

ipea**pesquisa e planejamento
econômico ■ ppe**

ISSN 2237-2091

ppe.ipea.gov.br

**SISTEMA ELETRÔNICO DE
EDITORAÇÃO DE REVISTAS****AJUDA DO SISTEMA****USUÁRIO**Login Senha Lembrar quem sou**IDIOMA****CONTEÚDO DA REVISTA**

Pesquisa

Procurar

- [POR EDIÇÃO](#)
- [POR AUTOR](#)
- [POR TÍTULO](#)

INFORMAÇÃO

- [PARA LEITORES](#)
- [PARA AUTORES](#)
- [PARA
BIBLIOTECÁRIOS](#)

Apoio:



Pesquisa e Planejamento Econômico

Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE) é uma publicação quadrimestral com análises teóricas e empíricas sobre uma ampla gama de temas relacionados à economia brasileira. Estabelecida em 1971 sob o título Pesquisa e Planejamento, PPE é publicada em abril, agosto e dezembro.

Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE) publishes theoretical and empirical research on a broad range of topics related to the Brazilian economy. Established in 1971 (under the name Pesquisa e Planejamento), PPE is currently published three times a year, in april, august and december.

volume 47 | número 1 | abril 2017

Sumário

Avaliação do efeito do Fundeb sobre o desempenho dos alunos do ensino médio no Brasil	RESUMO PDF
<i>Iara Maira Silveira, João Eustáquio Lima, Evandro Camargos Teixeira, Rubicleis Gomes Silva</i>	
Instabilidades na curva de Phillips Novo-Keynesiana: um estudo empírico para o Brasil	RESUMO PDF
<i>Gabriela Bezerra de Medeiros, Marcelo Savino Portugal, Edilean Kleber da Silva Bejarano Aragón</i>	
O impacto da Parceria Transatlântica de Comércio e Investimento (TTIP) para a economia brasileira	RESUMO PDF
<i>Mygre Lopes da Silva, Daniel Arruda Coronel, Rodrigo Abbade da Silva</i>	
Descentralização e provisão de serviços públicos: evidências a partir da criação dos municípios brasileiros no setor de saneamento básico	RESUMO PDF
<i>Mauna Soares de Baldini Rocha, Enlison Mattos, Carlos C. S. Saiani</i>	
Simulação de políticas climáticas e seus efeitos: uma análise dinâmica para o Brasil e países do Anexo I do Protocolo de Quioto	RESUMO PDF
<i>Lucas Vitor de Carvalho Sousa, Elaine Aparecida Fernandes, Evaldo Henrique da Silva, Jader Fernandes Cirino</i>	
Leilões de curto prazo na indústria brasileira de gás natural	RESUMO PDF
<i>Miguel Vazquez, Michelle Hallack</i>	

AVALIAÇÃO DO EFEITO DO FUNDEB SOBRE O DESEMPENHO DOS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO NO BRASIL

Iara Maira da Silveira¹

João Eustáquio de Lima²

Evandro Camargos Teixeira³

Rubicleis Gomes da Silva⁴

A partir de meados da década de 1990 o ensino médio apresentou significativa evolução acompanhada pela expansão nos investimentos, e um dos fatores que contribuiu para essa evolução foi a implementação do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (Fundeb) ocorrida em 2007, com avanços tanto na valorização docente quanto na melhoria da infraestrutura escolar. Diante disso, o presente artigo tem como objetivo determinar o impacto da implementação do Fundeb sobre o desempenho escolar do ensino médio na rede pública de ensino. Além disso, analisa-se o impacto do Fundeb sobre os diferentes segmentos (quantis) de desempenho dos alunos. Essa análise dos efeitos ao longo da distribuição torna-se relevante em razão de o sistema educacional brasileiro ser caracterizado por acentuadas assimetrias entre as escolas, sendo essa característica desconsiderada nas avaliações envolvendo as políticas educacionais. Para tal, utilizou-se a metodologia de avaliação de impacto pelo método de Diferenças em Diferenças com base na média da distribuição e também nos quantis. Os resultados encontrados apontam que o Fundeb teve impacto positivo no desempenho em língua portuguesa e matemática, com efeito de 12,1 e 18,5 pontos, respectivamente. Quanto ao efeito ao longo da distribuição, os resultados indicam que não houve efeito na disciplina de matemática e, para língua portuguesa, há indícios de um maior efeito nos primeiros quantis da distribuição.

Palavras-chave: educação; aprendizagem; políticas educacionais; desigualdade; modelos de feitos de tratamento.

JEL: H52; O15; I24; C21.

EVALUATION OF FUNDEB'S EFFECTS ON THE PERFORMANCE OF HIGH SCHOOL STUDENTS IN BRAZIL

From the mid 1990's high school had a significant evolution, accompanied by expansion in investment and one of the factors attributed to the expansion in investment was the implementation of the Fundeb which took place in 2007, contributing both in enhancement teachers' wage and in school infrastructure. This paper aims at determining the impact of Fundeb on the educational performance of school students as well as analyzing the impact of Fundeb for different segment performance (quantile) of the students. This analysis of the effects throughout the distribution becomes relevant because of the Brazilian educational system is characterized by sharp disparities between schools, and this feature overlooked in assessments involving educational policies. For this purpose, we used the methodology of impact evaluation by the method of Difference-in-

1. Doutoranda em economia aplicada pela Esalq/USP. *E-mail:* <iaramaira.silveira@gmail.com>.

2. Professor titular do Departamento de Economia Rural da UFV. *E-mail:* <jelima@ufv.br>.

3. Professor adjunto do Departamento de Economia Rural da UFV. *E-mail:* <evandro.teixeira@ufv.br>.

4. Professor associado do Departamento de Economia da Ufac. *E-mail:* <rubicleis@uol.com.br>.

Difference based on distribution mean and also in quantile. The results show that the Fundeb had a positive impact in academic performance of high school students, raised student achievement by 12.1 points in Portuguese and 18.5 points in Mathematics. In the quantile, the results indicate that there was no effect in Mathematics and for the Portuguese, there is evidence of a major effect in the first few quantile.

Keywords: education; schooling; education policy; inequality; treatment effect models.

1 INTRODUÇÃO

A educação desempenha papel fundamental no processo de desenvolvimento econômico dos países, não apenas em termos de acesso como também em qualidade de ensino. No caso brasileiro, o debate acerca das políticas educacionais vem ganhando força nos últimos anos, devido ao baixo desempenho que o país vem apresentando em avaliações nacionais e internacionais.

Em relação ao desempenho dos alunos da rede pública de ensino médio nas disciplinas avaliadas pelo *Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB)*,⁵ verifica-se que o desempenho escolar no período entre 2005 e 2011 teve um pequeno aumento. Em 2005, nas avaliações de língua portuguesa e de matemática, os alunos alcançaram, em média, 249 e 260 pontos, respectivamente, ao passo que em 2011, o desempenho em língua portuguesa foi de 261 pontos e de matemática 265 pontos (Inep, 2011c).

Essa discreta evolução na proficiência dos alunos do ensino médio foi acompanhada por uma maior aplicação de recursos nesse nível de ensino. A proporção de investimento direto foi de 11,2%, em 2005, aumentando para 17,1%, em 2011. Esse aumento se refletiu nos investimentos diretos em educação por estudante, que foram de R\$ 1.348, em 2005, aumentando para R\$ 4.212, em 2011 (Inep, 2011a).

Pode-se dizer que houve uma expansão nos investimentos no ensino médio e um dos fatores que contribuiu para esse aumento foi a implementação do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (Fundeb) ocorrida em 2007, direcionando um maior volume de recursos para o ensino médio.

A implementação do Fundeb representou uma profunda transformação na forma de financiamento da educação básica,⁶ com significativos avanços nos investimentos para o ensino médio, tanto na valorização docente quanto na melhoria da infraestrutura escolar. A alteração implementada com o Fundo consistiu, basicamente, na subvinculação dos recursos destinados à educação, direcionando-

5. O Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) avalia os alunos no 3º ano do ensino médio nas disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática, e o desempenho varia de 0 a 500 pontos.

6. Compreende o ensino básico, as seguintes etapas: educação infantil, ensino fundamental e ensino médio.

os especificamente para a educação básica, devendo ser gastos na remuneração dos profissionais da educação e na manutenção e no desenvolvimento do ensino. Ademais, assegurou a criação de um piso salarial nacional para os profissionais da educação. Em virtude disso, uma questão que surge é se essa atual política de financiamento da educação básica é efetiva em melhorar a qualidade das escolas de ensino médio brasileiras.

Os recursos disponíveis no Fundeb são geridos pelo gestor local (secretário estadual de educação), que tem a responsabilidade de planejar os investimentos na valorização salarial e na infraestrutura escolar. De acordo com a previsão de recursos, é possível estabelecer metas de aumentos salariais, bonificações ou mesmo a garantia do piso nacional. Além disso, há recursos que são destinados às escolas para a aquisição, manutenção e conservação de instalações e equipamentos necessários ao ensino.

Essa maior descentralização na aplicação dos recursos contribui para melhorar a eficácia na gestão das escolas, uma vez que permite que os recursos sejam utilizados para atender as demandas do cotidiano da escola, favorecendo o aprendizado no ambiente escolar como resultado de melhores condições de infraestrutura. Embora a literatura ressalte que os investimentos em insumos escolares trazem poucos efeitos no desempenho, Soares (2004) argumenta que, no Brasil, os investimentos em insumos escolares produzem efeitos positivos na qualidade das escolas pelo fato de o Brasil ainda ter escolas com baixo nível de investimento.

Nesse sentido, Menezes-Filho (2007), analisando os fatores que influenciam o desempenho escolar no Brasil, verificou que, entre 10% e 30% das diferenças de notas obtidas pelos alunos da rede pública, são causadas pelas disparidades entre escolas, ou seja, há um efeito escola atuando no desempenho dos alunos, e o investimento em insumos escolares é um caminho para melhorar o desempenho.

Em relação às políticas de valorização dos professores, diversos estudos empíricos destacam a sua importância como um meio de elevar a qualidade do sistema educacional de um país. Entre os estudos, destaca-se a análise de Barber e Mourshed (2007), que investigaram como os melhores sistemas escolares do mundo alcançaram a excelência no ensino público. Os autores verificaram que os melhores sistemas escolares atraem para a profissão os melhores alunos das melhores universidades por meio, principalmente, de políticas de incentivos financeiros. Entre os principais incentivos para atrair bons professores, o estudo destaca a equiparação do salário de um professor iniciante ao salário inicial dos demais profissionais recém-formados que entram no mercado de trabalho.

Outro estudo que destaca a importância do diferencial salarial como forma de atrair bons profissionais é o de Carnoy *et al.* (2009). Esses autores analisaram

o salário relativo dos professores de matemática em 20 países⁷ e sua relação com o desempenho dos alunos, verificando que, especificamente onde os salários dos professores estão mais próximos dos salários dos cientistas e engenheiros (mais habilitados em matemática), o desempenho geral em matemática é melhor. Os autores argumentam que essa relação ocorre pela atração de bons profissionais para a profissão.

Analisando políticas de valorização salarial realizadas no Brasil, Menezes-Filho e Pazello (2007) investigaram o efeito da modificação ocorrida em 1998 (por meio do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério – Fundef) sobre os salários dos professores e seus possíveis reflexos sobre a proficiência dos alunos da 8ª série do ensino fundamental. Os autores encontraram efeito positivo do aumento dos salários dos professores sobre a proficiência dos alunos da rede pública, sugerindo que o ganho de proficiência seja fruto da atração de melhores professores devido aos melhores salários oferecidos.

Diante do exposto, o Fundeb pode influenciar o desempenho escolar sob três aspectos, são eles: maiores salários fazem com que os professores estejam mais motivados; atraem profissionais melhor qualificados para o sistema educacional; e os investimentos em infraestrutura favorecem o aprendizado devido às melhores condições escolares. Esses fatores refletem no rendimento dos alunos e, por consequência, na qualidade do ensino.

Sendo assim, o objetivo do presente artigo é determinar o impacto da implementação do Fundeb sobre o desempenho escolar do ensino médio na rede pública de ensino. Especificamente, pretende-se analisar o efeito das características individuais, do *background* familiar e das características da escola no desempenho escolar do ensino médio, assim como as diferenças do programa entre as regiões brasileiras; e, por fim, analisar o impacto do Fundeb sobre os diferentes segmentos (quantis) de desempenho dos alunos.

Analisar o efeito dessa política nos diferentes quantis de desempenho é relevante, uma vez que existe elevada heterogeneidade entre as escolas brasileiras e, conforme Albernaz, Ferreira e Franco (2002) argumentam, existem diferenças entre as escolas públicas no que se referem à sua eficácia,⁸ salientando para a importância de investimentos que contribuam para amenizar as desigualdades existentes.

7. De acordo com Carnoy *et al.* (2009), os 20 países estudados representam uma grande variedade de níveis de desenvolvimento econômico e estruturas políticas de educação nacional, como por exemplo, Botswana, México, Estados Unidos, Alemanha, Tailândia, Filipinas e Chile.

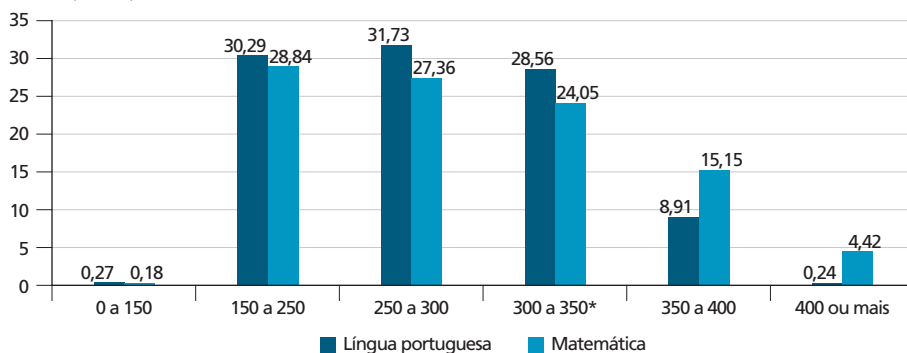
8. A eficácia abordada por Albernaz, Ferreira e Franco (2002) e adotada no presente estudo trata da gestão das escolas. A gestão escolar tratada abrange toda a infraestrutura escolar envolvida no processo de aprendizado (diretores, professores e ambiente físico), de forma que esses fatores envolvidos sejam combinados para proporcionar um aprendizado de qualidade aos alunos.

Quanto à heterogeneidade nas escolas brasileiras, os dados apresentados na figura 1 corroboram a existência de diferenças de desempenho em ambas as disciplinas avaliadas pelo Saeb. Além disso, a concentração de alunos com desempenho abaixo do adequado é maior do que nas classes de mais alta proficiência.⁹

FIGURA 1

Proporção de alunos de acordo com as classes de desempenho escolar em língua portuguesa e matemática no Brasil (2011)

(Em %)



Elaborado pelos autores, com base nos dados do Saeb (2011).

Nota: * Desempenho considerado adequado em língua portuguesa e matemática, respectivamente.

O trabalho contribui pelo fato de abordar uma perspectiva não adotada na literatura brasileira de avaliação de política educacional. A abordagem trata dos efeitos do Fundeb ao longo da distribuição de desempenho e torna-se relevante em razão de o sistema educacional brasileiro ser caracterizado por acentuadas assimetrias entre as escolas, sendo essa característica desconsiderada nas avaliações envolvendo as políticas educacionais. Esse efeito, ao longo da distribuição, refere-se à capacidade da política de equalizar o desempenho educacional, por meio de um maior efeito nas escolas com maiores necessidades de melhoria no rendimento.

Diante disso, o presente estudo pretende preencher essa lacuna e avaliar de que forma essa política implementada contribui para atenuar as desigualdades existentes no sistema educacional brasileiro. Por fim, investigar todos os possíveis efeitos de uma política dessa magnitude é uma importante contribuição para avançar no debate sobre como elevar a qualidade da educação brasileira.

Além dessa seção introdutória, na seção 2, *Do Fundef ao Fundeb: características e funcionamento*, são expostas as principais características do Fundeb. Na seção 3, *Referencial teórico*, será apresentado o referencial teórico no qual o estudo se

9. O nível de proficiência considerado adequado no 3º ano do ensino médio é de 300 pontos na disciplina de língua portuguesa e 350 pontos na disciplina de matemática (Todos pela Educação, 2015).

baseia e, em seguida, na seção 4, *Metodologia*, descreve-se a metodologia utilizada para alcançar os objetivos propostos. A seção 5, *Resultados*, discute os resultados obtidos e, por fim, a seção 6 apresenta as conclusões obtidas com a pesquisa.

2 DO FUNDEF AO FUNDEB: CARACTERÍSTICAS E FUNCIONAMENTO

Os recursos destinados à educação são definidos pela Constituição de 1988, que determina ainda as normas gerais relacionadas à competência dos entes federados e os princípios que devem nortear suas respectivas atividades. O texto constitucional também trata da valorização dos professores da educação básica, enfatizando a necessidade de planos de carreira e piso salarial profissional, além da exigência de concurso público para ingresso na carreira (Dourado *et al.*, 2006).

Posteriormente à Constituição, foi aprovada a Lei de Diretrizes e Bases (LDB), em 1996, com a finalidade de regulamentar as disposições referentes à educação previstas no texto constitucional. De acordo com Dourado *et al.* (2006), a LDB de 1996, além de ratificar os preceitos da Constituição, detalha, entre outros aspectos, os níveis e as modalidades que compõem a educação nacional, a forma de organização do sistema de ensino no país, as competências de cada ente federado, os direitos e deveres dos profissionais da educação, a valorização do magistério e as formas de financiamento.

Paralelamente à LDB, em 1996, foi aprovada a Emenda Constitucional nº 14, que criou o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério (Fundef), formulado na tentativa de melhorar a qualidade do ensino, uma vez que reforçava os investimentos na valorização dos professores. O Fundef foi regulamentado pela Lei nº 9.424/1996 e entrou em vigor em 1998, com duração de dez anos.

Semeghini (2001) salienta o fato de que a Constituição de 1988 estabeleceu um percentual mínimo de gastos em educação, mas não estabeleceu regras para o emprego desses gastos nem para os mecanismos de fiscalização. Além disso, conforme argumenta o autor, o texto constitucional não solucionou o problema da disparidade de recursos existentes entre as redes de ensino nos estados e entre as unidades da federação, não garantindo o financiamento do ensino adequado e obrigatório.

Dessa forma, o quadro normativo que se apresentou após 1996, com a LDB e a Emenda Constitucional nº 14, possibilitou a organização do sistema de educação básica com fundamento nas fontes de recursos e responsabilidades financeiras diferenciadas e compartilhadas pelos entes federados, juntamente com os mecanismos que possibilitam a fiscalização dos recursos aplicados.

Após o Fundef entrar em vigor, uma parcela do percentual de investimento definido na Constituição passou a ser direcionada para o Fundo, que abrangia somente o Ensino Fundamental. Foi definido que 60% da vinculação de recursos fosse transferida diretamente para o Fundo, representando para os estados, Distrito Federal e municípios uma subvinculação de 15% das receitas provenientes de impostos. O Fundef foi constituído por 27 fundos de natureza contábil, referentes aos estados e ao Distrito Federal.

Segundo Oliveira e Teixeira (2009), a principal inovação desse Fundo consistiu na mudança da estrutura de financiamento do ensino fundamental público no país, pela subvinculação de uma parcela dos recursos da educação para essa etapa de ensino, com distribuição de recursos feita automaticamente, de acordo com o número de alunos matriculados em cada rede do ensino fundamental, de modo que a responsabilidade pelo financiamento fosse partilhada entre o governo estadual e os governos municipais.

Oliveira e Teixeira (2009) argumentam que por um lado o Fundef foi visto como um avanço na promoção de uma educação de qualidade ao promover a transparência dos gastos, por meio da previsão de controle social e da redução das disparidades regionais, com a definição de um valor mínimo por aluno; mas, por outro lado, a focalização no ensino fundamental foi alvo de críticas.

De acordo com Sena (2008), as principais críticas referem-se à exclusão das outras etapas da educação básica do mecanismo de financiamento e à insuficiente complementação por parte da União. No tocante à exclusão das demais etapas, Macêdo e Dias (2011) salientam que a exclusão do ensino infantil e do ensino médio gerou impactos negativos sobre estas, fazendo com que seu financiamento dependesse da decisão dos gestores municipais e estaduais.

Em função das fragilidades apresentadas pelo Fundef, em 2006, foi proposta a criação de um novo fundo que contemplasse, em conjunto, os diferentes níveis e modalidades de ensino. A partir dessa nova proposta, o Fundeb foi implementado em 2007 por meio da Emenda Constitucional nº 53/2006 e regulamentado pela Lei nº 11.494/2006. Esse novo Fundo tem duração de 14 anos, com fim previsto para 2020, e preserva a natureza contábil do seu antecessor, sendo composto por 27 fundos independentes, referentes aos estados e ao Distrito Federal (Sena, 2008).

De acordo com Davies (2008), o mecanismo de funcionamento do Fundeb é semelhante ao do Fundef, ou seja, os recursos são redistribuídos de acordo com o número de matrículas das respectivas etapas, recebendo complementação da União os municípios e/ou estados que não alcançarem o valor mínimo anual por aluno. Além disso, o Fundeb também conta com o mecanismo de controle social dos gastos ao instituir os conselhos de acompanhamento e fiscalização.

Quanto ao volume de recursos, são destinados ao Fundeb 80% da vinculação constitucional dos estados, Distrito Federal e municípios, representando uma subvinculação de 20% para o ensino básico, percentual maior que o de seu antecessor. Cabe à União a complementação aos estados que não atinjam o mínimo do gasto por aluno. De acordo com Sena (2008), no que se refere à complementação, ficou estabelecido que a União deve contribuir com 10% do valor do Fundo, protegendo algumas fontes de recursos,¹⁰ de modo a trazer efetivamente novos recursos.

Conforme destacado, o Fundeb atende não somente o ensino fundamental, mas também a educação infantil, o ensino médio e a educação de jovens e adultos (EJA). De acordo com Sena (2008), a inclusão dessas etapas que estavam à margem do processo de distribuição dos recursos é um dos principais avanços trazidos pelo novo Fundo, salientando que essa inclusão impulsiona o aumento no número de matrículas para esses níveis de ensino.

No tocante à distribuição dos recursos para as regiões, a tabela 1 mostra que o volume de recursos disponíveis apresentou maior evolução na região Sul, com aumento de 57,3%, seguido da região Sudeste, com aumento de 54,1%. Por outro lado, a região com menor evolução foi a região Nordeste, com aumento de 33,2% no volume de recursos disponíveis.

Ainda de acordo com a tabela 1, analisando os recursos *per capita*, verifica-se uma evolução positiva nos investimentos do Fundo no Brasil, com aumento de 20,4% no período analisado. Para as regiões brasileiras, verifica-se que a região Norte apresentou menor evolução no investimento *per capita*, com aumento de 6,8% entre 2007 e 2011. Por outro lado, as regiões com maior evolução foram as regiões Sul e Centro-Oeste.

Apesar da proposta do Fundeb de atenuar as desigualdades de recursos disponíveis entre os estados, as diferenças de recursos *per capita* aumentaram no período analisado. Em 2007, a diferença no valor *per capita* entre Nordeste e Sudeste era de R\$ 927, ao passo que, em 2011, foi de R\$ 1.196, representando um aumento de 30%.

Esse dado reflete as diferenças na capacidade de arrecadação entre os entes da federação nas regiões brasileiras, uma vez que os recursos do Fundeb estão vinculados à arrecadação de impostos estaduais e municipais. Além disso, o aumento da desigualdade pode estar associado a uma insuficiência na complementação de recursos por parte da União.

10. Entre as fontes que ficam de fora, destaca-se o salário-educação, que já representa um repasse da União aos estados e municípios (Sena, 2008).

TABELA 1

Distribuição dos recursos do Fundeb e o investimento por aluno no Brasil e nas regiões nos anos de 2007 e de 2011

	Total (bilhões de reais)			Per capita (reais)		
	2007	2011	Variação (%)	2007	2011	Variação (%)
Brasil	71,1	104,7	47,2	1.998	2.406	20,4
Norte	6,8	9,1	33,5	1.822	1.946	6,8
Nordeste	17,8	23,7	33,2	1.514	1.757	16,0
Sudeste	31,5	48,5	54,1	2.441	2.953	21,0
Sul	10,3	16,2	57,3	2.239	2.817	25,8
Centro-Oeste	4,5	7,0	53,2	1.817	2.263	24,6

Fonte: FNDE (2007, 2011).

Nota: Valores reais para dezembro de 2014.

Outra importante contribuição do Fundo refere-se à definição de um piso salarial nacional para os professores. Em 2008, após um ano de vigência do Fundeb, foi aprovada a Lei nº 11.738/2008, que regulamentou o piso salarial nacional para os profissionais do magistério público da educação básica. De acordo com Brasil (2008), fica estabelecido um valor mínimo que a União, estados, Distrito Federal e municípios devem fixar como vencimento inicial das carreiras do magistério público da educação básica para uma jornada de trabalho de, no máximo, 40 horas semanais.

A partir de então, passaram a vigorar duas regras para os valores gastos com os professores da rede pública no país, sendo os recursos do Fundeb destinados à garantia do piso. Ficou estabelecido o piso salarial de R\$ 950 para os professores com jornada de quarenta horas semanais, devendo ser reajustado anualmente (Brasil, 2008). Esse reajuste é determinado pela evolução do gasto mínimo por aluno e, de acordo com Menezes-Filho (2012), entre 2009 e 2012, o valor do piso passou de R\$ 950 para R\$ 1.451, um aumento de 52% frente a uma inflação de 17%.

Por outro lado, Menezes-Filho (2012) argumenta que o fato de o piso assumir um mesmo valor para o país como um todo pode ser uma desvantagem, visto que o custo de vida varia entre as regiões. O autor cita que o poder de compra de um professor que recebe o piso em Recife é 25% maior do que o de um professor que recebe o piso e reside em Brasília.

Outra desvantagem está no fato de que o piso salarial pode ser um incentivo a menos para os reajustes salariais nos estados e municípios que já pagavam o piso nacional. Davies (2008) argumenta que o piso salarial pode ser vantajoso, quando se consideram os baixos salários pagos por estados mais pobres, porém pode ter consequências negativas para as redes de ensino dos estados que já o pagavam

antes da lei. De acordo com o autor, uma das consequências da adoção de um piso nacional seria o nivelamento por baixo dos salários dos professores.

Além disso, em relação à lei que assegura o piso, o aumento do piso definido não acompanha o aumento da receita dos estados e municípios, podendo ocorrer que os recursos do Fundeb não sejam suficientes para garanti-lo. Isso pode ocorrer caso a evolução do gasto mínimo por aluno seja maior que a evolução da arrecadação dos estados e municípios, fazendo com que o reajuste do piso não acompanhe o aumento das receitas dos entes governamentais.

Em relação a isso, Menezes- Filho (2012) argumenta que o governo fixa o valor do piso e transfere para os gestores locais a responsabilidade pelo pagamento dos salários, mas não ajuda esses gestores a arcar com os salários maiores. O autor sugere que para valorizar a remuneração dos professores o ideal seria aumentar o valor do gasto mínimo por meio do Fundeb, juntamente com maior complementação da União e maior rigor na fiscalização da correta aplicação dos recursos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico utilizado no presente estudo tem por base o modelo desenvolvido por Glewwe e Kremer (2006), que adotaram a abordagem da função de produção voltada para o sistema educacional. Os autores desenvolveram uma função de produção educacional para compreender o impacto das políticas de educação sobre os anos de escolaridade e as habilidades adquiridas. Essa estrutura conceitual é utilizada como base para a realização deste trabalho.

Inicialmente, os autores partem da suposição de que os pais da criança (representando a família) maximizam sua função de utilidade sujeita à função de produção de aprendizagem. A função de produção de aprendizagem descrita por Glewwe e Kremer (2006, p. 954) é a seguinte:

$$A = a(S, Q, C, H, I), \quad (1)$$

em que A é o desempenho escolar, S são os anos de escolaridade, Q é um vetor de características da escola e dos professores (insumos que aumentam a qualidade da escola), C é um vetor de características da criança, H é um vetor de características do agregado familiar e I é um vetor de insumos escolares sob o controle dos pais, tais como, frequência diária das crianças, compra de livros didáticos e outros materiais escolares.

A equação (1) representa uma relação estrutural, ou seja, essa relação se mantém independentemente da ação dos pais e dos alunos. Os autores supõem que todos os elementos nos vetores C e H (que incluem os gastos dos pais com o ensino,

escolaridade dos pais, e “habilidade” das crianças) são exógenos. Já os vetores S e I são considerados endógenos, uma vez que estão sob o controle dos pais.

Em um cenário mais simples, em que há apenas uma escola disponível, e os pais não podem fazer nada para mudar as características dessa escola,¹¹ as variáveis do vetor Q são consideradas exógenas. Os pais escolhem S e I para maximizar a utilidade das famílias, que implica que os anos de escolaridade (S) e os insumos escolares (I) podem ser expressos como funções gerais de quatro vetores de variáveis exógenas:

$$S = f(Q, C, H, P), \quad (2)$$

$$I = g(Q, C, H, P), \quad (3)$$

em que P representa os preços relativos à escolaridade, tais como taxas escolares e preços dos materiais escolares comprados pelos pais.

Substituindo (2) e (3) em (1), tem-se a forma reduzida de (A):

$$A = h(Q, C, H, P), \quad (4)$$

Essa é a equação na forma reduzida, a qual incorpora os efeitos diretos (Q , C , e H) e os efeitos indiretos (P) sobre o desempenho escolar, incluindo a preferência das famílias.

Glewwe e Kremer (2006) sugerem que a utilização das equações (1) e (4) apresenta problemas. A estimação da relação apresentada na expressão (4) é dificultada pela impossibilidade de encontrar todos os elementos dos vetores Q , C , H e P e, mesmo que haja informações sobre todos os elementos, algum desses elementos pode estar correlacionado com as características não observadas presentes no termo de erro. Já na expressão (1) o problema surge devido à endogeneidade das variáveis S e I , o que dificulta sua utilização. Segundo os autores, é difícil encontrar instrumentos adequados para essas variáveis.

Para os autores, uma alternativa aos modelos examinados em (1) e (4) é analisar os efeitos de políticas educacionais que não modifiquem diretamente P e Q , mas a maneira como as escolas são organizadas ou alterações no sistema escolar. Neste trabalho, a mudança considerada refere-se à alteração ocorrida na forma de financiamento da educação brasileira com base na implementação do Fundeb,

11. No caso das escolas públicas brasileiras, na maioria das vezes, os alunos são alocados nas escolas mais próximas de sua residência, com o objetivo de facilitar o acesso à escola e de reduzir os custos com transporte escolar, por exemplo. Com isso, é razoável supor o cenário mais simples em que há apenas uma escola disponível, considerando os vetores Q e P como exógenos.

influenciando o salário dos professores. Essa alteração ocorrida com o Fundo pode ser incluída como um componente do vetor Q .

Denotando por EP as políticas educacionais e por L as características da comunidade onde a escola está situada, tem-se que:

$$Q = q(L, EP), \quad (5)$$

$$P = p(L, EP). \quad (6)$$

Substituindo (5) e (6) em (4), obtém-se a relação na forma reduzida:

$$A = k(C, H, L, EP), \quad (7)$$

em que EP representa a alteração ocorrida com o Fundeb.

Segundo Glewwe e Kremer (2006), a vantagem em utilizar essa função é a de que ela combina diretamente as políticas de educação com um importante resultado educacional (desempenho educacional), relação essa de interesse para os formuladores de políticas públicas. Além disso, na equação (7), a escola será utilizada como unidade básica de análise, de modo que a variável de resultado (A) se refere ao desempenho médio da escola i . Essa agregação é possível uma vez que o desempenho da escola nada mais é do que a composição do desempenho dos alunos, ou seja, o desempenho da escola é um reflexo do desempenho dos alunos.¹² Ademais, visto que os recursos do Fundeb influenciam diretamente a escola, seja por meio da remuneração do professor, seja por meio da melhoria da infraestrutura física, é razoável considerar a escola como unidade de análise em vez de considerar o aluno.

4 METODOLOGIA

O presente artigo baseou-se no método de Diferenças em Diferenças. Primeiramente, utiliza-se o método sobre a média da distribuição para avaliar os impactos do Fundeb sobre o desempenho médio escolar. Posteriormente, o método é aplicado nos quantis da distribuição para que seja possível captar os efeitos do programa ao longo da distribuição de desempenho dos alunos.

12. Essa abordagem da função de produção de acordo com o nível da escola também foi utilizada por Biondi e Felício (2007); Franco (2008); e Almeida (2014).

4.1 Modelo de Diferenças em Diferenças na média

O método de Diferenças em Diferenças (DD) vem sendo bastante utilizado na literatura de avaliação de programas sociais e, neste artigo, será utilizada a metodologia de DD aplicada em Card (1990) e descrita em Athey e Imbens (2002). No Brasil, uma aplicação semelhante foi feita por Menezes-Filho e Pazzelo (2007) e Franco (2008).

No método de Diferenças em Diferenças, tem-se a escola i pertencente ao grupo G_i ($G_i \in \{0,1\}$) e observada no período de tempo T_i ($T_i \in \{0,1\}$). G_i igual a 1 refere-se às escolas pertencentes ao grupo de tratamento; e G_i igual a 0 refere-se às escolas do grupo de controle. São consideradas grupo de tratamento as escolas de ensino médio da rede pública e, como grupo de controle, as escolas de ensino médio da rede privada. T_i igual a 1 representa a escola observada em 2011, ou seja, após a implantação do Fundeb; e T_i igual a 0 representa a escola observada em 2005, indicando o período pré-programa.

A escolha das escolas que compõem os grupos de tratamento e controle deve-se ao fato de o Fundeb abranger todas as escolas públicas, não possibilitando seu uso como contrafactual. Conforme argumenta Foguel (2012), um modo para identificar o grupo de controle e que justifica o uso das escolas privadas como tal é a pressuposição de que o grupo de controle deve apresentar a mesma tendência que o grupo de tratamento no que se refere à variável de resultado (desempenho escolar). Com isso, apesar das diferenças no nível de desempenho entre as redes de ensino, a tendência semelhante que as duas redes têm justifica a utilização das escolas privadas como grupo de controle.¹³

A equação básica do modelo DD a ser estimada é descrita como:

$$Y_{it} = \alpha + \beta.T_i + \eta.G_i + \tau_1.I_i + \gamma X_{it} + \tau_2.I_i.D_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (8)$$

em que Y_{it} representa a proficiência média da escola na disciplina de língua portuguesa ou matemática; T_i é uma variável *dummy* de tempo, que recebe valor igual a 1 para o período após a implantação do Fundeb e valor igual a 0 para o período pré-programa; G_i é uma variável *dummy* que recebe valor igual a 1 para as escolas do grupo de tratamento e valor igual a 0 para as escolas do grupo de controle; I_i indica o *status* do tratamento, ou seja, a interação entre as *dummies* de tempo e de grupo; X_{it} é um vetor de características médias dos alunos e da família (*background* familiar), assim como de características das escolas (infraestrutura e

13. Como pode ser verificado nas figuras A1 e A2 do anexo, a proficiência das escolas públicas e privadas no período entre 1999 e 2005 (pré-Fundeb) apresentou, na média, tendência semelhante em ambas as disciplinas avaliadas pelo Saeb. Essa tendência semelhante entre as escolas públicas e privadas é uma justificativa teórica para a escolha das escolas privadas como grupo de controle.

professores); D_{it} é uma variável *dummy* que indica se a escola pertence à região Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste; e ε_i representa o termo de erro da equação.

O parâmetro τ_1 indica o efeito de tratamento do programa e τ_2 representa o efeito de tratamento do Fundeb nas diferentes regiões brasileiras, tendo como base de comparação a *dummy* referente à região Sul. Escolheu-se a região Sul com a finalidade de verificar o comportamento das regiões menos desenvolvidas tendo como base a região mais desenvolvida do país. De acordo com o Firjan (2014), a região Sul é considerada a região mais desenvolvida por ter 92,3% das suas cidades classificadas com desenvolvimento moderado ou alto. O nível de desenvolvimento avaliado pelo Firjan (2014) leva em consideração indicadores de emprego e renda, educação e saúde.

No vetor X_{it} , é considerada variável de controle a variável que indica: a proporção de mães com nível superior; a proporção de alunos de acordo com as classes de cor, a proporção de alunos que trabalham fora de casa e a proporção de alunos que iniciaram os estudos na pré-escola; a proporção de professores de acordo com as classes de experiência, salário e escolaridade; e *dummies* para escolas que apresentam bibliotecas, computadores e elevado índice de falta dos professores.¹⁴ Essas variáveis de controle utilizadas na equação (8) são consideradas na literatura importantes fatores para explicar o desempenho dos alunos.

A pressuposição sobre ε_i refere-se à hipótese de identificação e estabelece que a implementação do programa não pode ser relacionada com outros fatores que afetam Y e se encontram em ε , a saber $E[\varepsilon|D, X, G, T] = 0$.

A hipótese de identificação do DD é a hipótese de tendência comum, qual seja, na ausência do tratamento, os grupos de controle e tratado seguem tendência paralela ao longo do tempo. Assim, supõe-se que a única alteração entre os dois grupos ao longo do tempo é a ocorrência do tratamento e, conforme visto, essa hipótese justifica a escolha das escolas privadas como grupo de controle, mesmo não sendo o grupo de controle ideal.

Nesse caso, uma possível desvantagem na utilização do método de Diferenças em Diferenças é a superestimação do efeito de tratamento. Esse possível problema na comparação entre escolas públicas e privadas advém do fato de que outras políticas educacionais voltadas para o ensino médio foram implementadas no período¹⁵ e, uma vez que essas políticas públicas não atingem o grupo de escolas privadas, apenas o grupo de tratados é afetado, superestimando o efeito de tratamento do Fundeb. Caso o grupo de controle também fosse afetado pelas demais políticas educacionais ocorridas paralelamente com o Fundeb, ambos os grupos (tratado e controle) seriam

14. Posteriormente, na seção 4.3, serão apresentados a descrição das variáveis utilizadas bem como o método utilizado para sua construção.

15. Entre as políticas adotadas concomitantemente ao Fundeb e com possíveis efeitos no desempenho escolar do ensino médio, destaca-se o Programa Ensino Médio Inovador (Proemi), implementado em 2009.

influenciados, permanecendo a similaridade entre eles. Nesse caso, a escolha do grupo de escolas privadas como contrafactual representa uma limitação da pesquisa.

4.2 Modelo de Diferenças em Diferenças Quantílico

Ao analisar o desempenho escolar, a utilização do método de DD sobre a média da distribuição pode ocultar informações importantes e, considerando que o sistema educacional brasileiro reflete a elevada desigualdade existente no país, a utilização de um modelo que permita analisar de forma mais abrangente o efeito ao longo da distribuição é mais adequado para analisar as políticas educacionais. De acordo com Hsieh (2009), quando há preocupação com a desigualdade, uma alternativa é utilizar o método de Diferenças em Diferenças sobre os quantis da distribuição.

O modelo de Diferenças em Diferenças Quantílico (DDQ) apresentado no presente artigo é baseado na abordagem desenvolvida por Athey e Imbens (2002). De acordo com os autores, no DDQ, as diferenças são aplicadas em cada quantil em vez de aplicar sobre a distribuição média, ou seja, os grupos de tratamento e de controle são comparados em cada quantil de desempenho e, com isso, tem-se o efeito de tratamento para cada quantil.

Outra diferença do DDQ em relação ao DD refere às características não observadas. No DDQ admite-se que haja diferenças de características não observadas entre os quantis de desempenho, desde que essas diferenças sejam constantes no tempo. Essa é uma vantagem de utilizar o DDQ na análise abordada nesse artigo, uma vez que permite que existam possíveis diferenças de habilidade (características não observadas) entre os alunos avaliados.

Athey e Imbens (2002) partem de um conjunto de pressuposições que permitem a identificação do resultado do contrafactual no segundo período para o grupo de tratamento, permitindo que a distribuição de $F_{Y_0,11}$ seja expressa em termos da distribuição conjunta das variáveis observáveis (Y, G, T), ou seja, $F_{Y_0,11}$ é expresso em termos das três distribuições condicionais dos resultados das subpopulações de $F_{Y_0,00}, F_{Y_0,01}, F_{Y_0,10}$.

Os autores fornecem três pressupostos para justificar a condição de identificação no método de DDQ, são eles (Athey e Imbens, 2002, p.16):

$$Y_0 = h(U, G, T) = h_G(U, G) + h_T(U, T) \quad (9)$$

$$h(u, g, t) \text{ é estritamente crescente em } u \quad (10)$$

$$U \perp (G, T) \quad (11)$$

O pressuposto (9) indica que a distribuição dos resultados do contrafactual é expressa em função do efeito de tempo (comum a todas as escolas) e um efeito específico de grupo, semelhante à hipótese de identificação. A pressuposição (10) exige que as características não observáveis mais elevadas correspondam estritamente a resultados mais elevados em ambos os períodos de tempo e em ambos os grupos. De acordo com Athey e Imbens (2002), esse tipo de estrutura é razoável em contextos em que as características não observáveis são interpretadas como uma característica do indivíduo como, por exemplo, as habilidades inatas.

Já o pressuposto (11) implica que U é independente de G e de T , ou seja, as habilidades dos alunos dentro dos grupos não variam com o tempo, assim como não há variação das habilidades entre os grupos. De acordo com Athey e Imbens (2002), comparam-se os quantis de desempenho das escolas supondo que em cada quantil a composição de alunos nas escolas tem as mesmas habilidades.

Sob esses três pressupostos, Athey e Imbens (2002) sugerem que o efeito de tratamento para um quantil específico, pode ser obtido estimando uma regressão quantílica padrão com a seguinte especificação:

$$F_Y^{-1}(q) = \alpha_q + \beta_q T_i + \eta_q G_i + \tau_q G_i T_i + \gamma_q X_i + \varepsilon_i, \quad (12)$$

em que cada quantil tem suas respectivas observações, em que T_i é uma *dummy* que recebe o valor 1 para as escolas observadas após o início do programa e 0 para as escolas observadas antes do programa; G_i é uma variável *dummy* que recebe o valor 1, para as escolas do grupo de tratamento, e valor 0, para as escolas do grupo de controle; X_i é um vetor de características dos alunos, da família (*background* familiar) e de características das escolas (infraestrutura e professores), representando as mesmas variáveis utilizadas na estimação da equação (8); e ε_i é o termo de erro. O parâmetro τ_q representa o estimador de Diferenças em Diferenças para o quantil q , após o controle pelas variáveis X_i .

4.3 Fonte e tratamento de dados

Os dados utilizados na presente pesquisa são provenientes do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Sua aplicação ocorre a cada dois anos para os alunos da 5ª e da 9ª séries do ensino fundamental e 3ª série do ensino médio, avaliados nas disciplinas de língua portuguesa e matemática¹⁶ (Inep, 2011d).

O Saeb adota o uso da Teoria de Resposta ao Item (TRI), técnica de análise que permite a comparabilidade dos resultados entre os anos avaliados. Essa técnica

16. O foco da avaliação de língua portuguesa está na leitura e o foco da avaliação de matemática está na resolução de problemas.

utiliza para a construção de instrumentos, a atribuição de escores e a análise dos resultados, permitindo a comparação dos dados. Além disso, o Saeb trata de procedimentos de amostragem segundo metodologia científica, sendo suas amostras aleatórias, probabilísticas e representativas da população de referência. Para a 3ª série do ensino médio foram amostradas as escolas públicas e privadas com 10 ou mais alunos nas turmas regulares (Inep, 2011d).

O presente artigo utiliza os dados do Saeb nas edições de 2005 e 2011 referentes às escolas da rede pública e privada onde foram aplicadas as provas de língua portuguesa e matemática para a 3ª série do ensino médio. Uma vez que o Saeb é aplicado a cada dois anos, não foi possível obter os dados para o ano de 2006, optando-se pela escolha do ano de 2005. E, visto que o programa ainda está em andamento, escolheu-se 2011 por serem os dados mais recentes disponibilizados pelo Inep.

Após a junção das informações referentes aos alunos, ao *background* familiar e às características da escola e dos professores, a amostra de 2005 foi composta por 1.069 observações, ao passo que a amostra de 2011 foi composta por 1.717 observações, totalizando 2.786 escolas. Quanto ao número de escolas pertencentes ao grupo de tratamento e ao grupo de controle, tem-se no ano de 2005 uma amostra de 536 escolas no grupo de tratamento e 533 escolas no grupo de controle. Já em 2011, o total de escolas do grupo de tratamento é de 1.084 e o total de escolas do grupo de controle é de 633.

A tabela 2 apresenta um resumo das variáveis que serão utilizadas para estimação das equações (8) e (12).

TABELA 2
Descrição das variáveis utilizadas na estimação das equações (8) e (12)

Variáveis	Descrição
Y^{MAT}	Proficiência média da escola em matemática
Y^{LP}	Proficiência média da escola em língua portuguesa
G	<i>Dummy</i> de participação no Fundeb (pública = 1, privada = 0)
T	<i>Dummy</i> de tempo (pós-programa = 1, pré-programa = 0)
Preto	Proporção de alunos da cor preta
Trab	Proporção de alunos que trabalham fora de casa
início_pre	Proporção de alunos que iniciaram os estudos na pré-escola
esc_mae	Proporção de mães com ensino superior
exp_prof_5	Proporção de professores com experiência de até 5 anos
exp_prof_5e10	Proporção de professores com experiência entre 5 e 10 anos
exp_prof_10e15	Proporção de professores com experiência entre 10 e 15 anos
exp_prof_15m	Proporção de professores com mais de 15 anos de experiência
esc_port	Proporção de professores com licenciatura em português

(Continua)

(Continuação)

Variáveis	Descrição
esc_mat	Proporção de professores com licenciatura em matemática
sal_prof_1	Proporção de professores que recebem até 1 salário-mínimo
sal_prof_1a3	Proporção de professores que recebem de 1 a 3 salários-mínimos
sal_prof_3a5	Proporção de professores que recebem de 3 a 5 salários-mínimos
sal_prof_5a10	Proporção de professores que recebem de 5 a 10 salários-mínimos
sal_prof_10m	Proporção de professores que recebem mais de 10 salários-mínimos
falta_prof	<i>Dummy</i> para escola com elevado índice de falta por parte dos professores (sim = 1, não = 0)
comp_net	<i>Dummy</i> se a escola tem computadores com acesso à internet para uso dos alunos (sim = 1, não = 0)
biblio	<i>Dummy</i> para biblioteca (sim = 1, não = 0)
Centro-Oeste	<i>Dummy</i> para região Centro-Oeste (Centro-Oeste = 1, caso contrário = 0)
Norte	<i>Dummy</i> para região Norte (Norte = 1, caso contrário = 0)
Nordeste	<i>Dummy</i> para região Nordeste (Nordeste = 1, caso contrário = 0)
Sudeste	<i>Dummy</i> para região Sudeste (Sudeste = 1, caso contrário = 0)
Sul	<i>Dummy</i> para região Sul (Sul = 1, caso contrário = 0)

Elaborado pelos autores.

Para a construção das variáveis utilizadas, as perguntas dos questionários de 2005 e 2011 foram compatibilizadas de modo que pudessem ser igualmente analisadas. A seguir, são apresentadas algumas explicações sobre as variáveis utilizadas neste trabalho:

- a variável *trabalha* é uma *dummy* que capta se o estudante está trabalhando no ano de aplicação da prova;
- a variável *exp_prof* foi dividida em quatro *dummies* que captam os níveis de experiência na profissão de docente. Não foi possível obter os anos de experiência devido ao formato da pergunta no questionário;
- nas variáveis *esc_port* e *esc_mat* foram considerados os professores que têm licenciatura em matemática e os professores que têm licenciatura em letras. As demais formações superiores não foram consideradas por não se tratar de áreas do conhecimento avaliadas no Saeb;
- a variável *falta_prof* é uma *dummy* que se refere às escolas com elevado índice de falta dos professores. É atribuído o valor igual a 1 para as escolas que apresentaram o problema de forma grave ou moderada;
- as variáveis *biblioteca* e *computador com acesso à internet* são consideradas independentemente do estado de conservação indicado no questionário (bom, regular ou ruim).

5 RESULTADOS

5.1 Perfil das escolas de ensino médio brasileiras

A presente seção apresenta um panorama do sistema educacional brasileiro nos anos de 2005 e 2011, com base nos dados do Saeb. Primeiramente, é feita uma análise do período analisado comparando a realidade das escolas públicas e privadas. Em seguida, será analisado o panorama das escolas para cada região, evidenciando as possíveis diferenças regionais que existem no Brasil.

Analisando o desempenho dos alunos no período, observa-se na tabela 3 que as escolas privadas apresentam melhor nível de desempenho em ambas as disciplinas, evidenciando a melhor posição que as escolas privadas ocupam em relação às escolas públicas. Outro ponto que merece destaque é a maior evolução, em termos de desempenho escolar, das escolas públicas em relação às escolas privadas. Na disciplina de língua portuguesa, a proficiência das escolas públicas aumentou, na média, 9 pontos (3,41%), ao passo que a proficiência das escolas privadas aumentou, na média, 5 pontos (1,64%). Em relação à disciplina de matemática, verifica-se que a evolução foi menor em ambas as redes de ensino, com aumento de pouco mais de 3 pontos (1,45%) nas escolas públicas e aumento de menos de meio ponto (0,08%) nas escolas privadas.

TABELA 3
Média da proficiência em língua portuguesa e matemática das escolas de ensino médio, públicas e privadas, nos anos de 2005 e 2011

	2005		2011		Variação (%)	
	Pública	Privada	Pública	Privada	Pública	Privada
Proficiência em língua portuguesa	250,50 (27,05)	300,21 (30,42)	259,04 (28,01)	305,15 (24,18)	3,41	1,64
Proficiência em matemática	261,13 (31,89)	322,86 (40,56)	264,91 (34,23)	323,14 (33,92)	1,45	0,08

Fonte: Dados da pesquisa.

Obs.: Desvio-padrão entre parênteses.

A tabela 4 mostra a média das variáveis referentes às características individuais e do *background* familiar dos alunos que compõem a amostra de escolas analisadas. Observa-se que o percentual de alunos que se declaram da cor preta é maior nas escolas públicas. Além disso, a proporção de alunos que trabalham fora de casa também é maior nas escolas públicas, totalizando 38,5% dos alunos, em 2011, ao passo que nas escolas privadas esse valor é de 13%.

Ainda de acordo com a tabela 4, para a variável que reflete a frequência na pré-escola, a diferença entre as redes de ensino diminuiu no período analisado, chegando a proporções semelhantes em 2011, em que 46,2% dos alunos das escolas

públicas tinham frequentado a pré-escola, ao passo que nas escolas privadas esse percentual foi de 53%. Com relação à escolaridade da mãe, verifica-se que há nas escolas privadas um percentual maior de mães com nível superior em ambos os anos. Analisando 2011, observa-se que 41,9% dos alunos da rede privada têm mães com ensino superior, enquanto apenas 10% dos alunos da rede pública têm mães com tal escolaridade.

TABELA 4

Proporção das variáveis referentes às características individuais dos alunos e ao seu *background* familiar, nas escolas públicas e privadas (2005 e 2011)

(Em %)

	2005 ¹		2011	
	Pública	Privada	Pública	Privada
Alunos da cor preta	9,5*** (9,9)	4,9*** (7,2)	10,8 (9,1)	6,6 (7,4)
Alunos que trabalham fora de casa	44,4*** (20,2)	17,8*** (17,3)	38,5 (21,3)	13,0 (14,4)
Alunos que frequentaram a pré-escola	23,6*** (19,3)	57,9*** (24,3)	46,2 (16,4)	53,0 (15,7)
Alunos que têm mãe com nível superior	5,5*** (7,8)	32,7*** (21,4)	10,0 (11,0)	41,9 (20,7)

Fonte: Dados da pesquisa.

Notas: ¹ Teste de igualdade de média das variáveis no período base, sob a hipótese nula de médias iguais entre os grupos de tratado e controle (analisa as diferenças entre os grupos no período pré-Fundeb). *** significativo a 1%; ** significativo a 5%; * significativo a 10%.

Obs.: Desvio-padrão entre parênteses.

Analisando as variáveis referentes às características dos professores e à infraestrutura escolar mostradas na tabela 5, observa-se que, em média, a proporção de professores na amostra com licenciatura nas disciplinas avaliadas é semelhante em ambas as redes de ensino. No quesito experiência, também se observa semelhança entre a proporção de professores experientes nas escolas públicas e privadas. Considerando o ano de 2011, a proporção é maior na faixa de experiência de 5 a 10 anos, com 38,8% dos professores das escolas públicas e 37,8% dos professores das escolas particulares. Isso indica que, em sua maioria, os professores em atuação nas escolas são profissionais experientes e, com isso, mais preparados para lidar com os eventuais desafios do ambiente escolar.

Voltando para a remuneração dos professores, pode-se verificar na tabela 5 que, em média, os professores estão concentrados na faixa que recebe entre 1 e 3 salários-mínimos, tanto nas escolas públicas quanto nas escolas privadas, representando, em 2011, 40,2% dos professores das escolas públicas e 44,2% dos professores das escolas privadas. Isso evidencia o baixo nível salarial dos professores no Brasil, tornando a carreira docente pouco atrativa.

TABELA 5
Proporção das variáveis referentes às características dos professores e à infraestrutura das escolas, públicas e privadas (2005 e 2011)
 (Em %)

	2005 ¹		2011	
	Pública	Privada	Pública	Privada
Docentes que têm licenciatura em letras português	46,1 ^{NS} (20,4)	44,3 ^{NS} (25,2)	42,5 (25,9)	45,0 (28,2)
Docentes que têm licenciatura em matemática	40,9 ^{NS} (23,0)	38,8 ^{NS} (26,4)	43,8 (27,8)	41,0 (29,6)
Docentes com experiência de até 5 anos	19,8 ^{NS} (28,5)	16,5 ^{NS} (29,7)	16,8 (27,1)	13,6 (27,7)
Docentes com experiência de 5 a 10 anos	18,4 ^{NS} (25,3)	18,0 ^{NS} (29,4)	19,2 (28,5)	20,0 (31,6)
Docentes com experiência de 10 a 15 anos	22,2 ^{NS} (28,3)	24,6 ^{NS} (32,2)	38,8 (35,7)	37,8 (39,0)
Docentes com experiência de mais de 15 anos	39,4 ^{NS} (34,9)	40,7 ^{NS} (38,4)	25,1 (33,1)	28,4 (37,6)
Docentes com salário até 1 s. m.	2,2 ^{***} (10,8)	8,6 ^{***} (24,0)	3,2 (14,2)	9,2 (26,4)
Docentes com salário entre 1 e 3 s. m.	42,6 ^{**} (39,0)	37,2 ^{**} (40,2)	40,2 (43,1)	44,2 (45,0)
Docentes com salário entre 3 e 5 s. m.	33,3 ^{***} (33,3)	25,1 ^{***} (34,7)	31,5 (38,6)	26,0 (38,5)
Docentes com salário entre 5 e 10 s. m.	20,5 ^{***} (31,2)	22,8 ^{***} (34,7)	19,7 (34,2)	14,9 (31,5)
Docentes com salário de mais de 10 s. m.	1,2 ^{***} (9,9)	6,1 ^{***} (20,2)	5,1 (19,6)	5,4 (20,4)
Escolas com elevado absentismo	45,7 ^{***} (49,8)	10,5 ^{***} (30,7)	45,3 (49,8)	8,7 (28,3)
Escolas com biblioteca	92,9 ^{***} (25,6)	98,0 ^{***} (13,7)	89,8 (30,2)	96,7 (17,7)
Escolas com computadores com acesso à internet	44,9 ^{***} (49,7)	81,6 ^{***} (38,7)	92,8 (25,7)	90,3 (29,4)

Fonte: Dados da pesquisa.

Notas: ¹ Teste de igualdade de média das variáveis no período base, sob a hipótese nula de médias iguais entre os grupos de tratado e controle (analisando as diferenças entre os grupos no período pré-Fundeb). *** significativo a 1%; ** significativo a 5%; * significativo a 10%; e ^{NS} não significativo.

Obs.: Desvio-padrão entre parênteses. s.m. = salário-mínimo.

Ainda de acordo com a tabela 5, analisando as variáveis referentes às características da escola, pode-se verificar que as escolas públicas apresentam maior proporção de absentismo quando comparadas com as escolas privadas, tanto em 2005 quanto em 2011. Em 2011, 45,3% das escolas públicas apresentaram elevado absentismo, ao passo que nas escolas privadas a proporção foi de 8,7%. Em relação à existência de bibliotecas e computadores com acesso à internet, em 2011, ambas as redes

de ensino apresentaram elevado percentual de escolas com esses atributos. Um ponto que merece destaque é a evolução das escolas públicas quanto à presença de computadores com acesso à internet, aumentando de 44,9%, em 2005, para 92,8% das escolas, em 2011.

5.2 Efeito do Fundeb sobre o desempenho escolar

Esta seção analisa a relação das características individuais dos alunos, do *background* familiar e das características da escola com o desempenho escolar, como forma de verificar quais desses fatores envolvidos nos processos de aprendizagem influenciam o rendimento dos alunos. Em seguida, analisa-se o possível efeito de tratamento do Fundeb nas escolas que se beneficiaram do programa, tanto no Brasil como nas suas respectivas regiões.

A tabela 6 exibe os resultados para os modelos de língua portuguesa e matemática.¹⁷ Com relação aos coeficientes das variáveis que representam as características individuais dos alunos e seu *background* familiar, os sinais obtidos foram os esperados e todos são estatisticamente significativos a 1%. Além disso, a magnitude dos efeitos das variáveis mostrou-se semelhante em ambas as disciplinas avaliadas, com exceção da variável que capta o nível de escolaridade da mãe. Para essa variável, o efeito é positivo e significativamente maior no modelo de matemática. Esse resultado, somado à maior dificuldade que os alunos têm na disciplina de matemática, sugere a importância da escolaridade da mãe no aprendizado, no decorrer do ensino básico. Curi e Menezes-Filho (2009) destacam a grande influência do nível educacional da mãe na educação do filho, sendo um importante fator de incentivo ao aprendizado.

Quanto às demais variáveis referentes às características individuais dos alunos, o fato de o aluno ser da cor preta reduz o desempenho em aproximadamente 30 pontos e 37 pontos, em língua portuguesa e em matemática, respectivamente. Ademais, a proporção de alunos que trabalha fora de casa é outro fator que contribui para um menor desempenho da escola, reduzindo a proficiência em 39,7 pontos em língua portuguesa e 36,3 pontos em matemática. Conforme Machado *et al.* (2008) verificaram, os alunos do 3º ano do ensino médio que trabalham fora de casa têm menor participação nas atividades escolares, como os deveres de casa, fazendo com que o rendimento escolar seja prejudicado.

Por outro lado, a variável que capta a frequência do aluno na pré-escola tem efeito positivo sobre o rendimento escolar ao final do ensino médio, apesar de esse efeito ocorrer em menor magnitude. Conforme argumentam Curi e Menezes-

17. Os modelos foram testados para a presença de multicolinearidade e heterocedasticidade. Primeiramente foi feito o teste de White e verificou-se a presença de heterocedasticidade, sendo corrigida na estimação dos modelos apresentados. Em seguida, foi feito o teste *Variance Inflation Factor* (VIF) e não se constatou presença de multicolinearidade.

Filho (2009), o efeito de frequentar a pré-escola diminui com o passar das séries, podendo estar ligado à maior importância da pré-escola nos ciclos iniciais, fase na qual a maioria das crianças está na escola. Segundo os autores, as crianças menos preparadas tendem a sair da escola com o passar dos anos e, com isso, o efeito de ter frequentado a pré-escola deixa de ser tão expressivo.

TABELA 6

Modelo estimado para o desempenho dos alunos da 3ª série do ensino médio nas disciplinas de língua portuguesa e de matemática, no período de 2005 a 2011

	Língua portuguesa	Matemática
<i>Características individuais e background familiar</i>		
Proporção de alunos da cor preta	-30,207*** (4,670)	-37,282*** (6,239)
Proporção de alunos que frequentaram a pré-escola	8,748*** (2,437)	10,418*** (3,479)
Proporção de alunos que trabalham fora de casa	-39,757*** (3,160)	-36,390*** (3,226)
Proporção de alunos com mães que têm nível superior completo	43,252*** (3,633)	75,690*** (4,023)
<i>Características escolares</i>		
<i>Dummy</i> se a escola tem biblioteca	8,599*** (1,940)	7,587*** (2,135)
<i>Dummy</i> se a escola tem computador com acesso à internet	4,658*** (1,399)	8,634*** (1,598)
<i>Dummy</i> se a escola tem alto índice de falta dos professores	-2,193** (0,919)	-4,962*** (1,073)
Proporção de docentes com licenciatura em língua portuguesa	-0,696 ^{ns} (1,613)	-
Proporção de docentes com licenciatura em matemática	-	2,756** (1,644)
Proporção de docentes com experiência entre 5 e 10 anos	2,306 ^{ns} (2,198)	4,220** (2,194)
Proporção de docentes com experiência entre 10 e 15 anos	5,428*** (2,023)	6,194*** (2,034)
Proporção de docentes com experiência de mais de 15 anos	6,576*** (1,966)	7,954*** (1,961)
Proporção de docentes com salário entre 1 e 3 s. m.	3,126 ^{ns} (2,598)	5,723** (2,496)
Proporção de docentes com salário entre 3 e 5 s. m.	7,351*** (2,785)	12,254*** (3,082)
Proporção de docentes com salário entre 5 e 10 s. m.	14,219*** (2,899)	22,259*** (3,071)
Proporção de docentes com salário de mais de 10 s. m.	19,434*** (3,541)	28,413*** (4,465)

(Continua)

(Continuação)

	Língua portuguesa	Matemática
Regiões		
Norte	-25,131*** (2,604)	-37,698*** (2,759)
Nordeste	-21,812*** (2,401)	-31,187*** (2,915)
Centro-oeste	-6,803*** (2,539)	-17,039*** (3,006)
Sudeste	-2,041 ^{NS} (2,322)	-4,209 ^{NS} (3,034)
FundeB	12,180*** (2,986)	18,570*** (3,986)
R ²	0,6429	0,6751
Número de observações	2.635	2.635

Fonte: Resultados da pesquisa.

Notas: ***Significativo a 1%, **significativo a 5%, *significativo a 10% e ^{NS} não significativo.

Obs.: Desvios-padrão estão entre parênteses e estão corrigidos para heterocedasticidade. s.m. = salário mínimo.

No que tange às características escolares, a tabela 6 mostra que as variáveis referentes aos insumos escolares são estatisticamente significativas e têm o efeito esperado, ou seja, a existência de biblioteca e computadores com acesso à internet aumenta a proficiência nas escolas, resultado análogo ao encontrado por Menezes-Filho (2007). Em relação à variável *dummy*, que indica se a escola tem elevado absenteísmo dos professores, verifica-se que é estatisticamente significativa a 5% e 1%, nos modelos de língua portuguesa e de matemática, respectivamente. O elevado absenteísmo tem efeito relativamente baixo no desempenho, com redução de 2,1 pontos em língua portuguesa e 4,9 pontos em matemática.

Analisando o conjunto de características que dizem respeito ao corpo docente, verifica-se que a variável que mede a escolaridade do professor não é estatisticamente significativa para a disciplina de língua portuguesa, mas estatisticamente significativa a 5% para a disciplina de matemática. Esse resultado indica que o fato de o professor ser licenciado em matemática aumenta a proficiência média da escola na disciplina de matemática em, aproximadamente, 2,7 pontos.

Quanto à variável que reflete os anos de experiência dos professores, verifica-se que no modelo de língua portuguesa a variável de experiência entre 5 e 10 anos não é estatisticamente significativa, sendo significativa somente para as faixas mais elevadas de experiência. Esse resultado indica que professores com experiência entre 10 e 15 anos influenciam positivamente o desempenho escolar, assim como os professores com mais de 15 anos de experiência, com um aumento de 5,4 pontos e 6,5 pontos, respectivamente.

Já para o modelo de matemática, observa-se que todas as faixas de experiência são estatisticamente significativas e têm efeito positivo sobre o desempenho.

Em comparação com os professores que têm até 5 anos de experiência, o fato de os professores possuírem níveis de experiência entre 5 e 10 anos, 10 e 15 anos e mais de 15 anos aumenta o desempenho dos alunos em matemática na magnitude de 4,2; 6,1 e 7,9 pontos, respectivamente.

Tais resultados são semelhantes aos encontrados por Rivkin, Hanushek e Kain (2005). No estudo realizado, os autores isolaram os efeitos específicos dos alunos e das escolas e identificaram um importante efeito da escola sobre o desempenho, verificando que três anos ou mais de experiência do professor tem efeito significativo e positivo sobre o desempenho.

Outra variável considerada no modelo referente aos professores diz respeito ao salário. As variáveis de salário consideradas são estatisticamente significativas, com exceção da variável que representa os professores na faixa de 1 a 3 salários-mínimos para o modelo de língua portuguesa. O efeito dos salários no desempenho escolar ao final do ensino médio é maior quanto mais elevado o nível salarial considerado. Como visto na seção anterior, a maioria dos professores tem remuneração entre 3 e 5 salários-mínimos e, para essa faixa, o efeito no desempenho é de aproximadamente 7 e 12 pontos nas disciplinas de língua portuguesa e matemática, respectivamente. Professores com rendimento de mais de 10 salários-mínimos impactam em 19 pontos no desempenho em língua portuguesa e 28 pontos em matemática.

