidade.

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  $\gamma$ , 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.

## 2.5 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 a valor do parâmetro  $\gamma$  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  $\gamma$ , 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 resultado 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  $\gamma$ , 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.

## Considerações Finais

A mensuração da eficácia de políticas públicas pode ser realizada usando-se diversas metodologias, a modelagem DSGE é uma delas. O formulador de política econômica, ao se utilizar deste método, deve montar uma estrutura em que os agentes, suas funções objetivo e restrições sejam compatíveis com o objeto de estudo, normalmente um país. As características de cada agente econômico, sejam as famílias, empresas, governo ou autoridade monetária, devem ser incorporados ao modelo adequadamente, a fim de reproduzir os fatos estilizados daquela economia e com isso criar um embasamento teórico sólido para se formular políticas econômicas eficazes. Os ensaios apresentados aqui chamaram atenção para algumas características dos modelos DSGE que podem impactar nos resultados das simulações destes modelos.

O primeiro ensaio comparou dois modelos que diferem apenas na forma em que as famílias determinam seus salários. No primeiro modelo, as famílias levam em conta qual o nível de utilidade que o salário pode proporcionar. No segundo modelo, as famílias consideram qual o benefício marginal que o salário pode lhes proporcionar. Esta diferença de suposição do comportamento das famílias trouxe diferenças relevantes para os resultados das simulações entre os dois modelos.

No primeiro modelo, os salários, frente ao choque tecnológico, apresenta uma maior volatilidade, caindo para um nível abaixo de seu estado estacionário em um primeiro momento e depois passando para um nível acima de seu nível de longo prazo antes de retomar sua trajetória de convergência. No segundo modelo, a trajetória dos salários, dado um choque tecnológico, se mostra acima de seu estado estacionário ao longo de todos os períodos. Portanto, o segundo modelo impõe uma rigidez para baixo do nível de salários quando ocorre um choque tecnológico. Além desta maior volatilidade observada no primeiro modelo, este apresenta uma maior persistência de suas variáveis frente aos choques de tecnologia, de desutilidade do trabalho e de taxa de juros.

O segundo ensaio usou uma estrutura em que existe investimento em infraestrutura, tanto por parte do governo, quanto por parte do setor privado. Os investimentos destes dois setores formam o estoque de capital total da economia, que impacta tanto a produtividade marginal do trabalho quanto a utilidade marginal do lazer. Esta estrutura trouxe uma maior persistência para as trajetórias das variáveis frente à um choque de gastos do governo e frente à um choque tecnológico. Além disso, realizou-se uma análise de sensibilidade do valor de estado estacionário e das trajetórias das variáveis estudadas frente à mudanças na proporção de capital privado no estoque de capital total da economia. Os resultados desta análise mostraram que uma maior proporção de estoque de capital privado gera melhores respostas do produto, consumo e bem-estar, após choques positivos na tecnologia e nos

gastos do governo.

O segundo ensaio também mostrou que quando a variável de ajuste aos choques exógenos 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 quando o imposto sobre o consumo é a variável de ajuste fiscal após os choques exógenos.

Por fim, os ensaios apresentados contribuem com a teoria de modelagem DSGE, discutindo os impactos de diferentes formulações nos resultados dos modelos e mostrando qual a magnitude e qual a direção de tais alterações. A partir destes resultados, criou-se novos questionamentos que dão continuidade à pesquisa nos temas relacionados e se fortaleceu o embasamento teórico para a formulação de políticas macroeconômicas que usam o método DSGE.

## Referências

- ADJEMIAN, S.; PARIÈS, M. D.; MOYEN, S. *Optimal monetary policy in an estimated DSGE for the euro area*. [S.l.], 2007. Disponível em: <<https://www.econstor.eu/handle/10419/153237>>. 26, 29
- 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>>. 64
- BARATTIERI, A.; BASU, S.; GOTTSCHALK, P. Some Evidence on the Importance of Sticky Wages. *American Economic Journal: Macroeconomics*, v. 6, n. 1, p. 70–101, jan. 2014. ISSN 1945-7707. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/mac.6.1.70>>. 20, 21, 52
- BERTUSSI, G. L.; JR, R. E. 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>>. 64
- BHATTARAI, S.; EGGERTSSON, G.; SCHOENLE, R. *Is Increased Price Flexibility Stabilizing? Redux*. [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w19886>>. 21
- BLANCHARD, O. J.; GALÍ, J. *Real Wage Rigidities and the New Keynesian Model*. Rochester, NY, 2005. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=842285>>. 52
- BONDESTSTEIN, M.; ZHAO, J. *Employment, Wages, and Optimal Monetary Policy*. Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.17016/FEDS.2017.091>>. 21
- CALVO, G. A. Staggered prices in a utility-maximizing framework. *Journal of Monetary Economics*, v. 12, n. 3, p. 383–398, set. 1983. ISSN 0304-3932. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304393283900600>>. 27, 28, 34, 36
- 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>>. 60, 62, 65
- CHRISTIANO, L.; EICHENBAUM, M.; EVANS, C. Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, v. 113, n. 1, p. 1–45, fev. 2005. ISSN 0022-3808. Disponível em: <<http://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/426038>>. 19, 20, 26, 27, 28, 52
- CHRISTIANO, L. J.; EICHENBAUM, M. S.; TRABANDT, M. On DSGE Models. *Journal of Economic Perspectives*, v. 32, n. 3, p. 113–140, ago. 2018. ISSN 0895-3309. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.32.3.113>>. 57
- 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](http://periodicos.ufsm.br/eed/article/download/11283/pdf)>. 65

