Integração dos modelos de preço hedônicos e diferenças em diferenças espacial: uma análise do impacto do arco metropolitano do rio de janeiro sobre os preços dos imóveis

Integration of hedonic price models and spatial differences: an analysis of the impact of the metropolitan arc of rio de janeiro on real estate prices

DOI:10.34117/bjdv7n6-213

Recebimento dos originais: 07/05/2021
Aceitação para publicação: 01/06/2021

Joilson de Assis Cabral
Doutor em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ
Docente permanente dos Programas de Pós-graduação em Gestão e Estratégia e Economia Regional e Desenvolvimento ambos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Líder do grupo de pesquisa Núcleo de Análises Regionais, Setoriais e Políticas Públicas e Coordenador do Laboratório de Análises Empíricas do Rio de Janeiro (LabRio)
Endereço: BR 465, Km 7, ICSA, UFRRJ, Seropédica-RJ, 23890-000.
E-mail: cabraljoilson@gmail.com

Maria Viviana de Freitas Cabral
Doutora em Economia pela Universidade Federal de Juiz de Fora
Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Economia Regional e Desenvolvimento da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Endereço: BR 465, Km 7, ICSA, UFRRJ, Seropédica-RJ, 23890-000.
E-mail: mvivianafreitas@gmail.com

Isa Bárbara Ferreira Mendes
Mestranda no Programa de Pós-graduação em Economia Regional e Desenvolvimento da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Endereço: BR 465, Km 7, ICSA, UFRRJ, Seropédica-RJ, 23890-000.
E-mail: isabarbara3m@hotmail.com

Paulo Victor dos Santos Lima
Graduando em Economia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Endereço: BR 465, Km 7, ICSA, UFRRJ, Seropédica-RJ, 23890-000.
E-mail: paulovitoorr@outlook.com

Matheus de Andrade Santos
Graduando em Economia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Endereço: BR 465, Km 7, ICSA, UFRRJ, Seropédica-RJ, 23890-000.
E-mail: de.andrade.matheus@outlook.com

RESUMO
O Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, é uma obra importante para a estratégia de crescimento/desenvolvimento do estado. Este trabalho busca integrar os modelos de

preços hedônicos e SDID para verificar se a construção do AMRJ impactou os preços médios dos imóveis dos municípios circunvizinhos ao mesmo. Os resultados mostraram que o AMRJ não impactou o preço das habitações nos municípios, choques exógenos advindos dos vizinhos reduzem os preços dos imóveis em 1,37%, o gasto de saúde municipal foi capaz de aumentar o preço das habitações em 8,20% e a densidade demográfica aumentou o preço dos imóveis em 33,09%.

Palavras-Chave: Arco Metropolitano; Preço dos imóveis; Preços hedônicos; Diferenças em diferenças espacial

ABSTRACT
The Metropolitan Arch of Rio de Janeiro is a significant project to the state growth/development strategy. This paper seeks to integrate the hedonistic prices models and SDID to verify whether the construction of AMRJ impacted the average housing prices of surrounding municipalities. The results appoint that AMRJ didn't impact the municipality housing prices, exogenous shocks coming from surroundings reduces the housing prices in 1,37%, health municipal expenditure was able of price increasing of the properties in 8.20% and demographic density increased the housing prices in 33.09%

Keywords: Metropolitan Arch; Property prices; Hedonic prices; Spatial difference in difference

1 INTRODUÇÃO

A implantação do Plano Real no Brasil em 1994 propiciou estabilidade econômica e queda da inflação, condicionantes favoráveis ao retorno dos investimentos (internos e externos) no País, criando as condições necessárias à propulsão do crescimento econômico. O aumento de investimentos externos se deu, basicamente, por meio das privatizações das empresas estatais. O Estado do Rio de Janeiro (ERJ) se beneficiou com a retomada dos investimentos no Brasil por intermédio dos investimentos nos setores de infraestrutura e petroquímico (CABRAL *et al.*, 2014).

No que se refere à infraestrutura, o ERJ, em parceria com o Governo Federal (Programa Brasil em Ação), inicia o processo de modernização do Porto de Sepetiba/Itaguaí em meados da década de 1990. A modernização possuía o objetivo logístico-estratégico de ampliar o volume de cargas em circulação na região desafogando, por conseguinte, os portos de Santos e da capital fluminense (BRASIL, 2012). O projeto de modernização do Porto de Sepetiba/Itaguaí faz com que o ERJ assuma o papel de importante centro logístico regional na economia regional e global. Deve-se adicionar a isso, o anúncio da Cidade do Rio de Janeiro como Sede dos Jogos Pan-Americanos de 2007, dos Jogos Mundiais Militares de 2011, cidade-sede da Copa do Mundo de Futebol de 2014 e dos Jogos Olímpicos e Paraolímpicos de 2016 e, aliado

à descoberta do pré-sal na bacia de Campos no ano de 2007, promoveram a retomada dos investimentos em infraestrutura no ERJ.