O efeito positivo da variável salário, nos modelos analisados, sugere que a valorização salarial dos professores pode ter efeitos positivos no desempenho escolar do sistema educacional como um todo, uma vez que essa variável capta o efeito dos salários em ambos os grupos de escolas analisadas, tanto para o grupo de escolas que se beneficiam do programa (públicas) quanto para aquelas escolas que não se beneficiam (privadas).

É por meio da variável Fundeb que se tem o efeito de tratamento para o grupo de escolas-alvo do programa e objeto de análise no presente estudo. Como pode ser observado na tabela 6, o efeito do Fundeb no período analisado é positivo e estatisticamente significativo a 1% em ambas as disciplinas. Esse resultado sugere que o Fundeb contribua para um incremento de desempenho nas escolas públicas de ensino médio de, aproximadamente, 12 pontos na disciplina de língua portuguesa e 18,5 pontos na disciplina de matemática.

A elevada magnitude do impacto do Fundeb pode estar refletindo o baixo nível inicial de desempenho que os alunos apresentavam antes da política, considerando que os efeitos de determinada política podem ser maiores quando se parte de um patamar mais baixo. O que é importante considerar é que há um efeito positivo da atual política de financiamento sobre o desempenho escolar, tendo menor relevância a magnitude do efeito.

Menezes-Filho e Pazzelo (2007), analisando os efeitos do Fundef sobre o desempenho dos alunos ao final do ensino fundamental, encontraram resultados similares. Os autores verificaram que a valorização salarial dos professores do ensino fundamental ocorrida com o Fundef aumentou o desempenho escolar na disciplina de matemática em meio desvio-padrão, representando uma melhora de aproximadamente 26 pontos no desempenho médio da escola.

Nesse sentido, Ambros (2011) examinou a relação entre a remuneração dos professores e o desempenho dos alunos no ensino médio e verificou que os alunos que têm professores mais bem-remunerados atingem melhores resultados do que aqueles que são ensinados por profissionais com salários inferiores.

Na tabela 7 é apresentada a evolução da remuneração média dos professores da educação básica no Brasil. Analisando o comportamento dos salários no período analisado na pesquisa, verifica-se que após a implementação do Fundeb, em 2007, houve uma valorização real de 10,3% no salário dos professores.

Essa valorização salarial ocorrida para os professores da rede pública atua como atrativo para os profissionais no mercado e também como um incentivo para os professores que atuam na rede de ensino a desempenhar um melhor trabalho, aumentando a motivação dos docentes. Sendo assim, é por meio dessas duas vias que o Fundeb atua no desempenho dos alunos.

TABELA 7

Salário médio dos professores da educação básica no Brasil, no período de 2007 a 2011

	Valores em R\$					Variação (%)
	2007	2008	2009	2010	2011	
Salário médio	1.971,18	2.021,57	2.001,46	-	2.175,03	10,3

Fonte: Observatório PNE, com base nos dados da Pnad/IBGE (2007, 2008, 2009 e 2011).

Obs.: Valores atualizados, com base no INPC para jun./2015.

Em relação à importância da valorização docente como forma de melhorar o rendimento escolar, a literatura aponta que elevar o *status* da profissão de professor é um caminho para melhorar a qualidade do sistema educacional. Inicialmente, essa valorização se dá por meio de incentivos financeiros. Os estudos de Barber e Mourshed (2007) e Carnoy *et al.* (2009) destacam que a equiparação dos salários dos professores com os salários de outras profissões que exigem a mesma formação, contribui para elevar o *status* da profissão e, assim, atrair bons profissionais, resultando em melhor desempenho escolar.

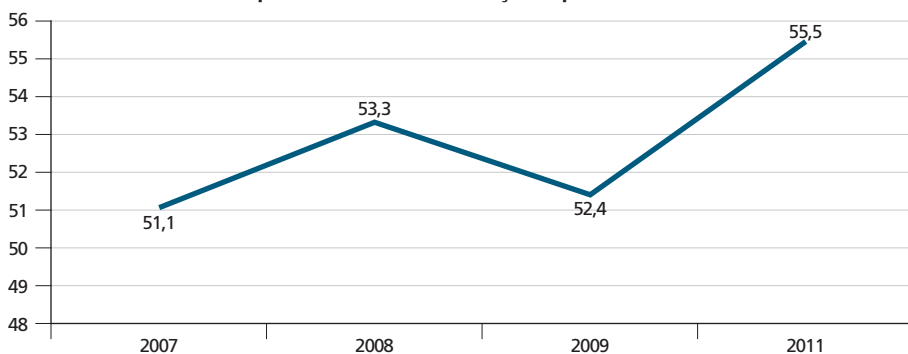
Quanto à atratividade da profissão docente no Brasil, Moriconi (2008) analisou quão atrativos são os salários dos professores, utilizando dados da Pnad de 1995 a 2006. A autora verificou que, para os professores com formação de

ensino médio, a carreira é considerada atrativa, se comparada com outras profissões de nível médio. Já para os professores com nível superior, essa atratividade é baixa, ressaltando que os professores públicos brasileiros com formação de nível superior ganham menos do que receberiam se tivessem um emprego em um dos grupos de comparação (ocupações do setor privado, ocupações do setor público e professores do setor privado).

Quanto à atratividade para os profissionais com ensino superior, a figura 2 mostra a evolução do rendimento médio dos professores da educação básica em relação ao rendimento médio dos demais profissionais com educação superior. Quanto maior a relação, significa que os professores estão recebendo salários mais próximos aos salários dos demais profissionais do mercado. Analisando a figura 2, verifica-se que a diferença de salários dos professores em relação aos demais profissionais vem diminuindo desde 2007. Em 2011, os professores da educação básica recebiam, em média, 55,5% do que recebiam os demais profissionais com ensino superior. A redução das diferenças salariais verificadas no período pode estar relacionada com o Fundeb, dado que o Fundo contribui para o aumento da remuneração docente.

FIGURA 2

Rendimento médio dos professores da educação básica em relação ao rendimento médio dos demais profissionais com educação superior



Fonte: Observatório PNE, com base nos dados da Pnad/IBGE (2007, 2008, 2009 e 2011).

Apesar da evolução, ainda se verifica uma baixa atratividade da remuneração docente no Brasil para os profissionais com ensino superior, o que destaca a importância de políticas de valorização salarial que contribuam para elevar a atratividade dos salários e, como consequência, elevar o *status* da profissão de professor. Diante dos efeitos positivos do Fundeb sobre o rendimento escolar, verifica-se que a política de valorização salarial em vigor está sendo efetiva em melhorar a qualidade da educação, medida pelo desempenho escolar. Essas

evidências salientam a importância de investimentos que elevem os salários dos professores, motivando-os a desempenhar um bom trabalho e atraindo profissionais mais bem qualificados para a profissão.

A tabela 6 mostra ainda as diferenças de impacto do Fundeb, segundo as regiões brasileiras, tendo como região de comparação a região Sul. De acordo com a tabela, verifica-se que as variáveis têm o sinal esperado e são estatisticamente significativas a 1%, com exceção da *dummy* para a região Sudeste. Esse resultado indica que, comparado com a região Sul, o Fundeb provocou menores efeitos sobre o desempenho nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Por sua vez, na região Sudeste, não houve diferença de impacto do programa.

Conforme analisado na seção 2, a região Sul apresentou a maior evolução de recursos desde a implementação do Fundeb até 2011, tanto no volume total (57%) quanto em termos *per capita* (25,8%). Esse fator pode ter contribuído para as diferenças de impacto do programa em relação às demais regiões. Além disso, verificou-se que as diferenças de recursos *per capita* aumentaram 30% no período analisado, quando comparado às regiões Sudeste e Nordeste. Esse comportamento na distribuição de recursos do Fundo contribuiu para que o programa apresentasse menores efeitos no Norte e no Nordeste, indicando que o programa não se mostrou efetivo quanto à redução das desigualdades regionais.

Moriconi (2008) analisou o comportamento da atratividade da profissão docente nas regiões brasileiras e verificou que os salários dos professores são menos atrativos no Norte e no Nordeste, fator que também pode explicar a menor efetividade do Fundeb sobre o desempenho escolar nas respectivas regiões. Apesar dos avanços na valorização salarial dos professores no Brasil, ainda é preciso progredir para tornar a carreira docente atrativa o suficiente para recrutar os bons alunos das universidades, principalmente nas regiões mais pobres do país.

5.3 Efeitos do Fundeb ao longo da distribuição de desempenho

A seção anterior analisou o impacto do Fundeb considerando a distribuição média do desempenho escolar. A presente seção propõe-se a analisar os efeitos da política de valorização salarial em toda a distribuição do desempenho, como forma de verificar se o programa contribuiu para a redução das desigualdades no sistema educacional.

Da mesma forma que na seção anterior, a análise é empregada para as disciplinas de língua portuguesa e de matemática para verificar as especificidades que envolvem cada disciplina avaliada. Contudo, antes de analisar os efeitos estimados, é necessário verificar se esses efeitos para cada quantil são estatisticamente diferentes. Esse teste é feito pelo teste de Wald, apresentado na tabela 8. De acordo com essa tabela, observa-se que, no modelo de língua portuguesa, o teste é significativo a

1% e, no modelo de matemática, significativo a 5%, rejeitando a hipótese nula de igualdade dos coeficientes entre os quantis. Esse resultado do teste sugere que os coeficientes estimados são diferentes entre si, corroborando a existência de heterogeneidade no desempenho escolar.

TABELA 8

Teste de igualdade dos coeficientes estimados (teste de Wald) para os modelos de língua portuguesa e matemática

	Estatística F	P-valor
Língua portuguesa	2,02	0,0056
Matemática	1,72	0,0272

Fonte: Resultados da pesquisa.

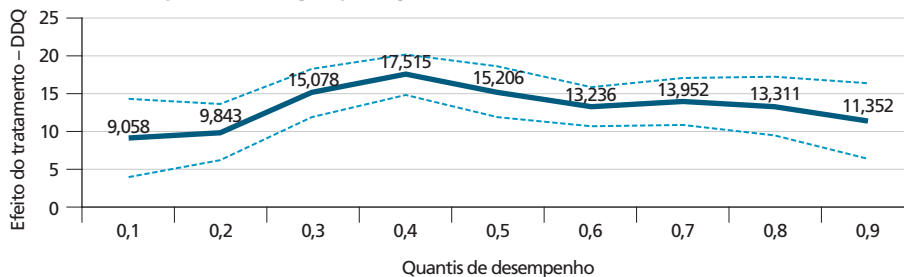
Obs.: Sob a hipótese nula de que os coeficientes estimados entre os quantis são iguais a zero.

Em primeiro lugar, tem-se o efeito de tratamento considerando o desempenho escolar em língua portuguesa, conforme apresentado na figura 3. O modelo para língua portuguesa apresentou um bom ajustamento, e os quantis analisados foram significativos a 1%, exceto o primeiro e o nono decil, significativos a 10% e a 5%, respectivamente.

Analisando a figura 3, observa-se que o efeito do Fundeb é menor nos quantis mais baixos (1^o e 2^o decil), em que o impacto do programa é de 9 e 9,8 pontos, aproximadamente. Por outro lado, o impacto é mais acentuado no 3^o, 4^o e 5^o decil, com efeito de 15; 17,5 e 15,2 pontos, respectivamente. Para os quantis mais elevados de desempenho, o impacto do programa é menor, chegando a 11,3 pontos no 9^o decil. Em relação aos demais quantis analisados (6^o, 7^o e 8^o decil), verifica-se que o impacto do programa é maior do que o impacto observado na análise, considerando a distribuição média.

FIGURA 3

Estimativa e intervalo de confiança dos efeitos do Fundeb, ao longo da distribuição de desempenho em língua portuguesa



Fonte: Resultados da pesquisa.

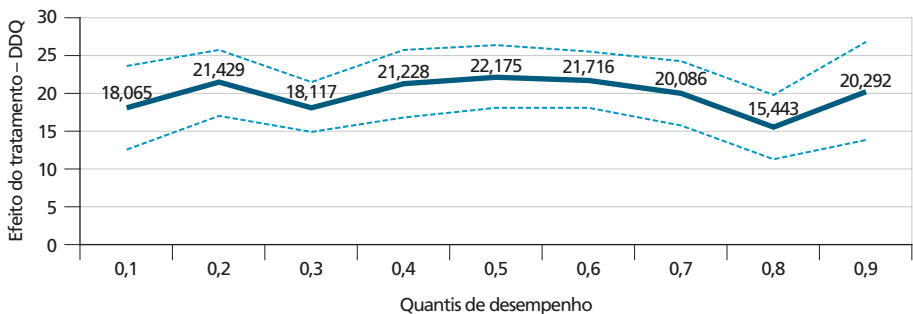
Obs.: Todas as estimativas são estatisticamente significativas.

Em seguida, analisando a disciplina de matemática, verifica-se um comportamento um pouco distinto dos efeitos do programa ao longo da distribuição. Os coeficientes estimados são todos estatisticamente significativos a 1% e com efeito positivo sobre o desempenho. Quanto à magnitude dos efeitos, apresentados na figura 4, verifica-se que o impacto da adoção do Fundeb no desempenho é menor no 1º e 8º decil, aumentando o desempenho em aproximadamente 18 e 15 pontos, respectivamente. Por outro lado, tem-se que o impacto foi maior no 4º, 5º e 6º decil, com incremento de aproximadamente 21,2; 22,1; e 21,7 pontos, respectivamente.

Os resultados apresentados sugerem que o Fundeb teve um pequeno efeito distributivo no desempenho em língua portuguesa, uma vez que o efeito do programa foi maior para os alunos com desempenho abaixo da mediana (3º e 4º decil). Considerando apenas o desempenho em língua portuguesa, o resultado aponta para um possível caminho na redução da desigualdade de notas entre as escolas.

FIGURA 4

Estimativa e intervalo de confiança dos efeitos do Fundeb ao longo da distribuição de desempenho em matemática



Fonte: Resultados da pesquisa.

Obs.: Estimativas significativas a 1%.

Em relação ao resultado do efeito distributivo do programa em matemática apresentado na figura 4, pode-se verificar que não há um padrão do efeito Fundeb nos diferentes quantis. Esse resultado sugere que a política implementada não tem efeito no sentido de reduzir a desigualdade no rendimento em matemática entre as escolas públicas de ensino médio.

Analisando o baixo efeito apresentado no desempenho de língua portuguesa, destaca-se o estudo realizado por Almeida (2014), que verificou os possíveis determinantes do baixo rendimento escolar. Segundo o autor, para os alunos com baixo desempenho, os fatores associados às suas características individuais têm maior influência do que os fatores associados às características dos docentes. Conforme Almeida (2014) aponta em seu estudo, os efeitos das características

observáveis dos docentes apresentam pouca diferença entre as extremidades dos resultados escolares considerados.¹⁸

Quanto à influência dos docentes no aprendizado, Menezes-Filho (2011) argumenta que o professor tem dificuldades de transmitir o conteúdo para os alunos com problemas de capacidade de concentração e indisciplina. Essa dificuldade enfrentada pelos professores se reflete no baixo desempenho escolar dos alunos, o que dificulta o processo de aprendizado.

Ainda de acordo com Menezes-Filho (2011), nas escolas com baixo desempenho e onde os alunos têm condições socioeconômicas melhores, os professores conseguem transmitir o conteúdo com mais facilidade, apontando que o trabalho do professor é prejudicado se as condições familiares não ajudarem a formar bons alunos desde cedo. Além disso, segundo o autor, é difícil atrair bons profissionais para enfrentar condições adversas na sala de aula (como alunos despreparados e indisciplinados) mesmo com salários maiores, sustentando que a solução para essa questão é enfatizar as políticas públicas voltadas para o desenvolvimento infantil.

O investimento no desenvolvimento infantil pode contribuir para melhorar o desempenho dos alunos das escolas públicas, entretanto, Franco (2008) discute que há uma diferenciação entre os efeitos que as características socioeconômicas exercem sobre os alunos com baixo desempenho, tanto nas escolas públicas quanto nas escolas privadas. Para a essa autora, os alunos da escola pública tiram menor proveito das condições favoráveis do seu ambiente socioeconômico (por exemplo, educação da mãe), em comparação com os alunos da escola privada e argumenta que isso se deve à falta de condições ou estrutura organizacional adequada, que é oferecida pela escola pública, fazendo com que os estudantes não aproveitem ao máximo seus próprios recursos. Para a autora, faltam incentivos adequados a professores e a diretores responsáveis pelo processo de aprendizado.

O argumento apresentado por Franco (2008) sugere que, além de políticas de desenvolvimento infantil, é importante adotar incentivos que tornem a escola mais eficaz. E uma das formas sugeridas pela autora seria o uso de incentivos financeiros. Nesse sentido, Menezes-Filho (2011) argumenta que em muitas redes não há diferenciação salarial por mérito, ou seja, na maioria delas a progressão salarial depende do tempo de carreira, não havendo incentivos para que os professores se esforcem mais, deem melhores aulas, falem pouco e tentem vencer as barreiras de formação inicial dos alunos e de suas famílias. Em vista disso, para o autor, é importante a manutenção de programas de valorização por mérito implantado

18. Almeida (2014) considerou o percentil 10 como representativo dos piores resultados e para os melhores resultados considerou o percentil 90.

em algumas redes de ensino. Como consequência, a prioridade deveria estar na promoção por mérito, levando em consideração para definir o mérito fatores como o desempenho dos alunos nos exames de proficiência e a observação do professor em sala de aula.

Esses sistemas de incentivos considerados por Franco (2008) e Menezes-Filho (2011) são conhecidos por sistemas de *accountability*¹⁹ e são caracterizados pela responsabilização dos envolvidos no processo de aprendizagem, estabelecendo bonificações por meio de incentivos financeiros para aqueles que atingem as metas estabelecidas. Alguns autores na literatura defendem a utilização dessas políticas como forma de incentivar a melhoria do desempenho escolar, principalmente nas escolas com baixo rendimento (Hanushek, 2002; Hanushek e Raymond, 2006; Veloso, 2009).

Hanushek e Raymond (2006) chamam a atenção para o fato de que as políticas de *accountability* desempenharam papel relevante no ensino norte-americano. O desempenho escolar entre os estados indicou que as políticas de *accountability*, em geral, levaram a níveis mais altos de desempenho, embora a magnitude dos efeitos tenha sido influenciada pelo desenho da política.

No Brasil, Ferraz (2009) aponta a importância do desenho desse tipo de política, sugerindo que para esses mecanismos terem sucesso é fundamental que tenham transparência e que haja credibilidade das regras estabelecidas para que a inconstância das políticas brasileiras não coloque em risco a adoção desse sistema. O autor baseou sua análise nas experiências bem-sucedidas de São Paulo e de Pernambuco e ressalta, também, a necessidade de avaliações futuras para aprofundar os resultados obtidos com esse tipo de política, visto que no Brasil ainda são pouco adotadas.

Em relação aos possíveis resultados das políticas de bonificação por mérito, Botelho *et al.* (2014) avaliaram escolas públicas brasileiras que adotaram mecanismos de bonificação, analisando a relação entre a adoção de incentivos financeiros e o desempenho escolar. Os resultados da pesquisa apontam que a existência de premiação formal vinculada ao rendimento escolar está associada a um melhor desempenho dos alunos, tanto em língua portuguesa quanto em matemática, indicando que as escolas que adotam políticas de *accountability* apresentaram, em geral, melhor desempenho.

Diante do que argumenta a literatura e considerando as evidências dos efeitos positivos das políticas de *accountability* no Brasil, sua adoção pode trazer resultados positivos para o desempenho das escolas e, com isso, contribuir para a redução

19. De acordo com Hanushek e Raymond (2006), existem dois tipos de políticas de *accountability*, são elas: i) "*hard accountability*", em que as compensações dos funcionários da escola estão associadas ao desempenho dos alunos, ou seja, são as políticas de remuneração por mérito; e ii) "*soft accountability*", caracterizada pela divulgação pública do desempenho relativo da escola.

das assimetrias no sistema educacional. Contudo, essas políticas ainda são pouco adotadas no país, sendo necessários mais estudos sobre os tipos de sistemas de *accountability* que mais se adaptam à realidade brasileira.

6 CONCLUSÕES

O importante papel que a educação desempenha no desenvolvimento dos países torna central o debate acerca das políticas educacionais, e a discussão concentra-se em torno de quais fatores contribuem para melhorar a educação de um país. A literatura considera os professores um importante elemento que contribui para elevar a qualidade da educação. Sendo assim, políticas educacionais voltadas para a qualificação e valorização dos professores teriam efeitos positivos na educação.

O presente artigo analisou os efeitos do Fundeb, uma política de financiamento da educação básica voltada para a valorização salarial dos professores. Os resultados encontrados apontam que a implementação do Fundeb se mostrou efetiva na melhoria do desempenho escolar, com um efeito médio de 12,1 pontos para a disciplina de língua portuguesa e de 18,5 pontos para a disciplina de matemática. Pode-se dizer que a valorização salarial pretendida com o Fundeb teve efeitos positivos no rendimento dos alunos. Conforme sugere a literatura, esse efeito ocorre pela atração de profissionais mais bem qualificados, sendo assim, o Fundeb pode ser considerado um passo importante na valorização salarial dos professores, contribuindo para atrair professores mais qualificados.

Ademais, o impacto do programa nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste mostrou-se menor quando comparado com a região Sul. Esse resultado sugere que a proposta do Fundeb de atenuar as desigualdades regionais não foi efetiva, dado que as diferenças de efeito do programa se mostraram acentuadas. Essas diferenças de efeito podem refletir as características de cada rede de ensino. É um fator que contribui para a desigualdade educacional entre as regiões é a baixa complementação de recursos do Fundo por parte da União. Conforme argumenta Davies (2008), essa complementação é responsável por equalizar os recursos entre os estados, porém é insuficiente diante da capacidade financeira da União, contribuindo para que as desigualdades entre as regiões permaneçam.

Por fim, pretendeu-se mostrar os efeitos do Fundeb ao longo da distribuição de desempenho escolar. Nessa análise, verificou-se que a política de valorização salarial promovida pelo Fundeb foi menos efetiva para as escolas que têm alunos com baixo desempenho, sugerindo que o programa pouco contribui para a equidade nas escolas de ensino médio. Uma vez que a literatura aponta as

características individuais como o fator que mais influencia o desempenho dos alunos no extremo inferior da distribuição, entende-se que são necessárias ações voltadas para o desenvolvimento infantil para que as escolas que têm alunos com dificuldades consigam superar o atraso escolar.

Entretanto, juntamente com políticas voltadas para o desenvolvimento infantil, existe uma corrente que considera importante a adoção de medidas que tornem a escola mais eficaz. Entre essas medidas, sugere-se a adoção de políticas de valorização salarial que vinculem a remuneração dos professores ao desempenho escolar, uma vez que a política de valorização salarial implementada com o Fundeb apresentou, de modo geral, efeitos positivos sobre o rendimento escolar.

Portanto, a utilização conjunta de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento do aluno com políticas de *accountability* pode ser uma forma de contribuir para a evolução das escolas públicas com baixo desempenho e, como consequência, contribuindo para reduzir as disparidades do sistema educacional brasileiro.

Dessa forma, compreender os efeitos dessa política é um importante passo para o direcionamento das políticas educacionais e, uma vez que o Fundeb ainda está em vigor, esta é uma primeira aproximação dos seus efeitos. Pretendeu-se estabelecer uma possível relação entre o Fundeb e o desempenho educacional, contudo, sabe-se que a educação é um tema multidimensional, e as evidências encontradas são contribuições no sentido de apontar um direcionamento para a melhoria do sistema educacional brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ALBERNAZ, A.; FERREIRA, F.; FRANCO, C. **Qualidade e equidade na educação fundamental brasileira**. Departamento de Economia, PUC-Rio, 2002. (Texto para Discussão n. 455).
- ALMEIDA, A. C. Determinantes dos piores e melhores resultados educacionais dos alunos da rede pública de ensino fundamental no Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 42, p. 1-42, jan.-jun. 2014.
- AMBROS, A. F. **O Ensino médio brasileiro: uma análise empírica sobre a remuneração dos professores e o desempenho dos alunos**. 2011. 61 p. Monografia (Graduação em Economia) – Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2011.
- ATHEY, S.; IMBENS, G. B. Identification and inference in nonlinear difference-in-difference models. **NBER: Technical working paper**, Cambridge, n. 280, Sept., 2002.
- BARBER, M.; MOURSHED, M. How the world's best-performing school systems come out on top. Relatório de pesquisa. **McKinsey&Company**, Sept., 2007.

BIONDI, R. L.; FELÍCIO, F.; **Atributos escolares e o desempenho dos estudantes: uma análise de painel de dados do Saeb**. Brasília: Inep, 2007.

BOTELHO, F. B.; *et al.* Sistemas de *accountability* nas escolas públicas brasileiras: identificando a eficácia das diferentes experiências. *In: FERNANDES, R.; et al. (Orgs.). Políticas públicas educacionais e desempenho escolar dos alunos da rede pública de ensino*. Ribeirão Preto, SP: Funpec Editora, 2014, p. 59-80.

BRASIL. Lei nº 11.738, de 16 de julho de 2008. Dispõe sobre a criação do piso salarial profissional nacional para os profissionais do magistério público da educação básica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jul. 2008.

CARD, D. The Impact of the Mariel Boatlift on the Miami Labor Market. **Industrial and Labor Relations Review**, v. 43, n. 2, p. 245-257, jan. 1990.

CARNOY, M. *et al.* Do countries paying teachers higher relative salaries have higher student mathematics achievement? **International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA)**, Amsterdam, 2009.

CURI, A. Z.; MENEZES-FILHO, N. A relação entre educação pré-primária, salários, escolaridade e proficiência escolar no Brasil. **Estudos Econômicos**, v. 39, n. 4, out.-dez. 2009.

DAVIES, N. **Fundeb: a redenção da educação básica?** Campinas: Autores Associados, 2008.

DOURADO, L. F.; *et al.* **Conselho Escolar e o financiamento da educação no Brasil**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

FERRAZ, C. Sistemas educacionais baseados em desempenho, metas de qualidade e a remuneração de professores: os casos de Pernambuco e São Paulo. *In: VELOSO, F.; et al. (Orgs.). Educação básica no Brasil: construindo o país do futuro*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO. **Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDHM)**. ed. 2014. Disponível em: <goo.gl/yPVe0>. Acesso em: 3 abr. 2014.

FNDE – FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Repasse de recursos do Fundeb**. Relatórios de 2007 e 2011. Disponível em: <goo.gl/7UFVfy> Acesso em: 23 out. 2014.

FOGUEL, M. N. Diferenças em Diferenças. *In: MENEZES-FILHO, N. (Org.). Avaliação econômica de projetos sociais*. 1. ed. São Paulo: Dinâmica, 2012, p. 69-83.

FRANCO, A. M. P. **Os determinantes da qualidade da educação no Brasil**. 2008, p. 154. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GLEWWE, P.; KREMER, M. Schools, teachers, and educational outcomes in developing countries. *In*: HANUSHEK, E. A. (Ed.). **Handbook of the Economics of Education**. Amsterdam: North Holland, p. 943-1017, 2006.

HANUSHEK, E. A. Teacher Quality. *In*: IZUME, L. T.; EVERS, W. M. (Ed.). **Teacher Quality**. Stanford: Hoover Institution Press, p. 1-12, 2002.

HANUSHEK, E. A.; RAYMOND, M. E. School accountability and student performance. Federal Reserve Bank of St. Louis. **Regional Economic Development**, v. 2, n. 1, p. 51-61, 2006.

HSIEH, Y. **Treatment Effects Analysis**. Lecture note on. New York University, First Draft, Sept., 2009.

INEP – INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Indicadores Financeiros Educacionais**. Brasília, 2011a.

_____. **Sinopses Estatísticas da Educação Básica**. Brasília, 2005, 2011b.

_____. Sistema de Avaliação da Educação Básica. **Resultados**. Brasília, 2011c.

_____. Sistema de Avaliação da Educação Básica. **Manual do Usuário**. Brasília, 2011d.

MACÊDO, L. C.; DIAS, A. A. A política de financiamento da educação no Brasil e a educação infantil. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação**, v. 27, n. 2, p. 165-184, maio-ago., 2011.

MACHADO, A. F. *et al.* Qualidade do Ensino em Matemática: Determinantes do Desempenho de Alunos em Escolas Públicas Estaduais Mineiras. **Revista Economia**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 23-45, jan.-abr. 2008.

MENEZES-FILHO, N. **Os determinantes do desempenho escolar do Brasil**. Instituto Futuro Brasil, IBEMEC-SP e FEA-USP, São Paulo, 2007.

_____. **Valorizar o professor ou o mérito?** Instituto de Ensino e Pesquisa – Insper, 2011. Disponível em: <goo.gl/0AbxgD>. Acesso em: 22 out. 2014.

_____. N. **O piso salarial dos professores**. Instituto de Ensino e Pesquisa – Insper, 2012. Disponível em: <goo.gl/0AbxgD>. Acesso em: 20 jun. 2014.

MENEZES-FILHO, N.; PAZELLO, E. Do teachers' wages matter for proficiency? Evidence from a funding reform in Brazil. **Economics of Education Review**, v. 26, p. 660-672, 2007.

MORICONI, G. M. **Os professores públicos são mal remunerados nas escolas brasileiras?** Uma análise da atratividade da carreira do magistério sob o aspecto da remuneração. 2008, 86 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, R. F.; TEIXEIRA, B. B. Do Fundef ao Fundeb: a qualidade ainda fora de pauta. *In*: Simpósio Internacional: o Estado e as políticas educacionais no tempo presente, 5., 2009. **Anais...** Uberlândia: Faced, 2009, p. 1-15.

RIVKIN, S.; HANUSHEK, E.; KAIN, J. Teachers, schools, and academic achievement. **Econometrica**, v. 73, n. 2, p. 417-458, mar. 2005.

SEMEGHINI, U. **Fundef**: uma revolução silenciosa. Brasília: Ministério da Educação, 2001. (Mimeografado).

SENA, P. A legislação do Fundeb. **Cadernos de Pesquisa**, v. 38, n. 134, p. 319-340, maio-ago., 2008.

SOARES, J. F. Quality and equity in Brazilian basic education: facts and possibilities. *In*: BROCK, C.; SCHWARTZMAN, S. (Orgs.). **The challenges of education in Brazil**. Oxford: Oxford University Press, Symposium Books, 2004, p. 69-88.

TODOS PELA EDUCAÇÃO. Relatório de olho nas metas. 6. ed., 2015. Disponível em: <goo.gl/bmMHvB>. Acesso em: 20 fev. 2015.

VELOSO, F. *et al.* (Orgs.). **Educação básica no Brasil**: construindo o país do futuro. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

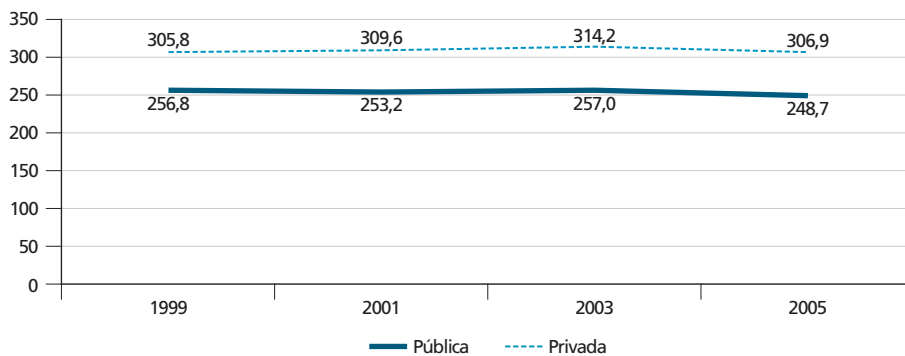
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

COHEN, E.; FRANCO, R. **Avaliação de Projetos Sociais**. Petrópolis: Vozes, 2004.

ANEXO A

GRÁFICO A.1

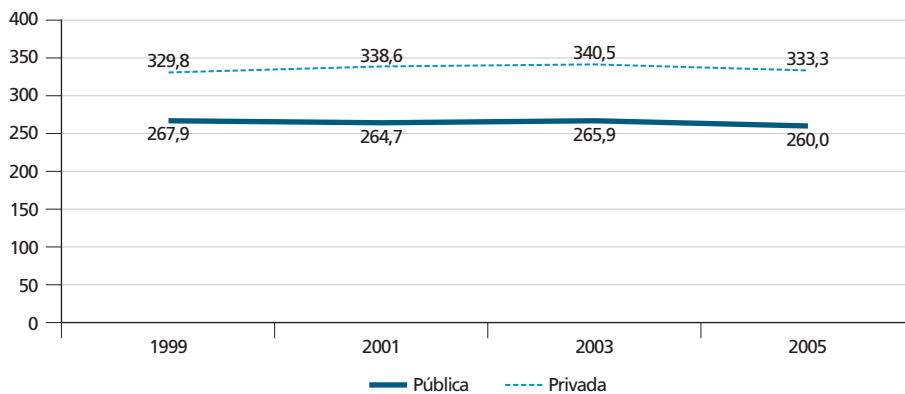
Desempenho médio em língua portuguesa da rede pública e privada no período de 1999 a 2005 no Brasil



Fonte: Inep (2011d).

GRÁFICO A.2

Desempenho médio em matemática da rede pública e privada no período de 1999 a 2005 no Brasil



Fonte: Inep (2011d).

INSTABILIDADES NA CURVA DE PHILLIPS NOVO-KEYNESIANA: UM ESTUDO EMPÍRICO PARA O BRASIL¹

Gabriela Bezerra de Medeiros²

Marcelo Savino Portugal³

Edilean Kleber da Silva Bejarano Aragón⁴

Este trabalho analisa os determinantes da inflação no Brasil por meio da estimação da Curva de Phillips Novo-Keynesiana (CPNK) proposta por Blanchard e Galí (2007) e da versão híbrida apresentada em Galí e Gertler (1999). Nós realizamos testes para quebras estruturais nos coeficientes da CPNK para avaliar possíveis mudanças na dinâmica da inflação durante o período de 2002 a 2015. Os resultados mostram que: *i*) os testes de quebra estrutural indicam uma mudança nos coeficientes da CPNK; *ii*) o componente *forward-looking* da inflação é dominante, embora sua relevância tenha sido reduzida após 2004; *iii*) a taxa de desemprego tem afetado negativamente a inflação, embora seja observada uma redução desse impacto nos últimos anos; *iv*) os efeitos inflacionários dos choques de oferta diminuíram após a data estimada para a quebra; e *v*) a influência do hiato do produto sobre a inflação corrente tem declinado nos anos recentes.

Palavras-chave: Curva de Phillips Novo-Keynesiana; quebras estruturais; endogeneidade; Brasil.

INSTABILITIES IN THE NEW KEYNESIAN PHILLIPS CURVE: AN EMPIRICAL STUDY FOR BRAZIL

This paper analyzes the determinants of inflation in Brazil through the estimation of the New-Keynesian Phillips curve (NKPC) proposed by Blanchard and Galí (2007) and the hybrid version presented in Galí and Gertler (1999). We perform structural break tests in the NKPC coefficients to assess possible changes in the inflation dynamics between 2002 and 2015. The results show that: *i*) the structural break tests indicate a change in the coefficients of the NKPC; *ii*) the forward-looking component of inflation is dominant, though its importance has been reduced after 2004; *iii*) the unemployment rate has negatively affected inflation, although a reduction of this impact has been observed in recent years; *iv*) the inflationary effects of supply shocks decreased after the estimated structural break; *v*) the influence of output gap on current inflation has declined in recent years.

Keywords: New Keynesian Phillips Curve; structural breaks; endogeneity; Brazil.

JEL: E31; E24; C50.

1. Os autores gostariam de agradecer ao editor e aos pareceristas anônimos pelos valiosos comentários e sugestões. Os autores agradecem o suporte financeiro dado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para o desenvolvimento deste trabalho.

2. Professora do Departamento de Economia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). *E-mail*: <gabriela.bm@hotmail.com>.

3. Professor do programa de pós-graduação em Economia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGE/UFRGS) e pesquisador CNPq. *E-mail*: <mosp@ufrgs.com>.

4. Professor do Departamento de Economia e do programa de pós-graduação em economia da Universidade Federal da Paraíba (PPGE/UFPB). *E-mail*: <edilean@hotmail.com>.

1 INTRODUÇÃO

O modelo Novo-Keynesiano tem surgido como um novo arcabouço teórico para a análise da dinâmica de variáveis macroeconômicas, bem como para o estudo dos efeitos de políticas econômicas. Essa abordagem teórica tem combinado algumas suposições da Teoria dos Ciclos Reais de Negócios (por exemplo, a otimização dinâmica e o equilíbrio geral) com outras suposições Keynesianas, tais como a concorrência monopolística e a rigidez nominal (Galí, 2011). Nesse contexto, surge a curva de Phillips Novo-Keynesiana (CPNK), que relaciona a inflação no período t com a inflação esperada para o período $t + 1$ e uma medida de custo marginal real das firmas, tais como o custo unitário do trabalho e hiato do produto.^{5,6}

Nos últimos anos, vários trabalhos têm apresentado importantes contribuições à CPNK. Galí e Gertler (1999) e Christiano, Eichebaum e Evans (2005) propõem um modelo híbrido em que a CPNK tem um componente *backward-looking*, isto é, a inflação corrente depende da inflação passada. Mankiw e Reis (2002) introduzem o conceito de rigidez de informação e mostram que isso gera inércia inflacionária. Woodford (2003) deriva a CPNK híbrida a partir da suposição de que firmas não otimizadoras indexam parcialmente seus preços à inflação passada. Cogley e Sbordone (2006) apresentam um modelo em que as firmas não otimizadoras indexam seus preços, e a taxa de inflação apresenta uma tendência que pode variar no tempo. Eles verificam que a inflação corrente depende da inflação passada, da tendência da inflação, da inflação esperada para vários períodos no futuro e de termos envolvendo o fator de desconto e a taxa de crescimento do produto real.

Diferente dos trabalhos citados acima, Blanchard e Galí (2007) contribuem à literatura sobre a CPNK ao introduzir rigidez de salário real no modelo Novo-Keynesiano. Com isso, esses autores apresentam uma nova versão da CPNK em que a inflação corrente depende das expectativas de inflação, da inflação passada, do hiato do produto e de variações no hiato do produto. Uma importante característica da nova versão da CPNK é que ela torna possível analisar o *tradeoff* entre inflação e desemprego. Em específico, a CPNK proposta por Blanchard e Galí (2007) permite expressar a inflação em função da taxa de desemprego e dos choques de oferta.

5. A curva de Phillips tornou-se conhecida a partir do trabalho do economista A. W. Phillips que, em 1958, constatou uma relação inversa entre inflação de salários e taxa de desemprego no Reino Unido no período de 1861 a 1957. Lipsey (1960) estendeu o trabalho de Phillips (1958) e deu uma interpretação teórica para a relação entre inflação de salários e taxa de desemprego. Samuelson e Solow (1960) investigaram a curva de Phillips para os Estados Unidos. Além disso, eles propuseram a curva de Phillips modificada para descrever a relação inversa entre a mudança no nível geral de preços (taxa de inflação) e taxa de desemprego. Friedman (1968) e Phelps (1968) estenderam a versão original da curva de Phillips ao considerar a importância das expectativas de inflação para a dinâmica da inflação. Eles destacaram também a ausência de um *trade-off* permanente entre inflação e desemprego.

6. A curva de Phillips Novo-Keynesiana foi inicialmente derivada por Roberts (1995).

Embora exista uma grande quantidade de estudos sobre a curva de Phillips para o Brasil,⁷ pouca atenção tem sido devotada à análise empírica da CPNK. Por exemplo, Alves e Areosa (2005) e Areosa e Medeiros (2007) estimam a CPNK padrão para uma economia aberta e destacam a importância da taxa de câmbio para a dinâmica da inflação. Carvalho (2010) estima uma CPNK não linear e observa que os impactos das *expectativas de inflação, da inflação passada e do hiato do produto sobre a inflação* corrente dependem do hiato da inflação esperada. Baseado na estimação da CPNK com componentes não observáveis, Machado e Portugal (2014) verificam que o regime de metas de inflação reduziu o nível e a sazonalidade da inflação, bem como o efeito do produto sobre a inflação. Mazali e Divino (2010) estimam a nova versão da CPNK proposta por Blanchard e Galí (2007) e observam que um aumento da taxa de desemprego diminui a inflação corrente. Por sua vez, Mendonça *et al.* (2012) encontram que a nova versão da CPNK tem dificuldades em representar a dinâmica inflacionária brasileira.

Uma importante suposição em comum entre grande parte dos trabalhos para o Brasil é que eles assumem que os parâmetros da CPNK permaneceram constantes ao longo dos períodos analisados. Em contraposição, a economia brasileira tem sido atingida por vários choques (crise energética de 2001, crise cambial de 2002, recessão de 2003, crise econômica mundial de 2008 etc.) e a condução da política monetária brasileira parece ter apresentado mudanças importantes (Aragón e Portugal, 2010; Moreira, Souza e Junior [2013]; Aragón e Medeiros, 2013, 2015). É possível que esses fatores tenham alterado a forma como as empresas ajustam seus preços, e os agentes econômicos formam suas expectativas, induzindo assim a mudanças estruturais nos coeficientes da CPNK.

Posto isso, este trabalho procura analisar os determinantes da inflação no Brasil por meio da realização de testes de quebras estruturais nos parâmetros da CPNK proposta por Blanchard e Galí (2007), bem como nos parâmetros da CPNK híbrida apresentada por Galí e Gertler (1999). Devido à endogeneidade dos regressores, a metodologia utilizada para testar quebras estruturais será aquela desenvolvida por Perron e Yamamoto (2015). O procedimento baseia-se na estimação do modelo por mínimos quadrados ordinários (MQO) e por variáveis instrumentais (VI) e possibilita estimar as datas das quebras estruturais e realizar os testes para verificar se essas quebras são estatisticamente significativas.

Na literatura, os trabalhos voltados para testar a estabilidade dos parâmetros da CPNK tem analisado a dinâmica da inflação nos Estados Unidos. Zhang, Osborn e Kim (2008) procuram caracterizar a natureza de possíveis mudanças na CPNK

7. Ver, por exemplo, Portugal, Madalozzo e Hillbrecht (1999); Minella *et al.* (2003); Lima (2003); Muinhos (2004); Fasolo e Portugal (2004); Tombini e Alves (2006), Schwartzman (2006), Correa e Minella (2010), Areosa, Mcaller e Medeiros (2011); Arruda, Ferreira e Castelar (2011) e Tristão e Torrent (2015).

durante o período de 1968 a 2005. Os autores encontram que o comportamento *forward-looking* da inflação desempenha um papel menor no regime de inflação alta e volátil. Boldea, Hall e Han (2012) encontram instabilidades nos parâmetros da CPNK estimada para o período de 1969 a 2005. Em específico, os resultados desses autores mostram que o coeficiente do hiato do produto é insignificante e o componente *forward-looking* da inflação tem se tornado mais importante em anos recentes. Perron e Yamamoto (2015) analisam a estabilidade da CPNK entre 1960 e 1997. Eles encontram que a CPNK perdeu o poder de explicar a dinâmica inflacionária norte-americana após 1991.

No presente trabalho, os resultados obtidos apontam para a existência de uma mudança estrutural nos coeficientes da CPNK ocorrendo entre os meses de março e setembro de 2004. Nós observamos que o componente *forward-looking* da inflação é dominante na explicação da dinâmica inflacionária brasileira, embora sua relevância tenha sido reduzida após a data da quebra. De forma análoga, nós verificamos que a taxa de desemprego tem afetado negativamente a inflação, embora seja observada uma redução desse impacto. Em relação ao hiato do produto, nós constatamos que o efeito dessa variável sobre a inflação é significativo no primeiro subperíodo, mas insignificante depois de 2004. Além disso, os efeitos inflacionários dos choques de oferta diminuem após a data da quebra. Por fim, os resultados rejeitam a hipótese de verticalidade da curva de Phillips no longo prazo em todos os subperíodos analisados.

Além desta introdução, este trabalho está organizado em cinco seções. Na seção 2, *Os modelos teóricos*, nós fazemos uma breve apresentação dos modelos que fundamentam teoricamente este trabalho. Na seção 3, *Estratégia empírica*, nós descrevemos a metodologia empírica usada para estimar a forma reduzida da CPNK e testar a presença de quebras estruturais nos coeficientes dessa equação. Na seção 4, *Resultados*, apresentamos os dados utilizados nas estimações e descrevemos os resultados obtidos. A última seção é reservada às conclusões da pesquisa.

2 OS MODELOS TEÓRICOS

Recentemente, a literatura tem sugerido que a incorporação de rigidez dos salários reais é uma forma de construir persistência intrínseca no modelo Novo-Keynesiano.⁸ No presente trabalho, nós consideramos o modelo de Blanchard e Galí (2007), que incorpora rigidez dos salários reais e que permite obter uma versão da CPNK, a qual torna possível analisar o *tradeoff* entre inflação e desemprego. Adicionalmente, nós analisamos a CPNK híbrida, proposta por Galí e Gertler (1999). Ao considerar

8. Nesse contexto, vários trabalhos têm procurado incorporar diferentes aspectos do processo de *search e matching* no mercado de trabalho na análise da dinâmica da inflação (ver, por exemplo, Christoffel e Linzert, 2006; Gertler, Sala e Trigari, 2008; e Krause, Lopez-Salido, Lubik, 2008).

essas duas especificações da CPNK, nós podemos avaliar os efeitos de diferentes *proxies* do custo marginal real sobre a inflação brasileira. A seguir há uma breve descrição desses modelos.

2.1 A nova versão da CPNK de Blanchard e Galí (2007)

Blanchard e Galí (2007) assumem que há um grande número de famílias idênticas com preferências separáveis e uma função de utilidade instantânea dada por:

$$U(C, N) = \log(C) - \exp\left\{\frac{\xi}{\xi}\right\} \frac{N^{1+\phi}}{1+\phi} \quad (1)$$

em que C é o consumo composto com elasticidade de substituição entre os bens dada por ε , N é a oferta de trabalho, ξ é um parâmetro de preferência (possivelmente variante no tempo) e ϕ é a inclinação da curva de oferta de trabalho.

Do lado da oferta, supõe-se que existe um contínuo de firmas agindo em competição monopolística e cada uma produzindo um bem diferenciado. Cada firma depara-se com uma curva de demanda isoelástica e produz, de acordo com a função de produção Cobb-Douglas $Y = M^\alpha N^{1-\alpha}$, $\alpha \in (0,1)$, em que Y é o produto e M é o insumo não produzido sujeito a choques de oferta.⁹

Seguindo Calvo (1983), Blanchard e Galí (2007) supõem um ajustamento de preços sobrepostos no qual, em qualquer período de tempo, cada firma tem a probabilidade $1 - \theta$ de reajustar o preço de seu produto. Isso implica que uma fração θ das firmas não ajusta os preços em cada período. Outra importante suposição do modelo é que o salário real deixa de ser igual à taxa marginal de substituição (tms) e passa a responder lentamente às condições do mercado de trabalho como um resultado de alguma imperfeição ou atrito nesse mercado. O salário real (w) é ajustado parcialmente, de acordo com a regra:

$$w = \gamma w_{t-1} + (1 - \gamma)tms, \quad (2)$$

em que $\gamma \in (0,1)$ é uma medida de rigidez do salário real.

Posto isso, Blanchard e Galí (2007) mostram que é possível expressar uma nova versão da CPNK em termos da taxa de desemprego e de mudanças nos preços do insumo não produzido M (Δv) da seguinte forma:

9. Para manter a notação mais simples, nós retiramos o subscrito tempo que indica a variável em tempo corrente.

$$\pi_t = \frac{1}{1+\beta} \pi_{t-1} + \frac{\beta}{1+\beta} E_t \pi_{t+1} - \frac{\lambda(1-\alpha)(1-\gamma)\phi}{\gamma(1+\beta)} u_t + \frac{\alpha\lambda}{1+\beta} \Delta v_t, \quad (3)$$

em que u_t é a taxa de desemprego, Δv_t é a mudança no preço real do insumo não produzido considerada como uma medida de choque de oferta, $\beta \in (0,1)$ é o fator de desconto e $\lambda \equiv \theta^{-1} (1 - \theta) (1 - \beta\theta)$. De acordo com (3), um aumento na taxa de desemprego reduz a inflação. Além disso, a inflação é afetada positivamente pela expectativa de inflação para o próximo período pela inflação passada e por choques de oferta.

2.2 A CPNK híbrida de Galí e Gertler (1999)

Diferente de Blanchard e Galí (2007), Galí e Gertler (1999) não supõe a existência de rigidez dos salários reais. Além disso, esses autores desviam-se do modelo de Calvo (1983) e assumem que firmas *forward-looking* e *backward-looking* coexistem em proporções $(1 - \omega)$ e ω , respectivamente. O nível de preços agregado é dado por:

$$p_t = \theta p_{t-1} + (1 - \theta) p_t^*, \quad (4)$$

em que p_t^* é o índice para os preços recém-estabelecidos no período t . Deixando p_t^f denotar o conjunto de preços das firmas *forward-looking* e p_t^b o conjunto de preços das firmas *backward-looking*, pode-se expressar p_t^* como:

$$p_t^* = (1 - \omega) p_t^f + \omega p_t^b. \quad (5)$$

As firmas *forward-looking* comportam-se como no modelo de Calvo (1983) e ajustam seus preços de acordo com a seguinte equação:

$$p_t^f = (1 - \theta\beta) \sum_{k=0}^{\infty} (\theta\beta)^k E_t \{ mc_{t-k}^n \} \quad (6)$$

em que mc_t^n é desvio percentual (em relação ao valor do estado estacionário) do custo marginal nominal da firma no período t .

Por sua vez, as firmas *backward-looking* ajustam seus preços da seguinte forma:

$$p_t^b = p_{t-1}^* + \pi_{t-1}. \quad (7)$$

Isso mostra que uma firma *backward-looking* ajusta o preço do seu produto no período t igual ao preço médio ajustado no período mais recente, p_{t-1}^* , com uma correção para a inflação no período $t - 1$.

Combinando as Eqs. (4)-(7), Galí e Gertler (1999) expressam a CPNK híbrida por meio da seguinte expressão:

$$\pi_t = \gamma_f E_t \pi_{t+1} + \gamma_b \pi_{t-1} + \lambda_1 mc_t \quad (8)$$

em que mc_t é o custo marginal real e os parâmetros da equação são dados por:

$$\gamma_f \equiv \theta \beta \phi_1^{-1};$$

$$\gamma_b \equiv \omega \phi_1^{-1};$$

$$\lambda_1 \equiv (1 - \omega) (1 - \theta) (1 - \beta \phi) \phi_1^{-1};$$

$$\phi_1 \equiv \theta + \omega [1 - \theta (1 - \beta)].$$

3 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Nesta seção, nós apresentamos as formas reduzidas das duas versões da CPNK que serão estimadas, bem como os testes para quebras estruturais utilizados para verificar a estabilidade dos coeficientes dessas equações.

3.1 Modelos empíricos

Inicialmente, será estimada a forma reduzida da nova versão da CPNK expressa da seguinte maneira:

$$\pi_t = d_1 \pi_{t-1} + d_2 E_t \pi_{t+1} - d_3 u_t + d_4 \Delta v_t + \zeta_t, \quad (9)$$

em que $d_1 = (1 + \beta)^{-1}$, $d_2 = \beta(1 + \beta)^{-1}$, $d_3 = \lambda(1 - \alpha) (1 - \gamma) \phi [\gamma(1 + \beta)]^{-1}$, $d_4 = \alpha \lambda (1 + \beta)^{-1}$ e ζ_t é o termo de erro.¹⁰

Da equação (9), vê-se que a inflação corrente é uma função da inflação passada, da inflação esperada para o próximo período, da taxa de desemprego e das mudanças no preço do insumo não produzido (M). Como $\beta \in (0,1)$, podemos observar que a forma estrutural atribui as seguintes restrições sobre os parâmetros d_1 e d_2 :¹¹

$$d_1, d_2 \in (0,1) \text{ e } d_1 + d_2 = 1. \quad (10)$$

A intuição da restrição $d_1 + d_2 = 1$ é que não é possível manter a taxa de desemprego permanentemente abaixo do seu nível de estado estacionário sem indefinidamente aumentar a taxa de inflação (Mazali e Divino, 2010).

10. É comum a exclusão da constante na estimação da CPNK (ver, por exemplo, Blanchard e Galí, 2007; Mendonça *et al.*, 2012; Alves e Correa, 2013).

11. O fator de desconto β é sobreidentificado no modelo, uma vez que d_1 e d_2 são funções únicas de β .

Além da especificação (9), nós seguimos Galí e Gertler (1999) e estimamos a forma reduzida da CPNK híbrida:

$$\pi_t = \gamma_b \pi_{t-1} + \gamma_f E_t \pi_{t+1} + \lambda_1 mc_t + \zeta_t. \quad (11)$$

Para o custo marginal real (mc_t), duas *proxies* serão utilizadas, a saber: *i*) a participação da massa salarial no produto interno bruto (PIB) nominal (ou custo real unitário do trabalho);¹² e *ii*) o hiato do produto.

3.2 Testes para quebras estruturais

É vasta a literatura sobre testes para quebras estruturais nos parâmetros de uma regressão.¹³ Novos trabalhos têm surgido e considerado o problema de realizar testes para quebras estruturais em equações com regressores endógenos. Hall, Han e Boldea (2012) mostram que a minimização de um critério de Mínimos Quadrados em Dois Estágios produz estimadores consistentes para as frações das quebras. Perron e Yamamoto (2014) apresentam uma prova dos resultados de Hall, Han e Boldea (2012). Adicionalmente, eles mostram que todas as suposições feitas por Bai e Perron (1998, 2003a), obtidas com regressores originais não correlacionados contemporaneamente com os erros, são satisfeitas. Destarte, os resultados de Bai e Perron (1998, 2003a) permanecem válidos para o caso em que as equações possuem regressores endógenos.

Como a taxa de desemprego, a inflação esperada, o choque de oferta, o custo real unitário do trabalho e o hiato do produto são regressores endógenos no modelo Novo-Keynesiano, nós seguimos Perron e Yamamoto (2015) e usamos um procedimento alternativo para testar quebras estruturais em modelos lineares com regressores endógenos. O procedimento a ser seguido consiste em ignorar a endogeneidade dos regressores e realizar os testes de quebras baseados na estimação da equação estrutural por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). As justificativas para o uso dessa metodologia são: *i*) mudanças nos verdadeiros parâmetros do modelo implicam mudanças nas probabilidades limites do estimador MQO; *ii*) o modelo pode ser reformulado de forma que os regressores e erros não sejam correlacionados, permitindo assim que o procedimento empírico e as distribuições limites dos testes apresentados por Bai e Perron (1998, 2003a) possam ser utilizados; *iii*) como os regressores gerados pelo procedimento de variáveis instrumentais (VI) têm menos variação quadrática do que os regressores originais, uma alteração nos verdadeiros parâmetros leva a uma maior mudança na média condicional da

12. Isso é correto sobre a hipótese de uma função de produção Cobb-Douglas (Galí e Gertler, 1999).

13. São inúmeros os trabalhos estatísticos e econométricos sobre testes para quebras estruturais. Para uma revisão sobre este tema, ver Perron (2006).

variável dependente em uma estrutura de MQO do que em uma estrutura de VI; *iv*) usar a abordagem MQO leva a estimativas consistentes das frações das quebras, e aperfeiçoa a eficiência das estimativas e o poder dos testes em várias situações.

Como ilustração do procedimento de estimação das quebras estruturais, deixe um modelo de regressão linear múltipla com b quebras que ocorrem em $\{T_1, \dots, T_b\}$ ser expresso por:

$$\pi = \bar{X}d + \zeta, \quad (12)$$

em que $\pi = (\pi_1, \dots, \pi_T)'$ a variável dependente e $\bar{X} = \text{diag}(X_1, \dots, X_{b+1})$ é uma matriz $T \times (b+1)p$ com $X_i = (x_{T_{i-1}+1}, \dots, x_{T_i})'$ para $i = 1, \dots, b+1$, $T_0 = 1$ e $T_{b+1} = T$. Note que cada matriz X_i é o subconjunto da matriz de regressores correspondente ao regime i . A matriz \bar{X} é uma partição diagonal da matriz $T \times p$ de regressores, X , com a partição sendo tomada com relação ao conjunto $\{T_1, \dots, T_b\}$. O modelo permite que alguns ou todos regressores em X possam ser correlacionados com os erros. O vetor $d = (d_1, \dots, d_{b+1})$ é um vetor $(b+1)p$ de coeficientes e $\zeta = (\zeta_1, \dots, \zeta_T)'$ é o vetor de distúrbios.

Utilizamos o sobrescrito 0 para denotar as verdadeiras datas das quebras, isto é, $\{T_1^0, \dots, T_b^0\}$, em que \bar{X}_0 será uma partição diagonal de X de acordo com $\{T_1^0, \dots, T_b^0\}$ e d^0 será o vetor dos verdadeiros valores dos parâmetros. Além disso, as verdadeiras frações das quebras são denotadas por $(\lambda_1^0, \dots, \lambda_b^0) = (T_1^0/T, \dots, T_b^0/T)$. Posto isso, o Processo Gerador dos Dados (DGP) para (12) pode ser representado da seguinte maneira:

$$\pi = \bar{X}_0 d^0 + P_{\bar{X}_0} \zeta + (I - P_{\bar{X}_0}) \zeta = \bar{X}_0 [d^0 + (\bar{X}_0' \bar{X}_0)^{-1} \bar{X}_0' \zeta] + (I - P_{\bar{X}_0}) \zeta = \bar{X}_0 d_T^* + \zeta^* \quad (13)$$

em que $\zeta^* = (I - P_{\bar{X}_0}) \zeta$ e $d_T^* = (\bar{X}_0' \bar{X}_0)^{-1} \bar{X}_0' \zeta$. Assim, temos que: $d_T^* \rightarrow_p d^0$ e \bar{X}_0 é não correlacionado com ζ^* . Assim, o estimador MQO, d será consistente para d^0 . Dado isso, as datas das quebras podem ser estimadas por meio da minimização da soma dos quadrados dos resíduos da regressão:

$$\pi = \bar{X}d^* + \zeta^*. \quad (14)$$

As estimativas das datas das quebras são representadas por:

$$(\hat{T}_1^*, \dots, \hat{T}_b^*) = \arg \min_{T_1, \dots, T_b} SSR_T^*(T_1, \dots, T_b), \quad (15)$$

em que $SSR_T^*(T_1, \dots, T_b) = (\pi - \bar{X}d)'(\pi - \bar{X}d)$ é a soma dos quadrados dos resíduos para a partição (T_1, \dots, T_b) , tal que $T_i - T_{i-1} \geq q$, em que $q \geq 0$ é a quantidade mínima de observações para cada regime i . Perron e Yamamoto (2015) revelam que as estimativas das frações das quebras $(\lambda_1^*, \dots, \lambda_b^*) = (T_1^*/T, \dots, T_b^*/T)$ são consistentes e têm a mesma taxa de convergência que aquelas obtidas pela abordagem MQO usual com regressores não correlacionados com os erros.

Nós seguimos Bai e Perron (2003a) para verificar a existência de quebras estruturais nos parâmetros da curva de Phillips e, para isso, utilizamos dois testes. O primeiro é o teste $\sup F_T$, em que a hipótese nula de ausência de quebra estrutural é testada contra a hipótese alternativa de $b = k$ quebras. Para a apresentação da estatística de teste, denote (T_1, \dots, T_k) como a partição tal que $T^i = [T\lambda_i]$, $(i = 1, \dots, k)$ e R como uma matriz tal que $(Rd^*)' = (d_1^{*'} - d_2^{*'}, \dots, d_k^{*'} - d_{k+1}^{*'})$. Seja

$$F_T(\lambda_1, \dots, \lambda_k; p) = \frac{1}{T} \left(\frac{T - (k + 1)}{kp} \right) \hat{d}^{*'} R' (R\hat{V}(\hat{d}^*)R')^{-1} R\hat{d}^* \quad (16)$$

em que $\hat{V}(\hat{d}^*)$ é uma estimativa da matriz de covariância (\hat{d}^*) . A estatística $\sup F_T$ é dada por:

$$\sup F_T(k; p) = F_T(\hat{\lambda}_1^*, \dots, \hat{\lambda}_k^*; p), \quad (17)$$

em que $(\hat{\lambda}_1^*, \dots, \hat{\lambda}_k^*)$ minimiza a soma global dos quadrados dos resíduos. A distribuição assintótica da estatística $\sup F_T$ dependerá de um parâmetro de fracionamento (*trimming*), em que, $\varepsilon = q/T$.

O segundo teste, denominado de $F_T(l + 1|l)$, tem o objetivo de testar a hipótese nula de l quebras contra a hipótese alternativa de $l + 1$ quebras. As estimativas das datas das quebras para um modelo com l quebras são obtidas por meio da minimização da soma global dos quadrados dos resíduos (Bai e Perron, 2003a). O procedimento apresentado por Bai e Perron (1998, 2003a) implica testar a existência de uma quebra estrutural adicional em cada um dos $l + 1$ segmentos. O teste ocorre em cada segmento que contém as observações \hat{T}_{i-1} até \hat{T}_i ($i = 1, \dots, l + 1$). A hipótese nula de l quebras será rejeitada se um modelo com $l + 1$ quebras tiver o mínimo global da soma dos quadrados dos resíduos suficientemente menor que a soma dos quadrados dos resíduos do modelo com l quebras.

Bai e Perron (2003b) apresentam os valores críticos dos testes $\sup F_T$ e $F_T(l + 1|l)$. No entanto, quando a correlação entre os regressores e os erros muda entre os segmentos, ou a distribuição marginal dos regressores exibem alterações (devido a uma mudança na média e/ou variância dos regressores), as distribuições limite

daquelas estatísticas diferem das apresentadas por Bai e Perron (2003b).¹⁴ Nesse caso, Perron e Yamamoto (2015) apontam que os testes $\sup F_t$ e $F_t(l+1|l)$ podem apresentar pequenas distorções de tamanho. Assim, uma sugestão desses autores é considerar os valores críticos obtidos utilizando o método de *bootstrap* com regressores fixados de Hansen (2000).

Mesmo que o método baseado em MQO seja adequado em várias situações, nós também estimamos as datas das quebras e realizamos os testes para quebras estruturais baseados no procedimento de VI. Para isso, assuma a existência de um conjunto de q_z variáveis z_t que podem servir como instrumentos. Deixe $Z = (z_1, \dots, z_T)'$ denotar uma matriz $T \times q_z$. Considere ainda que a forma reduzida ligando Z a X apresente m quebras estruturais e possa ser expressa por:

$$X = \bar{Z}^0 \theta^0 + v, \quad (18)$$

em que $\bar{Z}^0 = \text{diag}(\bar{Z}_1^0, \dots, \bar{Z}_{m+1}^0)$ é a partição diagonal de Z nas datas das quebras $(T_1^{z_0}, \dots, T_m^{z_0})$ e $\theta^0 = (\theta_1^0, \dots, \theta_m^0)$ é o vetor de parâmetros. Dadas as estimativas das datas das quebras $(\hat{T}_1^z, \dots, \hat{T}_m^z)$, é possível construir a partição diagonal $\hat{Z} = \text{diag}(\hat{Z}_1, \dots, \hat{Z}_m)$ com $\hat{Z}_l = (z_{\hat{T}_{l-1}^z+1}, \dots, z_{\hat{T}_l^z})'$ para $l = 1, \dots, m$. Sendo $\hat{\theta}$ a estimativa de MQO da regressão de X sobre \bar{Z} , pode-se obter $\hat{X} = \hat{Z} \hat{\theta} = \text{diag}(\hat{X}_1, \dots, \hat{X}_{m+1})$, em que $\hat{X}_l = \hat{Z}_l (\hat{Z}_l' \hat{Z}_l)^{-1} \hat{Z}_l' \bar{X}_l$ e $\bar{X}_l = (x_{\hat{T}_{l-1}^z+1}, \dots, x_{\hat{T}_l^z})'$. Posto isso, a regressão de VI da equação estrutural é expressa da seguinte forma:

$$\pi = \bar{X}^* d + \zeta, \quad (19)$$

em que $\bar{X}^* = \text{diag}(\hat{X}_1, \dots, \hat{X}_{b+1})$ e $\hat{X}_i = (\hat{x}_{T_{i-1}+1}, \dots, \hat{x}_{T_i})'$ para $i = 1, \dots, b+1$. O termo de erro é $\zeta = (\zeta_1, \dots, \zeta_T)'$ com $\zeta_t = \zeta_t + \eta_t$, $\eta_t = (x_t' - \hat{x}_t') \delta_j$ para $T_{i-1} + 1 \leq t \leq T_i$. As estimativas das datas das quebras são dadas por:

$$(\hat{T}_1, \dots, \hat{T}_b) = \arg \min_{T_1, \dots, T_b} SSR_T(T_1, \dots, T_b), \quad (20)$$

em que SSR_T é a soma dos quadrados dos resíduos da regressão (19) estimada por MQO e avaliada na (T_1, \dots, T_b) .

Didaticamente, nós implementamos o procedimento de VI por meio dos seguintes passos, conforme listados a seguir.

14. Para melhor conhecimento sobre testes de quebra estrutural considerando mudanças na distribuição marginal dos regressores, ver Hansen (2000).

- 1) Estimamos as formas reduzidas das variáveis endógenas por MQO, encontramos as datas das quebras sequencialmente e utilizamos os testes $\sup F_T$ e $F_T(l+1|l)$ para testar a significância estatística dessas mudanças.
- 2) Se as formas reduzidas não forem estáveis, nós obtemos os valores preditos dos regressores endógenos em cada subamostra delimitada pelas datas das quebras estimadas no passo 1. Caso contrário, os regressores gerados são obtidos considerando a amostra completa.
- 3) Nós estimamos as equações (9) e (11) com os regressores endógenos substituídos pelo regressores gerados no passo 2 e usamos a estatística $\sup F_T$ e $F_T(l+1|l)$ para testar a existência de quebras estruturais nessas equações.

