

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**Julia Wrobel Folescu Gottlieb**

**Estimativas e Determinantes da Taxa de  
Juros Real Neutra no Brasil**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação de economia da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de mestre em economia.

Orientador: Prof. Márcio Gomes Pinto Garcia

Co-orientador: Profa. Monica Baumgarten de Bolle

Rio de Janeiro, Março de 2013



**Julia Wrobel Folescu Gottlieb**

## **Estimativas e Determinantes da Taxa de Juros Real Neutra no Brasil**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Márcio Gomes Pinto Garcia**

Orientador  
Departamento de Economia - PUC-Rio

**Profa. Monica Baumgarten de Bolle**

Co-orientador  
Departamento de Economia - PUC-Rio

**Prof. Marcelo Cunha Medeiros**

Departamento de Economia – PUC-Rio

**Prof. Felipe Tamega**

Departamento de Economia – PUC-Rio

**Profa. Monica Herz**

Coordenador(a) Setorial do Centro de Ciências Sociais - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 1º março de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Julia Wrobel Folescu Gottlieb**

Graduou-se em Economia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em 2010. Mestre em Economia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em 2013.

#### Ficha Catalográfica

Gottlieb, Julia Wrobel Folescu

Estimativas e Determinantes da Taxa de Juros Real Neutra no Brasil / Julia Wrobel Folescu Gottlieb; orientador: Márcio Gomes Pinto Garcia; co-orientador: Monica Baumgarten de Bolle – Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Economia, 2013.

54 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Economia.

Incluí referências bibliográficas.

1. Economia - Teses. 2. Taxa de juros real neutra. 3. Taxa Natural de Desemprego. 4. Nairu I. Garcia, Márcio Gomes Pinto Garcia. II. Bolle, Monica Baumgarten de. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Economia. IV. Título.

CDD:330

À minha família e ao Felipe por me mostrarem que a  
estrada vai além do que se vê.

## Agradecimentos

À minha mãe, Tania, minha confidente e maior exemplo de força e determinação, por estar sempre ao meu lado e por me entender mesmo quando me faltam as palavras. Ao meu pai, Jaime, por sua preocupação e por me mostrar que carinho é feito muito mais de gestos do que de palavras. Aos meus pais, por me incentivarem a voar, mas acima de tudo por me mostrarem que perto deles eu sempre vou ter pouso firme.

Ao meu marido, Felipe, por me mostrar o que é o amor, pelo seu sorriso todos os dias e por ser a minha parte calma, que me fez ter forças de seguir em frente mesmo nos momentos mais difíceis.

À minha avó Eva e minha irmã Renata pelo carinho, apoio e pelos momentos de diversão que ajudaram a aliviar o stress.

Ao meu orientador o professor Marcio Garcia, que além de contribuir com o seu conhecimento acadêmico, também me ajudou a manter a calma durante o período de confecção da dissertação.

À minha co-orientadora Monica de Bolle pelas sugestões e pela ajuda de sempre, não só nessa dissertação, mas ao longo da minha carreira.

Ao professor Marcelo Medeiros pelas sugestões econométricas que enriqueceram este trabalho.

Aos meus amigos pelos momentos de descontração, em especial a Laura Souza por todo seu apoio.

Ao departamento de economia da PUC-Rio que me formou como economista e onde passei boa parte dos meus últimos seis anos.

## Resumo

Gottlieb, Julia Wrobel Folescu; Garcia, Márcio Gomes Pinto; Bolle, Monica Baumgarten de. **Estimativas e Determinantes da Taxa de Juros Real Neutra no Brasil**. 54 p. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação de Mestrado – Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A taxa de juros real neutra é um *benchmark* fundamental para caracterizar a orientação da política monetária em determinado período do tempo. Ela varia de acordo com fatores estruturais e conjunturais da economia. O objetivo principal desta dissertação é, a partir de diferentes estimativas econométricas, determinar a evolução da taxa de juros neutra da economia brasileira e tentar explicar quanto da queda recente se deve às mudanças estruturais, como o processo de estabilização, e quanto se deve a fatores conjunturais e temporários, como a recessão mundial e a flexibilização de política monetária no mundo. De posse dessas estimativas, é possível caracterizar a postura da autoridade monetária nos últimos anos e quanto sustentável é adotar uma estratégia de queda de juros baseada na queda da taxa de juros neutra. Além disso, estimamos de diferentes maneiras a taxa de desemprego natural da economia e concluímos que o Brasil passou por mudanças estruturais que motivaram sua queda e a queda da taxa de juros neutra.

### Palavras-chave:

Taxa de juros real neutra; Taxa Natural de Desemprego; Nairu; Fatores estruturais e conjunturais

## Abstract

Gottlieb, Julia Wrobel Folescu; Garcia, Márcio Gomes Pinto; Bolle, Monica Baumgarten de. **The Neutral Real Interest Rate In Brazil: Estimates and Determinants**. 54 p. Rio de Janeiro, 2013. MSc. Dissertation – Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The neutral real interest rate is used as a benchmark to characterize the stance of monetary policy in a given period of time. It varies according to structural and cyclical factors in the economy. The main objective of this MSc Thesis is to uncover the neutral interest rate of the Brazilian economy from different estimates and try to explain if the recent decline is due to structural changes, such as the stabilization process, or if it is due to cyclical and temporary factors, such as the global recession and the easy monetary policies around the world. Given this estimates, it is possible characterize the monetary policy stanceduring the last years and evaluate if the decrease in the basic rate (Selic), that started in September, 2011, is sustainable, i.e., ifit is based on the decrease of neutral interest rate. Furthermore, the natural rate of unemployment for the Brazilian economy is also estimated in different ways and it follows that Brazil went through structural changes that allowed the natural unemployment rate and neutral interest rate to fall.

## Keywords:

Neutral real interest rates; Natural unemployment rate; Nairu; Structural and cyclical factors

## Sumário

1. Introdução	11
2. Taxa de Juros Neutra no Brasil	14
2.1. O que é a Taxa de Juros Neutra?	14
2.2. Diferentes Estimativas para a Taxa de Juros Real Neutra	16
3. Taxa Natural de Desemprego e Taxa de Juros Neutra	29
4. Implicações para a Política Econômica	35
4.1. A Postura Recente do BCB	35
4.2. Riscos da Condução da Política Monetária Baseada em Estimativas Incertas	37
5. Conclusão	41
6. Referências Bibliográficas	43
7. Apêndice	46
7.1. Descrição e gráficos das Séries de Dados Utilizadas	46
7.2. Estatísticas Descritivas das Séries de Dados Utilizadas	49
7.3. Curva IS Estimada a Partir de um GMM	49
7.4. Detalhes do modelo macroeconômico baseado em Laubach e Williams	50
7.5. Variáveis não observadas estimadas pelo Filtro de Kalman com base no modelo de Laubach e Williams (taxa de juros neutra e PIB potencial)	52
7.6. Descrição do Modelo de Estimação da Regra de Taylor Dinâmica na Forma de Espaço de Estados	53
7.7. Resultados da Estimação da Curva de Phillips Generalizada Incluindo Choques de Oferta	54

## Lista de Figuras

Figura 1: Taxa de Juros Real Ex-Ante e Filtro HP (%a.a.)	12
Figura 2: Taxa de Juros Real Neutra – Curto e Longo Prazo	21
Figura 3: Taxa de Juros Real Neutra Estimada pelo Filtro de Kalman	24
Figura 4: Taxa de Juros Real Neutra e Corrente de Comércio	25
Figura 5: Taxa de Juros Real Neutra Estimada pela Regra de Taylor Dinâmica	27
Figura 6: Média e Intervalos Superior e Inferior das Estimativas de Taxa de Juros Neutra	28
Figura 7: <i>Trade-off</i> entre Inflação e Desemprego	32
Figura 8: Taxa de Desemprego Observada e Nairu	33
Figura 9: Taxa de Juros Real – Neutra e Observada	36
Figura 10: Trajetória de <i>Alpha</i> para Diferentes Cenários de Crença do BCB sobre a Taxa de Juros Neutra	39
Figura 11: Trajetória de <i>Gama</i> para Diferentes Cenários de Crença do BCB sobre a Taxa de Juros Neutra	39
Figura 12: Trajetória de <i>Beta</i> e <i>Delta</i> com Cenário de $r^*=3,5\%$ e $u^*=6\%$	40
Figura 13: Gráficos das séries de dados	47
Figura 14: Taxa de Juros Neutra	52
Figura 15: PIB Potencial	52

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Revisão Bibliográfica (Estimativas de Taxa de Juros Real Neutra)	17
Tabela 2: Regra de Juros	19
Tabela 3: Resumo das Estimativas	28
Tabela 4: Curva IS Estimada por GMM	50
Tabela 5: Curva de Phillips	54

# 1.

## Introdução:

A taxa de juros real brasileira ainda é muito alta comparativamente a de outros países. Essa elevada taxa de juros promove inúmeras distorções na economia brasileira, entre elas a falta de estímulo ao investimento, o aumento do custo da dívida pública e má alocação de recursos. Mesmo com a estabilização e a queda do risco macroeconômico observados na última década, a taxa de juros real brasileira ainda situava-se cerca de 4 p.p. acima da média dos países emergentes em 2009<sup>1</sup>.

Alguns fatores estruturais, destacados em Segura-Ubiergo (2012), ajudam a explicar porque a taxa de juros da economia brasileira ainda é tão elevada. O longo histórico de elevada dívida pública e o temor de um *default* fazem com que a retorno requerido pelos investidores seja mais alto. O baixo nível de poupança e a alta necessidade de investimento também são fontes de pressão sobre a taxa de juros. Soma-se a isso a fraqueza institucional marcada pela incerteza jurídica e o medo constante de ruptura de contratos que perduraram muito tempo no cenário econômico brasileiro. Além disso, a grande quantidade de crédito subsidiado oferecido pelos bancos públicos<sup>2</sup> faz com que a taxa de juros de equilíbrio do resto da economia tenha que ser mais alta para manter a demanda de crédito em um nível compatível com as metas de inflação.

Apesar de todos esses fatores que pressionam a taxa de juros real para cima, a economia brasileira tem passado por inúmeras transformações que permitiram a sua queda nos últimos anos. A melhora da situação fiscal, com a lei de responsabilidade fiscal e consecutivos superávits primários, o aumento da poupança doméstica e o sistema de metas para inflação que ajudou a domar as

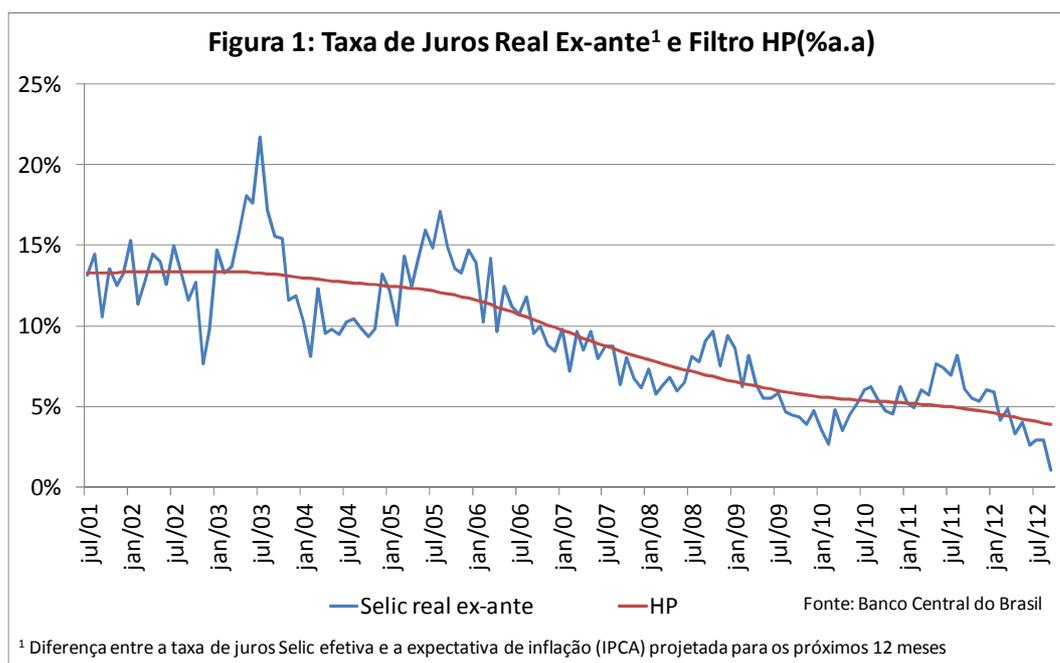
---

<sup>1</sup> Ver Segura-Ubiergo (2012)

<sup>2</sup> Em Dezembro/2012, os bancos públicos respondiam por 47% do crédito total, sendo que boa parte desse crédito é subsidiado.

expectativas e diminuir o prêmio de risco inflacionário, vêm criando as bases para um ambiente mais estável e para o desenvolvimento da economia brasileira.

A figura 1 mostra exatamente a dinâmica descrita anteriormente. A taxa de juros real<sup>3</sup> da economia brasileira permaneceu muito alta no início dos anos 2000, mas a partir de meados de 2006, ela vem caindo. Outro ponto interessante que deve ser ressaltado é o fato de que a taxa de juros real flutua muito em torno de uma tendência (nesse caso calculado a partir do filtro Hodrick-Prescott) que também está em queda. Essa tendência pode ser interpretada como uma estimativa inicial da taxa de juros real de equilíbrio para a qual a economia caminha no longo prazo, ou seja, a taxa de juros neutra. O principal objetivo e a maior contribuição deste trabalho é estimar, via diferentes metodologias, a evolução da taxa de juros real neutra para a economia brasileira e avaliar a robustez da tese de sua queda recente. Isso difere dos estudos mais recentes que se baseiam em apenas uma definição de taxa de juros neutra para estimá-la.



Sabemos que, além de elementos estruturais, que determinam a tendência de longo prazo da taxa de juros neutra, os elementos conjunturais e fatores internacionais, como queda da taxa de juros mundial para conter os efeitos da crise, alterações nos gastos públicos ou a adoção de medidas macroprudenciais,

<sup>3</sup> Taxa de juros real ex-ante (selic real ex-ante): diferença entre a taxa de juros selic efetiva e a expectativa de inflação (IPCA) projetada para os próximos 12 meses (divulgado pelo BCB)

também atuam sobre a taxa neutra. Ao longo desta dissertação tentamos identificar quanto da queda recente da taxa de juros neutra se deve a fatores estruturais e domésticos e quanto se deve a fatores conjunturais e internacionais. O que se constata é que os fatores conjunturais e internacionais, que durante muito tempo tiveram importância para explicar os movimentos da taxa de juros neutra, principalmente durante o período de crise, hoje já têm importância reduzida. Ou seja, boa parte da queda recente da taxa de juros neutra brasileira é fruto das mudanças estruturais e transformações pelas quais a economia brasileira passou.