Com a descoberta do pré-sal, a PETROBRAS objetivava viabilizar a extração e produção do óleo e do gás natural existente nesta camada. Para tanto, diversos investimentos (refinarias, plataformas e complexos petroquímicos) foram iniciados, entre os quais pode ser citado o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ) situado na cidade de Itaboraí. A primeira fase do COMPERJ possui um investimento estimado em torno de 8,30 bilhões de dólares, sendo o maior investimento da história da PETROBRAS além do maior investimento industrial em andamento no País. Neste contexto, o COMPERJ vem sendo colocado pelo poder público como um dos investimentos estratégicos centrais para o desenvolvimento econômico da região metropolitana fluminense.

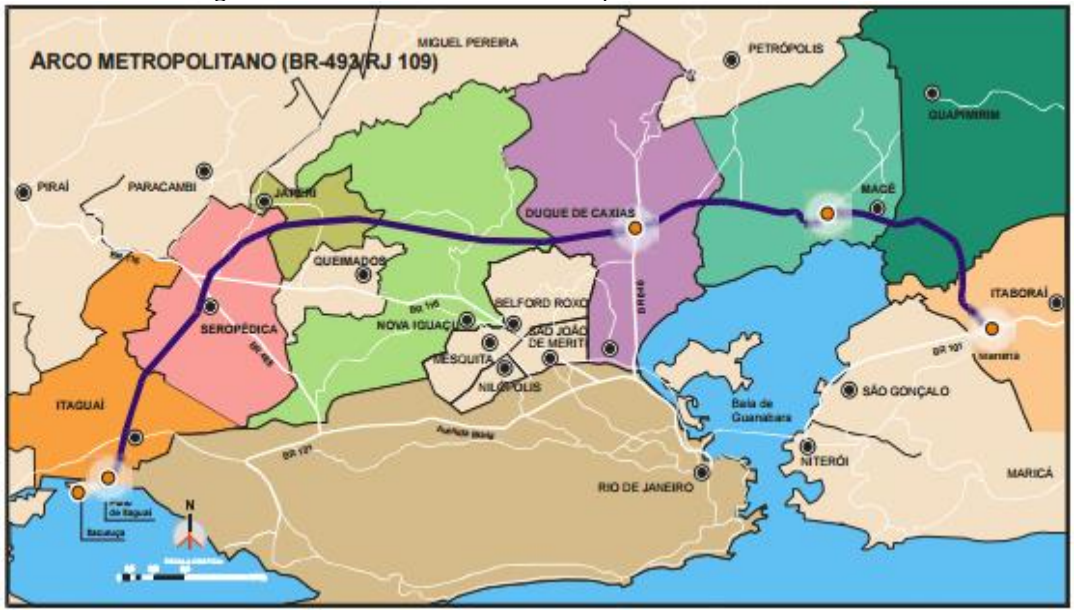
Diante da importância da modernização do porto de Itaguaí e do COMPERJ para o plano de desenvolvimento do ERJ, o Arco Metropolitano do Rio de Janeiro (AMRJ), um projeto idealizado pelo governo militar em 1974, tornou-se novamente um projeto de infraestrutura relevante e estratégico para a economia Fluminense. O AMRJ é capaz de gerar nova oferta logística no ERJ integrando o Porto de Itaguaí à malha rodoviária nacional, ligando os cinco eixos rodoviários beneficiados pelo projeto sem a necessidade de conexão via Avenida Brasil e Ponte Presidente Costa e Silva (Ponte Rio-Niterói). Este projeto, ainda, aumenta a acessibilidade dos municípios localizados próximos ao AMRJ, gerando uma integração logística da Baixada Fluminense com o restante do Estado do Rio de Janeiro assim como, com os demais Estados do Brasil além de escoar a produção do COMPERJ.

Dada a importância estratégica do AMRJ, o projeto foi incluído no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal em 2007. A inclusão do AMRJ no PAC tinha como objetivo dar suporte aos empreendimentos industriais do PAC na região metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) no que se refere à infraestrutura. As obras do AMRJ iniciaram em 2008 sendo caracterizada como o maior empreendimento viário do PAC no Estado do Rio de Janeiro com um custo final na ordem de R$ 1,9 bilhão de reais.

O AMRJ liga o COMPERJ (Itaboraí) ao Porto de Itaguaí, cruzando os municípios de Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Nova Iguaçu, Japeri, Seropédica e Itaguaí, todos na Baixada Fluminense, perfazendo um total de 145 quilômetros de extensão. Cabe salientar, que o AMRJ, inaugurado em primeiro de julho de 2014, é o

único projeto de integração logística ocorrido nos municípios da baixada fluminense no período recente. A Figura 1 esquematiza a malha viária percorrida pelo AMRJ.

Figura 1: Malha Viária do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro



Fonte: Secretaria de Obras do Estado do Rio de Janeiro.