Se uma dada forma reduzida é instável, a mudança na distribuição marginal dos regressores na equação estrutural impede a utilização dos valores críticos apresentados em Bai e Perron (2003b) para os testes $\sup F_T$ e $F_T(l+1|l)$. Nesse caso, nós seguimos Perron e Yamamoto (2015) e utilizamos o método de *bootstrap* com regressores fixados de Hansen (2000). Vale ressaltar ainda que o procedimento de VI descrito anteriormente é eficiente quando comparado ao de Hall, Han e Boldea (2012), porque utiliza toda informação da amostra, conforme destacam Perron e Yamamoto (2014, 2015).¹⁵

4 RESULTADOS

4.1 Descrição dos dados

As especificações (9) e (11) da CPNK são estimadas utilizando dados mensais para o período de março de 2002 a junho de 2015.¹⁶ Embora dados trimestrais sejam comumente utilizados na literatura, nós optamos pela frequência mensal por três motivos.¹⁷ Primeiro, os dados mensais parecem capturar mais adequadamente o conjunto de informações disponíveis às empresas, consumidores e *policymakers*.¹⁸ Como destacado por Christiano e Eichenbaum (1987), as diferenças entre o verdadeiro intervalo de decisão dos agentes e a frequência dos dados podem gerar importantes erros de especificação. Nesse caso, o uso de dados mensais pode minorar

15. O procedimento de Hall, Han e Boldea (2012) consiste em aplicar testes para mudanças nos parâmetros da forma estrutural para todas as subamostras definidas pelas estimativas das datas das quebras nas formas reduzidas.

16. Todas as séries foram obtidas dos *sites* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) e do Banco Central do Brasil (BCB).

17. Outros trabalhos têm estimado a curva de Phillips para o Brasil com dados mensais, a saber: Minella *et al* (2003), Areosa e Medeiros (2007), Areosa, MCaleer e Medeiros (2011), Mendonça, Sachsida e Medrano (2012) e Machado e Portugal (2014).

18. Por exemplo, Bils e Klenow (2004), Nakamura e Steinsson (2008) e Kehoe e Midrigan (2015) usam dados mensais para analisar a frequência de ajuste de preços de várias categorias de bens transacionados nos Estados Unidos. No Brasil, Barros e Matos (2009) usam dados mensais e observam que metade das firmas modifica seus preços em 54,8% dos meses, implicando uma duração mediana de 1,3 meses.

esses potenciais erros de especificação. A segunda razão é que a estimação com dados mensais pode reduzir o viés de agregação temporal do parâmetro de Calvo e, conseqüentemente, da inclinação da CPNK decorrente da estimação do modelo Novo-Keynesiano com frequência trimestral (Kim, 2010). Terceiro, a utilização de dados mensais permite investigar a presença de múltiplas quebras estruturais nas formas reduzidas e na CPNK. Por fim, é importante ressaltar que a análise se inicia em 2002 devido às mudanças metodológicas implantadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no cálculo da taxa de desemprego.

A taxa de inflação (π_t) é a inflação mensal medida pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA).¹⁹ Para a inflação esperada ($E_t\pi_{t+1}$), nós tomamos duas medidas de previsão de inflação presentes no relatório Focus do Banco Central do Brasil (BCB). A primeira medida, denotada por *INFESPMD*, corresponde à média tomada para todos os dias do mês da expectativa da inflação para o mês seguinte. A segunda medida, denotada por *INFESP30*, é a expectativa de inflação no último dia do mês para a inflação do próximo mês. Em ambos os casos, nós utilizamos a mediana das previsões diárias obtidas das instituições financeiras que estão incluídas na pesquisa Focus.

Para a taxa de desemprego (v_t), nós usamos a taxa de desemprego aberto de 30 dias calculado pelo IBGE para as regiões metropolitanas de Recife, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo e Porto Alegre. Essa variável, denotada por *DES* e considerada como uma *proxy* da taxa de desemprego no Brasil, foi sazonalmente ajustada por meio do método X12-Arima.

Seguindo Mazali e Divino (2010) e Mendonça *et al.* (2012), o choque de oferta (Δv_t) é medido pela mudança percentual na taxa de câmbio nominal R\$/US\$ entre os períodos t e $t-3$. A ideia é que uma desvalorização cambial afeta positivamente os preços dos insumos não produzidos (M) e, conseqüentemente, os demais preços da economia. A especificação formal do choque de oferta é dada por:

$$\Delta v_t = 100 \times \ln \left(\frac{(R\$/US\$)_t}{(R\$/US\$)_{t-3}} \right). \quad (21)$$

Com relação à variável custo marginal real (mc_t), duas *proxies* são empregadas. Primeiro, nós consideramos a participação da massa salarial no PIB nominal (CM_t), que corresponde ao total de pessoas ocupadas (e que receberam remuneração) multiplicado pelo rendimento nominal médio do trabalho principal efetivamente

19. O IPCA é calculado pelo IBGE e é o índice de preços utilizado pelo Conselho Monetário Nacional (CMN) como referência para o regime de metas de inflação.

recebido e dividido pela estimativa do PIB nominal mensal feita pelo BCB.²⁰ Essa variável foi sazonalmente ajustada por meio do método X12-Arima. A segunda *proxy* para o custo marginal real é o hiato do produto ($HIATOPROD_t$), mensurado pela diferença percentual entre o índice de produção industrial ajustado sazonalmente e o produto potencial. O produto potencial é uma variável não observável e, por esse motivo, deve ser estimada. Nós obtemos a variável *proxy* para o produto potencial usando o filtro Hodrick-Prescott.²¹

4.2 A CPNK com parâmetros constantes

Inicialmente, nós procuramos analisar a CPNK levando em consideração que os parâmetros dessa equação são constantes. Nós usamos dois procedimentos para estimar as equações: o método de variáveis instrumentais (VI) e o método generalizado dos momentos (MGM). A justificativa para empregarmos esses métodos decorre do problema de endogeneidade, ao qual estamos sujeitos, e dos erros de mensuração decorrentes do uso de *proxies* para as expectativas de inflação e para o custo marginal real. Além disso, as especificações são estimadas com a matriz de covariância robusta à heterocedasticidade e à autocorrelação serial nos resíduos. O conjunto dos instrumentos usados na estimação da equação (9) compreende as defasagens até a segunda ordem da inflação, da taxa de desemprego e da variação cambial e uma defasagem da inflação esperada. Já para a equação (11) utilizamos as defasagens até a segunda ordem da inflação e do custo marginal real e uma defasagem da inflação esperada. Esses instrumentos implicam três e duas restrições de sobreidentificação nos casos das equações (9) e (11), respectivamente. A validade dessas restrições é testada por meio do teste *J* de Hansen (1982). Uma preocupação comum que surge quando utilizamos variáveis instrumentais é verificar se os instrumentos são fracos.²² Para testar a hipótese nula de que os instrumentos são fracos, dois testes são usados: o teste de Cragg-Donald e o de Kleibergen-Paap.^{23, 24}

A tabela 1 apresenta os resultados das estimativas da nova versão da CPNK considerando diferentes *proxies* para a inflação esperada ($INFESPMD$ e $INFESP30$).

20. Os dados sobre pessoal ocupado e rendimento nominal médio são obtidos da Pesquisa Mensal do Emprego (PME,) realizada pelo IBGE, considerando as regiões metropolitanas de Recife, Salvador, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, São Paulo e Porto Alegre.

21. Os testes de raiz unitária ADF, Phillips-Perron e KPSS foram realizados para todas as variáveis e podem ser disponibilizados pelos autores. Os resultados mostraram, em geral, que as séries são estacionárias. Entretanto, como destacado por Hsiao (1997a; 1997b), a inferência com estimadores de variáveis instrumentais permanece válida mesmo na presença de variáveis não estacionárias e não cointegradas.

22. Na presença de instrumentos fracos haveria uma fraca correlação entre os instrumentos e as variáveis endógenas, o que resultaria em estimadores de variáveis instrumentais viesados.

23. Seguindo Stock e Yogo (2005), os instrumentos serão considerados fracos quando o viés do estimador de variáveis instrumentais em relação ao viés do estimador de mínimos quadrados ordinários for maior do que algum valor v (por exemplo, $v = 5\%$).

24. O teste de Kleibergen e Paap (2006) surge como uma alternativa ao teste de Cragg-Donald porque, na presença de heterocedasticidade e autocorrelação nos resíduos, a estatística de Cragg e Donald (1993) não é mais válida.

De início, nós observamos que não é possível rejeitar a hipótese nula de que as restrições de sobreidentificação são satisfeitas. Quanto aos testes de Cragg-Donald e Kleibergen-Paap, os resultados indicam a rejeição da hipótese nula de que os instrumentos são fracos.

TABELA 1
Estimativas da nova versão da CPNK

Variáveis	VI	MGM	VI	MGM
INF ₋₁	0,535*** (0,072)	0,512*** (0,058)	0,414*** (0,056)	0,405*** (0,049)
INFESPMD	0,709*** (0,173)	0,769*** (0,146)	-	-
INFESP30	-	-	0,948*** (0,155)	0,973*** (0,145)
DES	-0,008 (0,007)	-0,011* (0,006)	-0,015** (0,006)	-0,016** (0,006)
Choque	0,008 (0,007)	0,008 (0,006)	0,005 (0,006)	0,005 (0,005)
$d_1 + d_2 = 1$ (p-valor)	4,30 (0,040)	6,95 (0,009)	9,28 (0,003)	10,9 (0,001)
J-statistic - p-valor	0,544	0,544	0,863	0,863
Cragg-Donald F-stat	22,46 [†]	22,46 [†]	18,79 [†]	18,79 [†]
Kleibergen-Paap F-stat	10,34 ^{††}	10,34 ^{††}	10,96 ^{††}	10,96 ^{††}

Elaboração própria dos autores.

Notas: *** Denota significância a 1%, ** a 5%, * a 10%. Os erros-padrão estão entre os parênteses. [†] Indica que o viés relativo do estimador de VI em relação ao estimador MQO é no máximo 5%. ^{††} Indica que o viés relativo do estimador de VI em relação ao estimador MQO é no máximo 10%.

Com relação aos coeficientes estimados, nós observamos que os efeitos da inflação passada e inflação esperada são estatisticamente significantes e apresentam os sinais esperados. Em adição, o componente *forward-looking* possui uma influência maior do que a inflação passada. Esse resultado está em linha com os trabalhos de Areosa, Mcleer e Medeiros (2011), Mendonça, Sachsida e Medrano (2012) e Tristão e Torrent (2015) para o Brasil, e de Galí e Gertler (1999) e Perron e Yamamoto (2015) para a economia americana. No que se refere aos coeficientes estimados para a taxa de desemprego, notamos que o impacto dessa variável é mais relevante quando consideramos as especificações que incluem a expectativa de inflação observada no último dia do mês (*INFESP30*). Nesses casos, conforme ressaltado por Mazali e Divino (2010) e Alves e Correa (2013), a dinâmica do mercado de trabalho tem impacto sobre a inflação na economia brasileira. Quanto ao coeficiente medindo o efeito do choque de oferta sobre a inflação, nós observamos que ele foi positivo, mas estatisticamente insignificante. Por último, pode-se verificar que a hipótese nula de que a soma dos componentes *backward-looking* (d_1) e *forward-looking* (d_2) da inflação é igual a 1 é rejeitada a um nível de significância de 5%. Evidências

desfavoráveis à verticalidade da curva de Phillips também são encontradas em Areosa, MCaleer e Medeiros (2011) e Mendonça, Sachsidá e Medrano (2012).

A tabela 2 apresenta as estimativas para a CPNK híbrida expressa pela equação (11). Nós obtivemos os coeficientes para as especificações, considerando as variáveis *CM* e o *HIATOPROD* como *proxies* para o custo marginal real, e as variáveis *INFESPMD* e a *INFESP30* como *proxies* da inflação esperada. Os resultados dos testes indicam que podemos rejeitar a hipótese nula de que os instrumentos são fracos. Com relação ao teste de sobreidentificação, não podemos rejeitar a hipótese de que as restrições são satisfeitas.

TABELA 2
Estimativas da CPNK híbrida

Variáveis	VI	MGM	VI	MGM	VI	MGM	VI	MGM
INF-1	0,511*** (0,062)	0,500*** (0,059)	0,373*** (0,067)	0,372*** (0,061)	0,545*** (0,076)	0,548*** (0,073)	0,431*** (0,057)	0,441*** (0,055)
INFESPMD	0,980*** (0,236)	1,035*** (0,210)	-	-	0,570*** (0,078)	0,574*** (0,077)	-	-
INFESP30	-	-	1,203*** (0,242)	1,205*** (0,214)	-	-	0,705*** (0,076)	0,705*** (0,076)
CM	0,082 [*] (0,044)	0,088 ^{**} (0,033)	0,102*** (0,033)	0,101*** (0,030)	-	-	-	-
HIATOPROD	-	-	-	-	0,001 (0,005)	-0,001 (0,005)	0,001 (0,005)	-0,001 (0,005)
d ₁ +d ₂ =1 (p-valor)	5,82 (0,017)	8,70 (0,004)	9,65 (0,002)	12,2 (0,001)	5,29 (0,023)	6,19 (0,014)	5,56 (0,020)	6,69 (0,011)
J-statistic - p-valor	0,651	0,247	0,989	0,989	0,482	0,482	0,651	0,651
Cragg-Donald F-stat	22,89 [†]	22,89 [†]	22,18 [†]	22,18 [†]	96,17 [†]	96,17 [†]	77,62 [†]	77,62 [†]
Kleibergen-Paap F-stat	14,09 [†]	14,09 [†]	16,60 [†]	16,60 [†]	93,04 [†]	93,04 [†]	54,77 [†]	54,77 [†]

Elaboração própria dos autores.

Notas: *** Denota significância a 1%, ** a 5%, * a 10%. Os erros-padrão estão entre os parênteses. [†] Indica que o viés relativo do estimador de VI em relação ao estimador MQO é no máximo 5%. ^{††} Indica que o viés relativo do estimador de VI em relação ao estimador MQO é no máximo 10%.

Posto isto, os resultados da tabela 2 mostram que os coeficientes estimados são, em geral, consistentes com a teoria. Para as diferentes especificações, os componentes *backward-looking* e *forward-looking* apresentam-se estatisticamente significantes e em magnitudes mais próximas quando utilizamos a variável hiato do produto. Apesar disso, o efeito da inflação esperada permanece superior ao da inflação passada. As estimativas do coeficiente do custo real unitário do trabalho são positivas e significantes. Por outro lado, as estimativas dos efeitos do hiato do produto não são estatisticamente diferentes de zero. Alguns autores verificam que o hiato do produto não tem sido uma medida significativa na dinâmica inflacionária brasileira, sendo eles: Machado e Portugal (2014), Arruda, Ferreira e Castelar

(2011), Areosa e Medeiros (2007), Schwartzman (2006), Alves e Areosa (2005). Quanto à verticalidade da CPNK, nós rejeitamos a hipótese $H_0 : d_1 + d_2 = 1$ a 5%.

4.3 A CPNK com quebra estrutural

Na subseção anterior, nós analisamos os determinantes da inflação supondo que os coeficientes da CPNK são estáveis ao longo do período em análise. Agora, nós investigamos a presença de quebras estruturais nos parâmetros das equações (9) e (11), considerando as diferentes especificações utilizadas na estimação com parâmetros constantes. Os procedimentos empregados são baseados nos métodos de MQO e VI, proposto por Perron e Yamamoto (2015). Inicialmente, verificamos a estabilidade dos parâmetros nas formas reduzidas como procedimento para a utilização dos testes para quebras estruturais baseados no método de VI.

Na tabela 3 apresentamos os resultados dos testes de quebra estrutural e as estimativas das datas das quebras para a forma reduzida de cada variável endógena das duas especificações da equação (9) – a primeira com *INFESPMD* e a segunda com *INFESP30*. Para todos os testes, nós fixamos o número máximo de quebras em três e usamos um corte de 15% dos dados. Além disso, seguimos Perron e Yamamoto (2015) e utilizamos o método de *bootstrap* com regressores fixados de Hansen (2000). Os resultados dos testes indicam a existência de uma quebra estrutural apenas na forma reduzida do choque de oferta (taxa de câmbio).

TABELA 3
Testes de quebra estrutural para as formas reduzidas da nova versão da CPNK

Especificações	Variável dependente	Sup $F_r(1)$	$F_r(2 1)$	$F_r(3 2)$	Datas das quebras
(I)	INFESPMD	40,59			-
	Choque	30,63**	18,00	-	Mar./2004
	DES	14,32	-	-	-
(II)	INFESP30	35,33	-	-	-
	Choque	31,95**	17,33	-	Abr./2004
	DES	15,25	-	-	-

Elaboração própria dos autores.

Nota:** Denota significância a 5%. O teste foi realizado pelo método de *bootstrap* com regressores fixados de Hansen (2000). O número de replicações *bootstrap* foi igual a 1000.

O passo seguinte é verificar a estabilidade dos parâmetros da nova versão da CPNK. A tabela 4 traz os resultados dos testes de quebra estrutural para os métodos baseados em MQO e VI. O método baseado em MQO não permite rejeitar a hipótese nula de estabilidade dos parâmetros das diferentes especificações da CPNK. Em contraposição, o método baseado em VI aponta a existência de uma quebra estrutural em todas as especificações a um nível de significância de 1%. Por sua vez, não existe nenhuma evidência para a presença de uma segunda

quebra. As estimativas das datas das quebras obtidas pela minimização da soma dos quadrados dos resíduos indicam que os coeficientes da especificação (I) mudaram em setembro de 2004, enquanto que os coeficientes da especificação (II) apresentaram uma alteração em março de 2004.

TABELA 4
Testes para quebra estrutural da nova versão da CPNK

Especificações	$SupF_T(1)$	$F_T(2 1)$	$F_T(3 2)$	Data da quebra
Método baseado em MQO				
(I)	27,31	-	-	-
(II)	25,56	-	-	-
Método baseado em VI				
(I)	59,13***	6,176	-	Set./2004
(II)	58,36***	11,44	-	Mar./2004

Elaboração própria dos autores.

Nota: *** Denota significância a 1%. O teste foi realizado pelo método de *bootstrap* com regressores fixados de Hansen (2000). O número de replicações *bootstrap* foi igual a 1000.

TABELA 5
Estimativas da nova versão da CPNK com quebras estruturais

Variáveis	(I)		(II)	
	Maior/2002-Abr./2009	Out./2004-Jun./2015	Maior/2002-Abr./2004	Abr./2004-Jun./2015
INF ₋₁	0,501*** (0,097)	0,329*** (0,062)	0,282 (0,175)	0,252*** (0,058)
INFESPMD	1,384*** (0,467)	1,158*** (0,150)	-	-
INFESP30	-	-	1,932*** (0,554)	1,168*** (0,117)
DES	-0,044** (0,019)	-0,021*** (0,006)	-0,061*** (0,020)	-0,019*** (0,005)
Choque	0,031*** (0,008)	-0,005** (0,002)	0,026*** (0,009)	-0,005** (0,002)
$d_1 + d_2 = 1$ (p-valor)	5,225 (0,024)	15,37 (0,000)	9,299 (0,002)	20,34 (0,000)

Elaboração própria dos autores.

Nota: *** Denota significância a 1%, ** a 5%. Os erros-padrão estão entre os parênteses.

Após testar a estabilidade dos parâmetros e estimar as datas das quebras, nós estimamos a curva de Phillips para os subperíodos determinados pela data da quebra. Os resultados das estimativas de VI são mostrados na tabela 5. De início, pode-se observar que o efeito da taxa de desemprego sobre a inflação corrente diminuiu após 2004. Em relação ao choque cambial, as estimativas do coeficiente dessa variável são positivas e significativas no primeiro subperíodo. Entretanto, após a data da quebra estrutural, o efeito do choque cambial sobre a inflação

torna-se negativo, indicando que uma desvalorização cambial contribui para reduzir a inflação. Embora contra intuitivo, esse resultado também é verificado por Mendonça, Sachsida e Medrano (2012).

O conjunto dos resultados revela ainda que, após 2004, os efeitos da inflação esperada sobre a inflação corrente têm diminuído. Entretanto, o componente *forward-looking* da inflação é mais importante do que o componente *backward-looking* em ambos os subperíodos. Novamente, não podemos rejeitar a hipótese de que a soma dos coeficientes d_1 e d_2 é igual a 1 a um nível de significância de 5%.

A tabela 6 apresenta os testes de quebra estrutural para as formas reduzidas da CPNK híbrida. Os resultados indicam a presença de duas quebras nos parâmetros das formas reduzidas de *INFESPMD* e *INFESP30* nas especificações (III) e (IV). Posto isso, o passo seguinte é analisar a estabilidade dos parâmetros da CPNK padrão por meio dos métodos baseados em MQO e VI. Conforme mostra a tabela 7, o teste $\text{sup}F_T(1)$ permite rejeitar a hipótese nula de ausência de quebra estrutural apenas nos parâmetros das especificações (V) e (VI) da CPNK estimadas por VI. As datas estimadas para a quebra estrutural indicam uma mudança na dinâmica inflacionária no primeiro semestre de 2004.

TABELA 6
Testes de quebra estrutural para as formas reduzidas da CPNK híbrida

Especificação	Variável dependente	$\text{Sup}F_T(1)$	$F_T(2 1)$	$F_T(3 2)$	Datas das quebras
(III)	INFESPMD	36,00***	16,66*	7,154	Jan./2005; Jul./2013
	CM	3,767	-	-	-
(IV)	INFESP30	27,52**	21,53**	7,429	Abr./2005; Jul./2013
	CM	3,704	-	-	-
(V)	INFESPMD	17,01	-	-	-
	HIATOPROD	9,086	-	-	-
(VI)	INFESP30	16,38	-	-	-
	HIATOPROD	9,325	-	-	-

Elaboração própria dos autores.

Nota: *** Denota significância a 1%, ** a 5%, * a 10%. O teste foi realizado pelo método de *bootstrap* com regressores fixados de Hansen (2000). O número de replicações *bootstrap* foi igual a 1000.

Dados os resultados dos testes de quebra estrutural, nós estimamos as especificações (V) e (VI) considerando uma mudança nos parâmetros a partir das datas estimadas para a quebra. Os parâmetros da CPNK estimados por VI são apresentados na tabela 8. Pode-se observar que as estimativas do coeficiente para o hiato do produto são positivas até o primeiro semestre de 2004, mas não são estatisticamente diferentes de zero no subperíodo mais recente. Em adição, observamos importantes alterações nos componentes *forward-looking* e *backward-looking* da taxa de inflação. Nas duas especificações, nota-se uma importante redução dos

efeitos da inflação esperada sobre a inflação corrente. A magnitude do coeficiente que mensura o impacto da inflação em $t - 1$ é maior no primeiro subperíodo, mas a estimativa é estatisticamente significativa apenas para a especificação (V).

TABELA 7
Testes para quebra estrutural na CPNK padrão

Especificações	Sup $F_T(1)$	$F_T(2 1)$	$F_T(3 2)$	Data da quebra
Método baseado em MQO				
(III)	2,295	-	-	-
(IV)	1,258	-	-	-
(V)	28,58	-	-	-
(VI)	31,43	-	-	-
Método baseado em VI				
(III)	1,417	-	-	-
(IV)	8,916	-	-	-
(V)	17,24*	8,635	-	Jun./2004
(VI)	23,74**	7,755	-	Mar./2004

Elaboração própria dos autores.

Nota: ** Denota significância a 5%, * a 10%. O teste foi realizado pelo método de *bootstrap* com regressores fixados de Hansen (2000). O número de replicações *bootstrap* foi igual a 1000.

TABELA 8
Estimativas da CPNK padrão com quebras estruturais

Variáveis	(V)		(VI)	
	Maior/2002-Jun./2004	Jul./2004-Jun./2015	Maior/2002-Mar./2004	Abr./2004-Jun./2015
INF ₋₁	0,426*** (0,100)	0,343*** (0,064)	0,211 (0,168)	0,258*** (0,063)
INFESPMD	1,037*** (0,317)	0,771*** (0,083)	-	-
INFESP30	-	-	1,356*** (0,462)	0,857*** (0,080)
HIATOPROD	0,114* (0,066)	-0,003 (0,004)	0,132* (0,072)	-0,003 (0,004)
d ₁ +d ₂ =1 (p-valor)	3,483 (0,062)	8,935 (0,003)	3,452 (0,063)	11,85 (0,001)

Elaboração própria dos autores.

Nota: *** Denota significância a 1%, ** a 5%, * a 10%. Os erros-padrão estão entre os parênteses.

4.4 Verificando a robustez dos resultados

Nas estimações da nova versão da CPNK, nós consideramos a variação da taxa de câmbio nominal como *proxy* do choque de oferta. A ideia é que uma depreciação cambial eleva o preço do insumo não produzido (M), afetando positivamente os custos de produção das empresas e, consequentemente, a taxa de inflação. Entretanto, a utilização da taxa

de câmbio para captar os choques de oferta pode não ser adequada em razão dos efeitos diretos dessa variável sobre os preços dos bens importados incluídos no cálculo do IPCA. Diante disso, verificou-se a robustez dos resultados com relação a três *proxies* do choque de oferta, a saber: *i*) a variação logarítmica do Índice de *Commodities* Brasil (deflacionado pelo IPCA) entre t e $t - 3$, denotada por *CHOQUE1*;²⁵ *ii*) a variação logarítmica do índice de preços das *commodities* medido pelo *Commodity Research Bureau* (em reais e deflacionado pelo IPCA) entre t e $t - 3$, denotada por *CHOQUE2*; e *iii*) a variação logarítmica do índice do preço internacional do Petróleo (em reais e deflacionado pelo IPCA) entre t e $t - 3$, denotada por *CHOQUE3*.²⁶ Essas variáveis também são usadas por Alves e Correa (2013) e pelo BCB (ver Relatórios de Inflação de junho de 2011 e junho de 2015) como *proxies* dos choques de oferta.

TABELA 9
Testes de quebra estrutural para as formas reduzidas da nova versão da CPNK

Especificações	Variável dependente	SupF(1)	F _T (2 1)	F _T (3 2)	Datas das quebras
(VII)	INFESPMD	40,35	-	-	-
	CHOQUE1	26,00**	17,40	-	Maio/2004
	DES	14,68	-	-	-
(VIII)	INFESP30	35,90	-	-	-
	CHOQUE1	25,07'	16,08	-	Maio/2004
	DES	15,83	-	-	-
(IX)	INFESPMD	41,37'	29,71***	31,25***	Mar./2004; Mar./2006; Ago./2010
	CHOQUE2	23,29'	17,18	-	2004; 2005
	DES	13,79	-	-	-
(X)	INFESP30	34,66'	12,68	-	Nov./2009
	CHOQUE2	22,32'	16,10	-	Maio/2004
	DES	14,30	-	-	-
(XI)	INFESPMD	42,42'	24,10**	35,53***	Mar./2004; Mar./2006; Nov./2009
	CHOQUE3	16,82	-	-	-
	DES	20,90	-	-	-
(XII)	INFESP30	36,03'	17,15	-	Nov./2011
	CHOQUE3	15,64	-	-	-
	DES	20,35	-	-	-

Elaboração própria dos autores.

Nota: ***) Denota significância a 1%, **) a 5%, *) a 10%. O teste foi realizado pelo método de *bootstrap* com regressores fixados de Hansen (2000). O número de replicações *bootstrap* foi igual a 1000.

25. Como destacado no Relatório de Inflação do BCB de dezembro de 2011, o Índice de *Commodities* Brasil (IC-Br) procura captar a parcela das variações nos preços internacionais das *commodities*, que é relevante para explicar a inflação brasileira (BCB, 2011).

26. A utilização de variações nos preços das *commodities* para identificar choques de oferta também é passível de críticas porque essas mudanças podem conter elementos que afetam tanto a oferta como a demanda agregada da economia.

A tabela 9 apresenta os testes de quebra estrutural para as formas reduzidas da nova versão da CPNK, considerando as diferentes medidas do choque de oferta. Nós constatamos a presença de uma quebra estrutural nas formas reduzidas para os preços das *commodities* (*CHOQUE1* e *CHOQUE2*), mas não encontramos quebra estrutural na forma reduzida do choque de oferta medido pela variação do preço do petróleo (*CHOQUE3*). Em geral, os resultados também apontam para a instabilidade da forma reduzida da inflação esperada.

Os testes para quebras estruturais nos parâmetros da CPNK são apresentados na tabela 10. Mais uma vez, apenas os resultados obtidos pelo método baseado em VI indicam a presença de uma quebra estrutural ocorrendo entre os meses de março e setembro de 2004. Para a especificação (XI), que considera a inflação esperada *INFESPMP* e o choque de oferta medido pela variação do preço petróleo, as evidências apontam para a estabilidade dos parâmetros ao longo do período analisado.

TABELA 10
Testes para quebra estrutural da nova versão da CPNK

Especificações	Sup $F_T(1)$	$F_T(2 1)$	$F_T(3 2)$	Datas das quebras
Método baseado em MQO				
(VII)	10,94	-	-	-
(VIII)	10,92	-	-	-
(IX)	12,67	-	-	-
(X)	12,84	-	-	-
(XI)	7,574	-	-	-
(XII)	6,634	-	-	-
Método baseado em VI				
(VII)	24,32**	7,310	-	Set./2004
(VIII)	25,88**	8,281	-	Mar./2004
(IX)	21,51*	6,254	-	Mar./2004
(X)	24,98**	7,848	-	Mar./2004
(XI)	19,95	-	-	-
(XII)	27,57**	6,643	-	Abr./2004

Elaboração própria dos autores.

Nota: ** Denota significância a 5%, * a 10%. O teste foi realizado pelo método de *bootstrap* com regressores fixados de Hansen (2000). O número de replicações *bootstrap* foi igual a 1000.

A tabela 11 apresenta as estimativas dos parâmetros da CPNK para os subperíodos delimitados pelas datas das quebras estruturais. Tal como foi observado na seção 4.3 os resultados indicam uma redução nos efeitos da inflação esperada e da taxa de desemprego sobre a inflação corrente. É possível observar também que os efeitos dos choques de oferta foram menores no subperíodo mais recente. Por fim, a hipótese de verticalidade da curva de Phillips é rejeitada a um nível de significância de 10%.

TABELA 11
Estimativas da nova versão CPNK com quebras estruturais

Variáveis	Mai/2002- Set./2004	Abr./2004- Jun./2015	Mai/2002- Mar./2004	Abr./2004- jun./2015	Mai/2002- Mar./2004	Abr./2004- Jun./2015	Mai/2002- Mar./2004	Abr./2004- jun./2015	Mai/2002- Abr./2004	Mai/2004- Jun./2015
INF ₁	0,547*** (0,114)	0,337*** (0,059)	0,364** (0,171)	0,257*** (0,059)	0,346 (0,210)	0,463*** (0,049)	0,089 (0,241)	0,380*** (0,055)	-0,002 (0,283)	0,359*** (0,054)
INFESPMD	1,458*** (0,470)	1,036*** (0,131)	-	-	3,003* (1,552)	0,759*** (0,097)	-	-	-	-
INFESP30	-	-	1,786*** (0,536)	1,080*** (0,112)	-	-	2,718*** (0,801)	0,863*** (0,090)	2,811*** (0,973)	0,927*** (0,092)
DES	-0,054*** (0,018)	-0,015** (0,007)	-0,063*** (0,020)	-0,014** (0,005)	-0,124* (0,068)	-0,008 (0,005)	-0,087*** (0,028)	-0,010** (0,004)	-0,081*** (0,031)	-0,013*** (0,004)
CHOQUE1	0,026*** (0,007)	0,006* (0,003)	0,020** (0,008)	0,005* (0,003)	-	-	-	-	-	-
CHOQUE2	-	-	-	-	0,041** (0,018)	0,003 (0,004)	0,022*** (0,008)	0,005 (0,004)	-	-
CHOQUE3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,017** (0,008)	0,002* (0,001)
d ₁ +d ₂ =1 (p-valor)	7,09 (0,008)	10,4 (0,001)	8,78 (0,003)	13,7 (0,000)	2,99 (0,084)	5,93 (0,015)	9,73 (0,002)	12,2 (0,001)	6,60 (0,010)	14,4 (0,000)

Elaboração própria dos autores.

Nota: *** denota significância a 1%, ** a 5%, * a 10%. Os erros-padrão estão entre os parênteses.

4.5 Discussão dos resultados

Em geral, o presente estudo apresenta evidências empíricas de uma mudança estrutural nos parâmetros da CPNK no ano de 2004. Essa mudança está relacionada a três características da curva de Phillips: a importância do coeficiente *forward-looking* da taxa de inflação, a inclinação dessa equação e os efeitos dos choques de oferta.

Com relação ao termo *forward-looking*, os resultados apontaram para uma diminuição dos efeitos da inflação esperada sobre a inflação corrente. Isso pode estar associado a dois fatores. O primeiro é a redução na *trend inflation* medida pela meta de inflação.²⁷ Entre 2003 e 2006, a meta para a inflação brasileira caiu de 8,5% para 4,5%, permanecendo inalterada a partir desse último ano. De acordo com Ascari (2004), Ascari e Ropele (2007) e Ascari e Sbordone (2014), uma menor *trend inflation* faz as empresas reduzirem o peso dado à inflação esperada no processo de reajuste de preços.

A redução dos efeitos das expectativas de inflação também pode estar associada a possíveis mudanças na condução da política monetária brasileira. Por exemplo, Moreira, Souza e Junior (2013) encontram que a administração do BCB por Alexandre Tombini é mais tolerante à inflação do que as administrações de Armínio Fraga e Henrique Meirelles. Aragon e Medeiros (2015) estimam

27. É importante ressaltar que as especificações da CPNK tratadas neste trabalho têm a limitação de desconsiderar uma *trend inflation* positiva e variante no tempo.

uma função de reação com parâmetros variando no tempo e observam uma tendência decrescente para a resposta da taxa Selic ao hiato da inflação esperada a partir de 2003. Além disso, no período de 2010 a 2014, a taxa de inflação anual medida pela IPCA permaneceu acima da meta de inflação, sugerindo uma perda de credibilidade da política monetária. O conjunto desses fatores pode ter afetado o comportamento das firmas que ajustam seus preços, tornando-as menos sensíveis às expectativas de inflação.

Além do termo *forward-looking*, os resultados mostraram que a CPNK se tornou menos inclinada após a data estimada para a quebra estrutural. Esse resultado, também observado por Tombini e Alves (2006) e Machado e Portugal (2014), tem importantes implicações para a condução da política monetária. Por um lado, ele indica que uma política monetária expansionista pode alcançar um menor desemprego (ou maior hiato do produto) com menos pressão sobre a inflação. Por outro lado, uma vez que a inflação esteja estabelecida, o declínio da inclinação da curva de Phillips indica que a diminuição da inflação se torna mais custosa.

A redução da inclinação da curva de Phillips é um fenômeno observado em várias economias.²⁸ Diante disso, a literatura tem apontado diferentes razões para explicar essa constatação. Por exemplo, Ball, Mankiw e Romer. (1988) argumentam que uma inflação mais baixa e estável pode reduzir a frequência dos ajustamentos de preços e, conseqüentemente, tornar a curva de Phillips menos inclinada. Shirota (2015) mostra que uma redução na *trend inflation* diminui a inclinação da curva de Phillips quando as firmas se defrontam com uma curva de demanda quebrada.²⁹ IMF (2006), Borio e Filardo (2007) e Çiçek (2012) mostram que a diminuição da inclinação da curva de Phillips pode ser atribuída à globalização.³⁰ O argumento é que o aumento do comércio exterior e a abertura do mercado de trabalho reduzem os efeitos das flutuações na produção doméstica sobre os custos marginais domésticos e, conseqüentemente, sobre a inflação. Por último, a inspeção da equação (3) mostra que um aumento da persistência dos salários (medido por γ) reduz a resposta da inflação à taxa de desemprego. No caso específico da economia brasileira, a alteração na regra de reajuste do salário-mínimo, estabelecida pela Lei nº 12.382, de 25 de fevereiro de 2011, pode ter elevado a indexação e persistência dos salários e, conseqüentemente, contribuído para a queda na inclinação da nova versão da CPNK.

28. Por exemplo, Roberts (2006) apresenta evidências de uma redução no *trade-off* entre inflação e produto para os Estados Unidos. Borio e Filardo (2007) observam que essa diminuição também ocorreu em outras economias desenvolvidas. Kuttner e Robinson (2010) encontram reduções na inclinação da curva de Phillips estimada para Austrália e Estados Unidos.

29. Quando as firmas se deparam com uma curva de demanda com elasticidade de substituição constante (CES), a redução na *trend inflation* torna a curva de Phillips mais inclinada. Esse resultado também é observado em Ascari (2004), Ascari e Ropele (2007) e Ascari e Sbordone (2014).

30. Para uma análise teórica sobre os efeitos da globalização sobre a CPNK, ver Razin e Binyamini (2007), Sbordone (2008), Benigno e Faia (2010) e Guilloux-Nefussi (2015).

Em relação aos choques de oferta, os resultados para a CPNK proposta por Blanchard e Galí (2007) apontaram para uma redução nos efeitos inflacionários desses choques após 2004. É importante ressaltar que a diminuição da importância dos choques de oferta na dinâmica da inflação facilita a estabilização da economia pela política monetária, uma vez que esses choques criam uma correlação negativa entre inflação e produto.

Por fim, nós observamos que a hipótese de verticalidade da curva de Phillips foi rejeitada a 10% de significância em todos os subperíodos considerados. Além disso, a soma das estimativas dos coeficientes *backward-* e *forward-looking* da inflação foi sempre maior do que 1. Isso sugere que, no longo prazo, há uma relação positiva entre inflação e desemprego, isto é, uma inflação permanentemente mais alta (baixa) é acompanhada de uma maior (menor) taxa de desemprego.³¹

A relação positiva entre inflação e desemprego no longo prazo não é um fato novo. Ao comparar as taxas médias de inflação e desemprego por quinquênio para sete economias desenvolvidas, Friedman (1977) encontra evidências em favor de uma curva de Phillips positivamente inclinada. Ele argumenta que isso pode ocorrer como um fenômeno de transição que desaparece quando os agentes econômicos ajustam suas expectativas e seus arranjos institucionais e políticos a uma nova realidade econômica caracterizada por uma diferente taxa média de inflação. Russell e Banerjee (2008) mostram que a curva de Phillips de longo prazo estimada para os Estados Unidos apresenta uma inclinação positiva. De acordo com esses autores, uma possível explicação para isso é que uma inflação elevada induza a um menor *markup* sobre os custos unitários e, conseqüentemente, a um maior desemprego.³² Para explicar a relação positiva entre inflação e desemprego, Berentsen, Menzio e Wright (2011) constroem um modelo teórico que combina aspectos da teoria de *search* de Mortensen e Pissarides (1994) com o modelo para o mercado de bens proposto por Lagos e Wright (2005). Berentsen, Menzio e Wright (2011) mostram que, no estado estacionário, uma taxa de inflação alta eleva o custo de manter moeda e faz os agentes economizarem saldos reais. Isso reduz o comércio e os lucros e aumenta o desemprego.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho propôs analisar os determinantes da inflação no Brasil por meio da estimação de duas versões da curva de Phillips: a nova versão da CPNK proposta por Blanchard e Galí (2007) e a CPNK híbrida apresentada por Galí e Gertler (1999).

31. No caso da CPNK padrão, os resultados sugerem uma relação negativa entre inflação e hiato do produto apenas no primeiro subperíodo, visto que a estimativa do coeficiente relacionado a essa última variável não foi significativa após a data da quebra.

32. Outras evidências empíricas sobre a relação positiva entre inflação e desemprego nos Estados Unidos podem ser encontradas em Berentsen, Menzio e Wright (2011), Russell e Chowdhury (2013) e Haug e King (2014).

Nós verificamos a estabilidade dos parâmetros da CPNK por meio da realização de testes para múltiplas quebras estruturais ocorrendo em datas desconhecidas *a priori*. Devido à endogeneidade dos regressores, utilizou-se a metodologia desenvolvida por Perron e Yamamoto (2015). O procedimento baseou-se na estimação do modelo por MQO e VI, o que possibilitou estimar as datas das quebras estruturais e realizar os testes para verificar se essas quebras foram estatisticamente significativas.

De início, nós estimamos as duas versões da CPNK com os parâmetros mantidos constantes. Em ambos os modelos, observamos a dominância do componente *forward-looking* da inflação. Na nova versão da CPNK, os resultados também revelaram a importância da taxa de desemprego como determinante da inflação. Por sua vez, as mudanças na taxa de câmbio não tiveram efeitos significativos sobre a inflação corrente. Para a CPNK padrão, os coeficientes do custo real unitário do trabalho e do hiato do produto apresentaram os sinais esperados. Entretanto, apenas os efeitos do custo real unitário foram estatisticamente significantes.

Quando os testes para quebras estruturais foram realizados, constatou-se a presença de uma mudança estrutural nos coeficientes da CPNK ocorrendo entre os meses de março e setembro de 2004. Nós verificamos que os efeitos da inflação esperada, da taxa de desemprego e dos choques de oferta sobre a inflação corrente foram reduzidos após a data da quebra. Com relação à *proxy* do custo marginal real, nós observamos que o efeito do hiato do produto sobre a inflação corrente foi significativo no primeiro subperíodo, mas insignificante depois de 2004. Por último, os resultados rejeitaram a hipótese de verticalidade da curva de Phillips no longo prazo.

A redução da inclinação da curva de Phillips e dos efeitos inflacionários do componente *forward-looking* e dos choques de oferta têm importantes implicações para modelagem teórica e análise dos efeitos de políticas econômicas. Assim, um próximo passo para essa pesquisa é verificar se mudanças na *trend inflation* na condução da política monetária e no grau de indexação dos salários explicam as alterações nos coeficientes da CPNK estimada para o Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. A. L.; AREOSA, W. D. **Targets and inflation dynamics**. Central Bank of Brazil, 2005. (Working Paper Series, n. 100).
- ALVES, S. A. L.; CORREIA, S. **Um conto de três hiatos: desemprego, utilização da capacidade instalada da indústria e produto**. Banco Central do Brasil, 2013. (Trabalhos para Discussão, n. 339).

ARAGON, E. K. S. B.; PORTUGAL, M. S. Nonlinearities in Central Bank of Brazil's reaction function: the case of asymmetric preferences. **Estudos Econômicos**, v. 40, n. 2, p. 373-399, 2010.

ARAGON, E. K. S. B.; MEDEIROS, G. B. Testing asymmetries in central bank preferences in a small open economy: a study for Brazil. **EconomiA**, v. 14, n. 2, p. 61-76, 2013.

ARAGON, E. K. da S. B.; MEDEIROS, G. B. Monetary policy in Brazil: evidence of a reaction function with time-varying parameters and endogenous regressors. **Empirical Economics**, v. 48, n. 2, p. 557-575, 2015.

AREOSA, W. D.; MCALEER, M.; MEDEIROS, M. Moment-based estimation of smooth transition regression models with endogenous variables. **Journal of Econometrics**, v. 165, n. 1, p. 100-111, 2011.

AREOSA, W. D.; MEDEIROS, M. Inflation dynamics in Brazil: the case of a small open economy. **Brazilian Review of Econometrics**, v. 27, n. 1, p. 131-166, 2007.

ARRUDA, E. F.; FERREIRA, R. T.; CASTELAR, I. Modelos lineares e não lineares da curva de Phillips para previsão da taxa de inflação no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 65, n. 3, p. 237-252, 2011.

ASCARI, G. Staggered prices and trend inflation: some nuisances. **Review of Economic Dynamics**, v. 7, n. 3, p. 642-667, 2004.

ASCARI, G.; ROPELE, T. Optimal monetary policy under low trend inflation. **Journal of Monetary Economics**, v. 54, n. 8, p. 2568-2583, 2007.

ASCARI, G.; SBORDONE, A. The macroeconomics of trend inflation. **Journal of Economic Literature**, v. 52, n. 3, p. 679-739, 2014.

BAI, J.; PERRON, P. Estimating and testing linear models with multiple structural changes. **Econometrica**, v. 66, n. 1, p. 47-78, 1998.

_____. Computation and analysis of multiple structural change models. **Journal of Applied Econometrics**, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2003a.

_____. **Critical values for multiple structural change tests**. Unpublished Tables, Department of Economics, Boston University, 2003b.

BALL, L. M.; MANKIW, N. G.; ROMER, D. The New Keynesian economics and the output-inflation trade-off. **Brookings Papers on Economic Activity**, v. 1, p. 1-65, 1988.

BARROS, R.; MATOS, S. Comportamento dos preços no Brasil: evidências utilizando microdados de preços ao consumidor. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 39, n. 3, p. 341-364, 2009.

BCB – BANCO CENTRAL DO BRASIL. Modelos de projeção: atualização e aperfeiçoamentos. **Relatório de Inflação**, jun. 2011.

_____. Revisão dos Modelos de Projeção de Pequeno Porte – 2015. **Relatório de Inflação**, jun. 2015.

BENIGNO, P.; FAIA, E. **Globalization, pass-through and inflation dynamic**. National Bureau of Economic Research, 2010. (NBER Working Paper Series, n. 15842).

BERENTSEN, A.; MENZIO, G.; WRIGHT, R. Inflation and unemployment in the long run. **American Economic Review**, v. 101, n. 1, p. 371-398, 2011.

BILS, M.; KLENOW, P. Some evidence on the importance of sticky prices. **Journal of Political Economy**, v. 112, n. 5, p. 947-985, 2004.

BLANCHARD, O. E.; GALÍ, J. Real wage rigidities and the New Keynesian model. **Journal of Money, Credit and Banking**, v. 39, n. 1, p. 35-66, 2007.

BOLDEA, O.; HALL, A. R.; HAN, S. Asymptotic Distribution Theory for Break Point Estimators in Models Estimated via 2SLS. **Econometric Reviews**, v. 31, n. 1, p. 1-33, 2012.

BORIO, C.; FILARDO, A. **Globalisation and inflation: new cross-country evidence on the global determinants of domestic inflation**. Bank for International Settlements, 2007. (Working Paper, n. 227).

CALVO, G. Staggered prices in a utility-maximizing framework. **Journal of Monetary Economics**, v. 12, n. 3, p. 383-398, 1983.

CARVALHO, P. V. C. **A curva de Phillips Novo-Keynesiana é Não-Linear? Evidências de países com metas de inflação**. 2010. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CHRISTIANO, L. J.; EICHENBAUM, M. Temporal aggregation and structural inference in macroeconomics. **Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy**, v. 26, p. 63-130, 1987.

CHRISTIANO, L. J.; EICHENBAUM, M.; EVANS, C. Nominal rigidities and the dynamic effects of a shock to monetary policy. **Journal of Political Economy**, v. 113, n. 1, p. 1-45, 2005.

CHRISTOFFEL, K.; LINZERT, T. **The role of real wage rigidities and labor market frictions for unemployment and inflation dynamics**. Deutsche Bundesbank, 2006. (Discussion Paper, 11/2006).

ÇIÇEK, S. Globalization and flattening of Phillips curve in Turkey between 1987 and 2007. **Economic Modelling**, v. 29, n. 5, p. 1655-1661, 2012.

CRAGG, J. G.; DONALD, S. G. Testing identifiability and specification in instrumental variables models. **Econometric Theory**, v. 9, n. 2, p. 222-240, 1993.

COGLEY, T.; SBORDONE A. M. **Trend inflation and inflation persistence in the New Keynesian Phillips curve**. Federal Reserve Bank of New York, 2006. (Staff Report, n. 270).

CORREA, A. S.; MINELLA A. Nonlinear mechanisms of the exchange rate pass-through: a Phillips curve model with threshold for Brazil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 64, n. 3, p. 231-243, 2010.

FASOLO, A. M.; PORTUGAL, M. S. Imperfect rationality and inflationary inertia: a new estimation of the Phillips curve for Brazil. **Estudos Econômicos**, v. 34, n. 4, p. 725-776, 2004.

FRIEDMAN, M. The role of monetary policy. **American Economic Review**, v. 58, n. 1, p. 1-17, 1968.

_____. Nobel lecture: inflation and unemployment. **The Journal of Political Economy**, v. 85, n. 3, p. 451-472, 1977.

GALÍ, J. The return of the wage Phillips curve. **Journal of the European Economic Association**, v. 9, n. 3, p. 436-461, 2011.

GALÍ, J.; GERTLER, M. Inflation dynamics: a structural econometric analysis. **Journal of Monetary Economics**, v. 44, n. 2, p. 195-222, 1999.

GERTLER, M.; SALA, L.; TRIGARI, A. An estimated monetary DSGE model with unemployment and staggered nominal wage bargaining. **Journal of Money, Credit and Banking**, v. 40, n. 8, p. 1713-1764, 2008.

GUILLOUX-NEFUSSI, S. **Globalization, market structure and the flattening of the Phillips curve**. Banque de France, 2015. (Documents de Travail, n. 539).

HALL, A.R.; HAN, S.; BOLDEA, O. Inference regarding multiple structural changes in linear models with endogenous regressors. **Journal of Econometrics**, v. 170, n. 2, p. 281-302, 2012.

HANSEN, L. P. Large sample properties of generalized method of moments estimators. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 1029-1054, 1982.

HANSEN, B. E. Testing for structural change in conditional models. **Journal of Econometrics**, v. 97, n. 1, p. 93-115, 2000.

HAUG, A. A.; KING, I. In the long run, US unemployment follows inflation like a faithful dog. **Journal of Macroeconomics**, v. 41, p. 42-52, 2014.

HSIAO, C. Cointegration and dynamic simultaneous equations models. **Econometrica**, v. 65, n. 3, p. 647-670, 1997a.

_____. Statistical properties of the two-stage last squares estimator under cointegration. **The Review of Economic Studies**, v. 64, n. 3, p. 385-398, 1997b.

IMF – INTERNATIONAL MONETARY FUND. **How has globalization affected inflation?** World Economic Outlook, Chapter III, April, 2006.

KEHOE, P.; MIDRIGAN, V. Prices are sticky after all. **Journal of Monetary Economics**, v. 75, p. 35-53, 2015.

KIM, T. B. **Temporal aggregation bias and mixed frequency estimation of New Keynesian model**. Duke University: Mimeo, 2010.

KLEIBERGEN, F.; PAAP, R. Generalized reduced rank tests using the singular value decomposition. **Journal of Econometrics**, v. 127, n. 1, p. 97-126, 2006.

KRAUSE, M.; LOPEZ-SALIDO, D.; LUBIK, T. Inflation dynamics with search frictions: a structural econometric analysis. **Journal of Monetary Economics**, v. 55, n. 5, p. 892-916, 2008.

KUTTNER, K.; ROBINSON, T. Understanding the flattening Phillips curve. **North American Journal of Economics and Finance**, v. 21, n. 2, p. 110-125, 2010.

LAGOS, R.; WRIGHT, R. A unified framework for monetary theory and policy analysis. **Journal of Political Economy**, v. 113, n. 3, p. 463-484, 2005.

LIMA, E. C. R. The Nairu, unemployment and the rate of inflation in Brazil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 57, n. 4, p. 899-930, 2003.

LIPSEY, R. G. The relation between unemployment and the rate of change of money wage rates in the United Kingdom, 1862-1957: a further analysis. **Economica**, v. 27, p. 1-31, 1960.

MACHADO, V. G.; PORTUGAL, M. S. Phillips curve in Brazil: an unobserved components approach. **Estudos Econômicos**, v. 44, n. 4, p. 787-814, 2014.

MANKIW, N. G.; REIS, R. Sticky information versus sticky prices: a proposal to replace the New Keynesian Phillips curve. **Quarterly Journal of Economics**, v. 117, n. 4, p. 1295-1328, 2002.

MAZALI, A. A.; DIVINO, J. A. Real wage rigidity and the new Phillips curve: the Brazilian case. **Revista Brasileira de Economia**, v. 64, n. 3, p. 291-306, 2010.

MENDONÇA, M. J. C.; SACHSIDA, A.; MEDRANO, L. Inflação *versus* desemprego: novas evidências para o Brasil. **Economia Aplicada**, v. 16, n. 3, p. 475-500, 2012.

MINELLA, A. *et al.* Inflation targeting in Brazil: constructing credibility under exchange rate volatility. **Journal of International Money and Finance**, v. 22, n. 7, p. 1015-1040, 2003.

MOREIRA, T. B. S.; SOUZA, G. S.; JUNIOR, R. E. An evaluation of the tolerant to higher inflation rate in the short run by the Brazilian Central Bank in the period 2001-2012. **Revista Brasileira de Economia**, v. 67, n. 4, p. 485-500, 2013.

MORTENSEN, D. T.; PISSARIDES, C. A. Job creation and job destruction in the theory of unemployment. **Review of Economic Studies**, v. 61, n. 3, p. 397-415, 1994.

MUINHOS, M. K. Inflation targeting in an open financially integrated emerging economy: the case of Brazil. **Estudos Econômicos**, v. 34, n. 2, p. 269-296, 2004.

NAKAMURA, E.; STEINSSON, J. Five facts about prices: a reevaluation of menu cost

models. **Quarterly Journal of Economics**, v. 123, n. 4, p. 141-1464, 2008.

PERRON, P. Dealing with structural breaks, in Palgrave. *In*: HASSANI, H.; MILLS, T. C.; PATTERSON, K. (Eds.). **Handbook of Econometrics**, v. 1: Econometric Theory, New York, 2006.

PERRON, P.; YAMAMOTO, Y. A note on estimating and testing for multiple structural changes in models with endogenous regressors via 2SLS. **Econometric Theory**, v. 30, n. 2, p. 491-507, 2014.

_____. Using OLS to estimate and test for structural changes in models with endogenous regressors. **Journal of Applied Econometrics**, v. 30, n. 1, p. 119-144, 2015.

PORTUGAL, M. S.; MADALOZZO, R. C.; HILLBRECHT, R. O. Inflation, unemployment and monetary policy in Brazil. *In*: Encontro Brasileiro de Econometria, 21., 1999, Belém, Pará. **Anais...** Belém: SBE, 1999.

PHELPS, E. S. Money-wage dynamics and labor market equilibrium. **Journal of Political Economy**, v. 76, p. 678-711, 1968.

PHILLIPS, A. W. The relationship between unemployment and the rate of change of money wages in the United Kingdom 1861-1957. **Economica**, v. 25, n. 100, p. 283-299, 1958.

RAZIN, A.; BINYAMINI, A. Flattened inflation-output tradeoff and enhanced anti-inflation policy: outcome of globalization? **National Bureau of Economic Research**, 2007. (NBER Working Paper Series, n. 13280).

ROBERTS, J. M. New Keynesian economics and the Phillips curve. **Journal of Money, Credit, and Banking**, v. 23, n. 4, p. 975-984, 1995.

ROBERTS, J. M. Monetary policy and inflation dynamics. **International Journal of Central Banking**, v. 2, n. 3, p. 193-230, 2006.

RUSSELL, B.; BANERJEE, A. The long-run Phillips curve and non-stationary inflation. **Journal of Macroeconomics**, v. 30, n. 4, p. 1792-1815, 2008.

RUSSELL, B.; CHOWDHURY, R. A. Estimating United States Phillips curves with expectations consistent with the statistical process of inflation. **Journal of Macroeconomics**, v. 35, p. 24-38, 2013.

SAMUELSON, P. A.; SOLOW, R. M. Analytical aspects of anti-inflation policy. **American Economic Review**, v. 50, n. 2, p. 177-194, 1960.

SBORDONE, A. **Globalization and inflation dynamics**: the impact of increased competition. Federal Reserve Bank of New York, 2008. (Staff Report, n. 324)

SCHWARTZMAN, F. F. Estimativa de curva de Phillips para o Brasil com preços desagregados. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 1, p. 137-155, 2006.

SHIROTA, T. Flattening of the Phillips curve under low trend inflation. **Economics Letters**, v. 132, p. 87-90, 2015.

STOCK, J. H.; YOGO, M. Testing for weak instruments in linear IV regression. *In*: ANDREWS, D.W.; STOCK, J. H. (Eds.). **Identification and inference for econometric models**: Essays in honor of Thomas Rothenberg. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

TOMBINI, A. A.; ALVES, S. A. L. **The recent Brazilian disinflation process and costs**. Central Bank of Brazil, 2006. (Working Paper Series, n. 109).

TRISTÃO, T. S.; TORRENT, H. S. Relações não lineares na curva de Phillips: uma abordagem semi-paramétrica. **Economia Aplicada**, v. 19, n. 4, p. 679-703, 2015.

ZHANG, G.; OSBORN, D. R.; KIM, D. H. The New Keynesian Phillips curve: from sticky inflation to sticky prices. **Journal of Money, Credit and Banking**, v. 40, n. 4, p. 667-699, 2008.

WOODFORD, M. **Interest and prices**: foundations of a theory of monetary policy. Princeton: Princeton University Press. 2003.

O IMPACTO DA PARCERIA TRANSATLÂNTICA DE COMÉRCIO E INVESTIMENTO (TTIP) PARA A ECONOMIA BRASILEIRA¹

Mygre Lopes da Silva²

Daniel Arruda Coronel³

Rodrigo Abbade da Silva⁴

O objetivo deste trabalho é verificar o impacto da criação de uma área de livre comércio entre Estados Unidos e União Europeia (UE), *Transatlantic Trade and Investment Partnership* (TTIP), na economia brasileira, mais especificamente nas cinco macrorregiões. Para tal, utilizou-se o Modelo de Equilíbrio Geral (GtapinGams), com base em dados do Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira (Paeg). Nesse sentido, estimaram-se dois cenários, o primeiro com a eliminação das tarifas de importação entre UE e Estados Unidos e o segundo com a abordagem sobre a liberalização total de comércio. No primeiro cenário, os impactos econômicos nas regiões brasileiras foram, na sua maioria, negativos, prejudicando principalmente os setores de vestuário, calçados e indústria têxtil. No segundo cenário, o setor agrícola brasileiro produtor e exportador é positivamente influenciado. Contudo, o setor de vestuário e calçados e manufaturados foi o que obteve maiores perdas de eficiência.

Palavras-chave: integração regional; TTIP; economia brasileira.

THE IMPACT OF TRANSATLANTIC TRADE AND INVESTMENT PARTNERSHIP (TTIP) ON THE BRAZILIAN ECONOMY

The objective of this study is to assess the impact of the creation of a free trade area between the United States and the European Union (EU), i.e. *Transatlantic Trade and Investment Partnership* (TTIP) on the Brazilian economy, specifically in the five macro-regions. To this end, the General Equilibrium (GtapinGams) model was used from the database of the General Equilibrium Analysis Project of the Brazilian Economy (Paeg). In this sense, two scenarios were estimated; the first with the elimination of import tariffs between the EU and the USA, and the second approaches the full liberalization of trade. In the first scenario, the economic impacts in the Brazilian regions were mostly negative, undermining mainly the sectors of clothing, footwear and the textile industry. In the second scenario, both the Brazilian agricultural export and producer sector are positively influenced. However, the clothing, footwear and manufactured sector were the ones that had higher efficiency losses.

Keywords: regional integration; TTIP; Brazilian economy.

JEL: F02; C68.

1. Os autores agradecem o apoio recebido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande Do Sul (Fapergs) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

2. Doutoranda do programa de pós-graduação em administração (PPGA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (Capes). *E-mail:* <mygrelopes@gmail.com>.

3. Professor adjunto do PPGA-UFSM, diretor da Editora UFSM e bolsista de produtividade do (CNPq). *E-mail:* <daniel.coronel@uol.com.br>. *Homepage:* <www.daniel.coronel.com.br>.

4. Mestrando do PPGA-UFSM e bolsista da Capes. *E-mail:* <abbaders@gmail.com>.

1 INTRODUÇÃO

O comércio internacional é marcado por diversas formas de proteção pelos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Desde a Rodada Uruguaí, organizada pelo *General Agreement on Tariffs and Trade* (GATT), agora denominado de Organização Mundial do Comércio (OMC), as barreiras comerciais têm sido reduzidas por parte dos países-membros dessa organização. O multilateralismo baseia-se no princípio da não discriminação comercial. Apesar disso, essas medidas de proteção comercial ainda são elevadas (Gurgel, 2006).

Contudo, como alternativa ao sistema multilateral de comércio proposto pela OMC, a integração econômica desenvolve medidas para eliminar as barreiras existentes entre as diferentes economias nacionais (Balassa, 1962), por meio da supressão de alguns dos itens de discriminação entre os países-membros. Tem-se a manutenção da discriminação em relação ao resto do mundo em vários aspectos e a limitação do uso unilateral de determinadas medidas de política comercial entre os pertencentes aos acordos. Esse sistema pode ser denominado como regionalismo, o qual se baseia em preferências comerciais (Robson, 1985).

É possível verificar que a integração econômica internacional pode vir a promover a intensificação dos fluxos de comércio, ganhos de eficiência, bem como resultar no maior nível de desenvolvimento econômico entre as regiões. Apesar do aspecto econômico, pode-se atrelar essa questão a fatores políticos, tais como ocorreram entre Estados Unidos e a Europa com a Agenda Transatlântica, em 1990.

Essa agenda buscou uma relação de cooperação entre Estados Unidos e União Europeia, uma vez que esta passou por mudanças políticas que se desdobram no centro e na Europa Oriental, bem como pelas tensões causadas pela Guerra Fria (Hamilton; Burwell, 2010).

Na Cúpula de Madri, em 1995, a “Nova Agenda Transatlântica” trouxe melhorias nas relações entre União Europeia e Estados Unidos da América. A possível formação de uma parceria entre as duas principais economias do período, por meio da Parceria Transatlântica de Comércio e Investimento (*Transatlantic Trade and Investment Partnership* – TTIP), poderia indicar o enfraquecimento do sistema multilateral de comércio, com bases na recente OMC, criada em 1993 (Ries, 2009).

A forte intensidade do comércio bilateral, a interdependência dos fluxos de investimento e a semelhança quanto à dotação de fatores dos Estados Unidos e da UE são questões importantes quando se aborda a formação de uma área de livre comércio (Siebert; Langhammer; Piazzolo, 1996). A possível efetivação do tratado transatlântico abrange maior volume de capital, tecnologias, cultura, poder político econômico em termos mundiais. O acordo em questão pode mudar a rota de crescimento econômico que havia se deslocado para os países asiáticos. Por isso,

a importância das discussões e estudos sobre a TTIP, visto que a mesma provocará grandes mudanças na estrutura mundial de comércio internacional.

Tem-se a perspectiva de que, com a consolidação deste bloco, se crie um oligopólio do comércio mundial, uma vez que ambas as regiões são grandes potências comerciais e, juntas, representam 31,9% e 25,9% das importações e exportações mundiais, em 2011, respectivamente (Europa, 2014). Desde 1960, o bloco europeu representa aproximadamente 34% da riqueza produzida no mundo, pouco superior à participação norte-americana, de 27% no produto interno bruto (PIB) global (Miyazaky; Santos, 2013).

A consolidação da parceria, que detém mais de 60% da renda mundial, pode acarretar consequências significativas nas barreiras comerciais, as quais permitem alterações nos preços mundiais dos produtos, bem como em mudanças nas quantidades ofertadas e demandadas pelos demais países. A formação do bloco que reúne as maiores economias mundiais pode ter reflexo em outros países, principalmente os emergentes, os quais concentram o dinamismo de suas economias no comércio internacional, como o Brasil, por exemplo.

Para a economia brasileira, acredita-se que o setor exportador agrícola pode ser afetado significativamente com a formação do bloco, visto que as regiões europeia e norte-americana foram o primeiro e terceiro maiores mercados de destino das exportações agrícolas brasileiras, em 2012, perdendo somente para a China. Nesse mesmo período, a União Europeia foi a maior importadora mundial de produtos agropecuários, em que o Brasil obteve participação de 11,9% do valor total importado (Brasil, 2013a). Além disso, os Estados Unidos, a União Europeia e o Brasil são os três maiores exportadores mundiais do agronegócio, podendo ocorrer forte concorrência no comércio internacional de produtos agrícolas. O setor agrícola é o indutor de crescimento da economia brasileira, além de ser o responsável pelo equilíbrio no saldo da balança comercial. De 1994 a 2013, a participação do PIB do agronegócio no PIB total foi aproximadamente de 25,27% (Cepea, 2014). As exportações brasileiras de manufaturados e semimanufaturados para os participantes do TTIP representaram 32% e 38%, respectivamente, em 2011 (Brasil, 2013b).

O setor não agrícola compõe a grande maioria das importações brasileiras oriundas dos mercados norte-americano e europeu, principalmente para os produtos manufaturados e semimanufaturados (Brasil, 2013a). Em 2011, 13% e 6,6% das importações brasileiras de semimanufaturados eram originados da União Europeia e dos Estados Unidos. As importações de manufaturados da UE e dos Estados Unidos representavam 24% e 17% (Brasil, 2014). Dessa forma, nota-se a importância da União Europeia e dos Estados Unidos nos fluxos de comércio brasileiro agrícola para as exportações e de produtos manufaturados e semimanufaturados para as importações.

É necessária a redefinição dos interesses nacionais a partir da possível transformação da economia mundial e o aprimoramento dos mecanismos de governança global (Nakano, 1994; Hamilton e Burwell, 2010). Para tal, faz-se necessária a investigação dos impactos da efetivação da TTIP para a economia brasileira, visando à formulação de políticas econômicas, no contexto internacional, e de estratégias empresariais, por meio da identificação de setores e regiões que serão mais afetadas.

