

RELAÇÕES NÃO LINEARES NA CURVA DE PHILLIPS: UMA ABORDAGEM SEMI-PARAMÉTRICA

TIAGO SANTANA TRISTÃO*
HUDSON DA SILVA TORRENT†

Resumo

A relação entre inflação e atividade econômica é um dos principais interesses dos macroeconomistas. Geralmente, o *trade-off* entre inflação e produto é considerado linear. Mas isso é correto? Caso não seja, qual é a forma da relação não-linear? Para responder a essas perguntas, estimou-se a relação inflação-produto semi-parametricamente. Um estimador não paramétrico é utilizado a fim de guiar a escolha de um modelo paramétrico não linear. A forma funcional encontrada é considerada uma curva de Phillips Novo-Keynesiana Híbrida, estimada via GMM. Aplicou-se a abordagem para o Brasil usando dados de 2002 a 2012. As estimações sugerem uma relação cúbica entre a inflação corrente e o hiato do produto.

Palavras-chave: Não linearidades na curva de Phillips; Estimador kernel linear local; Estimação semi-paramétrica.

Abstract

How inflation relates to economic activity is one of the most important concern of macroeconomists. Usually the trade-off between inflation and output is assumed to be linear. But is that correct? If not, what is the correct non-linear relation? To answer those questions, we estimated the inflation-output trade-off semi-parametrically. A nonparametric estimator was used to guide the choice of a parametric non-linear model. The functional form achieved is considered as a New-Keynesian Hybrid Phillips Curve estimated by GMM. This approach was applied to Brazil using data from 2002 to 2012. We have found evidence of cubic relation between inflation and output gap.

Keywords: Non-linear Phillips curve; Local linear kernel estimator; Semi-parametric estimation.

JEL classification: E31, E52, C14

DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/1413-8050/ea136485>

* Doutorando - Departamento de Economia da PUC-Rio. E-mail: tristao.tiago@gmail.com

† Departamento de Estatística e PPGE - UFRGS. E-mail: HUDSON.TORRENT@UFRGS.BR

1 Introdução

Os modelos Novo-Keynesianos tiveram um grande impacto na macroeconomia e na maneira com que macroeconomistas analisam política monetária. Essa modelagem substituiu o modelo IS-LM-OA na análise de política econômica e tem sido o foco de inúmeros trabalhos que buscam avaliar as principais questões da macroeconomia tais como o papel das expectativas, a persistência inflacionária, o nível de rigidez de variáveis nominais ou reais, etc. O sucesso dessa modelagem deve-se às suas principais características, que podem ser resumidas como segue. Primeiro, podemos citar o pressuposto de otimização: utiliza-se um arcabouço microeconômico de indivíduos maximizadores e firmas maximizadoras operando dentro de uma certa estrutura de mercado (concorrência imperfeita). As equações que formam o modelo são derivadas de microfundamentos, tornando-o assim, de certa forma, imune à crítica de Lucas. Em segundo lugar, esses modelos baseiam-se na existência de concorrência imperfeita: pressupõe-se alguma forma de concorrência imperfeita. Na maioria dos casos, temos um mercado operando dentro de um sistema de concorrência monopolística. Por último, os modelos apresentam rigidez nominal/real: a existência de competição imperfeita no mercado de bens ou no mercado de trabalho, ou em ambos, gera poder de monopólio para os produtores. Dessa forma, os preços e o desemprego são mais altos e o produto é mais baixo em relação a um mundo de competição perfeita. Uma vez que as firmas têm algum controle sobre seus preços, elas podem escolher as taxas de ajustamento dos preços. Isso permite que o grau ótimo de flexibilidade dos preços para as firmas seja uma questão estratégica, ou seja, endógena. Dessa forma, os modelos Novo-Keynesianos se voltam para a rigidez dos preços dos produtos e do salário monetário, assim como para fatores que provocam a rigidez do salário real ou dos preços relativos das firmas.

Ao longo dos anos, diversos novos elementos têm sido acrescentados ao arcabouço Novo-Keynesiano. Essas modificações foram feitas buscando tornar o modelo mais adequado a diversos fatos estilizados, ou seja, torná-lo mais realista frente a observações empíricas. Um exemplo disso é a introdução da hipótese de que parte dos agentes não remarca preços de maneira ótima, mas em vez disso, utilizam uma regra de bolso que toma a forma de um comportamento *backward-looking*. Essa modificação na estratégia de remarcação de preços por parte das firmas, leva à consagrada versão híbrida de curva de Phillips Novo-Keynesiana, a qual é composta não só pelos habituais termos de inflação esperada e atividade econômica, mas também, por um termo da inflação defasada, representando a inércia inflacionária.

Inúmeros trabalhos buscam verificar o ajuste dessa modelagem aos dados¹ por meio de estimativas das equações do modelo Novo-Keynesiano. Tradicionalmente, estimativas assumem que a forma da relação produto-inflação é linear. Isso implica que a inclinação da curva de Phillips é constante e, portanto, independente do ciclo econômico. Porém, há um grande número de trabalhos que questionam a validade dessa suposta forma linear². Muitos modelos teóricos de price-setting behaviour argumentam que a inclinação da curva de Phillips é uma função das condições macroeconômicas. A linearidade implica que o custo da desinflação, em termos de produto, não varia com o estado da

¹Ver Galí & Gertler (1999), Lindé (2005), Rudd & Whelan (2006) e Zhang et al. (2009).

²Ver Lucas (1973), Laxton et al. (1995), Debelle & Laxton (1997), Macklem (1997), Stiglitz (1984) e Stiglitz (1997).

economia ou com a agressividade das políticas de desinflação executadas pelas autoridades monetárias. Em contraste, uma curva de Phillips não linear permite que o custo em termos de produto dependa dessas variáveis. Além disso, há divergências na literatura sobre a preponderância dos componentes *backward* e *forward-looking* da curva de Phillips. Alguns estudos, por exemplo, Lindé (2005), apontam para um papel mais relevante do componente inercial, enquanto outros, como Galí & Gertler (1999), encontram evidências de um papel preponderante do termo *forward-looking*. Há também divergências quanto ao papel do termo relativo ao excesso de demanda na curva de Phillips. Alguns estudos encontram um papel determinante do hiato do produto na determinação da inflação corrente dependendo da proxy utilizada. Outros estudos rejeitam a relevância do hiato do produto na dinâmica da inflação no curto prazo.

Uma das possíveis causas de divergências entre os resultados empíricos dos modelos Novo-Keynesianos pode ser a hipótese de linearidade imposta na forma funcional das equações. Se existem não linearidades na relação inflação-produto, os métodos lineares geram coeficientes incorretamente estimados, dado que a forma funcional está sendo especificada incorretamente. Neste trabalho, buscaremos analisar a relação entre a inflação e a atividade econômica, a fim de verificar se essa relação se expressa de forma não linear. Trabalharemos dentro do arcabouço Novo-Keynesiano, mais especificamente, utilizando uma curva de Phillips Novo-Keynesiana Híbrida para descrever a dinâmica inflacionária brasileira. O modelo Novo-Keynesiano não fornece uma estrutura teórica definitiva sobre o formato de uma possível não linearidade na curva de Phillips. Desse modo, utilizaremos aqui um instrumental econométrico não paramétrico a fim de capturar a forma exata da relação inflação-produto. O uso da econometria não paramétrica é vantajoso, pois possibilita a estimação desta relação, sem que uma forma funcional específica seja imposta. A ideia é utilizar um estimador não paramétrico para que possamos visualizar a forma funcional e, com essa informação, propor um modelo paramétrico que descreva de forma satisfatória a relação entre inflação e atividade econômica.

A principal vantagem da abordagem apresentada aqui em relação a outros estudos que avaliam a não linearidade da curva de Phillips, é o instrumental econométrico utilizado. Testes paramétricos são sensíveis à forma funcional estabelecida. Os testes de hipótese realizados sobre modelos estimados de forma paramétrica podem levar à rejeição ou não rejeição de uma forma funcional específica definida no teste de hipótese. Porém, com um estimador semi-paramétrico, é possível estimar a relação entre inflação e atividade econômica com restrições mais suaves sobre a forma funcional. Além desta introdução, o trabalho está organizado da seguinte forma. A seção 2 descreve o desenvolvimento teórico da curva de Phillips e os resultados apresentados por estudos recentes sobre não linearidade na curva de Phillips. A seção 3 apresenta os resultados das estimações feitas e faz uma análise dos resultados encontrados quanto ao formato da curva de Phillips. Por fim, são apresentadas as conclusões do trabalho.

2 A curva de Phillips

A curva de Phillips postula, em seu formato mais moderno, uma relação positiva entre a inflação corrente e uma medida de excesso de demanda. Contudo, os desenvolvimentos teóricos da curva de Phillips apareceram pioneiramente em Fisher (1926). Usando dados mensais para a economia americana no período de 1915 a 1925, o autor verificou uma forte correlação positiva entre emprego e o nível de preços, e sugeriu que essa relação era causal. A partir de 1926 outras tentativas de expressar uma relação entre o nível de preços e variáveis reais que descrevem o nível de atividade econômica foram formuladas. Dentro dessa literatura, Phillips (1958) estimou, utilizando dados do Reino Unido, uma regressão na qual a inflação salarial era descrita pela taxa de desemprego. Essa relação era negativa de forma que quanto menor a taxa de desemprego, maior era a inflação dos salários. Do artigo seminal de Phillips (1958) surgiu a expressão “curva de Phillips” para denominar a relação empírica encontrada entre inflação e desemprego.