Diante do supracitado, o AMRJ será capaz de reduzir os custos de transporte da economia fluminense aumentando, por sua vez, a produtividade da economia e, logo, estabelecendo uma nova dinâmica de crescimento e desenvolvimento econômico no ERJ (FIRJAN, 2008). Tentando aproveitar dos ganhos de produtividade, a empresa de alimentos e agronegócio Bunge do Brasil e a Rolls Royce equipamentos navais investiram em novas instalações em Duque de Caxias. Já a Petrobrás, Gerdau, CSN, Usiminas e a Marinha fizeram investimentos em Itaguaí, enquanto a Procter & Gamble fez investimento em Seropédica. Estes investimentos têm gerado especulações e preocupações por parte dos *policy maker* acerca dos impactos e transformações econômicas, sociais e demográficas.

Neste sentido, uma preocupação recai sobre o preço dos imóveis, pois com a atração de novos postos de trabalho é esperado uma migração de trabalhadores para estes municípios e, consequentemente, um aumento da demanda por habitação. Sendo assim, é esperado que os ofertantes de habitação elevem os preços dos imóveis devido a uma demanda crescente. Contudo, este aumento do preço da habitação nos municípios do entorno do AMRJ levaria a uma perda da utilidade por parte dos trabalhadores (demandantes de habitação), uma vez que segundo os dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do Instituto brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o percentual

médio de gasto mensal com a habitação foi da ordem de 29% do salário já nos anos de 2008 e 2009, culminando no maior percentual de gasto das famílias brasileiras. Diante do exposto, um aumento do preço dos imóveis nestes municípios poderia levar a um crescimento/desenvolvimento econômico abaixo do esperado além de poder aumentar o processo de favelização destas regiões como ocorrido em outras regiões do Estado e do País que receberam grandes investimentos, como por exemplo, Macaé e Altamira.

Diante da importância do ARMRJ para a estratégia de crescimento/ desenvolvimento dos municípios da Baixada Fluminense, bem como para o ganho de produtividade da economia fluminense como um todo, o objetivo deste trabalho é verificar se a construção do AMRJ teve impacto sobre os preços dos imóveis dos municípios circunvizinhos. Para atingir o objetivo proposto, será feita uma integração, a partir de um painel de dois períodos 2007 e 2014, do modelo de preços hedônicos utilizando características socioeconômicas dos municípios cortados pelo AMRJ (características de localização) com o método de diferenças em diferenças espacial (SDID). O modelo de preços hedônicos possui aderência para verificar como as variáveis socioeconômicas contribuem para formação dos preços dos imóveis. Já o modelo de SDID é capaz de estimar o impacto do AMRJ sobre os preços dos imóveis dos municípios no seu entorno bem como se estes preços transbordam para os municípios vizinhos. Salienta-se que o modelo de preços hedônicos será controlado pelas características socioeconômicas em detrimento das características estruturais e locacionais da habitação por este trabalho tentar mensurar o impacto do AMRJ sobre o preço médio dos imóveis de forma agregada nos municípios.

Além dessa seção introdutória, o presente trabalho está estruturado como segue. A segunda seção faz uma revisão bibliográfica da literatura nacional quanto internacional do modelo de preços hedônicos e do modelo de SDID. A terceira seção descreve a estratégia empírica adotada, assim como a base de dados utilizada. Já na quarta seção, são discutidos os resultados e, por fim, as considerações finais do estudo são empreendidas na quinta seção.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA[1]

As regressões hedônicas têm sua origem com o trabalho seminal de Court (1939) (AGUIRRE e FARIA; 1997). Esta técnica passou a ser mais utilizada na literatura a partir dos anos 60 com os trabalhos de Griliches (1961) e Adelman e Griliches (1961).

[1] Os autores informam que não cabe a esta seção exaurir o tema analisado, mas tão somente verificar possíveis lacunas a serem preenchidas por este trabalho além de ajudar na interpretação dos resultados.

Estes trabalhos possuíam o objetivo de construir índices de preços controlados por mudanças na qualidade. Contudo, Rosen (1974) foi o primeiro a estruturar teórica e empiricamente o modelo de preços hedônicos por meio de um modelo de diferenciação de produto ou de preços implícitos. A partir de então, o modelo de preços hedônicos passou a ser aplicado nas mais variadas áreas de pesquisa, tais como: preços dos automóveis (Fisher et al. (1962); Griliches (1964), aparelhos elétricos (Dean e DePodwin, 1961), mercados turísticos (Ashworth e Goodall, 1990), mercado de vinhos (Oczkowski, 1994) entre outros.

Já no mercado imobiliário, tema deste trabalho, a utilização de modelos hedônicos na determinação de valores dos preços dos imóveis é ampla e bem documentada tanto na literatura internacional quanto nacional. A aplicação do modelo de preços hedônicos no mercado imobiliário ficou popularmente conhecida na literatura como abordagem de Court-Griliches-Lancaster. Esta abordagem utiliza regressões de uma única equação hedônica e é capaz de estimar os preços dos imóveis controlando para os atributos associados aos mesmos (PAIXÃO, 2015). Em outras palavras, por meio da equação de preços hedônicos é possível estimar o preço dos imóveis controlando para os preços implícitos dos atributos e/ou características associada ao mesmos.

