

ALTERNATIVAS DE DISTRIBUIÇÃO FISCAL: MODELANDO O CASO DAS REGIÕES METROPOLITANAS

Bernardo Alves Furtado

Resumo

Duas propostas legislativas sobre criação e emancipação de municípios foram vetadas integralmente pelo executivo em 2013 e 2014. Em agosto de 2018, mais um projeto de lei complementar, com seis apensos, segue em regime de urgência, aguardando votação no plenário da Câmara. O tema de criação e emancipação de municípios é premente no debate legislativo brasileiro. A literatura acadêmica lista evidências dos resultados negativos da fragmentação municipal, especialmente para as regiões metropolitanas. Esta monografia quantifica a qualidade de vida dos cidadãos metropolitanos diante de quatro alternativas de distribuição da arrecadação tributária municipal. Com isso, adiciona evidências à literatura corrente, de cunho meramente argumentativo. Metodologicamente, um modelo espacial baseado em agentes validado é simulado com três mercados: imobiliário, de bens e de trabalho. Sobre esses mercados, aplicam-se impostos sobre o consumo, o lucro, os salários, a propriedade e transações imobiliárias. As alternativas testadas são verificadas por meio de modelos econométricos. Dois deles utilizam-se de variáveis exógenas reais e três usam dados simulados. Os resultados confirmam duas conclusões centrais. Em primeiro lugar, confirma-se a progressividade do Fundo de Participação Municipal (FPM) e sua relevância para garantir melhor qualidade de vida nos municípios metropolitanos. O segundo indicativo é de que a simples fusão municipal melhoraria a qualidade de vida dos cidadãos, comparada ao *status quo* em 23 metrópoles brasileiras. Em alguns casos, a fusão municipal metropolitana é suficiente para compensar uma hipotética ausência dos critérios do FPM. De toda maneira, a monografia apresenta de forma quantitativa evidências que permitem comparar distribuições alternativas de impostos para cada uma das 40 metrópoles simuladas, identificando formas mais eficientes de distribuição e contribuindo com a literatura e o debate parlamentar contemporâneo.

Palavras-chave: Eficiência fiscal, Criação e emancipação municipal, Regiões metropolitanas

Abstract

The executive vetoed two legislative proposals on the creation and emancipation of municipalities in its entirety in 2013 and 2014. In August 2018, another supplementary bill, with six other proposals attached, is under an emergency regime, awaiting a vote in the House plenary. The theme of creation and emancipation of municipalities is pressing in the Brazilian legislative debate. The academic literature lists evidence of the negative results of municipal fragmentation, especially for metropolitan regions. This monograph quantifies the quality of life of metropolitan citizens in the face of four alternative rules of distribution of municipal tax collection. Hence, it adds evidence to the current literature, usually of an argumentative nature. Methodologically, a validated agent-based spatial model is simulated with three markets: real estate, goods and labor. Upon these markets, taxes on consumption, profits, wages, property and real estate transactions are applied. The alternatives tested are verified through econometric models. Two of them use real exogenous variables and three use simulated data. The results confirm two central conclusions. First, the progression of the Municipal Participation Fund (MPF) and its relevance to guarantee a better quality of life in metropolitan municipalities is confirmed. The second indication is that the simple municipal merger would improve citizens' quality of life, compared to the status quo in 23 Brazilian metropolises. In some cases, the metropolitan municipal merger is sufficient to compensate for a hypothetical absence of the FPM criteria. In any case, the monograph presents quantitative evidence that allows comparing alternative tax distributions for each of the 40 simulated metropolises, identifying more efficient forms of fiscal distribution and contributing to contemporary literature and parliamentary debate.

Keywords: Fiscal Efficiency, Creation and Municipal Emancipation, Metropolitan Regions

Sumário

1.	Introdução.....	6
2.	Contexto	8
2.1.	Histórico recente de iniciativas parlamentares.....	8
2.2.	Literatura	9
2.3.	Proposta de abordagem	11
3.	Metodologia	13
3.1.	Modelo baseado em agentes.....	14
3.2.	PolicySpace: <i>in a nutshell</i>	14
3.3.	Estratégia de testes para alternativas fiscais.....	16
3.4.	Validação.....	18
3.4.1.	Indicadores macroeconômicos	18
3.4.2.	Análise de sensibilidade: parâmetros e regras.....	18
3.4.3.	Replicação empírica da arrecadação tributária: globais e distribuição	19
3.5.	Estratégia econométrica	20
4.	Resultados	21
5.	Considerações Finais.....	28
6.	Referências	30
7.	Apêndice.....	34
A.	Regressão completa com ACPs.....	34
B.	Base de dados e códigos	36

Lista de figuras

Figura 1 – Resultados para a Qualidade de vida média para o caso de Belo Horizonte com 2% de população e quatro simulações. A alternativa como ‘região única’ e presença do FPM (roxo) Caso 2 apresenta maior qualidade de vida ao final do período. A opção sem presença de FPM (azul) Caso 3 apresenta o pior desempenho.	22
Figura 2 – Resultados para a Qualidade de vida média para o caso de Santos com 1% de população e quatro simulações. O status quo (vermelho) Caso 1 e a alternativa como ‘região única’ e presença do FPM (roxo) Caso 2 apresentam valores próximos e maior qualidade de vida ao final do período. A opção sem presença de FPM (azul) Caso 3 apresenta o pior desempenho.	23
Figura 3 – Resultado das simulações de alternativas de distribuição fiscal entre as Áreas de Concentração de População (ACP). A qualidade de vida normalizada entre as alternativas é máxima o maior número de vezes para a opção de Região fiscal única e manutenção das regras de distribuição do FPM (Caso 2). A retirada do FPM leva aos piores resultados de qualidade de vida no maior número de vezes (Caso 3). Os resultados referem-se a 2% da população e 3 simulações por ACP.	24

Lista de tabelas

Tabela 1 – Alternativas de distribuições de impostos entre municípios de regiões metropolitanas (ACPs).....	16
Tabela 2 – Resultados de vários indicadores normalizados da simulação para o caso de todas as ACPs.....	25
Tabela 3 – Resultados dos testes de consistência das alternativas de distribuição fiscal entre ACPs.....	27
Tabela 4 – Resultados da regressão completa – incluindo dummies das ACPs, conforme estratégia econométrica.	34

1. Introdução

O período pós-Constituição de 1988 foi profícuo para o desmembramento e criação de novos municípios no Brasil. De fato, o número de municípios no Brasil aumentou em cerca de 35%, com acréscimo de 1.438 novos municípios até o Censo de 2000 (FERNANDES; DE ARAÚJO, 2017). Dentre as novas municipalidades, oitenta por cento são pequenos, com população inferior a 10 mil habitantes. Municípios com população reduzida apresentam menor capacidade estatal de oferecer serviços públicos e recolher impostos locais (MARENCO; STROHSCHOEN; JONER, 2017).

A criação de novos municípios só se arrefece com a publicação da Emenda Constitucional nº 15 de 1996,¹ que institui a necessidade de consulta em plebiscito às populações envolvidas e remete à observância de lei complementar federal. Entretanto, nenhuma lei complementar foi promulgada desde então. Ainda assim, 63 novos municípios são criados – de forma inconstitucional – e efetivados no espírito *fait accompli*, após decisão do Supremo Tribunal Federal e chancela do Congresso Nacional (DANTAS, 2015).

Em 2002, o Projeto de Lei nº 98 de 2002 é apresentado. Após várias alterações é encaminhado à sanção presidencial na forma do Projeto de Lei Complementar nº 416 de 2008. O projeto é então vetado integralmente pela Presidente em novembro de 2013, com a seguinte justificativa:

A medida permitirá a expansão expressiva do número de municípios no País, resultando em aumento de despesas com a manutenção de sua estrutura administrativa e representativa. Além disso, esse crescimento de despesas não será acompanhado por receitas equivalentes, o que impactará negativamente a sustentabilidade fiscal e a estabilidade macroeconômica. Por fim, haverá maior pulverização na repartição dos recursos do Fundo de Participação dos Municípios – FPM, o que prejudicará principalmente os municípios menores e com maiores dificuldades financeiras.²

A mensagem de veto nº 505 resume os argumentos pelos quais a criação e desmembramento de municípios impacta o conjunto da Administração Pública municipal: (a)

¹ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Emendas/Emc/emc15.htm

² http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2013/Msg/Vet/VET-505.htm

crescimento de despesas e estrutura administrativa, (b) manutenção – em princípio – de receitas e (c) pulverização dos recursos transferidos da União para os municípios.

Do ponto de vista local de cada município de forma independente, o desmembramento pode ser positivo já que (a) uma nova estrutura administrativa é criada, contendo cargos no Executivo e no Legislativo (Câmara municipal), (b) a pulverização de recursos é feita com ganho dos ‘novos’ municípios, em detrimento do restante dos municípios estaduais, dadas as regras de distribuição do Fundo de Participação Municipal (FPM) e (c) a manutenção do montante transferido pela União.

Nesse sentido, as mesmas razões que sugerem à União que o desmembramento pode não trazer benefícios para o conjunto da sociedade, são as que levam aos municípios individualmente a se engajarem no sentido da sua permissão. De fato, após 1996, várias outras iniciativas parlamentares apontam nessa direção (veja seção 2.1).

Esse debate entre possíveis vantagens do desmembramento e seus custos já está presente na literatura e é discutida na próxima seção. Entretanto, não temos notícias acerca de análises quantitativas que simulem resultados decorrentes de distribuições alternativas de recursos entre municípios.

Com isso, a proposta da presente monografia é apresentar simulações de configurações fiscais alternativas para municípios de regiões metropolitanas brasileiras. Esse exercício empírico testa alternadamente os efeitos fiscais da fusão dos municípios de regiões metropolitanas e da presença da manutenção das regras do FPM, face à proposta de manutenção da distribuição dos recursos fiscais na forma corrente.