Com o passar dos anos essa relação foi sendo refinada e três principais inovações formaram as bases para a taxa natural de desemprego e para a hipótese aceleracionista da curva de Phillips, as quais foram: imposição de uma variável descrevendo o excesso de demanda; inclusão de um termo relativo às expectativas; e um mecanismo de aprendizado com os erros. A taxa natural e a hipótese aceleracionista são dois conceitos que alteraram a visão dos economistas e dos policymakers sobre a relação entre inflação e desemprego. De acordo com a hipótese aceleracionista, uma baixa taxa constante de desemprego seria alcançada a um custo cada vez maior da taxa de inflação e, por isso, há a impossibilidade de trade-off permanente. A hipótese da Non-Accelerating Inflation Rate of Unemployment (NAIRU), isto é, a taxa de desemprego consistente com uma taxa de inflação estável implica que: quando o desemprego está abaixo da NAIRU, há pressões para que a taxa de inflação suba; inversamente, quando o desemprego está acima da NAIRU, há pressões para a queda da inflação. O conceito da NAIRU, ou seja, taxa natural de desemprego, consolida a relação entre inflação e desemprego e é a base teórica por trás da hipótese aceleracionista.

Mais tarde a curva de Phillips incorporou expectativas racionais. De acordo com a hipótese de expectativas racionais, indivíduos tenderão a levar em conta todas as variáveis disponíveis que são pertinentes para o processo de formação da taxa de inflação e farão previsões embasadas nesse conjunto informacional. Isto implica que erros de previsão só podem ocorrer devido a choques inesperados na taxa de inflação. A abordagem de expectativas racionais tem radicais implicações políticas. Quando incorporada à curva de Phillips, implica que variáveis nominais, como o nível de preços, não podem influenciar variáveis reais como o produto e desemprego, mesmo no curto prazo. Portanto, a taxa de inflação influencia variáveis reais apenas quando ela não é antecipada.

Mais tarde Calvo (1983), utilizando um arcabouço microeconômico de indivíduos maximizadores e firmas maximizadoras operando dentro de um sistema de concorrência monopolística, impõe rigidez nominal na determinação dos preços. Assim, o autor propõe um modelo estrutural que leva a uma curva de Phillips com expectativas racionais que possibilita um trade-off de curto prazo devido à rigidez nominal a qual está submetida o processo de determinação de preços. As firmas possuem uma probabilidade de reajustar os preços, em um determinado período, de acordo com um processo de Poisson. Sendo

assim, nem todas são capazes de reajustar seus preços a cada período e isso gera uma rigidez nominal que leva a um ajustamento gradual do nível de preços, que por sua vez, possibilita um trade-off de curto prazo entre inflação e desemprego dentro de um ambiente de agentes que se comportam racionalmente.

2.1 A curva de Phillips Novo-Keynesiana

A curva de Phillips derivada do trabalho de Calvo (1983) é conhecida como Curva de Phillips Novo-Keynesiana (CPNK) e foi amplamente estimada e testada devido aos fundamentos microeconômicos que ela possui. No entanto há muitas críticas à CPNK, sobre tudo no que diz respeito às suas características microeconômicas. Ball (1994) e Ball (1995) demonstram a possibilidade de crescimento econômico como consequência de políticas desinflacionárias críveis dentro do arcabouço teórico da CPNK, fato que é altamente questionável empiricamente. Outra fonte de críticas surge do que Blanchard & Galí (2007) chamaram de “coincidência divina” da CPNK. Segundo os autores, do ponto de vista do bem-estar, o modelo Novo-Keynesiano, o qual tem o lado da oferta caracterizado por uma CPNK, implica que é desejável estabilizar inflação e excesso de demanda. Porém, a CPNK implica que essas duas metas não são conflitantes: estabilizar inflação também causa estabilização do produto. O excesso de demanda e o nível de produto eficiente (first-best) é constante e invariante a choques no modelo Novo-Keynesiano. Essa característica implica que estabilizar a inflação é equivalente a estabilizar o “welfare relevant output gap”, ou seja, o excesso de demanda que maximiza o bem-estar. Estabilizar a inflação poderia ser equivalente a estabilizar o excesso de demanda, mas não deveria ser equivalente a estabilizar o “welfare relevant output gap”. Logo, essa política não seria desejável para uma autoridade que maximiza uma função objetivo e portanto, teríamos um trade-off entre inflação e desemprego do ponto de vista de maximização do bem-estar.

Além disso, devido à ausência de termos defasados da inflação, a CPNK não apresenta inércia inflacionária. Galí & Gertler (1999) adicionam um termo de defasagem na especificação da CPNK, assim, a curva mantém suas especificações microeconômicas seguindo um modelo de precificação do tipo Calvo. A cada período apenas uma parte das firmas pode otimizar seus preços utilizando toda a informação disponível; as demais utilizam uma simples regra de bolso baseada na trajetória passada do nível de preços. Dessa forma, a curva de Phillips passou a ter uma especificação com um termo expectacional adaptativo e outro racional, definindo o que os autores denominam de Curva de Phillips Novo-Keynesiana Híbrida (CPNKH).

A CPNKH é muito utilizada para análises de política econômica. Isso se deve a duas características que ela apresenta; componente inercial e componente forward-looking. Fica claro que a CPNKH surge de um modelo estrutural no qual famílias e firmas maximizam funções de escolhas intertemporais. Como as equações resultam da maximização de escolhas individuais na presença de expectativas forward-looking, as análises de política econômica não sofrem com a crítica de Lucas, ao contrário dos modelos estatísticos VECM e VAR. Por esse motivo, o New Keynesian Policy Model (NKPM) tornou-se uma ferramenta muito atrativa na análise de política monetária. Abaixo seguem as equações que compõem um NKPM estrutural de pequena escala, como demonstrado em Henry & Pagan (2004). A derivação do modelo consiste na

obtenção das condições de primeira ordem dos agentes, de onde surgem relações entre as variáveis que não são necessariamente lineares. As equações apresentadas abaixo são referentes ao modelo log-linearizado em torno de um estado estacionário de inflação zero³. O modelo envolve três equações, no qual a equação (1) é uma curva de demanda agregada (representação da curva IS), a equação (2) é uma curva de oferta agregada (que corresponde a uma curva de Phillips) e a equação (3) é uma regra de política.

$$y_t = y_{t+1}^e - \sigma(r_t - \pi_{t+1}^e) + v_t \quad (1)$$

$$\pi_t = \alpha_\pi \pi_{t-1} + (1 - \alpha_\pi) \pi_{t+1}^e + \alpha_y (y_{t-1} - y_{t-1}^*) + \xi_t \quad (2)$$

$$r_t = \bar{r} + \beta(\pi_{t+1}^e - \pi^*) + \gamma(y_t - y^*) + e_t \quad (3)$$

Nesse sistema, y_t é o logaritmo do produto real e y^* é o produto potencial, r_t é a taxa nominal de juros, π_t é a taxa de inflação em t e π_{t+1}^e é o termo *forward-looking*. O termo v_t representa um choque de demanda, ξ_t representa um choque de oferta e e_t é o choque de política monetária.

2.2 Estimação da curva de Phillips Novo-Keynesiana

A curva de Phillips apresentada em (2) tem uma forma particular, em que a inflação corrente depende de variáveis endógenas, pois, conforme discutido acima, tanto y_t quanto π_{t+1}^e podem ser consideradas endógenas. Para o propósito da estimação, é necessário buscar um vetor z_t de variáveis instrumentais, devido à correlação entre as variáveis endógenas explicativas e o termo de erro. Portanto, uma maneira de estimar a CPNKH seria pelo Método do Momentos Generalizados (GMM), no qual a condição

$$E_t \left[\left(\pi_t - \alpha_{pi} \pi_{t-1} - (1 - \alpha_{pi}) \pi_{t+1}^e - \alpha_y (y_{t-1} - y_{t-1}^*) z_t \right) \right] = 0 \quad (4)$$

é satisfeita. O uso de GMM na estimação da CPNKH é bastante tradicional e pode ser encontrado em Galí & Gertler (1999) e Jondeau & Le Bihan (2005). Contudo, os instrumentos precisam satisfazer a três critérios. Primeiro, eles precisam ser em número suficiente. Segundo, precisam ser instrumentos válidos, ou seja, não correlacionados com o termo de erro. Terceiro, eles devem ser instrumentos relevantes, isto é, correlacionados com as variáveis as quais eles servem de instrumento. Essa última condição pode se mostrar um grande problema para a estimação da CPNKH, conforme destacado em Stock et al. (2002). Se a variável instrumental possui baixa correlação com a variável a qual ela serve de instrumento então a teoria assintótica que descreve a performance do estimador de variáveis instrumentais evidencia uma grave falha. A razão disso é que sua distribuição assintótica é governada por uma função do tamanho da amostra e do coeficiente de correlação entre a variável instrumental e a variável à qual ela serve de instrumento. Consequentemente, uma

³É importante ressaltar que um modelo log-linearizado em torno de uma inflação positiva no estado estacionário gera uma diferente forma funcional para a curva de Phillips. As diferenças entre as formas funcionais podem ser vistas em Ascari & Sbordone (2014). O modelo derivado pelos autores não é o mesmo que estamos supondo aqui, mas o artigo expressa bem as diferenças que surgem nas formas funcionais.

grande amostra pode compensar um baixo coeficiente de correlação, e isso pode produzir uma grande discrepância entre resultados de pequenas amostras e o que é previsto pela teoria assintótica. Por esse motivo, Lindé (2005) critica a utilização de GMM, argumentando que esse estimador produz estimativas viesadas em pequenas amostras.