Um conceito relacionado com a taxa de juros neutra é a taxa natural de desemprego. Sempre que houver uma mudança estrutural que promova a queda na taxa natural de desemprego, a economia crescerá mais sem pressionar a inflação tudo mais constante. Consequentemente, a taxa de juros que equilibra a economia poderá também ser menor. Vamos, a partir de diferentes estimativas para a taxa de desemprego natural, mostrar que a mesma também está em queda, e que isso nos fornece uma evidência adicional que boa parte da queda recente da taxa de juros neutra é resultado de mudanças nos fundamentos da economia brasileira.

De posse das estimativas de taxa de juros neutra analisamos também como foi a postura do banco central brasileiro na última década. Conforme é destacado em Taylor (1993) e Clarida, Gali e Gertler (1998a,b) a oscilação da taxa de juros em torno da taxa neutra é o que se espera de uma política monetária bem conduzida. Ou seja, pudemos observar que em alguns momentos, dada a conjuntura brasileira e global, foi necessário reduzir a selic real para que ela ficasse abaixo da taxa de juros neutra de forma a estimular a economia, enquanto em outros períodos, para conter o risco inflacionário, foi preciso adotar uma política monetária mais contracionista, com taxa de juros real acima do nível neutro. Além disso, determinamos que, caso a recuperação da economia global continue lenta, a estratégia de manter a selic em níveis historicamente baixos motivada pela queda na taxa neutra, pode não ter grandes impactos sobre a trajetória inflacionária. Já em um cenário de vigorosa recuperação internacional, tal estratégia pode elevar bastante a inflação.

Sabe-se existirem muitos riscos em seguir uma estratégia de fixação de juros baseada em medidas tão incertas como a taxa de juros neutra e taxa natural de

desemprego. Isso porque medidas incertas podem adicionar ruído à condução de política monetária e instabilidade à economia. Para analisar como tem sido o comportamento recente do banco central brasileiro e determinar se ele vem realmente dando mais peso para a convergência entre a taxa de juros e a taxa de juros neutra e a taxa de desemprego e o desemprego natural no momento em que determina a taxa Selic, usamos uma regra de Taylor modificada e proposta por Orphanides e Williams (2006). O resultado é que, de fato, o BC passou a dar um peso maior à convergência entre a taxa de juros e à taxa de desemprego em relação aos seus valores de equilíbrio, uma estratégia que pode ser arriscada por aumentar adicionar ruído à condução de política monetária e por isso deve ser adotada com cautela.

Esta dissertação é dividida da seguinte forma. No primeiro capítulo, apresentaremos a definição de taxa de juros neutra e suas diferentes estimativas, buscando separar quanto do movimento da taxa neutra se deve a fatores conjunturais e internacionais e quanto se deve a fatores estruturais e domésticos. No capítulo 2, mostraremos a relação existente entre a taxa de juros neutra e a taxa de desemprego natural, e as diferentes estimativas para a mesma. De posse dessas diferentes estimativas determinamos a postura do BCB e analisamos as implicações que tem sobre a condução de política econômica no capítulo 3. O capítulo 4 apresenta as conclusões finais.

## 2.

### Taxa de juros neutra no Brasil:

#### 2.1.

##### O que é a taxa de juros neutra?

A taxa de juros neutra da economia é aquela que vigora quando a política monetária não é expansionista, nem contracionista, ou seja, ela pode ser usada como forma de caracterizar a orientação da política monetária em determinado momento. Dessa forma, se o objetivo do banco central é estimular a economia ele deve determinar uma taxa de juros menor do que a taxa de juros neutra. Alternativamente, se o banco central tem como objetivo desaquecer a economia (para levar a inflação para a meta) a taxa de juros real deve ser maior do que a taxa de juros neutra.

Esse conceito foi inicialmente tratado por Wicksell (1936) que definiu a taxa de juros neutra de diferentes maneiras: (i) taxa de juros que iguala poupança e investimento, (ii) produtividade marginal do capital e (iii) taxa de juros que é consistente com a estabilidade de preços de longo prazo. Apesar de não relacionar especificamente esses três conceitos em seus trabalhos Amato (2005) evidenciou como essas propriedades são ligadas. De acordo com essas definições, a taxa neutra é consistente com o equilíbrio e é constante no longo prazo, podendo variar ao longo do tempo de acordo com mudanças tecnológicas que afetam a produtividade do capital na economia.

Essas definições de Wicksell influenciaram muitos trabalhos posteriores, entre eles o de Woodford (2003) que elaborou os modelos de equilíbrio novo-

keynesianos ou neo-wicksellianos. Nessa abordagem a taxa de juros real neutra é obtida, período a período, a partir de um modelo de equilíbrio de mercado com preços e salários flexíveis e expectativas racionais. Ou seja, ao contrário da definição anterior, a taxa de juros neutra é uma taxa de juros de curto prazo, que varia de um período para o outro, mas com uma tendência central de longo prazo que pode, lentamente, mudar no tempo. A taxa neutra não é necessariamente aquela para a qual a economia vai convergir no longo prazo, mas sim uma taxa que varia com alta frequência de acordo com diversos fatores da economia e que é compatível com o equilíbrio de um modelo que conta com demanda agregada, oferta agregada (representada pela curva de Phillips) e uma regra de Taylor. Quando o produto for igual ao produto potencial e a taxa de inflação for igual à meta, a economia estará em equilíbrio e será possível determinar a taxa neutra.

Dessa forma, além de elementos estruturais, que determinam a tendência de longo prazo da taxa de juros neutra, os elementos conjunturais e fatores internacionais, como a queda da taxa de juros mundial para conter os efeitos da crise, alterações nos gastos públicos ou a adoção de medidas macroprudenciais, também atuam sobre a taxa neutra.

## 2.2.

### **Diferentes estimativas para a taxa de juros real neutra:**

Apesar da simplicidade da definição de taxa de juros neutra, a estimação envolve inúmeras dificuldades. Por ser uma medida não observável, não existe uma maneira direta de estimar a taxa neutra e, em geral, as estimativas podem variar bastante. Em Giammarioli e Valla (2004) são descritas diferentes abordagens para determinar a taxa de juros neutra que são separadas em medidas empíricas a partir do uso de séries temporais e modelos DSGE. Entre as medidas que envolvem o uso de séries temporais, podemos destacar o uso de médias históricas, séries baseadas em regras de Taylor ou no filtro de Kalman. Essa grande diversidade de métodos para se calcular a taxa de juros neutra para os diferentes países pode ser vista na tabela 1 a seguir, onde é apresentada uma

revisão bibliográfica dos estudos sobre taxa de juros neutra já feitos para o Brasil e outras economias.

**Tabela 1: Revisão Bibliográfica (Estimativas de taxa de juros real neutra)**

Metodologia	Autor	País	Período	Valor (média ao longo do tempo)	
Teoria Econômica	DSGE	Fuentes e Gredig (2007)	Chile	1995-2006	2.90%
		Magud e Tsounta (2012)	Brasil	May-12	4.50%
	Paridade da taxa de juros	Fuentes e Gredig (2007)	Chile	2005	2,40%-3,30%
		Magud e Tsounta (2012) <sup>1</sup>	Brasil	2000-2012	4.50%
		Archibald e Hunter (2001)	Nova Zelândia	1992-2000	4,20%-4,30%
Estimação da curva IS com hiato=0	Miranda e Muinhos (2003)	Brasil	1999-2002	4.60%	
	Goldfajn e Bicalho (2011)	Brasil	2002-2009	9.00%	
Curva de juros futuros	Fuentes e Gredig (2007)	Chile	2002-2007	2.75%	
	Bernhardsen e Gerdrup (2007)	Noruega	1992-2006	4.00%	
Tendência estocástica comum implícita	Magud e Tsounta (2012) <sup>1</sup>	Brasil	2000-2012	5.40%	
	Fuentes e Gredig (2007)	Chile	2002-2007	2.80%	
Média das taxas de juros reais	Miranda e Muinhos (2003)	Brasil	1980-1999	11.94%	
	Archibald e Hunter (2001)	Nova Zelândia	1992-2000	4,30%-5,60%	
	Magud e Tsounta (2012) <sup>1</sup>	Brasil	2000-2012	4.80%	
Filtro HP	Neto e Portugal (2009)	Brasil	2002-2005	7.50%	
	Neto e Portugal (2009)	Brasil	2002-2005	9.40%	
Modelos Macroeconômicos	Curva IS e Phillips e estimação pelo filtro de Kalman	Laubach e Williams (2001)	EUA	1961-2000	3.00%
		Fuentes e Gredig (2007)	Chile	1986-2006	3.50%
		Bernhardsen e Gerdrup (2007)	Noruega	1997-2006	3.00%
	Regra de Taylor com intercepto invariante	Magud e Tsounta (2012) <sup>1</sup>	Brasil	2000-2012	5.50%
		Neto e Portugal (2009)	Brasil	1999-2008	9.62%
Regra de Taylor com intercepto variante	Bernhardsen e Gerdrup (2007)	Noruega	1997-2006	2,00%-5,00%	
	Archibald e Hunter (2001)	Nova Zelândia	1992-2000	5.20%	
Taxa de juros neutra de longo prazo	Modelos de crescimento - Modelo de Ramsey Fundamentos econômicos	Magud e Tsounta (2012) <sup>1</sup>	Brasil	2000-2012	5.70%
		Neto e Portugal (2009)	Brasil	2000-2005	7.38%
	Miranda e Muinhos (2003)	Brasil	1998-2001	6,70%-15,30%	
	Goldfajn e Bicalho (2011)	Brasil	1999-2008	10.00%	

Fonte: elaborado pela autora

<sup>1</sup> Valores apresentados para Maio de 2012

Nesta dissertação, vamos nos concentrar em três diferentes formas de estimação. Optamos por apresentar essas três diferentes formas de estimação, pois a partir delas podemos separar quanto do movimento recente da taxa de juros neutra se deve a fatores internacionais e conjunturais e quanto se deve a fatores estruturais e domésticos. É importante ressaltar que para cada uma das formas de estimação estamos levando em conta uma definição particular de taxa neutra.

A primeira forma de calcular a taxa de juros neutra segue as definições de taxa de juros neutra de curto e longo prazo apresentadas em Bernhardsen e Gerdrup (2007) e Goldfajn e Bicalho (2011). De acordo com esses autores, a taxa de juros de equilíbrio de longo prazo depende apenas de fatores estruturais e dos fundamentos da economia, enquanto a taxa de juros de equilíbrio de curto prazo é afetada também por fatores conjunturais. Essa separação permite distinguir e compreender melhor quais são os fatores que afetam a taxa de juros real de equilíbrio em diferentes horizontes temporais.

Para determinar a taxa de juros de equilíbrio de **longo prazo**, vamos seguir uma abordagem apresentada em Favero (2001), segundo a qual a regra de política

monetária pode ser descrita a partir das duas equações abaixo. A equação (1) mostra que a taxa de juros real é determinada a partir de dois componentes: o seu valor defasado, para buscar controlar a inércia na fixação da taxa de juros e captar a tendência dos bancos centrais de tentarem suavizar sua trajetória, e também a partir da taxa de juros neutra, que por sua vez é função das variáveis estruturais da economia (equação (2)).

$$r_t = \beta_1 r_{t-1} + (1 - \beta_1) r_t^* + v_t \quad (1)$$

$$r_t^* = \beta_2 embi_t + \beta_3 créditolivre_t + \beta_4 dívida_t + \beta_5 volatilidade_t \quad (2)$$

Combinando as duas equações podemos estimar os parâmetros de interesse a partir da equação abaixo por meio de um GMM com os instrumentos sendo as variáveis explicativas defasadas<sup>4</sup>.

$$\begin{aligned} r_t = \beta_1 r_{t-1} + (1 - \beta_1) [\beta_2 embi_t + \beta_3 créditolivre_t + \beta_4 dívida_t \\ + \beta_5 volatilidade_t] \\ + v_t \end{aligned} \quad (3)$$

Os resultados são apresentados na tabela 2. As variáveis instrumentais devem ser escolhidas de forma a serem (i) correlacionadas com as variáveis endógenas e (ii) ortogonais ao termo de erro. Como risco país, crédito livre, dívida e volatilidade da inflação são variáveis com um componente inercial importante, é razoável acreditarmos que os seus valores defasados são correlacionados com as variáveis endógenas (critério (i)) e por isso são instrumentos válidos. O teste J de sobre identificação é usado para reforçar nossa confiança nessas variáveis instrumentais escolhidas. Pelo p-valor obtido, podemos ver que a hipótese nula de que o modelo é válido não é rejeitada a um nível de significância bastante elevado.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Testamos esse mesmo modelo usando como variável fiscal o “Superávit Fiscal Estrutural” que é o superávit que é definido como o superávit compatível com  $y=y^*$ , ou seja, com o equilíbrio de longo prazo, e que, portanto faria mais sentido. O sinal dessa variável é positivo, enquanto o mais razoável seria esperar um sinal negativo.

<sup>5</sup> Estimamos o modelo com diferentes conjuntos de instrumentos e a escolha desse conjunto se deu com base na melhor estatística J e com os coeficientes mais significativos.

**Tabela 2: Regra de Juros**

Variável dependente: Taxa de juros real		
Amostra: 2004.Q3 - 2012.Q3		
Método generalizado dos momentos (GMM) <sup>1</sup>		
Coefficiente	Coefficiente	Estatística t
$\beta(1)$	0.7067	(26.61)*
$\beta(2)$	0.0002	(5.83)*
$\beta(3)$	-0.2381	(-9.28)*
$\beta(4)$	0.0534	(2.01)**
$\beta(5)$	26.3250	(10.34)*
DW		1.28
Estatística J		8.34
P(estatística-J)		0.97
<i>Instrumentos:</i> Embi(-1,-2,-3,-4,-5,-6), crédito livre(-1,-2,-3,-4,-5,-6), dívida(-1,-2,-3,-4), volatilidade(-1,-2,-3,-4,-5,-6), constante		

<sup>1</sup> Weighting matrix: Newey west

(\*), (\*\*), (\*\*\*) significativo aos níveis de 1%, 5% e 10%

A taxa de juros de equilíbrio de longo prazo é dada pela equação (2). Como podemos ver, o aumento de 1p.p no crédito livre, é responsável por reduzir a taxa de juros real neutra em 0.2p.p. Conforme foi destacado em Goldfajn e Bicalho (2011), para que a expansão do crédito contribua para a redução da taxa de juros é necessário que essa expansão seja fruto de fatores estruturais, como a redução da assimetria informacional e desenvolvimento do mercado de crédito. Caso contrário, o aumento do crédito se refletiria apenas no aumento da demanda e numa pressão positiva sobre a taxa de juros. É isso o que acontece quando o aumento do crédito é forçado a partir de políticas direcionadas.