Metodologicamente, a proposta simula três mercados econômicos (de bens, de trabalho e imobiliário) no ambiente metropolitano e aplica cinco impostos (sobre o consumo, o trabalho, a firma, a propriedade e transações imobiliárias) nesses mercados. A simulação é feita em um modelo baseado em agentes validado (FURTADO, 2018). Podem-se então compor cenários a partir de alternativas de distribuição fiscal de recursos arrecadados.

Os resultados indicam que para a grande maioria dos casos analisados, a fusão dos municípios das regiões metropolitanas é benéfica, ainda que em pequena magnitude, em termos de ganhos de qualidade de vida para seus habitantes no período de 20 anos. Além disso, em outros casos, a fusão municipal é suficiente para substituir as transferências realizadas por meio

do FPM. O exercício realizado reforça ainda a relevância dos efeitos progressivos do FPM na configuração atual.

A contribuição dessa monografia reside na apresentação de evidências quantitativas – baseadas em dados empíricos – que incorporam efeitos dinâmicos de redistribuição de montante de recursos públicos constante de maneiras alternativas. Com os resultados, confirmam-se outras vertentes disciplinares da literatura que advogam de forma argumentativa que na maioria dos casos o desmembramento não é benéfico para o conjunto da sociedade.

Além dessa introdução, este trabalho conta com breve discussão da literatura (seção 2), descrição da metodologia utilizada (seção 3), bem como os resultados do exercício (seção 4). Conclui-se o texto com algumas considerações finais (seção 5).

2. Contexto

Essa seção retoma o debate recente no Legislativo sobre as propostas emancipacionistas para, em seguida, relatar argumentos favoráveis e contrários. A proposta de pesquisa que deriva da análise de contexto e da disponibilidade de metodologias conclui a seção.

2.1. Histórico recente de iniciativas parlamentares

O tema de criação e emancipação municipal continua em evidência mais de vinte anos após a publicação da Emenda Constitucional nº 15 de 1996. Foram mais duas tentativas após o veto nº 550 de 2013.

O Projeto de Lei nº 104 no Senado (e Projeto de Lei Complementar nº 397 de 2014) foi novamente vetado integralmente na mensagem nº 250 de 26 de agosto de 2014. Embora elogie-se o texto mais “criterioso”, evoca-se a “responsabilidade fiscal” e o desequilíbrio de eventuais redistribuições, como razões para o veto.³

Em nova tentativa parlamentar, o Projeto de Lei do Senado nº 199 de 2015 foi aprovado em plenário, segue em tramitação em regime de Urgência como Projeto de Lei Complementar 137/2015 da Câmara dos Deputados e apensa seis outras iniciativas: PLP 437/2014, PLP 438/2014, PLP 450/2014, PLP 455/2014, PLP 283/2016 e PLP 464/2017.⁴

³ http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2014/Msg/Vet/VET-250.htm

⁴ <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=1594899>

O relator do projeto na Câmara, Deputado Carlos Henrique Gaguim, apresentou e a Comissão Especial aprovou, em 27 de março de 2018, parecer pela constitucionalidade, juridicidade, e técnica legislativa da matéria, indicando ainda que não caberia pronunciamento quanto à adequação financeiro-orçamentária, pois que não implicaria em aumento ou diminuição de receita ou despesa públicas.

Determina ainda o projeto que a criação de municípios possa ocorrer entre a posse dos prefeitos eleitos e o último dia do ano anterior ao ano de eleições municipais. Excluem-se, portanto, apenas os anos nos quais há eleição municipal. Finalmente, o parecer lista ainda critérios mínimos para a aprovação de novos municípios: (a) contingente populacional mínimo para os novos municípios e para os remanescentes, variável por Grandes Regiões do IBGE, (b) que o desmembramento seja indicado por Estudo de Viabilidade Municipal (EVM), e que os EVM incluam análises econômico-financeira, político-administrativa e socioambiental e urbana, dentre outras exigências.

Fundamentalmente, estabelecem-se critérios muito semelhantes aos que vigoraram até 1996, com pequena imposição populacional mais rigorosa e mínimo de 20 mil habitantes para o caso do Sudeste. Muito provavelmente, a aprovação do Projeto de Lei gerará centenas de novos municípios, como previsto nos projetos anteriores (SACHSIDA; MONASTERIO; LIMA, 2013). Essa indicação de criação de novos municípios parece contraproducente face ao debate presente na literatura, conforme detalhado a seguir.

2.2. Literatura

No contexto de regiões metropolitanas, observam-se áreas economicamente conurbadas, com múltiplos municípios e bacias comuns de emprego que são regiões, nas quais cidadãos se locomovem cotidianamente para o trabalho, escola, lazer e serviços. A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) define bacias de emprego como “regiões funcionais” (AHREND et al., 2014). Referem-se a regiões economicamente únicas, distribuídas pelo território difuso (MONTE-MÓR, 2006) em contextos político-administrativos distintos.

O fato dessas regiões funcionais – no Brasil denominadas Áreas de Concentração de População (ACPs) pelo IBGE (IBGE. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2015) – estarem fragmentadas entre vários municípios trazem alguns aspectos negativos. A forte polarização centro-periferia (FURTADO; KRAUSE; FRANÇA, 2013), com dominação da metrópole, traz redução da produtividade (AHREND et al., 2014), aumento da violência nas periferias

(RODRIGUES, 2013) e quebra da continuidade de oferta de serviços em rede, tais como transportes (PEDROSO; LIMA NETO, 2013), ou metropolitanos, como habitação (ROYER, 2013).

Do ponto de vista estritamente fiscal, a literatura sugere não somente que municípios de sedes metropolitanas recebem mais receita tributária per capita (CARVALHO JR, 2017; FURTADO; MATION; MONASTERIO, 2013), como também que são mais eficientes na sua aplicação (GASPARINI; MIRANDA, 2011).

Essa literatura descrita parece indicar que os ideais municipalistas da Constituição de 1988 não foram suficientes para alçar o município – ente autônomo, parte integrante da Federação – à condição de promotor do desenvolvimento local (CIOATTO; BOFF, 2017). De fato, para além da falta de capacidade gerencial já mencionada (MARENCO; STROHSCHOEN; JONER, 2017), acrescente-se a debilitada capacidade estritamente financeira:

Um dos maiores problemas enfrentados na federação brasileira é a autonomia municipal devido à baixa capacidade fiscal, financeira e institucional dos governos locais para absorver e dar conta de todas as suas funções constitucionais, inclusive a política urbana (FERNANDES; DE ARAÚJO, 2017, p. 3).

No conjunto, essas dificuldades de execução da política municipal é contraproducente, pois que inibe na prática a autonomia e o esforço fiscal, torna o município dependente de transferências (CARVALHO JR, 2017) e restringe seu desenvolvimento.

A análise da literatura acima sugere que há indicações suficientes de que regiões metropolitanas fragmentadas com múltiplos municípios: (a) são menos produtivas; (b) apresentam capacidade estatal e recursos financeiros díspares entre metrópole e vizinhos; (c) concentram deseconomias de aglomeração nas periferias (violência e congestionamento); (d) concentram economias de aglomeração nas sedes e (e) restringem ganhos de escala na prestação de serviços em rede, tais como transporte, saneamento básico (água e esgoto) e uso e ocupação do solo (habitação social).

Contudo, há que se considerar que, como dito, do ponto de vista de cada município individual criado há justificativas e ganhos gerados com a emancipação. Do ponto de vista de razões para a criação de municípios, seus partidários indicam: (a) a extensão territorial do

município que dificulta o atendimento de distritos distantes por serviços localizados na sede municipal e (b) o descaso político da sede original em relação a outros municípios, por vezes, com maior contingente populacional ou atividade econômica. Do ponto de vista de ganhos econômicos, há redistribuição de recursos públicos a favor dos novos municípios e também toda uma nova estrutura político-administrativa, com conseqüente observância de melhoria do atendimento público.

No saneamento básico, por exemplo, Rocha e colegas (ROCHA; MATTOS; SAIANI, 2017) indicam aumento de 12% nos investimentos no setor para municípios novos, em comparação aos municípios da própria microrregião. Wanderley (2008) faz uma análise exploratória para os municípios de Minas Gerais no período 1991-2000 e indica ganhos nos indicadores de saúde e educação, ao mesmo tempo que não detecta perda significativa nos municípios remanescentes. Fávero (2004), por sua vez, analisa os municípios paulistas e, embora apenas liste estatísticas descritivas, sem controle algum, e se apoie na literatura progressista, avalia que há melhoria nos municípios emancipados sem prejuízo para os remanescentes.

A criação de novos estados segue lógica similar. O estado criado recebe recursos e estrutura, em detrimento dos estados remanescentes. Espera-se, portanto, ganhos para os habitantes da seção territorial seccionada. No caso do estado de Tocantins, por exemplo, há indicativos de que sua emancipação, a partir de Goiás, em 1987, trouxe melhoria da qualidade de vida aos habitantes tocantinenses (PARENTE, 2014).

2.3. Proposta de abordagem

Uma análise mais informada acerca dos ganhos e perdas para o conjunto da sociedade em processos de redistribuição de recursos tributários, em princípio, fixos, possivelmente se beneficiaria caso incluísse processos geradores de dados que consigam minimamente refletir a dinamicidade da economia e, em especial seus efeitos indiretos e *feedbacks*.

De fato, Tesfatsion (2017) caracteriza a economia real como sistemas dinâmicos abertos nos quais agentes heterogêneos (firmas, trabalhadores, instituições) interagem em jogos sequenciais construídos localmente. Jogos sequenciais são aqueles nos quais múltiplos agentes tomam decisões, uma após a outra, baseadas nas suas próprias decisões anteriores, bem como no contexto local a cada momento. Com isso, os estados de cada agente e da economia como um todo se alteram e evoluem com o tempo.

Uma maneira de operacionalizar a análise econômica como sistemas dinâmicos abertos é por meio da modelagem baseada em agentes (ABM). A ABM é caracterizada pela réplica em ambiente computacional de agentes caracterizados por atributos que evoluem suas características de acordo com regras determinísticas e explícitas (seção 3.1).