Lindé (2005) chega aos coeficientes estimados da CPNKH por meio da estimação das três equações do NKPM por Full Information Maximum Likelihood (FIML). A estimação por FIML também é utilizada nos trabalhos de Ireland (2001) e Kurmann (2004). Lindé (2005) apresenta alguns exercícios de Monte Carlo para demonstrar a superioridade do uso de FIML sobre GMM (quando a amostra é pequena e/ou os instrumentos são pobres) e conclui que é muito difícil obter estimativas confiáveis dos parâmetros de CPNKH usando single equation methods. Contudo, Gali et al. (2005), discutem os resultados apresentados por Lindé (2005) e argumentam que a superioridade do FIML ocorre pois o autor assume que o economista possui o conhecimento do verdadeiro modelo da economia a priori, coisa que é bastante improvável de ser verdadeira na prática. Single equation methods são usados para evitar tomar uma forma específica da estrutura da economia como um todo. Assim, quando há algum erro de especificação nas propriedades estocásticas das variáveis que dão a dinâmica dos sistemas de equações de (1)-(3), então as estimativas de FIML mostram viés de magnitude pelo menos tão grande quanto as simulações das estimativas por GMM.

Outro ponto de discordância na estimação da CPNKH é sobre a variável que representa o excesso de demanda. Os dois principais concorrentes são o hiato do produto e os custos marginais. O argumento em favor do uso de uma medida de custo marginal é derivado da determinação de preços tipo Calvo. Vale notar que resultados diferentes têm sido encontrados em equações baseadas em custos marginais. Alguns exemplos são Batini et al. (2000) e Gali et al. (2005). Além desses problemas descritos acima, há problemas relacionados à escolha de proxies que são incluídas na estimação da CPNKH. Qual variável observável pode ser uma boa representação para o hiato ou para os custos marginais? O hiato, por exemplo, é composto pelo produto potencial, o qual é um componente não observável na curva de Phillips e isso traz problemas para a estimação, pois ela pode ser comprometida pela proxy que é utilizada para sua representação. O mesmo problema ocorre com a expectativa da inflação.

Até agora discutimos os desenvolvimentos teóricos e as dificuldades de estimação de uma curva de Phillips linear. A seguir será apresentada uma série de aspectos teóricos e empíricos que buscam tratar de não linearidades na curva.

2.3 Não linearidade na curva de Phillips - teoria e evidências empíricas na literatura

De acordo com o exposto acima, tradicionalmente, estimativas assumem que a forma da relação produto-inflação é linear. Isso implica que a inclinação da curva de Phillips é constante e, portanto, independente do ciclo econômico. Porém, há um grande número de trabalhos que questionam a validade dessa suposta forma linear. Muitos modelos teóricos de price-setting behaviour argumentam que a inclinação da curva de Phillips é uma função das condições macroeconômicas. A linearidade implica que o custo da desinflação, em termos de produto, não varia com o estado da economia ou com a agressividade das políticas de desinflação executadas pelas autoridades monetárias. Em con-

traste, uma curva de Phillips não linear permite que o custo, em termos de produto, dependa dessas variáveis. É claro que essa não linearidade pode surgir tanto do componente expectacional quanto do componente de excesso de demanda da curva de Phillips. A literatura sobre esse assunto aborda essas duas possibilidades.

Conforme destaca Laxton et al. (1995), a ampla aceitação da curva de Phillips aumentada pelas expectativas, associada à hipótese da taxa natural de desemprego, conduziu à conclusão de que não existe trade-off de longo prazo entre atividade econômica e inflação. Mas o que dizer quanto ao formato da ligação produto-inflação? O campo teórico propõe alguns fundamentos microeconômicos que servem de amparo a alternativas não lineares para a construção da curva de Phillips.

Em Lucas (1973), a não linearidade da curva de Phillips surge devido à volatilidade do nível de preços. Essa abordagem é chamada de erro de percepção (“misperception”) ou modelo de extração de sinal (“signal extraction model”). Os agentes possuem informação imperfeita quanto às mudanças no nível agregado de preços, sendo incapazes de distinguir os choques nos preços relativos dos choques nos preços agregados. É assumida uma relação inversa entre a volatilidade da inflação e a atribuição por parte dos agentes a mudanças nos preços relativos: quanto mais volátil for a inflação menor será a mudança no produto. Dessa forma, quanto mais a inflação for volátil maior é o custo da desinflação em termos de produto.

Macklem (1997) apoia-se na premissa da restrição da capacidade instalada para sugerir uma forma não linear para a curva de Phillips, é o chamado “modelo de restrição de capacidade” (“capacity constraint model”). No curto prazo as firmas têm dificuldades em expandir sua capacidade produtiva, de forma que um choque positivo na demanda agregada reflete muito mais no nível de preços do que no produto. Quanto mais próxima a economia estiver de seu potencial, maior é o aumento da inflação dado um choque de demanda. Assim, a curva de Phillips possui uma forma convexa em relação ao excesso de demanda. De uma maneira geral, grande parte da literatura sobre a relação não linear na curva de Phillips apoia a ideia de que ela deve ser convexa. Mesmo no trabalho empírico original de Phillips (1958), a curva parece não ser linear e sim convexa. Muitos autores postulam uma forma convexa para a curva de Phillips, entre as principais contribuições empíricas em favor da convexidade estão Laxton et al. (1995), Clark et al. (1996) e Debelle & Laxton (1997). Vale ressaltar que a principal diferença entre uma curva de Phillips linear e convexa é que, sob convexidade, o trade-off de curto prazo encarado pelos policymakers é state-dependent, ou seja, é uma função do estado da economia: um ponto percentual de redução na taxa de desemprego conduz a um menor aumento na inflação a altas taxas de desemprego do que a baixas taxas de desemprego.

Outro modelo que pode motivar um relacionamento assimétrico entre produto e inflação é o modelo de rigidez nominal dos salários (“downward nominal wage rigidity model”). Stiglitz (1986) e Fisher (1989) apresentam modelos teóricos que podem gerar esse tipo de rigidez. Nesses modelos, os trabalhadores são mais relutantes em aceitar uma diminuição no seu salário nominal do que uma diminuição de seu salário real devido à ilusão monetária e fatores institucionais e/ou comportamentais. O modelo de custos de ajustamento (“costly adjustment model”) ou custos de menu, como são mais conhecidos, implica uma relação entre produto e inflação que varia com o nível de infla-

ção. Segundo Ball et al. (1988), na presença de custos de menu, nem todas as firmas mudarão seus preços em resposta a choques de demanda. Contudo, quanto maior o número de firmas que decidem mudar seus preços, mais sensível será o nível agregado de preços a choques de demanda. Os custos de ajustamento podem se dar também devido à duração dos contratos. O processo de negociação salarial entre firmas e trabalhadores é custoso. Portanto, pode ser uma estratégia ótima, dado um ambiente de baixa inflação, negociar contratos mais longos buscando baixar os custos que as firmas encaram. Sendo assim, quando ocorre um choque, a existência de contratos torna o ajustamento difícil. Portanto, os preços vão se ajustando lentamente e a curva de Phillips é mais íngreme para altas taxas de inflação. Como resultado, no modelo de custos de ajustamento, o impacto do hiato do produto é uma função da média do nível de inflação.

Stiglitz (1984) e Stiglitz (1997) consideram a possibilidade de uma curva de Phillips côncava. Essa concavidade é consistente com a literatura de ajustes assimétricos de preços em mercados que funcionam sob concorrência monopolística. Produtores podem baixar os preços para evitar serem expulsos do mercado por seus rivais, porém, são mais relutantes em aumentar seus preços mesmo em um ambiente de aumento da inflação. Esse tipo de comportamento é compatível com firmas que operam em concorrência monopolística e estão preocupadas com a manutenção e/ou expansão de suas respectivas parcelas de mercado.

A literatura sobre o assunto propõe diversos formatos para uma possível relação não linear na curva de Phillips. Diferentes formatos dessa não linearidade possuem diferentes implicações para custos de desinflação, dado que a inclinação de curvas côncavas ou convexas varia de acordo com o nível de hiato de produto. Uma curva de Phillips côncava implica que o custo de desinflação aumenta com forte atividade econômica, pois quando aumenta a atividade econômica a inclinação da curva de Phillips torna-se mais plana. Em contraste, uma curva de Phillips convexa implica que o custo de desinflação cai à medida que aumenta a atividade econômica, pois, a inclinação da curva de Phillips torna-se mais íngreme. É importante considerar que o modelo Novo-Keynesiano, conforme apresentado em (1)-(3), não fornece embasamento teórico para não linearidades na curva de Phillips. Conforme destaca Carvalho (2010), a derivação da forma reduzida da curva de Phillips, em forma de desvios do estado estacionário, é efetuada utilizando a log-linearização e aproximações de Taylor, resultando em relações lineares entre as variáveis. Essa ausência de relações não lineares nas equações finais desse não impõe restrições a uma estratégia empírica que busque avaliar um possível tipo de assimetria.

Evidências empíricas de não linearidade são encontradas em diversos trabalhos. A maioria dos trabalhos citados foca na estimação paramétrica da curva de Phillips. Debelle & Laxton (1997) encontram evidências de não linearidade da curva de Phillips para o Canadá, Reino Unido e Estados Unidos. São utilizados dados trimestrais de 1959:Q3 a 1997:Q1 e uma forma convexa é atribuída à equação. É feita uma especificação híbrida da curva de Phillips aumentada para expectativas e a estimação é feita via filtro de Kalman, de modo a permitir que a NAIRU varie no tempo. Os autores concluem que a curva de Phillips é não linear, com formato convexo, argumentando que essa especificação é capaz de ajustar melhor os dados para a inflação no período analisado.