De posse das estimativas para taxa de juros real de equilíbrio de **longo prazo**, podemos determinar a taxa de juros neutra de **curto prazo** que é influenciada pelos fatores conjunturais e, por isso, pode desviar da tendência de longo prazo. Esses desvios são principalmente causados por alterações nas políticas fiscal e creditícia e na economia mundial. Para isso, vamos usar a seguinte especificação da curva IS (equação 5) que incorpora esses fatores. Ou seja, quando o governo adota medidas fiscais ou creditícias<sup>6</sup> de forma a estimular a economia, a demanda agregada aumenta e o hiato se torna positivo. Por outro

<sup>6</sup>Nesse caso, ao contrário do que foi descrito anteriormente, o crédito tem um impacto positivo sobre a taxa de juros real neutra uma vez que seu aumento não foi gerado por aperfeiçoamentos no mercado de crédito de uma forma geral, mas sim por políticas governamentais de estímulo ao crédito direcionado.

lado, quando a economia mundial desacelera, a demanda agregada cai e o hiato se torna negativo. Nesse caso, estamos assumindo que a taxa de juros neutra é aquela que vigora quando o produto é igual ao produto potencial. A IS estimada<sup>7</sup> é apresentada abaixo:

$$\begin{aligned}(y_t - y_t^*) &= \alpha_1(y_{t-1} - y_{t-1}^*) + \alpha_2(y_t^E - y_t^{E*}) + \alpha_3(r_t - r_t^*) \\ &\quad + \alpha_4(y_t^{mundo} - \bar{y}_t^{mundo}) + \alpha_5(G_t - \bar{G}_t) + \alpha_6(C_t - \bar{C}_t) \\ &\quad + \varepsilon_{1t}\end{aligned}\tag{5}$$

Onde  $(y_t - y_t^*)$  é o hiato,  $(y_t^E - y_t^{E*})$  é expectativa de hiato futuro<sup>8</sup>,  $(r_t - r_t^*)$  são os desvios da taxa de juros em relação a taxa neutra,  $(y_t^{mundo} - \bar{y}_t^{mundo})$  é o hiato mundial e  $(G_t - \bar{G}_t)$  e  $(C_t - \bar{C}_t)$  medem, respectivamente, os desvios dos gastos públicos e do crédito direcionado em relação ao seu valor de equilíbrio (calculados pelo filtro HP)<sup>9</sup>.

Determinamos a taxa neutra de curto prazo quando o hiato (observado e esperado) for igual a zero na curva IS acima especificada, ou seja, podemos reescrever a curva IS da seguinte forma<sup>10</sup>:

$$\begin{aligned}(r_t - r_t^*) &= -\frac{1}{\alpha_3} [\alpha_4(y_t^{mundo} - \bar{y}_t^{mundo}) + \alpha_5(G_t - \bar{G}_t) + \alpha_6(C_t \\ &\quad - \bar{C}_t)]\end{aligned}\tag{6}$$

Sempre que o produto mundial ultrapassar o produto potencial e/ou os gastos públicos e o crédito direcionado ultrapassarem seus valores de equilíbrio, o

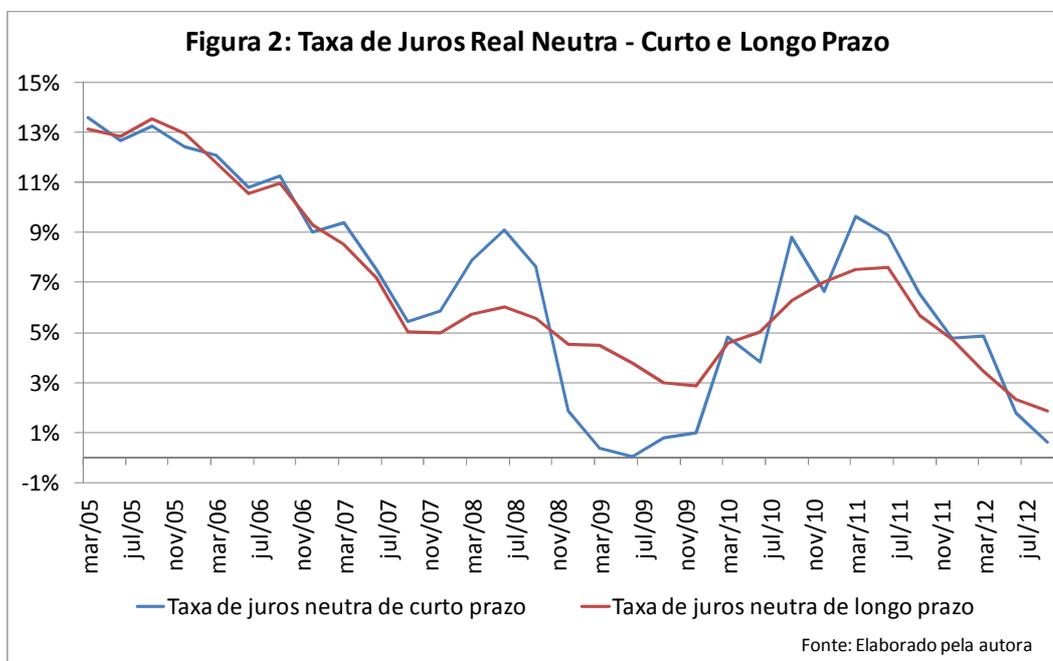
<sup>7</sup> Diante da possibilidade de existência de endogeneidade, a curva IS foi estimada a partir de um GMM e os detalhes da estimação bem como os instrumentos utilizados são apresentados no apêndice.

<sup>8</sup> Seguindo os modelos neo-keynesianos, incluímos uma variável que representa a expectativa de hiato futuro. Como *proxy* foi utilizada a expectativa de produção industrial divulgada pelo BCB.

<sup>9</sup> Para calcular o produto potencial da economia brasileira e da economia global utilizamos o filtro HP sobre as séries de PIB brasileiro e global. Como *proxy* para PIB mundial utilizamos a corrente de comércio global. A medida de crédito direcionado foram os desembolsos realizados pelo BNDES.

<sup>10</sup> Note que o modelo é um modelo ADL (autoregressive distributed lags). Dessa forma, para considerar o estado estacionário, em que  $hiato_t = hiato_{t-1} = hiato_t^E$ , vamos dividir os coeficientes estimados por  $(1 - \alpha_1 - \alpha_2)$ .

hiato do produto brasileiro aumentará e para restaurar o equilíbrio na economia, a taxa de juros neutra que de curto prazo também deverá aumentar, acima da taxa de juros neutra de longo prazo. O resultado das estimações tanto da taxa de juros neutra de curto prazo, quanto de longo prazo, estão apresentados na figura 2.



A figura mostra que a taxa de juros neutra de curto prazo oscila em torno da taxa de juros neutra determinada a partir dos fundamentos. Durante a crise mundial, registrou-se uma forte queda na taxa de juros neutra de curto prazo. Esse período foi marcado por queda na atividade global, aumento dos gastos públicos e concessão de crédito direcionado por parte do governo na tentativa de estimular a economia. O uso dessas políticas expansionistas de gastos e creditícia tiveram efeito sobre a economia brasileira permitindo a recuperação do nível de atividade e elevando a taxa de juros neutra de curto prazo. Provavelmente essas medidas tiveram uma duração mais longa do que o necessário, traduzindo-se em um aumento da taxa neutra de curto prazo acima da taxa determinada pelos fatores estruturais em 2010. O período mais recente foi marcado por uma nova queda da taxa de juros neutra de curto prazo, provocada pela nova recaída da atividade global. Hoje, observa-se apenas uma pequena diferença entre a taxa neutra de curto prazo (0,7%) e de longo prazo (1,9%) mostrando que os fatores conjunturais contam por apenas uma pequena parte da queda recente, ou seja, os fatores fundamentais da economia predominam em relação aos conjunturais.

Pelo modelo descrito anteriormente, vimos que o hiato mundial afeta consideravelmente a taxa de juros neutra brasileira. Isso é particularmente importante no período de crise e pós-crise, quando o hiato global permaneceu muito aberto. Diante disso, é relevante observar outros modelos que mostrem os efeitos que as variáveis internacionais têm sobre a economia doméstica.

A segunda metodologia segue o que Laubach e Williams (2003) adotaram para a economia americana. A partir de um modelo que conta com uma equação de demanda (IS) e uma de oferta (curva de Philips), é possível, em equilíbrio, determinar a taxa de juros neutra e também outras variáveis não observadas, como o hiato do produto. A hipótese básica de identificação é a de que a taxa de juros neutra é aquela que é compatível com o hiato do produto igual a zero e inflação igual à meta. Para estimar o modelo a partir do filtro de Kalman devemos escrevê-lo na forma de espaço de estados<sup>11</sup> e supor uma forma funcional para a evolução das variáveis não observáveis.

As equações básicas que compõem o modelo estão separadas entre equações de medida e equações de estado que supõem uma forma funcional para as variáveis não observadas.

- Equações de medida: Curva IS e curva de Phillips

$$(y_t - y_t^*) = \alpha_1(r_{t-1} - r_{t-1}^*) + \alpha_2(y_{t-1} - y_{t-1}^*) + \varepsilon_{1t} \quad (7)$$

$$\pi_t = \alpha_3(y_{t-1} - y_{t-1}^*) + \alpha_4(\pi_{t-1} - \pi_{t-1}^*) + \alpha_5(e_t - e_t^*) + \varepsilon_{2t} \quad (8)$$

Onde  $y_t$  é o PIB e  $y_t^*$  é o produto potencial,  $r_t$  é a taxa de juros real e  $r_t^*$  é a taxa de juros neutra,  $\pi_t$  é a taxa de inflação e  $\pi_t^*$  é a meta de inflação e  $(e_t - e_t^*)$  são os desvios do câmbio real em relação ao câmbio real de equilíbrio (medido pelo filtro HP). Os termos de erro  $\varepsilon_{1t}$  e  $\varepsilon_{2t}$  são iid com distribuição  $N(0, \sigma^2)$ .

- Equações de estado:

$$r_t^* = \alpha_6 g_{t-1} + z_{t-1} \quad (9)$$

$$y_t^* = y_{t-1}^* + g_{t-1} + \lambda_g \cdot \varepsilon_{3t} \quad (10)$$

<sup>11</sup> O modelo completo descrito na forma de espaço de estados é apresentado no apêndice.

$$g_t = \alpha_7 + \varepsilon_{4t}^{12} \quad (11)$$

$$z_t = \alpha_8 + \alpha_9 z_{t-1} + \varepsilon_{5t} \quad (12)$$

Onde  $g_t$  é a taxa de crescimento do produto potencial e  $z_t$  é um termo estocástico que representa outros determinantes da taxa neutra e que segue um AR(1). Os termos de erro também são iid e seguem uma distribuição  $N(0, \sigma^2)$ .<sup>13</sup>

Com a crise de 2008, é razoável supor que o hiato da economia mundial vem exercendo uma pressão para baixo na taxa de juros neutra doméstica. De forma a separar quanto do movimento recente é fruto de fatores externos e quanto se deve a fatores internos, vamos estimar dois modelos diferentes. No primeiro usamos exatamente a curva IS descrita acima e obtivemos a taxa de juros neutra doméstica da economia brasileira. Já o segundo modelo calcula a taxa de juros neutra envolvendo um fator internacional que é capturado através da inclusão do hiato global na curva IS.

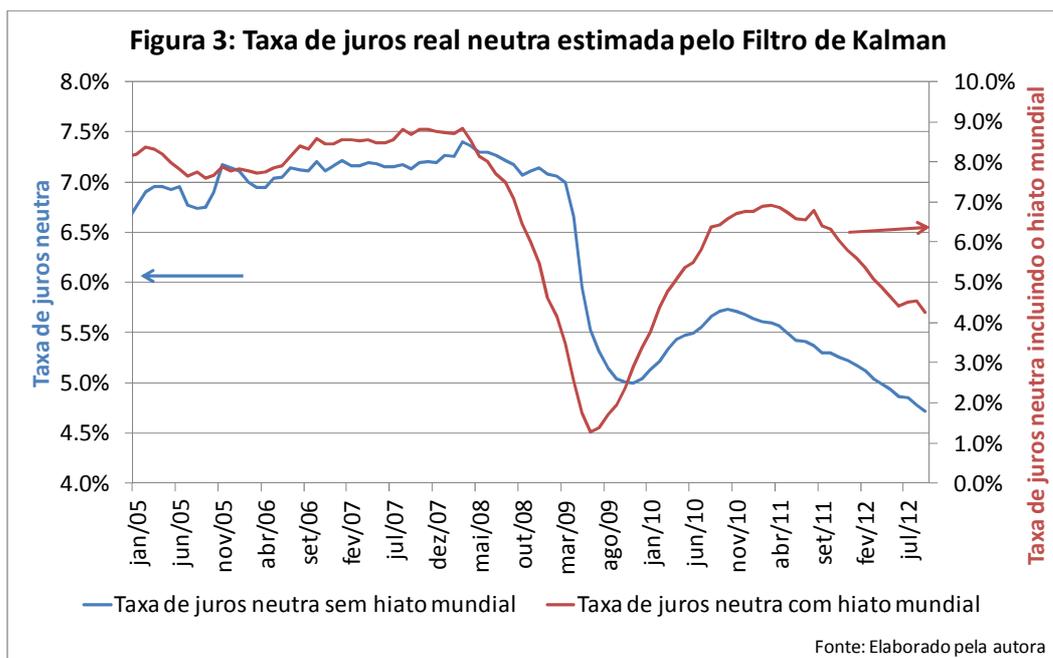
$$(y_t - y_t^*) = \alpha_1(r_{t-1} - r_{t-1}^*) + \alpha_2(y_{t-1} - y_{t-1}^*) + \gamma(y_{t-1}^{Mundo} - \bar{y}_{t-1}^{Mundo}) + \varepsilon_{1t} \quad (13)$$

Usamos como *proxy* para o hiato mundial os desvios da corrente de comércio mundial em relação a sua tendência calculada a partir do filtro HP. A figura 3 mostra a trajetória de taxa de juros neutra estimada a partir dos dois modelos<sup>14</sup>.