A nosso ver, a utilização de ABM permite a consecução do exercício que se intenciona, qual seja, avaliar de forma dinâmica mercados relevantes sobre os quais se aferem receitas tributárias e que oferecem oferta de serviços públicos em contrapartida.

Especificamente, na ABM utilizada, os serviços públicos oferecidos são contabilizados como ganhos de qualidade de vida (QLI) no município que recebe o investimento derivado da arrecadação tributária. Esse aumento de QLI se reflete como aumento nos preços dos imóveis, trazendo ao modelo o efeito dinâmico de que lugares com melhor QLI apresentam imóveis mais caros. Esse efeito, aliado à mobilidade das famílias, afeta, por sua vez, a demanda de bens das firmas e a oferta de trabalhadores mais ou menos qualificados para a produção.

Desse modo, a modelagem impõe efeitos indiretos entre os mercados de trabalho, de bens e imobiliário que conseguem replicar no tempo e no espaço os padrões de arrecadação (seção 3.2) e compor ambiente nas quais alternativas podem ser simuladas, senão *in vitro*, pelo menos *in silico*.

Com isso, a proposta deste trabalho assim se resume:

1. Construir ambiente espacialmente empírico, que simule o período 2000-2020, com três mercados e cinco impostos, e replique o *status quo* da geração e distribuição de receitas tributárias para regiões metropolitanas brasileiras.
2. Validar os resultados de modo que o modelo se torne capaz de responder à pergunta de pesquisa.
 - a. Especificamente, a pergunta que se coloca é: há outras formas de distribuição de recursos tributários que melhorem a qualidade de vida dos habitantes no nível metropolitano?
3. Simular alternativas e comparar com a situação corrente.
4. Apresentar e discutir os resultados, à luz da literatura disponível.

A metodologia e sua validação, bem como a estratégia econométrica estão descritas na seção seguinte.

3. Metodologia

Dawid e Delli Gatti publicaram no *Handbook of Computational Economics* um compêndio sobre sete grandes famílias de modelagem baseada em agentes e suas aplicações em políticas públicas (2018). A primeira seção do capítulo lista as práticas emergentes de modelagem, bem como as especificidades de cada família listada. A segunda seção detalha aplicações de políticas, incluindo análise de mudanças climáticas (LAMPERTI; ROVENTINI; SANI, 2017), mercado de trabalho (NAPOLETANO et al., 2012) e política monetária (DOSI et al., 2015).

Uma das famílias com maior tradição é a chamada “Keynes encontra Schumpeter” desenvolvida pela escola italiana liderada por Giovanni Dosi e baseada no Instituto de Economia da *Scuola Superiore Sant’Anna*. A contribuição maior do modelo é a capacidade de reproduzir ciclos econômicos de longo prazo, crises, ao mesmo tempo em que produzem resultados de curto prazo consistentes. Ao todo, os autores afirmam reproduzir 17 fatos estilizados nos ambientes macro e microeconômico (DOSI et al., 2017). O modelo é testado e validado de forma independente por Guerini e Moneta (2017).

PolicySpace (FURTADO, 2018) é uma proposta de modelagem econômico-espacial que se encaixa na família chamada de Lengnick (2013), com contribuições ainda de Gaffeo (2008), de código aberto, disponível para download na plataforma GitHub.⁵ Entretanto, PolicySpace se diferencia das contribuições anteriores ao adicionar a análise do espaço intraurbano e intermunicipal, a mobilidade das famílias, a dinâmica populacional e o uso de distância como critério de escolha nos mercados de consumo e de trabalho.

Nessa monografia, utilizamos o modelo baseado em agentes (subseção 3.1) descrito como PolicySpace (e detalhado na subseção 3.2) para analisar de forma sistemática quatro alternativas de distribuição de arrecadação fiscal entre municípios de 40 regiões metropolitanas brasileiras, constantes das Áreas de Concentração de População (ACPs), conforme definidas pelo IBGE (2015). Em seguida, confirmada a validade do modelo (seção 3.3), são aplicados testes econométricos (seção 3.4), utilizando-se de dados reais e dados simulados para avaliar a força dos resultados.

⁵ [Github.com/BAFurtado/policyspace](https://github.com/BAFurtado/policyspace).

3.1. Modelo baseado em agentes

Um modelo baseado em agentes é a implementação em um ambiente computacional artificial no qual agentes interagem no tempo e no espaço. Ou como descrevem Epstein e Axtell (1996): ABM é um sistema temporal discreto e dinâmico, explicitado por equações genéricas simultâneas. Para além das famílias de agentes para análise econômica descritas acima (DAWID; GATTI, 2018), outros dois manuais recentes descrevem a utilização de ABM especificamente para análise econômica (BOERO et al., 2015; HAMILL; GILBERT, 2016). Ressaltem-se ainda aplicações de análise fiscal e monetária (DOSI et al., 2015), energia (TESFATSION, 2018) e habitação (GEANAKOPOLOS et al., 2012).

O modelo utilizado nessa monografia, por sua vez, pode ser descrito como um modelo baseado em agentes de código aberto, econômico-espacial com implementação de três mercados e um sistema de impostos que simula empiricamente regiões metropolitanas brasileiras (FURTADO, 2018). Dentre as vantagens da utilização de ABMs, destaque-se o baixo custo (experimentação *in silico*), a possibilidade de realizar experimentos (*what-if questions*) e sua construção explicitamente espacial, dinâmica e modular que permite que outros usuários desenvolvam recursos adicionais à plataforma disponível. Além disso, o código aberto permite a reprodutibilidade dos resultados, a compreensão completa de todos os mecanismos, garantindo a inexistência de decisões de modelagem não explícitas, as chamadas '*black boxes*'.

3.2. PolicySpace: *in a nutshell*

PolicySpace conta com agentes – cidadãos – que se oferecem no mercado de trabalho e organizam-se em famílias. As famílias participam no mercado de consumo e no mercado imobiliário, de modo que são móveis e podem alterar a localização da sua residência.

As firmas empregam trabalhadores e ofertam um produto homogêneo no mercado de consumo. Elas competem por preços no mercado de consumo e por trabalhadores mais qualificados no mercado de trabalho.

Os governos municipais estão constituídos, conforme dados geoespaciais reais do IBGE. As prefeituras investem os tributos arrecadados e recebidos por transferências na melhoria da qualidade de vida de seus cidadãos de modo linear, ponderado pela população corrente.

A temporalidade do modelo é do ano 2000 ao 2020 e a sequência de acontecimentos **mensais** ocorrem da seguinte maneira:

1. A firma executa sua função de produção baseada no número de empregados corrente e sua qualificação (LENGNICK, 2013).
2. Na sequência, a dinâmica populacional é executada. Há envelhecimento dos cidadãos (de acordo com o mês de aniversário), mortes (seguindo tábuas de mortalidade do IBGE, por Unidade da Federação, gênero, idade e ano calendário) e nascimentos (ainda de acordo com tábuas de fecundidade do IBGE e probabilidade de acordo com a idade das mulheres).
3. Todos os meses as famílias poupam um percentual variável dos seus rendimentos e consomem o restante. A decisão de consumo pode se dar por critério de preço ou por critério de distância, ambos dentre uma amostra de firmas.
4. As firmas atendem as famílias, por ordem de chegada, até o limite de sua oferta disponível em estoque.
5. Na sequência, as firmas decidem sobre os salários de seus empregados – a partir da receita de vendas (NEUGART; RICHIARDI, 2012) –, sobre os preços – observando o estoque (SEPPECHER; SALLE; LAVOIE, 2017) – e sobre a necessidade de participação no mercado de trabalho (observando o lucro ou prejuízo).
6. Firmas que estão pagando salários maiores, escolhem empregados primeiro, optando por aqueles mais qualificados na amostra de candidatos. Opcionalmente, uma porcentagem da força de trabalho pode ser escolhida por critério de proximidade da residência do candidato à firma empregadora.
7. No modelo, sempre há mais casas vazias do que ocupadas (NADALIN; FURTADO; RABETTI, 2018). Mensalmente, algumas famílias entram como compradoras no mercado imobiliário (JORDAN; BIRKIN; EVANS, 2012). O cálculo do preço da oferta é feito por meio de preços hedônicos (ROSEN, 1974), utilizando-se as características fixas da residência e sua localização. O componente de preço da localização varia de acordo com os investimentos municipais em melhoria de qualidade de vida. As famílias com poupança próxima ao valor das residências fazem uma proposta com base nos recursos poupados disponíveis. O preço final da transação é a média entre o preço calculado da residência e a oferta da família.
8. Famílias com mais de uma residência decidem se mudam para a melhor casa. Entretanto, optam por mudar-se para a pior residência quando todos os adultos se

encontram desempregados e a família precisa de liquidez. As casas desocupadas sempre estão disponíveis no mercado imobiliário.

9. Impostos são cobrados: (i) no momento do consumo, (ii) sobre os salários pagos (iii) sobre os lucros das empresas, (iv) sobre a propriedade, mensalmente, e (v) sobre transações imobiliárias. Os impostos buscam refletir aproximadamente o ICMS (de forma mais agregada), o IR Pessoa Física e Pessoa Jurídica, o IPTU e o ITBI.

3.3. Estratégia de testes para alternativas fiscais

A análise de políticas públicas desta monografia foi testada em quatro alternativas de distribuição de recursos fiscais (Tabela 1), conforme descrito abaixo. Para cada um dos casos, o modelo PolicySpace é simulado para o período completo de 20 anos, várias vezes, e os resultados medianos são computados.

No **Caso 1**⁶ que serve de base de comparação e representa o *status quo*, o imposto sobre consumo (*proxy* para o ICMS) é distribuído em 18,75% para o município de origem e o restante (81,75%) é repassado ao estado e (teoricamente) distribuído em partes iguais entre os municípios da região metropolitana. Com isso, tem-se os três critérios de divisão de impostos: (1) localmente – recursos arrecadados no município são investidos no próprio município; (2) igualmente – recursos arrecadados na região metropolitana (ACP) são distribuídos igualmente, ponderados pela população, entre os municípios da ACP e (3) FPM – cuja proporcionalidade segue a observada empiricamente na distribuição do FPM real e municípios menores recebem proporcionalmente mais recursos.