Na literatura internacional, pode-se citar o trabalho de Edelstein (1974). O autor faz uma análise dos determinantes do valor das habitações situados, na *main line*, no subúrbio da Filadélfia. O objetivo do trabalho era analisar como os atributos estruturais do imóvel, de acessibilidade e de impostos sobre os imóveis se relacionavam com o preço da habitação. Com base nos resultados, é possível inferir que a cada $ 100 dólares adicionais de imposto anual, há uma redução no valor venal do imóvel na ordem de $ 775 dólares. Em relação à acessibilidade, é possível concluir que os imóveis mais próximos do centro da Filadélfia são quase $ 8,000 dólares mais caros que os demais. King (1976) analisa o preço de venda de 1800 imóveis em oito cidades de New Haven – EUA- entre os anos de 1967 e 1970. O autor encontra evidências que o valor atribuído às lareiras é praticamente idêntico ao seu custo de construção (cerca de $ 1,000 dólares) e que um segundo banheiro na residência aumenta o valor de venda da mesma em cerca de $ 2,500 dólares. Já Freeman (1979), utilizou o modelo de preços hedônicos para mensurar o impacto da qualidade do ar no preço dos imóveis. O autor encontrou uma relação direta entre o preço dos imóveis e as amenidades ambientais. Mais recentemente, Sheppard (2010), testou o impacto das amenidades culturais, mais especificamente o

impacto do museu público de Kenosha, no valor dos imóveis e alugueis. O autor conclui que qualquer melhoria no bairro é capaz de aumentar o valor das habitações e dos aluguéis.

Na literatura nacional, o modelo de preços hedônicos passou a ser utilizado no final dos anos oitenta com os trabalhos de Dantas e Cordeiro (1988), Barbosa e Bidurin, (1991) e González e Formoso (1994). Apesar desses autores contribuírem empiricamente para a literatura nacional, Aguirre e Faria (1997), apontam que estes trabalhos usam regressões hedônicas sem mencionar a sua base teórica nem explicam seus resultados de forma econômica. A partir dos anos 2000, diversas aplicações dos modelos de preços hedônicos foram empreendidas no âmbito nacional. Lezcano (2004) com o objetivo de avaliar o impacto de medidas de controle de cheias nos preços dos imóveis em Curitiba estimou uma equação de preços hedônicos. O autor conclui que o risco de inundações afetam negativamente o valor dos imóveis situados em planícies com risco de inundação. Biderman e Sandroni (2005) analisam o impacto do Projeto Consórcio Operações Urbanas Faria Lima sobre o preço do terreno e edifícios do seu entorno. Os resultados revelam que o Projeto afetou significativamente o preço do metro quadrado, levando a um aumento de 15% no preço dos imóveis. Arraes e Souza Filho (2008) estimam uma equação de preços hedônicos com o objetivo de analisar como os determinantes econômicos e externalidades contribuem para a formação dos preços das habitações no espaço urbano de Fortaleza-CE. Os autores encontram evidências que o consumidor de imóveis urbanos tem nos preços sua preocupação com as externalidades negativas causadas por hospitais, problemas ambientais, lazer oferecido pelo bairro, distância física dos centros de negócios e segurança. Paixão (2009) utiliza um modelo de preços hedônicos para estimar o custo da violência (homicídios e roubos a transeuntes) implícito no preço dos imóveis comerciais transacionados em Belo Horizonte/MG. Os resultados do estudo revelam que imóveis localizados nas áreas mais violentas da cidade tem seu preço depreciado.

Apesar do modelo de preços hedônicos ser bastante difundido na literatura, Dantas et al. (2007), apontam que o modelos de preços hedônicos aplicado ao mercado de imóveis não podem ser considerados observações independentes espacialmente entre si. Mas o contrário, como os imóveis estão associados a um polígono no espaço, estão sujeitos aos efeitos espaciais autocorrelação e heterogeneidade espacial. Caso estes efeitos estejam presentes no modelo gerador dos dados e não seja tratado, o modelo de preço hedônico pode ter um estimador ineficiente, enviesado e inconsistente. Diante

dessa ressalva, Dantas et al. (2001), comprova por meio da estimação de uma equação hedônica a existência da dependência espacial nos preços dos imóveis na cidade de Recife-PE. Dantas et al. (2007), também para a cidade do Recife-PE, encontra evidências de que as negociações de compra dos apartamentos não ocorrem de forma independente, como considerado nos modelos hedônicos tradicionalmente estimados, mas que existe uma verdadeira autocorrelação espacial entre estes preços, de forma que uma negociação de um imóvel por um preço elevado tenderá elevar os preços dos imóveis vizinhos. Já Lee e Chagas (2015) estimaram o impacto das faixas exclusivas de ônibus sobre o preço dos imóveis na cidade de São Paulo, entre os anos de 2011 e 2014 por meio do modelo de painel espacial. Os resultados evidenciaram que as faixas de ônibus tiveram impacto positivo no preço dos imóveis da cidade.