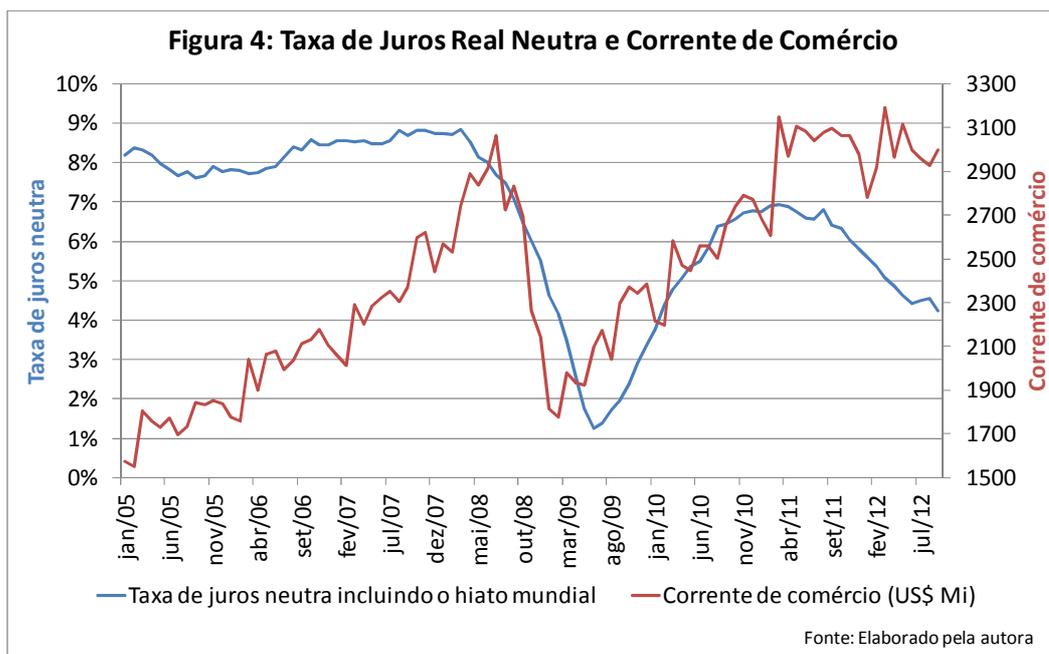
<sup>12</sup> Aqui fizemos uma pequena alteração em relação ao paper original de Laubach e Williams (2003). No trabalho original a especificação de  $g$  (taxa de crescimento do produto potencial) é dada por um passeio aleatório e por isso a taxa de juros neutra passa a ser I(2). Para solucionar esse problema, usamos uma especificação um pouco diferente para  $g$ , que é dada por uma constante mais um termo aleatório.

<sup>13</sup> Apresentamos no apêndice uma versão mais detalhada de como é feita a estimação.

<sup>14</sup> No apêndice apresentamos essa mesma figura com as duas séries no mesmo eixo.



Como podemos observar, a forte recessão que afetou diversas economias ao redor do mundo em 2008/2009 teve impacto sobre a taxa de juros neutra. A queda da atividade mundial, retratada na figura 4, afetou negativamente a economia brasileira promovendo uma taxa neutra bem menor (cerca de 1%) do que a calculada por fatores domésticos (cerca de 5%) que estimulasse a economia sem causar grandes desequilíbrios ao cenário inflacionário. No último ano, a estagnação da atividade global também motivou a queda da taxa de juros neutra um pouco abaixo do seu valor de equilíbrio baseado em fatores internos, sinalizando que os fatores externos tiveram impacto (figura 4), mas que eles não foram tão importantes para explicar a queda na taxa de juros neutra. Como podemos ver, a taxa neutra que depende do hiato global estaria hoje, apenas 0,5p.p abaixo da taxa de juros neutra que leva em conta apenas fatores domésticos.



Por fim, partiremos de uma regra comportamental do banco central para determinar qual é a taxa de juros neutra. Nesse caso, estamos assumindo que a taxa de juros neutra é aquela que está implícita nas decisões de política monetária por parte do banco central. Ou seja, estamos considerando a taxa de juros neutra que o banco central tem em mente quando decide sobre a Selic que vai vigorar na economia. Inicialmente diversos trabalhos<sup>15</sup> usavam o intercepto da regra de Taylor como medida para a taxa de juros neutra. O problema é que essa abordagem pressupõe uma taxa de juros real neutra constante ao longo de todo o período de estimação. Isso não parece muito razoável, uma vez que, como já foi explicado, a taxa neutra está constantemente mudando.

Para solucionar esse problema vamos estimar uma regra de Taylor dinâmica, ou seja, uma regra de Taylor cujo intercepto ( $r_t^*$ ) varia ao longo do tempo aos moldes de Magud e Tsounta (2012). A partir daí, podemos determinar, período a período, qual é a taxa de juros neutra que o banco central brasileiro busca alcançar na tentativa de manter a inflação na meta. A regra de Taylor utilizada está de acordo com a maioria dos trabalhos que usam estimativas de função de reação do BC. A estimação será feita a partir do filtro de Kalman, supondo a seguinte estrutura<sup>16</sup>:

<sup>15</sup> Veja por exemplo Giamariolli e Valla (2004) e Bernhardsen e Gerdrup (2007).

<sup>16</sup> A descrição na forma de espaço de estados é apresentada no apêndice.

$$selic_t = r_t^* + \alpha_1(IPCA - meta)_t + \alpha_2hiato_{t-2} + \alpha_3e_t + \varepsilon_{1t} \quad (14)$$

$$r_t^* = r_{t-1}^* + g_{t-1} \quad (15)$$

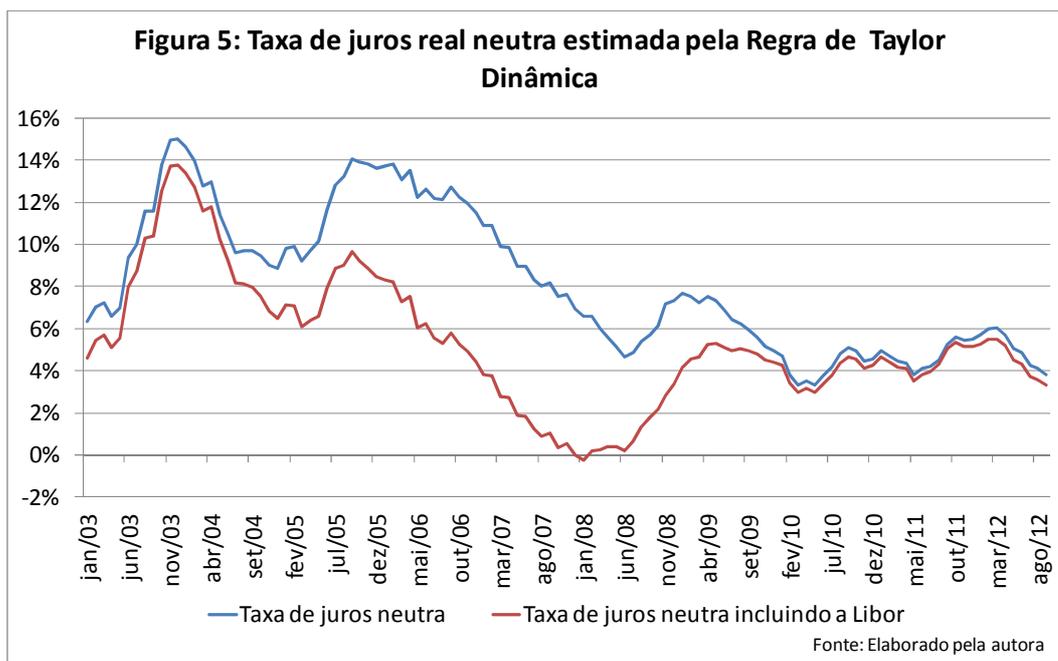
$$g_t = \alpha_4 + \varepsilon_{2t} \quad (16)$$

Onde  $\varepsilon_{1t}$  e  $\varepsilon_{2t}$  são normalmente distribuídos com média 0 e variâncias  $\sigma_1^2$  e  $\sigma_2^2$ , respectivamente,  $e_t$  é a taxa de câmbio real e  $r_t^*$  a taxa de juros neutra. Nesse caso, a taxa de juros neutra é definida a partir do seu valor defasado e da sua taxa de crescimento  $g_t$ .

Mais uma vez, para separar os fatores domésticos dos externos, vamos estimar duas vezes a regra de Taylor dinâmica. A primeira estimação é exatamente a equação descrita acima, em que a taxa de juros nominal é determinada pelos desvios da inflação em relação à meta, pelo hiato e pela taxa de câmbio real. Na segunda especificação, vamos estimar uma regra de Taylor “modificada” que inclui a taxa de juros externa, a *libor*.

$$selic_t = r_t^* + \alpha_1(IPCA - meta)_t + \alpha_2hiato_{t-2} + \alpha_3e_t + \alpha_4libor_t + \varepsilon_{1t} \quad (17)$$

Isso porque, ao determinar a taxa selic, o banco central, leva em conta não só as condições domésticas, como nível de atividade e inflação, mas também as condições externas. Nesse modelo, podemos captar o efeito que a flexibilização da política monetária ao redor do mundo realizada nos últimos anos tem sobre a taxa neutra da economia brasileira. O resultado é apresentado na figura 5.



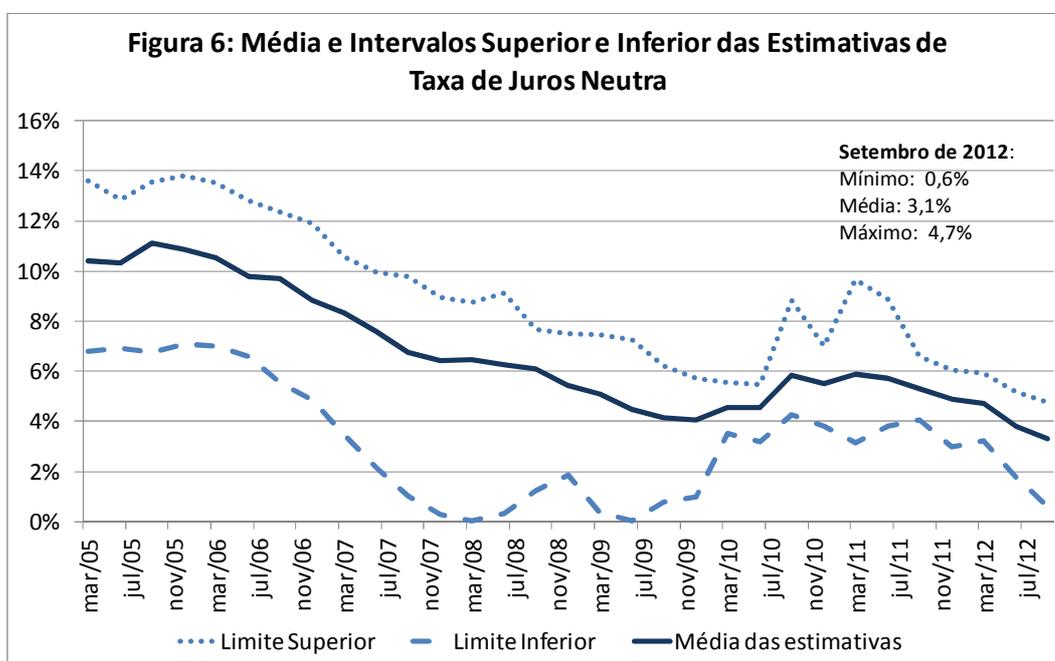
Como podemos ver a queda das taxas de juros mundiais, observadas a partir de 2008, teve um impacto inicial sobre a taxa de juros neutra calculada a partir da regra de Taylor dinâmica, esse efeito, porém tornou-se menos importante nos anos seguintes. Isso provavelmente aconteceu, pois as taxas de juros mundiais permaneceram praticamente estáveis e em níveis muito baixos a partir de 2008.

A tabela 3e a figura 7mostram um resumo das diferentes estimações que foram feitas sobre a taxa de juros neutra da economia brasileira, sugerindo algumas observações importantes. É interessante notar que, independente da metodologia utilizada, a taxa de juros neutra vem caindo ao longo do tempo e que essa queda foi ainda maior no período de crise. Além disso, boa parte da queda recente se deve também a fatores estruturais e não apenas a fatores conjunturais. Apesar de ainda serem importantes, os fatores conjunturais e internacionais tem se mostrado menos importantes para explicar o nível da taxa de juros do que eles já foram, uma vez que o nível de taxa de juros que incorpora esses fatores apresenta uma diferença pequena em relação ao nível que não incorpora (em média 0,7 p.p. apenas). Ou seja, a melhora estrutural pela qual a economia brasileira passou nos últimos anos definitivamente colaborou para queda na taxa de juros neutra e mostra que há espaço para uma mudança persistente na condução de política monetária, ou seja, com taxa de juros menores.

De acordo com as diferentes estimativas, a taxa de juros real neutra estaria hoje, em média, em torno de 3,1%.

**Tabela 3: Resumo das Estimativas**

Metodologia	Média 2005-2010	2009 - Período de crise	Média 2011-2012	Valor final (set/2012)
(1) Tj neutra estimada com hiato=0 na IS	7.33%	0.54%	5.31%	0.64%
(2) Tj neutra estimada a partir de fundamentos	7.48%	3.52%	4.74%	1.88%
(3) Curva IS e Phillips e estimação pelo Filtro de Kalman - incluindo o hiato mundial	6.75%	2.63%	5.81%	4.24%
(4) Curva IS e Phillips e estimação pelo Filtro de Kalman - excluindo hiato mundial	6.62%	5.82%	5.22%	4.71%
(5) Regra de Taylor Dinâmica incluindo a Libor	4.27%	4.81%	4.25%	3.30%
(6) Regra de Taylor Dinâmica excluindo a Libor	8.33%	6.54%	4.63%	3.81%
<b>Média de todas as estimativas</b>	<b>6.80%</b>	<b>3.97%</b>	<b>4.99%</b>	<b>3.10%</b>



A tabela e o gráfico também destacam quão incertas são as estimativas da taxa de juros neutra, isto é, como é uma variável não observada, o modo escolhido para a estimação afeta muito o resultado final. Em alguns casos, a estimativa pode variar até mais de 2p.p de acordo com o modelo.

### 3.

#### Taxa natural de desemprego e taxa neutra

Um importante conceito que está relacionado com a taxa de juros neutra é a taxa natural de desemprego. Esse conceito refere-se aos determinantes estruturais, essencialmente microeconômicos, que afetam o equilíbrio e o vigor do mercado de trabalho. Embora, a definição não inclua explicitamente a taxa de inflação, sempre que os salários reais estiverem mudando, o mercado de trabalho não estará em equilíbrio. Dessa forma, usaremos como sinônimo de taxa de desemprego natural o termo NAIRU, que se refere à taxa de desemprego que mantém inalterada a taxa de inflação.