Tabela 1 – Alternativas de distribuições de impostos entre municípios de regiões metropolitanas (ACPs)

Alternativas	Caso 1			Caso 2		Caso 3	Caso 4
	Município	Estado	FPM	Estado	FPM	Município	Estado
ICMS	0.1875	0.8125		1		1	1
IRPF		0.765	0.235	0.765	0.235	1	1
ITBI	1			1		1	1
IRPJ		0.765	0.235	0.765	0.235	1	1
IPTU	1			1		1	1
Critérios	Localmente	Igualmente	FPM	Igualmente	FPM	Localmente	Igualmente

Fonte: Adaptado de Furtado (2018).

⁶ Nesse caso os parâmetros do modelo são *Alternative0* é verdadeiro e *FPM* verdadeiro.

No **Caso 2**⁷, os municípios da ACP funcionam como um município único para a distribuição fiscal e não há recursos revertidos localmente. Nesse caso as *proxies* para o ITBI, o IPTU e o ICMS são distribuídos igualmente entre os municípios da ACP, ponderados pela população. Já os impostos sobre trabalho e sobre lucros (IRPF e IRPJ) são distribuídos parte igualmente entre os municípios (76,5%) e o restante é distribuído conforme as regras do FPM para os municípios da região metropolitana.

Na sequência, são testados dois casos extremos no intuito de enriquecer a análise. No **Caso 3**⁸, todos os impostos são distribuídos de acordo com os municípios de origem. Ou seja, não há redistribuição progressiva por FPM e o ICMS é todo distribuído nos municípios, como se o Estado fosse obrigado a aplicar todos os recursos de forma local.

Finalmente, no **Caso 4**⁹, 100% do valor arrecadado com o imposto sobre consumo é distribuído de maneira igual entre os municípios, ponderados pela população.

Com isso, testa-se a situação atual, *status quo*, **Caso 1**, em comparação às alternativas de ausência do FPM (**Casos 3 e 4**) e união fiscal de municípios (**Casos 2 e 4**), além do caso extremado (**Caso 3**) em que todos os impostos e até o ICMS são distribuídos localmente.

A premissa de pesquisa é a de que o **Caso 2** seria o mais benéfico para a população com fusão municipal e progressividade do FPM. O **Caso 3** seria o menos benéfico, com todos os impostos retidos e distribuídos localmente. De forma *ex-ante*, não é possível determinar se o **Caso 2**, que inclui progressividade do FPM e impostos locais (ITBI, IPTU e parte do ICMS) seria melhor ou pior do que o **Caso 4**, que não inclui a progressividade do FPM, mas distribui o conjunto dos impostos de forma igualitária.

Ressalte-se que o exercício é apenas de redistribuição de recursos arrecadados. Não há ganhos tributários decorrentes de uma suposta diminuição de burocracia administrativa e tampouco ganhos com uma também suposta melhoria da eficiência (GASPARINI; MIRANDA, 2011).

⁷ Nesse caso, tem-se o parâmetro `Alternative0` igual a `Falso` no modelo.

⁸ Nesse caso, tem-se o parâmetro `Alternative0` igual a `verdadeiro` (adicionalmente com a distribuição do ICMS também localmente) e `FPM` igual a `falso`.

⁹ Nesse caso, ambos parâmetros são falsos.

3.4. Validação

A validação do modelo PolicySpace é proposta em três passos sucessivos que indicam a robustez dos procedimentos.

3.4.1. Indicadores macroeconômicos

O primeiro passo da validação refere-se à adequação dos indicadores macroeconômicos. Dado que o modelo é voltado para análise do mercado imobiliário e a distribuição fiscal, não há mercado de crédito (DAWID; GATTI, 2018; LENGNICK, 2013). Com isso, não se espera que o modelo vá replicar trajetórias de inflação, taxa de juros (inexistente) ou desemprego.

Entretanto, avalia-se que um modelo cujo desemprego é de 50%, ou a inflação é 100% ao mês não são razoáveis e inadequados para análise de políticas públicas (FAGIOLO; ROVENTINI, 2017; GATTI et al., 2011; GRÄBNER, 2015). PolicySpace apresenta-se compatível e adequado para os grandes indicadores macroeconômicos. De fato: o desemprego no período 2000-2020 situa-se sempre abaixo de 10%, variando entre 8,5 e 0,5%, para todas as regiões metropolitanas e número de simulações realizadas. Note que, por construção, o modelo fornece taxas de desemprego para todos os municípios. Nesse caso, municípios periféricos e com menores populações apresentam taxas mais elevadas, esperadas, mas que no conjunto da ACP permanecem abaixo dos 10%.

A inflação permanece por volta de 0,5% ao mês para o primeiro decênio da simulação e atinge valores mais baixos, próximos de 0,05% ao mês para o segundo decênio, de acordo com a parametrização base da simulação.

O PIB apresenta também ganhos expressivos (e variáveis) nos primeiros anos da simulação e atinge crescimento menor ao final do período.

3.4.2. Análise de sensibilidade: parâmetros e regras

Adicionalmente, deve-se verificar se o modelo é robusto a modificações que alterem de forma disruptiva o modelo (GALÁN et al., 2009). Isso ocorre, por exemplo, quando os resultados são dependentes de um valor específico de um parâmetro específico.

No caso do PolicySpace, o programa contém um módulo de simulação automático que permite selecionar qualquer parâmetro do modelo (numérico ou booleano), escolher valores

iniciais e finais e número de intervalos, registrando em gráficos todos os indicadores para cada valor do parâmetro testado.

Isso permitiu testar a influência dos parâmetros individuais no comportamento do modelo e a sua robustez de resultados. Ou seja, embora os resultados finais sejam distintos de acordo com a escolha dos parâmetros feitas, não houve resposta estruturalmente diferente, ou que não representasse resultados econômicos esperados. Cite-se por exemplo, o teste de aumento do parâmetro de produtividade que, obviamente, melhora o consumo e o padrão de vida das famílias. Ou, o aumento do número de famílias que participam no mercado imobiliário e a conseqüente dinamização da economia como um todo.

Finalmente, vale ressaltar ainda que foram realizados testes de regras. Qual seja, a presença ou ausência de determinadas escolhas do modelo. Citem-se a utilização de distância como critério de contratação no mercado de trabalho, ou a escolha da firma de observar o nível de desemprego (ou não) na decisão do nível salarial dos empregados.

3.4.3. Replicação empírica da arrecadação tributária: globais e distribuição

Talvez, para o caso da pergunta de pesquisa desta monografia, o fator validador mais relevante é a capacidade da simulação de replicar os resultados de arrecadação de impostos, tanto em termos de percentual do PIB, quanto em termos de percentual de cada imposto no total.

Duas fontes são utilizadas na base da comparação. Uma é baseada na literatura (AFONSO; MORAIS SOARES; CASTRO, 2013) e outra em dados disponibilizados pela Secretaria de Tesouro Nacional do Ministério da Fazenda (STN).

De fato, Afonso *et al* (2013) informam (na tabela 2, p. 14) que a arrecadação tributária transferida aos municípios foi cerca de 6% do total e 2% do PIB em 2010. Os valores simulados apresentados no PolicySpace (FURTADO, 2018) sugerem transferências de 6,8% do PIB, enquanto análise com dados do STN indicaram 8,7% do PIB. Dentre os cinco impostos representativos, a proporção simulada também é próxima à obtida na literatura. Especificamente para as proporções de arrecadação dos impostos em relação ao total, os valores simulados para o FPM são de 43% do total, enquanto análise de dados da STN indicam 41%.

Adicionalmente, as distribuições de arrecadação entre os municípios das ACPs são comparadas entre dados reais e simuladas apresentando similaridades para os casos de PIB, arrecadação tributária total, FPM, IPTU e ITBI. Na comparação das proporções em relação ao

total, o IPTU é mais arrecadado no caso simulado – no qual todos os municípios necessariamente recolhem IPTU – do que no caso real.

3.5. Estratégia econométrica

A estratégia econométrica busca verificar se os dois parâmetros do modelo: *Alternative0* e *FPM* que compõem as quatro alternativas de distribuição fiscal (Tabela 1) são robustos como determinantes da qualidade de vida obtida na simulação. Nesse sentido, são explorados cinco modelos econométricos, sendo três deles com dados da própria simulação (Simul1-3) e dois deles com dados reais, exógenos (Real1-2), coletados diretamente de fontes oficiais sobre as regiões metropolitanas (ACPs) em análise.

Em todos os casos a variável dependente é a qualidade de vida observada ao fim do período da simulação. Também em todos os casos, mantêm-se os dois parâmetros *Alternative0* e *FPM* que representam as alternativas de distribuição, conforme a Tabela 1. *Alternative0* é verdadeiro para o *status quo* e falso quando os municípios estão juntos para efeito de distribuição. *FPM* é verdadeiro quando está presente a regra de distribuição de acordo com a presença de FPM e falso quando a regra não é aplicada.

Adicionalmente, são utilizadas *dummies* de todas as ACPs para os casos Simul1-2, sendo que Simul3 testa sua ausência. Nos casos Real1-2 foram reunidas informações apenas para as metrópoles principais.¹⁰

Nos casos Simul2-3 os controles são as variáveis de número médio de trabalhadores por firma, lucro das firmas, valor índice do PIB, inflação, desemprego e número de municípios na ACP. Este último também foi utilizado no modelo Real2. Finalmente, no modelo Real2 foram utilizadas como controle um índice HHI para os setores, o log da população na ACP e percentagem de habitantes com ensino superior completo.