Dubé et al. (2014), integra o modelo de preços hedônicos com o modelo de diferenças em diferenças espacial (SDID) objetivando avaliar o impacto dos transportes de massa sobre o preço dos imóveis na cidade de Montreal no Canadá. Os resultados do estudo sugerem que, para o caso analisado, há pouco ganho empírico no uso do estimador SDID em detrimento do estimador de diferenças em diferenças tradicional. Apesar da contribuição empírica de Dubé et al. (2014) em relação ao modelo de SDID, Cabral (2016), aponta que os autores não trataram todas, as possíveis, as formas de transbordamento espacial existente, mas apenas a especificação autorregressiva espacial da variável dependente (SDID-SAR).

Diante do exposto por esta revisão, a aplicação de modelos de preços hedônicos que levam em consideração os efeitos espaciais é restrita. Sendo assim, este trabalho contribui para literatura vigente ao propor uma integração entre os modelos de preços hedônicos e os modelos de SDID, levando em consideração todos os possíveis canais de transbordamentos espaciais. Esta integração é pioneira para analisar o impacto de uma característica locacional sobre o preço dos imóveis. Além disso, este trabalho, ainda, contribui para a literatura ao utilizar um painel espacial, uma vez que grande parte da literatura que utiliza modelos hedônicos utiliza dados dispostos em uma estrutura de *cross section*.

3 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

A estratégia empírica adotada por esse trabalho consiste, de forma pioneira, integrar o modelo de preços hedônicos sob a abordagem de Court-Griliches-Lancaster com o método de avaliação de impacto diferenças em diferenças espacial (SDID). A

metodologia de preços hedônicos formalizada por Rosen (1974) parte da hipótese que os diferentes características/atributos que compõem um bem privado heterogêneo influenciam no preço final do imóvel. Em outras palavras, o preço final do bem é uma função dos atributos que compõe o mesmo e, portanto, cada característica teria um preço embutido no preço final do bem ("preço sombra") e o preço do imóvel seria dado pelo somatório do preço sombra de cada um de seus atributos. No mercado imobiliário, os atributos dos imóveis podem ser estruturais, locacionais, ambientais e econômicos. Devido à grande quantidade de atributos, a análise de preços hedônicos no mercado de habitação exige a aplicação de um modelo específico para o cálculo do preço sombra dos atributos dos imóveis (GONZALES e SANTOS; 2011).

Formalmente, a equação de preços hedônicos pode ser estimada por meio de um modelo multivariado onde o preço do imóvel é função de um vetor de covariadas que representam os atributos das habitações. Sendo assim, o preço do imóvel pode ser definido pelo preço sombra de *n* características mensuráveis. Em um espaço *n*-dimensional, o preço do imóvel pode ser representado por um vetor de atributos como segue:

$$Z = (z_1, z_2, \dots, z_n) \tag{1}$$

Onde $z_1, \dots, z_n$ é o iésimo atributo/característica de cada imóvel.

Visto que o preço de equilíbrio ou preço final do imóvel $(P(Z))$ é função dos atributos tem-se:

$$P(Z) = f(z_1, z_2, \dots, z_n) \tag{2}$$

Diewert (2009) aponta que o modelo de preços hedônicos descrito pela Equação (2) é o mais utilizado e o mais recomendando para a análise de preços no mercado imobiliário. Empiricamente, é possível integrar o modelo de preços hedônicos (Equação (2)) com o método de SDID, uma vez que a literatura microeconométrica de avaliação de tratamento visa mensurar o impacto de mudanças aleatórias sobre o grupo afetado pela intervenção. Em outras palavras, a avaliação de tratamento busca captar o efeito de algum evento exógeno, como, por exemplo, uma alteração institucional, mudança nas leis ou, alteração nas políticas governamentais sobre o grupo experimental (CABRAL,

2016)[2]. No caso particular deste trabalho a integração dos modelos supracitados pode ser dada por meio de um painel de dados espacial como segue:

$$preço_{it} = \alpha_i + \beta_1 t + \beta_2 trat + \emptyset arco_{it} + \rho \boldsymbol{W} preço_{it} + \delta \boldsymbol{W} arco_{it} + \boldsymbol{z}_{it}\boldsymbol{\theta} + \boldsymbol{W}\boldsymbol{z}_{it}\boldsymbol{\tau} + \xi_{it} \quad (3.a)$$

$$\xi_{it} = \lambda \boldsymbol{W} \xi_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.b)$$