Um aumento no potencial de crescimento da economia promove a queda da NAIRU, possibilitando um crescimento maior sem pressionar a inflação e, assim permitindo uma taxa de juros que equilibra a economia no longo prazo (taxa neutra) menor (tudo mais constante). Ou seja, quanto menor for a NAIRU, menor será a taxa de juros neutra. Dessa forma, se a NAIRU estiver de fato caindo no Brasil isso fornece mais uma evidência de que provavelmente a taxa de juros neutra também está caindo. Mais do que isso, como a queda da NAIRU se deve a fatores estruturais, isso é mais um indício de que a melhora dos fundamentos da economia brasileira é que vem permitindo a queda da taxa neutra e não só os fatores conjunturais e externos. Essa relação entre Nairu e taxa neutra de juros pode ser observada e derivada da equação abaixo:

- Curva de Phillips:  $\downarrow \pi_t = \pi_t^e - \alpha(u_t - u_t^* \downarrow) \rightarrow$  economia com uma taxa de desemprego natural menor tem uma inflação menor.

- Lei de Okun<sup>17</sup>:  $\downarrow (y_t - y_t^*) = -\beta(u_t - u_t^* \downarrow) \rightarrow$  queda do desemprego natural permite que a economia cresça mais (o produto potencial aumenta). Assim, a economia cresce mais com uma inflação menor, logo a taxa de juros neutra que equilibra a economia pode ser menor.

Assim como a taxa neutra e o hiato do produto, a NAIRU também é um indicador não observável que mede o nível de ociosidade da economia e por isso, não há consenso sobre a melhor forma de estimá-lo. De acordo com o Relatório de Inflação do BCB de março de 2008<sup>18</sup>, existem três diferentes formas de se calcular a taxa de desemprego natural: estrutural, reduzida e univariada. Em Silva Filho (2010) foi feita uma compilação sobre diferentes métodos e resultados do cálculo da NAIRU obtidos por um grupo de bancos centrais<sup>19</sup>. Os resultados são extremamente sensíveis ao tipo de metodologia escolhida. Nesta dissertação, optamos por utilizar a forma reduzida, por ser simples e modelar diretamente a relação entre inflação e desemprego em apenas uma equação, em geral, a curva de Phillips e a forma univariada.

A primeira forma de calcular a NAIRU é similar a adotada em Ball e Mankiw (2002). Partimos de uma especificação bem simples da curva de Phillips dada por  $\pi_t = \pi_t^e - a(u - u^*) + v_t$ , onde  $\pi_t^e$  são as expectativas de inflação 12 meses à frente,  $(u - u^*)$  são os desvios do desemprego observado em relação à NAIRU e  $v_t$  são os choques de oferta. Se supusermos que (i)  $u^*$  é constante ao longo do tempo e que, conseqüentemente, (ii) a  $Corr(u^*, v) = 0$ , ou seja, choques

<sup>17</sup> Artigo recente de Ball, Leigh e Loungani (2013) mostrou que a Lei de Okun é uma relação forte e estável em mais de 20 países, incluindo os EUA. Com uma amostra que parte de 1948 para os EUA e 1980 para os demais países, os autores concluem que a lei de Okun tem um ajuste muito bom com a taxa de desemprego observado, ou seja, podem existir desvios em relação ao desemprego observado, mas em geral esses desvios tem vida curta e são bem pequenos. Mais do que isso, os autores determinam que o coeficiente na relação (efeito da variação de 1% no produto sobre a taxa de desemprego) é estável ao longo do tempo, apesar de diferir entre os países.

<sup>18</sup> BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Inflação. *Box – A Taxa Natural de Desemprego no Brasil*. Março, 2008.

<sup>19</sup> Países envolvidos no estudo: Brasil, Chile, Colômbia e Venezuela.

de oferta não influenciam o *trade-off* entre inflação e desemprego<sup>20</sup>, podemos estimar a curva de Phillips a partir de um OLS. Nesse caso, a NAIRU será dada por  $u^* = -\hat{a}u^*/\hat{a}$ , onde  $\hat{a}u^*$  é a constante da equação estimada. Para o Brasil, entre os anos de 2002<sup>21</sup> e 2012, a taxa de desemprego natural calculada a partir desse método é de 7%.

Silva Filho (2008), por sua vez, mostra que os choques de oferta e as alterações dos preços relativos ao longo do tempo são cruciais para explicar a dinâmica recente de inflação e o *trade-off* entre inflação e desemprego. Dessa forma, seguindo novamente a metodologia de Ball e Mankiw (2002), o autor sugere a utilização de uma curva de Phillips mais generalizada dada por  $\Delta\pi_t = \alpha(L)\Delta\pi_t^e + \beta(L)(u_t - u_t^*) + \gamma(L)x_t + \varepsilon_t$ , que incorpora outros choques de oferta, representado pelo vetor  $x_t$ . Mais uma vez, vamos supor as hipóteses (i) e (ii) descritas anteriormente para estimar a equação por OLS e determinar a taxa de desemprego natural como  $u^* = -c/\beta(1)$ .

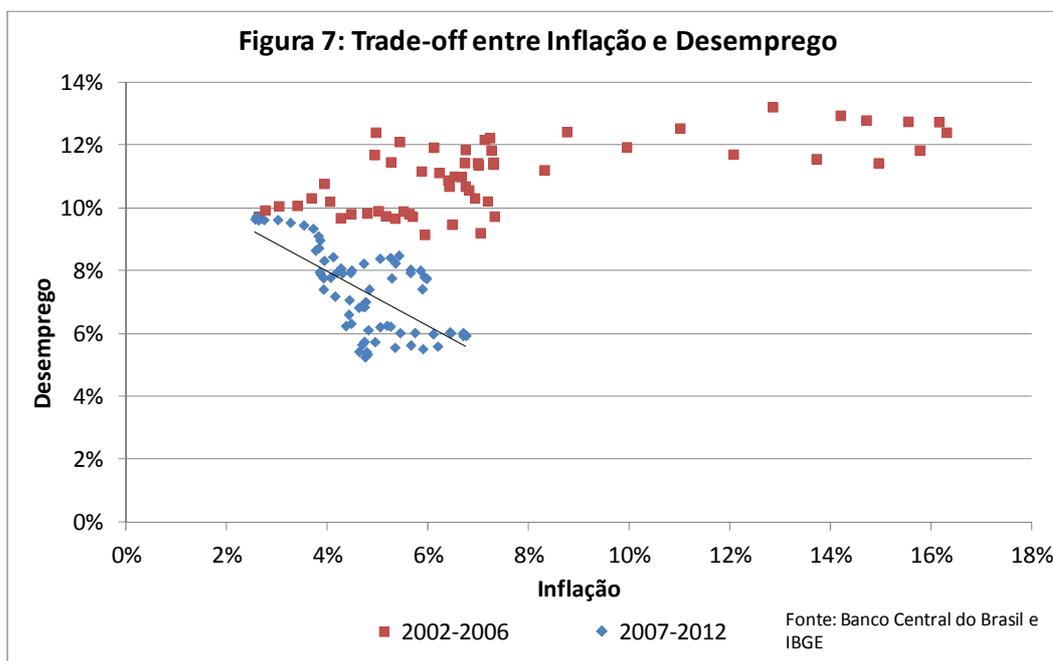
Como *proxies* para choques de oferta (vetor  $x_t$ ) foram utilizados a inflação de preços administrados que captura os efeitos sobre os preços não relacionados com choques na taxa de câmbio, a inflação de *tradables* que captura os efeitos sobre preços relacionados com choque na taxa de câmbio e a inflação de *non-tradables* que capta a variação no preço dos serviços que vem aumentando sua importância na economia brasileira. A partir da fórmula descrita, encontramos uma taxa de desemprego natural de 6,1% para o período total de estimação. A tabela com os resultados detalhados é mostrada no apêndice.

Nos dois casos acima, a taxa de desemprego natural estimada é constante ao longo do tempo. Porém, é razoável imaginar que a economia brasileira tenha passado por mudanças estruturais ao longo dos últimos anos, fazendo com que a NAIRU não tenha sido constante. Mais do que isso,  $v_t$  pode representar mudanças na economia que afetam o *trade-off* entre inflação e desemprego, como um choque de produtividade. Nesse caso,  $Corr(u_t^*, v) \neq 0$ . A figura 7 mostra que essa

<sup>20</sup> A hipótese (ii) será relaxada mais adiante.

<sup>21</sup> Estimamos apenas a partir de 2002 uma vez que a série de desemprego divulgada pelo IBGE começa apenas nesse ano.

hipótese é bastante razoável, sinalizando que, de fato, ocorreu uma recente alteração no *trade-off* entre inflação e desemprego.



Diante disso, Ball e Mankiw (2002) propõem uma forma diferente de estimação que permite que a NAIRU varie ao longo do tempo. A partir da curva de Phillips simplificada e conhecendo o parâmetro  $a$  podemos reescrever e estimar a seguinte equação:

$$u^* + \frac{v}{a} = \frac{(\pi_t - \pi_t^e)}{a} + u \quad (18)$$

O lado direito é conhecido a partir dos dados e substituindo  $a$  por  $\hat{a}$ , e o lado esquerdo representa os deslocamentos de longo prazo ( $u^*$ ) e de curto prazo ( $v/a$ ) da curva de Phillips. Como queremos determinar apenas o componente que desloca a curva de Phillips no longo prazo, ou seja, apenas a NAIRU, usamos o filtro HP no lado direito da equação para descartar os componentes cíclicos e obter apenas a tendência de longo prazo. Usando essa metodologia, encontramos uma NAIRU de 7,9% em 2012.

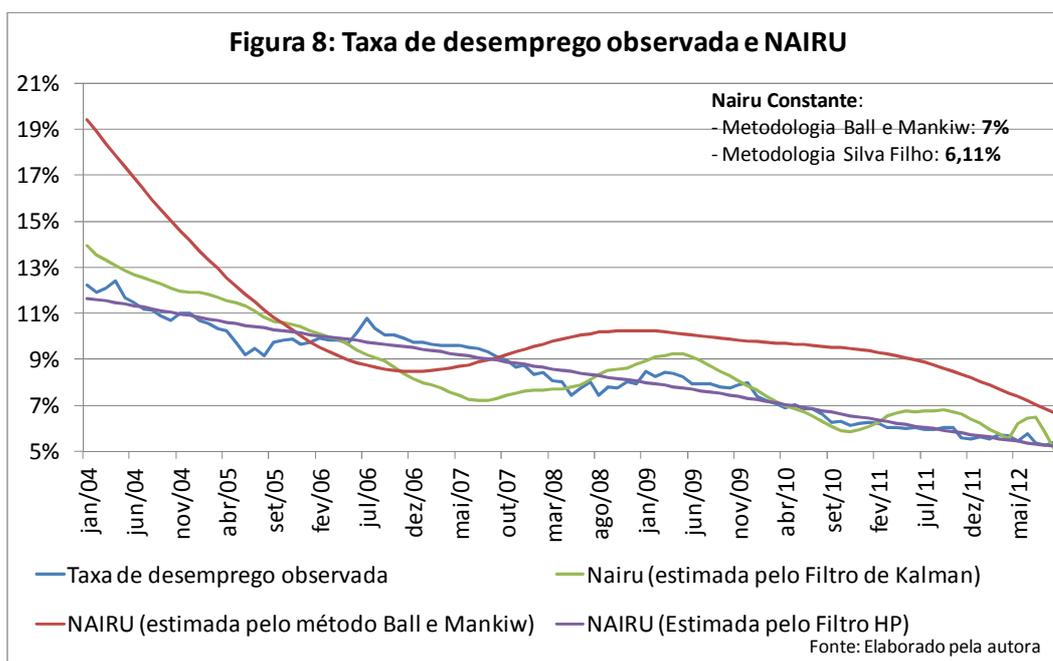
Silva Filho (2008) propõe a estimação da curva de Phillips que inclui os choques de oferta no vetor  $x_t$  pelo filtro de Kalman para determinar a trajetória da variável não observada  $u^*$ . Para isso vamos supor que a NAIRU segue um passeio aleatório.

$$\Delta\pi_t = \alpha(L)\Delta\pi_t^e + \beta(L)(u_t - u_t^*) + \gamma(L)x_t + \varepsilon_t \quad (19)$$

$$u_t^* = u_{t-1}^* + \xi_t \quad (20)$$

Onde  $\xi_t$  é iid com distribuição  $N(0, \sigma_\xi^2)$  e o vetor  $x_t$  é um vetor de variáveis que representam choques de oferta (inflação de administrados, *tradables* e *non-tradables*).

A figura 8 mostra o resultado dessa estimação bem como a trajetória da taxa de desemprego observada e da NAIRU estimada a partir do método de Ball e Mankiw (2002). A NAIRU estaria atualmente entre 5% e 7%, valores acima (ou muito próximas) da taxa de desemprego observada sinalizando que o mercado de trabalho parece estar promovendo alguma pressão sobre a inflação. O grande intervalo entre as diferentes estimativas aponta para a dificuldade de mais uma vez se estimar uma variável não observada em que não há consenso sobre a melhor forma de estimação.



Como podemos ver, independentemente da metodologia utilizada, a taxa de desemprego natural apresenta tendência de queda reforçando a ideia de que a economia brasileira passou por profundas melhoras estruturais que permitiram sua queda e a queda da taxa de juros neutra.

Ao longo dos últimos oito anos, a estabilização econômica aliada ao *boom* de *commodities* (que melhorou os termos de troca) favoreceu um intenso fluxo de capitais para a economia brasileira, que resultou numa sustentada apreciação cambial. Desde 2005, as contas capital e financeira apresentaram sucessivos superávits e diante desse fenômeno e do choque de riqueza resultante, pudemos observar uma mudança na estrutura da economia brasileira. A apreciação do câmbio e encarecimento da mão de obra local fez com que o setor de *tradables* ficasse menos competitivo, dada a grande oferta desses produtos em países de custo mais baixo. Por outro lado, o choque de riqueza que afetou a população tornou o setor de serviços (*non-tradables*) muito mais atrativo. Ou seja, houve um desvio de recursos do setor industrial *tradables* para o setor de serviços *non-tradables*. O grande desenvolvimento do setor de serviços<sup>22</sup>, que é mais intensivo em mão de obra do que o setor industrial representa a principal hipótese de mudança estrutural na economia brasileira que ajudou a promover a queda da taxa de desemprego neutra observada nos últimos anos. Outra hipótese possível seria a de que a estabilização permitiu o desenvolvimento do mercado imobiliário e incentivou o setor de construção civil, que são responsáveis por absorver muita mão de obra.

---

<sup>22</sup> Nesse ponto cabe uma ressalva importante. Apesar de inegavelmente ter crescido nos últimos anos, quando analisamos a proporção dos serviços no PIB ao longo dos últimos anos, esta se mantém praticamente estável. Isso ocorre, pois o setor de serviços ainda é muito mal mensurado no Brasil.