Ressalte-se que a qualidade de vida na simulação é dada basicamente pela arrecadação tributária. Sendo assim, nenhuma variável associada aos tributos foi incluída nos modelos. Entretanto, sabe-se que o PIB e a população estão altamente correlacionados à arrecadação tributária. O PIB (endógeno à simulação) foi incluído nos modelos Simul2-3 e a população no

¹⁰ O resultado completo (com *dummies* das ACPs), o banco de dado e o código utilizado se encontram nos Anexos desta monografia.

modelo Real2. Ainda assim, os modelos Simul1 e Real1 contam apenas com a presença dos dois parâmetros de distribuição e as *dummies* das ACPs.

Resultados

Os resultados são obtidos para cada ACP de forma independente e a recomendação de política também pode ser distinta para cada caso. Vários fatores influenciam a configuração de cada ACP, incluindo-se a população, seus grupos etários e sua distribuição pelos municípios; a concentração de firmas e qualificação dos trabalhadores, além do número absoluto de municípios da ACP.

A título de exemplo, a Figura 1 retrata as alternativas de distribuição fiscal para Belo Horizonte como mediana de quatro simulações e 2% da população. Note que neste caso, as premissas de pesquisa se mantêm. Quais sejam, o caso mais benéfico para a Qualidade de Vida é o Caso 2, no qual tem-se a manutenção do FPM como regra de distribuição e, além disso, os municípios recebem valores iguais, proporcionalmente em relação à população. O *status quo* (Caso 1), todavia, aparece como melhor resultado em seguida, pouco abaixo dos valores alcançados no melhor cenário.

O Caso 3, extremado, no qual todos os recursos são distribuídos localmente, é o pior para o conjunto da região metropolitana, levando ao menor patamar de qualidade de vida ao final do período. Finalmente, ressalte-se que o cancelamento da regra do FPM, em conjunto com a fusão municipal para efeitos distributivos fiscais (Caso 4) é quase equivalente ao *status quo*. Com isso, ter-se-ia que o custo de distribuição do FPM é quase revertido pela fusão municipal.

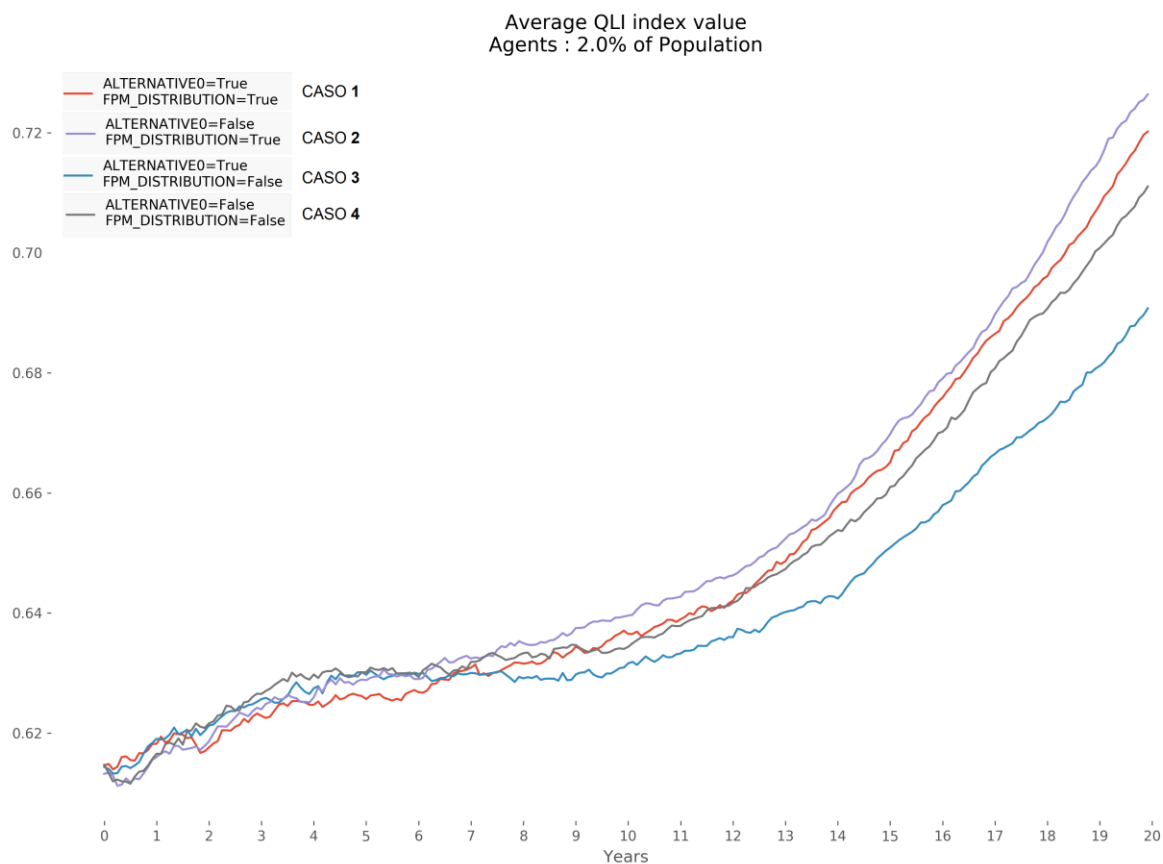


Figura 1 – Resultados para a Qualidade de vida média para o caso de Belo Horizonte com 2% de população e quatro simulações. A alternativa como ‘região única’ e presença do FPM (roxo) Caso 2 apresenta maior qualidade de vida ao final do período. A opção sem presença de FPM (azul) Caso 3 apresenta o pior desempenho.

Fonte: Elaboração dos autores

Ainda de forma ilustrativa, note pelos resultados para Santos, com 1% da população e mediana de quatro simulações (Figura 2), que a vantagem da melhor distribuição prevista (Caso 2) é levemente inferior à situação para o *status quo* (Caso 1). De modo que a simulação sugere que para a ACP de Santos a fusão municipal não alteraria sobremaneira a Qualidade de Vida dos cidadãos metropolitanos. Ainda assim, o Caso 3, extremado, permanece com o pior resultado no indicador.

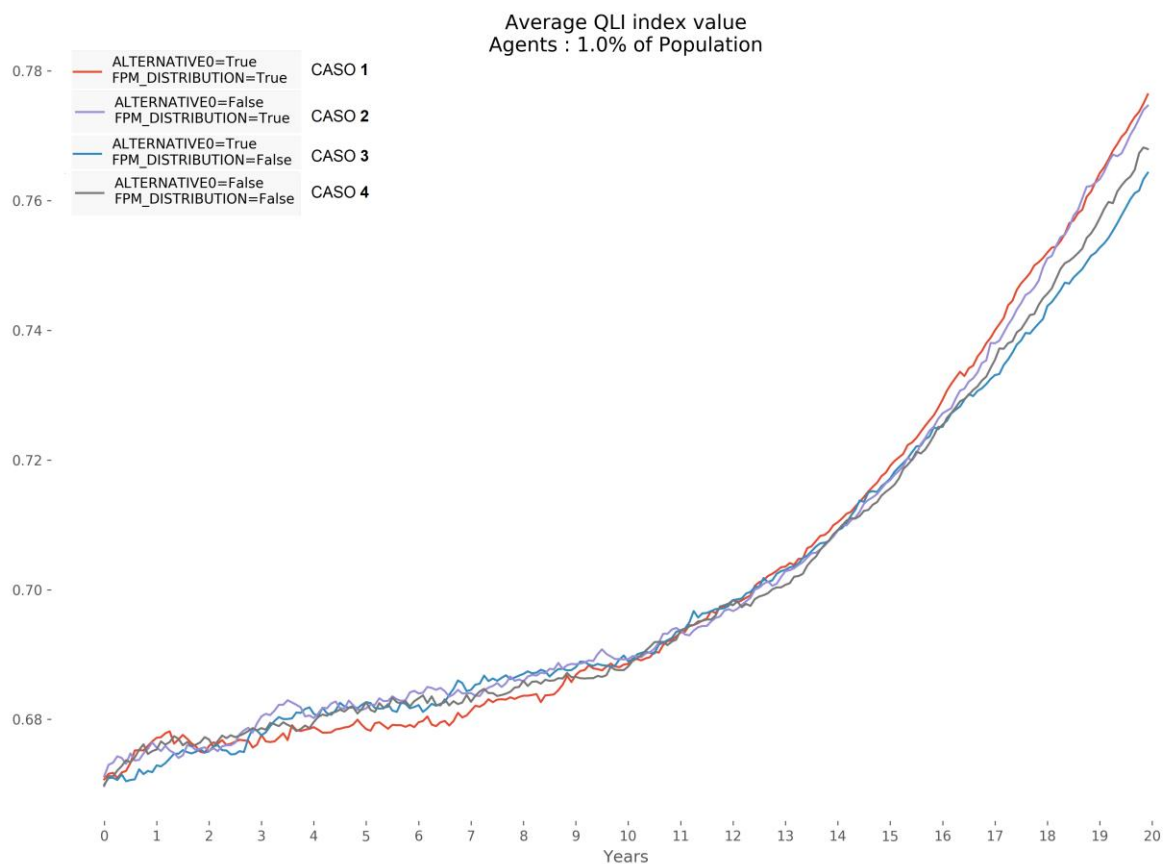


Figura 2 – Resultados para a Qualidade de vida média para o caso de Santos com 1% de população e quatro simulações. O status quo (vermelho) Caso 1 e a alternativa como ‘região única’ e presença do FPM (roxo) Caso 2 apresentam valores próximos e maior qualidade de vida ao final do período. A opção sem presença de FPM (azul) Caso 3 apresenta o pior desempenho.

Fonte: Elaboração dos autores

No intuito de compor resultado sistêmico para o conjunto de regiões metropolitanas (ACPs), elaboramos a Figura 3. Nesse caso, os valores de Qualidade de Vida para o último mês da simulação são normalizados de modo a distinguir mais claramente as diferenças entre as distribuições e permitir a comparação entre as ACPs. Além da Figura 3, quantificamos também os indicadores resultantes do modelo de modo a compreender melhor a dinâmica dos resultados no seu conjunto (Tabela 2).