Dupasquier & Ricketts (1998) focam na economia canadense e estimam di-

ferentes modelos teóricos de curvas de Phillips não lineares (côncava, convexa e côncava-convexa). As especificações baseiam-se em uma curva de Phillips híbrida, na qual os modelos estimados são apresentados em formato de estado-espço e estimados por Máxima Verossimilhança e as variáveis de estado não observáveis são estimadas por filtro de Kalman. Os dados utilizados são de frequência trimestral e abrangem o período de 1964:01 a 1994:01. Os autores concluem que há relações de não linearidades no ajustamento de preços dados os choques de demanda. Porém, não chegam a um resultado conclusivo quanto ao melhor modelo representativo.

Eliasson (2001) faz algumas críticas aos trabalhos empíricos anteriores. A autora argumenta que as relações entre as variáveis eram introduzidas nas equações sem nenhum teste que comprove uma relação de não linearidade. É testada então a linearidade da curva de Phillips aumentada pelas expectativas contra uma hipótese alternativa de um modelo híbrido da curva de Phillips com Transição Suave (STAR). A autora encontra evidências de não linearidade para Austrália e Suécia. É importante notar que a fonte de não linearidade não é a mesma para esses dois países: o nível de inflação esperada foi a variável responsável pela transição entre regimes, no caso da Suécia, e a variação na taxa de desemprego foi a responsável pela transição entre regimes no caso da Austrália. Portanto, apenas a economia australiana apresentaria um custo de desinflação que varia com o estado da economia. Apesar de ambos os países terem apresentados relações não lineares, os resultados disso em termos de política monetária serão bem distintos nos dois casos, dado as diferentes fontes de não linearidade. Além disso, a economia americana apresenta um parâmetro de inclinação estável durante o período analisado, o que evidencia uma forma linear para a curva de Phillips.

Filardo (1998) utiliza um sistema de seis equações, derivado de Christiano et al. (1994), para descrever a economia americana. A curva de Phillips utilizada é do tipo híbrida, na qual a trajetória da expectativa presente quanto à inflação futura é descrita por uma das equações do sistema, de forma que não são utilizados dados de pesquisa como proxies. Além disso, a não linearidade imposta é caracterizada por três tipos de regime: produto abaixo do potencial, produto estável ao nível potencial e produto acima do potencial. Têm-se um sistema não linear de equações, o qual é estimado por Nonlinear Least Squares (NLS). Apesar da não linearidade do sistema, o modelo em cada regime é linear nas variáveis explanatórias, portanto, são geradas funções impulso-resposta para cada regime de maneira similar a um VAR recursivo padrão. O autor conclui que a curva de Phillips para a economia americana não é inteiramente côncava nem convexa, mas sim uma combinação de ambas; sendo assim, o custo de desinflação dependerá do pontono qual a economia se encontra. Para o autor, existem regiões nas quais a curva de Phillips é côncava e outras nas quais ela é convexa: a convexidade surge quando o hiato do produto é estável e/ou positivo, enquanto que, a concavidade surge quando o hiato do produto é negativo.

Utilizando instrumental econométrico paramétrico e não paramétrico, Buchmann (2009), encontrou evidências de uma curva de Phillips com formato côncavo para um hiato do produto negativo e convexo para um hiato do produto positivo, o trabalho foca-se na área da zona do Euro compreendendo o período de janeiro de 2001 a junho de 2009. A curva paramétrica é estimada via GMM e Generalized Empirical Likelihood (GEL). É imposto um formato linear e os resultados são contrários aqueles encontrados em Galí & Gertler

(1999) para a economia americana, ou seja, o coeficiente da inflação defasada é dominante em relação à inflação futura e o coeficiente do hiato do produto é de pequena magnitude. Sendo assim, o autor encontrou uma forte persistência na inflação. Depois o autor estima a curva de Phillips de forma não paramétrica por meio de um Local Polynomial Regression, utilizando uma função kernel do tipo Epanechnikov. As derivadas em relação à expectativa futura e à inflação defasada ficaram muito próximas aos parâmetros estimados na forma linear paramétrica, o que evidencia uma relação linear entre expectativa de inflação e inflação corrente. Já a derivada em relação ao hiato do produto apresentou um formato côncavo para um hiato do produto negativo e convexo para um hiato do produto positivo. Esse resultado evidenciou um formato não linear quanto à influência do excesso de demanda na inflação e um formato linear quanto à influência das expectativas de inflação na inflação presente. É preciso salientar que o resultado apresentado por Buchmann (2009) é sensível aos problemas de curse of dimensionality, de forma que um modelo semi-paramétrico é estimado. Esse modelo possui uma forma linear nas expectativas enquanto que nenhuma forma específica é atribuída ao hiato do produto. Os resultados seguem em linha com os apresentados pelo modelo não-paramétrico. A diferença mais significativa é que o modelo não-paramétrico apresenta intervalos de confiança muito mais amplos do que o modelo semi-paramétrico. Dessa forma o autor concentra suas atenções nos resultados apresentados pela estimação semi-paramétrica dado que as estimativas são mais confiáveis.

Nas últimas décadas, vários estudos tentaram estimar a curva de Phillips para o Brasil. Estes estudos não se focaram apenas nos testes de não linearidade da curva, ao contrário, abrangem um grande número de objetivos distintos. Estimou-se a curva de Phillips para fazer inferências sobre a política monetária, para fazer previsões, inferir sobre a composição dos termos forward-looking e backward-looking, entre outros objetivos. Abaixo se encontra um resumo dos principais trabalhos, destacando apenas os seus resultados quanto à relação inflação-produto ou outras possíveis fontes de não linearidade.

Lima (2003) estima a NAIRU para o Brasil e testa a estabilidade dos coeficientes da curva de Phillips. Dois modelos diferentes são estimados: o primeiro com uma NAIRU que muda ao longo do tempo, e o segundo é um modelo com diferentes regimes markovianos para a NAIRU. O autor conclui que a inclinação da curva de Phillips para o Brasil é estável. Os modelos foram estimados com dados trimestrais para o período de 1982:01 a 2001:04. A proxy utilizada para a inflação foi o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC/IBGE), e para o desemprego foi utilizado a Pesquisa Mensal de Emprego (PME/IBGE). O autor alerta para as possíveis quebras estruturais presentes neste período da economia brasileira. Assim sendo, ele estima um modelo time-varying parameter (TVP) com variância condicional descrita por um processo autoregressivo conditional heteroscedasticity (ARCH), e outro modelo com Markov-switching regime (MSR). Como resultado, os testes não rejeitam a hipótese nula de estabilidade da curva de Phillips.

Fasolo & Portugal (2004) testam a relação entre inflação e emprego no Brasil utilizando um modelo que explicitamente baseia-se em quatro hipóteses: i) os agentes não possuem racionalidade perfeita; ii) a imperfeição na formação de expectativas pode ser determinante no componente inercial da inflação brasileira; iii) a inflação possui componente inercial autônomo; e iv) as relações

não lineares entre inflação e desemprego fornecem melhores resultados para a economia nos últimos 12 anos. Os resultados dos testes econométricos apontam para a validade das quatro hipóteses descritas. A curva de Phillips é estimada por meio do filtro de Kalman, e a relação entre inflação e expectativas é verificada por intermédio de um modelo de mudança de regime. Os dados são de frequência mensal e abrangem o período de 1990:01 a 2002:08. As proxies utilizadas são: Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA/IBGE) para a inflação, para a variável desemprego é utilizado o Desemprego Aberto sazonalmente ajustado (IBGE), enquanto que para a expectativa presente quanto à inflação futura é utilizada a estrutura a termo da taxa de juros. O estudo conclui que existe não linearidade na curva de Phillips a qual se caracteriza por uma mudança de regime após o Plano Real.

Correa & Minella (2005) estudam os mecanismos de não linearidade na curva de Phillips focando-se nos repasses cambiais. Os autores utilizam um modelo Threshold Autoregressive (TAR) para modelar uma curva de Phillips híbrida na qual uma das variáveis utilizadas como limiar é o hiato do produto. São utilizados dados trimestrais de 1995:01-2004:04, nos quais o IPCA (preços livres) é a medida de inflação e o hiato do produto é calculado a partir da metodologia de uma função de produção. O modelo é estimado por Mínimos Quadrados em Dois Estágios (MQ2E) utilizando diversas variáveis instrumentais para o componente de expectativa. Os resultados mostram que a fonte de não linearidade é centrada na variável câmbio.

Tombini & Alves (2006) analisam possíveis quebras estruturais nos parâmetros de uma curva de Phillips híbrida. O foco do trabalho é apresentar uma metodologia alternativa para estimar uma medida de custo de desinflação e aplicá-la ao Brasil. O custo de desinflação é apresentado como o ganho de inflação que teria sido observado se os coeficientes da curva de Phillips não tivessem mudado. Como essa medida de desinflação depende da variação dos parâmetros da curva de Phillips, os autores, utilizando a abordagem do filtro de Kalman, estimam os *time-varying parameters* para uma curva de Phillips híbrida. A especificação dessa curva é feita para uma economia aberta, ou seja, a taxa de câmbio entra na equação de Phillips para representar o *pass-through* cambial. O termo relativo à expectativa presente da inflação futura é instrumentalmente determinado no primeiro passo de uma estimação por MQ2E. Os dados têm frequência mensal compreendendo o período de 1996:01 a 2006:01, e a variável dependente é o IPCA – preços livres (taxa não anualizada). Como resultado, os autores encontram uma relação positiva e crescente entre nível de atividade e taxa de inflação até maio de 2002. A curva de Phillips torna-se mais plana a partir de junho de 2002. Já em 2004 a curva de Phillips passa a ser praticamente linear. Embora os autores destaquem esse resultado, é preciso salientar que as estimativas apresentaram grandes desvios-padrão e o coeficiente do hiato do produto não mostrou-se estatisticamente significativo a 5% de significância.