- DICKENS, W. T. et al. *How Wages Change: Micro Evidence from the International Wage Flexibility Project*. Rochester, NY, 2006. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=942738>>. 21
- DIXIT, A. K.; STIGLITZ, J. E. Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *The American Economic Review*, v. 67, n. 3, p. 297–308, 1977. ISSN 00028282. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/1831401>>. 32
- ERCEG, C. J.; HENDERSON, D. W.; LEVIN, A. T. Optimal monetary policy with staggered wage and price contracts. *Journal of Monetary Economics*, p. 33, 2000. 27
- FERNÁNDEZ-VILLAVERDE, J. *The Economic Consequences of Labor Market Regulations*. Rochester, NY, 2016. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=2937931>>. 21, 22
- FERNÁNDEZ-VILLAVERDE, J.; RUBIO-RAMÍREZ, J. F.; SCHORFHEIDE, F. *Solution and Estimation Methods for DSGE Models*. Rochester, NY, 2015. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=2711302>>. 54
- 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. 59, 64
- 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. 64
- FERREIRA, T. T.; AZZONI, C. R. Arranjos institucionais e investimento em infraestrutura no Brasil. *Revista do BNDES*, v. 35, p. 37–86, jun. 2011. 64
- FLOOD, M. An introduction to complete markets. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, p. 32–57, 1991. 31
- GALI, J. Notes for a New Guide to Keynes (i): Wages, Aggregate Demand, and Employment. *Journal of the European Economic Association*, v. 11, n. 5, p. 973–1003, out. 2013. ISSN 1542-4774. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jeea.12032/abstract>>. 18, 19
- GALÍ, J.; MONACELLI, T. *Understanding the Gains from Wage Flexibility: The Exchange Rate Connection*. [S.l.], 2016. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/22489.html>>. 17, 20
- IPEADATA. 2019. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. 60, 70
- KIM, J. *The Effect of Heterogeneous Wage Contracts on Macroeconomic Volatility in a Financially Fragile Economy*. Rochester, NY, 2017. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=2998350>>. 22
- KLIMA, G.; PODEMSKI, K.; RETKIEWICZ-WIJTIWIAK, 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>>. 70
- KLIMA, G. et al. *Smets-Wouters '03 model revisited - an implementation in gEcon*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/p/pramprapa/64440.html>>. 11, 18, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 36, 38, 39, 40, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 70

- 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>>. 59, 64
- MAS-COLELL, A.; WHINSTON, M. D.; GREEN, J. R. *Microeconomic Theory*. New York: Onford University Press Inc., 1995. v. 1. 42, 59
- MINEYAMA, T. *Downward Nominal Wage Rigidity and Inflation Dynamics During and After the Great Recession*. Rochester, NY, 2018. Disponível em: <<https://papers.ssrn.com/abstract=3157995>>. 22
- 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>>. 60, 63
- 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>>. 59, 63, 64
- 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. 60, 70
- SCHMITT-GROHE, S.; URIBE, M. *Optimal Simple and Implementable Monetary and Fiscal Rules*. [S.l.], 2004. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w10253>>. 30, 33, 38, 39, 54
- SCHMITT-GROHÉ, S.; URIBE, M. Downward Nominal Wage Rigidity, Currency Pegs, and Involuntary Unemployment. *Journal of Political Economy*, v. 124, n. 5, p. 1466–1514, ago. 2016. ISSN 0022-3808. Disponível em: <<http://www.journals.uchicago.edu/doi/full/10.1086/688175>>. 22
- SIMS, E. *Graduate Macro Theory II: A Medium-Scale New Keynesian DSGE Model*. [S.l.], 2016. 44 p. 36
- 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>>. 11, 17, 18, 19, 24, 26, 27, 28, 29, 34, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 66
- SMETS, F.; WOUTERS, R. Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. *American Economic Review*, v. 97, n. 3, p. 586–606, jun. 2007. ISSN 0002-8282. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/aer.97.3.586>>. 19, 52
- STIGLITZ, J. E. *Where Modern Macroeconomics Went Wrong*. [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w23795>>. 56
- 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>>. 62, 65