Em 23 ACPs o Caso 2, com fusão municipal e manutenção do FPM é o resultado com melhor indicador de Qualidade de Vida. A situação atual (Caso 1) apresenta melhor resultado em 10 ACPs. De fato, ou somar os coeficientes normalizados, têm-se que o Caso 2, atinge patamar de 36,75 pontos, enquanto o *status quo* atinge patamar bem próximo de 30,01 pontos.

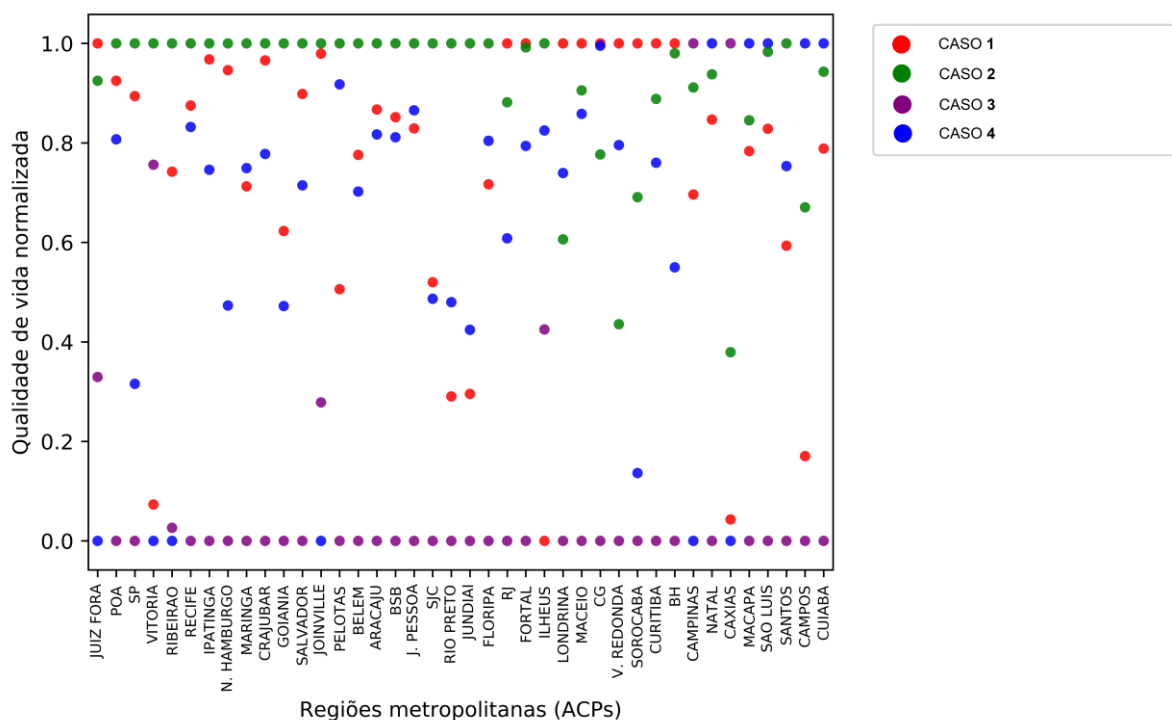


Figura 3 – Resultado das simulações de alternativas de distribuição fiscal entre as Áreas de Concentração de População (ACP). A qualidade de vida normalizada entre as alternativas é máxima o maior número de vezes para a opção de Região fiscal única e manutenção das regras de distribuição do FPM (Caso 2). A retirada do FPM leva aos piores resultados de qualidade de vida no maior número de vezes (Caso 3). Os resultados referem-se a 2% da população e 3 simulações por ACP.

Fonte: Elaboração dos autores

Obs. As siglas das ACPs são as seguintes: POA: Porto Alegre, N. Hamburgo: Novo Hamburgo, CRAJUBAR, Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, SP: São Paulo, BSB: Brasília, J. Pessoa: João Pessoa, SJC: São José dos Campos, Floripa: Florianópolis, CG: Campina Grande, V. Redonda: Volta Redonda, BH: Belo Horizonte e Campos: Campos dos Goitacazes.

Por outro lado, o Caso 3, extremo, no qual todos os recursos são distribuídos localmente apresenta apenas duas ACPs com melhores resultados: Campinas e Caxias do Sul. Somando os índices de todas as ACPs, a distribuição local atinge apenas 3,82 pontos, cerca de um décimo das outras distribuições alternativas.

Finalmente, o Caso 4, no qual os municípios são considerados em conjunto, porém não há distribuição conforme FPM, é melhor para o caso de cinco ACPs e atinge o terceiro lugar no indicador da soma normalizada dos valores com 25,01 pontos.

Outros indicadores resultantes do modelo também foram considerados (Tabela 2). O PIB, por exemplo, apresenta valores mais elevados para a situação atual (Caso 1), seguido do Caso 2, no qual há fusão municipal.

O desemprego apresenta o menor índice para o caso mais extremado (Caso 3), sendo o Caso 2, com melhor qualidade de vida, ficando logo atrás. O pior nível de desemprego fica com a situação atual. O consumo das famílias tem o melhor resultado no Caso 4, com distribuição de recursos igualmente entre os municípios e ausência da regra do FPM. Esse último também é o melhor caso em termos de desigualdade entre as famílias, atingindo o menor valor do índice de GINI.

Tabela 2 – Resultados de vários indicadores normalizados da simulação para o caso de todas as ACPs.

	PIB	Desemprego	GINI	Consumo famílias	Qualidade de Vida
CASO 1	23.41	24.3	21.89	19.81	30.01
CASO 2	21.48	19.1	22.47	18.74	36.75
CASO 3	19.48	18.74	18.38	16.33	3.82
CASO 4	16.25	23.12	12.81	23.08	25.01

Fonte: Elaboração dos autores

Os resultados do exercício econométrico sugerem que a ação das alternativas de distribuição fiscal entre os municípios das regiões metropolitanas estudadas é consistente e robusta em todos os modelos testados (Tabela 3). Como mencionado no item sobre estratégia econométrica, as variáveis *Alternative0* e *FPM_distribution* são testadas e configuram a distribuição conforme descrita na Tabela 1.¹¹

De fato, *Alternative0* é significativa com o mesmo valor de coeficiente em todos os modelos testados. A interpretação, conforme esperado, indica que quando *Alternative0* é True – nos casos em que a divisão municipal permanece como observado – há perda de Qualidade de Vida. Isso indica que há indicativos de ganhos para todos os modelos quando a opção *Alternative0* é False e, portanto, os municípios estão todos juntos para efeitos de distribuição fiscal.

¹¹ Note, entretanto, como dito, que para o Caso 3, escolhido como caso extremo, o ICMS é distribuído integralmente de forma local.

Adicionalmente, a presença da regra de distribuição do FPM (*FPM_distribution* é True) é benéfica também em todos os casos. De fácil interpretação, os resultados sugerem que quando o FPM não está presente na distribuição fiscal (False), haveria piora da Qualidade de Vida.

Os controles dos modelos levam a diferentes valores para o intercepto e para a significância de cada um dos controles. Contudo, não alteram os coeficientes ou a significância das regras de distribuição e apresentam ajustes semelhantes.

O modelo Simul 2, com as *dummies* para cada ACP e variáveis de controle, aparece como o mais ajustado dentre os modelos simulados pelo critério de log-likelihood. Entretanto, o modelo Simul 1, somente com as *dummies*, apresenta ajuste muito similar e parece mais robusto, do ponto de vista da análise das ACPs (veja Anexo – Tabela 4).

O modelo Real 2, por sua vez, correlaciona população e percentual de cidadãos com ensino superior completo com melhor qualidade de vida e apresenta efeito nulo (significativo) para área da ACP, índice de diversidade setorial (HHI) e número de municípios na ACP. Note que nesse caso, o intercepto apresenta o menor valor e maior significância em possível indicação que o controle do modelo é praticamente todo dado pelas outras variáveis.

Enfim, para além da análise descritiva da Figura 3 e da Tabela 2, o simples exercício econométrico parece reforçar a sugestão deste trabalho sobre a relevância da presença do FPM e dos ganhos em eficiência distributiva da fusão de municípios metropolitanos.

Tabela 3 – Resultados dos testes de consistência das alternativas de distribuição fiscal entre ACPs

Table - OLS Regressions					
	Simul 1	Simul 2	Simul 3	Real 4	Real 5
ALTERNATIVE0[T.True]	-0.01*** (0.00)	-0.01*** (0.00)	-0.01* (0.01)	-0.01*** (0.00)	-0.01*** (0.00)
FPM_DISTRIBUTION[T.True]	0.02*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.02** (0.01)	0.02*** (0.00)	0.02*** (0.00)
Intercepto	0.60*** (0.01)	0.90 (0.64)	0.73*** (0.03)	0.61*** (0.01)	0.02*** (0.00)
area_acp					-0.00*** (0.00)
num_med_empreg		-0.00 (0.01)	-0.00 (0.00)		
lucro_firmas		0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)		
pib_index		0.00** (0.00)	0.00 (0.00)		
hhi					-0.00*** (0.00)
inflacao		-1.55 (1.10)	11.31*** (3.15)		
ln_populacao_acp					0.01*** (0.00)
num_mun_na_acp		-0.01 (0.01)	-0.00 (0.00)		0.00** (0.00)
pct_superior_completo					0.04*** (0.00)
...
desemprego		-0.00 (0.01)	-0.00* (0.00)		
Log-likelihood	506.85	510.85	267.02	260.65	260.65
R-squared Adj	0.98	0.98	0.60	0.98	0.98
AIC	-931.69	-929.70	-516.04	-477.31	-477.31
BIC	-806.65	-789.41	-488.59	-424.90	-424.90
No. observations	156	156	156	80	80

Standard errors in parentheses.