Carvalho (2010) investiga a possibilidade empírica da curva de Phillips, em sua especificação novo-keynesiana híbrida, ser não linear. O autor faz uso de uma variação do modelo de Regressão com Transição Suave (STR), que permite a identificação de não linearidades de maneira mais flexível, levando em conta a endogeneidade da série de expectativas de inflação. O modelo STR fornece uma maneira de testar a existência de não linearidades do que se chama “transição suave”, que pertence aos modelos não lineares de séries temporais conhecidos como *state-dependent*. O modelo utilizado é uma variação do mo-

delo STR desenvolvida por Areosa et al. (2011), que permite a estimação de parâmetros da equação não linear mesmo quando há regressores endógenos. Essa abordagem econométrica é utilizada, pois, leva em consideração o problema da endogeneidade das variáveis da CPNKH na equação a ser estimada, sem a necessidade da estimação de todo o sistema de equações do modelo novo-keynesiano. É testada a hipótese de não linearidade da curva de Phillips para 13 países. A periodicidade é mensal e os dados amostrais iniciam-se após a adoção do sistema de metas para a inflação de cada país. O autor encontra evidências de não linearidade na CPNKH para um total de 9 dos 13 países analisados. A variável de transição que capta com mais precisão a não linearidade é o distanciamento entre expectativas de inflação e sua meta. Além disso, para o caso do Brasil, o grau de aquecimento da demanda agregada não é a condição macroeconômica relevante a não linearidade.

Por fim, Areosa et al. (2011) testaram a hipótese de linearidade da curva de Phillips para o Brasil contra um modelo alternativo STR, encontrando evidências a favor da não linearidade. A relação não linear encontrada pelos autores estaria relacionada à volatilidade da variância cross-section das expectativas de inflação dos agentes de mercado e não propriamente no nível de atividade econômica. A metodologia utilizada pelos autores permite testar a hipótese de linearidade do modelo antes da estimação da suposta equação não linear, caso ela se mostre relevante, dessa forma, pode-se evitar uma especificação sobreparametrizada da curva de Phillips.

3 Estimação e discussão dos resultados

Nesta seção são apresentados os resultados das estimações paramétricas, não-paramétricas e semi-paramétricas. As estimativas apresentadas foram baseadas em dados mensais, utilizando-se uma amostra compreendida no período 2002:04 - 2012:09. Quanto à medida de atividade econômica real, foi utilizado o hiato do produto calculado pela metodologia da decomposição Beveridge-Nelson. Essa abordagem foi utilizada na série do PIB acumulado nos últimos 12 meses, deflacionado pelo IGP-DI do mês.

3.1 Estimação paramétrica

O que nos interessa é estimar a relação entre inflação e atividade econômica. No modelo Novo-Keynesiano, log-linearizando⁴ e manipulando a equação que determina o preço que as firmas estabelecem, é possível derivar uma equação para a inflação que toma a seguinte forma⁵:

$$\pi_t = \lambda mc_t + \beta E_t \pi_{t+1}. \quad (5)$$

em que $\lambda > 0$ é uma combinação linear de parâmetros estruturais do modelo e β é a taxa de desconto intertemporal. Iterando essa equação passos à frente chegamos em

$$\pi_t = \lambda \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k E_t mc_{t+k}. \quad (6)$$

⁴Aqui todas as referências a log-linearizações significam aproximações em torno de inflação zero.

⁵A notação aqui segue Galí & Gertler (1999).

em que mc_t é o custo marginal real. Esse resultado diz que a inflação será alta quando as firmas esperam mark ups médios abaixo do nível desejado, ou seja, um mark up efetivo abaixo do mark up de estado estacionário. Nesse caso, quando as firmas puderem mudar os preços elas aumentarão acima do nível médio de preços da economia para trazer o mark up ao nível desejado de estado estacionário. A inflação resulta das decisões de preços das firmas, que ajustam seus preços pelas condições de custo corrente e futuro.

Tradicionalmente costuma-se utilizar uma medida de hiato do produto como indicador relevante da atividade econômica. Isso é possível, dentro do arcabouço Novo-Keynesiano, devido a uma relação existente entre o custo marginal real e o hiato do produto. Essa relação vem da regra de ajuste de preços do modelo em combinação com a função de produção, a definição de custo marginal e a condição de market clearing⁶. É essa relação que nos permite descrever a inflação como uma combinação linear de expectativas quanto à inflação futura e hiato do produto.

Neste trabalho queremos avaliar como a inflação se relaciona com a atividade real, no fundo queremos quantificar o efeito de choques de oferta na variação do nível de preços. Para esse fim, poderíamos estimar uma curva de Phillips usando tanto uma proxy para custo marginal real quanto uma proxy para hiato do produto. Escolhemos o hiato do produto estimado por meio de uma decomposição de Beveridge-Nelson pois foi a proxy que melhor descreveu o comportamento de correlação cruzada destacado em Galí & Gertler (1999). A Figura 1 apresenta a correlação cruzada entre o hiato do produto x_t e a inflação.

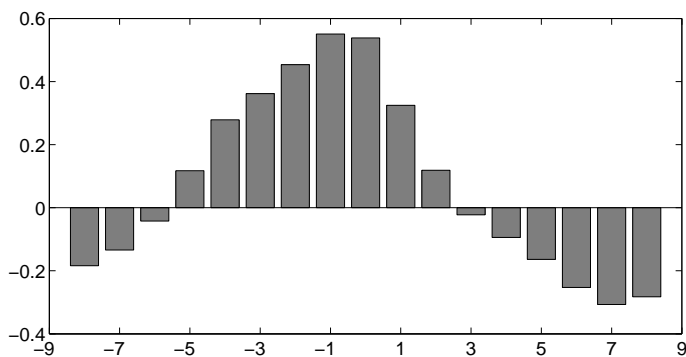


Figura 1: Hiato do produto (t), inflação ($t+k$)

Conforme enfatizado por Fuhrer & Moore (1995), a inflação deveria antecipar o hiato do produto no decorrer dos ciclos econômicos, no sentido de que um aumento na inflação corrente deveria sinalizar um subsequente aumento no hiato do produto.

⁶Mesmo em um modelo com economia aberta, como visto em Areosa (2004), a relação direta entre inflação e hiato do produto continua a existir. Se tomarmos um modelo mais complicado como o Smets & Wouters (2007), onde temos capital, rigidez nos salários e governo, a relação entre inflação e hiato do produto vai aparecer naturalmente. Essa relação não depende da especificação de um modelo simplificado de economia fechada que emprega apenas trabalho.

O correlograma do hiato do produto com a inflação, na figura 1, apresenta um comportamento de acordo com o modelo teórico, inflação sinalizando hiato do produto positivo. Outras medidas, tanto de hiato quanto de custo marginal, foram consideradas. A rigor, foram testadas medidas de hiatos obtidas por vários métodos: obtenção do hiato via decomposição de componentes não observáveis; filtro HP; filtro HP restrito a uma função de produção; e regressão linear com dummies. Testamos também as seguintes medidas de custo marginal: taxa de desemprego aberta, conforme utilizado em Mazali & Divino (2010); índice de preço de commodities (IPEA); e utilização da capacidade da instalada da indústria⁷.

Porém, todas essas medidas alternativas de atividade real se caracterizam por apresentar correlação positiva com a inflação passada e negativa com a inflação futura⁸. Ou seja, um comportamento que é contrário à intuição teórica.

Além disso, Galí & Gertler (1999) destacam um resultado teórico importante do arcabouço Novo-Keynesiano⁹, a curva de Phillips possui a seguinte forma

$$\pi_t = \lambda \kappa x_t + \beta E_t \pi_{t+1}. \quad (7)$$

Defasando a equação acima e assumindo $\beta \simeq 1$, podemos manipular algebricamente essa equação e teremos a seguinte expressão

$$\pi_t = -\lambda \kappa x_{t-1} + \pi_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (8)$$

em que $\varepsilon_t = \pi_t - E_{t-1} \pi_t$. Essa equação implica que uma mudança corrente na inflação deveria depender negativamente da defasagem do hiato do produto. Esse fato está diretamente relacionado ao argumento de Fuhrer & Moore (1995) de que a inflação deveria sinalizar um aumento subsequente no hiato do produto. Estimando a eq.(8) usando a medida de hiato do produto derivada da decomposição Beveridge-Nelson, obtemos

$$\pi_t = -0,0348x_{t-1} + \pi_{t-1} + \varepsilon_t \quad (9)$$

isto é, a inflação depende negativamente do hiato do produto defasado, em linha com a característica teórica do modelo Novo-Keynesiano. Essa mesma equação foi estimada utilizando as outras medidas de hiato e de custo marginal descritas acima e em todas as estimações o coeficiente relativo à proxy da atividade real foi positivo, se mostrando contrário ao comportamento teórico.

Por esse motivo, as estimações da curva de Phillips feitas aqui se restringem ao uso de uma medida de hiato do produto derivada de uma decomposição de Beveridge-Nelson especificada como em Araujo et al. (2004).