Seguindo essa temática, este trabalho busca responder à seguinte questão: Qual o impacto da formação da *Transatlantic Trade and Investment Partnership* (TTIP) para a economia brasileira?

Esta pesquisa tem como aspecto inovador, o fato de analisar os impactos da formação do TTIP, para todos os setores da economia brasileira, além de analisar, detalhadamente, as cinco macrorregiões brasileiras separadamente, aspecto que contribui com a literatura encontrada para a economia brasileira, tais como Thorstensen e Ferraz (2014a) e De Lima, Gonçalves e Teixeira (2014).

O artigo está estruturado em seis seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção, *Teoria da integração econômica*, faz-se uma revisão teórica sobre a teoria da integração econômica; na terceira seção, *TTIP: uma revisão de literatura*, encontram-se os principais estudos sobre o bloco; na quarta seção, *Modelo analítico*, são apresentados os procedimentos metodológicos; na quinta seção, *Análise e discussão dos resultados*, os resultados obtidos são analisados e discutidos; e, na seção 6, são apresentadas algumas considerações finais.

2 TEORIA DA INTEGRAÇÃO ECONÔMICA

Durante meados do século XX e o início do XXI a economia mundial tem vivido um processo acelerado de internacionalização e globalização. A ampliação dos fluxos de comércio e investimento internacionais se dá devido ao clima econômico favorável e reorganização geográfica da produção pelas empresas. Dessa forma, os acordos comerciais e de integração econômica podem vir a proteger as economias, principalmente dos países em desenvolvimento, contra a concorrência global (García; Grigonyte; Oliver, 2015).

A liberalização do comércio preferencial tornou-se uma das principais características do sistema de comércio global a partir da metade do século XX, devido à dificuldade da liberalização multilateral do comércio. Com isso, a primeira onda de regionalismo foi desencadeada por um grupo de países da Europa Ocidental, com o Tratado de Roma de 1957, que estabelece a união aduaneira, a qual evoluiu para a União Europeia (Ciešlik; Hagemeyer, 2011).

Nesse sentido, um acordo de integração regional é caracterizado por uma política comercial discriminatória para determinadas regiões, onde além de reduzir e/ou eliminar

as tarifas sobre o comércio intrabloco, busca-se abranger as barreiras não tarifárias, a liberalização de investimentos e a construção compartilhada das instituições do executivo, legislativo e judiciário (Baldwin e Venables, 2004; Schiff e Winters, 2003).

Assim, a expansão do número de acordos comerciais pode ser explicada por alguns objetivos implícitos, tais como conferir credibilidade aos investidores; o acesso a determinados mercados; a abertura dos mercados visando ao aumento da concorrência, acesso a tecnologias e aos investimentos estrangeiros; a manutenção da soberania de países pequenos; a ajuda aos países vizinhos para estabilizar e prosperar suas economias, para evitar efeitos de transbordamento da agitação da população; receio de ser excluído do regionalismo. Além disso, a nova onda de regionalismo ocorreu devido ao colapso da hegemonia soviética, em que os países pertencentes ao antigo bloco buscaram formas de consolidar e acelerar a transição para o sistema democrático e capitalista, bem como pelo entendimento de que a abertura comercial era necessária para o desenvolvimento dos países e relativamente com menores custos quando comparada à liberalização total (Schiff e Winters, 2003).

Os acordos de integração regional podem ser distinguidos em quatro tipos, os quais são a área preferencial de comércio, a área de livre comércio, a união aduaneira e o mercado comum. A área preferencial de comércio consiste em reduzir as tarifas comerciais de determinados bens e/ou serviços entre os países membros. A área de livre comércio é formada pela remoção de tarifas comerciais entre os países membros, sem alterar as tarifas sobre as importações de países não membros. A união aduaneira apresenta remoção de tarifas comerciais entre os países membros, porém com a existência de uma Tarifa Externa Comum (TEC) para os países não pertencentes ao bloco. O mercado comum destaca-se pela livre circulação de bens, serviços e fatores produtivos (Baldwin e Venables, 2004; Panagariya, 2000).

O acordo de integração regional apresenta três tipos de efeitos econômicos: alocação, acumulação e localização. O efeito de alocação traz os impactos da alocação dos recursos no bem-estar dos países integrantes, por meio de uma análise estática. A partir de um acordo de integração regional, pode-se provocar mudanças nos retornos dos investimentos, por meio do capital físico, humano ou do conhecimento, o que leva a um aumento da acumulação. O efeito localização trata da repartição espacial dos recursos em países pertencentes ao bloco. Em ambientes de concorrência imperfeita e retornos crescentes de escala, tem-se que as empresas tomam decisões no que diz respeito à localização, ampliando-se as diferenças de preços dos fatores, e nos níveis de renda, entre os diferentes países pertencentes ao acordo (Baldwin e Venables, 2004).

A literatura teórica não oferece previsões claras sobre a eficácia das várias formas de liberalização comercial preferencial. Tem-se que o acordo comercial multilateral deva ser mais eficaz do que um acordo de comércio bilateral. Em um acordo bilateral, as negociações comerciais estão sujeitas a *lobbies* de grupos de interesse, os quais buscam por proteção comercial. Porém, esses acordos são mais fáceis de negociar, pois apresentam menos parceiros envolvidos nas negociações (Cieslik e Hagemeyer, 2011).

De acordo com Scheve e Slaughter (2001), a economia política da política comercial aborda que as preferências dos indivíduos têm um papel central nas decisões da política comercial. Nesse sentido, além da abundância de determinados fatores produtivos e dos preços relativos influenciarem as preferências individuais no que diz respeito à abertura comercial, de acordo com os teoremas de Heckscher-Ohlin, Ricardo-Viner e Stolper-Samuelson, as posses desses agentes também impactam a política comercial, como, por exemplo, a habitação. Dessa forma, as regiões com maior concentração de atividades de setores com desvantagem comparativa são mais vulneráveis aos choques de habitação.

Assim, as decisões sobre grau de abertura e integração comercial são explicadas pelas necessidades políticas nacionais, pelas preferências dos indivíduos, onde a formação de coalizões, *lobby*, ou eleições exercem influência nos rumos do comércio de determinada região. Deve-se ressaltar que as preferências dos indivíduos estão estreitamente ligadas ao seu nível de satisfação da utilidade (Panagariya, 2000; Schiff e Winters, 2003).

Mais do que mecanismos puramente comerciais, a integração europeia, por exemplo, foi ditada pela economia política, devido as suas características institucionais estabelecidas pelo Tratado de Roma. A pluralidade de acordos bilaterais e as circunstâncias irreproduzíveis das duas guerras mundiais tornaram possível a criação de órgãos supranacionais do bloco em detrimento de parte da soberania nacional. A extensão geográfica da integração econômica, neste caso, é explicada pelo efeito dominó, em que cada sucessiva integração influencia os países não participantes a unirem-se ao bloco econômico. Nesse sentido, a integração regional mudará as forças de economia política em cada país, de forma a facilitar e a aprofundar ainda mais esse processo (Baldwin, 2005).

Cabe ressaltar que esses acordos promovem a concorrência econômica e a credibilidade aos países pertencentes; fortalecem a política, pois reforçam a segurança e soberania nacional; ampliam a cooperação regional, e não apenas a comercial. Porém deve-se ressaltar alguns detalhes, como o fato de que os acordos formados entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, Norte-Sul, são preferíveis aos acordos entre países em desenvolvimento, Sul-Sul, pois países de renda elevada são mais propensos a gerar ganhos econômicos significativos do que os países com menor nível de renda (Schiff e Winters, 2003).

De acordo com Panagariya (2000), apesar serem amplas as discussões relacionadas ao debate entre regionalismo e multilateralismo, pode-se ressaltar um consenso teórico. A proliferação de acordos comerciais pode levar a uma confusão de tarifas dos bens em relação a sua origem, aos vários graus de discriminação dos produtos pelos países, às restrições comerciais impostas pelos demais integrantes de cada bloco no qual o país pertence. De acordo com essa perspectiva, a melhor solução seria acelerar a liberalização comercial, com a eliminação de tarifas.

3 TTIP: UMA REVISÃO DE LITERATURA

A União Europeia foi o mais importante parceiro comercial dos Estados Unidos até 1992, bem como este da UE. A ampliação do poder de compra norte-americano deu-se em função da entrada de capitais na década de 1980. Tornaram-se atrativas as exportações europeias para os Estados Unidos. Contudo, o posterior distanciamento entre os dois blocos está relacionado a questões políticas e econômicas, uma vez que os Estados Unidos se aproximaram dos países da América com a criação do Tratado norte-americano de livre comércio (North American Free Trade Agreement – Nafta), enquanto a União Europeia focou suas atenções nos países do leste europeu (Donges, Freytag e Zimmermann, 1997).

Atualmente, o comércio internacional (exportações e importações) da União Europeia é mais intenso, principalmente com os países pertencentes ao próprio bloco (Brasil, 2013b). Os principais parceiros comerciais dos Estados Unidos são os países pertencentes ao Nafta, o Canadá, o México e as principais economias asiáticas e europeias. Entre as últimas, citam-se a Alemanha, o Reino Unido, a França e a Holanda (Uncomtrade, 2013).

Contudo, algumas dificuldades setoriais surgem diante da questão agrícola no TTIP, como, por exemplo, o apoio doméstico à agricultura, por meio da Política Agrícola Comum (PAC) da União Europeia e a *Farm Bill* dos Estados Unidos, sendo essas questões parcialmente responsáveis pelo distanciamento entre os dois blocos (Donges, Freytag e Zimmermann, 1997).

A consolidação dessa parceria, que detém mais de 60% da renda mundial, pode acarretar consequências significativas nas barreiras comerciais, pois permitem alterações nos preços mundiais dos produtos, bem como mudanças nas quantidades ofertadas e demandadas pelos demais países. Dessa forma, observa-se que as economias norte-americanas e europeias estão fortemente ligadas, o que sugere, então, maior discussão acadêmica acerca de as suas relações comerciais. Além disso, ressalta-se que as tarifas de importação entre Estados Unidos e UE estão em patamar relativamente baixo, o que levaria mais facilmente à formação de uma área de livre comércio, que tivesse como proposta a eliminação das barreiras de importação (Songfeng; Yaxiong; Bo, 2014).

TABELA 1
Síntese de estudos da TTIP

Objetivos e autores	Metodologia	Resultados
Analisar os efeitos macroeconômicos do TTIP entre a União Europeia e os Estados Unidos (Felbermayr, Heid e Lehwald, 2013).	Modelo de Equilíbrio Geral Computável, estimando dois cenários. O primeiro cenário com eliminação de tarifas no comércio transatlântico, e o segundo, de liberalização total de comércio entre essas regiões, incluindo a quantificação das barreiras não tarifárias (BNTs).	O comércio intra União Europeia, o comércio alemão e o norte-americano com os BRICS e as relações comerciais da União Europeia com o norte da África e com a Europa Oriental seriam decrescentes. A consolidação do TTIP levaria à criação de comércio entre os integrantes do acordo, mas também a desvio de comércio com os países não pertencentes. No cenário de tarifas, os efeitos são pequenos; com a liberalização global, eles são visivelmente maiores.
Apresentar recomendações gerais para a estrutura da agenda do TTIP levando em consideração os acordos realizados pelos Estados Unidos e União Europeia com a Coreia do Sul (Schott e Cimino, 2013).	Análise da literatura	A agenda do TTIP deve alinhar amplamente seus respectivos acordos com a Coreia. Além disso, o TTIP deve aprofundar o acesso aos mercados, abrangendo questões de direitos de propriedade intelectual, medidas sanitárias e fitossanitárias, disposições ambientais e trabalhistas, serviços, investimentos, compras governamentais, política de concorrência e subsídios no setor aéreo.
Analisar o impacto do TTIP na economia dos BRICS (Songfeng, Yaxiong e Bo, 2014).	Modelo de Equilíbrio Geral computável, mais especificamente o <i>Global Trade Analysis Project</i> , GTAP-GVC, que considera a cadeia de valor global. ¹ O cenário estimado aplica a redução de barreiras tarifárias, 99%, e as não tarifárias, com redução de 40%.	Para os BRICS, o TTIP provocaria o desvio de comércio e o efeito de transbordamento. Para a Rússia, Índia, África do Sul e China, o efeito de desvio de comércio seria maior do que o efeito de transbordamento. Por sua vez, para o Brasil, o efeito é inverso. Há a intensificação das relações comerciais bilaterais entre os BRICS em resposta ao efeito de desvio de comércio do TTIP. A liberalização do comércio entre a UE e os Estados Unidos teria um impacto positivo no comércio e na economia mundiais, por meio de um efeito de transbordamento positivo. Ressalta-se a importância das BNTs para a efetivação do TTIP.
Investigar o impacto da TTIP na economia do Reino Unido (Centre for Economic Policy Research, 2013).	Modelo de Equilíbrio Geral Computável. Aplicou-se quatro cenários diferentes, com eliminação total das tarifas de importação e diferentes combinações de redução das BNTs, para diferentes setores da economia do Reino Unido.	Para o Reino Unido, a renda nacional, as exportações e as importações crescem. O setor mais beneficiado é o de veículos. Para o país, o acordo é importante principalmente no que se refere à redução das BNTs.
Analisar o impacto da formação do TTIP sobre o agronegócio brasileiro (De Lima, Gonçalves e Teixeira, 2014).	Modelo de Equilíbrio Geral Computável, especificamente por meio do Projeto de Análise de Equilíbrio Geral para a Economia Brasileira (Paeg), a partir de um cenário de eliminação das barreiras tarifárias entre Estados Unidos e UE.	Há um aumento de bem-estar nos Estados Unidos e na UE, a partir da formação do TTIP. Para a economia brasileira, verificou-se uma redução do bem-estar e do PIB do agronegócio. As exportações do agronegócio reduziram-se. Apenas o setor de soja e o da indústria de oleaginosas apresentaram uma resposta positiva na produção e no comércio internacional. Os impactos do referido acordo para o agronegócio brasileiro são pequenos.
Analisar os impactos do TTIP para a economia brasileira (Thorstensen e Ferraz, 2014a).	Modelo de Equilíbrio Geral Computável, considerando dois cenários. O primeiro cenário apontou para uma liberalização completa das tarifas entre Estados Unidos e UE e o segundo acrescentou uma eliminação de 50% das BNTs.	Há uma redução das exportações e importações brasileiras para os Estados Unidos e para a UE. Para o setor agrícola, pequenas perdas são verificadas para a maioria dos setores, principalmente para os produtos e preparados de carne, café e de produtos animais. O único setor a apresentar melhora relevante é o de trigo. O setor industrial beneficiar-se-ia de pequenos ganhos para uma série de setores. O setor mais beneficiado foi o de produtos de madeira, enquanto os setores mais prejudicados seriam os de equipamento de transporte, couro e minerais não metálicos. Os impactos da formação da TTIP são mais acentuados quando se inclui a liberalização das BNTs.
Analisar os principais impactos do TTIP e da <i>Trans-Pacific Partnership</i> (TPP) para as economias BRICS e apresentar as principais ações que estes devem promover para garantir o seu lugar no cenário do comércio internacional (Thorstensen; Ferraz, 2014b).	Modelo de Equilíbrio Geral Computável, considerando dois cenários. O primeiro cenário apontou para uma liberalização completa das tarifas e o segundo acrescentou uma eliminação de 50% das BNTs.	Os mega-acordos afetarão negativamente as economias BRICS, com maior intensidade no segundo cenário. A formação destes acordos intensificará o comércio entre os países integrantes e ocasionará desvio de comércio com os BRICS.

Elaboração dos autores.

Nota: O GTAP-GVC parte do pressuposto de que um produtor decide não só quanto à importação de um bem, mas também decide sobre o país de origem das importações. Além disso, o modelo usa dados com o cenário econômico de 2007, mas faz projeções para o cenário de 2027, dez anos após a efetivação do acordo, prevista para 2017.

Com esse intuito, várias pesquisas estão sendo desenvolvidas para identificar os efeitos da TTIP em diversas regiões do mundo. Cita-se aqui Felbermayr, Heid e Lehwald (2013), Schott e Cimino (2013), Songfeng, Yaxiong e Bo (2014), Centre for Economic Policy Research (2013), De Lima, Gonçalves e Teixeira (2014), Thorstensen e Ferraz (2014a) e Thorstensen e Ferraz (2014b), os quais discutiram a respeito da formação do TTIP, sob diferentes prismas. A tabela 1 aborda uma revisão das principais pesquisas sobre o TTIP.

De forma geral, pode-se ressaltar que os impactos da formação do TTIP são maiores na medida em que há redução ou eliminação das barreiras não tarifárias em relação às barreiras tarifárias.

4 MODELO ANALÍTICO

4.1 O modelo GtapinGams

O modelo *Global Trade Analysis Project* (GTAP), criado em 1992, originou-se a partir de um programa de pesquisa com o objetivo de fornecer à comunidade científica uma base de dados e uma ferramenta para uso em análises quantitativas de comércio internacional (Gurgel, 2007). O modelo GtapinGams, o qual será utilizado nesta pesquisa, foi desenvolvido a partir do GTAP, sendo elaborado como um problema de complementariedade não linear, em linguagem de programação *General Algebraic Modeling System* (GAMS) (Broocke, 1998).

Define-se um Modelo de Equilíbrio Geral (MEG) como uma representação numérica das condições de equilíbrio de uma economia, formada por agentes econômicos, famílias, empresas e governos, representados por equações comportamentais (Fochezatto, 2005), bem como pelos fluxos comerciais e proteções ao comércio para os países participantes dos acordos, além da aplicação de mudanças em variáveis de política comercial (Gurgel, 2007). Considera-se a hipótese de que o comportamento dos agentes econômicos seja otimizante nos diversos mercados, nos quais se ajustam a oferta e a demanda de bens e serviços (Coronel, 2013).

Os MEGs são ferramentas importantes para a análise econômica que envolve uma interdependência setorial. Esses modelos permitem verificar impactos de políticas econômicas, por meio de simulações e de análise dos efeitos líquidos dessas relações, dados que esboçam o funcionamento da economia nos mercados de bens, serviços e de fatores de produção (Sadoulet; De Janvry, 1995). Suas principais aplicações estão na análise de temas relacionados ao comércio internacional, à distribuição de renda, aos choques externos, às políticas tributárias e fiscais e à escolha de estratégias de desenvolvimento. Uma vantagem desses modelos, portanto, é que eles conectam os aspectos microeconômicos com os macroeconômicos pela modelização do comportamento dos agentes (Fochezatto, 2005).

das famílias ($vdpm_{ir}$), investimento ($vdim_{ir}$) e consumo do governo ($vdgm_{ir}$). No modelo GtapinGams, a equação identidade para produção doméstica é dada por:

$$vom_{ir} = \sum_s vxmd_{irs} + vst_{ir} + \sum_j vdfm_{ijr} + vdpm_{ir} + vdgm_{ir} + vdim_{ir}. \quad (1)$$

Os bens importados são dados pela demanda intermediária agregada importada ($vifm_{ijr}$), consumo público ($vigm_{ir}$), consumo privado ($vipm_{ir}$) e pela incidência de tarifa (vim_{ir}), conforme a equação 2 (Rutherford, 2005).

$$vim_{ir} = \sum_j vifm_{ijr} + vipm_{ir} + vigm_{ir}. \quad (2)$$

Os insumos para a produção de Y_{ir} são formados pelos insumos intermediários (domésticos e importados) e fatores de produção móveis (vfm_{ir} , $f \in m$) e fatores lentos de produção (vfr_{fir} , $f \in s$). O equilíbrio no mercado de fatores é dado por uma identidade contábil, equação 3, que relaciona o valor dos pagamentos dos fatores com a renda total do fator ($evom_{fr}$).

$$\sum_f vfm_{fir} = evom_{fr}. \quad (3)$$

As condições de liberalização no mercado internacional necessitam que as exportações do bem i para a região r (vxm_{ir}) sejam iguais à soma das importações do mesmo bem por todos os parceiros comerciais ($vxml_{irs}$), de acordo com a equação 4.

$$vxm_{ir} = \sum_s vxmd_{irs}. \quad (4)$$

Analogamente, as condições de equilíbrio aplicam-se aos serviços de transporte internacional, em que a oferta agregada do serviço de transporte j , é idêntica à soma das vendas de transporte internacional de todos os produtos, em todas as regiões, o que mostra a equação 5.

$$vt_j = \sum_r vst_{jr}. \quad (5)$$

A balança comercial por serviço de transporte j (vt_j) é igual à soma de todos os fluxos de comércio bilateral de serviço oferecido, conforme a equação 6.

$$vt_j = \sum_r vtwr_{jrs}. \quad (6)$$

Na figura 1, tem-se que as receitas dos impostos são dadas pelas linhas tracejadas intituladas por R. Os fluxos contêm impostos indiretos na produção e exportação (R_{ir}^Y), no consumo (R_r^C), na demanda do governo (R_r^G) e nas importações (R_{ir}^M), sendo que a renda do governo também inclui impostos diretos incidentes sobre o agente representativo, representados por R_r^{HH} , bem como transferências do exterior, vb_r , em que a restrição do governo é representada por:

$$vgm_r = \sum_i R_{ir}^Y + R_r^C + R_r^G + \sum_i R_{ir}^M + R_r^{HH} + vb_r. \quad (7)$$

A restrição orçamentária das famílias requer que a renda dos fatores, descontado o pagamento de taxas, seja igual ao dispêndio com consumo somado ao investimento privado, como pode ser visualizado na equação 8.

$$\sum_j evom_{fr} - R_r^{HH} = vpm_r + vim_r. \quad (8)$$

Foram considerados dois tipos de condições de consistência, quais sejam, oferta igual à demanda para todos os bens e fatores e renda balanceada (renda líquida = dispêndios líquidos). O terceiro conjunto envolve algumas operações de lucros para todos os setores da economia. Na base do modelo GTAP, a função de produção está definida sob competição perfeita com retornos constantes à escala. Assim, tem-se que os custos com insumos intermediários e fatores de produção são iguais ao valor da produção, o que implica lucros econômicos iguais a zero. Esse pressuposto aplica-se a cada um dos setores (Rutherford, 2005), de acordo com as equações 9 a 15.

$$Yir: \sum_j vfm_{jir} + \sum_j (vifm_{jir} + vifm_{jir}) + R_{ir}^Y = vom_{ir}. \quad (9)$$

$$Mir: \sum_S (vxmd_{isr} + \sum_j vtwr_{jsr}) + R_{ir}^M = vim_{ir}. \quad (10)$$

$$Cr: \sum_i (vdpm_{ir} + vipm_{ir}) + R_{ir}^C = vpm_r. \quad (11)$$

$$Gr: \sum_i (vdgm_{ir} + vigm_{ir}) + R_{ir}^G = vgm_r. \quad (12)$$

$$I_r: \sum_i vdim_{ir} = vim_r. \quad (13)$$

$$FTfr: evom_{fr} = \sum_i vfm_{fr} \quad f \in S. \quad (14)$$

$$YTj: \sum_r vst_{jr} = vt_j = \sum_{irs} vtwr_{jirs}. \quad (15)$$

4.2 A formulação do modelo inicial

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam de maneira analítica os níveis de atividade, os preços relativos de bens e fatores e os impostos, tarifas e subsídios do modelo GtapinGams. Na tabela 2, definem-se as variáveis do modelo inicial, em níveis de atividades que caracterizam o equilíbrio. Destaca-se que o modelo determina valores para todas as variáveis, exceto para o fluxo internacional de capitais, o qual pode ser determinado, endogenamente, somente em modelos intertemporais (Rutherford, 2005).

TABELA 2
Variáveis de atividades que definem o equilíbrio do modelo GtapinGams

Parâmetro	Descrição
C_r	Demanda do consumo agregado
G_r	Demanda publica agregada
Y_{ir}	Produção
M_{ir}	Importações agregadas
FT_{fr}	Transformações de fatores
YT_j	Serviços de transporte internacional

Fonte: Rutherford (2005).

A tabela 3 apresenta os preços relativos de bens e fatores no modelo inicial. As condições de equilíbrio determinam as taxas relativas dos preços nominais.

TABELA 3
Preços relativos de bens e fatores no equilíbrio inicial do GtapinGams

Símbolo	Descrição	Parâmetro
p_r^C	Índice de preço ao consumidor	pcr
p_r^G	Índice de preço dos gastos públicos	pgr
p_{ir}^Y	Preço de oferta, bruto de impostos indiretos a produção	$pyir$
p_{ir}^M	Preço das importações, bruto de impostos a exportação e tarifas	$pmir$
p_j^T	Custo marginal de serviços de transportes	ptj
p_{ir}^F	Preço do fator trabalho, terra e recursos naturais	$pfir$
p_{ir}^S	Preço do fator primário no setor	$psfir$

Fonte: Rutherford (2005).

Ainda nessa perspectiva, a tabela 4 apresenta os impostos, os subsídios e as tarifas que incidem no equilíbrio inicial, com seus respectivos símbolos e parâmetros na notação como será utilizada na estimação no Gams.

As identidades do equilíbrio inicial apresentadas anteriormente indicam equilíbrio de mercado, lucro zero e condições de equilíbrio de renda, as quais definem o modelo Gtap (Rutherford, 2005).

TABELA 4
Impostos, tarifas e subsídios do equilíbrio inicial do GtapinGams

Descrição		Símbolo	Parâmetro GAMS
Alíquota de imposto sobre os produtos		t_{ir}^D	rto(i,r)
Alíquota de imposto sobre os fatores		t_{jr}^f	rtf (f, j, r)
Alíquota de imposto sobre os insumos intermediários	Doméstica	t_{jr}^{fd}	rtfd (i, j, r)
	Importada	t_{jr}^{fi}	rtfi (i,j,r)
Alíquota de imposto sobre o consumo	Doméstica	t_{ir}^{pd}	rtpd(i, r)
	Importada	t_{ir}^{pi}	rtpi(i,r)
Alíquota de imposto sobre os gastos públicos	Doméstica	t_{ir}^{gd}	rtgd(i,r)
	Importada	t_{ir}^{gi}	rtgi(i,r)
Subsídios à exportação		t_{sr}^{xs}	rtxs (i, s, r)
Tarifas à importação		t_{sr}^{ms}	rtms (i, s, r)

Fonte: Rutherford (2005).

A condição de maximização de lucro do GtapinGams ocorre por meio de retornos constantes à escala, minimização de custos, bem como sujeito à restrição tecnológica. Para o setor Y_{ir} , caracteriza-se a escolha de insumos por meio da escolha do processo de minimização do custo unitário, da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}
 & \text{mim } c_{ir}^D + c_{ir}^M + c_{ir}^F \\
 & \quad \text{d}fm, \text{d}dfm, \text{d}fm, \\
 & \text{sujeito a: } c_{ir}^D = \sum_j pY_{jr} (1 + t_{jr}^{fd}) \text{d}dfm_{jr} \\
 & c_{ir}^M = \sum_i pm_{jr} (1 + t_{jr}^{fi}) \text{d}ifm_{jr} \\
 & c_{ir}^F = \sum_j (p\frac{f_{jr}}{j \in m} + ps_{jr} \frac{j \in s}{j \in s}) (1 + t_{jr}^f) \text{d}fm_{jr} \\
 & F_{ir} (\text{d}dfm, \text{d}ifm, \text{d}fm) = Y_{ir}.
 \end{aligned} \tag{16}$$

A função de produção operada na restrição do problema de minimização de custos (equação 16) pode ser definida por uma função de Elasticidade de Substituição Constante (CES). A fonte específica das receitas dos impostos consiste de impostos

sobre o produto, insumos intermediários e fatores demandados, incidindo como alíquotas *ad-valorem* básicas (Rutherford, 2005).

4.3 Avaliação de mudanças no nível de bem-estar

Neste trabalho, para avaliar os ganhos de bem-estar advindos da formação do TTIP, ou seja, dos cenários analisados, utiliza-se a medida de variação equivalente. Essa medida tem sido adotada em trabalhos de equilíbrio geral com o objetivo de mensurar os ganhos de bem-estar, bem como possibilita indicar o aumento na utilidade dos consumidores domésticos em termos de aumento do consumo (Varian, 1992). A representação da variação equivalente do bem-estar pode ser expressa da seguinte forma:

$$VE = \frac{(U^F - U^0)}{U^0} C^0, \quad (17)$$

em que: VE representa a variação equivalente; U^F , nível de utilidade final; U^0 representação do nível de utilidade inicial; e C^0 representação do consumo do agente privado no equilíbrio inicial.

4.4 Fechamento macroeconômico e retornos de escala

O fechamento utilizado trata do “novo equilíbrio geral multirregional” (New MRGE), em que produção, preços e renda são endógenos para todas as regiões, enquanto a população e as variáveis de mudança técnica e de políticas são exógenas ao modelo. Esse fechamento é apropriado para se captar a substituição na produção e consumo entre os setores devido às medidas adotadas pela formação do TTIP. A chamada “composição fixa regional” é adotada em todas as simulações, assumindo-se que a composição regional do estoque mundial de capital permanece inalterada ($\text{rordelta} = 0$).⁶

O modelo considera que a oferta total de cada fator de produção não se altere, mas tais fatores são móveis entre setores dentro de uma região. O fator terra é específico aos setores agropecuários, enquanto recursos naturais são específicos a alguns setores. Como exemplo, podem-se citar os de extração de recursos minerais e os de energia. O modelo parte do pressuposto de ausência de desemprego, e, dessa forma, os preços dos fatores são flexíveis (Coronel *et al.*, 2011).

Pelo lado da demanda, investimentos e fluxos de capitais são mantidos fixos, bem como o saldo do balanço de pagamentos. Assim sendo, mudanças na taxa real de câmbio devem ocorrer para acomodar alterações nos fluxos de exportações e importações após os choques. O consumo do governo poderá alterar-se com

6. Rordelta é um coeficiente binário que determina o mecanismo de alocação dos investimentos entre as regiões, assumindo o valor de 0 (composição regional fixa) e de 1 (componente da taxa de retorno).

mudanças nos preços dos bens, assim como a receita advinda dos impostos estará sujeita a mudanças no nível de atividade e no consumo, conforme Pereira, Teixeira e Raszap-Skorbiansky (2010).

No que tange aos retornos de escala, não se alteraram os procedimentos e as equações comportamentais do modelo, partindo-se do pressuposto de que existem retornos constantes de escala e competição perfeita. Os ganhos de bem-estar são geralmente maiores nos modelos sob concorrência imperfeita, pois se formam mecanismos adicionais, tais como elasticidades e *mark-ups* mais elevados, que colaboram para que estes resultados sejam diferentes (Azevedo, 2008).

Os modelos baseados em retornos constantes envolvem métodos analíticos robustos, com os ganhos advindos da melhor alocação dos recursos e de mudanças nos termos de troca, enquanto modelos de concorrência imperfeita envolvem inferências em relação a uma teoria ainda repleta de controvérsias em relação a questões como a extensão das economias de escala e a estimação das margens de *mark-ups* em indústrias sujeitas à concorrência imperfeita (Coronel *et al.*, 2011).⁷

4.5 Banco de dados, agregação no Paeg

Utiliza-se, no presente trabalho, a base de dados do Projeto de Análise de Equilíbrio Geral da Economia Brasileira 3.0 (Paeg),⁸ a qual aborda as cinco regiões brasileiras Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte e Nordeste, para o ano de 2007, compatível com a base de dados do Gtap 8.0.

A base de dados do Gtap conta com Matrizes Insumo-Produto (MIP) para 129 regiões, incluindo o Brasil e 57 setores, as quais retratam o ambiente econômico para o ano de 2007. Este ano foi tomado como referência por ser o do último banco de dados do Gtap (De Lima; Gonçalves; Teixeira, 2014).

A agregação do Paeg é composta por dezenove atividades e doze regiões, de acordo com a tabela 5, onde se destacam os setores do agronegócio, devido a sua importância na geração de renda e na pauta exportadora brasileira. A escolha do Paeg deve-se ao fato de ele permitir fazer uma análise mais detalhada dos efeitos de políticas fiscais e comerciais nas macrorregiões brasileiras. As diferenças regionais existentes na economia brasileira e o fato de o modelo de equilíbrio geral inter-regional permitir incorporar mais realismo à análise justificam a escolha do Paeg (Pereira, 2011). Acrescenta-se o bloco formado por Estados Unidos e União Europeia (TTIP), objeto de estudo da pesquisa.

7. A metodologia empregada pode ser analisada com maior acuidade em Coronel (2013) e Teixeira, Pereira e Gurgel (2013).

8. Para mais detalhes, consulte: <goo.gl/ucrVQV>.

TABELA 5
Agregação entre regiões e setores realizadas no Paeg

Regiões	Setores
1 – Brasil-região Norte (NOR)	1 – Arroz (pdr)
2 – Brasil-região Nordeste (NDE)	2 – Milho e outros cereais em grão (gro)
3 – Brasil-região Centro-oeste (COE)	3 – Soja e outras oleaginosas (osd)
4 – Brasil região Sudeste (SDE)	4 – Cana-de-açúcar e indústria do açúcar (sgr)
5 – Brasil-região Sul (Sul)	5 – Carnes e animais vivos (oap)
6 – Resto do MERCOSUL (MER)	6 – Leite e derivados (rmk)
7 – Estados Unidos (USA)	7 – Outros produtos agropecuários (agr)
8 – Resto do NAFTA (NAF)	8 – Produtos alimentares – Outros produtos alimentares, bebidas e tabaco (foo)
9 – Resto da América (ROA)	9 – Indústria têxtil (tex)
10 – União Europeia 25 (EUR)	10 – Vestuário e calçados (wap)
11 – China (CHN)	11 – Madeira e mobiliário (lum)
12 – Resto do Mundo (ROW)	12 – Papel, celulose e ind. gráfica (ppp)
13 – TTIP	13 – Químicos, ind. borracha e plásticos (crp)
	14 – Manufaturados: minerais não metálicos, metal-mecânica, mineração, indústrias diversas (man)
	15 – Serviços Industriais de Utilidade Pública (SIUP) e comunicação (siu)
	16 – Construção(cns)
	17 – Comércio (trd)
	18 – Transporte (otp)
	19 – Serviços e administração pública (ser)

Elaboração dos autores.

Obs.: Os símbolos entre parênteses indicam os códigos utilizados para a estimação.

4.6 Cenários analíticos

Serão utilizados dois cenários para simular a consolidação do acordo entre União Europeia e Estados Unidos. No primeiro cenário, eliminam-se as tarifas de importação de bens e serviços entre as regiões, o que caracteriza a formação de uma área de livre comércio. O segundo cenário aborda não apenas a eliminação de tarifas de importação de bens e serviços, como também de eliminação de subsídios à produção e à exportação entre Estados Unidos e União Europeia.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Impactos da eliminação das barreiras tarifárias resultantes da formação da TTIP na economia brasileira – cenário 1

A seguir, apresentam-se os resultados do cenário de eliminação das barreiras tarifárias entre os integrantes do acordo TTIP. A tabela 6 mostra os resultados dos indicadores de bem-estar e crescimento da economia para o cenário proposto.

TABELA 6
Mudanças no bem-estar e produto interno bruto
(Em %)

	Variação equivalente		Δ% PIB
	ΔUS\$ bilhões	Δ%	
Norte	0,000	-0,001	-0,001
Nordeste	0,003	0,003	-0,028
Centro-Oeste	-0,002	-0,002	-0,002
Sudeste	-0,035	-0,008	0,001
Sul	-0,022	-0,013	0,048

Fonte: Resultados da pesquisa (2007).

A formação da área de livre comércio entre Estados Unidos e União Europeia gera perdas de bem-estar para a maioria do país, exceto para a região Nordeste, com ganhos de US\$ 3 milhões. Essa queda de bem-estar na maioria das regiões brasileiras pode estar associada a perdas nos fluxos comerciais, principalmente de produtos do agronegócio.

Os impactos da formação da TTIP sobre o PIB das regiões brasileiras são relativamente pequenos, sendo positivos apenas nas regiões Sul e Sudeste, 0,001% e de 0,048% de aumento, respectivamente. Esses ganhos ocorrem principalmente devido à maior eficiência na alocação dos insumos e dos fatores produtivos. Contudo, a maioria das regiões teve piora na participação do PIB. Assim, há uma relativa queda de bem-estar devido à redução da oferta dos bens, bem como preços mais elevados dos bens importados e nacionais.

A análise de sensibilidade das elasticidades de substituição entre os insumos domésticos e importados e das elasticidades de substituição entre bens importados de diferentes regiões é apresentada no anexo A. De forma geral, pode-se dizer que os dados apresentam boa robustez. Somente alguns valores de bem-estar e do PIB das regiões Norte e Nordeste apresentaram mudança de sinal. Os demais resultados apresentados não mudaram o sentido do sinal com o aumento das elasticidades de substituição.

Os resultados, em termos de variação no valor de produção, para o caso de eliminação das barreiras tarifárias entre Estados Unidos e União Europeia são apresentados na tabela 7. Destaca-se que os resultados positivos indicam ganhos de eficiência econômica, ou seja, competitividade. Os valores negativos, na maioria dos casos, indicam que a produção passou a ser menos rentável e eficiente, alocando os recursos em outras atividades.

TABELA 7

Variações percentuais no valor de produção setorial, das exportações e importações totais das regiões brasileiras – cenário 1

(Em %)

Setor	Produção					Exportação					Importação				
	NOR	NDE	COE	SDE	SUL	NOR	NDE	COE	SDE	SUL	NOR	NDE	COE	SDE	SUL
pdr	-0,074	-0,023	-0,046	-0,035	-0,002	-0,144	-0,257	-0,103	-0,001	0,047	0,023	0,079	0,027	-0,012	-0,025
gro	-0,034	-0,029	-0,028	-0,023	-0,011	-0,046	-0,082	-0,045	-0,027	-0,004	0,008	0,033	-0,006	-0,011	-0,009
osd	0,049	0,053	0,066	0,105	0,053	0,067	0,087	0,092	0,177	0,13	0,004	0,029	0,003	-0,015	-0,01
c_b	-0,027	-0,007	-0,019	0,009	0,005	-0,057	-0,114	-0,049	0,027	0,045	-0,003	0,07	-0,01	-0,011	-0,074
oap	-0,027	-0,02	-0,022	-0,022	-0,013	-0,03	-0,063	-0,029	0,021	0,011	-0,006	0,019	-0,017	-0,018	-0,016
rmk	-0,05	-0,03	-0,03	-0,022	-0,011	-0,085	-0,142	-0,061	0,022	0,031	0,025	0,061	0,003	-0,02	-0,006
agr	-0,044	-0,045	-0,043	-0,038	-0,007	-0,101	-0,229	-0,09	-0,145	-0,006	0,016	0,049	-0,004	-0,018	-0,028
foo	-0,078	-0,065	-0,054	-0,059	-0,015	-0,2	-0,273	-0,134	-0,162	-0,001	0,013	0,064	0,008	0,004	-0,054
tex	-0,095	-0,122	-0,076	-0,069	-0,023	-0,688	-0,179	-0,394	-0,266	-0,029	0,009	0,02	-0,01	-0,031	-0,059
wap	-0,211	-0,164	-0,184	-0,193	-0,029	-0,795	-0,599	-0,651	-0,514	-0,024	0,017	0,092	0,032	0,016	-0,028
lum	0,008	0,003	0,057	0,079	0,057	0,019	0,066	0,16	0,202	0,146	0,032	0,071	0,026	0,024	-0,085
ppp	0,095	0,002	0,059	0,07	0,042	0,224	0,158	0,247	0,219	0,261	-0,001	0,037	0,015	-0,152	-0,077
crp	0,005	0,004	0,001	0,019	0,021	-0,002	0,014	-0,051	-0,018	0,06	-0,016	0,001	-0,019	-0,092	-0,049
man	0,018	-0,026	0,002	0,009	0,041	0,017	-0,073	0,003	-0,025	0,09	-0,008	0,026	0,005	-0,066	-0,055
siu	-0,005	0,004	-0,001	0,004	-0,014	0,138	0,058	-0,021	0,053	0,057	0,02	0,022	-0,019	0,00	-0,072
cns	0,001	0,021	0,00	-0,005	-0,039	0,034	-0,02	-0,088	-0,058	0,022	0,027	0,03	0,012	0,018	-0,068
trd	-0,005	-0,012	0,008	0,007	-0,012	-0,007	-0,058	0,015	0,076	0,077	-0,016	0,006	-0,024	-0,025	-0,086
otp	0,004	0,009	0,017	0,019	0,00	0,029	-0,005	0,067	0,131	0,113	0,002	0,008	-0,035	-0,04	-0,086
ser	0,005	0,014	0,007	0,012	0,01	0,235	-0,015	0,031	0,087	0,105	0,002	-0,027	-0,045	-0,044	-0,078

Fonte: Resultados da pesquisa (2007).

Dessa forma, é possível verificar que, a partir de um cenário de eliminação das barreiras tarifárias entre o comércio norte-americano e europeu, os impactos econômicos nas regiões brasileiras foram, na sua maioria, negativos, prejudicando principalmente os setores de vestuário, calçados e indústria têxtil.

Os setores de vestuário, têxtil e de calçados são os que apresentaram, de forma geral, as maiores tarifas de importação entre Estados Unidos e União Europeia (WITS, 2015). A formação da área transatlântica, com a eliminação das barreiras

tarifárias, aumenta o comércio intrabloco e reduz o comércio com os demais países, como no caso do Brasil.

Esse desvio de comércio ocorre, pois os principais importadores de calçados brasileiros são a União Europeia e Estados Unidos (Abicalçados, 2010) e os Estados Unidos são um dos principais importadores do setor de vestuário, seguidos de Paraguai, Uruguai e Argentina (Abravest, 2015).

Pode-se destacar outros setores brasileiros beneficiados com o acordo, como o de celulose e da indústria gráfica (ppp) e de madeira e mobiliário (lum), na maioria das macrorregiões analisadas. Além disso, ocorre uma realocação dos fatores produtivos dos integrantes do TTIP para a produção dos bens em que possuem maiores vantagens comparativas e importação dos bens que possuem desvantagens comparativas, como no caso dos setores de celulose e de madeira brasileiros. Os valores dos fluxos de importação das cinco regiões brasileiras foram relativamente despezíveis.

O setor do agronegócio não sofreu impactos de grandes proporções, contudo o setor de soja e de outras oleaginosas obteve uma pequena resposta positiva na produção e na exportação. Nesse caso, têm-se maior demanda pelo bem que o Brasil apresenta vantagens comparativas na produção, principalmente pela soja em grão, para posterior processamento e fabricação de óleo e farelo. Além disso, cabe destacar que União Europeia é importante importadora deste setor (Coronel, Machado e Carvalho, 2009).

Os resultados dos impactos da TTIP no agronegócio brasileiro obtidos nesta pesquisa corroboraram com a pesquisa de De Lima, Gonçalves e Teixeira (2014), o qual propôs o mesmo cenário de análise. Dessa maneira, no cenário 1, verifica-se que houve pequenas reduções dos fluxos comerciais na economia brasileira, o que vai também ao encontro do estudo de Thorstensen e Ferraz (2014a). Observa-se também, conforme Vieira e Azevedo (2014), piora em termos de bem-estar brasileiro (% do PIB) quando analisadas a formação da TTIP, para o cenário de 2001, o que ratifica os resultados encontrados no atual estudo.

5.2 Impactos da liberalização total de comércio resultante da formação da TTIP na economia brasileira – cenário 2

A seguir, apresentam-se os resultados do cenário de liberalização total de comércio, eliminação de tarifas de importação, subsídios à exportação e produção entre as economias norte-americanas e europeias. A tabela 8 mostra os resultados dos indicadores de bem-estar e crescimento da economia para o cenário proposto. A proposta de liberalização de comércio entre os membros da TTIP gera ganhos de bem-estar em todas as regiões analisadas, exceto a região Norte (NOR) e a região Sudeste (SDE). As principais regiões que apresentariam ganhos de bem-estar seriam

a região Sul, com ganhos de US\$ 154 milhões, em seguida as regiões Centro-Oeste (COE) e Nordeste (NDE), com ganhos de US\$ 82 milhões e US\$ 61 milhões, respectivamente, com crescimento de 0,11% e 0,05% em relação ao equilíbrio inicial. Esse aumento de bem-estar ocorreria principalmente devido às alterações nos preços relativos dos produtos no comércio internacional, como consequência da formação da TTIP.

TABELA 8
Mudanças no bem-estar e produto interno bruto – cenário 2
(Em %)

	Variação equivalente		Δ% PIB
	ΔUS\$ bilhões	Δ%	
Norte	-0,034	-0,074	-0,025
Nordeste	0,061	0,05	-0,322
Centro-Oeste	0,082	0,108	-0,015
Sudeste	-0,177	-0,038	-0,003
Sul	0,154	0,086	0,522

Fonte: Resultados da pesquisa (2007).

Os impactos da liberalização comercial da TTIP sobre o PIB das regiões brasileiras são significativos. Quatro macrorregiões brasileiras apresentaram redução do PIB, sendo a região Nordeste (NDE) a de maior redução, -0,32%, seguida pela região Norte (NOR), com queda de -0,025%. Apenas para a região Sul apresentou crescimento do PIB, 0,52%, e esse ganho ocorre principalmente devido à maior eficiência na combinação dos insumos, além de estar associado à promoção do crescimento econômico regional.

A análise de sensibilidade das elasticidades de substituição entre os insumos domésticos e importados e das elasticidades de substituição entre bens importados de diferentes regiões é apresentada no anexo A. Pode-se dizer que os dados apresentam boa robustez, pois os resultados apresentados não mudaram o sentido do sinal, além de apresentarem um aumento das elasticidades de substituição.

Os resultados, em termos de variação no valor da produção e dos fluxos comerciais, para o caso da liberalização completa de comércio entre Estados Unidos e União Europeia, são apresentados na tabela 9. Destaca-se que os resultados positivos indicam ganhos e os negativos indicam perdas de eficiência econômica e competitividade, devido à alteração do cenário econômico mundial.

TABELA 9

Variações percentuais no valor de produção setorial, das exportações e importações totais das regiões brasileiras – cenário 2

(Em %)

Setor	Produção					Exportação					Importação				
	NOR	NDE	COE	SDE	SUL	NOR	NDE	COE	SDE	SUL	NOR	NDE	COE	SDE	SUL
pdr	2,66	0,552	-0,438	1,116	0,732	4,657	0,284	-1,298	1,42	1,679	-1,046	0,238	1,921	0,845	0,881
gro	6,656	4,881	1,331	6,884	2,439	9,547	11,239	6,795	12,971	7,061	0,959	0,505	0,756	0,909	1,015
osd	5,479	4,906	3,254	5,44	2,762	6,648	7,792	4,369	7,716	5,16	-0,368	-0,031	1,269	1,025	0,702
c_b	1,23	0,01	-0,331	0,27	0,724	2,67	0,389	-0,136	1,315	0,816	-0,675	0,174	0,783	0,719	0,612
oap	1,31	0,022	0,128	1,071	0,798	2,441	1,18	0,473	2,226	1,385	-0,588	-0,155	0,687	0,878	0,572
rmk	1,49	-0,882	-0,231	1,229	0,612	2,93	0,249	-1,177	0,969	0,814	-0,564	0,277	1,176	0,271	0,822
agr	3,01	1,565	1,161	4,118	1,662	6,192	10,426	3,114	15,691	3,96	-0,184	0,275	0,969	0,593	1,025
foo	0,802	-0,373	-0,937	0,373	0,115	1,283	-0,893	-2,208	0,391	-0,337	-0,159	0,308	1,013	-0,134	0,965
tex	0,138	-1,309	-1,368	-0,221	-0,669	-0,473	-1,907	-4,585	-0,694	-1,404	-0,589	-0,013	0,621	-0,369	0,477
wap	-1,6	-1,745	-3,83	-2,046	-1,267	-9,728	-7,188	-12,487	-6,772	-1,839	-0,405	0,026	1,033	-0,622	5,643
lum	1,867	0,27	0,078	1,7	0,55	3,427	2,489	0,935	4,312	0,89	-1,491	0,077	1,007	-0,565	0,146
ppp	3,169	-0,14	0,758	1,811	1,082	7,693	4,988	5,161	6,728	5,131	-0,675	0,015	0,606	-2,715	-0,194
crp	0,666	-0,601	-0,792	0,216	0,09	1,357	-0,966	-2,265	0,68	-0,849	0,362	0,099	0,71	-0,188	0,671
man	-2,384	-2,961	-5,022	-2,726	-2,826	-3,005	-6,602	-8,737	-4,367	-6,189	-0,257	0,122	0,285	0,403	0,474
siu	0,083	-0,536	-0,733	-0,214	-0,077	2,759	0,915	-3,057	0,664	-1,139	-0,204	0,786	1,691	-0,592	1,18
cns	0,087	-0,126	-0,028	0,078	0,22	4,113	1,708	-1,453	1,239	-0,556	-1,3	-0,664	0,306	-0,633	0,548
trd	0,42	-0,145	-0,009	0,138	0,269	1,294	0,238	-0,909	4,154	0,115	-0,634	-0,669	0,453	-0,762	0,029
otp	1,073	0,302	0,418	0,698	0,777	3,767	2,977	2,082	7,078	2,273	-1,208	-0,968	-0,892	-2,005	-1,626
ser	0,384	0,059	0,151	0,484	0,46	10,122	2,489	1,083	4,506	1,023	-0,808	-1,7	-0,544	-1,465	0,098

Fonte: Resultados da pesquisa (2007).

Nesse cenário de liberalização completa do comércio entre Estados Unidos e União Europeia, verificam-se, para a maioria das regiões brasileiras, efeitos positivos nos setores do agronegócio, sejam eles milho e outros cereais (gro), soja e outras oleaginosas (osd), produtos agropecuários (agr) e papel, celulose e indústria gráfica (ppp). Esse fato pode sugerir que a existência de blocos comerciais na conjuntura de comércio internacional favorece os setores em que o país apresente vantagens comparativas na sua produção e exportação. Além disso, a redução dos subsídios à produção e à exportação permite que o produto agrícola brasileiro seja mais competitivo em relação às *commodities* norte-americanas e europeias.

Contudo, verificam-se impactos negativos para a economia brasileira, no que tange aos setores de vestuário e calçados (wap) e manufaturados (man). Pode-se ressaltar que a União Europeia e os Estados Unidos são o segundo e o terceiro

principais destinos das exportações brasileiras de manufaturados, exceto para a Associação Latino-americana de Integração – Aladi⁹ (Brasil, 2014).

O setor secundário foi o mais prejudicado com esse cenário, o que pode corroborar com a perda de competitividade deste setor, frente a transformações comerciais de ordem mundial. É possível sugerir destruição de comércio da TTIP para esses setores brasileiros e criação de comércio intrabloco. Além disso, com a criação do bloco, pode-se observar que ocorre uma alteração na eficiência alocativa propiciada pelo maior aproveitamento das vantagens comparativas brasileiras, pois há diversos fatores internos, como a valorização cambial, a estrutura tributária inadequada, a deficiência na infraestrutura, o aumento de salários devido à expansão da atividade terciária e as taxas de juros elevadas, as quais não permitem a competitividade brasileira deste setor (Kume, 2013).

Os valores dos fluxos de importação das cinco regiões brasileiras foram relativamente pequenos e não apresentaram um padrão homogêneo para as regiões brasileiras. Convém destacar que o cenário de liberalização completa de comércio provoca maiores impactos na economia brasileira, quando comparado ao cenário de redução de barreiras tarifárias entre os integrantes do TTIP, pois aquele traz maiores alterações nas políticas norte-americanas e europeias, como nos subsídios à produção e à exportação, principalmente no setor agrícola, com a *Farm Bill* e a Política Agrícola Comum (PAC).

6 CONCLUSÕES

Este trabalho buscou analisar os possíveis impactos da formação de uma área de livre comércio entre Estados Unidos e União Europeia, a TTIP, na economia brasileira. Foram analisados dois cenários, o primeiro de eliminação de tarifas de importação entre as economias norte-americana e europeia, o que caracteriza a formação de uma área de livre comércio. O segundo cenário propõe a liberalização total de comércio entre as duas regiões, como eliminação de tarifas de importação e de subsídios à exportação e à produção.

A partir do primeiro cenário, foi possível encontrar que os impactos econômicos nas regiões brasileiras foram, na sua maioria, negativos, prejudicando principalmente os setores de vestuário, calçados e indústria têxtil. Além disso, o setor do agronegócio não sofreu grandes impactos.

No segundo cenário, os impactos gerados na economia brasileira foram mais significativos, com o setor agrícola brasileiro produtor e exportador sendo positivamente influenciado. Porém, o setor secundário, de vestuário e calçados e

9. A Aladi é formada por Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, México, Paraguai, Peru, Uruguai e Venezuela, Cuba e o Panamá.

manufaturados, foi o mais prejudicado. Contudo, o segundo cenário é de difícil efetivação, uma vez que a eliminação de políticas de proteção do setor agrícola, dos Estados Unidos e União Europeia, envolve questões políticas, sociais e econômicas.

Dessa forma, a possível efetivação da TTIP poderia vir a fortalecer o setor agrícola brasileiro, além de reduzir a participação do setor secundário na economia, o que sugere, portanto, a intensificação do processo de industrialização.

Pode-se ressaltar, como limitação deste trabalho, o fato de não incorporar o equivalente tarifário de outras barreiras não tarifárias, como as barreiras fitossanitárias, por exemplo. Além disso, há a dificuldade de comparações dos resultados encontrados, pois há poucas pesquisas nessa temática que abordem uma análise setorial e regional detalhada.

Cabe ressaltar, para pesquisas futuras, uma análise incorporando alterações no fechamento do modelo, tais como alguns procedimentos de calibração e fechamento, considerando a possibilidade de ocorrência de desemprego e economias de escala, o que permite maior aproximação com a estrutura analítica e sistêmica dos setores analisados.

REFERÊNCIAS

ABICALÇADOS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS. **Histórico das Exportações Brasileiras de Calçados**. Disponível em: <goo.gl/i1nmEA>. Acesso em: 30 mar. 2015.

ABRAVEST – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VESTUÁRIO. **Dados do comércio exterior**. Disponível em: <goo.gl/BDkiZn>. Acesso em: 30 mar. 2015.

AZEVEDO, A. F. Z. Mercosul: o impacto da liberalização preferencial e as perspectivas para a União Aduaneira. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 1, p. 167-196, 2008.

BALASSA, B. **The Theory of Economic Integration**. London: George Allen & Unwin, 1962.

BALDWIN, R. E. Sequencing and Depth of Regional Economic Integration: Lessons for the Americas from Europe. **Graduate Institute of International Studies**, ago., 2005.

BALDWIN, R. E.; VENABLES, A. J. Regional economic integration. **Graduate Institute of International Studies**, ago., 2004.

BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Intercâmbio Comercial do Agronegócio**: principais mercados de destino. Brasília: Mapa, 2013a.

_____. Ministério das Relações Exteriores. **Comércio Exterior**: União Europeia. 2013b. Disponível em: <goo.gl/lfSGkv>. Acesso em 27 jul. 2013.

_____. Ministério das Relações Exteriores. **Comércio Exterior Brasileiro**. 2014. Disponível em: <goo.gl/f6wfmU>. Acesso em: 22 dez. 2014.

BROOCKE, A. **Games**: a user' guide. Gams. Development Corporation, 1998.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB Agronegócio-BR**. Disponível em:<goo.gl/XugKHV>. Acesso em: 8 dez. 2014.

CEPR – CENTRE FOR ECONOMIC POLICY RESEARCH. Estimating the Economic Impact on the UK of a Transatlantic Trade and Investment Partnership (TTIP) Agreement between the European Union and the United States. **Final Project Report**, London, mar. 2013.

CIEŚLIK, A.; HAGEMER, J. The effectiveness of preferential trade liberalization in Central and Eastern Europe. **Working Papers – University of Warsaw**, n. 21, 2011.

CORONEL, D. A. *et al.* Impactos da política de desenvolvimento produtivo na economia brasileira: uma análise de equilíbrio geral computável. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 2, p. 337-365, ago. 2011.

CORONEL, D. A. **Impactos da política de desenvolvimento produtivo na economia brasileira**. 1. ed. Curitiba: Primas, 2013.

CORONEL, D. A.; MACHADO, J. A. D.; CARVALHO, F. M. A. Análise da competitividade das exportações do complexo soja brasileiro de 1995 a 2006: uma abordagem de market-share. **Revista de Economia Contemporânea** v. 13, p. 281-308, 2009. (Impresso).

DE LIMA, C. Z.; GONCALVES, M. F.; TEIXEIRA, E. C. Impacts of a trade liberalization agreement between the United States and the European Union on Brazilian Agribusiness. *In*: Regional Meeting: Public Policy Analysis with Computable General Equilibrium Models, 5., 2014, Bogotá. **Anais...** Bogota: IDB, 2014, v. 1.

DONGES, J. B.; FREYTAG, A.; ZIMMERMANN, R. TAFTA: Assuring its compatibility with global free trade. **The World Economy**, v. 20, n. 5, ago. 1997.

EUROPA. **A economia**. Disponível em: <goo.gl/C0vGV>. Acesso em: 14 jan. 2014.

FELBERMAYR, G.; HEID, B.; LEHWALD, S. Transatlantic Trade and Investment Partnership (TTIP): who benefits from a free trade deal? **Global Economic Dynamics**, jun. 2013.

FOCHEZATTO, A. Modelos de equilíbrio geral aplicados na análise de políticas fiscais: uma revisão de literatura. **Análise (PUCRS)**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 113-136, 2005.

- GARCÍA, F.; GRIGONYTE, I.; OLIVER, J. Trade relationship analysis among EU members by means of cluster analysis. *In: International Conference on Business Management*, 1., 2015, Valência, Spain. **Anais...** Valência: UPV, 2015. Disponível em: <goo.gl/kcwRbc>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- GURGEL, A. C. Impactos da liberalização comercial de produtos do agronegócio na Rodada de Doha. **Revista Brasileira de Economia**, v. 60, n. 2, abr.-jun. 2006.
- GURGEL, A. C. Impactos da integração comercial sobre a agricultura familiar no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 37, p. 21-74, 2007.
- HAMILTON, D. S.; BURWELL, F. G. **Shoulder to shoulder: forging a strategic U.S.-EU Partnership**. Disponível em: <goo.gl/RJdUiq>. Acesso em: 4 maio 2014.
- KUME, H. Acordos comerciais e competitividade das exportações brasileiras de manufaturados. **Pontes**, v. 9, n. 6. Disponível em:<goo.gl/FkzI91>. Acesso em: 30 mar. 2015.
- MIYAZAKY, S. Y. M.; SANTOS, A. C. A. **Integração Econômica Regional**. São Paulo: Editora Saraiva, 2013.
- NAKANO, Y. Globalização, competitividade e novas regras de comércio mundial. **Revista de Economia Política**, v. 14, n. 4(36), out.-dez. 1994.
- PANAGARIYA, A. Preferential trade liberalization: the traditional theory and new developments. **Journal of Economic Literature**, n. 38, v. 2, p. 287-331, 2000.
- PEREIRA, M. W. G. **Efeitos de políticas tributárias e de liberalização comercial sobre a competitividade setorial das macrorregiões brasileiras**. 2011. 171 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- PEREIRA, M. W. G.; TEIXEIRA, E. C.; RASZAP-SKORBIANSKY, S. Impacts of the Doha round on brazilian, chinese and indian agribusiness. **China Economic Review**, v. 21, p. 256-271, 2010.
- RIES, C. Is it Time to (Re) Consider a Tafta? U.S.-EU Responses to Globalization – **Working Papers**, 2009. Disponível em: <goo.gl/4VKViv>. Acesso em: 28 jul. 2013.
- ROBSON, P. **Teoria econômica da integração internacional**. Coimbra: Coimbra Editora, 1985.
- RUTHERFORD, T. F. **GTAP6inGAMS: the dataset and static model**. Colorado: Department of Economics, University of Colorado, 2005.
- SADOULET, E.; DE JANVRY, A. **Quantitative development policy analysis**. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1995.
- SCHEVE, K. F.; SLAUGHTER, M. J. What determines individual trade-policy preferences? **Journal of International Economics**, n. 54, p. 267-292, 2001.

SCHIFF, M.; WINTERS, L. A. **Regional integration and development**. Washington: The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 2003.

SCHOTT, J. J.; CIMINO, C. Crafting a Transatlantic Trade and Investment Partnership: What Can Be Done. **Peterson Institute for International Economics**, n. PB13-8, mar. 2013.

SIEBERT, H.; LANGHAMMER, R.; PIAZOLO, D. **Tafta**: fuelling trade discrimination or global liberalisation? 1996. Disponível em: <goo.gl/VOjvzC>. Acesso em: 31 ago. 2013.

SONGFENG, C.; YAXIONG, Z.; BO, M. **The Impact Analysis of TTIP on BRICs**: based on dynamic GTAP model considering GVC. 2014 Disponível em: <goo.gl/Pwv06m>. Acesso em: 27 mar. 2015.

TEIXEIRA, E. C.; PEREIRA, M. W. G.; GURGEL, A. C. **A estrutura do Paeg**. Campo Grande: Life Editora, 2013.

THORSTENSEN, V.; FERRAZ, L. O isolamento do Brasil em relação aos acordos e mega-acordos comerciais. **Boletim de Economia e Política Internacional**, n. 16, jan./abr. 2014a.

_____. The impacts of the mega-agreements on the BRICS: in search for a new global governance for trade at the WTO. **Centro de Estudos do Comércio Global e Investimentos – FGV EESP**, 2014b.

UNCOMTRADE – UNITED NATIONS COMMODITY TRADE. **Statistics Database**. 2013. Disponível em: <goo.gl/F9UmO>. Acesso em: 27 jul. 2013.

VARIAN, H.R. **Microeconomic analysis**. 3. ed. New York: Norton, 1992.

VIEIRA, A. V. S.; AZEVEDO, A.F.Z. Impactos do acordo de livre comércio transatlântico e da integração Brasil-União Europeia sobre o Brasil através de um modelo de equilíbrio geral. **Working Papers**, Unisinos, n. 2, 2014.

WITS – WORLD INTEGRATED TRADE SOLUTION. **Trade stats, tariffs**. Disponível em: <goo.gl/rYuyGg>. Acesso em: 30 mar. 2015.

ANEXO A

Análise de sensibilidade

TABELA A.1

Análise de sensibilidade das elasticidades de substituição entre os insumos domésticos e importados (*esubd*) e entre bens importados de diferentes regiões (*esubm*) – cenário 1

	Variação equivalente								Δ% PIB			
	ΔUS\$ bilhões				Δ%							
	esubd/ esubm	2*(esubd/ esubm)	4*(esubd/ esubm)	8*(esubd/ esubm)	esubd/ esubm	2*(esubd/ esubm)	4*(esubd/ esubm)	8*(esubd/ esubm)	esubd/ esubm	2*(esubd/ esubm)	4*(esubd/ esubm)	8*(esubd/ esubm)
Norte	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002	-0,001	-0,001	-0,001	0,000	0,008
Nordeste	0,003	-0,002	-0,007	-0,022	0,003	-0,001	-0,006	-0,018	-0,028	-0,03	-0,037	-0,06
Centro-Oeste	-0,002	-0,003	-0,005	-0,014	-0,002	-0,003	-0,007	-0,019	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
Sudeste	-0,035	-0,043	-0,062	-0,114	-0,008	-0,009	-0,013	-0,025	0,001	0,001	0,005	0,025
Sul	-0,022	-0,018	-0,023	-0,047	-0,013	-0,01	-0,013	-0,026	0,048	0,049	0,061	0,11

Fonte: Resultados da pesquisa (2007).

TABELA A.2

Análise de sensibilidade das elasticidades de substituição entre os insumos domésticos e importados (*esubd*) e entre bens importados de diferentes regiões (*esubm*) – cenário 2

	Variação equivalente								Δ% PIB			
	ΔUS\$ bilhões				Δ%							
	esubd/ esubm	2*(esubd/ esubm)	4*(esubd/ esubm)	8*(esubd/ esubm)	esubd/ esubm	2*(esubd/ esubm)	4*(esubd/ esubm)	8*(esubd/ esubm)	esubd/ esubm	2*(esubd/ esubm)	4*(esubd/ esubm)	8*(esubd/ esubm)
Norte	-0,034	-0,041	-0,051	-0,066	-0,074	-0,09	-0,113	-0,145	-0,025	-0,043	-0,074	-0,117
Nordeste	0,061	0,076	0,094	0,113	0,05	0,063	0,078	0,094	-0,322	-0,366	-0,416	-0,478
Centro-Oeste	0,082	0,072	0,074	0,075	0,108	0,095	0,097	0,099	-0,015	-0,023	-0,032	-0,02
Sudeste	-0,177	-0,214	-0,194	-0,158	-0,038	-0,046	-0,042	-0,034	-0,003	-0,025	-0,069	-0,127
Sul	0,154	0,081	0,059	0,048	0,086	0,045	0,033	0,027	0,522	0,577	0,63	0,766

Fonte: Resultados da pesquisa (2007).

DESCENTRALIZAÇÃO E PROVISÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS: EVIDÊNCIAS A PARTIR DA CRIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS NO SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO

Maúna S. B. Rocha¹
Enlinson H. C. Mattos²
Carlos C. S. Saiani³

Este trabalho investiga se a descentralização política, representada pela criação de novos municípios ocorrida no Brasil após a promulgação da Constituição de 1988, impacta sobre os investimentos em abastecimento de água. Em particular, testamos se as hipóteses de que a maior proximidade entre gestores públicos e cidadãos e a concorrência entre governos locais, decorrentes da descentralização resultam em uma melhor adequação do serviço de saneamento básico ofertado para a população local. Usando o método de Diferenças em Diferenças, encontramos evidências que o desmembramento de municípios resultou em expansão dos investimentos (R\$220 reais *per capita* a mais em relação aos demais da mesma micro-região) e que estes desmembrados respondem a níveis de cobertura comparativamente inferiores aos de municípios do entorno. No entanto, tal efeito não é encontrado para a resposta nas qualidades dos serviços de saneamento. Por fim, estimamos que municípios novos respondem 12% a mais em investimento (relativo ao entorno) que respectivos municípios de origem.