* p<.1, ** p<.05, ***p<.01

Fonte: Elaboração dos autores

4. Considerações Finais

Esta monografia utiliza-se de dados oficiais das regiões metropolitanas para fazer um exercício quantitativo e dinâmico que simula três mercados econômicos, impõe impostos sobre eles, valida de forma cumulativa o modelo e testa alternativas de distribuições fiscais entre os municípios.

Desse modo, este texto traz argumentos quantitativos adicionais à pleora de argumentos que balizam a eficiência e efetividade da capacidade administrativa-burocrática local centralizada, no âmbito de regiões metropolitanas para o caso brasileiro. De fato, partindo do conceito econômico de regiões funcionais metropolitanas, a literatura relata distribuição desigual, em desfavor das periferias, em relação à violência, ao congestionamento, ao acesso a serviços públicos, e à restrição de oportunidades.

A leitura de que essa desigualdade afeta no médio e longo prazo a qualidade de vida do conjunto indistinto da metrópole nos motivou a investigar se alternativas de distribuição fiscal, a partir de estritamente o mesmo montante inicial, em uma análise dinâmica que considera por meio do mercado imobiliário a retroalimentação dos investimentos, poderia levar a melhorias da qualidade de vida da população.

As análises descritas nesta monografia permitem sugerir duas conclusões centrais. A primeira é que a progressividade do FPM é marcante nas regiões metropolitanas e sua manutenção é significativamente positiva.

A segunda conclusão é a de que na maioria das regiões metropolitanas a fusão municipal para efeitos de distribuição fiscal seria benéfica. O efeito, porém, não é homogêneo e teria que ser verificado caso a caso. Em algumas regiões metropolitanas, o ganho da fusão é tão relevante que seria suficiente para compensar a hipótese de ausência do FPM.

Em termos factíveis, a própria Emenda Constitucional nº 15 de 1996 prevê a possibilidade de fusões municipais, condicionadas à consulta às populações interessadas. Nesse sentido, pares de fusões entre municípios metropolitanas poderiam ser testadas de modo a compor mais um argumento de convencimento às populações envolvidas.

Finalmente, observe-se que o federalismo com ênfase municipal dado a partir da Constituição Federal de 1988 pode ser vantajoso para o conjunto dos municípios brasileiros, espalhados por uma extensão continental. Sua fragmentação excessiva, no âmbito

metropolitano em específico, entretanto, parece ser mais prejudicial. Esperamos que os indicativos apresentados neste trabalho contribuam com a acumulação de evidências para melhor gestão e governança do espaço urbano e suas implicações econômicas para o caso brasileiro.

5. Referências

- AFONSO, J. R. R.; MORAIS SOARES, J.; CASTRO, K. P. DE. **Avaliação da estrutura e do desempenho do sistema tributário brasileiro: Livro branco da tributação Brasileira.** [s.l.] Inter-American Development Bank, 2013.
- AHREND, R. et al. What makes cities more productive? Evidence on the role of urban governance from five OECD countries. **OECD Regional Development Working Papers**, v. 2014, n. 5, p. 33, 2014.
- BOERO, R. et al. **Agent-based models of the economy: from theories to applications.** New York, NY: Palgrave Macmillan, 2015.
- CARVALHO JR, A. C. C. D'ÁVILA. Criação de municípios: dados gerais sobre receitas, despesas e população. **Estudo Técnico**, v. 32, n. Câmara dos Deputados, p. 86, 2017.
- CIOATTO, R. M.; BOFF, S. O. O reconhecimento da autonomia política municipal não é suficiente para o desenvolvimento local. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 22, n. 2, p. 272–295, 2017.
- DANTAS, R. E. DE A. A criação de novos municípios no Brasil: o emancipacionismo brasileiro e os novos desafios legislativos. **Revista Eleitoral TRE/RN**, v. 29, p. 61–67, 2015.
- DAWID, H.; GATTI, D. D. Agent-Based Macroeconomics. In: **Handbook on Computational Economics.** [s.l.] Elsevier, 2018. v. IV.
- DOSI, G. et al. Fiscal and monetary policies in complex evolving economies. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 52, p. 166–189, 2015.
- DOSI, G. et al. Micro and macro policies in the Keynes+ Schumpeter evolutionary models. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 27, n. 1, p. 63–90, 2017.
- EPSTEIN, J. M.; AXTELL, R. **Growing artificial societies: social science from the bottom up.** Cambridge, MA: Brookings/MIT Press, 1996.
- FAGIOLO, G.; ROVENTINI, A. Macroeconomic policy in DSGE and agent-based models redux: New developments and challenges ahead. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 20, n. 1, 2017.

FÁVERO, E. **Desmembramento territorial: o processo de criação de municípios, avaliação a partir de indicadores econômicos e sociais**. PhD Thesis—São Paulo: Tese (Doutorado)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

FERNANDES, A. S. A.; DE ARAÚJO, S. M. V. G. A criação de municípios e a formalização de regiões metropolitanas: os desafios da coordenação federativa. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, n. 3, p. 295–309, 2017.

FURTADO, B. A. **PolicySpace: modelagem baseada em agentes**. Brasília: IPEA, 2018.

FURTADO, B. A.; KRAUSE, C.; FRANÇA, K. C. **Território metropolitano, políticas municipais: por soluções conjuntas de problemas urbanos no âmbito metropolitano**. Brasília, DF: Ipea, 2013.

FURTADO, B. A.; MATION, L.; MONASTERIO, L. Fatos estilizados das finanças públicas municipais metropolitanas brasileiras entre 2000-2010. In: **Território metropolitano, políticas municipais**. Brasília: Bernardo Alves Furtado; Cleandro Krause; Karla França, 2013. p. 291–312.

GAFFEO, E. et al. Adaptive microfoundations for emergent macroeconomics. **Eastern Economic Journal**, v. 34, n. 4, p. 441–463, 2008.

GALÁN, J. M. et al. Errors and Artefacts in Agent-Based Modelling. **Journal of Artificial Societies and Social Simulation**, v. 12, n. 1, 31 jan. 2009.

GASPARINI, C. E.; MIRANDA, R. B. Transferências, equidade e eficiência municipal no Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 36, 17 out. 2011.

GATTI, D. D. et al. **Macroeconomics from the Bottom-up**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2011. v. 1

GEANAKOPOLOS, J. et al. Getting at systemic risk via an agent-based model of the housing market. **The American Economic Review**, v. 102, n. 3, p. 53–58, 2012.

GRÄBNER, C. Methodology Does Matter: About Implicit Assumptions in Applied Formal Modelling. The case of Dynamic Stochastic General Equilibrium Models vs Agent-Based Models. 2015.

GUERINI, M.; MONETA, A. A method for agent-based models validation. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 82, p. 125–141, 1 set. 2017.

HAMILL, L.; GILBERT, N. **Agent-Based modelling in economics**. United Kingdom: Wiley, 2016.

IBGE. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Arranjos populacionais e Concentrações urbanas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

JORDAN, R.; BIRKIN, M.; EVANS, A. Agent-based modelling of residential mobility, housing choice and regeneration. In: **Agent-based models of geographical systems**. [s.l.] Springer, 2012. p. 511–524.

LAMPERTI, F.; ROVENTINI, A.; SANI, A. Agent-based model calibration using machine learning surrogates. **LEM Working Paper**, p. 36, 2017.

LENGNICK, M. Agent-based macroeconomics: A baseline model. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 86, p. 102–120, 2013.

MARENCO, A.; STROHSCHOEN, M. T. B.; JONER, W. Capacidade estatal, burocracia e tributação nos municípios brasileiros. **Revista de Sociologia e Política**, v. 25, n. 64, p. 3–21, 2017.

MONTE-MÓR, R. L. DE M. O que é o urbano no mundo contemporâneo. **Textos para discussão**, v. 281, p. 14, 2006.

NADALIN, V. G.; FURTADO, B. A.; RABETTI, M. DOS S. Concentração intraurbana de população e empregos: os centros antigos das cidades brasileiras perderam primazia? **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 35, n. 3, 2018.

NAPOLETANO, M. et al. Wage formation, investment behavior and growth regimes: An agent-based analysis. **Revue de l'OFCE**, n. 5, p. 235–261, 2012.

NEUGART, M.; RICHIARDI, M. Agent-based models of the labor market. **LABORatorio R. Revelli working papers series**, v. 125, 2012.

PARENTE, D. S. DE M. Análise do impacto da criação do estado de Tocantins para qualidade de vida de seus habitantes. **Moonografia**, n. Universidade de Brasília, p. 44, 2014.

PEDROSO, F. F. F.; LIMA NETO, V. C. Transportes e metrópoles: um manifesto pela integração. In: **Território metropolitano, políticas municipais**. Brasília: IPEA, 2013. p. 195–224.

ROCHA, M. S. DE B.; MATTOS, E.; SAIANI, C. C. Descentralização e provisão de serviços públicos: evidências a partir da criação dos municípios brasileiros no setor de saneamento básico. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 47, n. 1, p. 105–150, 2017.

RODRIGUES, A. L. Ingovernabilidade metropolitana e segregação espacial: receita para a explosão da violência. In: **Território metropolitano, políticas municipais**. Brasília: Bernardo Alves Furtado, Cleandro Krause, Karla França, 2013. p. 53–82.

ROSEN, S. Hedonic Prices and Implicit Markets: product differentiation in pure competition. **Journal of Political Economy**, 1974.

ROYER, L. DE O. Municípios “autárquicos” e região metropolitana: a questão habitacional e os limites administrativos. In: **Território metropolitano, políticas municipais**. Brasília: IPEA, 2013. p. 157–194.

SACHSIDA, A.; MONASTERIO, L.; LIMA, I. M. Criação de municípios depois do PLS 98/2002: uma estimativa preliminar. **Nota Técnica**, v. 6, n. IPEA, p. 7, 2013.

SEPPECHER, P.; SALLE, I.; LAVOIE, M. What drives markups? Evolutionary pricing in an agent-based stock-flow consistent macroeconomic model. 2017.