A especificação a ser estimada da curva de Phillips é a seguinte:

⁷Cabe ressaltar que tentamos encontrar outras medidas de custo marginal porém muitas séries têm problemas de amostra. Massa salarial não foi possível pois não há uma mesma metodologia que abrange o nosso período amostral. Também o hiato da taxa de desemprego não foi possível pois a metodologia do IBGE mudou em 2002.

⁸Exceto pelo índice de commodities que apresentou correlação negativa e constante em torno de $-0,2$ para todos as defasagens e a série do desemprego aberto que apresentou comportamento contrário.

⁹Novo-Keynesiano aqui significa um modelo canônico simplificado com formulação do tipo Calvo e inflação de estado estacionário igual à zero.

$$\pi_t = \phi_1 \pi_{t-1} + \phi_2 E(\pi_{t+1}|I_t) + \phi_3 x_t + \epsilon_t. \quad (10)$$

Estamos interessados em estimar os parâmetros ϕ_1 , ϕ_2 e ϕ_3 . A estimação é feita por GMM com matriz ponderada HAC, da mesma forma que em Galí & Gertler (1999). A condição de ortogonalidade utilizada foi:

$$E[(\hat{\pi}_t - \phi_1 \hat{\pi}_{t-1} - \phi_2 \hat{\pi}_{t+1} - \phi_3 \hat{x}_t)z_t] = 0. \quad (11)$$

Os instrumentos utilizados foram quatro defasagens da inflação medida pelo IPCA e mais duas defasagens do hiato do produto.

Os resultados da estimação encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: CPNK – com termo linear para o hiato do produto

	Estimativa	Desvio-padrão	valor-p
ϕ_1	0,4168	0,0200	0,0000
ϕ_2	0,5229	0,0022	0,0000
ϕ_3	0,0144	0,0049	0,0045
Estatística J	6,7892		
valor-p	0,2367		
\bar{R}^2	0,6636		

Fonte: Elaboração própria.

A escolha dos instrumentos foi feita conforme Galí & Gertler (1999). Foram testadas outras combinações de instrumentos, utilizando proxies para custo marginal real, a rigor, a taxa de desemprego aberta, índice de preços de commodities e utilização da capacidade instalada. Porém todas essas séries apresentam baixa correlação com as variáveis explicativas que sofrem do problema de endogeneidade. Os melhores instrumentos, os que apresentaram alta correlação com as variáveis explicativas, foram os que compõe o conjunto utilizado para a estimação: quatro defasagens da inflação medida pelo IPCA e mais duas defasagens do hiato do produto. Além disso, mais defasagens dos instrumentos foram testadas, porém, quando adicionamos mais defasagens tanto da inflação quanto do hiato do produto obtivemos um valor crítico muito alto para o Estatística J. Sendo assim, quando aumentamos a quantidade de instrumentos tendemos a rejeitar a hipótese nula de validade do modelo segundo o teste J de sobre-identificação. Assim, com o conjunto de instrumentos descritos acima conseguimos estimar os parâmetros com baixo erro-padrão e ao mesmo tempo não rejeitamos o modelo segundo o teste J.

Não foi adicionada nenhuma medida de custo marginal real no conjunto de instrumentos devido à baixa correlação entre hiato do produto e as medidas de custo marginal. Além disso, essas medidas não apresentaram correlograma cruzado, com a inflação, de acordo com o pressuposto teórico.

As estimativas apresentadas são consistentes com a teoria. Os resultados informam que: (i) o componente expectacional forward-looking é dominante em relação ao componente backward-looking, apresentando valor correspondente a 0,52; (ii) ambos componentes expectacionais são estatisticamente significativos; (iii) o impacto da atividade real, representado pelo hiato do produto, é estatisticamente significativo e apresenta sinal positivo em concordância com a teoria.

Areosa (2004), utilizando a mesma estratégia de estimação apresentada aqui, não encontrou significância estatística para o coeficiente relativo ao hiato do produto¹⁰. Além disso, o coeficiente estimado pelo autor apresentou sinal negativo, ou seja, contrário à teoria econômica. O autor encontrou uma estimativa de sinal positivo, mas ainda não significativa, apenas quando o hiato do produto é substituído por uma medida de custo marginal. De fato, uma parte da literatura sobre a estimação da curva de Phillips tem demonstrado resultados semelhantes aos encontrados em Areosa (2004). É bastante clara uma tendência ao uso de uma medida de custo marginal, em vez de hiato do produto, na estimação da curva de Phillips buscando evitar problemas associados à significância estatística e adequação da estimativa ao modelo teórico.

Contudo, os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que o coeficiente relativo ao hiato do produto apresenta sinal positivo e é estatisticamente significativo. Em primeiro lugar, o que deve ser ressaltado é que a medida de hiato do produto utilizada neste trabalho não é mesma utilizada por Areosa (2004). O autor obteve o hiato do produto do resíduo de uma regressão do PIB sobre 11 variáveis dicotômicas sazonais e uma tendência linear. Essa mesma medida de hiato foi utilizada neste trabalho e, de fato, apresentou os mesmos problemas encontrados em Areosa (2004). A literatura, em geral, obtém o hiato do produto por meio da utilização de um filtro Hodrick-Prescott. Estimamos o modelo da eq. (10) acima utilizando essa mesma medida de hiato e rendeu um coeficiente de sinal positivo, porém sem significância estatística.

O que os resultados apresentados na Tabela 1 mostram é que o problema de utilizar as medidas de hiato do produto pelo filtro Hodrick-Prescott, ou pelo método de regressão linear com variáveis dicotômicas, é que essas medidas apresentam correlação negativa com a inflação defasada e positiva com a inflação futura, padrão que é exatamente o contrário do comportamento previsto pela teoria. O hiato do produto, que foi utilizado neste trabalho, foi obtido de uma decomposição Beveridge-Nelson de acordo com a especificação apresentada em Araujo et al. (2004). Essa medida de hiato apresenta um padrão de correlação com a inflação que vai de acordo com a proposta teórica dos modelos Novo-Keynesianos.

Dessa forma, fica claro que os problemas encontrados na estimação da curva de Phillips, quando uma medida de hiato é utilizada para refletir a atividade econômica, estão associados ao formato da correlação cruzada entre a medida de atividade econômica e a inflação, e não ao uso de uma medida de hiato em si, conforme destaca parte da literatura. Medidas de hiato do produto que apresentam uma correlação com a inflação semelhante à Figura 1 tenderão a apresentar coeficientes estatisticamente significantes na equação de Phillips. Há diversas metodologias para a derivação do hiato do produto, as quais geram, em alguns casos, séries muito diferentes entre si. Concluímos que a utilização da variável hiato não é inferior, no sentido estatístico, ao uso de uma variável que representa o custo marginal, desde que sua correlação com a inflação respeite a relação teórica entre essas duas variáveis.

3.2 Estimação semi-paramétrica

O modelo agora será tratado dentro de uma abordagem semi-paramétrica. Essa abordagem explora a situação na qual o comportamento da variável de-

¹⁰É importante destacar que Areosa (2004) não utiliza a mesma medida de hiato que foi utilizada aqui.

pendente pode ser escrito como uma função linear de algumas variáveis e uma função que possui uma forma funcional desconhecida. Nós iremos assumir que a curva de Phillips é linear nas expectativas, tanto no termo forward-looking quanto no backward-looking, mas nenhum tipo de relação específica será imposto ao componente da atividade econômica. Dessa forma, o modelo é especificado como:

$$\pi_t = \phi_1 \pi_{t-1} + \phi_2 E(\pi_{t+1}|I_t) + f(x_t) + \epsilon_{2t} \quad (12)$$

Com isso, menos restrições são impostas na relação entre as variáveis. É assumido que existe uma função f , a qual descreve o impacto da atividade econômica na inflação corrente, porém nenhuma forma funcional é imposta. O objetivo é revelar a estrutura de f por meio da estimação da expectativa condicional da inflação $E(\pi_t|\pi_{t-1}, \pi_{t+1}^e, x_t)$ com auxílio da metodologia kernel. Note que no modelo paramétrico as derivadas parciais da média condicional de π_t são todas constantes por hipótese. Em um modelo não-paramétrico, as derivadas relativas às variáveis explanatórias são permitidas variar mais livremente em seu domínio.

Para estimar o modelo paramétrico utilizamos a condição de momento da eq. (11), de forma que tratamos a endogeneidade presente na formação da expectativa presente quanto à inflação futura, por meio do uso de variáveis instrumentais. Isso não será utilizado para estimar a eq. (12). Em vez de nos valeremos de uma condição de ortogonalidade para tratar a endogeneidade, será utilizada uma medida de expectativa de inflação.

Sem utilizar as condições de momento, a opção é utilizar a informação dos bem conhecidos *surveys*. A ideia é incorporar uma medida de expectativa baseada em um *survey* em vez de presumir racionalidade em um componente expectacional que é não observável. A proxy utilizada será a expectativa da inflação da pesquisa FOCUS do Banco Central do Brasil. O modelo estimado passa a ser:

$$\pi_t = \phi_1 \pi_{t-1} + \phi_2 \hat{\pi}_{t+1}^{focus} + f(x_t) + \epsilon_{3t} \quad (13)$$

em que, $\hat{\pi}_{t+1}^{focus}$ é a mediana das expectativas dos agentes quanto à inflação do próximo mês, formada pelo conjunto de informação disponível até a data de divulgação do IPCA-15. As outras variáveis são as mesmas utilizadas na estimação paramétrica.