Onde $t = 2007\ e\ 2014$ e i refere-se aos municípios do estado do Rio de Janeiro contemplados na amostra, sendo $i = 1,..,91$. α_i refere-se ao efeito não observado inerente a cada município e será tratado pelo método de efeitos fixos (estimador *within*) de modo a modelar a heterogeneidade municipal existente no estado do Rio de Janeiro. t é uma *dummy* temporal em que assume o valor zero para o período *ex ante* (2007) e um para o período *ex post* (2014) à construção do AMRJ, evidenciando a dinâmica temporal comum entre os grupos de controle e de tratamento; $trat$ é a *dummy* que identifica os grupos de tratamento e de controle, sendo que assume valor um para os municípios tratados (municípios que receberam o AMRJ) e zero, caso contrário. Por sua vez, β_1e $\beta_2$são coeficientes a serem estimados que correspondem, respectivamente, ao efeito fixo do tempo e à diferença no preço do imóvel entre os grupos de tratamento e de controle. Já a variável $arco_{it}$é resultado da interação entre as *dummys* t e $trat$. O resultado dessa interação origina em uma *dummy* onde os municípios interconectados pelo AMRJ assume valor 1 e os demais municípios contidos na amostra recebem valor zero. O parâmetro de interesse dessa pesquisa recai sobre o parâmetro $\emptyset$, pois este parâmetro identifica o impacto do AMRJ sobre o preço dos imóveis nos municípios do estado do Rio de Janeiro.

A variável $\boldsymbol{W} preço_{it}$ refere-se ao preço do imóvel no município i defasado espacialmente e o parâmetro subjacente ρ pode ser entendido como o transbordamento do preço; $\boldsymbol{W} arco_{it}$ consiste na defasagem espacial da construção do AMRJ. O parâmetro δ é o coeficiente a ser estimado e pode ser entendido como o efeito indireto do AMRJ sobre o preço dos imóveis para todos os municípios, tratados e não tratados, condicionado a um vizinho tratado. Em outros termos, o coeficiente δ busca captar se os municípios vizinhos aos municípios onde o AMRJ foi construído tiveram variação no preço dos imóveis; $\boldsymbol{z}_{it}$ é a matriz de atributos dos municípios (IFDM, número de empregos formais, gasto *per capita* com saúde, densidade demográfica e taxa de

[2] Para maiores detalhes acerca da metodologia de DID consultar Cameron e Trivedi (2005) e para informações sobre o modelo SDID consultar Cabral (2016).

homicídios por cem mil habitantes) conforme Equação (2) e o coeficiente $\boldsymbol{\theta}$ é um vetor de parâmetros que estima o preço sombra de cada atributo em relação ao preço médio dos imóveis nos municípios contidos na amostra. $\boldsymbol{Wz}_{it}$ é uma matriz de atributos dos municípios defasados espacialmente e o vetor de coeficientes $\boldsymbol{\tau}$ mensura os transbordamentos espaciais dos preços sombra; $\boldsymbol{W}\xi_{it}$ referem-se aos transbordamentos não modelados, sendo λ o parâmetro de erro autorregressivo espacial. ε_{it} é termo de erro aleatório. $\boldsymbol{W}$ é a matriz de ponderação espacial (91x91) que melhor define o arranjo espacial entre os 91 municípios do estado do Rio de Janeiro, sendo $\boldsymbol{W}$, por pressuposição, constante ao longo do tempo.

A Equação (3) é conhecida na literatura econométrico-espacial como modelo de Manski. A partir desta equação é possível, diferentemente de Dubé et al. (2014), estimar todas, as possíveis, as formas de transbordamento espacial existente. i) se $\rho \neq 0$, $\boldsymbol{\tau} = 0$ e $\delta = \lambda = 0$, tem-se o modelo de defasagem espacial (SDID-SAR); ii) se $\rho = \delta = 0$, $\boldsymbol{\tau} = 0$ e $\lambda \neq 0$, trata-se de um modelo de erro espacial (SDID-SEM); iii) se $\rho \neq 0$, $\boldsymbol{\tau} = 0$, $\delta = 0$ e $\lambda \neq 0$, o modelo a ser estimado é um modelo de defasagem espacial com erro auto autorregressivo espacial (SDID-SAC); iv) se $\rho = 0$, $\boldsymbol{\tau} \neq 0$, $\delta \neq 0$ e $\lambda = 0$, estima-se um modelo regressivo cruzado espacial (SDID-SLX); v) se $\rho \neq 0$, $\boldsymbol{\tau} \neq 0$, $\delta \neq 0$ e $\lambda = 0$, tem-se o modelo de Durbin espacial (SDID-SDM); vi) se $\rho = 0$, $\boldsymbol{\tau} \neq 0$, $\delta \neq 0$ e $\lambda \neq 0$, refere-se a um modelo de erro espacial e transbordamentos espaciais (SDID-SDEM) e, por fim, vale destacar que vii) se $\rho = \delta = \lambda = 0$ e $\boldsymbol{\tau} = 0$ tem-se o modelo DID convencional.