TESFATSION, L. Modeling economic systems as locally-constructive sequential games. **Economics Working Papers**, v. 17022, p. 40, 2017.

TESFATSION, L. Electric power markets in transition: Agent-based modeling tools for transactive energy support. In: **Handbook of computational economics**. London ; New York: Elsevier, 2018. v. 4p. 715–766.

WANDERLEY, C. B. Emancipações Municipais Brasileiras Ocorridas na Década de 90: Estimativa de seus Efeitos sobre o Bem-Estar Social. **Anais**, n. XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, p. 1–20, 2008.

6. Apêndice

A. Regressão completa com ACPs

Tabela 4 – Resultados da regressão completa – incluindo dummies das ACPs, conforme estratégia econométrica.

Table - OLS Regressions					
	Simul 1	Simul 2	Simul 3	Real 1	Real 2
ALTERNATIVE0[T.True]	-0.01*** (0.00)	-0.01*** (0.00)	-0.01* (0.01)	-0.01*** (0.00)	-0.01*** (0.00)
FPM_DISTRIBUTION[T.True]	0.02*** (0.00)	0.01*** (0.00)	0.02** (0.01)	0.02*** (0.00)	0.02*** (0.00)
Intercepto	0.60*** (0.01)	0.90 (0.64)	0.73*** (0.03)	0.61*** (0.01)	0.02*** (0.00)
area_acp					-0.00*** (0.00)
num_med_empreg		-0.00 (0.01)	-0.00 (0.00)		
lucro_firmas		0.00 (0.00)	-0.00 (0.00)		
pib_index		0.00** (0.00)	0.00 (0.00)		
hhi					-0.00*** (0.00)
inflation		-1.55 (1.10)	11.31*** (3.15)		
ln_populacao_acp					0.01*** (0.00)
num_mun_na_acp		-0.01 (0.01)	-0.00 (0.00)		0.00** (0.00)
pct_superior_completo					0.04*** (0.00)
s[T.BELEM]	0.01* (0.01)	0.20 (0.43)			
s[T.BH]	0.11*** (0.01)	-0.03 (0.08)		0.10*** (0.01)	0.06*** (0.00)
s[T.BSB]	0.06*** (0.01)	-0.03 (0.04)		0.05*** (0.01)	0.02*** (0.00)
s[T.CAMPINAS]	0.19*** (0.01)	0.07 (0.15)		0.17*** (0.01)	-0.00 (0.00)
s[T.CAXIAS]	0.16*** (0.01)	0.00 (0.34)			
s[T.CG]	-0.01 (0.01)	0.07 (0.14)			
s[T.CRAJUBAR]	0.01 (0.01)	0.15 (0.26)			
s[T.CUIABA]	0.11*** (0.01)	0.05 (0.11)			
s[T.CURITIBA]	0.10*** (0.01)	-0.05 (0.18)		0.09*** (0.01)	-0.04*** (0.01)
s[T.FLORIPA]	0.13*** (0.01)	0.01 (0.29)			

Tabela 4 (continuação) – Resultados da regressão completa

s[T.FLORIPA]	0.13***	0.01		
	(0.01)	(0.29)		
s[T.FORTAL]	0.02**	-0.01	0.01	0.07***
	(0.01)	(0.10)	(0.01)	(0.01)
s[T.GOIANIA]	0.08***	-0.05	0.07***	0.05***
	(0.01)	(0.19)	(0.01)	(0.01)
s[T.ILHEUS]	0.02***	0.00		
	(0.01)	(0.05)		
s[T.IPATINGA]	0.10***	0.06		
	(0.01)	(0.11)		
s[T.J. PESSOA]	0.02**	0.01	0.00	-0.02**
	(0.01)	(0.01)	(0.01)	(0.01)
s[T.JOINVILLE]	0.14***	0.04		
	(0.01)	(0.23)		
s[T.JUIZ FORA]	0.14***	0.00		
	(0.01)	(0.31)		
s[T.JUNDIAI]	0.18***	0.13		
	(0.01)	(0.12)		
s[T.LONDRINA]	0.14***	0.02		
	(0.01)	(0.28)		
s[T.MACAPA]	-0.01	0.27		
	(0.01)	(0.54)		
s[T.MACEIO]	-0.04***	0.02	-0.05***	-0.01
	(0.01)	(0.13)	(0.01)	(0.01)
s[T.MARINGA]	0.12***	-0.01		
	(0.01)	(0.30)		
s[T.N. HAMBURGO]	0.10***	0.02		
	(0.01)	(0.21)		
s[T.NATAL]	0.03***	0.03	0.01*	0.01**
	(0.01)	(0.02)	(0.01)	(0.01)
s[T.PELOTAS]	0.17***	0.09		
	(0.01)	(0.15)		
s[T.POA]	0.15***	-0.02	0.14***	0.09***
	(0.01)	(0.19)	(0.01)	(0.01)
s[T.RECIFE]	0.05***	0.05	0.04***	0.00
	(0.01)	(0.15)	(0.01)	(0.01)
s[T.RIBEIRAO]	0.16***	0.02		
	(0.01)	(0.29)		
s[T.RIO PRETO]	0.22***	0.10		
	(0.01)	(0.28)		
s[T.RJ]	0.16***	-0.05	0.14***	0.00
	(0.01)	(0.06)	(0.01)	(0.01)
s[T.SALVADOR]	0.05***	-0.03	0.04***	0.05***
	(0.01)	(0.04)	(0.01)	(0.01)
s[T.SANTOS]	0.17***	0.05	0.16***	0.13***
	(0.01)	(0.19)	(0.01)	(0.01)
s[T.SAO LUIS]	0.01	0.16	-0.01	0.03***
	(0.01)	(0.33)	(0.01)	(0.01)
s[T.SJC]	0.20***	0.13	0.18***	0.07***
	(0.01)	(0.09)	(0.01)	(0.01)
s[T.SOROCABA]	0.17***	0.12	0.15***	0.14***
	(0.01)	(0.09)	(0.01)	(0.01)
s[T.SP]	0.18***	-0.04	0.16***	-0.08***
	(0.01)	(0.06)	(0.01)	(0.01)
s[T.V. REDONDA]	0.14***	0.12**		
	(0.01)	(0.05)		
s[T.VITORIA]	0.13***	0.01	0.12***	0.09***
	(0.01)	(0.18)	(0.01)	(0.01)
desemprego		-0.00	-0.00*	
		(0.01)	(0.00)	
Log-likelihood	506.85	510.85	267.02	260.65
R-squared Adj	0.98	0.98	0.60	0.98
AIC	-931.69	-929.70	-516.04	-477.31
BIC	-806.65	-789.41	-488.59	-424.90
No. observations	156	156	156	80

Standard errors in parentheses.

* p<.1, ** p<.05, ***p<.01

B. Base de dados e códigos

As bases de dados encontram-se em formato *.csv, no CD com os itens descritos nas alíneas, 'i', 'j' e 'k', Art.9º, inciso II, parágrafo 4 do Edital, com os nomes 'real.csv' (referente à base com dados reais) e 'simulado.csv' (referente à base com dados simulados). Abaixo, o código utilizado nas regressões realizadas.

```
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd
import seaborn as sns
import statsmodels.formula.api as smf
from statsmodels.iolib.summary2 import summary_col

""" Este código lê as bases de dados simulados e reais, roda os modelos
descritos nesta monografia e plota o gráfico dos resíduos. Para rodar o
modelo, utilize um terminal ou console Python 3.6.4 e os módulos importados
acima. Com as bases de dados e o código no mesmo diretório, digite: <python
main.py> Os resultados são impressos no Terminal e gravados em arquivo TXT.
"""

def reg(col, data, optional_col=""):
    """ Função que roda as regressões """
    res = smf.ols("{} ~ {}".format(col, optional_col), data=data).fit()
    sns.distplot(res.resid)
    plt.show()
    return res

def print_reg3(m1, m2, m3, m4, m5):
    """ Função que organiza os resultados em tabela padrão """
    info_dict={'Log-likelihood': lambda x: f"{x.llf:.2f}",
              'R-squared Adj': lambda x: f"{x.rsquared_adj:.2f}",
              'AIC': lambda x: f"{x.aic:.2f}",
              'BIC': lambda x: f"{x.bic:.2f}",
              'No. observations': lambda x: f"{int(x.nobs):d}"}

    results_table = summary_col(results=[m1, m2, m3, m4, m5],
                                float_format='%0.2f',
                                stars=True,
                                model_names=['Simul 1',
                                             'Simul 2',
                                             'Simul 3',
                                             'Real 4',
                                             'Real 5'],
                                info_dict=info_dict)

    results_table.add_title('Table - OLS Regressions')
    print(results_table)
    return results_table

if __name__ == "__main__":
    # Leitura das bases
```

```

base = pd.read_csv('simulado.csv', sep=';')
real = pd.read_csv('real.csv', sep=';')

# Regressões econométricas
lm1 = reg('average_qli', base, ' + ALTERNATIVE0 + FPM_DISTRIBUTION +
siglas')
lm2 = reg('average_qli', base, ' + ALTERNATIVE0 + FPM_DISTRIBUTION +
siglas + gdp_index + unemployment + num_mun_na_acp + firms_profit +
average_workers + inflation')
lm3 = reg('average_qli', base, ' + ALTERNATIVE0 + FPM_DISTRIBUTION +
gdp_index + unemployment + num_mun_na_acp + firms_profit + average_workers
+ inflation')
lm4 = reg('average_qli', real, ' + ALTERNATIVE0 + FPM_DISTRIBUTION +
siglas')
lm5 = reg('average_qli', real, ' + ALTERNATIVE0 + FPM_DISTRIBUTION +
siglas + ln_populacao_acp + area_acp + pct_superior_completo +
num_mun_na_acp + hhi')

# Geração de tabelas
res = print_reg3(lm1, lm2, lm3, lm4, lm5)

# Gravação de resultados
with open('table.txt', 'w') as f:
    f.write(res.as_text())

```