A bandwidth escolhida foi $h^* = 3h^{tima}$, onde h^{tima} é a bandwidth determinada via método plug-in. Quanto maior é a bandwidth, menor é a variância, porém, maior é o viés do estimador. Preferiu-se diminuir a variância para que possamos visualizar um formato mais bem definido das funções estimadas. Os passos para a obtenção de \hat{f} podem ser sumarizados como se segue. Em um primeiro momento foi estimada uma regressão, em que a inflação presente foi estabelecida como variável dependente e a inflação defasada e expectativa da inflação como variáveis explicativas, obtendo-se seus resíduos, denotados por \hat{u}_{1t} . Em um segundo momento, foi estimada uma segunda regressão na qual o hiato do produto foi estabelecido como variável dependente e a inflação defasada e expectativa da inflação como variáveis explicativas, obtendo-se seus resíduos, denotados por \hat{u}_{2t} . Por último foi realizada uma regressão não paramétrica, em que \hat{u}_{1t} é variável dependente e \hat{u}_{2t} é variável regressora, da seguinte forma:

$$\min_{\hat{m}_0, \hat{m}_1} \sum_{t=1}^T \left(\hat{u}_{1t} - \hat{m}_0 - \hat{m}_1(\hat{u}_{2t} - x) \right)^2 K\left(\frac{\hat{u}_{2t} - x}{h^*}\right) \quad (14)$$

em que $\hat{m}_0 = \hat{f}(x_t)$ e x é um ponto escolhido no intervalo em que x_t toma valores. K é a função kernel Gaussiana (densidade da v.a. Normal Padrão). A ideia por trás desse procedimento é simples: a primeira regressão busca “limpar” a inflação presente dos efeitos referentes ao componente inercial e expectacional, já a segunda regressão busca “limpar” o hiato do produto dos efeitos relativos aos dois componentes. Os resíduos dessas regressões correspondem à inflação e ao hiato, livres das influências dos componentes inercial e expectacional. As estimativas da média condicional devem mostrar a relação entre a inflação e o hiato do produto excluindo os efeitos relativos às outras variáveis expostas na curva de Phillips. O resultado da estimação pode ser visto na Figura 2.

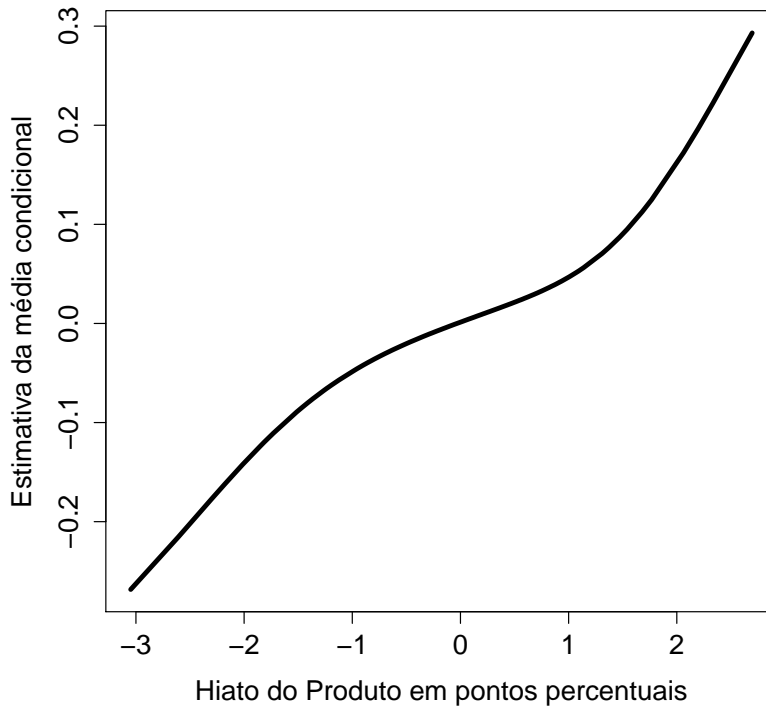


Figura 2: Efeitos do hiato do produto na inflação

Pela análise visual da Figura 2, podemos notar que os efeitos do hiato do produto na inflação não se comportam linearmente. A curva estimada é côncava quando o hiato do produto é menor que zero e convexa para valores positivos do hiato do produto. Isso sugere que a derivada de f com relação a x_t possui formato de U . Embora pareça haver uma forma quadrática no comportamento da derivada, é difícil avaliar se a inflação responde de forma simétrica

a desvios positivos e negativos do hiato do produto. Essa dificuldade surge do fato de que há poucos dados amostrais concentrados nas regiões extremas. É possível notar que valores extremos positivos do hiato estão associados a uma derivada de maior magnitude, porém a escassez de dados nos intervalos extremos dificulta uma melhor investigação dessa característica. Como um resultado geral das estimações não paramétricas, podemos afirmar que o impacto do produto efetivo sobre a inflação depende do nível de atividade econômica. O trade-off entre produto-inflação é não linear para valores extremos do hiato do produto. A estimação do modelo semi paramétrico nos fornece informações suficientes para que possamos modelar de forma paramétrica a não linearidade apresentada pelo hiato do produto. Com o formato dado pela Figura 2, é possível realizar uma aproximação paramétrica para que possamos ajustar um melhor modelo para a dinâmica inflacionária. Nesse caso, propomos especificar um formato cúbico para o hiato do produto, como na equação (15):

$$\pi_t = \phi_1 \pi_{t-1} + \phi_2 E(\pi_{t+1}|I_t) + \phi_3 x_t + \phi_4 x_t^3 + \epsilon_{4t} \quad (15)$$

A estimação da eq. (15) foi realizada por GMM com matriz ponderadora HAC, utilizando a condição de momento estabelecida na eq. (16).

$$E[(\pi_t - \phi_1 \pi_{t-1} - \phi_2 \pi_{t+1} - \phi_3 x_t - \phi_4 x_t^3)z_t] = 0 \quad (16)$$

Foi utilizado o mesmo conjunto de instrumentos da estimação da eq. (10). Mais defasagens foram adicionadas como instrumento, porém, isso resultou em rejeição do modelo via teste J de sobre identificação.

Tabela 2: CPNK com termo cúbico para o hiato do produto

	Estimativa	Desvio-padrão	valor-p
ϕ_1	0,3556	0,0060	0,0000
ϕ_2	0,4487	0,0064	0,0000
ϕ_3	0,0270	0,0032	0,0173
ϕ_4	0,0029	0,0006	0,0247
Estatística J	8,5463		
valor-p	0,1285		
\bar{R}^2	0,6852		

Fonte: Elaboração própria.

Como podemos observar na Tabela 2, o parâmetro relativo ao termo cúbico do hiato do produto apresenta sinal compatível com a teoria econômica e é estatisticamente significativo. Portanto, parece que a relação não linear entre a inflação e a atividade econômica pode ser modelada pela inclusão de um termo cúbico do hiato do produto na curva de Phillips. O parâmetro relativo à expectativa de inflação apresentou uma estimativa menor do que a anteriormente estimada para a curva de Phillips (paramétrico linear), assim como o parâmetro relativo à inflação defasada. Porém, a estimação mostra que o termo expectacional é dominante em relação ao termo da inflação defasada, padrão apresentado em ambas as estimações.

Comparando com o modelo linear, o acréscimo de um termo cúbico para o hiato do produto melhora o ajuste do modelo. O coeficiente de determinação

ajustado passa de 0,663, no primeiro caso, para 0,685 no segundo caso. A inclusão do termo cúbico permite ao modelo capturar melhor a não linearidade existente entre a inflação e a alta atividade econômica, a qual é representada aqui por grandes desvios do produto efetivo do seu potencial. Dessa forma, as estimações feitas aqui sugerem que a dinâmica inflacionária brasileira depende do ciclo da atividade econômica. Isso significa dizer que a taxa de sacrifício é dependente do estado ao qual a atividade econômica passa, variando entre booms e depressões. Essa especificação permite que o impacto do produto na inflação aumente em períodos de alta atividade econômica, fato difícil de se visualizar sob a suposição de linearidade no modelo.

Diferentes formatos de curva de Phillips evidenciam diferentes custos de desinflação. Dessa forma, uma curva de Phillips conforme estimada para o caso linear apresenta uma resposta constante da inflação a mudanças no produto. Já o formato cúbico da curva de Phillips, possibilita que a inflação reaja de forma distinta a mudanças no produto de acordo com o nível de atividade econômica. É interessante considerarmos o resultado dos modelos a um incremento marginal no hiato do produto a diferentes níveis de atividade econômica. No modelo linear, um aumento de um ponto percentual no hiato do produto implica um aumento na inflação na ordem de 0,0143% para qualquer nível de atividade econômica. Para o modelo cúbico um aumento no hiato do produto implica um aumento de 0,0621% na inflação, quando o produto efetivo encontra-se 2% abaixo ou acima do potencial. Quando a economia encontra-se no seu nível potencial, o modelo cúbico sugere que um aumento no hiato do produto implica um aumento na inflação de 0,0269%.

4 Conclusão

Neste trabalho, investigamos a presença de relações não lineares entre a inflação e a atividade econômica dentro do arcabouço teórico da curva de Phillips Novo-Keynesiana Híbrida. As análises basearam-se em estimadores semi-paramétricos, os quais auxiliaram na identificação de distintas formas funcionais. Depois de identificado o formato da relação inflação-hiato do produto, foi estimada uma curva de Phillips, por meio do uso de GMM, buscando descrever satisfatoriamente a forma funcional encontrada de forma semi-paramétrica.