## 4.

### Implicações para a política econômica:

É bastante interessante determinar as implicações que as estimativas de taxas de juros neutra e desemprego natural podem ter na análise e na condução de política econômica. Em primeiro lugar, com base nas estimativas de taxa de juros neutra, vamos determinar qual foi a postura adotada pelo banco central brasileiro na última década e se o cenário externo ainda permite uma queda maior da taxa de juros real sem que isso pressione a inflação. Posteriormente, vamos determinar, com base em uma regra de Taylor modificada, quais são os riscos de o BC seguir uma estratégia baseada em variáveis não observáveis que apresentam medidas tão incertas.

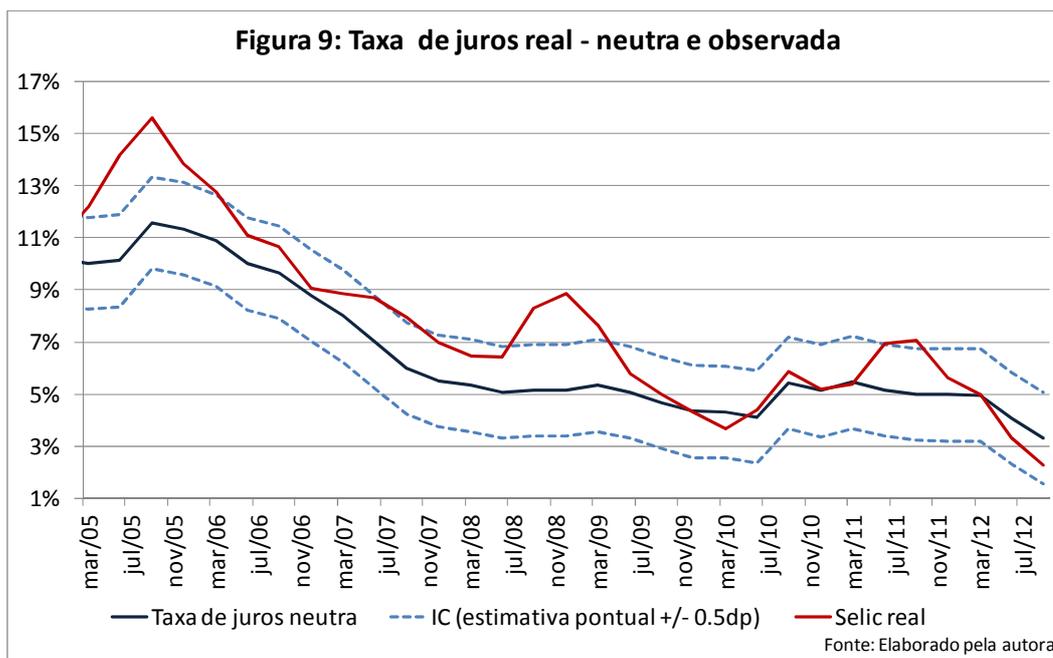
#### 4.1.

##### Postura recente do BCB:

A figura 9 ajuda a determinar como foi feita a condução da política monetária nos últimos anos, mostrando o comportamento da taxa de juros real ex-ante e da taxa neutra. Como já foi dito, sempre que a selic real estiver acima da taxa neutra, a política monetária terá sido contracionista. Alternativamente, sempre que a selic real for menor do que a taxa neutra a política monetária terá sido expansionista. Nos últimos dez anos, a média do *gap* de taxa de juros, que mede a diferença entre a selic real e a taxa neutra, foi próximo de zero, sinalizando uma política monetária neutra ao longo do tempo. Porém, claramente, em alguns momentos, diante da conjuntura brasileira e global foi necessário que a selic real desviasse da taxa neutra de forma a estimular ou frear a economia<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> Cabe fazer um importante comentário aqui: qualquer metodologia utilizada para o cálculo de variáveis não observadas, baseia-se em dados observados para um determinado período. Nesse caso, a tendência existente em cada série, seja ela de taxa de juros ou desemprego será



Alguns desses períodos merecem destaque. Em meados de 2008, quando a crise internacional afetou as principais economias, a taxa de juros neutra apresentou uma queda por motivos já mencionados anteriormente. Por algum tempo, a taxa real permaneceu acima da taxa neutra até que no início de 2009 o BCB deu início a uma série de cortes na selic para estimular a economia, evidenciadas na figura 8. Ao longo de praticamente dois anos, a taxa de juros real permaneceu abaixo ou muito perto da taxa de juros neutra, evidenciando um viés expansionista da política monetária nesse período, necessário para estimular a economia brasileira num contexto em que as economias mundiais estavam colapsando. A partir do final de 2010 e início de 2011, o aumento do preço dos alimentos, pressionou a inflação o originou que uma série de aumentos da selic que ficou acima da taxa de juros neutra.

O período mais recente aponta para a flexibilização da política monetária novamente. Se de fato a taxa neutra continuar caindo, motivada pela recessão global e pelo afrouxamento monetário adotado no resto do mundo, essa política pode não ser perigosa para a economia brasileira. Caso contrário, o período mais

---

incorporada nas estimações de taxa de juros neutra e Nairu. Por isso, os desvios da taxa neutra (ou Nairu) em relação à taxa observada tendem a ser mais baixos e devem ser usados com cuidado. Ou seja, vamos balizar a nossa análise de postura do BCB nela, mas é preciso ter sempre em mente que esse é um problema que pode ocorrer.

recente acende um alerta para os riscos que isso pode ter sobre o cenário inflacionário.

## 4.2.

### **Riscos da condução da política monetária baseada em estimativas incertas:**

Diante da queda recente da Selic e da disposição que o BC já mostrou de dar continuidade a estratégia de mantê-la em níveis historicamente baixos motivada pela queda da taxa neutra, torna-se importante determinar os riscos de seguir uma política monetária baseada em estimativas tão incertas. O elevado de grau de incerteza nas estimativas da taxa neutra e da taxa de desemprego natural pode aumentar muito o ruído à economia, prejudicando a condução da política monetária.

Para levar isso em conta, Orphanides e Williams (2006) propõem uma regra de Taylor modificada que é construída levando em conta o fato de que os agentes não necessariamente formam expectativas racionalmente e que os formuladores de política desconhecem todos os parâmetros estruturais da economia. Essa nova regra de Taylor incorpora a ideia de que os agentes vão se adaptando às novas informações que recebem e isso influencia a política monetária. Temos, então:

$$i_t = \alpha i_{t-1} + (1 - \alpha)(r_t^* + \pi_{t-1}) + \beta(\pi_{t-1} - \pi^*) + \gamma(u_{t-1} - u_t^*) + \delta(u_{t-1} - u_{t-2}) \quad (21)$$

Onde,  $i_t$  é a taxa selic,  $r_t^*$  é a taxa de juros neutra,  $\pi_t$  é a taxa de inflação,  $\pi^*$  é a meta de inflação,  $u_t$  é a taxa de desemprego e  $u_t^*$  é a NAIRU.

Se  $\alpha = 0$  e  $\delta = 0$  temos a regra de Taylor clássica. Essas duas alterações na regra de Taylor que são responsáveis por mitigar o problema de erro na medição das taxas neutras. Ao incluir o termo que mede a variação na taxa de desemprego observada ( $u_{t-1} - u_{t-2}$ ), o BC fica menos suscetível aos erros de medição de  $u^*$  porque passa a responder não só aos desvios da taxa observada em relação a NAIRU, mas também a variação no desemprego observado. Por outro

lado, a defasagem da taxa de juros nominal incorpora a inércia existente na política monetária, diminuindo a importância que uma medição errada de  $r^*$  pode ter.

Se o BC seguir uma política monetária conforme a que foi descrita por essa regra modificada, o erro que cometerá no período  $t$  fruto de percepções erradas sobre as variáveis não observadas é dado por:

$$(1 - \alpha)(\hat{r}_t^* - r_t^*) + \gamma(\hat{u}_t^* - u_t^*) \quad (22)$$

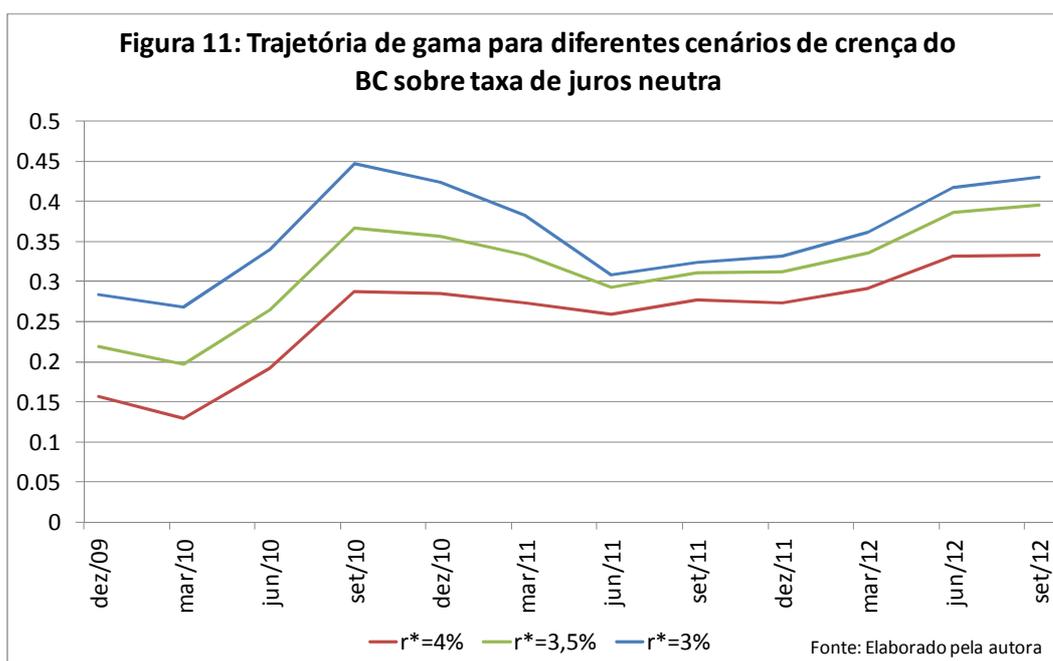
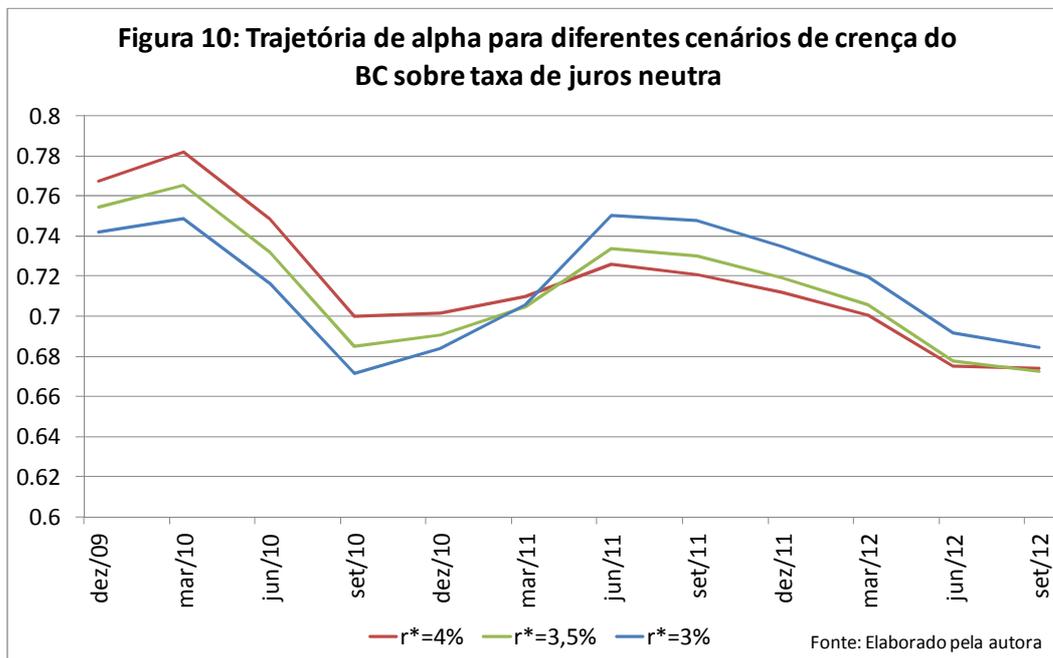
Onde  $\hat{r}_t^*$  e  $\hat{u}_t^*$  são as estimativas de taxas neutras disponíveis para os formuladores de política econômica no momento da decisão de política.

A sistematização desses erros pode acrescentar “ruído” à economia e exacerbar flutuações das principais variáveis macroeconômicas. A magnitude dos erros depende dos parâmetros  $\alpha$  e  $\gamma$ . Se  $\alpha$  tende a 1, a inércia na fixação dos juros é muito alta, reduzindo o problema que o erro de medição da taxa neutra geram. Isso porque, nesse caso, a importância que o BC dá à convergência entre taxa de juros real e taxa de juros real neutra (que é uma medida incerta) é menor. Da mesma forma, se  $\gamma$  tende a 0, a política monetária responde menos a mudanças no *gap* entre desemprego observado e natural. Assim, com  $\alpha=1$  e  $\gamma=0$  não há erros originados de medidas equivocadas dessas variáveis não observáveis na condução de política.

Estimamos a regra de Taylor modificada apresentada de forma a determinar como os parâmetros  $\alpha$  e  $\gamma$  vem evoluindo ao longo do tempo, ou seja, o objetivo principal é determinar se o BC passou a dar um peso muito maior a convergência entre taxa de juros e taxa neutra e a convergência entre taxa de desemprego e taxa natural nos últimos anos. Se esse for o caso, sabemos que isso pode adicionar instabilidade na economia.