Palavras-chave: descentralização; serviços públicos; saneamento básico; abastecimento de água; dados em painel.

DECENTRALIZATION AND PROVISION OF PUBLIC SERVICES: EVIDENCE FROM BRAZILIAN MUNICIPALITIES SECESSION ON SANITATION SERVICES

This work investigates whether the political decentralization represented by the creation of new municipalities in Brazil impacts on investments in sanitation services. In particular, we test the hypotheses that the greater proximity between public officials and citizens as a result of decentralization, leads to a better matching of the sanitation service offered to local people. Using the method of difference in differences, we find evidence that the creation of municipalities lead to an expansion of investments (R\$220 reais per capita larger compared to those in the same micro-região)) and that they respond to coverage levels comparatively lower than in neighboring municipalities. However, this effect is not found for the response in the quality of sanitation services. Last, we estimate that new municipalities do respond more 12% more in relative (neighbor's) investments in that sector compared to the origin's municipalities,

Keywords: decentralization; public goods; basic sanitation; water supply; panel data.

JEL: H41; H42; Q21; C23.

1. Mestra em economia pela Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas (EESP/FGV). *E-mail:* <mauna.baldini@gmail.com>.

2. Professor da Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas (EESP/FGV). *E-mail:* <enlinson.mattos@fgv.br>.

3. Professor do Instituto de Economia, Universidade Federal de Uberlândia (IE/UFU). *E-mail:* <ssaiani@ie.ufu.br>.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo principal deste trabalho é investigar se a criação de novos municípios no Brasil, decorrente da descentralização política aprofundada após a Constituição de 1988, impactou sobre investimentos em abastecimento de água.⁴ Em termos gerais, considerando tal serviço de utilidade pública como exemplo devido à disponibilidade de dados, pretende-se avaliar um potencial resultado da descentralização: a melhor adequação da cesta de bens/serviços providos publicamente às preferências das pessoas.

Tiebout (1956) aponta a possibilidade de não existir alocação ótima dos gastos públicos em alguns bens e serviços sob a responsabilidade do governo central; porém, o contrário pode ocorrer para gastos públicos locais. Enquanto o governo central tomaria como dadas as preferências dos cidadãos, sendo difícil diferenciá-las e, por isso, optaria por padrões mais homogêneos de oferta, os governos locais teriam maior capacidade de identificar as preferências específicas de suas populações, devido à maior proximidade a elas, e incentivo para atendê-las, pois as pessoas “votariam com os pés”. Ou seja, escolheriam o local de residência avaliando os bens e serviços ofertados publicamente que melhor atendam suas preferências. Segundo Mendes (2004), a descentralização mimetizaria, então, os mercados, estimulando a concorrência entre os governos locais.

Oates (1972) ressalva que a provisão local de bens/serviços deveria ser priorizada caso não ocorressem externalidades entre as localidades e nem poupança de custos sob a provisão central (economias de escala). Já Oates (1999) destaca que a descentralização melhoraria o bem-estar geral comparativamente à centralização se esta última resultar em provisão uniforme, o que acaba ocorrendo com informação imperfeita. Se o governo central identificasse exatamente as preferências e especificidades locais, seria possível a provisão diferenciada e a cobrança por esta satisfazendo as preferências da população.

Tal aspecto também é apontado por Rubinchik-Pessach (2005). Em seu modelo, o benefício da descentralização origina-se dos sistemas de decisão e tributação específicos para cada situação dos governos locais, considerando a diversidade das demandas de projetos públicos particulares em cada localidade. O autor demonstra que regiões mais desiguais seriam mais propensas a obter ganhos advindos da descentralização, o que reforça um argumento que já havia sido discutido anteriormente por Oates (1972).

Além da subalocação devido às externalidades entre locais (Oates, 1972; Besley e Coate, 2003) e de perdas de escala (Alesina e Spoloare, 1997; Bolton e Roland, 1997;

4. A literatura define como descentralização política o processo pelo qual esferas subnacionais passam a contar com certo grau de autonomia na geração e na alocação de recursos e na execução de gastos públicos.

Persson e Tabellini, 2000), outros aspectos são apontados como potenciais problemas da descentralização, que não resultaria, então, apenas, em ganhos de bem-estar (vantagens).

Giambiagi e Além (2000) destacam o risco de conflitos entre as funções alocativa, distributiva e estabilizadora. Em relação às primeiras, o principal argumento baseia-se no fato de que, em países com grandes disparidades, a capacidade de provisão é bem distinta entre os governos locais, o que pode gerar migrações internas indesejáveis, pressões políticas e sociais e comprometer o planejamento centralizado e a cooperação (horizontal e vertical) entre as esferas de governo, principalmente se forem adotadas transferências intergovernamentais compensatórias, que, por sua vez, podem reduzir o esforço fiscal em alguns locais (estes também podem ter dificuldades institucionais e operacionais à gestão e à adoção de algumas políticas públicas). Em relação à função estabilizadora, as decisões locais tanto de arrecadação como de gasto, ao afetarem a demanda agregada do país, prejudicariam metas macroeconômicas de estabilização.

Outros problemas são apontados sob a ótica da economia política. Por exemplo, assim como burocratas designados pelo governo central para a prestação de serviços no âmbito local podem trocar os interesses locais pelas ambições pessoais, agentes eleitos localmente podem incorrer nesse erro e ceder às pressões de grupos de interesses. Tal problema é evidenciado por Hartmann e Boyce (1983) e Un Nabi *et al.* (1999). No geral, são encontradas evidências de que projetos públicos financiados pelo governo central e gerenciados localmente acabam beneficiando elites locais influentes.

Esse problema poderia contradizer a tese de que administrações locais são mais transparentes, o que, somado à maior proximidade e à conseqüente maior visibilidade das ações, aumenta o controle social, dificultando a captura local. Contudo, tais efeitos seriam maiores em locais com pessoas mais homogêneas e com condições sociais que viabilizam a fiscalização pela população. Em outros, a escolaridade e a consciência política são baixas, o que permite que grupos melhor informados capturem benefícios. A captura seria favorecida por informações assimétricas entre agentes fiscalizadores e executores de programas (Bardhan e Mookherjee, 2000; Galasso e Ravallion, 2005).

O presente estudo pretende apresentar evidências que contribuam para tal debate, avaliando especificamente o caso dos serviços municipais de abastecimento de água no Brasil. O objetivo principal é averiguar a ocorrência de uma das vantagens atribuídas à descentralização: a melhor adequação da cesta de bens e serviços às preferências da população. Tal argumento fundamenta-se na hipótese de que um local menor permitiria maior proximidade entre governantes (ou provedores dos serviços) e cidadãos/eleitores (ou consumidores), o que poderia resultar em menores

assimetrias informacionais em relação às preferências e especificidades locais, assim como em maior controle social.

Para atingir o objetivo, são realizadas estimações econométricas para um painel de municípios com dados anuais de 1996 a 2010 pelos métodos de “Diferenças em Diferenças” e de efeitos aleatórios. Ademais, são adotadas estratégias empíricas para garantir robustez aos resultados. Primeiramente, são feitas análises de desmembrados *versus* não desmembrados, nas quais é estimado o efeito do desmembramento sobre os investimentos em abastecimento de água nos locais em que ocorreram secessões. Os municípios de origem e novos são agregados (desmembrados) e os demais são o grupo de controle (não desmembrados). Depois, são feitas análises de novos *versus* originais, avaliando se os investimentos diferem entre eles. Outra evidência das análises é se os possíveis efeitos variam no tempo. Vale destacar que, na literatura, os efeitos da criação de municípios no Brasil são bem controversos, o que ressalta a relevância desse estudo.

Adaptando o modelo de Ravallion (2000), que sinaliza uma forma de comparar os desempenhos de políticas entre locais com diferentes características sem conhecer bem os atributos dos beneficiários, os investimentos em abastecimento de água (a variável dependente) são considerados em termos relativos; ou seja, em dado ano, para cada município é utilizada a diferença entre seu investimento e o investimento médio do restante de sua microrregião, definida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O mesmo procedimento é adotado para variáveis de interesse e de controle.

As demais variáveis de interesse são os níveis relativos de oferta (cobertura) e de qualidade do abastecimento de água (e interações destes com *dummies* municípios desmembrados, novos e originais). Assim, outro objetivo é avaliar se os investimentos relativos respondem às coberturas e às qualidades relativas. Ou seja, se a decisão de investimento de um município considera sua situação em comparação à média de seus “vizinhos”, o que apontaria evidência favorável à hipótese de existência de concorrência entre governos locais. A resposta “ideal” é: maiores investimentos relativos diante de situações inferiores, sinalizando uma reação para suprir as carências da população.

Deve-se ressaltar que respostas diferentes para a cobertura e para a qualidade, em especial se forem maiores ou significativas somente na primeira dimensão da provisão, podem decorrer: *i*) da essencialidade do acesso à água para a sobrevivência humana; *ii*) da percepção e da apropriação mais diretas dos benefícios do acesso pela população; e *iii*) dos benefícios derivados da qualidade, embora relevantes, tenderem a se refletirem mais em externalidades ambientais e sobre a saúde pública, não sendo facilmente perceptíveis e atribuíveis a tal dimensão. Assim, é plausível

esperar maior controle social em relação à cobertura relativa e, conseqüentemente, que os investimentos respondam mais a esta.

Por último, vale apontar que o abastecimento de água é um serviço de saneamento básico, que resulta em impactos ambientais sobre a saúde pública e, conseqüentemente, sobre o desenvolvimento econômico de uma localidade. Tal fato justifica estudos que discutam questões relacionadas ao serviço, em especial aos investimentos neste, ainda mais em um contexto como o brasileiro, que apresenta historicamente significativos *déficits* de acesso, problemas de qualidade e uma série de restrições aos investimentos.

Além dessa introdução e das considerações finais, o presente artigo divide-se em mais três seções. Na segunda, *Background histórico, institucional e setorial*, é caracterizada a criação de municípios brasileiros após a Constituição de 1988 e discutidos alguns aspectos gerais e específicos ao Brasil em relação à provisão do serviço de abastecimento de água. Na terceira, *Implementação empírica*, são discutidos os procedimentos metodológicos. Finalmente, na quarta, *Análises dos resultados*, os resultados são analisados.

2 BACKGROUND HISTÓRICO, INSTITUCIONAL E SETORIAL

2.1 Criação de municípios no Brasil após a Constituição de 1988

O grau de descentralização política no Brasil apresentou tendência cíclica durante todo o período republicano, seguindo os regimes políticos mais ou menos democráticos (Afonso, Ramundo e Araújo, 1998; Mora e Varsano, 2001). A “República Velha” (1889 a 1930), como uma reação ao centralismo do “Império”, caracterizou-se por grau relativamente alto de descentralização. Já no período posterior, o “Estado Novo” (1930 a 1946), marcado pela ditadura de Getúlio Vargas, ocorreu uma centralização apontada em discursos como um mecanismo para lidar com a depressão econômica mundial, unificar o mercado interno e criar bases para a industrialização. De 1946 a 1964, houve uma redemocratização e a Constituição de 1946 possibilitou nova fase de descentralização (Serra; Afonso, 1999).

Depois do golpe militar de 1964, iniciou-se novo período de centralização que perdurou por mais de vinte anos. Essa foi consolidada pela Constituição de 1967, que serviu à reforma fiscal, concentrando receitas e comando das despesas na União, e ao controle político e social do regime de força (Serra e Afonso, 1999). No início dos anos 1980, a luta pela redemocratização no país aumentou, sendo a descentralização defendida como um de seus pilares. Argumentava-se que, para fortalecer politicamente as esferas subnacionais, também seria necessário o fortalecimento financeiro (Santos, Costa e Andrade, 2001).

Assim, ainda nos últimos anos do regime militar, cresceram as transferências da arrecadação federal aos governos subnacionais via Fundo de Participação Estadual (FPE) e Fundo de Participação Municipal (FPM), criados em 1966. Tais mecanismos, que inicialmente buscavam garantir apoio político, passaram a ser usados para acomodar as pressões por redemocratização. Em meados dos anos 1980, as transferências federais e a capacidade do governo central de investir no desenvolvimento sofreram sensíveis quedas em decorrência da crise econômica pela qual o país passava. Nesse contexto, estados e municípios fortaleceram suas reivindicações por descentralização, o que se concretizou com o fim do governo militar e a promulgação da Constituição de 1988 (Garcia, 1995).

Para alguns trabalhos, como Rezende (1995) e Gomes e Mac Dowell (2000), os municípios foram os grandes beneficiários do processo de descentralização, tanto que poderiam ser utilizados os termos “federalismo municipal” ou “tradição municipalista” do federalismo brasileiro. Primeiramente, por terem sido reconhecidos como entes da Federação, com direitos e deveres similares aos dos estados. Além disso, os recursos disponíveis aos municípios elevaram-se significativamente após a Constituição de 1988.

Nesse sentido, vale destacar o papel do FPM, formado por recursos arrecadados pelo Imposto de Renda (IR) e pelo Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI). No final do período militar, o FPM era formado por 10% das arrecadações do IR e do IPI. Após a promulgação da Constituição de 1988, a parcela das arrecadações direcionadas ao fundo elevou-se para 22,5%. Giambiagi e Além (2000) destacam que os recursos não eram vinculados a gastos específicos, o que garantiu maior autonomia aos municípios.

A partilha do FPM foi definida para tentar equalizar diferenças econômicas e, assim, capacidades distintas de arrecadações próprias. Ele seria, então, um mecanismo compensatório (Blanco e Carvalho, 2001). Partiu-se da premissa de que a capacidade de arrecadar seria correlacionada à população, por isso este é o principal parâmetro para a partilha. Os municípios são divididos em: capitais (transferência de 10% dos recursos); interior (transferência de 86,4% dos recursos); e reserva (municípios com populações superiores a 156.216 habitantes recebem transferência adicional de 3,6% dos recursos). Para os coeficientes das capitais e da reserva, são usados dois parâmetros: população e renda *per capita*; para os do interior, principalmente faixas populacionais (Brasil, 2013).

Os municípios contam, ainda, com transferências estaduais de recursos advindos do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e do Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). A partilha destes difere da do FPM, em especial a maior ênfase à origem (valor adicionado) e não à população. A Constituição de 1988 favoreceu os municípios em relação a tal

fonte, pois a base de incidência do ICMS absorveu impostos federais, elevando sua arrecadação, e a cota-parte municipal passou de 20% para 25% (Serra e Afonso, 1999). A base tributária municipal também foi consolidada, definindo a cobrança de impostos, taxas e contribuições (Oliveira, 2009).

Vários trabalhos apontam vantagens e problemas da descentralização aprofundada pela Constituição de 1988, assim como medidas que foram sendo adotadas para superar algumas deficiências.⁵ Foge do escopo desse estudo uma discussão detalhada sobre tais aspectos. Interessa, na verdade, debater uma das principais consequências: a criação de municípios. Vale apontar que movimentos de criação de municípios no país ocorreram ao longo de todo o século XX, sendo possível associar períodos de descentralização com maior criação e de centralização com diminuição ou estabilidade dos municípios.

Desde 1940, foram criados 3.988 dos atuais 5.562 municípios brasileiros (72%), sendo 2.063, entre 1950 e 1970, concentrando-se em anos posteriores ao “Estado Novo” e anteriores ao período militar (entre os períodos de maior centralização). Segundo Fávero (2004), a Constituição Federal de 1967 impôs limites à criação de municípios, inclusive extinguindo alguns. Em 1964, no início do governo militar, existiam 4.115 municípios. Durante esse governo, tal número chegou a cair para 3.974. Já nos seus últimos anos, a pressão por redemocratização/descentralização resultou no início de novo movimento de criação de municípios. Antes da Constituição de 1988, foram criados e instalados 186 novos municípios e outros 247 haviam iniciado os processos de desmembramento.⁶

Entre 1991 e 1997, após a promulgação da Constituição Federal de 1988, que foi mais permissiva em relação aos desmembramentos, foram criados e instalados mais 1.016 novos municípios. Posteriormente, com a aprovação da Emenda Constitucional nº 15 de 1996, que definiu critérios mais rigorosos, apenas mais 55 municípios foram criados em 2001, sendo que estes haviam iniciado seus processos de emancipação anteriormente. Assim, atualmente, o Brasil é formado por 5.562, dos quais 1.504 (27% do total) foram criados a partir dos anos 1980, sendo 1.318 (24% do total) depois de 1988 (Fávero, 2004).

A lei complementar que regulamentaria a emenda, definindo critérios para a criação de municípios, foi aprovada pelos deputados somente em 2013 e pelo Senado em 2014. Porém, nas duas oportunidades, foi vetada integralmente pela

5. Ver, entre outros: Garcia (1995), Rezende (1995), Giambiagi e Além (2000), Blanco e Carvalho (2001), Mora e Varsano (2001), Santos, Costa e Andrade (2001), Mendes e Rocha (2003) e Menezes e Toneto Júnior (2006).

6. Segundo Magalhães (2008), a instalação é o início efetivo, o que ocorre após a primeira eleição e explica conjuntos de municípios serem criados em anos específicos (1993, 1997 e 2001, por exemplo).

presidência.⁷ A persistência dessa indefinição regulatória coibiu a criação de municípios após 2001.

Vale destacar que mais de 90% das emancipações nos anos 1980, 1990 e início de 2000 resultaram em micros ou pequenos municípios – até 5 mil e até 20 mil habitantes, respectivamente (Gomes e Mac Dowell, 2000; Tomio, 2002; Magalhães, 2008). Estudos discutem determinantes das decisões de distritos pela emancipação,⁸ sendo apontadas motivações que constam nos discursos, como: descaso do município original, que pode ser associado à extensão territorial; condições econômicas favoráveis; ou, ao contrário, estagnação econômica local; aumento da população e, conseqüentemente, de carências sociais; e razões políticas (interesse de grupos locais de formarem núcleos de poder).

Não é possível desconsiderar o incentivo da descentralização, que fortaleceu os municípios. Em especial, o papel da partilha do FPM, que, ao privilegiar os municípios menores, estimularam emancipações. Gomes e Mac Dowell (2000), Magalhães (2008) e Sachsida, Monasterio e Lima (2013) apresentam simulações que exemplificam tal argumento, sendo que todos sinalizam que os distritos, ao desfrutarem do *status* de município, passaram a contar com recursos advindos do FPM que provavelmente não tinham acesso anteriormente.

Se, por um lado, a criação de municípios como consequência da descentralização política pode resultar nas vantagens comentadas na introdução; por outro lado, também foram apontadas desvantagens. Além disso, para as emancipações brasileiras dos anos 1980, 1990 e 2000, alguns trabalhos defendem possíveis decorrências negativas,⁹ como: desequilíbrios horizontais em função do FPM (municípios menores tendem a possuírem maiores receitas *per capita*, mas são responsáveis por ofertar serviços a um contingente populacional pequeno); redistribuição de recursos entre locais distintos, privilegiando municípios menores, incentivando baixo esforço fiscal nestes e desestimulando algumas atividades econômicas; e aumento de despesas com atividades meio (como gastos com os poderes executivo e legislativo) em detrimento de investimentos em atividades fins.

Portanto, ao averiguar especificamente os efeitos dos desmembramentos sobre os investimentos em abastecimento de água nos municípios brasileiros, o presente estudo contribui para tal debate. Antes de discutir os procedimentos econométricos adotados (seção 3) e de analisar os resultados (seção 4), na próxima seção são apontados alguns aspectos específicos do serviço avaliado que subsidiam os testes empíricos realizados.

7. Sachsida, Monasterio e Lima (2013) discutem a lei vetada e estimativas de quantos novos municípios seriam criados.
8. Ver: Bremaeker (1993), Noronha (1996), Cigolini (1999), Frata e Peris (2002) e Magalhães (2008).

9. Conferir, por exemplo: Bremaeker (1993), Gomes e Mac Dowell (2000), Tomio (2002), Lorenzetti (2003), Fávero (2004), Magalhães (2008) e Sachsida, Monasterio e Lima (2013)

2.2 Provisão do abastecimento de água: alguns apontamentos

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece como saneamento básico o controle de todos os fatores do meio físico que exercem ou podem exercer impactos negativos sobre o bem-estar físico, mental e social das pessoas (WHO, 2004). Seguindo diretrizes da OMS, no Brasil, a Lei nº 11.445 de 2007 define como saneamento básico o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo de águas pluviais urbanas; esgotamento sanitário e abastecimento de água. Em relação ao último, a lei define que é constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição.

Trata-se de um monopólio natural geográfico com grandes custos fixos em capital específico e economias de escala e de densidade. Os retornos dos investimentos são de longo prazo e o tempo médio de vida dos ativos é elevado. A provisão adequada ocorre por redes de distribuição, sendo custosas suas duplicações. Não apresenta dinamismo tecnológico e sofre pequena concorrência de fontes alternativas, que não são substitutos perfeitos, o que, somado ao fato de a água ser essencial à sobrevivência, a torna um bem com demanda bem inelástica. Esses atributos restringem competição e contestabilidade dos mercados e incentivam comportamentos oportunistas por parte dos provedores.¹⁰

O abastecimento de água (acesso e qualidade) gera impactos ambientais sobre a saúde pública e, conseqüentemente, o desenvolvimento econômico de uma localidade. As doenças relacionadas a sua inadequação afetam a produtividade dos trabalhadores ou os afastam do trabalho, reduzindo a produção e a renda. A produção também é afetada diretamente pelos efeitos ambientais – a contaminação de solos e de recursos hídricos, por exemplo, prejudica a agropecuária. Nos estudantes, as enfermidades influenciam os desenvolvimentos físico e intelectual, impactando sobre a frequência e o desempenho escolares, com reflexos por toda a vida (Cvjetanovic, 1986; Okun, 1988; Heller, 1997).

Todos os aspectos apontados, associados ao fato de a cobrança pelo serviço excluir indivíduos do consumo, principalmente os mais pobres, caso não exista um mecanismo de tarifação social, dificultam a compatibilização entre eficiências alocativa, produtiva e redistributiva na provisão do abastecimento de água. Assim, a regulação e, em especial, o controle social devem ser efetivos (Turolla, 2002; Galvão Júnior e Ximenes, 2007).

10. Argumentos baseados em: Savedoff e Spiller (1999), Jouravlev (2000), Ménard e Saussier (2000), Turolla (2002), Bel e Miralles (2003), Galiani, Gertler e Scharfrodsky (2005) e Picazo-Tadeo *et al.* (2012), entre outros.

Pode-se dizer que no Brasil a participação pública na provisão do abastecimento de água apresentou uma evolução que, em certo grau, acompanhou a dinâmica cíclica do grau de descentralização política discutido na seção anterior. Além disso, conforme é apontado por Heller, Rezende e Cairncross (2014), ocorreu ao longo do tempo um movimento pendular da participação da iniciativa privada no serviço, com fases de expansão e de retração.

Segundo o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MPO) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) (1995), até o início dos anos 1930, o serviço era provido em arranjos institucionais e financeiros bem flexíveis, com a participação dos governos municipais, em alguns casos apoiados pelos estaduais, e com concessões privadas. O governo federal limitava-se a adotar medidas para aumentar a atratividade às empresas estrangeiras que dispunham de tecnologias e recursos. Tal objetivo foi atingido somente em alguns grandes centros urbanos. Nos demais, a oferta dependia de soluções locais.

Diante desse quadro e da expansão contínua da urbanização, elevou-se a demanda por uma participação mais efetiva do governo federal, o que acabou se concretizando com os militares. Segundo Turolla (2002), estes elegeram a ampliação da cobertura do abastecimento de água como uma de suas prioridades, sendo definidas metas em quase todos os planos de desenvolvimento econômico que adotaram. A preocupação culminou na criação, no final da década de 1960, do Plano Nacional de Saneamento (Planasa).

O Planasa foi um modelo centralizado de financiamento para investimentos no saneamento básico, sendo que o abastecimento de água foi o serviço privilegiado. Este era baseado na concessão pelos municípios dos direitos de exploração às Companhias Estaduais de Saneamento Básico (Cesbs) de seus respectivos estados. Cabia ao Banco Nacional de Habitação (BNH), responsável pelo Sistema Financeiro de Saneamento (SFS), a realização de empréstimos, principalmente com recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS). Até meados da década de 1980, apenas as Cesbs beneficiavam-se desse financiamento, o que, em conjunto com outras ações, incentivou as concessões municipais; mas quase 25% dos municípios optaram por não aderirem.¹¹

A partir de então, as ações tornaram-se pontuais e desarticuladas, incentivando a modernização e a ampliação marginal da cobertura, a descentralização e a privatização, seguindo diretrizes consonantes à busca de alteração do papel do Estado na economia devido à crise econômica das décadas de 1980 e 1990. Medidas para lidar com a crise, como metas de *superávit* e limites de endividamento e de contingenciamento de crédito, e a redução da arrecadação líquida do FGTS,

11. Para mais detalhes sobre o Planasa, ver, entre outros: MPO e Ipea (1995) e Turolla (2002).

restringiram os investimentos públicos. Os casos de privatização foram poucos devido à persistência de indefinições regulatórias.

Alterações nesse quadro ocorreram apenas a partir de meados dos anos 2000, com o descontingenciamento de financiamentos para o setor, o aumento de recursos federais destinados a ele pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e, principalmente, a promulgação da Lei nº 11.445, em 2007 (Lei do Saneamento Básico), que solucionou algumas indefinições regulatórias e estabeleceu a criação de nova política articulada, o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), que está em fase de discussão. Porém, ainda persistem *déficits* de acesso ao serviço, distribuídos desigualmente no país.¹²

Os aspectos apontados contribuíram para a configuração atual do serviço no país, na qual há uma diversidade de tipos de provedores que se diferem quanto à abrangência de atuação à natureza jurídica. Considerando tais dimensões, Saiani (2012) divide os provedores em: públicos locais (controlados pelos governos municipais e responsáveis pela oferta em somente um município ou em pequenos consórcios); públicos regionais (Cesbs controladas pelos governos estaduais e responsáveis pela provisão em vários municípios); privados locais (empresas privadas em somente um município ou em pequenos consórcios); e privados regionais (Cesb de Tocantins, empresa de capital misto com controle privado que oferta o serviço em diversos municípios). Em 2010, os públicos locais eram responsáveis pela provisão em 27,43% dos municípios; os públicos regionais em 69,19%; os privados locais em 1,13%; e os privados regionais em 2,25%.

Uma hipótese importante para esse estudo é a de que a maior proximidade entre cidadãos e gestores públicos resultaria em maior adequação dos bens/serviços ofertados às preferências da população. Esta poderia, então, ser contestada com provedores que não sejam diretamente controlados pelos governantes locais. Algumas ressalvas a essa possível crítica devem ser feitas. Segundo as Leis nº 8.987 de 1995 (Lei de Concessões), nº 11.107 de 2005 (Lei de Consórcios Públicos) e nº 11.445 (Lei do Saneamento Básico), as formas de provisões que não sejam públicas e locais (regional e privada) são permitidas somente com a celebração de um contrato de concessão e/ou de consórcio, sendo prevista a renegociação periódica de parâmetros contratuais, entre os quais, os investimentos. Assim, os governos locais podem influenciá-los em negociações *ex-ante* e *ex-post*.

Ademais, o Ministério das Cidades (Brasil, 2009) mostra que cláusulas de investimentos existem na maioria dos contratos de concessões de abastecimento de água e que grande parte dos municípios estabeleceu órgãos públicos locais como agentes reguladores e fiscalizadores. Portanto, pode-se afirmar que provedores públicos

12. Argumentos baseados em: Turolla (2002), Toneto Júnior e Saiani (2006), Rezende *et al.* (2007), Saiani e Toneto Júnior (2010), Saiani (2012) e Heller, Rezende e Cairncross (2014), entre outros.

locais, por não serem “presos” por parâmetros contratuais, são mais suscetíveis à influência dos governantes locais, mas não é possível descartar a possibilidade de esta ocorrer em outros provedores.

Por último, vale apontar que os investimentos no serviço demandam tempo para gerarem resultados em termos de expansão do acesso e de melhorias da qualidade, pois, no geral, são necessárias grandes obras. Ademais, os consumidores optam pela conexão à rede se estiverem dispostos a pagarem pelo serviço (tarifa) e a arcarem com os custos de se conectarem, como encanamentos e reformas residenciais (Rezende *et al.*, 2007), o que pode demorar se a rede ainda não existir em suas áreas de residência. A qualidade, por sua vez, não depende apenas de investimentos e de outras medidas dos provedores; ações dos consumidores também podem afetar essa dimensão, como contaminações por ligações clandestinas ou por descarte inadequado de resíduos sólidos e líquidos.

3 IMPLEMENTAÇÃO EMPÍRICA

Para averiguar o efeito do desmembramento de municípios sobre os investimentos em serviços de utilidade pública, tomando como exemplo o abastecimento de água, o ideal seria observar, concomitantemente, os resultados do município *i* com e sem o desmembramento.¹³ Contudo, apenas um dos resultados é passível de constatação em dado momento para cada município. Observa-se o resultado do desmembramento onde este ocorreu e, naqueles em que não, o do não desmembramento. O segundo pode não ser um contrafactual adequado para o primeiro, pois é possível que exista viés de autosseleção. Ou seja, que o desmembramento não seja independente de seus resultados.

A decisão pelo desmembramento não é aleatória, o que fica implícito na discussão da segunda seção. Assim, é necessário adotar um método que corrija o potencial viés. Aqui, é utilizado o de “Diferenças em Diferenças”, que lida com a seleção por atributos observados variantes no tempo e não observados fixos no tempo. Para isso, devem ser empregados dados em painel e as estimações realizadas considerando efeitos fixos (estimador *Within*). Para também ser consistente à seleção por atributos observados variantes no tempo, é necessário inserir um vetor de covariadas *X* do município *i* no ano *t* que afetariam o *status* do tratamento (desmembramento) *e/ou* seus resultados.¹⁴

13. Nesse estudo, o desmembramento é analisado como um “tratamento”, sendo a discussão fundamentada pelo Modelo Roy-Rubin de resultados potenciais. Conferir: Roy (1951) e Rubin (1974).

14. Para mais detalhes sobre os benefícios e as dificuldades da aleatorização e do método, ver: Rubin (1974), Card (1992), Smith e Todd (2005), Duflo, Glennerster e Kremer (2006) e Angrist e Pischke (2009), entre outros. São realizadas estimações robustas que lidam com o potencial problema de heterocedasticidade.

Por “Diferenças em Diferenças”, o efeito médio do desmembramento, condicional a X , sobre os investimentos em abastecimento de água nos municípios em que ocorreu a divisão territorial e política, é mensurado pela diferença entre as médias das diferenças dos resultados, antes e após o desmembramento, nos municípios com e sem secessão.¹⁵ A hipótese de identificação é que, na ausência de desmembramento, os investimentos, condicionais a X , teriam tendência semelhante nos municípios que se desmembraram e que não. Porém, nos primeiros, o desmembramento induziria um desvio da tendência.

Adicionalmente, pode-se considerar a possibilidade de que o viés de autoseleção também decorra de características que não variam no tempo. Assim, ao se tomar as diferenças das médias das diferenças entre os grupos, o viés desapareceria, e as variações nos municípios não desmembrados se tornam contrafactual adequado para variações nos municípios desmembrados.

Seguindo o modelo de Ravallion (2000), também é avaliado como o investimento de um município, em comparação à média de seus “vizinhos”, responde aos níveis de oferta e de qualidade. Para a oferta, os modelos baseiam-se nas equações (1) a (4). Em função da disponibilidade de dados, é utilizada uma amostra para $t = 1996, \dots, 2010$.

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \alpha_0 + \alpha_1 D_{ij}^t + \alpha_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_3 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + T^t + \mu_i + \varepsilon_{ij}^t \quad (1)$$

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \alpha_0 + \alpha_1 D_{ij}^t + \alpha_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_3 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \alpha_4 A_{ij}^t + \alpha_5 X_{ij}^t + T^t + \mu_i + \varepsilon_{ij}^t \quad (2)$$

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \alpha_0 + \alpha_1 D_{ij}^t + \alpha_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_6 D_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_3 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \alpha_4 A_{ij}^t + \alpha_5 X_{ij}^t + T^t + \mu_i + \varepsilon_{ij}^t \quad (3)$$

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \alpha_0 + \alpha_1 D_{ij}^t + \alpha_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_6 D_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_7 D_{ij}^t \cdot L_{ij}^t + \alpha_3 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \alpha_4 A_{ij}^t + \alpha_5 X_{ij}^t + T^t + \mu_i + \varepsilon_{ij}^t \quad (4)$$

sendo: α_0 a constante; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ e α_7 os vetores de coeficientes associados às variáveis explicativas; μ_i os efeitos fixos; e μ_{ij}^t o termo errático.

A variável dependente $(I_{ij}^t - I_{j-i}^t)$ é denominada como *investimento relativo* e representa a diferença entre o investimento *per capita* em abastecimento de água em t do município i (I_{ij}^t) e o investimento *per capita* médio no restante de sua

15. *Average treatment effect on the treated*, assumindo a *ignorability (unconfoundedness) assumption*. Ou seja, condicionais a covariadas que afetam a seleção, os resultados independem do *status* do tratamento (Rubin, 1977). Assume-se, ainda, a hipótese de que o resultado em um município independe do *status* do tratamento em outros – *stable unit treatment value assumption*. Conferir: Cox (1958) e Rubin (1978).

microrregião j (I_{j-i}^t), em R\$ de 2000.¹⁶ Para cada município, são calculados valores microrregionais líquidos dos seus próprios valores e dos de outros municípios da mesma microrregião que sofreram desmembramentos. Esse procedimento, também adotado para as variáveis de controle, tem o intuito de que sejam captadas somente diferenças nos investimentos em abastecimento de água entre os municípios desmembrados e não desmembrados.

Os dados sobre investimentos são disponibilizados pelo Sistema de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades. No SNIS, são considerados como investimentos em abastecimento de água os valores totais investidos pelos provedores em equipamentos e em instalações incorporados aos sistemas (expansão e manutenção).

O termo D_{ij}^t representa uma das variáveis de interesse para este estudo: o *status* do tratamento (desmembramento). Trata-se de uma *dummy* pela qual os investimentos relativos de municípios com e sem desmembramento são comparados. Os municípios desmembrados são agregados – os valores dos novos criados em t são somados, a partir de então, aos valores dos de origem. Para facilitar as análises, é utilizado “município desmembrado” ou “com desmembramento”, mas corresponde à agregação de dois ou mais municípios que passaram por processo de secessão. Assim, é avaliado como o desmembramento impactou sobre investimentos que antes deste processp representavam somente um município, mas que depois passaram a ser compostos por dois ou mais.

Em função do marco legal, comentado na segunda seção, novos municípios foram criados (instalados) durante o período aqui analisado apenas em dois anos: 1997 e 2001. Considerando tal fato, a *dummy desmembramento* (D_i^t) assume o valor um, a partir de 1997, nos municípios com desmembramento nesse ano e, a partir de 2001, se a secessão ocorreu em tal ano; nos demais, é sempre igual a zero. Portanto, pelo menos no primeiro ano do período analisado (1996), a *dummy desmembramento* é igual a zero em todos os municípios que constam na amostra e que têm informações disponibilizadas para esse ano, o que é uma condição necessária para o método de “Diferenças em Diferenças”. A identificação dos municípios em cada caso se deu por meio de informações do IBGE.

Outra variável de interesse é a *diferença cobertura*, representada por $(A_{ij}^t - A_{j-i}^t)$, que corresponde à diferença entre a cobertura do abastecimento de água, em t , no município i , e a cobertura média no restante de sua microrregião j . A variável também é calculada com informações advindas do SNIS.¹⁷ É por meio dela que é avaliado se os investimentos respondem ao nível de oferta do serviço, principalmente

16. As microrregiões são definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

17. A cobertura do abastecimento de água é calculada, em cada município ou em cada microrregião, pela razão entre a população atendida (urbana e rural) pelo serviço (com acesso) e a população residente total.

se for inferior à média dos “vizinhos”, o que seria uma resposta “ideal”.¹⁸ Ou seja, quanto piores os níveis relativos de oferta, maior seria a reação para suprir as carências da população. Tal hipótese é corroborada se o coeficiente da variável (α_2) for negativo, o que denota que municípios com menores níveis relativos de cobertura investem relativamente mais.

3.1 Variáveis de controle e hipóteses adicionais

O termo ($X_{ij}^t - X_{j-i}^t$) nas equações representa a diferença, em t , entre o município i e a média do restante de sua microrregião j , para cada variável de controle apresentada no quadro 1. Elas correspondem a atributos observados variantes no tempo, que, pela literatura, poderiam influenciar as decisões de investimento e / ou de desmembramento.¹⁹

A variável *população* pode controlar aspectos distintos apontados anteriormente. Primeiramente, a relação desmembramento-porte municipal. Nos investimentos, por um lado, quanto maior a quantidade de consumidores, maior é a necessidade de que eles ocorram. A população seria, então, uma *proxy* para a demanda (Ménard e Saussier, 2000; Picazo-Tadeo *et al.*, 2012). Por outro lado, também pode determinar tanto o nível como a eficácia de serviços públicos: quanto maior a população, maior tende a ser o número de contribuintes, o que afeta as capacidades de arrecadação e, assim, de investimento. No entanto, as transferências advindas do FPM resultaram em municípios pequenos que tendem a ter maiores receitas *per capita*. Ademais, há economias de escala no serviço.

QUADRO 1
Descrições das variáveis de controle (características municipais)

Variáveis	Descrições	Fontes
População	População total (milhares de residentes)	IBGE
Comércio e serviços	Razão entre os empregados formais nos setores de comércio e de serviços e o total de empregados formais.	MTE
Fundamental	Razão entre os empregados formais com ensino fundamental completo ou mais e o total de empregados formais	MTE
PIB <i>per capita</i>	Produto interno bruto <i>per capita</i> (em R\$ de 2000)	IBGE
Jovem	Razão entre a população abaixo de 19 anos e a população total	IBGE
Idoso	Razão entre a população acima de 60 anos e a população total	IBGE

Fonte: Estimativa da população (IBGE) e Rais (MTE).

Obs.: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; MTE – Ministério do Trabalho e Emprego.

18. Devido aos aspectos apontados no final da subseção 2.2, acredita-se que não exista problema de causalidade reversa ao considerar, cobertura, qualidade e investimentos medidos nos mesmos anos.

19. Estatísticas descritivas dessas covariadas e das demais variáveis podem ser obtidas junto aos autores.

O tamanho e a concentração populacionais podem ser considerados como *proxies* para a proximidade entre cidadãos (ou consumidores) e governantes (ou provedores). Essa proximidade seria maior em locais com menos residentes e/ou maiores densidades demográficas e urbanizações, nos quais tendem a serem maiores as condições para que os indivíduos se organizem, pressionem e influenciem os gestores públicos, que, buscando maximizar oportunidades eleitorais, seriam mais suscetíveis ao controle social (Glaeser, 2005).

Essa é uma justificativa para a variável *comércio e serviços*. Na ausência de outros dados, esta também é uma *proxy* para a urbanização e a concentração populacional.²⁰ Outro aspecto que justifica esse controle é a existência de economias de densidade no serviço. Além disso, as atividades de serviços afetam as capacidades de arrecadar e de investir dos municípios, pois um de seus principais tributos é o imposto sobre serviços.

Os políticos também seriam mais suscetíveis ao controle social quanto maior for o nível educacional e, assim, parcela maior da população participar do processo político (Gradstein e Justman, 1999). Ademais, populações homogêneas em termos educacionais potencializariam efeitos da descentralização e pessoas com maiores níveis de educação demandariam mais a adequação do saneamento por serem mais conscientes em relação a questões ambientais e de saúde (Shafik e Bandyopadhyay (1992). Assim, na ausência de outras informações, esses possíveis efeitos são controlados pela *proxy fundamental*.

É plausível supor, ainda, que não somente o nível de educação formal resulte em maior conscientização ambiental e de saúde e, assim, em pressão social sobre questões referentes ao saneamento. O acesso a meios de comunicação e, por meio destes, a mais informações, que se relacionam ao nível de renda, também poderiam ter efeitos nesse sentido. Essa é uma justificativa para o controle pelo PIB *per capita*. Outra justificativa seria o fato das capacidades de arrecadar e de investir tenderem a serem maiores em localidades com níveis de renda mais elevados.²¹ Deve-se ressaltar, ainda, a provável relação entre o desenvolvimento dos municípios e o desmembramento, comentada na segunda seção.

A estrutura etária também influenciaria a demanda por serviços públicos (Case, Rosen e Hines Junior, 1993). Por exemplo, em locais com grandes proporções de jovens e idosos podem existir maiores pressões por ações no abastecimento de água, pois essas faixas etárias são mais vulneráveis a enfermidades decorrentes da

20. Atividades econômicas que são mais tipicamente urbanas. Assim, é plausível supor que quanto maior a proporção de empregados formais nestas, maiores seriam a urbanização e a concentração populacional.

21. Para mais detalhes, ver: Galiani, Gertler e Scharfrodsky (2005) e Picazo-Tadeo *et al.* (2012), entre outros.

sua inadequação.²² Além disso, os não jovens e não idosos contribuem mais para a arrecadação tributária. Assim, quanto menor a parcela de indivíduos nessas faixas etárias, maior seria a capacidade de investir dos municípios. Esses possíveis efeitos são controlados pelas variáveis *jovem* e *idoso*.

Nas equações (2) a (4), é feita uma adaptação do modelo de Ravallion (2000): o controle pela variável *cobertura* (A_{ij}^i) e covariadas (X_{ij}^i) também em níveis. Espera-se lidar, assim, com o possível viés de variável omitida, supondo que as características controladas possam ser relacionadas a não observadas variantes no tempo; e a provável endogeneidade da decisão de desmembrar. Ademais, é interessante controlar a cobertura em nível por esta também poder influenciar o investimento relativo. Pode-se pensar, por exemplo, que ele seja menor quanto mais próxima estiver a universalização do acesso.

O termo $D_{ij}^i \cdot (A_{ij}^i - A_{j-i}^i)$ em (3) e (4) corresponde à interação *desmembramento x diferença cobertura*. Esta sinaliza se a resposta ao nível relativo de oferta é diferente em municípios que se desmembraram. Se o coeficiente da interação (α_7) for menor que zero, os municípios desmembrados investiriam, na média, relativamente mais à frente de coberturas relativas menores. Seria, então, uma evidência favorável à hipótese de que a maior proximidade entre gestor e população (descentralização) melhoraria a provisão.

Diante da diversidade de arranjos organizacionais nos quais o abastecimento de água é ofertado no país, seria interessante controlar o tipo de provedor. Contudo, há poucos casos de mudanças deste, de modo que acaba sendo captado pelos efeitos fixos. O que é possível fazer é uma interação entre o desmembramento e um dos tipos. Aqui é feito em relação aos públicos locais – *desmembramento x público local* ($D_{ij}^i \cdot D_{j-i}^i$) –, por possuírem maior liberdade para modificarem mais imediatamente seus investimentos, pois não estão “presos” a parâmetros contratuais de concessão ou de consórcio. A *dummy público local* (L_{ij}^i) é construída considerando o provedor do município de origem.

Para não apontar como um mero controle, mesmo tendo importância secundária para esse estudo, é possível levantar duas hipóteses alternativas para a interpretação do coeficiente da interação (α_8). Se for positivo, pode ser que públicos locais, por serem mais livres para alterar investimentos, sejam mais afetados pelo desmembramento, caso seu efeito também seja positivo. Se for negativo, é provável que, na maioria dos casos, o provedor público local do município de origem não tenha mantido a oferta nos novos, o que reduz, ao menos por um tempo, investimentos nos originais (diminuição de territórios e de populações atendidas) e nos novos (tempo para reestruturar a oferta). Um fato favorece tal hipótese: o baixo número de privatizações. Assim, quase todos os municípios de origem sem

22. Segundo, entre outros, Briscoe, Feachem e Rahaman (1985), Esrey *et al.* (1990), Heller (1997) e Galiani, Gertler e Schargrodsky (2005).

públicos locais eram atendidos por públicos regionais, o que pode ter facilitado a manutenção da oferta e a realização de investimentos nos novos.

Nas equações (1) a (4), também é considerado um vetor de *dummies anuais* (T^t) – 1996 como *default* –, que controla efeitos de atributos não observados fixos entre os municípios e variantes no tempo. É o caso, por exemplo, de alterações institucionais, como as já mencionadas referentes à criação de municípios e a Lei Federal nº 11.445, que define parâmetros de expansão do acesso e de melhorias na qualidade do serviço.

As especificações para estimar o efeito do desmembramento sobre investimentos relativos em abastecimento de água e a resposta destes aos níveis relativos de oferta são resumidas no quadro 2. As *especificações I a IV* representam, respectivamente, as equações (1) a (4). Na *especificação I*, além das *dummies desmembramento e anuais*, as variáveis *cobertura* e de controle são consideradas em diferenças; na *II*, as mesmas variáveis são inseridas em níveis; na *III*, acrescenta-se a interação *desmembramento x diferença cobertura*; na *IV*, incorpora-se a interação *desmembramento x público local*.

As *especificações V e VI* também são baseadas em (4), mas a amostra é alterada. Como já apontado, as estimações do efeito do desmembramento sobre os investimentos relativos são realizadas, devido à disponibilidade de dados, para os municípios que se desmembraram em 1997 ou 2001. Porém, vários foram criados em 1991 e 1993. Assim, até a *especificação IV*, no grupo de controle, estão aqueles que não se desmembraram a partir de 1990 e municípios em que o desmembramento ocorreu em 1991 e em 1993.

QUADRO 2

Resumo das especificações para avaliar o efeito médio do desmembramento sobre os investimentos relativos e suas respostas aos níveis de oferta

Especificações/características	I	II	III	IV	V	VI	VII
Período: 1996 a 2010	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummy desmembramento</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
<i>Diferença cobertura</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Variável <i>cobertura</i> em nível	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Covariadas em diferenças	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Covariadas em níveis	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Desmembramento x diferença cobertura</i>	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
<i>Desmembramento x público local</i>	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não
<i>População x diferença cobertura</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Não desmembrados nos anos 1990 e 2000	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Desmembrados em 1991 e 1993	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
<i>Dummies anuais</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Elaboração dos autores.

É interessante, então, a divisão em dois grupos de controle: um com somente os municípios que não se desmembraram nas décadas de 1990 e 2000 (*especificação V*) e outro com somente os que se desmembraram em 1991 e 1993 (*especificação VI*). Tal procedimento permite avaliar se o possível efeito do desmembramento é observado em relação apenas aos não desmembrados ou também aos desmembrados em 1991 e 1993.

Se, no último caso, o coeficiente da *dummy desmembramento* for significativo, sinaliza que o efeito do desmembramento é diferente, pelo menos em magnitude, em períodos mais próximos à secessão (ou seja, altera-se no tempo). Esse é um resultado importante à atribuição de causalidade ao efeito imediato do desmembramento, pois são comparados municípios mais semelhantes em atributos não observados variantes entre eles e no tempo que determinariam a divisão. Assim, se as evoluções dos investimentos são estatisticamente diferentes entre os municípios desmembrados em anos distintos, é uma evidência mais robusta à interpretação da relação obtida como um efeito causal.

3.2 População como *proxy* para proximidade e outros testes de robustez

A população pode ser considerada como uma *proxy* para a proximidade entre os cidadãos (ou consumidores) e os governantes (ou provedores). Assim, uma alternativa para testar a hipótese de que esta influenciaria a resposta dos investimentos relativos a coberturas relativas é usar a interação *população x diferença cobertura*. Isso é feito na *especificação VII* (quadro 2), com a estimação de um modelo baseado em (5), na qual $P_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t)$ representa a interação. Se o coeficiente desta (α_9) for positivo, é uma evidência favorável à hipótese dos municípios menores, com maior proximidade entre governantes e cidadãos, responderem melhor a coberturas relativas inferiores; se for negativo, prevaleceriam os outros fatores apontados ao justificar a covariada população (contribuintes potenciais, capacidades de arrecadar e de investir e economias de escala).

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \alpha_0 + \alpha_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_9 P_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_3 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \alpha_5 A_{ij}^t + \alpha_6 X_{ij}^t + T^t + \mu_i + \varepsilon_{ij}^t, \quad (5)$$

sendo: α_0 a constante; α_2 , α_3 , α_5 , α_6 e α_9 os vetores de coeficientes associados às variáveis explicativas; μ_i os efeitos fixos; e ε_{ij}^t o termo errático.

Apesar do controle por atributos observados variantes no tempo, inclusive em níveis, e por atributos não observados fixos no tempo e da adoção de 7 especificações distintas, os prováveis resultados obtidos podem sofrer críticas relacionadas: à possibilidade de que o desmembramento seja determinado por características não observadas variantes no tempo que também influenciariam os investimentos (ou seja,

o viés de autosseleção não teria sido totalmente corrigido); e a problemas referentes à principal fonte de dados do estudo, o SNIS. Por isso, são adotados os testes de robustez resumidos no quadro 3.

Primeiramente, é averiguado se as evoluções dos investimentos relativos foram estatisticamente diferentes nos municípios desmembrados antes de ocorrer efetivamente o desmembramento. Parte-se da premissa de que, se este for determinado por atributos não observados variantes no tempo em anos próximos ao da secessão e que também determinariam seus resultados, os investimentos relativos deveriam apresentar variações distintas antes mesmo do desmembramento. Caso contrário, é obtida uma evidência mais robusta à atribuição de causalidade ao provável efeito constatado nas estimações anteriores. As análises são restringidas aos anos de 1998 a 2000 e, baseando-se em (2), a *dummy desmembramento* é substituída por uma *dummy desmembramento 2001*, que assume o valor um em 1999 e 2000 nos municípios que se desmembraram em 2001.

QUADRO 3

Testes de robustez: resumo das especificações para avaliar o efeito médio do desmembramento sobre os investimentos relativos e suas respostas aos níveis de oferta

Especificações/características	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Período: 1998 a 2000	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Período: 1996 a 2010	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
<i>Dummy desmembramento</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
<i>Dummy desmembramento 2001</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Painel balanceado	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Variável <i>diferença abastecimento</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Variável <i>abastecimento</i> em nível	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Covariadas em diferenças	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Covariadas em níveis	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Não desmembrados nos anos 1990 e 2000	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Desmembrados em 1991 e 1993	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim
Desmembrados em 1997	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim
<i>Dummies anuais</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Elaboração dos autores,

Na *especificação VIII*, os investimentos relativos dos desmembrados em 2001 são comparados aos dos municípios da amostra total; na *IX*, a comparação se dá em relação aos que não se desmembraram nas décadas de 1990 e 2000; na *X*, o grupo de controle é formado pelos desmembrados em 1991, 1993 e 1997; na *XI*, apenas por aqueles que se desmembraram em 1991 e em 1993; na *XII*, pelos que se desmembraram em 1997. Portanto, antes da secessão, os desmembrados

em 2001 são comparados aos que não se desmembram nos anos 1990 e 2000 e aos que se desmembraram em 1991, 1993 e 1997.

É plausível supor que os últimos sejam mais semelhantes aos desmembrados em 2001 em atributos que afetariam o desmembramento, pois este aconteceu em todos. A opção por restringir a análise para os anos de 1998 a 2000 permite, então, comparar os resultados anteriores dos municípios que se desmembraram em 2001 aos desmembrados em momentos mais distantes (1991 e 1993) e mais próximos (1997). Dessa forma, se os coeficientes da *dummy desmembramento 2001* não se mostrarem significativos, é mais confiável a interpretação do provável efeito médio do desmembramento como causal.

Em relação ao segundo aspecto que pode motivar críticas, deve-se apontar que o SNIS é um banco disponibilizado pelo Ministério das Cidades que depende de dados reportados pelos próprios provedores. O principal problema decorre do fato destes não serem obrigados a fornecê-los. Alguns municípios “entram” na amostra em dados anos e “saem” em outros. É possível que a decisão por informar não seja aleatória. Ademais, no período analisado, a quantidade de provedores convidados a fornecerem informações também variou, com tendência de aumento no decorrer dos anos. Assim, a amostra de municípios difere ano a ano, o que pode enviesar quaisquer avaliações, como a desse estudo, que necessitam de dados que são disponibilizados somente por meio do SNIS.

Diante dessa restrição, todas as estimações descritas até esse momento são feitas com painéis desbalanceados. Para avaliar se a “entrada e saída” de municípios enviesam os resultados, é feita uma estimacão adicional considerando uma amostra balanceada para o período de 1996 a 2010. Esta é representada no quadro 3 pela *especificação XIII*. Se os resultados forem semelhantes aos encontrados com o painel desbalanceado, é uma evidência favorável à interpretação de que a variação dos informantes não enviesam os resultados. Um limitante a tal estratégia de identificação é a amostra balanceada ser bem reduzida, o que pode impactar sobre a significância dos coeficientes estimados.²³

3.3 Resposta à qualidade do serviço

Esse estudo avalia, ainda, se os investimentos relativos respondem a qualidades relativas do abastecimento de água. Para isso, também por “Diferenças em Diferenças” são estimados modelos baseados nas equações (6) a (8).²⁴ Nestas, $(Q_{jt}^i - Q_{j-t}^i)$ é a nova variável de interesse: *diferença qualidade*, que representa a diferença entre o indicador de qualidade, em t , do município i e o indicador médio do restante de sua microrregião j . O ideal seria constatar um coeficiente negativo associado à

23. No painel desbalanceado, há dados, não necessariamente em todos os anos, para 394 desmembrados, sendo que 353, em 1997, e 41, em 2001; no balanceado, há 32 casos, sendo 24, em 1997, e 8, em 2001.

24. Nessas estimacões, devido à disponibilidade de dados, são usados somente painéis desbalanceados.

variável (α_{10}) – quanto pior a qualidade relativamente à média da microrregião, maior seria o investimento relativo.

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \alpha_0 + \alpha_1 D_{ij}^t + \alpha_{10} (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \alpha_3 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + T^t + \mu_i + \varepsilon_{ij}^t \quad (6)$$

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \alpha_0 + \alpha_1 D_{ij}^t + \alpha_{10} (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \alpha_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_{11} D_{ij}^t \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \alpha_7 D_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_3 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \alpha_{12} Q_{ij}^t + \alpha_5 A_{ij}^t + \alpha_6 X_{ij}^t + T^t + \mu_i + \varepsilon_{ij}^t \quad (7)$$

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \alpha_0 + \alpha_{10} (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \alpha_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_{13} P_{ij}^t \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \alpha_9 P_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \alpha_3 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \alpha_{12} Q_{ij}^t + \alpha_5 A_{ij}^t + \alpha_6 X_{ij}^t + T^t + \mu_i + \varepsilon_{ij}^t, \quad (8)$$

sendo: α_0 a constante; α_1 , α_2 , α_3 , α_5 , α_6 , α_7 , α_9 , α_{10} , α_{11} , α_{12} e α_{13} os vetores de coeficientes associados às variáveis explicativas; μ_i o efeito fixo e ε_{ij}^t o termo errático.

A fonte de dados sobre a qualidade do abastecimento de água nos municípios brasileiros também é o SNIS. Este disponibiliza vários indicadores que representariam tal aspecto da provisão. Porém, nesse caso, os problemas de ausência de informações e de variação da amostra são ainda maiores. Assim, ao avaliar a base, optou-se por usar apenas o indicador que maximiza as observações. O indicador selecionado é a incidência das análises de turbidez fora do padrão (*turbidez*).²⁵ Apesar do critério de escolha, a amostra é menor do que as anteriores, o que pode influenciar a significância dos coeficientes.

Considerando tal fato, são realizadas estimações adicionais com uma variável que sinalizaria, em parte, as condições gerais da qualidade do serviço: o coeficiente de morbidade hospitalar por doenças mais associadas ao saneamento (*morbidade*),²⁶ para o qual há dados de quase todos os municípios em todos os anos. Vários estudos mostram evidências de que a inadequação da qualidade influencia a incidência de um conjunto específico de doenças.²⁷ Assim, é plausível supor que qualidades relativamente menores se reflitam em maiores morbidades relativas por essas enfermidades específicas. Nesse caso, o coeficiente da variável *diferença qualidade* (α_{10}), que passa a medir a diferença entre morbidades, deverá ser positivo para

25. Proporção, na quantidade total anual analisada de amostras coletadas na(s) saída(s) da(s) unidade(s) de tratamento e no sistema de distribuição de água, da quantidade total anual de amostras cujo resultado da análise ficou fora do padrão determinado pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (MS, 2011).

26. Número de internações em unidades hospitalares do Sistema Único de Saúde (SUS) por 100 habitantes. Os dados são oriundos do Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Uma pessoa pode residir em um município e ser internada em outro. Considerando que a saúde desta é afetada pela qualidade da água no município em que reside, as internações foram coletadas segundo o local de residência, de acordo com a literatura (alguns trabalhos são citados a seguir) e a Classificação Internacional de Doenças (CID).

27. As doenças associadas ao saneamento são apontadas por, entre outros: Briscoe, Feachem e Rahaman (1985), Cairncross e Feachem (1990), Esrey *et al.* (1990), Heller (1997), Mara e Feachem (1999) e Galiani & Gertler e Schargrofsky (2005).

não refutar a hipótese de que investimentos relativos respondem às qualidades relativas – qualidades relativamente inferiores, que resultariam em morbidades relativamente maiores, motivariam maiores investimentos.

A *turbidez* representa uma dimensão específica da qualidade do abastecimento de água. A *morbidade*, por sua vez, refletiria vários aspectos da provisão, entre os quais, dimensões da qualidade, mas também outros fatores que influenciariam a incidência das doenças. Assim, a *morbidade* como *proxy* para a qualidade pode sofrer críticas. Porém, mesmo se não for uma *proxy* apropriada, não deixa de ser interessante averiguar se os investimentos respondem a uma das principais consequências das condições do serviço.

No quadro 4, são resumidas as especificações para avaliar a resposta à qualidade relativa. As *especificações XIV e XVII* correspondem aos modelos baseados na equação (6); *XV e XVIII* aos modelos baseados em (7); e *XVI e XIX* aos modelos baseados em (8). A diferença entre as especificações que compõem cada um dos pares é a medida de qualidade. Em *XIV, XV e XVI*, é usada a *turbidez*; em *XVII, XVIII e XIX*, a *morbidade*.

QUADRO 4

Resumo das especificações para avaliar o efeito médio do desmembramento sobre os investimentos relativos e suas respostas aos níveis de qualidade

Especificações/características	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX
Período: 1996 a 2010	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummy desmembramento</i>	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
<i>Diferença qualidade</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Diferença cobertura</i>	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Variável <i>qualidade</i> em nível	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Variável <i>cobertura</i> em nível	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Indicador de qualidade: <i>turbidez</i>	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Indicador de qualidade: <i>morbidade</i>	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Covariadas em diferenças	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Covariadas em níveis	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
<i>Desmembramento x diferença qualidade</i>	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não
<i>Desmembramento x diferença cobertura</i>	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não
<i>População x diferença qualidade</i>	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim
<i>População x diferença cobertura</i>	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim
Não desmembrados nos anos 1990 e 2000	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Desmembrados em 1991 e 1993	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummies anuais</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Elaboração dos autores,

Nas *especificações XIV e XVII*, são consideradas a *dummy desmembramento* e as variáveis em diferenças. Além do desmembramento, a outra variável de interesse é o indicador de qualidade. As covariadas são as mesmas do Quadro 1, com o acréscimo, quando a *turbidez* for a medida de qualidade, do indicador de conformidade das análises de turbidez (*conformidade turbidez*)²⁸ para controlar o montante realizado desse tipo de análise. Tal procedimento é adotado sempre que a qualidade for medida pela *turbidez*.

Em *XV e XVIII*, é adicionada a interação *desmembramento x diferença qualidade*, representada em (7) por $D_{ij}^t \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t)$. O intuito é avaliar se a resposta à qualidade relativa é diferente nos municípios desmembrados. Se o coeficiente α_{11} for negativo para a *turbidez* e positivo para a *morbidade*, os desmembrados investem relativamente mais frente a qualidades relativas inferiores. Seria outra evidência favorável à hipótese de que a maior proximidade decorrente do desmembramento induziria maiores investimentos para lidar com deficiências no abastecimento de água. Em *XV e XVIII*, são adicionadas as covariadas em níveis e as variáveis de cobertura: *diferença cobertura* ($(A_{ij}^t - A_{j-i}^t)$); *desmembramento x diferença cobertura* ($D_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t)$) e *cobertura* em nível (A_{ij}^t).

A população é aqui defendida como outra *proxy* para a proximidade. Assim, para garantir robustez ao teste da hipótese de que influenciaria a resposta dos investimentos à qualidade, a *dummy desmembramento* e sua interação com a *diferença qualidade* são substituídas pela interação *população x diferença qualidade*, representada em (8) por $P_{ij}^t \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t)$. As estimações com tal interação correspondem às *especificações XVI e XIX*, com as variáveis *qualidade* e *cobertura* e as covariadas consideradas em níveis e em diferenças. Além disso, é controlada a interação *população x diferença cobertura*.

Se o coeficiente da interação *população x diferença qualidade* (α_{13}) for positivo com a *turbidez* e negativo com a *morbidade*, são obtidas evidências que não refutem a hipótese de que municípios menores, devido à maior proximidade entre governantes e cidadãos, responderiam melhor, em termos de investimentos relativos, a qualidades relativas inferiores. Resultados distintos sinalizam que os outros fatores já comentados como relacionados à população seriam os determinantes da resposta dos investimentos.

As estimações permitem averiguar se os investimentos relativos em abastecimento de água respondem às coberturas e a qualidades relativas. É possível avaliar, ainda, se as respostas são diferentes. Se forem maiores ou significativas apenas para a cobertura, a provável explicação pode basear-se em dois fatores: essencialidade do acesso à água e à sobrevivência; e percepção e apropriação mais diretas dos benefícios

28. Razão entre a quantidade de amostras analisadas para aferição da turbidez e a quantidade mínima de amostras obrigatórias para análises de turbidez, definida pelo Ministério da Saúde (Brasil, 2011).

do acesso pelas pessoas, pois os da qualidade, embora relevantes, refletem-se mais como externalidades, não integralmente atribuíveis a tal dimensão. É plausível esperar, então, que o controle social seja maior na cobertura e, assim, que os investimentos respondam mais a esta.

3.4 Municípios novos *versus* originais

Este estudo também compara os investimentos relativos em abastecimento de água entre os municípios novos e os originais. Tal comparação é interessante devido à possibilidade do efeito do desmembramento que pode ser constatado nas análises de desmembrados (agregação de novos e originais) *versus* não desmembrados não decorrer apenas da conseqüente maior proximidade entre os consumidores e os provedores em municípios menores. Novos e originais também podem apresentar características não observadas distintas que influenciariam seus desempenhos em termos de investimentos.

Nos novos, poderia existir, por exemplo, maior engajamento dos habitantes e de novos governantes mais altruístas em prol de um objetivo comum de elevar o bem-estar da população ou de novos governantes mais oportunistas e *rent-seeking*, que realizam grandes obras para angariar apoio político e/ou outros benefícios. Os novos poderiam, ainda, necessitar de mais investimentos para a manutenção da provisão, pois, antes do desmembramento, é possível que ela ocorresse principalmente com ativos dos originais.

Para as análises de novos *versus* originais, são estimados modelos baseados nas equações (9) a (13). São considerados somente municípios que passaram por processos de desmembramento, cedendo territórios (originais) ou sendo criados (novos). Devido à ausência de dados anteriores à criação para os novos, são utilizadas informações dos anos de 2002 a 2010 ($t = 2002, \dots, 2010$). Nesse período, como são considerados os desmembramentos em 1991, 1993, 1997 e 2001, todos os novos já haviam sido criados e os originais haviam cedido territórios. Não é possível, então, controlar efeitos fixos para comparar se os investimentos relativos diferem entre novos e originais. Assim, é empregado, na maioria das estimações, o método de painel com efeitos aleatórios.

A variável dependente ($I_{ij}^t - I_{j-i}^t$) é a mesma dos testes anteriores: diferença entre o investimento *per capita* em abastecimento de água no ano t do município i e o investimento *per capita* médio no restante de sua microrregião j (I_{j-i}^t). O termo N_i^t em (9) e (10) representa a *dummy novo*, igual a um em todos os anos nos municípios criados em 1991, 1993, 1997 e 2001. Por meio desta, é avaliado se os investimentos diferem entre novos e originais. A resposta aos níveis de cobertura também é sinalizada pelo coeficiente da variável *diferença cobertura* (β_2), representada por ($A_{ij}^t - A_{j-i}^t$).

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \beta_0 + \beta_1 N_{ij}^t + \beta_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_3 N_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_4 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + T^t + v_{ij}^t \quad (9)$$

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \beta_0 + \beta_1 N_{ij}^t + \beta_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_3 N_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_5 N_{ij}^t \cdot L_{ij}^t + \beta_4 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \beta_6 A_{ij}^t + \beta_7 X_{ij}^t + T^t + v_{ij}^t \quad (10)$$

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \beta_0 + \beta_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_3 N_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_5 N_{ij}^t \cdot L_{ij}^t + \beta_4 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \beta_6 A_{ij}^t + \beta_7 X_{ij}^t + T^t + \mu_i + v_{ij}^t \quad (11)$$

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \beta_0 + \beta_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_3 N_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_5 N_{ij}^t \cdot L_{ij}^t + \beta_8 N_{ij}^{dt} + \beta_9 O_{ij}^{dt} + \beta_4 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \beta_6 A_{ij}^t + \beta_7 X_{ij}^t + T^t + v_{ij}^t \quad (12)$$

$$(I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = \beta_0 + \beta_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_5 N_{ij}^t \cdot L_{ij}^t + \beta_8 N_{ij}^{dt} + \beta_9 O_{ij}^{dt} + \beta_{10} N_{ij}^{dt} \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_{11} O_{ij}^{dt} \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_4 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \beta_6 A_{ij}^t + \beta_7 X_{ij}^t + T^t + v_{ij}^t \quad (13)$$

sendo: β_0 a constante; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8, \beta_9, \beta_{10}$ e β_{11} os vetores de coeficientes associados às variáveis explicativas; μ_i os efeitos fixos; e v_{ij}^t o termo errático.