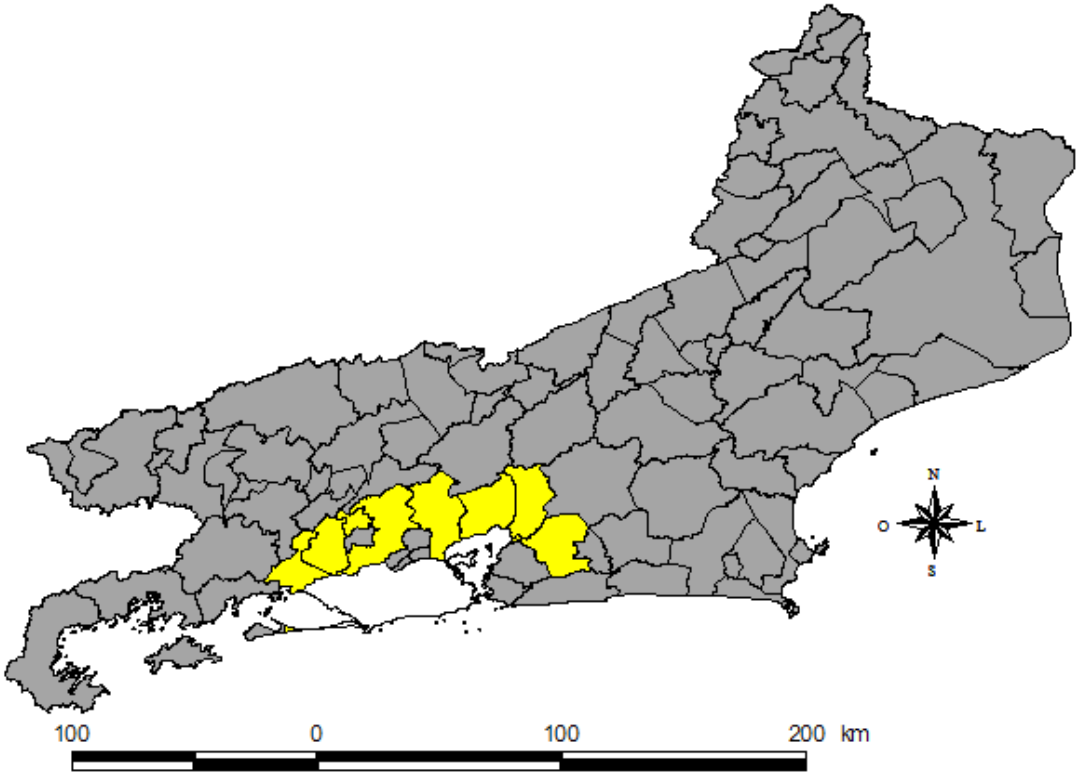
Para estimar a taxonomia de modelos espaciais representados pela Equação (3) é necessário a definição dos grupos de tratamento e de controle. O grupo de tratamento refere-se aos 7 municípios da baixada fluminense interconectados pelo AMRJ. Por sua vez, o grupo de controle foi definido como os demais 84 municípios fluminenses, cujos dados estavam disponíveis. Os grupos de tratamento e de controle totalizam 91 municípios, quase 100% dos municípios do estado do Rio de Janeiro e podem ser visualizados na Figura 2[3].

Ekeland et al. (2002) apontam que a premissa de exogeneidade entre o preço dos imóveis e seus atributos, muitas vezes, não pode ser garantida nos modelos de preços hedônicos. Diante dessa ressalva, todos os modelos contemplados por este trabalho serão estimados pelo método de máximo-verossimilhança (MV) proposto por Elhorst

[3] Cabe salientar, que o municípios do Rio de Janeiro foi excluído da amostra por se tratar de um *outlier* em relação aos preços dos imóveis.

(2003) com erros-padrão robustos (matriz de variância-covariância de White) para tratar a possível heterocedasticidade existente. Este método é capaz de superar o problema de endogeneidade nos modelos de preços hedônicos apontado por Ekeland et al. (2002). O modelo que melhor representa o processo gerador dos dados será escolhido pelo procedimento de Stakhovych e Bijmolt (2009). O procedimento proposto pelos autores para a escolha da matriz de ponderação espacial consiste em sete passos e, de forma resumida, deve-se estimar os modelos SDID com diferentes matrizes de pesos espaciais e escolher aquela que obtiver o melhor critério de ajuste (BIC).

Figura 2 - Grupos de tratamento e de controle para a implementação do SDID.



Legenda:
Grupo de tratamento
Grupo de controle
Não amostrado (Rio de Janeiro)

A base de dados utilizada por este trabalho para alcançar o objetivo proposto foi construída como segue. A variável dependente $preço_{it}$, como em outros trabalhos que buscam estimar equações de preços hedônicos no mercado imobiliário encontrou-se dificuldade na obtenção dos dados pela área de interesse da pesquisa ser a baixada fluminense. Diante disso, foi construída uma *proxy* para captar o preços dos imóveis dos 91 municípios que contemplam a amostra da seguinte forma: *i)* foi coletado o valor anual do Imposto de Transmissão de Bens Imóveis (ITBI) recebido pelos municípios no Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro (TCE-RJ); *ii)* após o passo *i* foi feito uma proporção com base na alíquota municipal do ITBI com o objetivo de encontrar o valor total dos imóveis transacionados nos municípios; *iii)* o valor encontrado no passo *ii* foi dividido pelo número total de imóveis transacionados em cada município (disponibilizado pelo TCE-RJ), objetivando encontrar o valor médio dos imóveis; *iv)* como os imóveis possuem atributos e características diferentes dentro das diferentes regiões dos municípios e entre os municípios, o valor encontrado no passo *iii* foi

dividido pelo gabarito de construção de cada município de modo a encontrar um valor de venda médio do m^2 de cada município.