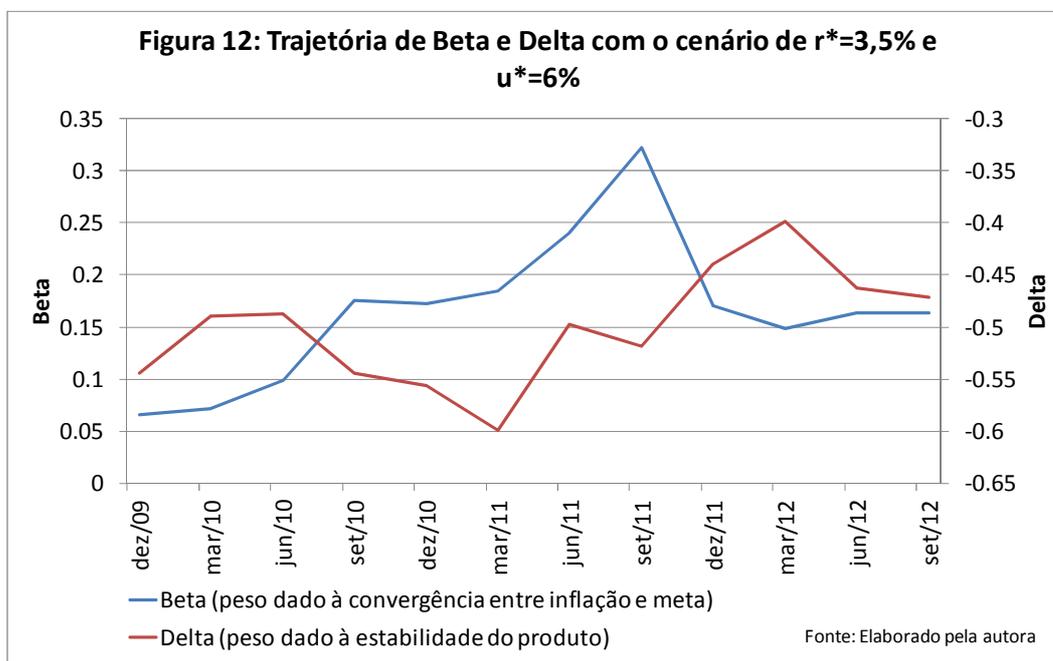
Os coeficientes  $\alpha$  e  $\gamma$  estimados a partir de *rolling regressions* são apresentados nas figuras 10 e 11. O exercício pressupõe que a nairu estimada pelo BCB é de 6%. Como podemos ver, o coeficiente  $\alpha$  que determina a inércia na fixação de juros, está em queda sugerindo que o BC passou a dar um peso maior para a convergência entre a taxa de juros real e a taxa de juros neutra. Por outro

lado, o aumento do coeficiente  $\gamma$  mostra que o BC passou a dar um peso maior para a convergência entre taxa de desemprego e a Nairu.



É importante ressaltar aqui que é natural que o BC use estimativas de taxa de juros neutra e NAIRU para tomar decisões de política monetária, mas é importante ter em mente que dar um peso excessivo a medidas incertas e não observáveis pode gerar ruídos na economia, ou seja, é necessário usar essas medidas com cautela.

Além de analisar o peso que a convergência entre o desemprego e a taxa de inflação em relação aos seus valores neutros tem na determinação da taxa selic, a partir da regra de Taylor modificada também podemos analisar como tem evoluído, ao longo dos últimos anos, o peso que o BCB dá à convergência entre inflação e meta e à estabilidade do emprego. De acordo com Pastore (2012), na curva de reação do BCB caiu o peso dado à taxa de juros para controlar a inflação e cresceu o peso dado ao aumento do PIB. A figura 12 abaixo mostra que, de fato, a partir de meados de 2011 e em 2012, o BC passou progressivamente a dar um peso menor à convergência entre inflação e meta. Seja porque o BCB passou a tolerar uma inflação mais alta (desde que dentro da meta) em troca de um produto maior ou porque ele acredita que existe um *mix* de políticas mais eficiente que inclui a adoção de medidas macroprudenciais para controlar a inflação, fazendo com que não seja necessário subir tanto a taxa selic toda vez que a inflação desvia da meta. Apesar da queda recente, não é possível afirmar que o BCB vai continuar dando um peso menor à inflação daqui em diante ou se esse é um movimento temporário.



## 5.

### Conclusão:

A taxa de juros neutra é um conceito de amplo interesse, uma vez que ele serve como *benchmark* para a condução da política monetária. Apesar desse imenso interesse, por ser uma variável não observável, não existe consenso quanto a melhor forma de estimá-la. A grande gama de métodos existente faz com que as estimativas encontradas difiram muito e com que haja grande incerteza sobre o seu valor verdadeiro.

Ao longo desse trabalho buscamos, a partir de diferentes metodologias, determinar qual é a taxa de juros neutra da economia brasileira, como foi a sua evolução ao longo dos últimos anos e quais os seus principais determinantes. Com base nessas estimativas, pudemos observar uma queda recente na taxa de juros neutra que serve como um *benchmark* para a determinação da taxa selic. Fatores internacionais e/ou conjunturais, como a lenta recuperação da economia mundial, a flexibilização das políticas monetárias mundiais e a adoção de medidas macroprudenciais tiveram impacto nessa trajetória recente de queda. Porém, os fatores estruturais e domésticos também se mostraram muito importantes para explicar os últimos movimentos. A maior prova disso é que a taxa de juros neutra calculada levando em conta os fatores internacionais e conjunturais ficou, em média, apenas 0.7p.p. abaixo daquela encontrada levando em conta os fatores estruturais e domésticos.

Mais ainda, sabemos que toda vez que a Nairu (taxa de desemprego que equilibra a economia) cai, isso possibilita um crescimento maior da economia sem pressionar a inflação e, portanto a taxa de juros neutra que equilibra a economia pode ser menor. Assim, como uma evidência adicional, mostramos que nos últimos anos observamos a queda da Nairu que depende basicamente de fatores estruturais e pudemos concluir que de fato ocorreram mudanças estruturais que atuaram sobre a trajetória da taxa de juros neutra.

Por fim, em posse das estimativas da taxa de juros e desemprego neutra determinamos como foi a postura do banco central brasileiro nos últimos anos e mostramos, com base numa regra de Taylor modificada, que de fato, o BC passou a dar um peso maior para a convergência entre juros reais e juros neutros e entre taxa de desemprego e nairu.

Dessa forma, pudemos concluir que as mudanças estruturais pelas quais a economia brasileira passou nos últimos anos, abriu espaço para a estratégia recente do banco central de reduzir a taxa de juros e manter em níveis historicamente baixos sem que isso tenha fortes impactos inflacionários. Ou seja, a queda da taxa de juros real baseada na queda da taxa neutra é sustentável, mas deve ser adotada com cautela para não gerar ruídos excessivos na economia, uma vez que as estimativas de taxa de juros neutra são incertas.

6.

### Referências Bibliográficas:

AMATO, J. The Role of the Natural Rate of Interest in Monetary Policy. **Bank of International Settlements**, BIS Working Paper 171. March, 2005.

ARCHIBALD, J. e HUNTER, L. What is the Neutral Interest Rate, and How Can We Use It?. **Reserve Bank of New Zealand Bulletin**, vol. 64, n.3. September, 2001.

BALL, L., LEIGH, D. e LOUNGANI, P. Okun's Law: Fit at Fifty? **NBER Working Paper**, n. 18668. January, 2008.

BALL, L. e MANKIW, G. The NAIRU in Theory and Practice. **Harvard Institute of Economic Research Working Papers**. April, 2002.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Inflação. **Box – A Taxa Natural de Desemprego no Brasil**. Março, 2008.

BERNHARDSEN, T. e GERDRUP, K. The Neutral Real Interest Rate. **Norges Bank Economic Bulletin**. February, 2007.

CLARIDA, R., GALI, J. e GERTLER, M. Monetary Policy Rules and Macroeconomic Stability: Evidence and Some Theory. **NBER Working Paper**, n. 6442. 1998a.

CLARIDA, R., GALI, J. e GERTLER, M. Monetary Policy Rules in Practice: Some International Evidence. **European Economic Review**, n. 42, pp.1033-1067. 1998b.

FAVERO, C. Applied Macroeconometrics. **Oxford University Press**. 2001.

FUENTES, R. e GREDIG, F. Estimating the Chilean Natural Rate of Interest. **Central Bank of Chile Working Papers**, n.448. December, 2007.

GIAMMARIOLI, N e VALLA, N. The Natural Real Interest Rate and Monetary Policy: a Review. **Journal of Policy Modeling** 26, 641-660. 2004.

GOLDFAJN, I. e BICALHO, A. A Longa Travessia para a Normalidade: Os Juros Reais no Brasil. **Textos para Discussão Itaú Unibanco**. Fevereiro, 2011.

LAUBACH, T. e WILLIAMS, J. Measuring the Natural Rate of Interest. **Review of Economics and Statistics**, vol. 85, n. 4, pp.1063-1070.2003.

MIRANDA, P. e MUINHOS, M. A Taxa de Juros de Equilíbrio: uma Abordagem Múltipla. **Banco Central do Brasil - Texto para discussão**, n.66. Fevereiro, 2003.

MAGUD, N. e TSOUNTA, E. To Cut or Not to Cut? That is the (Central Bank's) Question – In search of neutral interest rates in Latin America. **IMF Working Paper**. Oct, 2012.

NETO, P. e PORTUGAL, M. The Natural Rate of Interest in Brazil Between 1999 and 2005. **Revista Brasileira de Economia**, 2009. Vol. 63, n.2, pp.103-118.

ORPHANIDES, A. e WILLIAMS, J. Inflation Targeting Under Imperfect Knowledge. **Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper Series**, n. 14. April, 2006.

PASTORE, A.C., PINOTTI, M.C., GAZZANO, M., PEREIRA, G., ORTOLANI, G., QUINTANILHA, D. e COSTA, L. Crescimento e Inflação em um Novo Regime de Política Econômica. **Relatório de Conjuntura A.C. Pastore e Associados**. Outubro, 2012.

SEGURA-UBIERGO, A. The Puzzle of Brasil's High Interest Rate. **IMF working paper**. February, 2012.

SILVA FILHO, T. The Natural Rate of Unemployment in Brazil, Chile, Colombia and Venezuela: Some Results and Challenges. **BCB Working Papers**, n.212. September, 2010.

SILVA FILHO, T. Searching for the Natural Rate of Unemployment in a Large Relative Price Shocks' Economy: The Brazilian Case. **BCB Working Papers**, n.163. May, 2008.

TAYLOR, J. Discretion Versus Policy Rules In Practice. **Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy** 39, pp.195-214. 1993

WICKSELL, K. Interest and Prices. **Macmillan, London**. 1936.

WOODFORD, M. Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy. **Princeton University Press**, Princeton. 2003.

## 7.

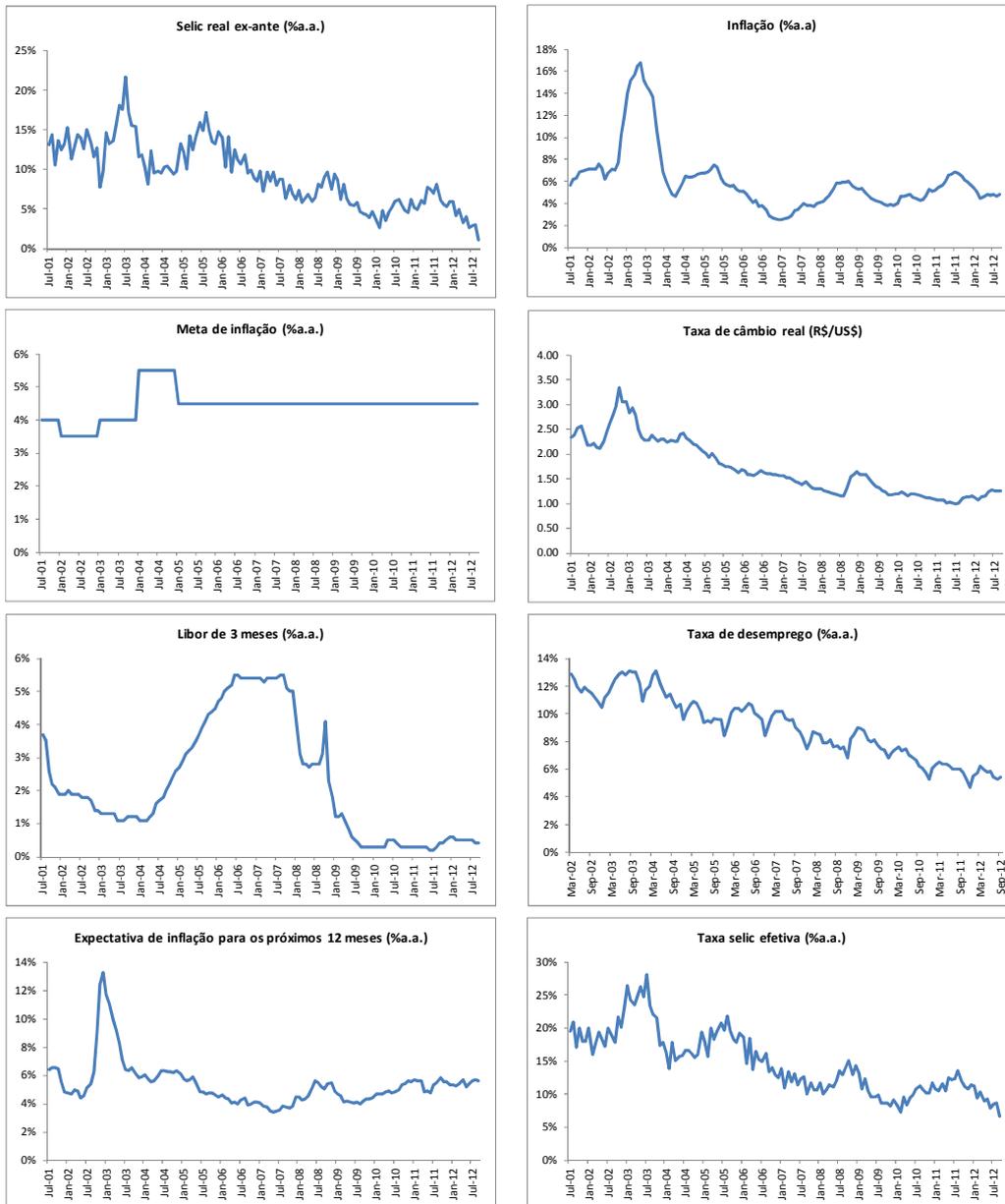
### Apêndice:

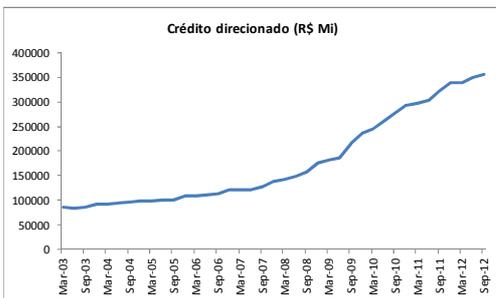
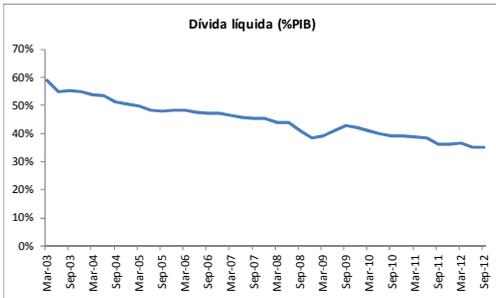
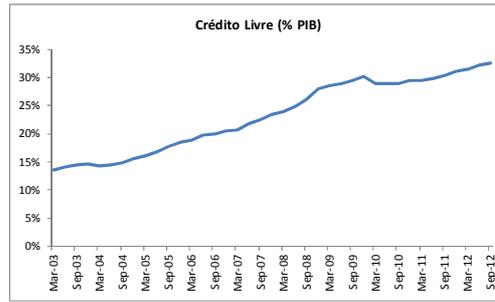
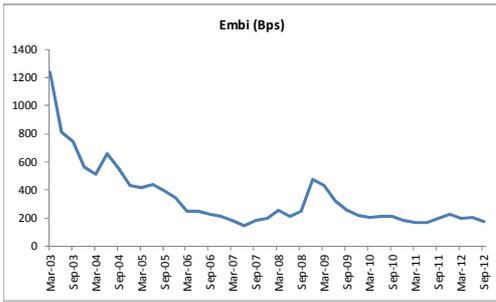
#### 7.1.