As covariadas X_{ij}^t são as do quadro 1. Em (9), são controladas em diferenças; a partir de (10), também em níveis. É adotado procedimento semelhante para a *cobertura* (A_{ij}^t). Em todas as equações, são adicionadas *dummies anuais* T^t (2002 é o *default*) para controlar atributos não observados fixos entre os municípios e variantes no tempo.

De (9) a (12), é inserida a interação *novo x diferença cobertura*, representada por $N_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t)$. Esta sinaliza se as respostas aos níveis relativos de cobertura diferem entre municípios novos e originais. De (10) a (13), também é considerada uma interação *novo x público local* ($N_{ij}^t \cdot L_{ij}^t$) para apontar se, nos novos que assumiram diretamente a provisão, os investimentos relativos diferem aos dos demais (novos que concederam a empresas estaduais ou privadas e originais independentemente do tipo de provisão).

Por um lado, públicos locais alterariam mais facilmente seus investimentos por não serem “presos” a parâmetros definidos em contratos. Por outro lado, os recursos para investimentos devem advir, principalmente, de receitas do próprio serviço (tarifas) ou tributárias, o que pode ser um problema para os novos, que, de uma maneira geral, possuem populações menores e, conseqüentemente, menores capacidades de arrecadar e de investir. Se for válida a primeira hipótese, o coeficiente associado à interação *novo x público local* (β_5) deverá ser positivo; para valer a segunda, este deverá ser negativo.

Por ser analisado período posterior aos anos de secessão, os valores da *dummy novo* não variam no tempo entre os municípios. Assim, se for considerada na estimação, é captada pelos efeitos fixos. Os modelos baseados em (10) mantêm a *dummy* e, por isso, são estimados com efeitos aleatórios. Em (11), para testar a robustez dos resultados das demais variáveis, a *dummy* é retirada e as estimações consideram efeitos fixos (μ_i).

Anteriormente, foi levantada a hipótese de o efeito do desmembramento modificar no tempo. Se válida, pode decorrer de atributos não observados distintos entre novos e originais que alteram a diferença entre estes no tempo. A possível maior necessidade de investimentos para a manutenção da provisão nos novos, por exemplo, ocorreria apenas nos anos iniciais; após a adequação, os investimentos seguiriam a tendência dos demais. O engajamento da população e dos gestores também pode ser maior nos primeiros anos.

Tal possibilidade é averiguada desagregando a *dummy novo* em três *dummies*: *novo 91-93*, *novo 97* e *novo 01*. Estas são adicionadas em (12) e (13), nas quais são representadas por N_{ij}^d – o sobrescrito d denota o ano de criação do município ($d = 1991$ e 1993 ou 1997 ou 2001). Ademais, são consideradas duas *dummies* municípios originais, *original 97* e *original 01*, que leva em conta a secessão ($d = 1997$ ou 2001) e são representadas por O_{ij}^d . Os originais desmembrados em 1991 e 1993 são o *default*.

Para avaliar se as respostas dos municípios novos e originais a níveis relativos de oferta também diferem no tempo, em (13) são acrescentadas interações entre a variável *diferença cobertura* e as *dummies* novos e originais por anos de secessão, representadas por, respectivamente, $N_{ij}^d \cdot (A_{ij}^i - A_{j-i}^i)$ e $O_{ij}^d \cdot (A_{ij}^i - A_{j-i}^i)$. Assim, são consideradas cinco interações: *novo 91-93 x diferença cobertura*, *novo 97 x diferença cobertura*, *novo 01 x diferença cobertura*, *original 97 x diferença cobertura* e *original 01 x diferença original*. A resposta dos originais desmembrados em 1991 e 1993 é o *default*.

O quadro 5 resume as sete especificações adotadas para comparar os investimentos relativos de novos e originais e suas respostas aos níveis de oferta. XX corresponde ao modelo baseado em (9); XXI e XXII em (10); XXIII e XXIV em (11); XXV em (12); e XXVI em (13). Assim, a maioria das especificações foi discutida nas apresentações das equações. Cabem alguns comentários para distinguir as XXI e XXII e as XXIII e XIV.

Esses pares diferenciam-se pelos métodos usados: no primeiro, efeitos aleatórios; no segundo, efeitos fixos. Em XXI e XXIII (e nas demais), é empregada uma amostra desbalanceada de municípios com dados disponibilizados pelo SNIS; em XXII e XIV, uma amostra balanceada. É testada, assim, a robustez dos resultados, avaliando se são viesados pela variação dos informantes do SNIS. A limitação do teste é o número de observações, que sofre queda sensível, podendo afetar a significância dos coeficientes.²⁹

29. No painel desbalanceado, há dados para 1.068 municípios novos. No painel balanceado, para 21.

QUADRO 5

Resumo das especificações para comparar os investimentos relativos em abastecimento de água entre municípios novos e originais e suas respostas aos níveis relativos de oferta

Especificações/características	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	XXVI
Período: 2002 a 2010	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummy novo</i>	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
<i>Diferença cobertura</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Novo x Diferença Cobertura</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
<i>Novo x Público Local</i>	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Variável <i>cobertura</i> em nível	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Diferenças das covariadas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Covariadas em níveis	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Painel balanceado	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não
Efeitos fixos	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não
<i>Novo por ano de criação</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
<i>Original por ano de secessão</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
<i>Novo por ano x diferença cobertura</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
<i>Original por ano x diferença cobertura</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Não desmembrados nos anos de 1990 e 2000	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
<i>Dummies anuais</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Elaboração dos autores.

3.5 Novos versus originais: resposta à qualidade do serviço

Por último, este estudo também avalia se a resposta às qualidades relativas difere entre novos e originais. Em conjunto com as análises para a cobertura, é possível, então, verificar se as respostas desses municípios são distintas em relação às duas dimensões da provisão. Para isso, são estimados modelos baseados nas equações (14) a (17).

$$\begin{aligned} (I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = & \beta_0 + \beta_1 N_{ij}^t + \beta_{12} (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \beta_{13} N_{ij}^t \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \\ & \beta_4 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + T^t + v_{ij}^t \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} (I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = & \beta_0 + \beta_1 N_{ij}^t + \beta_{12} (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \beta_{13} N_{ij}^t \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \beta_5 N_{ij}^t \cdot L_{ij}^t + \\ & \beta_4 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \beta_{14} Q_{ij}^t + \beta_7 X_{ij}^t + T^t + v_{ij}^t \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} (I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = & \beta_0 + \beta_1 N_{ij}^t + \beta_{12} (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \beta_2 (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_{13} N_{ij}^t \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \\ & \beta_3 N_{ij}^t \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_5 N_{ij}^t \cdot L_{ij}^t + \beta_4 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \beta_{14} Q_{ij}^t + \beta_6 A_{ij}^t + \beta_7 X_{ij}^t + T^t + v_{ij}^t \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned}
 (I_{ij}^t - I_{j-i}^t) = & \beta_0 + \beta_{12}(Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \beta_2(A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_5 N_{ij}^t \cdot L_{ij}^t + \beta_8 N_{ij}^{dt} + \beta_9 O_{ij}^{dt} + \\
 & \beta_{15} N_{ij}^{dt} \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \beta_{10} N_{ij}^{dt} \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_{16} O_{ij}^{dt} \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t) + \\
 & \beta_{11} O_{ij}^{dt} \cdot (A_{ij}^t - A_{j-i}^t) + \beta_4 (X_{ij}^t - X_{j-i}^t) + \beta_{14} Q_{ij}^t + \beta_6 A_{ij}^t + \beta_7 X_{ij}^t + T^t + v_{ij}^t,
 \end{aligned} \tag{17}$$

sendo: β_0 a constante; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8, \beta_9, \beta_{10}, \beta_{11}, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{14}, \beta_{15}$ e β_{16} os vetores de coeficientes das variáveis explicativas e v_{ij}^t o termo errático.

Assim como nas análises desmembrados *versus* não desmembrados, $(Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t)$ representa a *diferença qualidade*, por meio da qual é averiguado se os investimentos relativos respondem às qualidades relativas. A *turbidez* é a principal medida de qualidade. O emprego desta reduz a amostra. Por isso, alternativamente, em uma das estimações é usada a *morbidade*. O coeficiente da interação *novo x diferença qualidade* $(N_{ij}^{dt} \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t))$ sinaliza se as respostas são distintas entre os novos e os originais.

QUADRO 6

Resumo das especificações para comparar os investimentos relativos em abastecimento de água entre municípios novos e originais e suas respostas aos níveis relativos de qualidade

Especificações/características	XXVII	XXVIII	XXIX	XXX	XXXI
Período: 2002 a 2010	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Dummy novo</i>	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
<i>Diferença qualidade</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Novo x diferença qualidade</i>	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
<i>Diferença cobertura</i>	Não	Não	Sim	Sim	Sim
<i>Novo x diferença cobertura</i>	Não	Não	Sim	Não	Sim
Variável <i>qualidade</i> em nível	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Variável <i>cobertura</i> em nível	Não	Não	Sim	Sim	Sim
<i>Novo x público local</i>	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Indicador de qualidade: <i>turbidez</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Indicador de qualidade: <i>morbidade</i>	Não	Não	Não	Não	Sim
Covariadas em diferenças	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Covariadas em níveis	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
<i>Novo</i> por ano de criação	Não	Não	Não	Sim	Não
<i>Original</i> por ano de secessão	Não	Não	Não	Sim	Não
<i>Novo</i> por ano x <i>diferença qualidade</i>	Não	Não	Não	Sim	Não
<i>Novo</i> por ano x <i>diferença cobertura</i>	Não	Não	Não	Sim	Não
<i>Original</i> por ano x <i>diferença qualidade</i>	Não	Não	Não	Sim	Não
<i>Original</i> por ano x <i>diferença cobertura</i>	Não	Não	Não	Sim	Não
Não desmembrados nos anos de 1990 e 2000	Não	Não	Não	Não	Não
<i>Dummies anuais</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Elaboração dos autores.

Para averiguar se a provável diferença altera no tempo, são adicionadas interações entre a *diferença qualidade* e as *dummies* novos e originais por anos de secessão – $N_{ij}^{dt} \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t)$ e $O_{ij}^{dt} \cdot (Q_{ij}^t - Q_{j-i}^t)$, respectivamente. Os originais desmembrados em 1991 e 1993 são o *default*. São usadas as interações: *novo 91-93 x diferença qualidade*, *novo 97 x diferença qualidade*, *novo 01 x diferença qualidade*, *original 97 x diferença qualidade* e *original 01 x diferença qualidade*. O Quadro 6 resume as especificações.³⁰

As especificações *XXVII a XXXI* representam, respectivamente, as equações (14) a (17). *XXVII* é o modelo com as variáveis em diferenças, a *dummy novo*, a interação *novo x diferença qualidade* e as *dummies* anuais. Em *XXVIII*, são inseridas a interação *novo x público local* e as variáveis em níveis. A *XXXI* também representa (15), mas com a morbidade como a medida de qualidade, ao contrário das outras estimações. Na *XXIX*, são controladas, conjuntamente, qualidade e cobertura em diferenças e interações entre estas e a *dummy novo*. Na *XXX*, são consideradas *dummies* novos e originais por anos de desmembramento e interações entre estas e a qualidade e a cobertura em diferenças.

4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Para não fugir do escopo do estudo, são analisados apenas os coeficientes das variáveis explicativas de interesse.³¹ A tabela 1 mostra o efeito do desmembramento no *investimento relativo* em abastecimento de água e sua resposta à cobertura relativa. O efeito médio associado à *dummy desmembramento* é positivo e significativo em todas as especificações (a 1% em *IV*, *V* e *VI*). Ou seja, nos municípios que se desmembraram em 1997 e 2001, a variação média dos investimentos relativos foi superior à dos demais, o que sugere que a descentralização política e, conseqüentemente, menores municípios e maior proximidade entre cidadãos e governantes aumentam os investimentos relativos.

Na *especificação IV*, que usa um grupo maior de covariadas e uma amostra composta por todos os municípios com dados disponíveis (desmembrados em 1997 e 2001 e, no grupo de controle, não desmembrados e desmembrados em 1991 e 1993), o efeito médio estimado do desmembramento sugere um investimento médio anual *per capita* superior ao do restante da microrregião em R\$ 201,89. Como o *investimento relativo* médio da amostra no período foi de R\$ 100,23, municípios desmembrados investiram relativamente a mais que os demais municípios aproximadamente 101%.

30. Tais estimacões são feitas por efeitos aleatórios (painel desbalanceado).

31. Os demais resultados podem ser obtidos junto aos autores.

Como robustez, o efeito também é positivo e significativo com apenas municípios não desmembrados nos anos de 1990 e 2000 no grupo de controle (V) – investimento relativo superior em R\$ 220,75. Ademais, o efeito mantém-se positivo e significativo com o grupo de controle formado somente por municípios desmembrados em 1991 e em 1993, anteriormente ao período em análise (VI) – investimento relativo superior em R\$ 152,29. Pode-se inferir, então, que o efeito médio difere em períodos mais próximos ao desmembramento, alterando-se no tempo, ao menos em magnitude. Pelos resultados, seria maior quanto mais próximo o ano em que ocorreu a secessão. Essas são evidências relevantes por serem municípios mais similares em atributos não observados que podem determinar o desmembramento, garantindo maior robustez à atribuição de causalidade.

TABELA 1
Investimentos relativos em abastecimento de água: efeito médio do desmembramento e resposta aos níveis relativos de oferta

Especificações/variáveis	I	II	III	IV	V	VI	VII
Desmembramento	66,61 ^(c) (35,97)	67,05 ^(c) (35,91)	68,63 ^(c) (35,92)	201,89 ^(a) (62,62)	220,75 ^(a) (66,91)	152,29 ^(a) (17,39)	
Diferença Cobertura	-11,66 ^(a) (0,09)	-13,57 ^(a) (2,40)	-13,89 ^(a) (2,40)	-13,85 ^(a) (2,40)	-17,62 ^(a) (2,76)	-11,05 ^(a) (1,27)	-8,38 ^(a) (2,41)
Desmembramento x Diferença Cobertura			-5,48 ^(c) (2,33)	-5,46 ^(c) (2,22)	-7,35 ^(b) (3,57)	-2,62 ^(a) (0,93)	
Desmembramento x Público Local				-198,6 ^(a) (76,45)	-216,2 ^(a) (81,67)	-155,9 ^(a) (20,83)	
População x Diferença Cobertura							2,63 ^(a) (0,18)
Dummies Anuais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	24.386	24.386	24.386	24.386	21.239	5.546	24.386

Fonte: Ministério das Cidades, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); IBGE, Estimativa da População e Produto Interno Bruto dos Municípios; MTE, Relação Anual de Informações Sociais (Rais).

Notas: ^(a) Significativo a 1%; ^(b) Significativo a 5%; ^(c) Significativo a 10%.

Obs.: Erros-padrão robustos entre parênteses.

A variável *diferença cobertura* testa a hipótese de os investimentos responderem aos níveis de oferta dos serviços. O ideal seria que, quanto pior a cobertura municipal relativamente a sua microrregião, o investimento relativo seria mais elevado para lidar com o problema (melhor resposta). Ou seja, em termos gerais, maior seria a eficácia das políticas para suprir as carências da população. Assim, o coeficiente da variável deveria ser negativo, o que corroboraria a hipótese de concorrência entre os governos locais. Pelos resultados mostrados na tabela 1, isso realmente aconteceria. Os coeficientes associados à variável *diferença cobertura* são negativos e significativos a 1%, em todas as especificações. Considerando a coluna IV para ilustrar, uma redução de 1 ponto percentual (p.p.) em relação à diferença da cobertura média do período (0,24) estimularia um aumento do investimento relativo anual em R\$13,85 *per capita*.

Os coeficientes da interação *desmembramento x diferença cobertura* também são negativos e significativos, inclusive quando somente os municípios não desmembrados nos anos 1990 e 2000 compõem o grupo de controle (*especificação V*). Esses resultados sugerem que a resposta ao nível de oferta difere nos desmembrados: estes investem, em média, relativamente mais em relação a coberturas relativas inferiores. Usando a coluna *IV*, uma redução de 1 p.p., em relação à diferença da cobertura média do período (0,24), geraria um aumento adicional do investimento relativo nos desmembrados de R\$ 5,46 *per capita* por ano. Portanto, é uma evidência que não refuta as hipóteses de que a secessão/descentralização, ao garantir a maior proximidade entre governantes e cidadãos e a concorrência entre os locais, resulta esforço para melhorias na provisão.

Além disso, na *especificação VI*, há outra evidência favorável à hipótese de que o efeito do desmembramento modificar-se-ia no tempo: a resposta dos desmembrados no período analisado (1997 e 2001), ao menos em magnitude, é estatisticamente diferente da resposta daqueles que se desmembraram anteriormente (1991 e 1993). Os primeiros responderiam mais, em investimentos relativos, a coberturas relativamente inferiores.

Os resultados são favoráveis, ainda, à hipótese de que os provedores públicos regionais nos originais podem ter viabilizado a manutenção da oferta em grande parte dos novos e, assim, a realização de investimentos, enquanto os provedores públicos locais originais não teriam mantido a provisão nos novos. Os coeficientes da interação *desmembramento x público local* são negativos e significativos nas especificações em que é controlada (*IV*, *V* e *VI*). Na coluna *IV*, por exemplo, municípios novos desmembrados de originais que eram atendidos por públicos locais investiram, na média, R\$ 198,6 *per capita* por ano a menos, relativamente ao seu entorno, do que os demais.

4.1 O papel da população e outros testes de robustez

O coeficiente associado à interação *população x diferença cobertura* é positivo e significativo (*especificação VII* da tabela 1). Assim, apesar de fatores relacionados a maiores populações serem favoráveis aos investimentos (contribuintes, capacidade de arrecadação e economias de escala), o resultado sinaliza que os municípios menores respondem melhor, em termos de investimentos relativos, a coberturas relativamente piores – investimento médio inferior em um montante de R\$2,63 anuais *per capita* para cada mil habitantes a menos do município, em relação ao seu entorno para a média da diferença da cobertura do período (0,24). Essa evidência, em conjunto com o efeito positivo do desmembramento, garante maior robustez para corroborar a hipótese de que a maior proximidade entre os governantes e os cidadãos geraria melhoras na provisão de serviços de utilidade pública.

O efeito estimado do desmembramento pode sofrer críticas. A primeira refere-se ao viés de autosseleção não ter sido totalmente corrigido. Características não observadas variantes no tempo poderiam influenciar a decisão de se desmembrar e seus resultados. Por isso, é adotada a estratégia de verificar se os investimentos nos desmembrados em 2001 já apresentavam evolução diferente em anos anteriores à secessão. A avaliação é restringida aos anos entre 1998 e 2000 e é considerada uma *dummy desmembramento 2001*, igual a um, apenas nos dois últimos anos nos municípios desmembrados em 2001.

A tabela 2 mostra que os coeficientes da *dummy desmembramento 2001* não são significativos com o grupo de controle composto por: *i*) todos os municípios da amostra (VIII); *ii*) apenas os não desmembrados nos anos de 1990 e 2000 (IX); *iii*) somente os demais desmembrados (X); e *iv*) apenas os desmembrados em 1991 e 1993 (XI) ou em 1997 (XI). Ou seja, a evolução dos investimentos dos desmembrados em 2001, antes da secessão, não diferiu estatisticamente das dos não desmembrados e dos demais desmembrados, tanto em momentos mais distantes como mais próximos. Os resultados sugerem, então, que atributos não observados variantes no tempo, em anos próximos à secessão, até poderiam influenciá-la, mas não seus resultados (investimentos). Trata-se, portanto, de mais evidências para interpretar o efeito do desmembramento como sendo causal.³²

TABELA 2

Investimentos relativos em abastecimento de água: efeito médio do desmembramento e resposta aos níveis relativos de oferta (testes de robustez)

Especificações/variáveis	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Desmembramento						9,97 (12,39)
Desmembramento 2001	-0,17 (7,46)	-7,37 (9,08)	-5,82 (13,30)	-3,89 (7,95)	-0,50 (8,22)	
Diferença cobertura	-0,22 ^(d) (0,15)	-0,14 ^(d) (0,08)	-4,33 ^(d) (2,60)	-1,29 ^(d) (0,64)	-0,62 ^(d) (0,30)	-18,82 ^(a) (5,28)
<i>Dummies</i> anuais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	983	291	610	350	324	854

Fonte: Ministério das Cidades, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); IBGE, Estimativa da População e Produto Interno Bruto dos Municípios; MTE, Relação Anual de Informações Sociais (Rais).

Notas: ^(a) Significativo a 1%. ^(b) Significativo a 5%. ^(c) Significativo a 10%.

Obs.: Erros-padrão robustos entre parênteses.

32. A divisão do grupo de controle reduz as observações, o que pode afetar a significância dos coeficientes. Assim, a interpretação dada seria contestável. A favor dela há o fato dos coeficientes associados à *dummy desmembramento 2001* serem negativos e o efeito do desmembramento ser positivo (tabela 1). Deve-se destacar, ainda, que, nas estimações da tabela 2, os coeficientes da *diferença cobertura* permanecem negativos e significativos. Ou seja, também corroboram a hipótese de que os investimentos relativos responderiam aos níveis de oferta (cobertura) e, dessa forma, de que existiria concorrência entre os locais.

Outra crítica que os resultados sofreriam é a variação dos municípios informantes na amostra do SNIS, o que pode enviesá-los. Para avaliar tal possibilidade, é feita uma estimação para um painel balanceado de municípios. Em *XIII* da tabela 2, observa-se que o efeito do desmembramento se mantém positivo, mas não significativo. A não significância pode decorrer do baixo número de observações. O coeficiente da variável *diferença cobertura* permanece negativo e significativo. Tais resultados são evidências adicionais que possibilitam (ou não refutam) a atribuição de causalidade à relação entre desmembramento e investimentos relativos e à resposta a coberturas relativas inferiores.

4.2 Respostas à qualidade e a uma de suas principais consequências

A tabela 3 mostra os resultados das estimações que permitem avaliar a resposta dos investimentos relativos em abastecimento de água às qualidades relativas. O efeito do desmembramento é positivo, mas não significativo, nas *especificações XIV e XV*, nas quais a *turbidez* é a medida de qualidade. Dados para tal indicador são disponibilizados para menos municípios, o que pode impactar sobre a significância dos resultados. Assim, os coeficientes da *dummy desmembramento* podem ser não significativos pelo número de observações e não pela ausência de efeito. Favorece tal argumento o efeito positivo e significativo em *XVII e XVIII*, nas quais a *morbidade* é a medida de qualidade, o que garante mais observações. Esses resultados reforçam as evidências anteriores, sugerindo que a secessão afetará positivamente os investimentos nos desmembrados.

Os coeficientes da variável *diferença qualidade* apresentam os sinais apropriados para corroborar a hipótese de que os investimentos relativos responderiam a qualidades relativas piores: negativo para a *turbidez (XIV, XV e XVI)* e positivo para a *morbidade (XVII, XVIII e XIX)*. Porém, são não significativos em todas as especificações; ou seja, independentemente do número de observações. Assim como nas estimações prévias, os coeficientes da *diferença cobertura* são negativos e significativos nas especificações em que são controlados (*XV, XVI, XVIII e XIX*). Somadas às anteriores, essas evidências não refutam a hipótese de que os investimentos relativos responderiam ao nível de oferta.

O caso da interação *desmembramento x diferença qualidade* é semelhante ao da variável *diferença qualidade*. Os sinais dos coeficientes da interação são os esperados para corroborar a hipótese de que o desmembramento (descentralização) melhoraria a resposta dos investimentos relativos em frente das piores qualidades relativas: negativo para a *turbidez* e positivo para a *morbidade – XV e XVIII*, respectivamente. Contudo, são não significativos para os dois indicadores. Já os coeficientes da interação *desmembramento x diferença cobertura* são negativos e significativos (*XV e XVIII*); ou seja, assim como foi constatado anteriormente, o que reforça a hipótese de resposta à oferta relativa.

TABELA 3
Investimentos relativos em abastecimento de água: efeito médio do desmembramento e resposta aos níveis relativos de qualidade

Especificações/variáveis	Turbidez			Morbidade		
	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX
Desmembramento	30,83 (86,88)	10,06 (60,35)		58,53 ^(c) (27,80)	68,45 ^(c) (36,01)	
Diferença qualidade	-4,33 (7,71)	-5,21 (8,06)	-3,48 (8,16)	0,24 (0,15)	0,08 (0,11)	0,11 (0,12)
Diferença cobertura		-2,19 ^(b) (0,97)	-1,24 ^(c) (0,68)		-13,94 ^(a) (2,40)	-8,46 ^(a) (2,41)
Desmembramento x Diferença qualidade		-0,01 (21,44)			0,06 (0,78)	
Desmembramento x Diferença cobertura		-19,34 ^(a) (6,57)			-5,51 ^(c) (3,33)	
População x Diferença Qualidade			0,10 (0,57)			-0,01 (0,00)
População x Diferença Cobertura			2,46 ^(a) (0,22)			2,63 ^(a) (0,18)
<i>Dummies</i> anuais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	21.464	21.091	21.091	24.456	24.386	24.386

Fonte: Ministério das Cidades, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); IBGE, Estimativa da População e Produto Interno Bruto dos Municípios; MTE, Relação Anual de Informações Sociais (Rais).

Notas: (a) Significativo a 1%. (b) Significativo a 5%. (c) Significativo a 10%.

Obs.: Erros-padrão robustos entre parênteses.

Essa também é reforçada pelos coeficientes positivos e significativos da interação *população x diferença cobertura* em *XVI* e *XIX*. Portanto, apesar de fatores relacionados a maiores populações viabilizarem os investimentos, de acordo com os resultados, os municípios menores respondem melhor, em investimentos relativos diante de coberturas relativamente inferiores. A explicação seria a maior proximidade entre consumidores e provedores em municípios menores. Os coeficientes da interação *população x diferença qualidade*, por sua vez, embora apresentem os sinais para corroborar a hipótese de que a proximidade também melhora a resposta dos investimentos a qualidades inferiores, não são significativos, independentemente, do índice de qualidade e, assim, das observações.

Assim, os resultados da tabela 3, além de reforçarem evidências constatadas anteriormente, garantindo maior robustez à atribuição de causalidade, sinalizam uma importante evidência adicional: os investimentos relativos respondem a níveis relativos piores de cobertura do abastecimento de água, mas não a indicadores comparativamente inferiores da qualidade do serviço ou que refletem uma das principais consequências da sua inadequação (morbidade hospitalar por doenças associadas ao saneamento básico).

Vale ressaltar, novamente, que a provável explicação pode ser fundamentada por dois aspectos: a essencialidade do acesso à água à sobrevivência humana; e a percepção e a apropriação mais diretas dos benefícios do acesso pelas pessoas; enquanto os derivados da qualidade, embora relevantes, reflitam-se mais na forma de externalidades, não integralmente atribuíveis a tal dimensão. Assim, o controle social pode ser maior em relação à cobertura e, conseqüentemente, os investimentos responderem mais a esta.

4.3 Análises de municípios novos versus originais

A tabela 4 apresenta os resultados que permitem a comparação dos investimentos relativos entre os municípios novos e originais. O coeficiente da *dummy novo* é positivo e significativo a 1% em *XX* e *XXI*; em *XXII*, é positivo, mas não significativo. Esse resultado não contesta totalmente o maior investimento nos novos, pois, em *XXII*, é usada amostra balanceada com menos observações, o que pode afetar a significância.

Para ilustrar a magnitude da diferença, na *especificação XXI*, que usa um grupo maior de covariadas e amostra de todos os municípios com dados disponíveis, além de não dividir as *dummies novos* e *originais* por anos de secessão, o coeficiente associado à *dummy novo* representa um investimento *per capita* anual médio em abastecimento de água, relativamente ao entorno (microrregião), superior em R\$ 3,60 nos municípios novos em comparação aos originais. Dado que o *investimento relativo* médio no período para a amostra foi de R\$ 28,21, municípios novos investiram comparativamente aos de origem, na média, aproximadamente 12,8% a mais.

O coeficiente da variável *diferença cobertura* é negativo e significativo em todas as especificações, ou seja, independentemente das covariadas consideradas, da amostra ser ou não balanceada e do método (efeitos aleatórios ou fixos). Tal evidência, somada às anteriores, garante robustez para afirmar que os investimentos relativos no serviço respondem adequadamente (aumento) a níveis relativamente inferiores de cobertura. Porém, a resposta dos novos seria “pior” do que a dos originais, pois os coeficientes da interação *novo x diferença cobertura* são positivos e significativos (exceto em *XXV*).

O coeficiente da interação *novo x público local*, por sua vez, é negativo em todas as especificações, mas significativo apenas nas *XXV* e *XXVI*. Trata-se de uma evidência, embora pouco robusta, de que municípios novos que assumiram diretamente a provisão investiram relativamente menos, em média, do que os demais considerados (novos que concederam a empresas estaduais ou privadas e originais independentemente do tipo de provisão). Como, nesse caso, recursos para investimentos devem ser provenientes, principalmente, de receitas do próprio serviço (tarifas) ou tributárias, tal resultado pode refletir as baixas capacidades de arrecadar e, conseqüentemente, de investir dos novos.³³

33. Novos possuem, no geral, pequenas populações, e existe relação entre a população e tais capacidades.

TABELA 4
Investimentos relativos em abastecimento de água: comparação entre municípios novos e originais e resposta aos níveis relativos de oferta

Especificações/variáveis	XX	XXI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	XXVI
Novo	3,07 ^(a) (0,96)	3,60 ^(a) (1,05)	2,08 (3,78)				
Diferença Cobertura	-8,14 ^(a) (1,76)	-9,64 ^(a) (2,20)	-3,43 ^(b) (1,72)	-6,02 ^(b) (3,03)	-4,67 ^(b) (2,34)	-9,48 ^(a) (2,20)	-8,27 ^(a) (2,82)
Novo x Diferença Cobertura	4,22 ^(c) (2,47)	5,84 ^(b) (2,60)	11,59 ^(c) (5,54)	8,08 ^(b) (3,88)	13,15 (13,97)	6,10 ^(b) (2,59)	
Novo x Público Local		-2,05 (1,66)	-2,43 (2,02)	-1,98 (10,59)	-0,94 (13,34)	-3,43 ^(b) (1,67)	-3,58 ^(b) (1,67)
Novo 91-93						2,43 ^(c) (1,33)	1,89 (1,35)
Novo 97						4,28 ^(a) (1,41)	5,03 ^(a) (1,45)
Novo 01						22,72 ^(a) (3,58)	22,59 ^(a) (3,59)
Original 97						-0,18 (1,18)	-0,06 (1,22)
Original 01						-0,66 (2,14)	-0,07 (2,31)
Novo 91-93 x Diferença Cobertura							2,36 (3,68)
Novo 97 x Diferença Cobertura							14,70 ^(a) (4,01)
Novo 01 x Diferença Cobertura							5,67 ^(c) (3,71)
Original 97 x Diferença Cobertura							-2,76 (3,24)
Original 01 x Diferença Cobertura							-3,37 (6,03)
Dummies Anuais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	8.448	8.448	3.807	8.448	3.807	8.448	8.448

Fonte: Ministério das Cidades, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); IBGE, Estimativa da População e Produto Interno Bruto dos Municípios; MTE, Relação Anual de Informações Sociais (Rais).

Notas: (a) Significativo a 1%. (b) Significativo a 5%. (c) Significativo a 10%.

Obs.: Erros-padrão robustos entre parênteses.

Analisados conjuntamente, os resultados da *dummy novo*, da variável *diferença cobertura* e da interação entre estas sugerem, portanto, que o efeito médio positivo do desmembramento constatado anteriormente decorreria não apenas da consequente maior proximidade entre governantes e cidadãos em municípios menores, mas também de atributos não observados distintos entre novos e originais – os investimentos relativos e suas respostas aos níveis relativos de oferta são diferentes. Possíveis explicações já comentadas, relacionadas aos novos, seriam:

maior engajamento dos habitantes e de governantes mais altruístas para elevar o bem-estar geral ou de novos governantes mais oportunistas e *rent-seeking* motivados por obras que garantam apoio político e/ou outros benefícios; ou necessidade de maiores investimentos para a manutenção da provisão.

Outras evidências nesse sentido e, adicionalmente, de que tais condicionantes podem se modificar no tempo, alterando as diferenças entre novos e originais, são sinalizadas pelos resultados das *dummies* novos por anos de secessão. Em XXV e XXVI, observa-se que os coeficientes das *dummies novo 91-93*, *novo 97* e *novo 01* são positivos e, no geral, significativos. Assim, independentemente do ano de criação, os novos investiriam, em média, relativamente mais. O fato interessante a ser destacado é que a diferença é maior quanto mais próximo o ano de criação, o que é constatado pela maior magnitude do coeficiente da *dummy novo 01* em comparação ao da *novo 97* e deste em comparação ao da *novo 91-93*. Já os coeficientes das *dummies* originais por anos de secessão (originais em 1991 e 1993 como *default*) não são significativos.

Além disso, verifica-se que a resposta dos novos, em investimentos relativos, a coberturas relativas inferiores seria “pior” que às dos originais apenas para os casos em que os anos de criação estão mais próximos ao período analisado (1997 e 2001). Para anos mais distantes (1991 e 1993), a resposta não seria estatisticamente diferente da dos originais, independentemente do ano de secessão. Tal fato é sinalizado pelos resultados das interações entre a variável *diferença cobertura* e as *dummies* novos e originais por anos de secessão. Somente os coeficientes associados às interações *novo 97 x diferença cobertura* e *novo 01 x diferença cobertura* são positivos e significativos (XXVI).

4.4 Novos versus originais: respostas à qualidade e a sua consequência

A tabela 5 apresenta os resultados para averiguar a resposta dos investimentos relativos aos níveis relativos de qualidade. Primeiramente, deve-se apontar que os coeficientes associados à *dummy novo* também são positivos e significativos em todas as novas especificações, o que garante maior robustez para a interpretação de que os municípios novos investiriam comparativamente mais em abastecimento de água.

Além disso, em acordo com algumas evidências já comentadas, o investimento relativo no serviço seria maior quanto mais próximo for o ano de criação do município ao período analisado. Esse fato é sinalizado pelo seguinte conjunto de resultados que constam na *especificação XXX* na tabela 5: coeficientes associados às *dummies novo 91*, *original 97* e *original 01* são não significativos; contudo, os coeficientes associados às *dummies novo 97* e *novo 01* são positivos e significativos, sendo a magnitude do coeficiente associado à *dummy novo 01* superior ao coeficiente da *dummy novo 97*.

TABELA 5
Investimentos relativos em abastecimento de água: comparação entre municípios novos e originais e resposta aos níveis relativos de qualidade

Especificações/variáveis	XXVII	XXVIII	XXIX	XXX	XXXI
Novo	2,98 ^(a) (1,06)	2,68 ^(b) (1,14)	4,71 ^(a) (1,16)		1,35 ^(c) (0,79)
Diferença Qualidade	5,77 (4,06)	5,34 (5,49)	4,15 (5,47)	2,48 (6,91)	0,51 (1,10)
Diferença Cobertura			-10,23 ^(a) (2,79)	-8,67 ^(b) (3,43)	-7,69 ^(a) (2,65)
Novo x Diferença Qualidade	-1,42 (6,00)	-0,18 (6,13)	-1,84 (6,12)		0,38 (1,08)
Novo x Diferença Cobertura			7,87 ^(b) (3,21)		3,19 ^(c) (1,92)
Novo x Público Local		-0,25 (2,01)	-3,47 ^(c) (2,05)	-5,46 ^(a) (2,06)	-1,09 (1,57)
Novo 91-93				2,32 (1,46)	
Novo 97				6,27 ^(a) (1,61)	
Novo 01				33,17 ^(a) (4,38)	
Original 97				-0,66 (1,31)	
Original 01				-0,80 (2,42)	
Novo 91-93 x Diferença Qualidade				0,67 (8,40)	
Novo 91-93 x Diferença Cobertura				2,26 (4,39)	
Novo 97 x Diferença Qualidade				11,08 (9,16)	
Novo 97 x Diferença Cobertura				18,29 ^(a) (4,86)	
Novo 01 x Diferença Qualidade				-2,56 (24,92)	
Novo 01 x Diferença Cobertura				27,36 ^(a) (9,42)	
Original 97 x Diferença Qualidade				-3,25 (8,16)	
Original 97 x Diferença Cobertura				-3,75 (3,93)	
Original 01 x Diferença Qualidade				-4,94 (15,40)	
Original 01 x Diferença Cobertura				-5,10 (6,73)	
Dummies Anuais	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Constantes	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	5.201	5.201	5.198	5.187	6.682

Fonte: Ministério das Cidades, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); IBGE, Estimativa da População e Produto Interno Bruto dos Municípios; MTE, Relação Anual de Informações Sociais (Rais).

Notas: (a) Significativo a 1%. (b) Significativo a 5%. (c) Significativo a 10%.

Obs.: Erros-padrão robustos entre parênteses.

Os coeficientes não significativos associados à variável *diferença qualidade*, tanto com a *turbidez* como a medida de qualidade (*especificações XXVII, XXVIII, XXIX e XXX*) como a *morbidade* (*especificação XXXI*), seguem o padrão verificado nas análises de desmembrados *versus* não desmembrados. No caso da variável *diferença cobertura*, também é observado padrão semelhante ao das especificações anteriores: coeficientes negativos e significativos. Portanto, as evidências sinalizam que investimentos relativos no serviço respondem a níveis comparativos de cobertura, mas não à qualidade relativa.

Evidências adicionais nesse sentido podem ser observadas na *especificação XXX*: nenhuma interação entre a *diferença qualidade* e as *dummies* novos e originais por anos de secessão é significativa; porém, seguindo evidências já constatadas, os coeficientes das interações *novo 97 x diferença cobertura* e *novo 01 x diferença cobertura* são significativas. Como defendido anteriormente, diferenças nos resultados da cobertura e da qualidade decorreriam da importância do acesso à sobrevivência e da percepção e apropriação distintas dos benefícios dessas dimensões da provisão pelos indivíduos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos que discutem a descentralização política apontam como aspectos positivos deste processo a maior proximidade entre gestores públicos (ou governantes ou provedores) e os cidadãos (ou eleitores ou consumidores) e a concorrência entre os governos locais, que poderiam resultar em maior focalização das políticas públicas às especificidades locais e em maior transparência destas, devido à maior facilidade dos cidadãos de exercerem fiscalização e, conseqüentemente, controle social. Além disso, os gestores públicos locais, motivados por oportunidades eleitorais, teriam interesses mais alinhados aos de sua população. Assim, ocorreria uma melhor adequação da cesta de bens/serviços ofertados publicamente às preferências das pessoas a serem atendidas.

Os objetivos principais deste estudo foram: *i*) avaliar se o desmembramento de municípios (interpretado como maior descentralização política) afetou os investimentos relativos no abastecimento de água (diferença entre o montante investido em um município e o investimento médio do restante de sua microrregião); e *ii*) identificar se tais investimentos relativos respondem a níveis relativos de cobertura e de qualidade do serviço. Implicitamente a esses dois objetivos, estão as hipóteses de maior proximidade entre os governantes e os cidadãos e de concorrência entre os governos locais.

Pelas evidências aqui encontradas, não é possível refutar integralmente nenhuma das duas hipóteses para o abastecimento de água nos municípios brasileiros. Foram adotadas estratégias de identificação que garantem robustez à atribuição de causalidade aos resultados; ou seja, possibilitam a interpretação destes como efeitos causais.

Primeiramente, em análises de desmembrados *versus* não desmembrados, sendo os primeiros representados pela agregação de municípios novos aos originais, observou-se, no geral, efeito médio positivo associado ao desmembramento. Assim, no conjunto de municípios que se desmembraram, a variação média dos investimentos relativos foi superior à média dos sem desmembramentos no período analisado. Além disso, em análises de novos *versus* originais, os resultados obtidos sugerem que os investimentos relativos em abastecimento de água foram superiores nos municípios novos em comparação aos de origem (originais). Adicionalmente, verificou-se que esses efeitos podem se alterar, ao menos em magnitude, no tempo, sendo maiores mais próximos ao ano de secessão.

Outra evidência é a de que os investimentos relativos respondem a níveis relativos inferiores de oferta (cobertura), mas não aos de qualidade, tanto quando esta é medida por um indicador específico (turbidez) como por um que representaria vários aspectos relacionados à inadequação do serviço (morbidade hospitalar por doenças associadas ao saneamento básico) – ou, considerando uma interpretação mais pragmática, uma de suas principais consequências. Tais resultados podem sinalizar uma maior preocupação dos provedores e dos consumidores em relação ao acesso em detrimento da qualidade, em função da primeira dimensão da provisão ser essencial para a sobrevivência humana e, assim, seus benefícios serem mais perceptíveis e apropriados diretamente, enquanto os benefícios da qualidade, apesar de relevantes, refletirem-se na forma de externalidades.

Observa-se, ainda, que localidades desmembradas responderiam melhor a níveis relativos inferiores de cobertura, o que reforçaria a vantagem da maior descentralização, ainda mais com a constatação de que, em municípios menores, a despeito de fatores que viabilizariam os investimentos quanto maior a população (quantidade de contribuintes, capacidade de arrecadação e economias de escala), a resposta seria a “ideal”: quanto piores as coberturas relativas, maiores os investimentos relativos; ou seja, em termos gerais, maior seria a eficácia das ações adotadas para suprir as carências da população. Porém, a resposta dos municípios novos seria pior que a resposta dos originais. Assim, outras motivações e não apenas a descentralização podem influenciar os investimentos nos novos. Algumas explicações foram levantadas, mas não testadas, neste estudo.

Portanto, as evidências do presente estudo corroboram as hipóteses de que a maior proximidade entre os gestores públicos e os consumidores e a concorrência entre os governos locais resultam em benefícios, no caso, em termos de investimentos nos serviços de abastecimento de água no Brasil.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, J. R. R.; RAMUNDO, J. C. M.; ARAÚJO, E. A. Breves notas sobre o Federalismo Fiscal no Brasil. **Textos para Discussão do BNDES**, 1998.
- ALESINA, A.; SPOLAORE, E. On the number and size of nations. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 112, n. 4, p. 1027-56, nov. 1997.
- ANGRIST, J. D.; PISCHKE, J. S. **Mostly harmless econometrics: an empiricist's companion**. Princeton University Press, Princeton, 2009.
- BARDHAN, P.; MOOKHERJEE, D. Capture and governance at local and national levels. **The American Economic Review**, v. 90, n. 2, p. 135-139, May, 2000.
- BEL, G.; MIRALLES, A. Factors influencing privatization of urban solid waste collection in Spain. **Urban Studies**, v. 7, n. 40, 2003.
- BESLEY, T.; COATE, S. Elected versus appointed regulators: theory and evidence. **Journal of the European Economic Association**, v. 1, n. 5, p. 1176-1206, 2003.
- BLANCO, F. A.; CARVALHO, L. M. Os efeitos expansivos das transferências intergovernamentais e transbordamentos espaciais de despesas públicas: evidências para os municípios brasileiros – 1996. **Pesquisa Planejamento Econômico**, v. 31, n. 1, 2001.
- BOLTON, P.; ROLAND, G. The breakup of nations: a political economy analysis. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 112, n. 4, p. 1.057-1.090, nov., 1997.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Exame da participação do setor privado na provisão dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no Brasil**. Brasília: Ministério das Cidades, 2009.
- BRASIL. Ministério da Fazenda. **O que você precisa saber sobre as transferências constitucionais e legais** – Fundo de Participação dos Municípios (FPM). Brasília: Ministério da Fazenda, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914**. Brasília: Ministério da Saúde, dezembro, 2011.
- BREMAEKER, F. E. J. Os novos municípios: surgimento, problemas e soluções. **Revista de Administração Municipal**, v. 40, n. 206, p. 88-99, jan.-mar. 1993.
- BRISCOE, J.; FEACHEM, R. G.; RAHAMAN, M. M. **Measuring the impact of water supply and sanitation facilities on diarrhea morbidity**: prospects for case-control methods. Genebra: World Health Organization, 1985.
- CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. G. **Environmental health engineering in the tropics**: an introductory text. Chichester: John Wiley & Sons, 1990.

CARD, D. Using regional variation to measure the effect of the federal minimum wage. **Industrial and Labors Relations Review**, n. 46, 1992.

CASE, A. C.; ROSEN, H. S.; HINES JUNIOR, J. R. Budget spillovers and fiscal policy interdependence: evidence from the states. **Journal of Public Economics**, n. 52, 1993.

CIGOLINI, A. A. **Fragmentação do território em unidades político-administrativas: análise da criação de municípios no estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

COX, D. R. **Planning of experiments**. Oxford: Wiley, 1958.

CVJETANOVIC, B. Health effects and impact of water supply and sanitation. **World Health Statistics Quarterly**, v. 39, p. 105-117, 1986.

DUFLO, E.; GLENNERSTER, R.; KREMER, M. Using randomization in development economics research: a toolkit. **MIT Department of Economics Working Paper**, n. 06-36, 2006.

ESREY, S. A. *et al.* Health benefits from improvements in water supply and sanitation: survey and analysis of the literature on selected diseases. **WASH Technical Report**, n. 66, Washington, 1990.

FÁVERO, E. **Desmembramento territorial: o processo de criação de municípios: avaliação a partir de indicadores econômicos e sociais**. Tese (Doutorado) – em Engenharia Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

FRATA, A. M.; PERIS A. F. A problemática das emancipações municipais: o caso de Santa Tereza do Oeste-PR. **Ciências Sociais Aplicadas**, v. 2, p. 65-76, Cascavel, 2002.

GALASSO, E.; RAVALLION, M. Decentralized targeting of an antipoverty program. **Journal of Public Economics**, Elsevier, v. 89, n. 4, p. 705-727, Apr., 2005.

GALIANI, S.; GERTLER, P.; SCHARGRODSKY, E. Water for life: the impact of the privatization of water services on child mortality. **Journal of Political Economy**, v. 113, n. 1, Chicago, 2005.

GALVÃO JÚNIOR, A. C.; XIMENES, M. M. A. F. (Eds.). **Regulação: controle social da prestação dos serviços de água e esgoto**. Abar, Arce, Fortaleza, 2007.

GARCIA, R. C. **Descentralização: um processo a ser acompanhado e avaliado (ou do finja que eu finjo ao faça que nós vemos)**. Brasília: Ipea, 1995. (Textos para Discussão n. 364).

GIAMBIAGI, F.; ALÉM, A. C. **Finanças públicas: teoria e prática no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

GLAESER, E. L. Inequality. **NBER Working Paper Series**, n. 11.511, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Aug., 2005.

GOMES, G. M.; MAC DOWELL, M. C. **Descentralização política, federalismo fiscal e criação de municípios**: o que é mau para o econômico nem sempre é bom para o social. Brasília: Ipea, 2000. (Texto para Discussão n. 706).

GRADSTEIN, M.; JUSTMAN, M. The democratization of political elites and the decline in inequality in modern economic growth. *In*: BREZIS, E.; TEMIN, P. (Eds.). **Elites, Minorities, and Economic Growth**. Amsterdam: Elsevier, 1999.

HARTMANN, B.; BOYCE, J. **A quiet violence**: voices from a Bangladesh Village. 2. ed. London: Zed Books, 1983.

HELLER, L. **Saneamento e Saúde**. Organização Pan-Americana de Saúde, 1997.

HELLER, L.; REZENDE, S. C.; CAIRNCROSS, S. Water and sanitation in Brazil: the public-private pendulum. **Municipal Engineer**, v. 167, 2014.

JOURAVLEV, A. S. **Water utility regulation**: issues and options for Latin America and the Caribbean. Santiago: Economic Commission for Latin America and the Caribbean, 2000.

LORENZETTI, M. S. B. **Criação, incorporação, fusão e desmembramento de municípios**. Estudo da Consultoria Legislativa, Câmara dos Deputados, jul., 2003.

MAGALHÃES, J. C. Emancipação político-administrativa de municípios no Brasil. *In*: CARVALHO, A. X. Y.; ALBUQUERQUE, C. W.; MOTA, J. A.; PIANCASTELLI, M. (Orgs.). **Dinâmica dos municípios**. Brasília: Ipea, 2008.

MARA, D. D.; FEACHEM, R. G. A. Water and excreta related diseases: unitary environmental classification. **Journal of Environmental Engineering**, n. 125, 1999.

MÉNARD, C.; SAUSSIER, S. Contractual choice and performance: the case of water supply in France. **Revue d'Économie Industrielle**, n. 92, 2000.

MENDES, M. Federalismo fiscal. *In*: BIDERMAN, C.; ARVATE, P. (Orgs.). **Economia do Setor Público no Brasil**. São Paulo: Campus, 2004.

MENDES, M. J.; ROCHA, F. F. **Transferências intergovernamentais e captura de recursos públicos nos municípios brasileiros**. Monografia – VIII Prêmio Tesouro Nacional, 2003, Tópicos Especiais de Finanças Públicas, Brasília, 2003.

MENEZES, R. T.; TONETO JÚNIOR, R. Regras fiscais no Brasil: a influência da LRF sobre as categorias de despesa dos municípios. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 26, 2006.

MORA, M.; VARSANO, R. **Fiscal decentralization and subnational fiscal autonomy in Brazil**: some facts of the nineties. Brasília: Ipea, 2001. (Textos para Discussão n. 854).

MPO – MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO; IPEA – INSTITUTO PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Diagnóstico do setor de saneamento: estudo econômico e financeiro. **Série Modernização do Setor Saneamento**, Brasília, n. 7, MPO, Ipea, 1995.

NORONHA, R. Criação de novos municípios: o processo ameaçado. **Revista de Administração Municipal**, v. 43, n. 219, p. 110-117, abr.-dez., Rio de Janeiro, 1996.

OATES, W. E. **Fiscal federalism**. Harcourt Brace Jovanovich, Nova Iorque, 1972.

OATES, W. E. An essay on fiscal federalism. **Journal of Economic Literature**, v. 37, n. 3, p. 1.120-1149, Sep., 1999.

OKUN, D. The value of water supply and sanitation in development: an assessment. **American Journal of Public Health**, n. 78, 1988.

OLIVEIRA, F. A. **Economia e política das finanças públicas no Brasil**: um guia de leitura. 1. ed. São Paulo: Hucitec, 2009.

PERSSON, T.; TABELLINI, G. **Political economics**: explaining economic policy. Cambridge: MIT Press, 2000.

PICAZO-TADEO, A. J. *et al.* Do ideological and political motives really matter in the public choice of local services management? Evidence from urban water services in Spain. **Public Choice**, v. 151, n. 1, april, p. 215-228, 2012.

RAVALLION, M. Monitoring targeting performance when decentralized allocations to the poor are unobserved. **The World Bank Economic Review**, v. 14, n. 2, 2000.

REZENDE, F. Federalismo Fiscal no Brasil. **Revista de Economia Política**, v. 15, n. 3, jul.-set., 1995.

REZENDE, S. C. *et al.* Integrando oferta e demanda de serviços de saneamento: análise hierárquica do panorama urbano brasileiro no ano 2000. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 12, n. 1, 2007.

ROY, A. D. Some thoughts on the distribution of earnings. **Oxford Economic Papers**, v. 3, n. 2, jun. 1951.

RUBIN, D. B. Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. **Journal of Educational Psychology**, v. 66, n. 5, 1974.

RUBIN, D. B. "Assignment of treatment group on the basis of a covariate". *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, n.2, Mar., 1977.

RUBIN, D. B. Bayesian inference for causal effects: the role of randomization. **The Annals of Statistics**, v. 6, n. 1, jan. 1978.

- RUBINCHIK-PESSACH, A. Can decentralization be beneficial? **Journal of Public Economics**, v. 87, n. 7, p. 1231-1249, jul. 2005.
- SACHSIDA, A.; MONASTERIO, L.; LIMA, I. M. **Criação de municípios depois do PLS 98/2002: uma estimativa preliminar**. Brasília: Ipea, 2013. (Notas Técnica n. 6).
- SAIANI, C. C. S. **Competição política faz bem à saúde?** Evidências dos determinantes e dos efeitos da privatização dos serviços de saneamento básico no Brasil. Tese (Doutorado) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, EESP/FGV, 2012.
- SAIANI, C. C. S.; TONETO JÚNIOR, R. Evolução dos serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004): redução da desigualdade do acesso domiciliar? **Economia e Sociedade**, v. 19, p. 79-106, 2010.
- SANTOS, A. M. P.; COSTA, L. S.; ANDRADE, T. A. Federalismo no Brasil: análise da descentralização financeira da perspectiva das cidades médias. *In*: ANDRADE, T. A.; SERRA, R. V. (Orgs.). **Cidades médias brasileiras**. Rio de Janeiro: Ipea, 2001.
- SAVEDOFF, W.; SPILLER, P. **Spilled water, institutional commitment in the provision of water services**. Inter-American Development Bank, 1999.
- SERRA, J.; AFONSO, J. R. R. Federalismo fiscal à brasileira: algumas reflexões. **Revista do BNDES**, v. 6, n. 12, p. 3-30, Rio de Janeiro, dez., 1999.
- SHAFIK, N.; BANDYOPADHYAY, S. Economic growth and environmental quality: time series and cross-country evidence. **Policy Research Working Paper Series**, n. 904, World Bank, Washington, DC, Jun., 1992.
- SMITH, J. A.; TODD, P. E. Does matching overcome LaLonde's critique of nonexperimental estimators? **Journal of Econometrics**, Elsevier, n. 125, 2005.
- TIEBOUT, C. A pure theory of local expenditures. **Journal of Political Economy**, v. 64, n. 5, p. 416-424, out., 1956.
- TOMIO, F. R. L. A criação de municípios após a Constituição de 1988. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 17, p. 61-89, 2002.
- TONETO JÚNIOR, R.; SAIANI, C. C. S. Restrições à expansão dos investimentos no saneamento básico brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 37, 2006.
- TUROLLA, F. A. **Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas**. Brasília: Ipea, dez. 2002. (Textos para Discussão n. 922).
- UN NABI, R. *et al.* Consultation with the poor: participatory poverty assessment in Bangladesh. **NGO Working Group on the World Bank**, Bangladesh, 1999.
- WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Water, sanitation and hygiene links to health**. WHO, 2004.

SIMULAÇÃO DE POLÍTICAS CLIMÁTICAS E SEUS EFEITOS: UMA ANÁLISE DINÂMICA PARA O BRASIL E PAÍSES DO ANEXO I DO PROTOCOLO DE QUIOTO

Lucas Vitor de Carvalho Sousa¹

Elaine Aparecida Fernandes²

Evaldo Henrique da Silva³

Jader Fernandes Cirino⁴

O presente trabalho buscou avaliar as inter-relações entre políticas climáticas, *spillovers* tecnológicos, crescimento econômico e bem-estar para as seguintes regiões selecionadas: Brasil e países do anexo I do Protocolo de Quioto. Para isso, foi utilizada uma adaptação do Modelo de Investimento e Desenvolvimento Tecnológico (Mind-RS), que, por meio de simulações, permite analisar as principais variáveis que compõem o sistema econômico em um cenário de mudanças climáticas. Os resultados mostraram que para qualquer cenário de política climática, os custos de mitigação são irrisórios para o crescimento econômico e, sobretudo, para o bem-estar, e os *spillovers* tecnológicos podem reduzir ainda mais os custos de mitigação.

Palavras-chave: políticas climáticas; crescimento econômico; bem-estar; simulação.

SIMULATION OF CLIMATE POLICIES AND THEIR EFFECTS: A DYNAMIC ANALYSIS FOR BRAZIL AND ANNEX I COUNTRIES OF THE KYOTO PROTOCOL

This study aimed to evaluate the interrelationships between climate policies, technological spillovers, economic growth and welfare for the following selected regions: Brazil and Annex I countries of the Kyoto Protocol. For this, an adaptation of the Model of Investment and Technological Development (Mind-RS) was used, which through simulations allows us to analyze the main variables that make up the economic system in a scenario of climate change. The results showed that for any climate policy scenario, mitigation costs are insignificant for economic growth and, above all for the well-being, and technological spillovers can further reduce the costs of mitigation.

Keywords: climate policy, economic growth, welfare, simulation.

JEL: O44; Q54; Q55.

1 INTRODUÇÃO

As questões relacionadas às mudanças climáticas estão entre os assuntos mais discutidos na atualidade. Entretanto, ainda existe, de fato, um número pequeno de ações concretas voltadas para a mitigação de gases de efeito estufa (GEE). Isso tanto é verdade que os níveis de concentração de GEE aumentaram nos últimos tempos. Conforme o mais recente relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança

1. Universidade de Brasília. *E-mail:* <lucasvitor.cs@gmail.com>.

2. Universidade Federal de Viçosa. *E-mail:* <elaineafdil@gmail.com>.

3. Universidade Federal de Viçosa. *E-mail:* <ehsilva@ufv.br>.

4. Universidade Federal de Viçosa. *E-mail:* <jader.cirino@ufv.br>.

do Clima – IPCC (2013), desde o período pré-industrial, a concentração de gás carbônico na atmosfera aumentou cerca de 40%. Evitar o aumento desastroso da temperatura exigirá a redução e a estabilização dos níveis de emissões desses gases.

Entre os fatores antrópicos, a queima de combustíveis fósseis é a principal causadora das emissões, o que leva a um *trade-off* entre preservar o meio ambiente e manter o crescimento econômico. Ambos são fundamentais para o bem-estar, e priorizar algum em sacrifício do outro não parece ser a melhor alternativa. Diante dessa questão, o presente trabalho buscou analisar as inter-relações entre políticas climáticas, crescimento econômico, *spillovers* tecnológicos e bem-estar para as regiões Brasil e Países do Anexo I do Protocolo de Quioto.⁵

A escolha dessas regiões foi consequência das características inerentes a cada uma delas. O Brasil, apesar de ter uma matriz energética relativamente mais limpa, é um dos maiores emissores de GEE no mundo, pois além das emissões oriundas da mudança no uso do solo, as emissões do setor elétrico brasileiro também têm aumentado nos últimos anos. Em 2005, este setor representava apenas 16% das emissões totais de GEE no país, mas em 2010, esse percentual passou para 32%, valor próximo das emissões da agropecuária que está em torno de 35% (Seped, 2013). Em adição, os países do anexo I, além de serem os maiores responsáveis pelas emissões antrópicas desses gases, estão no foco das convenções globais sobre mudanças climáticas. Conhecer as relações entre essas duas regiões em consonância com as políticas climáticas pode colaborar para a melhor compreensão da realidade econômica em um cenário de aquecimento global.

O debate internacional quanto à mitigação de GEE costuma ter rodadas difíceis de negociação, predominando a polarização de interesses entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, em função dos compromissos distintos entre os países. De modo geral, mobilizam-se, de um lado, os países em desenvolvimento alegando que as responsabilidades são comuns, porém diferenciadas, visto que os desenvolvidos têm responsabilidades historicamente maiores nas emissões de GEE e deveriam, portanto, arcar com maiores custos de mitigação e de adaptação. Por sua vez, as nações desenvolvidas declaram que os países em desenvolvimento são responsáveis também por uma fração relevante das emissões e, por isso, deveriam dividir os custos.

Esse impasse perante as responsabilidades está ligado intimamente ao crescimento econômico. Alguns trabalhos argumentam que as políticas climáticas afetariam negativamente o crescimento econômico e a competitividade (Jaffe *et al.*, 1995;

5. De acordo com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima – CQNUMC (2013), os países que fazem parte do anexo I são: Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Bielorrússia, Bulgária, Canadá, Croácia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Itália, Japão, Letônia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Mônaco, Holanda, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, Reino Unido, Romênia, Rússia, Suécia, Suíça, Turquia e Ucrânia.

Feijó e Azevedo, 2006; Brännlund e Lundgren, 2009). No trabalho de Feijó e Azevedo (2006), por exemplo, concluiu-se, por meio de um modelo de Equilíbrio Geral Computável, que uma política climática sobre a Área de Livre Comércio das Américas (Alca) reduziria as emissões de CO₂ e afetaria negativamente o bem-estar econômico dos países que mitigaram suas emissões. Outros autores defendem que as mudanças tecnológicas reduziriam os custos de mitigação, tornando viáveis as políticas climáticas (Fischer e Newell, 2008; IEA, 2008; De La Torre, Fajnzylber e Nash, 2009; Mills, 2009). Por exemplo, Fischer e Newell (2008) constaram, por meio de simulações, que um portfólio de políticas climáticas que incentive o desenvolvimento tecnológico diminuiria as emissões de GEE a um custo significativamente mais baixo.

Diante desse contexto, o presente trabalho procurou, de forma geral, analisar os efeitos de políticas climáticas inspiradas no Protocolo de Quioto e em outras conferências globais, considerando a presença de *spillovers* tecnológicos, sobre o bem-estar e o crescimento econômico do Brasil e dos Países do anexo I. Especificamente, pretendeu-se: *i*) analisar a dinâmica econômica das regiões selecionadas na ausência de *spillovers* tecnológicos, com e sem compromissos de mitigação de GEE; e *ii*) analisar a dinâmica econômica das regiões selecionadas na presença de *spillovers* tecnológicos e com compromissos de mitigação de GEE impostos aos países do anexo I e ao Brasil.

A grande questão a ser respondida na presente análise foi então saber se, ao considerar *spillovers* tecnológicos, o bem-estar e o crescimento econômico do Brasil e dos países do anexo I em cenários de mitigação de GEE seriam comprometidos?

Para responder essa questão, foi utilizada uma variante do modelo de Leimbach e Baumstark (2010) que faz a ligação teórica e metodológica, por meio de simulações, entre políticas climáticas, crescimento econômico e bem-estar. Conhecer essa relação pode ajudar os agentes governamentais a tomarem decisões a respeito de como manter o crescimento econômico concomitantemente às questões ambientais, de forma a contribuir para o aumento do bem-estar das sociedades.

Embora existam trabalhos que tratam das relações entre políticas climáticas, crescimento econômico, tecnologia e bem-estar, uma análise quantitativa dinâmica dessa relação para a economia brasileira é um tema pouco explorado e importante. Pois pode sinalizar aos tomadores de decisão a melhor alternativa quanto ao uso dos recursos e os eventuais impactos econômicos de uma política climática. Deve-se ressaltar ainda que o presente estudo, diferentemente do modelo de Leimbach e Baumstark (2010), implementou grande parte das análises em tempo contínuo, o que é uma contribuição relevante, dado que em termos agregados as variáveis mudam continuamente, ainda mais quando se trata de questões ambientais.

Além disso, nesta análise não foi feito qualquer tipo de restrição quanto ao comércio internacional de bens de capital e de recursos energéticos.

O artigo contém, além desta introdução, mais cinco seções. A segunda discute o modelo de Ramsey, a terceira o modelo Mind-RS, a quarta a metodologia, a quinta os resultados, e a última faz as considerações finais.

2 O MODELO DE RAMSEY: O BEM-ESTAR E AS QUESTÕES AMBIENTAIS⁶

O modelo de Ramsey-Cass-Koopmans ou simplesmente modelo de Ramsey é semelhante ao modelo de Solow, mas as dinâmicas dos agregados econômicos são determinadas por decisões a nível microeconômico. As taxas de crescimento do trabalho e do conhecimento, assim como no modelo de Solow, são assumidas como dadas, porém, a evolução do estoque de capital é derivada da interação entre as maximizações de famílias e firmas em mercados competitivos. Como resultado, a taxa de poupança no modelo de Ramsey não é exógena e nem necessariamente constante.

As firmas competitivas alocam capital e contratam trabalho para produzir e vender produtos, e um número fixo de infinitas famílias fornecem trabalho, capital, consumo e poupança. O modelo de Ramsey desconsidera todas as imperfeições do mercado e todas as questões ligadas à heterogeneidade das famílias e suas ligações entre as gerações, dessa forma, o modelo fornece um caso de referência natural.

O modelo pressupõe que existe um número, e grande, de famílias idênticas e o tamanho de cada família cresce a uma taxa n . Cada membro das famílias oferta uma unidade de trabalho e as famílias alocam capital, qualquer que seja, nas próprias firmas. Por simplificação, não existe depreciação e as famílias dividem suas rendas em cada ponto do tempo entre consumo e poupança de forma a maximizar suas utilidades ao longo do tempo. A função de utilidade das famílias é dada pela expressão (1):

$$U = \int_{t=0}^{\infty} e^{-\rho t} u(C(t)) \frac{L(t)}{H} dt, \quad (1)$$

em que $C(t)$ é o consumo de cada membro da família no tempo t ; $u(C(t))$ é uma função de utilidade instantânea; $L(t)$ é o total da população; H é o número de famílias; $L(t)/H$ é o número médio de indivíduos presentes em cada família; $u(C(t)) L(t)/H$ é o total de utilidade instantânea da família no tempo t ; ρ é uma taxa de desconto, que quanto maior, menor é o consumo futuro das famílias relativo ao consumo presente; e U é o nível de utilidade ou de bem-estar total da família representativa no horizonte infinito de tempo.