Os resultados deste trabalho sugerem que a inflação e a atividade econômica relacionam-se de forma não linear. Essa não linearidade torna-se mais importante para valores extremos do hiato do produto. Ou seja, quando o produto efetivo encontra-se em torno de 2% acima ou abaixo do produto potencial. Mais especificamente, o impacto do hiato do produto sobre a inflação depende do nível de atividade econômica. Quando o produto efetivo está próximo do produto potencial, o hiato do produto tem impacto positivo e aproximadamente linear na taxa de inflação. Por outro lado, quando o produto efetivo não está próximo do produto potencial, o hiato do produto impacta a inflação de forma positiva e cúbica.

As estimações realizadas aqui se baseiam, em nível teórico, em um modelo Novo Keynesiano com precificação do tipo Calvo, indexação de preços e inflação de estado estacionário igual à zero. Dentro desse arcabouço, a forma reduzida da equação que determina a variação de preços é a curva de Phillips que estimamos aqui. As estimações sugerem que a inflação corrente se

relaciona de forma cúbica com o hiato do produto. Sendo assim, os custos de desinflação, em termos de produto, dependem do nível de atividade econômica: há um custo maior quando o produto efetivo encontra-se no nível do produto potencial. Outra maneira de interpretar esses resultados é notar que, quando a economia está muito aquecida, com o produto efetivo muito acima do potencial, pequenos desvios positivos do hiato do produto causam grandes aumentos na inflação.

Outra contribuição deste trabalho se refere ao uso do hiato do produto como proxy para atividade econômica. Uma parte da literatura sobre estimação da curva de Phillips tem, em geral, encontrado um coeficiente não significativo, ou mesmo de sinal negativo, quando o hiato do produto é utilizado como medida de atividade econômica. O uso de uma medida de custo marginal, em vez de hiato do produto, na estimação da curva de Phillips tornou-se uma alternativa para evitar problemas associados à significância estatística e adequação da estimativa ao modelo teórico. Porém, neste trabalho foram testados hiatos do produto estimados a partir de várias metodologias diferentes assim como algumas medidas de custo marginal presentes na literatura. Concluímos que os problemas de significância encontrados na estimação da curva de Phillips, quando uma medida de hiato é utilizada, estão associados ao formato da correlação cruzada entre a medida de atividade econômica e inflação, e não ao uso de uma medida de hiato em si, conforme destaca parte da literatura. Conforme enfatizado por Fuhrer & Moore (1995), baseado no arcabouço Novo-Keynesiano, a inflação deveria antecipar o hiato do produto no decorrer dos ciclos econômicos, no sentido que um aumento na inflação corrente deveria sinalizar um subsequente aumento no hiato do produto. Medidas de hiato do produto que apresentam esse comportamento parecem gerar coeficientes de sinal positivo.

Agradecimentos

O segundo autor agradece ao CNPq (processo 485561/2013-1) pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

- Araujo, C. H. V., Areosa, M. B. M. & Guillén, O. d. C. (2004), 'Estimating potential output and the output gap for Brazil', *Banco Central do Brasil Working Paper*.
- Areosa, W. D. (2004), 'Dinâmica da inflação no Brasil: o caso de uma pequena economia aberta', *Rio de Janeiro: Departamento de Economia, PUC-Rio*.
- Areosa, W. D., McAleer, M. & Medeiros, M. C. (2011), 'Moment-based estimation of smooth transition regression models with endogenous variables', *Journal of Econometrics* **165**(1), 100–111.
- Ascari, G. & Sbordone, A. M. (2014), 'The macroeconomics of trend inflation', *Journal of Economic Literature* **52**(3), 679–739.
- Ball, L. (1994), 'Credible disinflation with staggered price-setting', *The American Economic Review* pp. 282–289.

- Ball, L. (1995), 'Disinflation with imperfect credibility', *Journal of Monetary Economics* **35**(1), 5–23.
- Ball, L., Mankiw, G., Romer, D., Akerlof, G., Rose, A., Yellen, J. & Sims, C. A. (1988), 'The new keynesian economics and the output-inflation trade-off', *Brookings papers on economic activity* pp. 1–82.
- Batini, N., Jackson, B. & Nickell, S. (2000), 'Inflation dynamics and the labour share in the uk'.
- Blanchard, O. & Galí, J. (2007), 'Real wage rigidities and the New Keynesian model', *Journal of Money, Credit and Banking* **39**(s1), 35–65.
- Buchmann, M. (2009), 'Nonparametric hybrid Phillips Curves based on subjective expectations: Estimates for the Euro area'.
- Calvo, G. A. (1983), 'Staggered prices in a utility-maximizing framework', *Journal of monetary Economics* **12**(3), 383–398.
- Carvalho, P. V. C. (2010), A Curva de Phillips Novo-Keynesiana é não-linear?, PhD thesis, PUC-Rio.
- Christiano, L. J., Eichenbaum, M. & Evans, C. (1994), 'The effects of monetary policy shocks: some evidence from the flow of funds'.
- Clark, P., Laxton, D. & Rose, D. (1996), 'Asymmetry in the us output-inflation nexus', *Staff Papers-International Monetary Fund* pp. 216–251.
- Correa, A. S. & Minella, A. (2005), 'Mecanismos não-lineares de repasse cambial: um modelo de curva de phillips com threshold para o brasil'.
- Debelle, G. & Laxton, D. (1997), 'Is the phillips curve really a curve? some evidence for Canada, the United Kingdom, and the United States', *Staff Papers-International Monetary Fund* pp. 249–282.
- Dupasquier, C. & Ricketts, N. (1998), 'Non-linearities in the output-inflation relationship', *Price Stability, Inflation Targets, and Monetary Policy* pp. 131–73.
- Eliasson, A. (2001), 'Is the short-run Phillips curve nonlinear? empirical evidence for Australia, Sweden and the United States'.
- Fasolo, A. M. & Portugal, M. S. (2004), 'Imperfect rationality and inflationary inertia: a new estimation of the Phillips curve for Brazil', *Estudos Econômicos (São Paulo)* **34**(4), 725–776.
- Filardo, A. J. (1998), 'New evidence on the output cost of fighting inflation', *Economic Review Q III*, 33–61.
- Fisher, I. (1926), 'Statistical relation between unemployment and price changes, a', *Int'l Lab. Rev.* **13**, 785.
- Fisher, T. C. G. (1989), *Efficiency wages: A literature survey*, Bank of Canada.
- Fuhrer, J. & Moore, G. (1995), 'Inflation persistence', *The Quarterly Journal of Economics* pp. 127–159.

Gali, J., Gertler, M. & Lopez-Salido, J. D. (2005), 'Robustness of the estimates of the hybrid New Keynesian Phillips curve', *Journal of Monetary Economics* 52(6), 1107–1118.

Galí, J. & Gertler, M. (1999), 'Inflation dynamics: A structural econometric analysis', *Journal of monetary Economics* 44(2), 195–222.

Henry, S. G. & Pagan, A. R. (2004), 'The econometrics of the new keynesian policy model: Introduction', *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 66(s1), 581–607.

Ireland, P. N. (2001), 'Sticky-price models of the business cycle: specification and stability', *Journal of Monetary Economics* 47(1), 3–18.

Jondeau, E. & Le Bihan, H. (2005), 'Testing for the New Keynesian Phillips curve. additional international evidence', *Economic Modelling* 22(3), 521–550.

Kurmann, A. (2004), 'Maximum likelihood estimation of dynamic stochastic theories with an application to New Keynesian pricing'.

Laxton, D., Meredith, G. & Rose, D. (1995), 'Asymmetric effects of economic activity on inflation: Evidence and policy implications', *Staff Papers-International Monetary Fund* pp. 344–374.

Lima, E. C. R. (2003), 'The nairu, unemployment and the rate of inflation in Brazil', *Revista Brasileira de Economia* 57(4), 899–930.

Lindé, J. (2005), 'Estimating New-Keynesian Phillips curves: A full information maximum likelihood approach', *Journal of Monetary Economics* 52(6), 1135–1149.

Lucas, R. E. (1973), 'Some international evidence on output-inflation trade-offs', *The American Economic Review* pp. 326–334.

Macklem, T. (1997), 'Capacity constraints, price adjustment, and monetary policy', *Bank of Canada Review* 1997(Spring), 39–56.

Mazali, A. A. & Divino, J. A. (2010), 'Real wage rigidity and the new Phillips curve: the Brazilian case', *Revista Brasileira de Economia* 64(3), 291–306.

Phillips, W. A. (1958), 'The relationship between unemployment and the rate of change of money wages 1862-1957', *Economica* 34, 254–81.

Rudd, J. & Whelan, K. (2006), 'Can rational expectations sticky-price models explain inflation dynamics?', *The American Economic Review* pp. 303–320.

Smets, F. & Wouters, R. (2007), 'Shocks and frictions in US business cycles: A bayesian dsge approach', *The American Economic Review* 97(3), 586–606.

Stiglitz, J. (1984), 'Price rigidities and market structure', *The American Economic Review* pp. 350–355.

Stiglitz, J. (1986), 'Theories of wage rigidity. keynesqueconomic legacy: Con'temporary economic theories, ed. james l. butkiewicz, kenneth j. koford and jeffrey b. miller'.

Stiglitz, J. (1997), 'Reflections on the natural rate hypothesis', *The Journal of Economic Perspectives* pp. 3–10.

Stock, J. H., Wright, J. H. & Yogo, M. (2002), 'A survey of weak instruments and weak identification in generalized method of moments', *Journal of Business & Economic Statistics* **20**(4).

Tombini, A. A. & Alves, S. A. L. (2006), 'The recent Brazilian disinflation process and costs', *Central Bank of Brazil Working Paper Series* **109**.

Zhang, C., Osborn, D. R. & Kim, D. H. (2009), 'Observed inflation forecasts and the new keynesian Phillips curve', *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* **71**(3), 375–398.