#### Descrição e gráficos das séries de dados utilizadas:

Série	Descrição	Fonte
$r_t$	Taxa Selic Real (%a.a.) = selic efetiva – expectativa de inflação (IPCA) projetada para os próximos 12 meses	Ipeadata
Embi	Risco país em bps	Ipeadata
Crédito Livre	Operações de crédito aos setores público e privado – recursos livres em % do PIB	Banco Central do Brasil
Dívida	Dívida líquida do setor público em % do PIB	Banco Central do Brasil
Volatilidade	Volatilidade do IPCA = desvio padrão da média móvel de 3 meses do IPCA	Ipeadata
$(y_t - y_t^*)$	Hiato do produto	Ipeadata
$(y_t^E - y_t^{E*})$	Expectativa de hiato futuro. Proxy de hiato futuro: Expectativa de produção industrial	Banco Central do Brasil
$(y_t^{mundo} - \bar{y}_t^{mundo})$	Hiato do produto mundial Proxy de hiato mundial: Corrente de comércio mundial	World bank data
$G_t$	Despesa total do governo central em milhões de reais e em termos reais (deflacionado pelo IPCA) com ajuste sazonal	Tesouro Nacional
$C_t$	Operações de crédito aos setores público e privado – recursos direcionados do BNDES em milhões de reais	Banco Central do Brasil
$\pi_t$	IPCA (%a.a.)	Ipeadata
$\pi_t^*$	Meta de inflação (%a.a.)	Banco Central do Brasil
$e_t$	Taxa de câmbio real = Câmbio nominal deflacionado pelo IPCA	Ipeadata
Libor	Taxa de juros libor de 3 meses (%a.a.)	Fed
$u_t$	Taxa de desemprego observada	IBGE
$\pi_t^e$	Expectativa de inflação para os próximos 12 meses	Ipeadata
$i_t$	Taxa selic efetiva (%a.a.)	Ipeadata

**Figura 13: Gráficos das séries de dados**





## 7.2.

**Estatísticas descritivas das séries de dados utilizadas:**

Série	Média	Mediana	Desvio Padrão	Número de observações	Periodicidade
$r_t$	9,3%	9,0%	4,0%	135	Mensal
Embi	343,1	247,7	223,8	39	Trimestral
Crédito Livre	23,2%	23,5%	6,4%	39	Trimestral
Dívida	44,9%	45,5%	6,3%	39	Trimestral
Volatilidade	0.003	0.002	0.002	39	Trimestral
$(y_t - y_t^*)$	-0,03	0,39	3,39	39	Trimestral
$(y_t^E - y_t^{E*})$	0,00	0,00	0,02	39	Trimestral
$(y_t^{mundo} - \bar{y}_t^{mundo})$	0,004	-8,09	206,5	39	Trimestral
$G_t$	38856,2	37482,4	13104,6	39	Trimestral
$C_t$	177601	137436	91156	39	Trimestral
$\pi_t$	6,04%	5,57%	2,74%	149	Mensal
$\pi_t^*$	4,50%	4,50%	0,56%	149	Mensal
$e_t$	1,72	1,60	0,54	149	Mensal
Libor	2,3%	1,8%	1,8%	149	Mensal
$u_t$	8,9%	9,0%	2,2%	123	Mensal
$\pi_t^e$	5,4%	5,1%	1,6%	135	Mensal
$i_t$	14,7%	13,6%	4,7%	135	Mensal

## 7.3.

**Curva IS estimada a partir de um GMM:**

Na tabela abaixo, apresentamos a curva IS estimada a partir de um GMM e usada para calcular a taxa de juros neutra de curto prazo.

**Tabela 4: Curva IS Estimada por GMM**

Variável dependente: Hiato do produto

Amostra: 2004.Q3 - 2012.Q2

Método generalizado dos momentos (GMM)<sup>1</sup>

Variável <sup>2</sup>	Coefficiente	Estatística t
Hiato (-1)	0.05775	(0.74)
Hiato esperado	62.00429	(3.49)*
Juro real	-122.989	(-1.90)***
Hiato Mundial	0.00853	(3.90)*
Gastos públicos	0.00011	(1.84)***
Crédito	0.00002	(0.65)
DW	2.22	
Estatística J	7.87	
P(estatística-J)	0.72	

**Instrumentos:** juro real(-2,-3,-4,-5,-6), hiato mundial(-1,-2,-3), gastos públicos(-3,-4,-5), crédito(-2,-3,-4,-5,-6), constante

<sup>1</sup> Weighting matrix: Newey west<sup>2</sup> Variáveis descritas como desvio em relação ao valor de equilíbrio (calculado pelo HP)

(\*), (\*\*), (\*\*\*) significativo aos níveis de 1%, 5% e 10%

**7.4.****Detalhes do modelo macroeconômico baseado em Laubach e Williams (2003):**- Equação de Observações:

$$\begin{bmatrix} y_t \\ \pi_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_3 & \alpha_4 & \alpha_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{t-1} \\ y_{t-1} \\ \pi_{t-1} - \pi^* \\ e_t - e_t^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -\alpha_1 & -\alpha_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\alpha_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t^* \\ r_{t-1}^* \\ y_{t-1}^* \\ g_{t-1} \\ z_{t-1} \\ 1 \\ g_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix}$$

- Equações de estado:

$$\begin{bmatrix} y_{t+1}^* \\ r_t^* \\ y_t^* \\ g_t \\ z_t \\ 1 \\ g_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \alpha_6 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_9 & \alpha_8 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha_7 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_t^* \\ r_{t-1}^* \\ y_{t-1}^* \\ g_{t-1} \\ z_{t-1} \\ 1 \\ g_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{3t} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \varepsilon_{5t} \\ 0 \\ \varepsilon_{4t} \end{bmatrix}$$

Conforme é destacado no paper original, existe uma crítica feita por Stock e Watson de que a estimação desse tipo de modelos pode gerar resultados viesados diante da ocorrência do “pile-up problem”. Pra resolver esse viés, é recomendada uma estimação sequencial para determinar estimações consistentes.

A estimação sequencial pode ser descrita da seguinte forma:

- 1) PIB potencial é estimado desconsiderando a existência do hiato da taxa de juros e restringindo a variância da equação de estados a 0 (g é constante).

$$y_t = y_t^* + \varepsilon_{1t}$$

$$y_t^* = y_{t-1}^* + g_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

$$g_t = \alpha_7$$

- 2) Tendo obtido o produto potencial ( $y^*$ ), o sistema é novamente estimado, fazendo  $y^*$  exógeno e estimando o sistema anterior:

$$y_t = y_t^* + \varepsilon_{1t}$$

$$y_t^* = y_{t-1}^* + g_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

$$g_t = \alpha_7 + \varepsilon_{3t}$$

- 3) Depois disso, podemos obter o seguinte parâmetro:  $\lambda_g = \frac{\sigma_{3t}}{\sigma_{2t}}$

Então estimamos o seguinte pelo filtro de Kalman:

$$(y_t - y_t^*) = \alpha_1(r_{t-1} - r_{t-1}^*) + \alpha_2(y_{t-1} - y_{t-1}^*) + \varepsilon_{1t}$$

$$\pi_t = \alpha_3(y_{t-1} - y_{t-1}^*) + \alpha_4(\pi_{t-1} - \pi_{t-1}^*) + \alpha_5(e_t - e_t^*) + \varepsilon_{2t}$$

E

$$r_t^* = \alpha_6 g_{t-1} + z_{t-1}$$

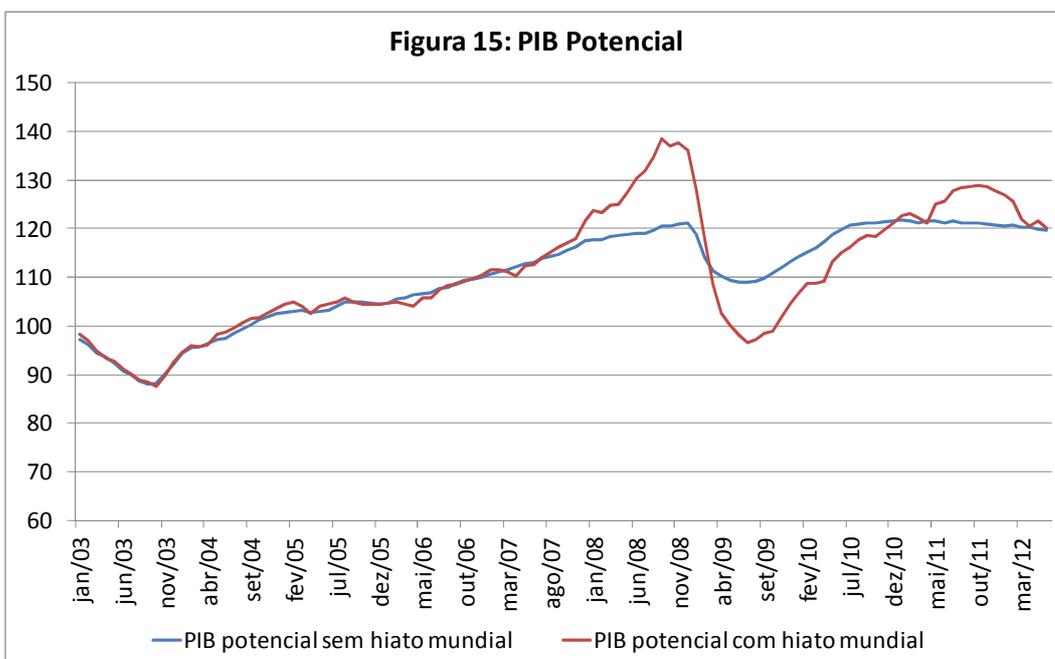
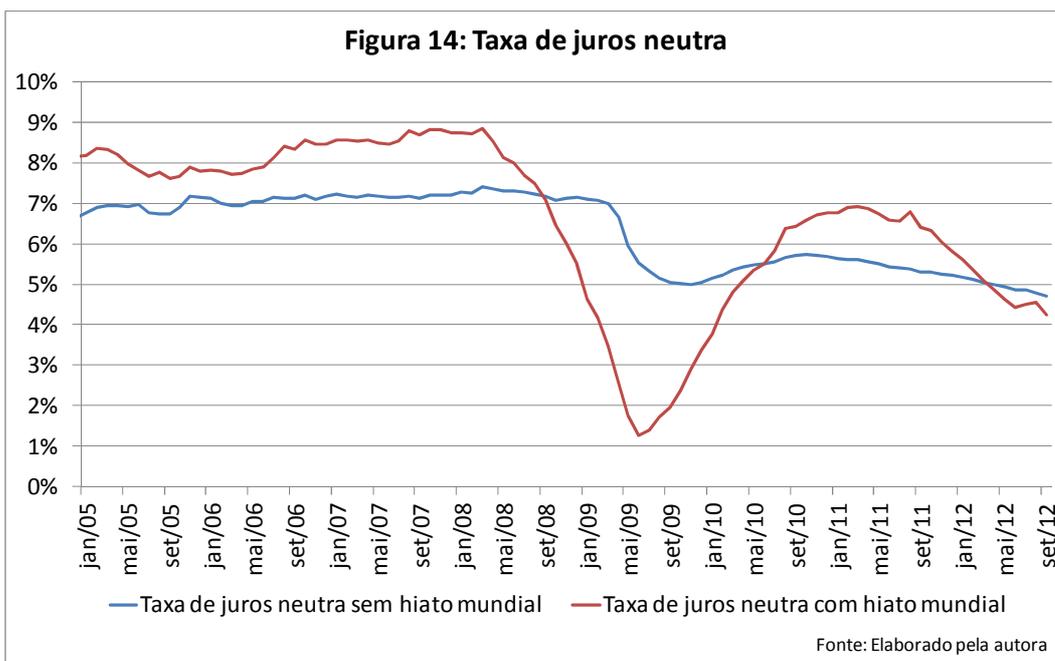
$$y_t^* = y_{t-1}^* + g_{t-1} + \lambda_g \cdot \varepsilon_{3t}$$

$$g_t = \alpha_7 + \varepsilon_{4t}$$

$$z_t = \alpha_8 + \alpha_9 z_{t-1} + \varepsilon_{5t}$$

## 7.5.

Variáveis não observadas estimadas pelo Filtro de Kalman com base no modelo de Laubach e Williams (taxa de juros neutra e PIB potencial):



## 7.6.

**Descrição do modelo de estimação da regra de Taylor dinâmica na forma de espaço de estados:**

- Equação de Observações:

$$[selic_t] = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3] \begin{bmatrix} \pi_t - \pi^* \\ Hiato_{t-2} \\ e_t \end{bmatrix} + [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} r_t^* \\ g_t \\ 1 \end{bmatrix} + [\varepsilon_{1t}]$$

- Equações de estado:

$$\begin{bmatrix} r_{t+1}^* \\ g_{t+1} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_4 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_t^* \\ g_t \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \varepsilon_{2t} \\ 0 \end{bmatrix}$$

## 7.7.

Resultados da estimação da Curva de Phillips generalizada incluindo choques de oferta:

**Tabela 5: Curva de Phillips**

Variável Dependente: IPCA	
Amostra: 2004 - 2012	
Mínimos quadrados ordinários <sup>1</sup>	
Constante	0.002
$\sum_{i=0}^5 \Delta \pi_t^i$	0.033 (***)
	[1]
$\sum_{i=0}^5 u_t$	-0.028 (***)
	[0,3]
$\sum_{i=0}^5 \pi_t^{ADMINISTRADOS}$	0.285 (***)
	[2]
$\sum_{i=0}^5 \pi_t^{TRADABLES}$	0.350 (***)
	[0,2]
$\sum_{i=0}^5 \pi_t^{NÃO-TRADABLES}$	0.344 (***)
	[1]
<b>R2</b>	0.999
<b>Teste de normalidade</b>	1.67 [0.43]
<b>Teste de heterocedasticidade</b>	4.08 [0.00]
<b>Teste ARCH 1-4</b>	41.75 [0.00]

<sup>1</sup> Estatística t robusta a heterocedasticidade de White

(\*), (\*\*), (\*\*\*) : significativo aos níveis de 10%, 5% e 1% respectivamente