6. Esta seção foi baseada em Romer (2006).

As firmas, por sua vez, empregam em cada ponto do tempo estoques de trabalho e capital pagam pelos seus produtos marginais e vendem o produto resultante. Como a função de produção possui retornos constantes e o mercado é competitivo, as firmas ganham lucro zero.

A família representativa, então, maximiza sua satisfação sujeita a sua restrição orçamentária, considerando suas interações com as firmas. As firmas pagam pelo trabalho e pelo capital fornecido pelas famílias, e as famílias consomem os produtos gerados pelas firmas. Dessa forma, o nível de satisfação ou bem-estar da família representativa está ligado ao consumo de produtos sujeitos à restrição orçamentária dada pelos ganhos obtidos por unidades de trabalho.

Entretanto, o modelo de Ramsey não leva em consideração os eventuais impactos do sistema produtivo e do consumo ao meio ambiente. A poluição causada pelo sistema produtivo pode, de fato, influenciar nos níveis de bem-estar dos indivíduos ou, no caso do modelo de Ramsey, pode influenciar o bem-estar da família representativa. No entanto, o nível de bem-estar calculado neste modelo depende exclusivamente do consumo de bens, que está intimamente ligado ao crescimento do produto, porém sem levar em consideração os impactos causados ao meio ambiente.

Os modelos de Edenhofer *et al.* (2005) e de Leimbach e Baumstark (2010) são tentativas recentes de incluir as questões ambientais, mais especificamente as políticas climáticas, ao âmbito econômico e a função de bem-estar, mesmo que indiretamente. A formulação teórica desses modelos baseia-se no Modelo de Investimento e Desenvolvimento Tecnológico (Mind), que permite analisar a relação entre diferentes medidas de preservação do meio ambiente e os custos de utilização de políticas específicas para esse fim, principalmente aquelas voltadas para os cuidados com o clima. Dessa forma, os modelos de Edenhofer *et al.* (2005) e de Leimbach e Baumstark (2010) são iniciativas que tentaram incluir ao bem-estar, mesmo que indiretamente, as questões ambientais ligadas às mudanças climáticas.

3 O MODELO MIND-RS

Leimbach e Baumstark (2010), a partir do modelo Mind construído por Edenhofer *et al.* (2005), desenvolveram um modelo de otimização intertemporal projetado para analisar cenários de políticas climáticas dentro de um mundo globalizado e caracterizado pela existência de *spillovers* tecnológicos. Esse modelo foi denominado Mind-RS, do tipo Ramsey Estilizado,⁷ e é um modelo multirregional composto pelos Estados Unidos, Europa, China e Resto do Mundo, implantado em tempo discreto.

7. Ou seja, o modelo Mind-RS foi baseado no modelo de Ramsey-Cass-Koopmans ou simplesmente modelo de Ramsey, em que as famílias procuram maximizar o bem-estar medido em termos de consumo *per capita*.

O Mind-RS adota do Mind a estrutura do sistema de energia (exceto sequestro de carbono e captura de tecnologia) e o investimento, incluindo o investimento em P&D, que representa a maior parcela da variação tecnológica endógena. Como um novo canal de mudança tecnológica, o modelo Mind-RS incorpora *spillovers* tecnológicos e adota como pressuposto que o *spillover* ocorre no sentido da região desenvolvida para a região em desenvolvimento. Além disso, a região desenvolvida exporta apenas bens de investimento (ou capital) e a região em desenvolvimento exporta apenas recursos energéticos. O objetivo, então, é maximizar o bem-estar econômico das regiões levando em consideração as decisões de consumo e investimento dos agentes representativos.

Diferentemente do modelo Mind, o Mind-RS separa o setor industrial agregado em bens/serviços de consumo e bens de investimento (ou capital), considera interações comerciais entre as regiões analisadas e desconsidera a possibilidade de mercados monopolísticos. Os fluxos comerciais representam variáveis de controle e estão ligados a uma restrição orçamentária intertemporal. A importação de capital estrangeiro, que aumenta a eficiência do uso de energia, representa uma opção de mitigação que se estende por todo o portfólio do modelo. O comércio bilateral e o *spillover* tecnológico são considerados endógenos.

O conceito de *spillover* tecnológico é fundamentado na ideia de que as externalidades tecnológicas, que ocorrem junto com o processo de acumulação de capital e conhecimento, retardam a diminuição dos retornos marginais do capital. Existem dois tipos de *spillovers* tecnológicos: *disembodied spillover* e *embodied spillover*. Os *disembodied spillovers* representam um tipo de alteração tecnológica impulsionada pela difusão internacional do conhecimento acumulado e livremente disponível, ou seja, referem-se ao conhecimento internacional como um bem público. Por outro lado, os *embodied spillovers* representam mudanças tecnológicas que são adicionadas ao *know-how* tecnológico incorporado em produtos estrangeiros ou inovações diretamente transferidas – patentes. Em outras palavras, os *embodied spillovers* referem-se a situações em que a presença de capital físico, produzido no exterior e importado, afeta os níveis de eficiência ou produtividade da economia anfitriã (Leimbach e Baumstark, 2010).

A contribuição do modelo Mind-RS é a inclusão dos *embodied spillovers* em distintos cenários de políticas climáticas. O conceito de *embodied spillovers*, neste modelo, é concebido como um processo de expansão de *know-how* tecnológico por importações de capital. Com a elevação da integração econômica por meio do comércio internacional e investimento direto estrangeiro, o crescimento da produtividade de um país não depende somente dos conhecimentos incorporados em sua própria tecnologia, mas também da tecnologia importada de seus parceiros comerciais.

Como resultado, a presença de *spillovers* melhora a eficiência do trabalho e a eficiência energética, o que acarreta em dois efeitos de custos de mitigação opostos. Enquanto o efeito de crescimento induzido pelo *spillover* tende a aumentar os custos de mitigação, a melhora da eficiência energética reduz os custos de mitigação. Dessa forma, quanto maior for a intensidade do *spillover* que aumenta a eficiência ou a produtividade energética, menores são os custos de mitigação das regiões.

Enfim, o Mind-RS é um modelo de crescimento multirregional que permite a análise de cenários de políticas climáticas na presença de comércio de capital e *spillovers* tecnológicos. Enquanto parte da heterogeneidade do mundo real é desconsiderada, o Mind-RS permite investigar os impactos da modelagem de *spillovers* tecnológicos *embodied* em um quadro de avaliação integrada construída em torno de um modelo de crescimento econômico do tipo Ramsey Estilizado. É importante ressaltar que o presente estudo utilizou a estrutura multirregional do modelo Mind-RS apresentada na seção seguinte.

4. METODOLOGIA

4.1. Modelo matemático

Neste estudo, foram analisadas duas regiões: uma em desenvolvimento, Brasil (como ofertante de recursos energéticos/naturais), e uma desenvolvida, países do anexo I (com alta produtividade do trabalho e eficiência energética). Supõe-se que o *spillover* ocorre no sentido da região desenvolvida para a região em desenvolvimento, ou seja, do anexo I para o Brasil. Diferentemente do modelo de Leimbach e Baumstark (2010), no presente trabalho, tanto a região desenvolvida quanto a região em desenvolvimento exporta bens de investimento e recursos energéticos. Para melhor entendimento do modelo, o quadro 1 resume os índices mais utilizados na modelagem.

QUADRO 1
Síntese dos índices utilizados no modelo

Índice	Variação	Definição
T	1, 2, ..., 100	Período de tempo
i, r	Brasil e anexo I	Regiões
j (j ∈ J)	J = {C, I, Q, P, f, ren, nf}	<i>Bens comercializáveis e setores:</i> C = bens de consumo; I = bens de investimento ou de capital; Q = energia fóssil ou setor de extração; P = permissões de emissão (comercializável); f = setor de transformação de energia fóssil; ren = setor de energia renovável; nf = setor de energia restante.
M	K, L, E, PE	<i>Fatores de produção:</i> K (capital), L (trabalho), E (energia final), PE (energia primária)

Adaptado de Leimbach e Baumstark (2010).

Para cada região, foram consideradas as decisões dos agentes representativos, ou seja, as decisões de consumo das famílias, de investimento das firmas e de comércio. O objetivo principal do modelo, então, foi maximizar o bem-estar, W , das regiões, neste estudo Brasil e países do anexo I, mensurado em termos de consumo *per capita* por meio da expressão (2).

$$W(i) = \int_{t=1}^T e^{-\sigma t} L(i,t) \ln \left(\frac{C(i,t)}{L(i,t)} \right) dt, \quad (2)$$

em que σ é uma taxa pura de preferência intertemporal,⁸ ou seja, uma taxa de desconto, L representa a população da região que fornece de forma exógena o fator de produção trabalho e C é o consumo.

Para alcançar esse objetivo, estimou-se o produto agregado, Y , que é igual à soma do produto dos setores de bens e serviços de consumo e de bens de investimento (ou de capital). Esse produto foi estimado por meio de uma função de produção CES conforme a expressão (3).

$$Y_j(i,t) = \phi_j(i) [\xi_K K_j(i,t)^{\rho(i)} + \xi_L (\theta_{Lj}(i,t) A_L(i,t) L(i,t))^{\rho(i)} + \xi_E (\theta_{Ej}(i,t) A_E(i,t) E(i,t))^{\rho(i)}]^{\frac{1}{\rho(i)}}, \quad (3)$$

em que ρ é o parâmetro de substituição, ξ_m é um parâmetro que representa o peso dos insumos no produto total, ϕ é a produtividade total dos fatores, K é o estoque de capital, A_L é a produtividade ou eficiência do trabalho, A_E é a produtividade ou eficiência energética e $\theta_{m,j}$ representa a parcela dos fatores de produção (participação do fator m no setor j), com $\theta_{m,C} = 1 - \theta_{m,I} \forall m \in \{L, E\}$.

O equilíbrio de mercado é caracterizado por $\theta_{L,j} = \theta_{E,j}$, ou seja, quando a participação do fator trabalho for igual à participação do fator energia no produto. As variáveis de produtividade estão sujeitas a investimentos em P&D (A_m), de acordo com Edenhofer, Bauer e Kriegler (2005) e Leimbach e Baumstark (2010), e também a *spillovers* tecnológicos [$sp_m(i,t)$], conforme a expressão (4).

$$\dot{A}_m(i,t) = \zeta_m(i) \left(\frac{rd_m(i,t)}{Y_C(i,t) + Y_I(i,t)} \right)^{\alpha_m} A_m(i,t) + sp_m(i,t) \quad \forall m \in \{L, E\}, \quad (4)$$

8. Taxa pura de preferência intertemporal, também conhecida como elasticidade de substituição intertemporal, mostra o consumo ao longo do tempo, ou seja, os indivíduos podem poupar mais no presente para consumir mais no futuro. Em geral, os indivíduos que possuem maior renda apresentam menor taxa de preferência intertemporal, ou seja, eles consomem menos no presente, poupam parte dessa renda e aumentam o consumo futuro devido aos juros obtidos no período (Costa, 2011).

em que $\zeta_m(i)$ é a produtividade dos investimentos em P&D que melhora a eficiência do fator m , α_m é um parâmetro de eficiência que aumenta a importância do setor de P&D na produtividade dos fatores, Y_C é o produto no setor de bens de consumo e Y_I é o produto no setor de bens investimento (ou de capital). Assim, de acordo com a expressão (4), a produtividade dos fatores de produção (A_m) é uma relação entre os investimentos em P&D e o produto agregado, adicionada dos *spillovers*.

Os *spillovers* tecnológicos *embodied* aumentam tanto a produtividade do trabalho quanto a energética. Esse efeito *spillover* é induzido pela exportação de capital [$X_I(r,i)$] da região r para a região i , $\forall m \in \{L, E\}$ e ocorre quando a produtividade da região i for menor do que a da região r , ou, em outras palavras, quando a produtividade do Brasil for menor do que a do anexo I, de acordo com a expressão (5).

$$sp_m(i,t) = \begin{cases} \sum_r \left[\left(\frac{X_I(r,i,t)}{K_I(i,t)} \right)^\psi \Omega_m(A_m(r,t) - (A_m(i,t))) \right] : A_m(i,t) < A_m(r,t), \\ 0 : A_m(i,t) \geq A_m(r,t) \end{cases}, \quad (5)$$

em que ψ é uma medida de elasticidade do *spillover* de investimentos estrangeiros e Ω_m descreve a intensidade do *spillover*.

A disponibilidade interna de bens de consumo [$D_C(i,t)$] está restrita à produção doméstica de bens de consumo (Y_C), adicionada pelas importações [$X_C(r,i)$], e subtraída pelas exportações [$X_C(i,r)$], como pode ser visto na expressão (6).

$$D_C(i,t) = Y_C(i,t) + \sum_r X_C(r,i,t) - \sum_r X_C(i,r,t). \quad (6)$$

Diferentemente das demais variáveis, as importações são capazes de flexibilizar a restrição interna de bens de consumo. Para simplificar, omitem-se os custos de comércio que atualmente estão distribuídos no total das variáveis de importação.

A disponibilidade interna de bens de consumo é distribuída entre os setores de P&D do trabalho [$rd_L(i,t)$], P&D da energia [$rd_E(i,t)$] e para o próprio consumo [$C(i,t)$], conforme as expressões (7), (8) e (9).

$$C(i,t) = [sD_C(i)] * [D_C(i,t)] \quad (7)$$

$$Crd_L(i,t) = [sD_Crd_L(i)] * [D_C(i,t)] \quad (8)$$

$$Crd_E(i,t) = [sD_Crd_E(i)] * [D_C(i,t)], \quad (9)$$

em que $[C(i,t)]$, $[Crd_L(i,t)]$ e $[Crd_E(i,t)]$ são as quantidades de bens de consumo utilizadas em cada setor; $[sD_c(i)]$, $[sD_crd_L(i)]$ e $[sD_crd_E(i)]$ são percentuais exógenos da disponibilidade interna de bens de consumo alocados nesses setores. Esses percentuais foram obtidos por meio da otimização dinâmica, que ao maximizar o bem-estar encontraram-se tais valores.

Parte da produção de bens de consumo é exportada conforme a expressão (10).

$$X_c(i,r,t) = [1 - sY_c(i)] * Y_c(i,t), \quad (10)$$

em que $[sY_c(i)]$ é o percentual da produção de bens de consumo destinado ao mercado interno, também otimizado automaticamente.

A disponibilidade interna de bens investimento (de capital), D_I , representada pela expressão (11), é igual à produção doméstica de bens de capital (Y_I), mais as importações $[X_I(r,i)]$ e menos o que é usado pelos investidores estrangeiros $[X_I(i,r)]$, isto é, o que é exportado, menos o capital utilizado pelos investidores domésticos no setor de energia renovável $[I_{ren}(i,t)]$ e no setor de energia restante $[I_{nf}(i,t)]$. Os setores $[I_{ren}(i,t)]$ e $[I_{nf}(i,t)]$ não acumulam capital e utilizam o conceito de aquisição de capital, definido exogenamente.

$$D_I(i,t) = Y_I(i,t) + \sum_r X_I(r,i,t) - \sum_r X_I(i,r,t) - I_{ren} - I_{nf}. \quad (11)$$

Assim como no consumo, a disponibilidade de capital é distribuída para os setores de bens de consumo (C), de extração (Q), de transformação de energia fóssil (f) e para o próprio setor de produção de bens de investimento (I), conforme a expressão (12).

$$I_j(i,t) = [sD_{I,j}(i)] * [D_I(i,t)] \quad \forall j \in \{C, Q, f, I\}, \quad (12)$$

em que $I_j(i,t)$ é quantidade de capital destinado ao setor j e $[sD_{I,j}(i)]$ é o percentual exógeno da disponibilidade interna de capital alocado no setor j , que também foi encontrado por meio da otimização dinâmica com o intuito de obter o máximo de bem-estar.

Parte da produção de bens de investimento (capital) também é exportada conforme a expressão (13).

$$X_I(i,r,t) = [1 - sY_I(i)] * Y_I(i,t), \quad (13)$$

em que $[sY_j(i)]$ é o percentual da produção de bens de investimento destinado ao mercado interno, outra vez otimizado automaticamente.

A acumulação de capital em todos os setores, exceto os setores de energia renovável e de energia restante, segue o comportamento padrão conforme a expressão (14).

$$\dot{K}_j(i,t) = I_j(i,t) - [\delta_j(i)] * [K_j(i,t)] \quad \forall j \in \{C, I, Q, f\}, \quad (14)$$

em que $\dot{K}_j(i,t)$ se refere à formação de estoque de capital e δ_j é a taxa de depreciação do capital do setor j . Os setores responsáveis pela produção de energia no modelo estão representados no apêndice A, ao final do texto.

No que se refere às políticas climáticas, assume-se que é alocada para cada região um montante de permissão para emissão P (exógeno). Para cada unidade de recurso fóssil convertido dentro do setor de energia final, uma permissão de emissão é necessária. O comércio de emissões, X_p , fornece a oportunidade de compra e venda das mesmas. A restrição resultante para o uso dos recursos fósseis é dada pela expressão (15).

$$Q(i,t) + \sum_r (X_Q(r,i,t) - X_Q(i,r,t)) \leq P(i) + \sum_r (X_p(r,i,t) - X_p(i,r,t)), \quad (15)$$

em que $Q(i,t)$ denota a extração doméstica do recurso fóssil e X_Q denota a exportação e importação do recurso fóssil. Dessa forma, pode-se perceber que a restrição imposta pela expressão (15) é de que a disponibilidade interna de recurso fóssil (primeiro membro da expressão) deve ser menor ou igual ao saldo de permissão de emissões (segundo membro da expressão).

As exportações de permissão de emissões ocorrem de acordo com a expressão (16).

$$X_p(i,r,t) = [1 - sP(i)] * [P(i) + X_p(r,i,t)], \quad (16)$$

em que o termo $sP(i)$ é o percentual do total de permissões da região que deve ser utilizado internamente, também encontrado por meio da otimização dinâmica.

Contudo, as equações apresentadas mostram um problema de otimização multirregional com uma função objetivo para cada região. Os fluxos de comércio são ajustados automaticamente com o objetivo de encontrar o ótimo de Pareto que fornece benefícios comerciais para as regiões. O comércio e o investimento representam variáveis de controle que foram estimadas automaticamente pelo *software* Matlab/Simulink 2011. Assume-se que o efeito *spillover* ocorre quando os

agentes tomam suas decisões de investimento e comércio. Dessa forma, procura-se otimizar o bem-estar das regiões conforme a expressão (17).

$$\sum_i^r W(i, r) = \int_{t=1}^T e^{-\alpha t} L(i, r; t) \ln \left(\frac{C(i, r; t)}{L(i, r; t)} \right) dt. \quad (17)$$

4.2 Simulação e otimização dinâmica

As mudanças climáticas e o próprio sistema econômico estão intimamente ligados ao tempo, o que leva a uma análise dinâmica das relações entre economia e natureza. O modelo matemático apresentado é composto por equações diferenciais e em diferenças (sistema dinâmico) e, portanto, por um número relativamente grande de expressões, das quais algumas delas são não lineares, o que é uma característica comum em estudos sobre questões ambientais. Devido a essas características, utilizou-se, neste trabalho, o modelo de simulação que permitiu verificar o comportamento dinâmico e não linear das variáveis.

O modelo de simulação ou simplesmente simulação é um processo de construção de um modelo representativo do sistema real (modelo matemático) e, por conseguinte, a experimentação deste por meio de cenários. A análise dos resultados da experimentação revela a visão futura do sistema em estudo, auxiliando na tomada de decisão necessária no momento presente, o que contribui para uma melhor compreensão do sistema. A simulação é, portanto, a solução numérica das equações (diferenciais, em diferença ou ambas – modelo híbrido) do modelo que permite examinar como o sistema se comporta ao longo de um período de tempo em distintos cenários (Costa, 2002).

O sistema real, além de ser repleto de *feedbacks*, tende a apresentar maior complexidade, principalmente, pela sua natureza dinâmica e aleatória. A simulação permite incorporar tais características, reproduzindo em um computador o comportamento observado em um sistema real (Chwif e Medina, 2006). Dessa forma, a simulação é um dos instrumentos mais adequados para a análise e compreensão da realidade econômica em um panorama de mudanças climáticas.

Antes de analisar os resultados da simulação, é necessário calibrar o modelo, ou seja, definir um conjunto de valores para os parâmetros, incluindo os valores iniciais para as variáveis, que assegurem a representatividade do modelo. Esses valores devem ser coerentes com a teoria, evidências empíricas e/ou fatos estilizados. Entretanto, podem existir modelos que contêm parâmetros cujos valores não são conhecidos com precisão. Tais parâmetros variam ao longo de um determinado intervalo de valores, como os parâmetros percentuais apresentados no modelo matemático utilizado neste estudo. Sabe-se que os valores desses parâmetros variam

entre 0 e 1 ou entre 0% e 100%, no entanto, não se sabe exatamente qual o valor real deles. A solução para esse problema pode ser encontrada na otimização dinâmica.

A otimização dinâmica também conhecida como controle ótimo permite encontrar os valores desconhecidos desses parâmetros a partir de um problema de otimização em que uma função objetivo é maximizada ou minimizada sujeita a determinadas restrições (para mais detalhes ver Gandolfo, 2012). Especificamente neste estudo, a função objetivo maximizada foi a de bem-estar (expressão 17), e as restrições impostas foram de que os parâmetros percentuais variassem entre 0 e 1. O problema de otimização, então, simula interativamente o modelo até ajustar valores para os parâmetros que melhor atenderem os objetivos, isto é, de tal forma que o bem-estar alcance uma trajetória ótima. Dessa forma, foi utilizada a otimização dinâmica para definir os valores dos parâmetros percentuais.

4.3 Definição dos cenários

A possibilidade de construir cenários alternativos é mais um atributo que corrobora o uso da simulação neste estudo, pois permite analisar o impacto das políticas climáticas sobre o bem-estar das regiões em diferentes cenários. Assim, a simulação é uma ferramenta de análise *ex ante* de distintos cenários de políticas climáticas e suas eventuais consequências, o que possibilita economia de recursos e de tempo, além de indicar para os tomadores de decisão a melhor alternativa quanto ao uso dos recursos.

É fundamentalmente importante que os cenários sejam coerentes com a realidade econômica e com o ambiente em que as regiões analisadas estão inseridas. Dessa forma, na presente pesquisa foram construídos os seguintes cenários, conforme listados a seguir.

- 1) Cenário CR: no cenário de referência (CR) ou *benchmark* não existe restrição quanto às emissões de CO₂ e nem a presença de *spillovers* tecnológicos. Pretende-se, dessa forma, verificar a trajetória das variáveis sem qualquer influência externa, ou seja, a trajetória usual dos negócios. Para a análise desse cenário, foram desativados o parâmetro $sp_m(i,t)$ da expressão (4) e a expressão (15) para as duas regiões.
- 2) Cenário CR-S: com a finalidade de examinar a influência dos *spillovers* tecnológicos no desempenho econômico das regiões, foi definido um cenário comparativo denominado CR-S em que não há restrições quanto às emissões, porém há a presença de *spillovers* tecnológicos. Nesse cenário, foi desativada a expressão (15). Por outro lado, foi habilitado o parâmetro $sp_m(i,t)$ da expressão (4) para as duas regiões.

- 3) Cenário CPC-2: no cenário de política climática (CPC-2), tanto o anexo I quanto o Brasil devem cumprir metas de emissões, o que é coerente com o novo protocolo climático a ser debatido e desenvolvido em 2015. Além disso, não existe a presença de *spillovers* tecnológicos. Nesse cenário, a expressão (15) foi ativada para as duas regiões, mantendo-se desabilitado o parâmetro $sp_m(i,t)$ da expressão (4).
- 4) Cenário CPC-2S: por fim, com o intuito de analisar os eventuais efeitos dos *spillovers* tecnológicos sobre o desempenho econômico das regiões com a imposição de mitigação de GEE, foi construído o cenário de política climática (CPC-2S). Nesse cenário, há a presença de *spillovers* tecnológicos por meio da habilitação do parâmetro $sp_m(i,t)$ da expressão (4) e da ativação da expressão (15) para as duas regiões.

4.4. Fonte de dados

A proposta da simulação é produzir resultados que, quando analisados, identificarão aspectos importantes do sistema estudado. Mas, antes mesmo de realizar as simulações, são necessários valores iniciais para os parâmetros e também para as variáveis. Dessa forma, além dos valores dos parâmetros percentuais obtidos com a otimização dinâmica, foram obtidos valores para os demais parâmetros nos trabalhos empíricos de Edenhofer, Bauer e Kriegler (2005) e de Leimbach e Baumstark (2010), o que pode ser visto no quadro B.1 no apêndice B. Para os países do anexo I, os parâmetros selecionados foram *proxies* das regiões desenvolvidas (Europa e Estados Unidos) e, para o Brasil, foram utilizados como *proxies* os parâmetros referentes às regiões em desenvolvimento ou parcialmente em desenvolvimento (China e resto do mundo) do modelo de Leimbach e Baumstark (2010).

Com relação aos valores iniciais das variáveis, foi selecionado o ano 2000 como o período inicial. Os dados relativos ao produto interno bruto (PIB) em dólares (americanos) como *proxy* para o produto foram coletados na base de dados do Banco Mundial. A produção de petróleo foi utilizada como *proxy* para o setor de extração de recurso fóssil e encontra-se disponível na base de dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Os dados de importação e exportação foram coletados no Comtrade. Os valores iniciais das demais variáveis foram baseados no trabalho de Leimbach e Baumstark (2010).

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Calibração: valores iniciais e resultado da otimização

Como visto na seção 4, o modelo proposto neste trabalho é composto por várias expressões dinâmicas e não lineares. Essas características fazem da simulação a

metodologia mais adequada para a análise do comportamento das variáveis do modelo. Os valores dos parâmetros utilizados foram apresentados no quadro B.1, que se encontra no apêndice B, e a tabela 1 apresenta os valores iniciais das variáveis utilizadas, no ano 2000, para as duas regiões em estudo.⁹

TABELA 1
Valores iniciais para o ano 2000¹

Variáveis em bilhões de US\$	Brasil	Anexo I
PIB (em trilhões de US\$)	0,644	25,331
População (em bilhões de habitantes)	0,174	1,231
Estoque de capital industrial	2740	24050
Estoque de capital no setor de consumo (<i>ad hoc</i>)	1500	8700
Estoque de capital no setor de energia fóssil	270	1500
Estoque de capital no setor de extração	220	1250
Exportações de bens de consumo	28,003	11,337
Exportações de recursos do setor de extração (em milhões de toneladas)	4,306	2,356

Fonte: Leimbach e Baumstark (2010), Banco Mundial (2013), OCDE (2013), Comtrade (2013).

Nota: ¹ As exportações de bens de consumo e de recursos do setor de extração correspondem somente às exportações de uma região para a outra. Isto é, o valor das exportações do Brasil referem-se apenas às exportações do Brasil para o anexo I, sem considerar as exportações do Brasil para outros países. O mesmo raciocínio vale para o valor das exportações do anexo I. De fato, de acordo com os dados do Comtrade, a balança comercial entre as duas regiões foi favorável ao Brasil.

Esse processo de alimentação do modelo com valores iniciais para as variáveis e os parâmetros para encontrar resultados plausíveis é denominado calibração. A calibração, como destacam Kydland e Prescott (1996), significa trabalhar os dados de tal forma que o modelo se aproxime da realidade tanto quanto possível, em um número limitado, mas claramente especificado de dimensões. Determinadas questões econômicas possuem respostas conhecidas, e o modelo em estudo precisa ser capaz de reproduzi-las, para que ele seja considerado confiável e adequado para responder às questões desconhecidas.

Evidentemente, a fundamentação empírica dos valores utilizados no processo de simulação torna o modelo mais adequado e aceitável. No entanto, nem sempre existem valores disponíveis ou evidências empíricas para determinados parâmetros e/ou variáveis utilizadas. Nessas situações, utilizou-se o Princípio da Correspondência de Samuelson, que atribui valores arbitrários para os parâmetros desconhecidos, mas de tal forma que esses valores consigam descrever o comportamento do modelo o mais próximo da realidade. Em outras palavras, esse Princípio é uma medida *ad hoc* para os parâmetros não conhecidos de modo que o modelo seja uma aproximação do mundo real.

9. Os valores iniciais para a produtividade do trabalho e para a eficiência (produtividade) energética foram, respectivamente, 0,65 e 4,34 para o Anexo I, e 0,435 e 1,595 para o Brasil, conforme *proxies* dos valores médios para Europa e Estados Unidos, e China e resto do mundo de Leimbach e Baumstark (2010). Além disso, devido a resultados inconsistentes com a realidade econômica, foi desconsiderada a depreciação do capital.

Além dos valores iniciais apresentados no quadro B.1 (ver apêndice B) e na tabela 1, a tabela 2 mostra os valores encontrados para os parâmetros percentuais mencionados na metodologia, por meio da otimização dinâmica. Os valores iniciais para o processo de otimização foram *ad hoc*, definidos em 0,5 ou 50% para todos os parâmetros percentuais.¹⁰ O objetivo da otimização foi encontrar o melhor valor para cada parâmetro de forma que o bem-estar de cada região fosse máximo.

TABELA 2
Valores encontrados para os parâmetros percentuais após a otimização¹

Parâmetro	Brasil	Anexo I	Descrição
$sYc(i)$	0,7947	0,8246	% da produção de bens de consumo alocado internamente
$sY(i)$	0,5	0,5	% da produção de bens de investimento alocado internamente
$sD_{II}(i)$	0,5	0,5	% da DI* de bens de investimento alocado no setor I
$sD_{IC}(i)$	0,5	0,5	% da DI de bens de investimento alocado no setor C
$sD_{If}(i)$	0,5	0,5	% da DI de bens de investimento alocado no setor f
$sD_c(i)$	0,8761	0,8743	% da DI de bens de consumo alocado no setor C
$sD_{rdI}(i)$	0,502	0,4988	% da DI de bens de consumo alocado no setor de P&D do trabalho
$sQ(i)$	0,5008	0,5014	% da produção doméstica de recursos fósseis alocado internamente
$sP(i)$	0,5	0,5	% do total de permissões de emissões alocado internamente

Fonte: Resultados da pesquisa.

Obs.: *Disponibilidade interna.

Nota: ¹ Em todos os setores, foi imposta uma restrição para que a soma dos parâmetros percentuais fosse igual a 100%. Além disso, o percentual da disponibilidade interna de bens de consumo alocado no setor de P&D da energia foi definido conforme a seguinte expressão: $sD_{rdE}(i) = 1 - [sDc(i) + sD_{rdI}(i)]$.

Como se pode observar na tabela 2, os parâmetros $sYI(i)$, $sD_{II}(i)$, $sD_{IC}(i)$, $sD_{If}(i)$ e $sP(i)$ não sofreram nenhuma alteração após o processo de otimização para ambas as regiões. De fato, após a análise de sensibilidade desses parâmetros, constatou-se que para qualquer valor do intervalo entre 0 e 1 não houve alteração no nível de bem-estar, dessa forma, optou-se por preservar os valores iniciais.

5.2 Cenários de Políticas Climáticas

5.2.1 Cenário CPC-2

A política climática adotada neste trabalho seguiu as mesmas diretrizes dos trabalhos de Edenhofer, Bauer e Kriegler (2005) e Leimbach e Baumstark (2010), ou seja, limitar a elevação da temperatura média global em no máximo 2°C acima do nível pré-industrial. Do ponto de vista técnico, foi utilizado o caminho de emissões ótimo que satisfaz essa restrição, conforme o modelo de Edenhofer, Bauer e Kriegler (2005). A partir disso, encontra-se o montante de permissões de emissões que podem ser

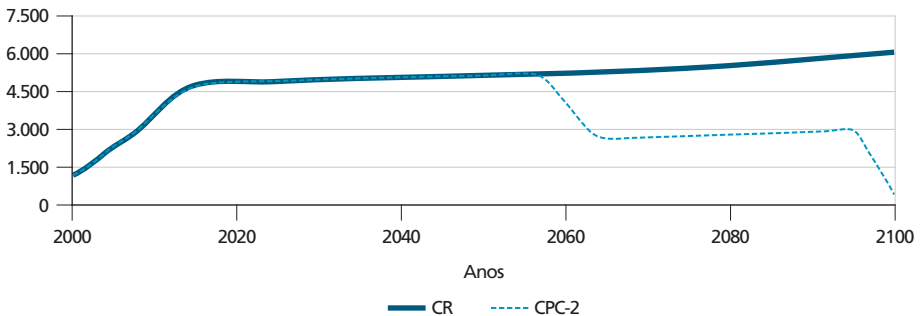
10. Os valores iniciais são arbitrários e servem para que o processo de otimização seja iniciado.

alocadas entre as regiões. Sendo assim, um montante de permissões comercializáveis foi alocado para cada região afim de que o aumento da temperatura média global não ultrapasse 2°C. Essa lógica foi adotada nos dois cenários de política climática adotados neste trabalho (CPC-2 e CPC-2S).

Basicamente a restrição imposta às regiões quanto às emissões de CO₂ deve satisfazer a expressão (15), ou seja, a disponibilidade interna de recurso fóssil deve ser menor ou igual ao saldo de permissão de emissões. Essa restrição segue o modelo apresentado na seção 4, que pressupõe que, para cada unidade de recurso fóssil produzida, uma unidade de CO₂ equivalente é emitida.

No primeiro cenário de política climática, CPC-2, tanto o anexo I quanto o Brasil devem cumprir metas de redução de emissões, o que é coerente com o novo protocolo climático, que será discutido em 2015, em que todos os países devem cumprir tais metas. É importante ressaltar que nesse cenário não foi incluído o efeito de *spillovers* tecnológicos. Como resultado, a imposição de permissões de emissões para o Brasil e o anexo I reduziria consideravelmente os níveis de emissões de CO₂ em comparação ao cenário CR (gráfico 1).

GRÁFICO 1
Evolução das emissões totais de CO₂ nas duas regiões nos cenários CR e CPC-2
(Em milhões de toneladas)



Fonte: Resultados da pesquisa.

De acordo com o gráfico 1, observa-se que o efeito da política climática no sentido de mitigar emissões de CO₂ só ocorreria por volta de 2050. Esse relativo atraso com relação ao efeito da política climática deve-se ao fato de o modelo assumir o comércio de permissões. Neste estudo, o recorte geográfico constitui-se de duas regiões, o Brasil e um conjunto de 42 países denominado anexo I. A base energética dos países do anexo I é formada principalmente por recursos fósseis, enquanto o Brasil possui uma matriz energética relativamente mais limpa. Como já mencionado, para cada unidade de recurso fóssil produzida uma unidade de CO₂ equivalente é emitida, e, por conseguinte, uma permissão de emissão é necessária.

Nesse contexto, a região composta pelos países do anexo I precisam de mais permissões do que o Brasil, e aquele montante de permissões que não é utilizado pelo Brasil é vendido para o anexo I.

Enquanto a produção total de recurso fóssil não ultrapassa o montante total de permissões, as emissões de CO₂ tendem a não declinar. Por outro lado, quando o montante de permissões torna-se insuficiente para manter a produção de recurso fóssil, os países são obrigados a substituir a matriz energética fóssil por uma matriz renovável ou não fóssil, a fim de manter suas produções de bens e serviços. É o que aconteceria com as emissões de CO₂ por volta de 2050 conforme o gráfico 1. Nesse ponto, a redução das emissões ocorreria principalmente pela mudança na estratégia de investimento de energia fóssil por fontes de energia renováveis e não fóssil (como a energia nuclear) induzida pela política climática. Em decorrência disso, fica evidente que uma política climática global é fundamental para a mitigação de GEE.

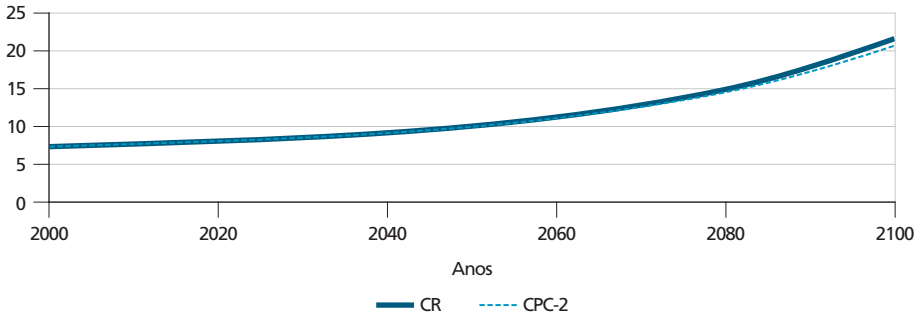
É importante destacar que a sensibilidade da política climática está intimamente ligada ao nível de restrição das emissões, ou seja, o montante de permissões alocado entre as regiões. Quanto maior a restrição, mais rápido é o efeito da política climática, o que demonstra robustez e eficácia dessa política.

O processo de “substituição” de uma matriz energética fóssil por uma renovável afetaria levemente o crescimento econômico brasileiro e o desempenho econômico do anexo I, como pode ser verificado nos gráficos 2 e 3. O PIB brasileiro seria 1,84% menor no cenário com política climática global, quando comparado ao cenário inicial (CR), ou seja, sem compromissos de mitigação (gráfico 2).¹¹ Para o Brasil, essas mudanças do padrão energético ocorreria no sentido de desestimular o consumo de combustíveis fósseis, como o uso do etanol e do biodiesel no lugar da gasolina e do óleo diesel, respectivamente. E para o anexo I seria uma transição de uma matriz energética fóssil para uma matriz renovável ou não fóssil, como a energia eólica, fotovoltaica e nuclear.

A política climática tem um custo médio baixo para o Brasil, apenas cerca de 0,002% ao ano (a.a.) (ou 1,84% no período como um todo). Contudo, é importante destacar que a política climática no modelo Mind-RS está ligada intimamente ao setor energético, uma vez que o setor agropecuário não é modelado. Essa limitação pode estar influenciando o baixo custo enfrentado pelo Brasil, dado que o setor agropecuário possui parcela relevante no PIB do país e também nas emissões de GEE.

11. O primeiro ano da simulação comportou-se como um choque em todos os cenários e variáveis analisados, dessa forma esse ano foi desconsiderado das análises.

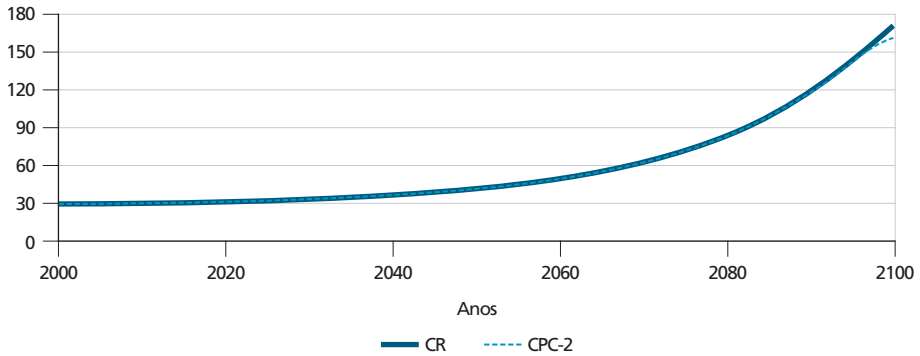
GRÁFICO 2
Comportamento do PIB brasileiro na presença de uma política climática global
(Em trilhões de US\$)



Fonte: Resultados da pesquisa.

Com relação ao anexo I, no cenário CPC-2 o desempenho do PIB dessa região tornou-se apenas 0,33% menor quando comparado ao cenário CR (gráfico 3). Esse resultado demonstra que uma política climática global, além de ser eficaz quanto à diminuição das emissões de GEE, também dividiria os custos de mitigação para todas as regiões.

GRÁFICO 3
Comportamento do PIB do anexo I na presença de uma política climática global
(Em trilhões de US\$)



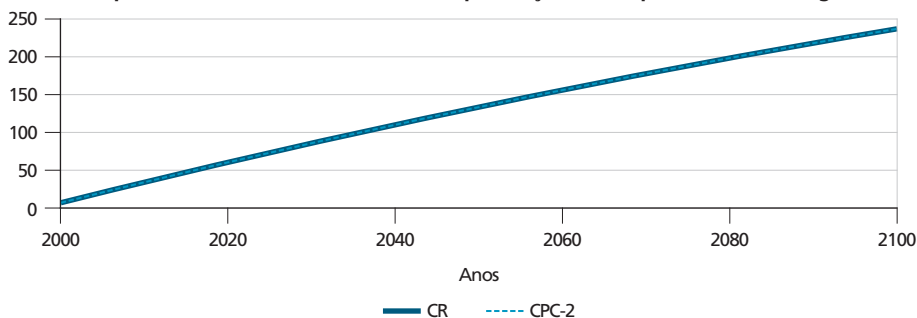
Fonte: Resultados da pesquisa.

De acordo com o gráfico 4, a política climática global de restrição de emissões de GEE não teria efeito sobre a trajetória do bem-estar total. Isso significa que uma política climática global de mitigação de GEE pode ser implementada sem perda para o bem-estar social. Ou melhor, as sociedades tendem a ganhar com um ar mais limpo e um planeta menos quente no longo prazo. Destaca-se que o valor

obtido para o bem-estar a cada ano não é importante, mas, sim, o comportamento do bem-estar ao longo do período.

GRÁFICO 4

Comportamento do bem-estar total na presença de uma política climática global



Fonte: Resultados da pesquisa.

5.2.2 Cenário CPC-2S

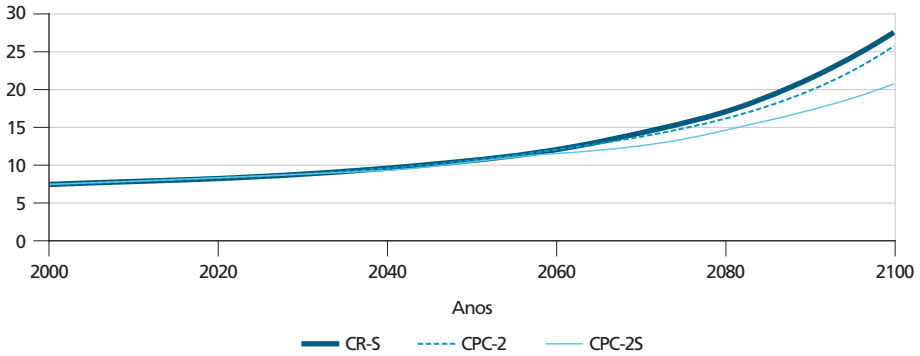
Como visto na seção anterior, as políticas climáticas afetam levemente o crescimento econômico das regiões, e, apesar dos ganhos ambientais e sociais de um planeta menos quente com um ar mais limpo, os tomadores de decisão podem tornar-se ainda mais avessos a uma política climática que afete negativamente o crescimento econômico. Uma solução para minimizar ainda mais os impactos econômicos da mitigação de GEE pode ser encontrada nos *spillovers* tecnológicos. Os *spillovers* podem influenciar positivamente a economia e, por conseguinte, podem atenuar os efeitos negativos de uma política climática global. Dessa forma, foi construído o cenário CPC-2S, em que além da implantação de uma política climática global (igual ao cenário CPC-2), há também a presença de *spillovers* tecnológicos.

Os gráficos 5 e 6 mostram o comportamento do PIB brasileiro e do anexo I, respectivamente, na presença de uma política climática global com *spillovers* tecnológicos. É importante relembrar que o *spillover* ocorre no sentido do anexo I para o Brasil. Dessa forma o desempenho econômico da região no anexo I no cenário CPC-2S é o mesmo quando comparado ao cenário CPC-2 (gráfico 6). De fato, os *spillovers* afetariam positiva e significativamente o desempenho da economia brasileira, como pode ser observado no gráfico 5.

A presença de uma restrição quanto às emissões altera as estratégias de investimento, que, por sua vez, reduz o uso de energia fóssil, o que afeta o desempenho econômico. Por outro lado, os *spillovers* tecnológicos aumentam a eficiência energética, contrabalanceando o impacto negativo da redução do consumo de energia fóssil. Isso tanto é verdade que, na presença de *spillovers* (cenário CPC-2S),

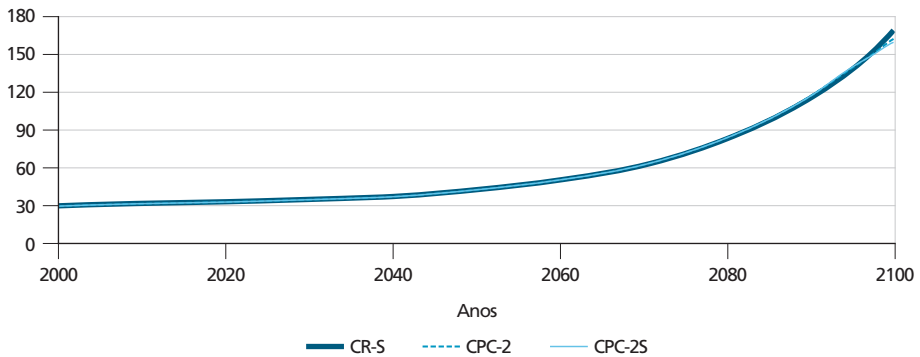
o PIB do Brasil tornar-se-ia 8,55% maior do que no cenário de política climática global sem *spillovers*, CPC-2 (gráfico 5).

GRÁFICO 5
Comportamento do PIB brasileiro na presença de uma política climática global com *spillovers* tecnológicos
(Em trilhões de US\$)



Fonte: Resultados da pesquisa.

GRÁFICO 6
Comportamento do PIB do anexo I na presença de uma política climática global com *spillovers* tecnológicos
(Em trilhões de US\$)

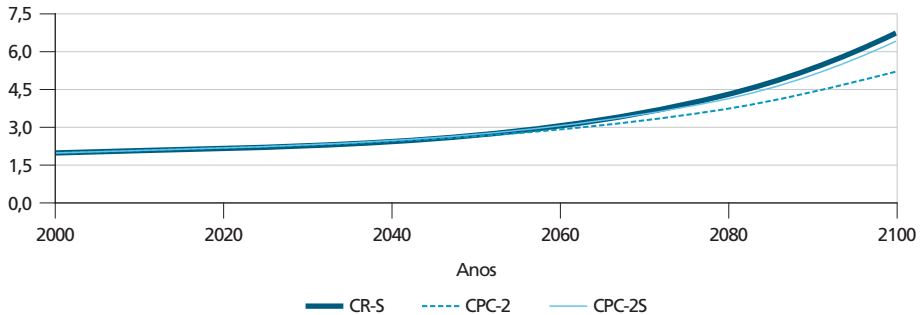


Fonte: Resultados da pesquisa.

Além do PIB, a presença de *spillovers* tecnológicos (cenário CPC-2S) também afetaria positivamente o comércio internacional brasileiro. As exportações de bens de capital cresceriam 7,92% e as exportações de bens de consumo se expandiriam 9,24%, quando comparadas ao cenário CPC-2 (gráficos 7 e 8).

GRÁFICO 7

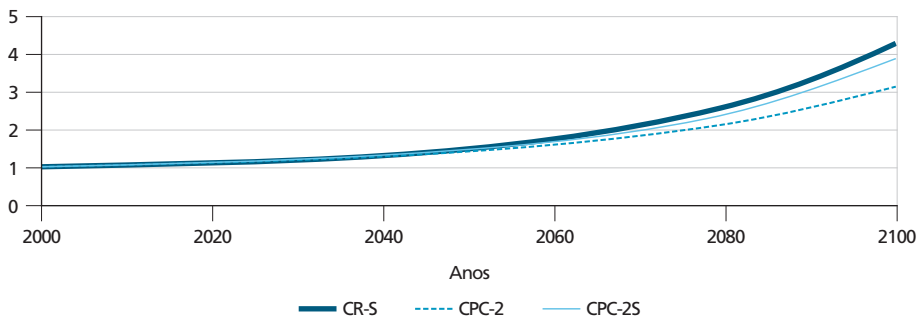
Exportações de bens de capital do Brasil na presença de uma política climática global com *spillovers* tecnológicos
(Em bilhões de US\$)



Fonte: Resultados da pesquisa.

GRÁFICO 8

Exportações de bens de consumo do Brasil na presença de uma política climática global com *spillovers* tecnológicos
(Em bilhões de US\$)

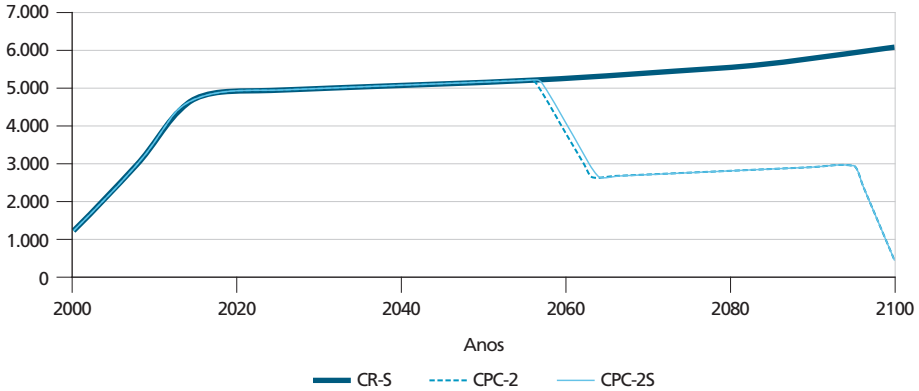


Fonte: Resultados da pesquisa.

O comércio internacional do anexo I no cenário CPC-2S teve o mesmo desempenho do cenário CPC-2. Por outro lado, são evidentes os impactos causados pelos *spillovers* tecnológicos no desempenho econômico brasileiro. Entretanto, é fundamentalmente importante que as políticas climáticas também provoquem a redução das emissões de GEE. O gráfico 9 mostra que mesmo na presença de *spillovers* (cenário CPC-2S) a política climática é eficaz, no médio prazo, quanto à mitigação de GEE, apresentando um resultado semelhante ao do cenário CPC-2. Antes da ruptura, ou seja, antes do impacto da política climática, as emissões de GEE cresceriam, em média, 5,47% a.a., com a implantação da política climática, as emissões diminuiriam a uma taxa média anual de 2,11%.

GRÁFICO 9

Emissões totais de CO₂ nas duas regiões, na presença de uma política climática global com *spillovers* tecnológicos
(Em milhões de toneladas)



Fonte: Resultados da pesquisa.

As semelhanças entre os cenários de política climática sem *spillovers* (CPC-2) e com *spillovers* (CPC-2S) aconteceram devido ao pressuposto inicial de que o *spillover* tecnológico ocorrer no sentido anexo I para o Brasil. Dessa forma, apenas o Brasil é influenciado diretamente pelos *spillovers*. Como as emissões do Brasil são inferiores quando comparadas ao anexo I, que é composto por 42 dos maiores países emissores de GEE no mundo, o impacto dos *spillovers* sobre as emissões globais são praticamente imperceptíveis. O fato de a política climática no cenário CPC-2S surtir efeito em meados do século ocorre pelas mesmas razões mencionadas anteriormente no cenário CPC-2.

Nota-se que o desempenho econômico e comercial das regiões seria relativamente maior na ausência de uma política climática e com *spillovers* tecnológicos (cenário CR-S). Pois, neste cenário, os países comportam-se livremente quanto ao uso de recursos fósseis, ou seja, sem nenhuma meta de mitigação de GEE.¹² Como não há nenhuma restrição e o ar atmosférico é considerado um bem público, a tendência é de que as emissões aumentem ao longo do tempo como é nítido no gráfico 9 (cenário CR-S). Assim não há qualquer incentivo para que as regiões se esforcem para mitigar suas emissões, mesmo com a influência de *spillovers* tecnológicos. Esse resultado demonstra que sem nenhum tipo de restrição, a tendência geral é de aumento das emissões e, por conseguinte, agravamento do processo de aquecimento global. Como salientam Barrett (2009) e Edmonds *et al.* (2012), apenas o progresso

12. No modelo deste trabalho foi desconsiderado qualquer tipo de compromisso voluntário quanto à mitigação de GEE. Essa formulação foi feita e é válida para todos os cenários de políticas climáticas, justamente, para avaliar os eventuais impactos dessas políticas sobre o crescimento e o bem-estar econômico das regiões.

técnico e medidas unilaterais não são suficientes para diminuir as emissões de GEE, o que envolve, conjuntamente, uma verdadeira revolução tecnológica e políticas de governo em escala global.

Nessa direção, é importante destacar que a política climática global seria eficaz quanto à mitigação de CO₂, o que no longo prazo pode reduzir significativamente a pressão antrópica no processo de aquecimento global. Como argumentam Leimbach e Baumstark (2010), os *spillovers* tecnológicos melhoram a eficiência energética e do trabalho, o que pode causar dois efeitos opostos de custos de mitigação. Enquanto o efeito de crescimento tende a aumentar os custos de mitigação, a melhora da eficiência energética os minimizam. A intensidade de ambos os efeitos desempenha um papel importante nos custos de mitigação.

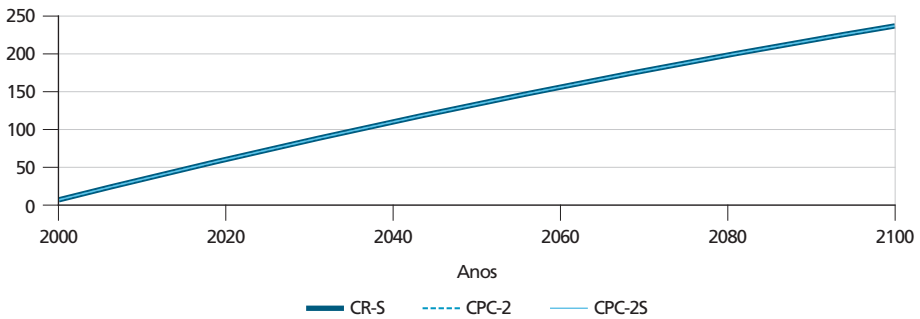
De acordo com os gráficos 5, 6, 7 e 8, apesar de o cenário CR-S apresentar um desempenho relativamente maior, os custos de mitigação são muito baixos quando comparados ao cenário de política climática CPC-2S. E, ao comparar este último com o cenário CPC-2, observa-se nitidamente a melhora no desempenho econômico e comercial das regiões, concomitantemente ao menor nível de emissões de CO₂ (gráfico 9). Esse resultado demonstra que, apesar de o desempenho das economias ser um pouco menor na presença da política climática global, o efeito *spillover* de minimização dos custos de mitigação é de fato possível, o que pode ser verificado ao comparar as trajetórias das variáveis econômicas nos cenários CPC-2 e CPC-2S. Em um contexto em que a política climática é a única opção, observa-se nitidamente que o cenário CPC-2S proporciona melhor desempenho econômico do que o cenário CPC-2, no qual não há *spillovers* tecnológicos. Em outras palavras, ao comparar os dois cenários de política climática (CPC-2 e CPC-2S), constata-se que os *spillovers* tecnológicos proporcionam maior crescimento econômico sem o incremento das emissões de CO₂.

Além disso, como pode ser visto no gráfico 10, o comportamento do bem-estar econômico não se alterou, independentemente, do cenário analisado. Isto é, a implantação de uma política climática global não influencia os níveis de satisfação econômica dos indivíduos. Na verdade, diminui significativamente as emissões de CO₂, o que pode influenciar positivamente o bem-estar não econômico.

Em geral, observa-se que uma política climática global com *spillovers* tecnológicos (cenário CPC-2S) pode ser a melhor alternativa para a mitigação de GEE. Além de essa política minimizar os eventuais efeitos negativos sobre o crescimento econômico, o bem-estar social não é reduzido, o que pode incentivar os tomadores de decisão a implantarem tal política climática.

GRÁFICO 10

Comportamento do bem-estar total na presença de uma política climática global com *spillovers* tecnológicos



Fonte: Resultados da pesquisa.

De forma geral, como mencionado na introdução, a literatura empírica é controversa com relação aos efeitos de políticas climáticas sobre o crescimento econômico. Mas os resultados encontrados neste trabalho são coerentes aos encontrados em trabalhos que adotaram metodologias semelhantes. No estudo de Edenhofer, Bauer e Kriegler (2005), por exemplo, os autores concluíram que a incorporação de inovações tecnológicas em um portfólio de opções de mitigação pode reduzir significativamente os custos associados às políticas climáticas. No cenário de proteção do clima, em que se leva em consideração as inovações tecnológicas, a possibilidade de sequestro de carbono, entre outras alternativas de mitigação, os autores encontraram um custo muito baixo de mitigação, cerca de 0,81% do PIB mundial.

O próprio estudo de Leimbach e Baumstark (2010), que serviu de base para este trabalho, também encontrou resultados semelhantes. No cenário de cooperação climática com *spillovers* tecnológicos, os custos de mitigação variaram entre 1% e 5%, dependendo da região analisada. Em geral, as regiões menos desenvolvidas apresentaram maiores custos de mitigação, pois estão em um ritmo de crescimento mais elevado do que as regiões desenvolvidas.

Outros trabalhos, além dos já mencionados na introdução, também chegaram a conclusões semelhantes, como os trabalhos de Popp (2004) e Stern (2006). Popp (2004) aprimorou um modelo dinâmico de crescimento econômico global e mudanças climáticas ao incorporar inovação tecnológica endógena. Os resultados da simulação mostraram que políticas de incentivo ao desenvolvimento tecnológico podem reduzir o custo de qualquer estratégia de mitigação. No entanto, é fundamental que tais políticas sejam acompanhadas de políticas restritivas de emissões de GEE para enfrentar, de fato, o processo de aquecimento global. Stern (2006), por sua vez, ao utilizar modelos macroeconômicos de avaliação integrada, que estimam os

impactos econômicos das mudanças climáticas, concluiu que as mudanças climáticas podem reduzir o PIB global em até 20%, caso as emissões não sejam combatidas. Por outro lado, combatê-las importaria em um custo de cerca de 1% do PIB global.

Como visto, os resultados encontrados nesta pesquisa são coerentes com a literatura empírica a respeito das relações entre crescimento econômico e mitigação de GEE. Contudo, é importante salientar que o presente trabalho apresenta algumas limitações, como a necessidade de melhores *proxies* para os parâmetros relacionados ao Brasil, o setor agropecuário não foi incorporado ao modelo, ausência dos eventuais benefícios quanto à mitigação de GEE na função de bem-estar, ausência de possibilidade de sequestro de carbono, entre outras. Isso significa que muito ainda deve ser feito quando o assunto é política climática e bem-estar. Extensões deste estudo podem levar em consideração novas funções de bem-estar e de produção que se aproximam, com mais ênfase, da realidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos das políticas climáticas no crescimento econômico e no bem-estar tem sido um tema atual e controverso nas pesquisas acadêmicas. As análises que em princípio se concentravam globalmente expandiram-se para níveis regionais e setoriais e passaram a incluir outros fatores para uma melhor compreensão do fenômeno estudado. O fato de diferentes regiões apresentarem distintos níveis de produtividade do trabalho e de eficiência energética conduz a análises mais detalhadas dos impactos desses fatores na economia ao considerar a implantação de políticas climáticas.

Este estudo teve como recorte geográfico duas regiões: Brasil e países do anexo I. A primeira região, considerada em desenvolvimento, é grande ofertante de recursos energéticos/naturais e a segunda região, considerada desenvolvida, possui alta produtividade do trabalho e eficiência energética. O diferencial de produtividade das regiões pode influenciar a economia menos desenvolvida por meio do comércio internacional de bens de capital.

Quando o Brasil importa bens de capital dos países do anexo I, as mudanças tecnológicas incorporadas ao capital físico estrangeiro refletem nos níveis de produtividade da economia brasileira. Esse efeito é conhecido como *spillover* tecnológico e melhora o *know-how* tecnológico brasileiro. De fato, os *spillovers* aumentaram a produtividade do trabalho e a eficiência energética do Brasil, o que refletiu positivamente em seu desempenho econômico.

Não obstante, os pontos centrais dessa pesquisa foram os efeitos das políticas climáticas no crescimento econômico e no bem-estar das regiões estudadas. O cenário de política climática global mostrou-se eficaz quanto à mitigação de GEE, reduzindo significativamente as emissões de CO₂. Além disso, tal política

possibilitou dividir os custos da mitigação entre as regiões, sem afetar os níveis de bem-estar social. Resultado semelhante foi encontrado no cenário de política climática global com *spillovers* tecnológicos. Por outro lado, como os *spillovers* aumentam a eficiência energética, o efeito negativo sobre crescimento econômico foi minimizado significativamente, o que permitiu que a economia brasileira crescesse mais, mesmo com a imposição de uma política climática.

É importante destacar a necessidade de melhores *proxies* para os parâmetros do Brasil e a inclusão do setor agropecuário ao modelo de simulação. Embora os resultados encontrados neste estudo sejam coerentes com a literatura, essas limitações podem estar influenciando o baixo impacto da política climática sobre o Brasil. Além disso, a função de bem-estar analisada não levou em consideração os benefícios decorrentes ao evitar os possíveis danos provocados pela mudança climática. Dessa forma, um estudo mais detalhado a respeito desses eventuais benefícios e a inclusão desses benefícios na função de bem-estar pode levar a uma análise mais rebuscada da realidade econômica em um cenário de mudanças climáticas.

De forma geral, e levando em conta as limitações presentes no modelo estudado, os resultados mostraram que uma política climática global é fundamental para a mitigação de GEE. Os impactos econômicos dessa política foram irrisórios e podem ser minimizados ainda mais pelos *spillovers* tecnológicos. Os ganhos ambientais e sociais de um planeta menos poluído e quente são substanciais. Nesse sentido, os resultados revelaram que o *trade-off* não está entre a preservação ambiental e o crescimento econômico, mas, sim, entre a inovação política e a comodidade do *status quo*. Assim, é necessária uma mudança de paradigma de crescimento a qualquer custo para o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

- BANCO MUNDIAL. World Bank. **World Development Indicators**. 2013.
- BARRETT, S. The Coming Global Climate Technology Revolution. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 23, n. 2, p. 53-75, 2009.
- BENHABIB, J.; RUSTICHINI, A. Vintage capital, investment, and growth. **Journal of Economic Theory**, v. 55, n. 2, p. 323-339, 1991.
- BRÄNNLUND, R., LUNDGREN, T. Environmental policy without costs? A review of the Porter hypothesis. **International Review of Environmental and Resource Economics**, v. 3, n. 2, p. 75-117, 2009.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. São Paulo: Ed. dos Autores, 2006. 524p.

COMTRADE – UNITED NATIONS INTERNATIONAL TRADE STATISTICS DATABASE. **UN Comtrade Database**, 2013.

COSTA, A. A. B. **A relação intertemporal entre educação e consumo: os consumidores mais escolarizados são os mais pacientes?** Belo Horizonte: Cedeplar, UFMG, 2011.

COSTA, M. A. B. **Simulação de sistemas**. Departamento de Engenharia de Produção. São Carlos: UFSC, 2002.

CQNUMC – CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. 2013. Disponível em: <goo.gl/PbGKsH>. Acesso em: 30 jun. 2013.

DE LA TORRE, A.; FAJNZYLBER, P.; NASH, J. D. **Low carbon, high growth: Latin American responses to climate change-an overview**. World Bank Publications, 2009.

EDENHOFER, O.; BAUER, N.; KRIEGLER, E. The impact of technological change on climate protection and welfare: insights from the model Mind. **Ecological Economics**, v. 54, n. 2, p. 277-292, 2005.

EDMONDS, J. *et al.* Energy and technology lessons since Rio. **Energy Economics**, 2012.

FEIJÓ, F. T.; AZEVEDO, A. F. Z. Comércio e meio ambiente: políticas ambientais e competitividade no âmbito da Alca. **Economia Aplicada**, v. 10, n. 4, p. 561-587, 2006.

FISCHER, C.; NEWELL, R. G. Environmental and technology policies for climate mitigation. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 55, n. 2, p. 142-162, 2008.

GANDOLFO, G. **Economic dynamics**: study edition. 4. ed. Springer, 2012.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Worldwide trends in energy use and efficiency**: key insights from IEA indicator analysis. Paris: International Energy Agency, 2008.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2013**: the physical science basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report, Summary for Policymakers, 2013.

JAFFE, A. B. *et al.* Environmental regulation and the competitiveness of US manufacturing: what does the evidence tell us? **Journal of Economic Literature**, v. 33, n. 1, p. 132-163, 1995.

KYDLAND, F. E.; PRESCOTT, E. C. The computational experiment: an econometric tool. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 10, n. 1, p. 69-85, 1996.

LEIMBACH, M.; BAUMSTARK, L. The impact of capital trade and technological spillovers on climate policies. **Ecological Economics**, v. 69, n. 12, p. 2341-2355, 2010.

MILLS, E. **Building Commissioning**: a golden opportunity for reducing energy costs and greenhouse gas emissions. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2009.

OCDE – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD.Stat**. 2013.

POPP, D. ENTICE: endogenous technological change in the DICE model of global warming. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 48, 742-768, 2004.

ROGNER, H. H. An assessment of world hydrocarbon resources. **Annual review of energy and the environment**, v. 22, n. 1, p. 217-262, 1997.

ROMER, D. **Advanced Macroeconomics**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2006, 651p.

SEPED – SECRETARIA DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, 2013.

STERN, N. **Stern review**: the economics of climate change. 2006. Disponível em: <goo.gl/dwaKqQ>. Acesso em: 13 de out. 2014.

APÊNDICE A

EXPRESSÕES DO SETOR DE ENERGIA DO MODELO MIND-RS

A.1. Setor de Energia Final

Nessa subsecção assim como nas que se seguem, foi descrito o comportamento dinâmico do setor energético, composto pelos setores de energia fóssil, renovável e não fóssil.

O setor de produção de energia final $[E(i,t)]$ é o somatório da produção de energia dos setores fóssil $[E_f(i,t)]$, renovável $[E_{ren}(i,t)]$ e de outras fontes $[E_{nf}(i,t)]$, conforme a expressão (18). As outras fontes de energia referem-se à energia nuclear, hídrica e biomassa.

$$E(i,t) = E_f(i,t) + E_{ren}(i,t) + E_{nf}(i,t). \quad (18)$$

Para o setor de energia fóssil, a produção final é dada pela expressão (19), que é uma função de produção CES.

$$E_f(i,t) = \Phi_f(i) [\xi_K^f K_f(i,t)^{\rho_f} + \xi_{PE}^f (D(i) * PE(i,t))^{\rho_f}]^{\frac{1}{\rho_f}}, \quad (19)$$

em que $\Phi_f(i)$ é a produtividade total dos fatores do setor de energia fóssil da região i ; ξ_K^f é o peso do fator capital no setor de energia fóssil; $K_f(i,t)$ é o estoque de capital do setor de energia fóssil na região i no tempo t ; ρ_f é o parâmetro de substituição do setor de energia fóssil; ξ_{PE}^f é o peso do fator energia primária fóssil no setor de energia fóssil; $D(i)$ é a eficiência do fator energia primária fóssil na região i ; e $E(i,t)$ é o fator de energia primária fóssil para a região i no tempo t .

Para o setor de energia renovável, a energia final é produzida com base em *vintages capital*¹³ (V) ativos e a carga de fatores (l) acumulados no passado, conforme a expressão (20).

$$E_{ren}(i,t) = \sum_{\tau} l(t-\tau) V(i,t-\tau) w(\tau), \quad (20)$$

em que τ são passos de tempo; w é um fator de ponderação (um peso) que representa a parte ainda ativa dos *vintages* da produção de energia renovável. Cada *vintage capital*

13. Modelos de *vintage capital* são caracterizados por taxas de depreciação não exponenciais e podem incorporar *learning-by-doing*. Em outras palavras, uma economia tem *vintage capital* se suas máquinas e equipamentos pertencentes a gerações separadas possuírem distintas produtividades, ou seja, diferentes taxas de depreciação para distintos períodos (Benhabib e Rustichini, 1991).

está em função dos investimentos em energia renovável (ver expressão 29), e a produção final nesse setor difere-se dos demais por utilizar o conceito de aquisição de capital.

A.2. Setor de Extração de Recurso Fóssil

A energia primária nesse setor é representada pela expressão (21).

$$PE(i,t) = k(i,t) * \left[Q(i,t) - \sum_r (X_Q(i,r,t) - X_Q(r,i,t)) \right], \quad (21)$$

em que Q é a extração de recurso fóssil; $X_Q(i,r,t) - X_Q(r,i,t)$ são as exportações líquidas de recursos fósseis; e k é o fator de conversão de carbono em joule.

A extração de recurso fóssil está sujeita a uma restrição de capacidade que é dada pela expressão (22).

$$Q(i,t) * mC(i,t) = k(i,t) * K_Q(i,t), \quad (22)$$

em que mC é o custo marginal de extração (ou seja, o preço do recurso); $k(i,t)$ representa a produtividade do estoque de capital no setor de extração da região i no tempo t ; e K_Q é o estoque de capital do setor.

A disponibilidade interna de recursos fósseis [$D_Q(i, t)$] é a soma da produção doméstica com as exportações líquidas desses recursos de acordo com a expressão (23).

$$D_Q(i,t) = Q(i,t) + \sum_r X_Q(r,i,t) - \sum_r X_Q(i,r,t). \quad (23)$$

O recurso fóssil não utilizado internamente é exportado conforme a expressão (24).

$$X_Q(i,r,t) = [1 - sQ(i)] * Q, \quad (24)$$

em que $sQ(i)$ é o percentual da produção doméstica de recursos fósseis destinado à disponibilidade interna e encontrado por meio da otimização dinâmica.

O custo marginal de extração é derivado da curva de Rogner¹⁴ e dado pela expressão (25).

$$mC(i,t) = 1 + \frac{\chi_2(i)}{\chi_1(i)} \left(\frac{cQ(i,t)}{\chi_3(i)} \right)^{\chi_4}, \quad (25)$$

em que $X_1(i)$, $X_2(i)$ e $X_3(i)$ são parâmetros da curva de custo marginal de extração da região i ; X_4 é um parâmetro de custo marginal da curva de extração; cQ é a quantidade acumulada de extração que é definida pela expressão (26).

$$cQ(i,t+1) = cQ(i,t) + zQ(i,t), \quad (26)$$

em que z denota passos de tempo.

A produtividade do estoque de capital do setor de extração está sujeita ao “*learning-by-doing*” conforme a expressão (27).

$$\kappa(i,t+1) = \kappa(i,t) \left[1 + \kappa(i)_{\max} - \kappa(i,t) \left(\frac{z\nu(i)}{\kappa(i)_{\max}} \left(\left(\frac{Q(i,t)}{Q(i,0)} \right)^\mu - 1 \right) \right) \right], \quad (27)$$

em que $\kappa(i)_{\max}$ é a produtividade máxima do setor de extração na região i ; $\kappa(i,t)$ é a produtividade marginal; z é o passo de tempo; $\nu(i)$ é o inverso da taxa de aprendizagem; e μ é o fator de amortecimento da aprendizagem.

O total de emissões antropogênicas de CO₂, EM , é dado pela expressão (28).

$$EM(t) = \sum_i Q(i,t) + LU(t), \quad (28)$$

em que $Q(i,t)$ representa a emissão originária da queima de combustíveis fósseis e $LU(t)$ é a emissão proveniente da mudança no uso do solo. Pressupõe-se que, para cada unidade de recurso fóssil produzida, uma unidade de CO₂ é emitida.

14. A curva de Rogner descreve os custos de extração em relação à quantidade extraída, sem a distinção entre recursos e reservas. Esses custos dependem do custo de extração em si, das possibilidades de substituição entre os diferentes combustíveis fósseis e do progresso tecnológico. Em outras palavras, a curva de Rogner pode ser entendida da seguinte forma: a descoberta de novos recursos neutraliza o esgotamento dos já existentes, por outro lado, quanto mais unidades de um recurso fóssil forem extraídas, maior será a escassez desse recurso e, por conseguinte, maiores serão os custos de extração (Rogner, 1997).

A.3. Setor de Energia Renovável

O *vintage capital* está em função dos investimentos em energia renovável e dos custos desses investimentos, o que pode ser visto pela expressão (29):

$$V(i, t+1) = z \frac{I_{ren}(i, t)}{fC(i) + k'(i, t)}, \quad (29)$$

em que $fC(i)$ representa o custo mínimo do investimento e $k'(i, t)$ é o custo variável do investimento da região i no tempo t .

Assim como no setor de extração, existe no setor de energia renovável, variação tecnológica endógena. Essa é baseada na acumulação de capacidade instalada cN , de acordo com a expressão (30).

$$cN(i, t) = cN(i, t-1) + V(i, t). \quad (30)$$

Por fim, a produtividade do setor de energia renovável muda de acordo com os custos de investimento dado pela expressão (31):

$$k'(i, t) = k'(i, 0) \left(\frac{cN(i, t)}{cN(i, 0)} \right)^{-\gamma(i)}, \quad (31)$$

em que $\gamma(i)$ representa o parâmetro de aprendizagem na área de energias renováveis da região i .

APÊNDICE B

PARÂMETROS E VARIÁVEIS DO MODELO

QUADRO B.1

Valores dos parâmetros e suas respectivas fontes¹

Símbolo	Parâmetro	Brasil	Anexo I	Fonte
σ	Taxa de desconto intertemporal	0,01	0,01	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
$\rho(i)$	Parâmetro de substituição no setor de bens de consumo e investimento	0,3	0,4	Leimbach e Baumstark (2010)
ρ^f	Parâmetro de substituição no setor de energia fóssil	0,3	0,3	Leimbach e Baumstark (2010)
ξ_m	Peso do fator m na função de produção agregada	K = 0,30 L = 0,66 E = 0,04	K = 0,30 L = 0,66 E = 0,04	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
ξ_{mf}	Peso do fator m no setor de energia fóssil	0,5	0,5	Leimbach e Baumstark (2010)
$\Phi_j(i)$	Produtividade Total dos Fatores no setor j (I e C) na região i	0,330	0,395	Leimbach e Baumstark (2010)
$\Phi_f(i)$	Produtividade Total dos Fatores no setor de energia fóssil na região i	3,55	3,47	Leimbach e Baumstark (2010)
$D(i)$	Eficiência da energia primária da região i	0,5	0,5	<i>ad hoc</i>
$\zeta_m(i)$	Produtividade dos investimentos em P&D na melhora da eficiência do fator m na região i	L = 0,105 E = 0,130	L = 0,105 E = 0,130	<i>ad hoc</i>
α_m	Parâmetro de eficiência que aumenta a importância da P&D	L = 0,05 E = 0,01	L = 0,05 E = 0,01	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
ψ	Elasticidade do <i>spillover</i>	0,6	0,6	É um valor < 1 conforme Leimbach e Baumstark (2010)
Ω_m	Intensidade do <i>spillover</i>	0,15	0,15	Leimbach e Baumstark (2010)
$K_{max}(i, t)$	Máxima produtividade do setor de extração	3,22	3,22	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
$k(i, t)$	Coefficiente de conversão na região i no tempo t	0,5	0,5	<i>ad hoc</i>
$v(i)$	Inverso da taxa de aprendizagem no setor de extração de recursos	1/0,11	1/0,14	Leimbach e Baumstark (2010)
μ	Fator de amortecimento da aprendizagem	0,4	0,4	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
$\chi_1(i)$	Parâmetro da curva de custo marginal de extração na região i	113	113	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
$\chi_2(i)$	Parâmetro da curva de custo marginal de extração na região i	700	700	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
$\chi_3(i)$	Parâmetro da curva de custo marginal de extração na região i	3500	3500	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
χ_4	Parâmetro da curva de custo marginal de extração na região i	4	4	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
$l(t)$	Fator de carga dos <i>ventages</i> da produção de energia renovável	0,5	0,5	<i>ad hoc</i>
$w(t)$	Fator de ponderação que representa a parte ainda ativa dos <i>ventages</i> da produção de energia renovável (4 lags)	Lag 1 = 1 Lag 2 = 0,85 Lag 3 = 0,7 Lag 4 = 0,5	Lag 1 = 1 Lag 2 = 0,85 Lag 3 = 0,7 Lag 4 = 0,5	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
$fC(i)$	Custo mínimo do investimento	500	500	Endenhofer Bauer, Kriegler (2005)
$\gamma(i)$	Taxa de aprendizagem	0,11	0,14	Leimbach e Baumstark (2010)

Elaboração dos autores, com base em dados contidos nos trabalhos de Leimbach e Baumstark (2010) e Endenhofer, Bauer e Kriegler (2005).

Nota: ¹ Em alguns parâmetros do anexo I, foi considerada a média entre Estados Unidos e Europa e, para o Brasil, a média entre China e resto do mundo, em alguns casos, conforme a base de dados de Leimbach e Baumstark (2010).

LEILÕES DE CURTO PRAZO NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE GÁS NATURAL¹

Miguel Vazquez²

Michelle Hallack³

Os leilões são mecanismos bem-sucedidos em diversas situações, contudo, os desenhos desses mecanismos dependem fortemente das necessidades específicas do contexto em que são inseridos (local, momento e características dos bens leiloados). O objetivo tradicional do uso de leilões na indústria brasileira de gás natural foi a maximização da renda, extraída da alocação de blocos para exploração e produção de hidrocarbonetos. Este artigo propõe o uso de leilões para incrementar a eficiência da coordenação dos agentes da indústria, na comercialização e no transporte. Em diferentes países, a indústria de gás desenvolve-se baseada nas relações de longo prazo entre seus agentes, no entanto, ajustes de curto prazo são necessários. Os leilões que agora sugerimos objetivam facilitar os ajustes de curto prazo entre a oferta e a demanda de gás natural no Brasil. Assim, eles serão, também, um apoio na formação de preços de curto prazo e na alocação eficiente dos serviços de transporte. Para tanto, apoiando-se na experiência internacional, proporemos o uso de leilões combinatórios que permitam a representação da interdependência entre o gás “molécula” e os serviços de transporte necessários.

Palavras-chave: gás natural; mercado secundário; leilões combinatórios; comercialização de último recurso.

SHORT-TERM AUCTIONS IN THE BRAZILIAN NATURAL GAS INDUSTRY

Auction mechanisms have been successfully applied in a variety of situations. However, the specific needs of each design are heavily dependent on the context in which the auction mechanism is applied. In this sense, the traditional goal of auction design in the Brazilian natural gas industry was rent extraction in exploration and production activities. This paper, on the other hand, proposes the use of auctions to increase the efficiency of the coordination of gas trading and transport activities. This paper aims to design auctions that facilitate the short-term gas pricing and the efficient allocation of transport services. To that end, relying on international experience, we propose the use of combinatorial auctions that allow representing the relationship between gas “molecule” and the transport services required for gas trading.

JEL: D47; D44; L43; L51; L95.

1. Os autores agradecem ao revisor e ao editor pelos comentários e sugestões, e a Madga Dutra pela preciosa ajuda na revisão do manuscrito.

2. Professor adjunto da Faculdade de Economia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro. Conselheiro da Florence School of Regulation, RSCAS, EUI, Florença. Pesquisador do IEFE, Universidade Bocconi, Milão. Pesquisador do Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura (CERI), FGV, Rio de Janeiro. *E-mail:* <miguel.vazquez.martinez@gmail.com>.

3. Professor adjunto da Faculdade de Economia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Rio de Janeiro. Conselheiro da Florence School of Regulation, RSCAS, EUI. Pesquisador associado ao Grupo de Economia da Energia, IE-UFRJ, Rio de Janeiro. *E-mail:* <michellecmhallack@gmail.com>.

1 INTRODUÇÃO

O processo de construção dos mecanismos de mercado, em uma grande parte das indústrias, previamente organizadas em torno de monopólios verticalmente integrados, apoia-se, significativamente, no uso de leilões. No caso da indústria de gás natural brasileira, os leilões são utilizados, primordialmente, para a maximização da renda governamental associada à exploração e à produção de hidrocarboneto (recurso natural não renovável). Esse mecanismo é amplamente discutido na literatura, ver, por exemplo, Robinson (1984) e Cramton (2007). Entretanto, existe um grande número de aplicações cujo foco principal não é a extração da renda relacionada à escassez do recurso natural, mas, sim, a eficiência na alocação das infraestruturas. O potencial do uso de leilões na formação dos preços de curto prazo do gás natural e a alocação eficiente dos serviços de transporte serão aqui analisados.

Muitas das principais características da indústria de gás natural justificam-se pela complexidade na operação do sistema de transporte. O gás natural é caracterizado por um valor calorífico relativamente baixo, por metro cúbico, o que torna mais barato o transporte sob pressão, por meio de gasodutos. Por conseguinte, a arquitetura física das redes de transporte define as especificidades dos ativos dessa indústria, que, por sua vez, define os tipos de organizações econômicas encontradas (Hallack e Glachant 2010).

Como consequência das especificidades dos ativos de transporte, os contratos de longo prazo foram, historicamente, um mecanismo-chave na coordenação dos agentes na indústria de gás natural. Esses contratos envolvem tanto o suprimento de gás, quanto o transporte. A especificidade de ativos em indústrias de gás, a necessidade de dividir os riscos entre seus agentes e o consequente uso dos contratos de longo prazo foram amplamente discutidos na literatura. Os diferentes casos de estudos mostram que os contratos de longo prazo foram, historicamente, uma peça fundamental no desenvolvimento dessa indústria, nos diferentes países e mercados.⁴

O grau de desenvolvimento das infraestruturas e a localização das reservas de gás natural afetam o grau de especificidade dos ativos; e por consequência, também influenciam as possíveis opções dos arranjos institucionais e promoção de mercados. Por exemplo, na União Europeia, antes do processo de liberalização,⁵ grande parte dos transportadores e distribuidores estavam integrados verticalmente e mantinham contratos de longo prazo com produtores internacionais⁶ (Chevalier, 2004).

4. Para literatura sobre os contratos de longo prazo no contexto norte-americano ver, por exemplo, (Makholm, 2012), (Mulherin, 1986), (Hubbard e Weiner, 1992) e (Masten e Crocker, 1985), em relação no contexto europeu, ver (Chevalier, 2004) e (Correljé, Groenleer, e Veldman, 2013), para a América do Sul e contratos de gás em outras regiões, ver (Victor, Jaffe, e Hayes, 2006), (Glachant e Hallack, 2009) e (Pereira *et al.*, 2010).

5. Pode-se assumir que o processo de liberalização da indústria de gás natural na Europa teve como marco inicial a Primeira Diretiva (European Parliament, 1998).

6. Os contratos de longo prazo também eram os principais mecanismos para o transporte de gás internacional de trânsito por outros países.

Por sua vez, nos Estados Unidos, os gasodutos estavam frequentemente integrados com os produtores (habitualmente nacionais) e assinavam contratos com os distribuidores. Mesmo com marcadas diferenças na indústria de gás de ambas as regiões, os contratos de longo prazo foram peças fundamentais para coordenar os investimentos.⁷ Ademais, como consequência desses contratos de longo prazo, ambas as regiões mostraram necessidade de mecanismos de ajustes no curto prazo.

As especificidades dos ativos e os riscos envolvidos geram necessidade de compromissos de fluxos no longo prazo, mas os padrões de demanda são variáveis. Pelo lado da oferta, o grau de flexibilidade e de volatilidade dos fluxos dependem das características geológicas da reserva. Como consequência das características técnicas e econômicas dos fluxos de gás, é corrente a necessidade de ajustes no curto prazo. Esses ajustes são parte central no arranjo dessa indústria, uma vez que coordenam as disponibilidades, as necessidades de gás e o conjunto de infraestruturas disponíveis. Note que as infraestruturas, que aumentam a flexibilidade do sistema, podem ser inseridas ao longo do desenvolvimento da indústria (como os diversos tipos de estocagem) (Vazquez, Hallack e Glachant, 2012b).

Na presença de empresas verticalmente integradas, o serviço de flexibilidade e os ajustes dos fluxos de curto prazo são gerenciados por infraestruturas e por realocações de recursos dentro das firmas. Muitas vezes são invisíveis para os agentes do mercado, mas custosos e centrais para o funcionamento dessa indústria. No processo de liberalização, tanto europeu, quanto norte-americano, a desverticalização e a coordenação de diferentes agentes, por meio de contratos comerciais, geraram a necessidade de criar mecanismos que gerenciariam a flexibilidade necessária para o funcionamento do sistema.

Nesse novo contexto, os carregadores que enfrentam desequilíbrios frequentes no curto prazo são obrigados a se ajustarem por meio de combinações, em acordos comerciais e de alterações necessárias nos direitos de transmissão. Tais ajustes podem gerar custos de transação elevados e, por conseguinte, ineficiências alocativas relevantes. Então, a criação de mecanismos que facilitem a coordenação dos carregadores pode aumentar a eficiência alocativa dos sistemas, principalmente, em indústrias em que o mercado é incipiente (Vazquez, Hallack, e Glachant, 2012a).

A indústria de gás natural no Brasil não possui um mercado propriamente dito. Apesar dos esforços de liberalização, ela é, na prática, verticalmente integrada. A flexibilidade, necessária para o sistema, é fornecida e gerenciada pela empresa monopolista de fato (Petrobras). Os esforços de criação de um mercado e de desverticalização da Petrobras geram preocupações sobre a criação de um mecanismo

7. Nessa perspectiva, apesar de não ser o centro deste artigo, o uso de leilões também pode ser inserido na coordenação de investimentos em transporte de gás, em um contexto de liberalização dos mercados e acesso às redes por um grande número de usuários.

de coordenação e gerenciamento de curto prazo, externo à empresa. Este artigo pretende contribuir analisando o potencial do uso de leilões combinatórios que permitirão a representação da interdependência entre o gás “molécula” e os serviços de transportes necessários. Simplificando a problemática abordada, focaremos na rede de transporte (regulada no âmbito Federal) e não consideraremos a distribuição de gás local, que deve ser abordada, com cuidado, considerando-se as especificidades técnicas e regulatórias dos diferentes estados do Brasil.

Além desta seção introdutória, apresentaremos na segunda seção elementos centrais dos mecanismos utilizados internacionalmente que facilitam a coordenação de curto prazo. Na terceira seção, contextualizaremos o caso brasileiro e a necessidade dos ajustes de curto prazo. Proporemos, na quarta e na quinta seção, um leilão combinatório que contribua na coordenação dos ajustes de curto prazo. Por fim, traçaremos algumas conclusões e desdobramentos dos resultados encontrados.

2 MECANISMOS FACILITADORES NA COORDENAÇÃO DOS AJUSTES DE CURTO PRAZO: EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

Vistas as especificidades da rede de transporte de gás natural, a localização da troca é um elemento essencial para o uso do mercado, nos ajustes de curto prazo. A capacidade de acesso de um grande número de agentes ao local onde a troca ocorre é um elemento central. Nesse contexto, um dos elementos centrais na coordenação é a definição ou a criação de locais de troca em que os agentes tenham amplo acesso.

Um *hub* é um lugar onde o comércio atacadista de gás é facilitado pela conjunção de vários serviços de infraestrutura (transmissão e estocagem). Neles, uma quantidade significativa de vendas e compras de gás ocorrem; e vendedores ou compradores também podem obter serviços de flexibilidade.⁸ Essas transações aparecem, em grande parte, para adaptar os portfólios dos carregadores no curto prazo. Elas podem ser consideradas como operações secundárias, pois grande parte das transações de gás é feita em longo prazo. Mas essas operações secundárias, no entanto, são centrais no funcionamento dos mercados de gás.

O local desse comércio atacadista pode ser fisicamente determinado (*hub* físico). Esses locais estabelecem-se na junção dos dutos, onde os carregadores realizam suas transações. Vistas as conexões das infraestruturas, tais locais são acessíveis a um grande número de carregadores. Esse é o mecanismo de coordenação desenvolvido no mercado de gás nos Estados Unidos, que é caracterizado pela presença de uma grande malha de transporte, um grande número de interconexões e uma confiança considerável nos mecanismos de trocas bilaterais (Costello, 2006). Isso implica

8. Esses centros têm sido muitas vezes vistos como um pré-requisito para formar os preços do gás por meio da concorrência gás-gás, considerando, assim, serem eles os elementos-chave na facilitação da coordenação dos sistemas de gás no curto prazo.

em uma dependência considerável da capacidade dos carregadores ao renegociar seus contratos a curto prazo. Nessa conjuntura, as especificidades dos ativos são percebidas como moderadas e o custo das transações de curto prazo não é sentido como fonte de ineficiência relevante para o sistema (Makholm, 2012) e (Ruff, 2012).

Por outro lado, em muitos mercados de gás natural a especificidade dos ativos envolvidos é percebida como fonte importante no custo de transação. Vistas as características das infraestruturas e da estrutura de mercado, é possível que a falta de contraparte, que atenda as mesmas especificidades (volume, tempo e local) seja um problema relevante para que as transações ajustem eficientemente os fluxos de gás no curto prazo. Esse é o caso dos países da União Europeia (UE), onde o desenho dos mecanismos inspirou-se no sistema da Grã-Bretanha. Para facilitar as negociações de curto prazo, implementou-se o *hub* virtual. Sua principal característica é o uso, pelos agentes, de uma representação simplificada da rede de transporte em suas trocas de gás. Em outras palavras, os agentes substituem a junção de dutos física por um conjunto de pontos de entrega, com uma representação muito simplificada das características físicas da rede. Em concreto, nos sistemas de gás da UE, usa-se o esquema de entrada/saída, ver, por exemplo, (Hallack e Vazquez, 2013) ou (Miriello e Polo, 2014).

Com a adoção do *hub* virtual, a troca pode ser realizada de forma equivalente em qualquer local da rede. Os agentes compram o direito de entrar (colocar gás) ou sair (retirar gás) do sistema. Ao entrar no sistema, o agente possui direito de vender para qualquer outro agente, localizado em qualquer parte do sistema. Para comprar, ele precisa ter comprado o direito de sair (de retirada de gás), com esse direito, então, pode comprar gás de qualquer ponto do sistema. O uso desse processo pode ser feito por meio de contratos bilaterais (facilitados pela simplificação da rede) ou por meio de um mercado centralizado, que é especialmente importante no curto prazo. Na Inglaterra há um leilão contínuo, em que os agentes fazem ofertas e demandas, gerando preços de equilíbrio. Do ponto de vista dos fluxos físicos, o operador do sistema (*National Grid*) é o responsável por operar os fluxos de gás, fazendo com que os contratos, negociados no *hub* virtual, sejam cobertos fisicamente. A partir do momento em que os agentes possuem capacidade de entrada (ou saída), esse sistema permite maior liquidez e facilidade nas trocas entre os agentes. Os contratos nessas circunstâncias não possuem os sinais das restrições e operações físicas da rede. Isto é, toda a informação observada pelos agentes usuários do sistema localiza-se nos pontos de entrada e saída.

Um desenho alternativo, que busca aumentar a liquidez do sistema, sem retirar do mercado as informações de restrições dos fluxos físicos, são os leilões implícitos. Nessa prática, o direito de utilizar o sistema de transporte não depende de contrato específico de transporte (como no caso norte-americano ou europeu),

mas, sim, da diferença de preços entre a demanda e a oferta. Isso é especialmente interessante no caso de pequena malha e vem sendo utilizado na região de Victoria, na Austrália, (Ruff, 2012). O procedimento favorece a eficiência na alocação de recursos no curto prazo. O leilão alocará os serviços de rede de acordo com os preços da *commodity* e os usuários precisam apenas tomar decisões relativas ao comércio de gás, o que simplifica significativamente o processo de renegociação.

Para fins de ilustração, considere dois jogadores A e B, que querem levar gás a C usando um gasoduto com capacidade para transportar apenas o valor equivalente ao volume de demanda de um dos dois jogadores. No modelo de leilão implantado em Victoria, o gás transportado será aquele ofertado com o menor preço.

Comparando com o modelo norte-americano, a alocação de capacidade de transporte dependerá de quem comprou, *ex ante*, o direito de transporte. Se esse é propriedade do jogador com a oferta mais cara, os jogadores podem negociar bilateralmente sobre o próprio gás (antes de entrar no gasoduto) ou negociar para trocar o direito de usar o gasoduto. Se a renegociação for feita em um grande *hub*, essa renegociação, *ex-post*, dos direitos de acesso, será normalmente eficiente, desde que o *hub* tenha a liquidez suficiente. Caso ela seja limitada, o que acontece frequentemente em sistemas pouco malhados, essa renegociação pode não alocar os recursos para os agentes que mais os valorizam, gerando a ineficiência alocativa de curto prazo.

No modelo europeu, a alocação da capacidade dependerá de que ambos agentes (A e B) possuam a capacidade de entrada. E se estiverem negociando no mercado organizado, o resultado será equivalente ao do leilão implícito. No entanto, se o agente que oferece o valor mais baixo não possui entrada no sistema (e não consegue negociar no curto prazo essa capacidade) ou se os agentes preferem negociar no mercado bilateral, o resultado pode gerar ineficiência alocativa de curto prazo (os recursos não são alocados para os agentes que mais os valorizam).

As alocações implícitas, por meio dos leilões de gás natural, podem ser um mecanismo relevante para garantir a eficiência alocativa das infraestruturas no curto prazo, principalmente no caso em que os sistemas são relativamente pouco malhados e com pouca capacidade ociosa. Na alocação implícita, os direitos de transmissão são dados de acordo com a ordem de mérito estabelecida no mercado atacadista, de modo que os serviços de transmissão estão implicitamente incluídos no mercado comercial. Mecanismos implícitos já são bem estabelecidos no setor da electricidade (Bohn, Caramanis, e Schweppe, 1984). Na sequência, as necessidades da indústria brasileira de gás natural e as possíveis soluções para o desenho dos leilões de curto prazo, serão analisadas.

3 AS NECESSIDADES DE MERCADOS DE AJUSTE NO BRASIL

Historicamente a construção de gasodutos foi baseada em contratos de longo prazo, em que a própria construção, a ampliação e a operação dos trechos foram outorgados por regime de autorização; e cuja iniciativa dependia da manifestação de interesse do mercado. Na prática, esses contratos possuíam empresas da Petrobras nas duas pontas do acordo: a principal (na prática única) carregadora e, também, a primordial acionista das empresas transportadoras. Os contratos possuíam um caráter legal, mas a operação e as mudanças de fluxos de curto prazo necessárias, e as mudanças de demanda, eram decididas, de maneira interna, nas empresas da Petrobras. A flexibilidade é necessária, mas ao ser gerenciada internamente, não depende de renegociação contratual.

A Lei do Gás (2009) introduziu um novo quadro institucional, ver, por exemplo, Ferraro (2010). No novo contexto, o transporte de gás natural passou do regime de autorização para concessão.⁹ No novo regime, definiu-se que caberia ao Ministério de Minas e Energia a realização de estudos para a expansão da malha duto viária, a proposição de novos trechos de gasoduto (ou ampliação dos já existentes) e a definição de diretrizes no processo de contratação das empresas de transporte. No momento, cabe à agência reguladora (Agência Nacional do Petróleo – ANP) a condução dos processos de licitação das atividades sob o regime de concessão, a definição de tarifas máxima de transporte, a condução de chamadas públicas para alocação de capacidade inicial, a aprovação de contratos de transportes e a fixação de tarifas a serem cobradas pelas empresas concessionárias, bem como a fiscalização do cumprimento dos contratos. Nessa nova diretriz, em que se aprofunda a separação entre gasoduto e carregador de gás, isto é, que se avança na desverticalização da indústria de gás, a necessidade de mecanismos de ajuste de curto prazo, acessível aos diferentes agentes do mercado, ganha importância.

3.1 Necessidade de mecanismos de leilão

O quadro institucional atual, não estabelece ser o contrato de longo prazo a única forma de contratação (hipoteticamente o governo poderia construir capacidade ociosa para ser alocada ao longo do tempo). No entanto, no único gasoduto em que as regras de concessão estão sendo estabelecidas, o tamanho do gasoduto e os investimentos foram definidos em um processo de licitação e com contratos de longo prazo. Podemos entender que as decisões de investimento ainda são coordenadas ao redor de contratos de transporte de longo prazo, contudo, segundo a nova regra, a empresa transportadora (proprietária dos novos gasodutos) não poderá carregar seu próprio gás. O objetivo é basear o comércio do gás em contratos que incluam

9. Continuam sob regime de autorização (i) os dutos já em operação, (ii) com autorização de construção já outorgadas e (iii) com processo de licenciamento ambiental iniciado na data da publicação da lei.

diferentes agentes e nos quais os mecanismos de ajustes no curto prazo, acessível aos diferentes agentes da indústria, são necessários.

Leilões para adaptação das condições de curto prazo já foram realizadas pela própria Petrobras entre 2009 e 2014, com características distintas ao longo desses anos. Foram realizados através de plataformas eletrônicas, com periodicidades distintas e com contratos de durações distintas. Em 2009, foram realizados nove leilões com contratos de duração de dois meses, em 2010, foram realizados dois com contratos de seis meses; e, em 2011, foram três leilões, com contratos de três meses. Na segunda metade de 2012, houve uma mudança no modelo dos leilões e dos respectivos contratos objetivando uma maior padronização das periodicidades e dos tipos disponíveis de contratos de curto prazo. Nesse novo paradigma, os contratos foram feitos para um, dois ou três meses. No entanto, em 2013, a disponibilidade de gás diminuiu e os leilões passaram a ocorrer apenas em alguns meses. Por sua vez, em 2014, não houve venda na modalidade de curto prazo.¹⁰

Apesar de muitos dos detalhes desses contratos não serem públicos e os editais dos leilões de curto prazo terem características distintas, esses mecanismos mostram o esforço da Petrobras em ajustar, no curto prazo, com outros agentes do mercado. A empresa, devido a sua posição no mercado, ajusta internamente, entre os diversos clientes e contratos, os fluxos de gás. Em muitos momentos, a empresa mostrou a importância de ir ao mercado (de criar um mercado) de curto prazo para o ajuste dos fluxos. Essa necessidade, em 2009, é ilustrada por Pereira *et al.* (2010). Nesse período houve uma queda importante na demanda de gás, tanto para o consumo termoeletrico, quanto para os demais consumidores.

Assim, como explicado pela Petrobras, nos relatórios administrativos anuais, e por Pereira *et al.* (2010), o objetivo desses leilões foi a realocação de curto prazo do excesso de gás natural da empresa. A lógica, portanto, é que, se não existir excesso de gás, o leilão não é realizado. Em outras palavras, por meio desse mecanismo centralizado pela Petrobras, em caso de excesso de gás, ela (a Petrobras) é a revendedora e não o agente que contratou o gás inicialmente (isto é, demandante de contrato de longo prazo, que não está usando o gás no curto prazo). Em relação ao transporte, a Petrobras internamente, junto com as suas subsidiárias, gerenciam e ajustam os fluxos de gás.

No contexto de maior desverticalização almejado pelas novas regras, espera-se que haja diferentes carregadores e, também, que os mecanismos internos da Petrobras (ou promovidos por ela) não sejam os únicos instrumentos de adaptação de curto prazo. Caso contrário, isso será mais uma barreira à entrada e fonte de ineficiência para o sistema. A flexibilidade e a capacidade de ajuste dos agentes

10. Ver (Petrobras 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014).

econômicos é central para a capacidade desses agentes em atenderem ao mercado. Nos ajustes promovidos pela Petrobras, várias decisões foram, implicitamente, tomadas pela empresa. Entre elas, foi relevante a separação dos diferentes tipos de consumidores em diferentes mercados, tanto por tipo como por região geográfica. Por exemplo, houve leilões com separação por submercados (dependendo da região e da disponibilidade da infraestrutura de transporte). Os leilões, ademais, estavam reservados aos consumidores não termoelétricos. Criou-se contratos de curto prazo em que apenas industriais com capacidade de utilização de outros combustíveis podiam contratar gás. Os leilões só aconteciam no caso de haver gás em excesso, regra que pode ser reinterpretada, em linhas gerais, como a decisão do gás ser alocado primeiro para geração de eletricidade, isto é, para o agente que primeiro o contratou, independentemente do custo de oportunidade do recurso. Mecanismos gerenciais internos à Petrobras são incapazes de garantir que os custos de oportunidade de todos os agentes do mercado sejam efetivamente considerados e que os recursos serão alocados de forma eficiente (ou seja, para os agentes que mais valorizam esses recursos).

O desafio de considerar os custos e benefícios dos agentes envolvidos, na ausência de preço e mercado, aumenta com a adição no número de agentes e heterogeneidade destes, e pela diversidade dessa indústria. Isso vem aumentando recentemente, uma vez que há um aumento da complexidade e heterogeneidade da demanda de gás, com uma maior participação das empresas de geração térmica. Do ponto de vista da oferta, o uso do Gás Natural Liquefeito (GNL) aumenta o número de potenciais atores e soma dificuldade ao sistema, pois o GNL permite a interconexão do mercado brasileiro com o mercado internacional. Vale ressaltar o aumento potencial de produtores independentes e de novos agentes participando na construção e operação de infraestruturas. Como consequência desses fatores, espera-se que os mecanismos de ajustes de curto prazo, até então gerenciados pela Petrobras, tornem-se cada vez menos capazes de garantir uma alocação eficiente dos recursos.

3.2 A troca operacional e o mecanismo de leilão

O sistema de gás natural brasileiro ainda caracteriza-se por uma rede de gasodutos relativamente pouco malhada. Segundo a Resolução da ANP nº 11/2016, a necessidade de ajuste da capacidade de transporte poderá coordenar-se por meio da troca operacional, a ser solicitada aos transportadores pelos carregadores interessados nos termos da regulação estabelecida pela ANP (ANP, 2016). Esse mecanismo é um avanço, pois diminuiria o número de transações dos agentes e permitiria a troca dentro do sistema de transporte, isto é, permite a diferenciação dos fluxos físicos e contratuais, contribuindo para a operação eficiente do sistema de transporte (ANP, 2015). Contudo, os mecanismos que se apoiam em renegociações entre

os agentes (usuários e operador da rede) são custosos e estão mais sujeitos a ações oportunistas por parte dos incumbentes.¹¹

Desse modo, este artigo propõe-se a analisar o uso de leilões de curto prazo para coordenar as operações de ajuste dos portfólios dos agentes. No leilão estudado, os carregadores farão ofertas em cada ponto da rede, tanto de compra como de venda e a capacidade de transporte alocar-se-á de acordo com os preços do gás em cada ponto da rede. Assim, o leilão será combinatório, de envelope selado.

As principais vantagens são:

- formação de preço eficiente. Esse ponto é de crescente importância no Brasil, onde as características da demanda de gás fazem com que a precificação da flexibilidade seja cada vez mais relevante;
- redução das barreiras ao acesso de terceiros à capacidade de transporte. A alocação implícita da capacidade evita aos agentes a necessidade de contratar no curto prazo;
- transparência e neutralidade. As ofertas podem ser compradas, e as regras do leilão fazem com que todos os agentes sejam tratados de igual forma;
- liquidez. Facilita o encontro entre possíveis compradores e vendedores, permitindo, assim, uma melhor gestão dos riscos dos agentes envolvidos.

Como mostrado em (Vazquez e Hallack, 2013), o mecanismo de leilão objetiva alocar a flexibilidade do sistema de acordo com as preferências dos agentes da indústria. Essa flexibilidade está associada tanto aos gasodutos, quanto ao resto das instalações do sistema, por exemplo, a estocagem do gás. A ideia é representar cada fonte de flexibilidade como possível injeção ou retirada de gás do sistema.

4 DESENHO DO LEILÃO

A prática internacional mais frequente para alocar gás “molécula” baseia-se no uso de leilões sem representação dos serviços de transporte. Um raciocínio frequente usado para justificar essa escolha é de que os serviços de transporte podem ser adquiridos no longo prazo, separadamente e, portanto, não é preciso incluí-los no leilão de curto prazo. Contudo, supondo um leilão sem a alocação do transporte, os compradores deveriam escolher entre duas opções: *i*) adquirir capacidade de transporte primeiro e depois comprar o gás; ou *ii*) adquirir o gás primeiro e depois assegurar a capacidade de transporte. Em ambos os casos, aparece o problema de “ovo-galinha” para o comprador, (Cramton, 2008). Em muitas das experiências internacionais, esse problema é significativamente aliviado pela existência de um

11. Note que a partir da resolução ANP (2016), a troca operacional se torna obrigatória por parte do transportador diminuindo as margens legais para ações estratégicas dos mesmos.

mercado secundário líquido (tanto de transporte, quanto de gás “molécula”). No Brasil, devido às características da rede do sistema de transmissão (pouco malhada) e à forte presença da Petrobras no mercado, a aparição de um negócio secundário líquido é pouco provável. Logo, a alocação implícita da rede permitirá aumentar a eficiência e controlar o potencial exercício de poder do mercado, no acesso ao transporte.

A nossa proposta apoia-se na alocação conjunta dos serviços de rede e do gás molécula. Na seguinte subsecção, discutiremos os possíveis desenhos disponíveis para esse tipo de leilão.

4.1 Desenho do leilão

Uma primeira possibilidade seria implantar o modelo de *hub* virtual (seguindo a lógica dos modelos aplicado na União Europeia). A ideia básica, por meio desse modelo, é a alocação explícita do direito de entrada e saída e, também, uma alocação implícita de parte dos serviços de transporte. Toda vez que os agentes possuem o direito de usar o sistema (isto é, que previamente adquiriram uma capacidade de entrada e saída) receberiam um conjunto de serviços de transporte implícitos. Embora caracterizado pelo foco na criação de liquidez para a troca de gás “molécula”, esse modelo apresenta dificuldades na alocação dos serviços de transporte, ver, por exemplo, Hallack e Vazquez (2013). Tal aplicação para o sistema brasileiro requereria um estudo detalhado, pois existem potenciais vantagens, mas possíveis ineficiências na alocação dos serviços de rede.

Uma alternativa seria incluir produtos que representem a capacidade de transporte em um leilão otimizado para gás “molécula”. Esse tipo de leilão, a maior parte das vezes, usa um desenho iterativo, sendo o tipo relógio (*clock auction*),¹² a alternativa mais popular nos últimos anos (Cramton, 2008). Exemplos desse leilão, em mercados de energia, encontram-se na maioria dos programas de *Gas Release* da Europa (programas de venda obrigatória de gás por parte dos incumbentes) e, também, em leilões de venda a longo prazo de eletricidade (incluindo os leilões de eletricidade no Brasil). Todas essas experiências envolvem trocas de longo prazo e a hipótese de a capacidade de transporte ser alocada mediante um outro mecanismo, externo ao leilão. A inclusão de serviços de transporte nesse tipo de leilão tornaria o mecanismo excessivamente complexo, pouco transparente, e potencialmente ineficiente.

Garantir a utilização eficiente da rede no curto prazo é nossa proposta. Assim, os agentes só precisariam preocupar-se com o mercado de *commodities*, e o leilão alocaria a capacidade de transporte de forma ótima. Essa proposição relaciona-se

12. Nesses mecanismos anunciam-se os preços em ordem monotônica (crescente ou decrescente) como se fosse um “relógio de preços”, enquanto os participantes fazem seus lances da quantidade desejada.

com a do modelo de mercado de gás de Victoria (Ruff, 2012) descreve o mecanismo de determinação dos resultados do leilão como um modelo de otimização dos fluxos de gás, em períodos de 24 horas, levando em conta a capacidade do sistema de transmissão e determinando os resultados do fluxo ótimo de gás. Assim, os preços do gás de curto prazo seriam os associados aos fluxos otimizados. Na sequência, teremos mais detalhes para a proposta à indústria brasileira.

4.2 Definição dos produtos alocados no leilão

A alocação implícita de serviços de rede, em relação aos preços do gás, permite evitar cálculos dos valores possíveis dos serviços de rede. Os participantes fazem lances para injeções e retiradas de gás do sistema, especificando o período no tempo e a sua localização na rede. O leilão baseia-se, assim, em um algoritmo que representa, de forma aproximada, a operação da rede e decide a alocação dos serviços de acordo com as ofertas e demandas dos diferentes agentes. O algoritmo será uma otimização multiperíodo do fluxo de gás, pela rede de transporte, levando em consideração as injeções e as retiradas, a transmissão e a capacidade de armazenamento dos gasodutos (*line-pack*).¹³

A granularidade (por exemplo, se a injeção de gás realiza-se diariamente, mensalmente, hora a hora etc.) do leilão deverá ser definida. No geral, quanto menor a granularidade, maiores serão as possibilidades de representação da variabilidade temporal dos fluxos de gás. Quanto menor a granularidade, maior a complexidade associada ao mecanismo. Por exemplo, um leilão, que considere injeções horárias de gás, deverá ser diário (como acontece no sistema de gás de Victoria). A decisão final, no entanto, precisará de uma análise detalhada dos custos e benefícios, associados a cada solução. Essa análise custo-benefício incluirá os efeitos do despacho termoeletrico na operação do sistema. Nos casos de uma participação termoeletrica mais importante e com maior volatilidade curtíssimo prazo¹⁴ que a do Brasil (como Victoria ou a UE), pode ser interessante aumentar a granularidade. É importante sublinhar: o algoritmo do leilão não representa a operação real do sistema. A lógica do *hub* virtual, como mostrado na seção 2, supõe que o operador da rede assegure que os fluxos físicos reais são compatíveis com os resultantes dos contratos assinados no leilão, utilizando o algoritmo de otimização. Portanto, a variabilidade do despacho termoeletrico faz parte dos custos associados a um leilão de baixa granularidade e, por isso, relativamente simples. Em qualquer caso, não se pode definir qual a granularidade ótima sem fazermos antes uma análise dos custos e benefícios.

13. Outro tipo de estocagem, e.g. GNL ou armazenamento subterrâneo, podem ser incluídos no modelo se estão presentes no sistema.

14. Curtíssimo prazo aqui se refere às variações horárias.

Nossa proposta é para os carregadores apenas realizarem lances com o preço do gás que será injetado e retirado de todos os pontos durante um determinado período, nesse caso, para fins ilustrativos, propomos um mês.¹⁵ Com as ofertas, o algoritmo determinará os fluxos por meio da rede e o *line-pack*, minimizando as diferenças de preços entre os pontos, em diferentes tempos. Os leilões deveriam acontecer várias vezes no ano (sugestão de, por exemplo, quatro por ano, ou seja, uma vez por trimestre).

Em qualquer caso, os leilões de curto prazo precisariam ser inseridos em um conjunto mais amplo de mecanismos. Após o leilão, os agentes poderão ainda renegociar os seus contratos. Em qualquer caso, os contratos provenientes do leilão serão firmes para garantir que os partícipes tenham incentivos para não mentir estrategicamente durante o processo. Esse mecanismo não alocará todos os serviços de rede e alguns deles deverão ser geridos pelos transportadores. A lógica é que haja um papel essencial desempenhado pelos transportadores e algumas ferramentas devem ser deixadas sob suas responsabilidades, garantindo a segurança do sistema.

Nessas circunstâncias, o leilão alocará dois produtos básicos. Em primeiro, um contrato comprometendo a injeção de gás em um ponto do sistema, com duração de um mês. E, em segundo, tal contrato compromete-se à retirada de gás em um ponto do sistema, com duração de um mês. Especifica-se:

- o ponto da injeção (por exemplo, Rio de Janeiro) ou o ponto de retirada (por exemplo, São Paulo);
- o mês de validade do contrato;
- quantidades de entrega ou retirada;
- possíveis cláusulas de flexibilidade (por exemplo, *take-or-pay*);
- garantias e penalidades.

Enfim, cada jogador no leilão define uma curva, seja de oferta, seja de demanda. Os agentes que oferecem o gás formam uma curva especificando os preços mínimos pelos quais eles estão dispostos a vender uma determinada quantidade de gás. Os demandantes especificam o máximo preço que estão dispostos a pagar. Por tanto, depois do processo de oferta, o leiloeiro tem uma curva agregada de oferta e uma de demanda, em cada nó do sistema. Trata-se, então, de decidir sobre as combinações vencedoras (leilão combinatório). Uma proposta para o algoritmo de determinação do resultado do leilão descreve-se na seqüência.

15. Uma granularidade mensal pode ser suficiente para o contexto atual brasileiro, visto que um dos principais agentes que provoca grandes necessidade de ajuste de curto prazo é o sistema elétrico e, no caso brasileiro, este possui uma previsibilidade considerável em um mês, vista a capacidade dos reservatórios hidrelétricos de fazerem ajustes de curtíssimo prazo. Nota-se que esse não é o caso de países, como Espanha e Inglaterra, cujos ajustes intradiários dos sistemas elétricos baseiam-se nas termoeletricas.

5 DEFINIÇÃO DO MECANISMO DO LEILÃO

Exporemos um mecanismo que poderia ser utilizado para determinar os resultados de um leilão quando uma rede tem vários pontos (ligados por gasodutos), injeções e retiradas em diferentes locais no tempo e são interdependentes (por exemplo armazenamento no interior do gasoduto, *line-pack storage*). O leiloeiro precisará, então, combinar um complexo conjunto de lances, sendo a principal dificuldade a determinação de propostas vencedoras.

Considere, por exemplo, que o leiloeiro deva decidir uma forma em que efetiva-se a retirada de um megawatt no ponto i . As opções do leiloeiro são: *i*) utilizar uma injeção de um megawatt no mesmo ponto; *ii*) utilizar uma injeção de um megawatt de outro ponto da rede (e utilizar a capacidade de transmissão); e *iii*) usar um megawatt já armazenado no interior da rede. Para decidir entre essas três opções, o leiloeiro precisará de um algoritmo capaz de comparar os lances.

Formalmente, o leilão será composto por ofertas de injeção e retiradas ao longo de um determinado período, que é indexado por $t = 1, \dots, T$. Os carregadores serão relacionados por $k = 1, \dots, K$, e o sistema será formado por $i = 1, \dots, N$ pontos de entrada/saída. $I_t^{i,k}$ representando a quantidade de gás que o carregador k estará disposto a injetar no nó i no período t . Os carregadores definiriam o preço pelo qual injetarão o gás na rede, $b_t^{i,k}$. Ou seja, no momento t , se o preço para injeções fosse $b_t^{i,k}$, o carregador k estaria disposto a injetar a quantidade $I_t^{i,k}$ no nó i . Equivalentemente, $W_t^{i,k}$ representaria a quantidade de gás que o carregador k estaria disposto a retirar no nó i e no momento t . Transportadoras definiriam o preço pelo qual estariam dispostos a retirar o gás da rede, $c_t^{i,k}$.

A principal dificuldade associada com esse tipo de leilão será para o leiloeiro, pois não poderia criar facilmente as curvas agregadas de injeção e retirada do gás, precisaria de um algoritmo para comparar os lances em diferentes nós e períodos. O principal critério, para ele, seria maximizar o bem-estar social. Para tanto, uma vez recebidos os lances, ele construiria uma "curva de custo de injeção" $B_t^i(I_t^i)$ e uma "curva de valor de retirada de gás" $C_t^i(W_t^i)$, para cada nó e ponto no tempo. Essas curvas serão simplesmente a integral dos pares quantidade e de preços acima definidos. Assim, o preço da oferta para uma quantidade \bar{I}_t^i será a derivada da curva do custo de injeção em tal quantidade, $\left. \frac{\partial B_t^i(I_t^i)}{\partial I_t^i} \right|_{\bar{I}_t^i}$. A ideia será encontrar quantidades ótimas $I_t^{i,*}$ e $W_t^{i,*}$, e assim, definir o preço π_t^i como o preço de compra para a última unidade utilizada na obtenção das quantidades ótimas, $\left. \frac{\partial B_t^i(I_t^i)}{\partial I_t^i} \right|_{I_t^{i,*}}$.

O algoritmo utilizado para determinar os resultados do leilão será definido por um modelo simplificado da operação do sistema de gás. A função objetiva

da otimização da alocação dos serviços de rede será maximizar o bem-estar social, como já foi dito. Consideraremos, então, um sistema formado por $i = 1, \dots, N$ nós e $j = 1, \dots, N$ gasodutos. Definiremos, conforme listados seguir.

- Lances por injeções estarão caracterizados por um vetor de quantidades $I_t = \begin{bmatrix} I_t^1 \\ \vdots \\ I_t^N \end{bmatrix}$ e os correspondentes preços de oferta $B_t(I_t) = \begin{bmatrix} B_t^1(I_t^1) \\ \vdots \\ B_t^N(I_t^N) \end{bmatrix}$.
- Lances por retirada de gás estarão caracterizados por um vetor $W_t = \begin{bmatrix} W_t^1 \\ \vdots \\ W_t^N \end{bmatrix}$ e os preços de oferta correspondentes $C_t(W_t) = \begin{bmatrix} C_t^1(W_t^1) \\ \vdots \\ C_t^N(W_t^N) \end{bmatrix}$.
- $f_t = \begin{bmatrix} f_t^1 \\ \vdots \\ f_t^M \end{bmatrix}$ será o vetor de fluxo através de cada gasoduto no período t .
- $l_t = \begin{bmatrix} l_t^1 \\ \vdots \\ l_t^M \end{bmatrix}$ será o vetor de armazenamento no interior de cada gasoduto no período t .
- M será a matriz de incidência: o elemento M_{ij} é 1 se o gasoduto j está saindo do nó i , -1 se o gasoduto está chegando no ponto, e zero em caso contrário.
- F_f será a matriz relacionando os fluxos pelos gasodutos e o diferencial de pressão.
- F_l será a matriz relacionando o armazenamento no interior de cada gasoduto e o diferencial de pressão.
- $p_t = \begin{bmatrix} p_t^1 \\ \vdots \\ p_t^N \end{bmatrix}$ será o vetor de pressões em cada ponto da rede no período t .

A fim de determinar o resultado do leilão, o leiloeiro deverá levar em conta as limitações do sistema. Contudo, as redes de gás são caracterizadas por equações não lineares. Se tais características físicas estão plenamente representadas, não haverá preço linear que represente um equilíbrio no leilão. Consideraremos, assim, uma linearização do problema, de modo que tanto a capacidade de transporte, quanto a de armazenagem no interior dos dutos, estará relacionada com as pressões, por meio de funções lineares. As restrições que utilizaremos são:

O balanço de energia em cada nó.

$$l_t = I_t - W_t + Mf_t + l_{t-1}. \quad (1)$$

A definição de fluxo e armazenamento no interior dos dutos, considerando as pressões nos nós.

$$f_t = F_f p_t. \quad (2)$$

$$l_t = F_l p_t. \quad (3)$$

Os limites de pressão nos dutos:

$$p_t^{min} \leq p_t \leq p_t^{max}. \quad (4)$$

Com a notação anterior, o bem-estar poderá ser representado como $\sum_t (B_t(I_t) - C_t(W_t))$. Portanto, o algoritmo de determinação de resultados do leilão será:

$$\begin{aligned} \max_{I_t, W_t, f_t, l_t, p_t} \quad & \sum_t (B_t(I_t) - C_t(W_t)) \\ \text{s. t.} \quad & l_t = I_t - W_t + \mathcal{M}f_t + l_{t-1} \quad : \mu_t^{price} \\ & f_t = F_f p_t \quad : \mu_t^f \\ & l_t = F_l p_t \quad : \mu_t^l \\ & p_t^{min} \leq p_t \leq p_t^{max} \quad : \mu_t^{min}, \mu_t^{max} \end{aligned} \quad (5)$$

Note-se que a formulação simplificará as leis que governam os fluxos através dos gasodutos, ver Mokhatab *et al.* (2006), para representações mais detalhadas. Esse mecanismo de leilão não pretenderá representar, em todos os detalhes, os fluxos físicos e, sim, separar os serviços de rede, necessários para o ajuste dos portfólios dos agentes, das características técnicas complexas dessas redes. Tais serviços serão controlados pelos operadores dos gasodutos.

Será importante analisar as condições de cassação do leilão para entender os seus resultados. As condições serão dadas pelas condições de otimalidade do algoritmo, que determinará a cassação. Portanto:

$$\text{Otimalidade } I_t : \quad \frac{\partial B_t(I_t)}{\partial I_t} = \mu_t^{price}. \quad (6)$$

$$\text{Otimalidade } W_t : \quad \frac{\partial C_t(W_t)}{\partial W_t} = \mu_t^{price}. \quad (7)$$

O preço do leilão π_t estará definido pelo multiplicador de Lagrange μ_t^{price} , $\pi_t = \mu_t^{price}$. As duas equações anteriores simplesmente dizem que o preço será aquele

que faz com que a utilidade marginal das injeções de gás no sistema seja igual à utilidade marginal das retiradas.

Ademais,

$$\text{Otimidade } l_t : \quad \mu_{t+1}^{price} - \mu_t^{price} + \mu_t^L = 0, \quad (8)$$

$$\text{Otimidade } f_t : \quad \mathcal{M}^T \mu_t^{price} - \mu_t^F = 0, \quad (9)$$

Essas duas equações definirão o valor da transmissão e do armazenamento no interior dos dutos, ao longo de toda a rede. O primeiro valor será expresso por meio das diferenças de preços entre os nós, em um certo período, e o segundo, pela diferença de preço entre dois períodos consecutivos em cada nó da rede.

O algoritmo de cassação objetiva decidir a determinação da correspondência entre os lances, em diferentes nós da rede e nos diferentes períodos. As duas equações descrevem o procedimento para definir os valores para a transmissão e o armazenamento no interior dos dutos e, assim, poder comparar os lances.

A última condição de otimalidade em relação às variáveis primais será dada por:

$$\text{Otimidade } p_t : \quad \mathcal{F}_f^T \mu_t^F + \mathcal{F}_l^T \mu_t^L + (\mu_t^{max} - \mu_t^{min}) = 0. \quad (10)$$

Essa última condição definirá a relação entre a transmissão e o armazenamento no interior dos dutos. Ambos os serviços estarão relacionados por meio do diferencial de pressão do gasoduto. Em outras palavras, a última condição de otimalidade representa o *trade-off* entre os serviços de transporte e de *line-pack*. A fim de resolver o programa matemático, serão necessárias as seguintes equações adicionais:

$$\begin{aligned} l_t &= I_t - W_t + \mathcal{M}f_t + l_{t-1} \\ f_t &= \mathcal{F}_f p_t \\ l_t &= \mathcal{F}_l p_t \end{aligned} \quad (11)$$

e

$$\begin{aligned} p_t^{min} - p_t &\perp \mu_t^{min} \\ p_t - p_t^{max} &\perp \mu_t^{max} \end{aligned} \quad (12)$$

em que $A \perp B$ representa que A é complementar a B .

6 CONCLUSÃO

Nosso artigo chama atenção para a necessidade de se desenvolver mecanismos que facilitem a coordenação, de curto prazo, nos ajustes eficientes dos fluxos de gás natural no Brasil. A coordenação das indústrias de gás apoia-se fortemente na contratação de longo prazo, fato que está motivado pela elevada especificidade dos ativos e a necessidade de garantia para os grandes montantes de investimentos. Os contratos de longo prazo, no entanto, podem sofrer de má adaptação às mudanças nos fluxos de oferta e (principalmente) de demanda. Esse problema acentua-se quando se considera a demanda associada ao uso de plantas térmicas a gás na geração de eletricidade, apresentando uma forte volatilidade no consumo e, portanto, demandando a flexibilidade do mercado de gás.

Nos últimos anos, a Petrobras criou mecanismos para gerenciar esses ajustes internamente à empresa (por meio do portfólio de gás, de contratos de venda e de operações de infraestruturas) ou promoveu mecanismos de venda de curto prazo. Essa gestão da flexibilidade, por uma empresa do mercado, é uma barreira à entrada de outros competidores potenciais, que não teriam acesso a tais serviços. Em um contexto de liberalização, em que se objetiva promover a entrada de novos agentes à indústria, esses mecanismos de gerenciamento integrado verticalmente é fortemente contestável. Com o aumento da complexidade da indústria, a capacidade na apreciação dos custos e dos benefícios da alocação de recursos entre agentes heterógenos por um agente centralizado torna-se mais difícil. A ausência de preços de mercado impede que informações relevantes (sobre disposição a ofertar e a consumir dos agentes) sejam reveladas.

Os processos para a adaptação dos contratos de longo prazo por meio de negociações secundárias bilaterais, principalmente em mercados incipientes, tendem a ser pouco eficientes, pois uma negociação secundária tende a ser pouco líquida e muito custosa. Na prática, há uma dificuldade em se encontrar contrapartes para essa negociação, tanto no que diz respeito ao gás molécula, quanto ao serviço de transporte. Atualmente, para diminuir os custos com o mercado secundário, há uma regra (regulamentada recentemente pela ANP) de troca operacional, que tem por objetivo diminuir os custos de renegociação com os gasodutos. Contudo, baseada na renegociação, tal regra não será capaz de resolver o problema de liquidez do mercado de gás de curto prazo.

A fim de lidar com esse problema, este artigo propõe o uso de mecanismos de leilão para aprimorar a coordenação de curto prazo na indústria brasileira de gás natural, aproveitando-se da experiência internacional para propor as linhas gerais de um mecanismo aplicável ao sistema brasileiro. O leilão, então, casaria a demanda e a oferta de gás de acordo com os preços dos agentes, nos diferentes pontos do sistema, levando em consideração as restrições da rede. Em qualquer caso,

para a aplicação prática de um mecanismo com essas características, será necessário aprofundar a análise, visando detalhar os elementos de sua aplicação como uma frequência ótima, método de lance etc. As vantagens e desvantagens de cada um desses elementos deverão ser estudadas e discutidas de acordo com as necessidades da indústria no Brasil.

REFERÊNCIAS

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. Resolução ANP Nº 11 de 16 de Março de 2016. Dispõe sobre a Oferta de Serviços, de Cessão de Capacidade Contratada, Troca Operacional de Gás Natural, Aprovação e Registro de Contratos de Serviço de Transporte de Gás Natural – promoção de Processo de Chamada Pública para Contratação de Capacidade de Transporte de Gás Natural e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 mar. 2016.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. 2015. Revisão das Resoluções da ANP números 27/2005 e 28/2005 e Regulamentação da troca operacional de gás natural: regulamentação do acesso de terceiros a gasodutos de transporte. Nota técnica nº 6/SCM/2015: Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Superintendência de Comercialização e Movimentação de Petróleo, seus Derivados e Gás Natural.

BOHN, R. E., CARAMANIS, M. C.; SCHWEPPE, F. C. 1984. Optimal Pricing in Electrical Networks over Space and Time. **The Rand Journal of Economics**, 360-76, 1984.

CHEVALIER, J-M. 2004. **Les Grandes batailles de l'énergie**: petit traite d'une économie violente. Paris, Coll. Folio. éd Gallimard, 2004, p. 365-413.

CORRELJÉ, A.; GROENLEER, M.; VELDMAN, J. 2013. Understanding institutional change: the development of institutions for the regulation of natural gas transportation systems in the US and the EU. **EUI Working Paper**, n. 7 RSCAS 2013/07. Acessado dia 10/11/2015 em <<https://goo.gl/TZBgXz>>.

COSTELLO, K. Efforts to Harmonize Gas Pipeline Operations with the Demands of the Electricity Sector. **The Electricity Journal**, v. 19, n. 10, p. 7-26, 2006.

CRAMTON, P. How Best to Auction Oil Rights. *In*: HUMPHREYS, M.; SACHS, J. D.; STIGLITZ, J. E. (Eds.). **Escaping the Resource Curse**. Chapter 5, p. 114-151. New York: Columbia University Press, 2007.

_____. 2008. **Auctioning long-term gas contracts in Colombia**. Working Paper, University of Maryland, 2008.

EUROPEAN PARLIAMENT. Directive of the European Parliament and of the Council concerning common rules for the internal market in natural gas. Directive 1998/30/EC. **Legislative acts and other instruments**. Brussels, 22 June, 1998.

FERRARO, M. C. **Estruturas de incentivo ao investimento em novos gasodutos: uma análise neo-institucional do novo arcabouço regulatório brasileiro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

Glachant, J-M.; HALLACK, M. Take-or-pay contract robustness: a three step story told by the Brazil–Bolivia gas case? **Energy Policy**, v. 37, n. 2, p. 651-57, 2009.

HALLACK, M.; GLACHANT, J-M. **The gas transportation network as a “Lego” game: how to play with it?** European University Institute (EUI), Robert Schuman Centre of Advanced Studies (RSCAS), 2010.

HALLACK, M.; VAZQUEZ, M. **European union regulation of gas transmission services: challenges in the allocation of network resources through entry/exit schemes**. *Utilities Policy*, v. 25, p. 23-32, June, 2013.

_____. Who Decides the Rules for Network Use? A ‘common Pool’ analysis of Gas Network Regulation. **Journal of Institutional Economics**, v. 10, n. 3, p. 1-20, 2014.

HUBBARD, R. G; WEINER, R. J. Long-Term Contracting and Multiple-Price Systems. **Journal of Business**, v. 65, n. 2, p. 177-198, April 1992.

MAKHOLM, J. D. 2012. **The political economy of pipelines: a century of comparative institutional development**. University of Chicago Press, 2012.

MOKHATAB, S.; POE, W. A.; SPEIGHT, J. G. **Handbook of Natural Gas Transmission and Processing**. Oxford: Gulf Professional Publishing, Elsevier. p. 323-361.

MASTEN, S. E.; CROCKER, K. J. Efficient adaptation in long-term contracts: take-or-pay provisions for natural gas. **The American Economic Review**, v. 75, n. 5, (Dec., 1985), p. 1.083-1.093.

MILLA, J. L.; RUBIA, A. Liquidez del mercado a plazo y volatilidad de precios al contado en el mercado de electricidad en España. **Estudios de Economía Aplicada**, v. 29, n. 2, p. 8-21, 2011.

MIRIELLO, C.; POLO, M. 2014. The development of gas hubs in Europe. **Working Paper**, n. 76 IEFE/Bocconi. Disponível em: <goo.gl/H986Yo> Acesso em: 22 dez. 2015.

MULHERIN, J. H. 1986. Complexity in long-term contracts: an analysis of natural gas contractual provisions. **Journal of Law, Economics, & Organization**, v. 2, n. 1. p. 105-117, 1986.

PETROBRAS. **Relatório de Anual de Atividades 2009**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

_____. 2010. **Relatório de Anual de Atividades 2010**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

_____. 2011. **Relatório de Anual de Atividades 2011**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

_____. 2012. **Relatório de Anual de Atividades 2012**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

_____. 2013. **Relatório da Administração 2013**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

_____. 2014. **Relatório da Administração 2014**. Disponível em: <goo.gl/ZdnIjc>. Acesso em: 22 dez. 2015.

PEREIRA, C. A. A. *et al.* Introduction of natural gas short-term contracts in Brazil using internet auction: a mature markets practice helping overcome crisis. **33rd IAEE International Conference**. Rio de Janeiro, 2010.

ROBINSON, S. M. **Oil lease auctions**: reconciling economic theory with practice. University of California at Los Angeles, 1984. (Mimeografado).

RUFF, L. E. 2012. Rethinking gas markets and capacity. **Economics of Energy and Environmental Policy**, v. 1, n. 3, 2012.

VAZQUEZ, M.; HALLACK, M. Need and design of short-term auctions in the EU gas markets. **Energy Policy**, v. 63, p. 484-93, 2013.

VAZQUEZ, M.; HALLACK, M.; GLACHANT, J-M. 2012a. Building gas markets: US *versus* EU, market *versus* market model. **European Energy Journal**, v. 2, n. 2, 2012a.

_____. Designing the European Gas Market: More Liquid and Less Natural. **Economics of Energy and Environmental Policy**, v. 1, n. 3, 2012b.

VICTOR, D. G.; JAFFE, A. M. HAYES, M. H. **Natural gas and geopolitics**: from 1970 to 2040. Cambridge University Press, 2006. 508p.