As variáveis utilizadas como atributos socioeconômicos foram: Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal ($IFDM_{it}$). O $IFDM_{it}$ acompanha anualmente o desenvolvimento socioeconômico dos municípios nas áreas de emprego e renda, educação e saúde. A variável número de empregos formais ($empr_{it}$) está disponível na Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). As variáveis gasto Municipal per capita com a saude (SAP_{it}), densidade demográfica (des_{it}) e taxa de homicídios por cem habitantes (hom_{it}) estão disponíveis no DATASUS. O Quadro 1 resume as informações sobre as variáveis utilizadas e suas respectivas fontes.

Quadro 1 - Resumo das variáveis utilizadas.

	Variáveis	Descrição	Unidade	Fonte
Variável Dependente	$preço_{it}$	Preço do m^2 dos imóveis transacionados nos municípios	R$	Construída pelos autores
Variáveis explicativas	t	*Dummy* temporal, assume valor 0 para o ano de 2007 e 1 para o ano de 2014	0 ou 1	Construída pelos autores
	$trat$	*Dummy* indicadora do indivíduo que faz parte do gruo de tratamento	0 ou 1	Construída pelos autores
	$arco_{it}$	*Dummy* indicadora dos municípios que receberam o AMRJ	0 ou 1	Construída pelos autores
	$IFDM_{it}$	Índice FIRJAN de desenvolvimento municipal	Índice variando entre zero e 1	FIRJAN
	$empr_{it}$	Total de empregos nos municípios	quantidade	RAIS/CAGED/MTE
	SAP_{it}	Gasto per capita municipal com saúde	R$	DATASUS/MS
	des_{it}	Densidade demográfica	População/Km^2	DATASUS/MS
	hom_{it}	Taxa de homicídios por cem mil habitantes	Taxa por cem mil	DATASUS/MS

4 RESULTADOS

Nesta seção apresenta-se os resultados da análise empírica do modelo de preço hedônico integrado ao modelo de diferença em diferença espacial (SDID). Por meio deste método pioneiro é possível estimar o preço sombra de cada atributo socioeconômico incluído na regressão, além de verificar se a construção do AMRJ foi capaz de impactar o preço das habitações no seu entorno. A taxonomia de modelos SDID, denotados pela Equação (3), foram estimados utilizando a forma funcional *lin-*

log. Por meio desta forma funcional é possível inferir percentualmente quanto cada atributo do município contribui para a formação do preço do m^2 da habitação transacionada.

Como descrito na seção anterior os modelos foram estimados pelo método de MV proposto por Elhorst (2003) com erros-padrão robustos. Com o objetivo de encontrar de matriz de ponderação espacial $(\boldsymbol{W})$ que melhor representa o arranjo espacial do painel de dados utilizado, foi executado o procedimento de Stakhovych e Bijmolt (2009). Dentre as matrizes testadas $(k = 1, \ldots, k = 20)$, o modelo que obteve o melhor critério de ajuste (BIC) foi o modelo de erro espacial (SDID-SEM) estimado com uma matriz de ponderação espacial dos 20 vizinhos mais próximos $(k = 20)$. O resultado do modelo SDID-SEM está reportado na tabela 1.

Tabela 1 – Resultado do modelo SDID-SEM estimado com uma matriz $\boldsymbol{W} = k20$.

Variáveis independentes	Coeficientes estimados	Desvio padrão	Estatística *t*	*P* valor
$\boldsymbol{t}$	-5,224	3,995	-1,310	0,191
$\boldsymbol{arco}$	-2,823	3,683	-0,770	0,443
$\boldsymbol{IFDM_{it}}$	18,975	13,919	-1,360	0,173
$\boldsymbol{empr_{it}}$	0,451	2,080	0,220	0,828
$\boldsymbol{SAP_{it}}$	8,199	4,049	2,020	0,043
$\boldsymbol{des_{it}}$	33,090	8,441	3,920	0,000
$\boldsymbol{hom_{it}}$	-0,946	0,917	-1,030	0,303
$\boldsymbol{\lambda}$	-1,368	0,483	-2,830	0,005
R^2	0,14			
BIC	1318,94			
Número de observações	182			

Nota: Todos os modelos foram estimados no *software* Stata 12 por meio do comando *xsmle*.

Por meio dos resultados é possível concluir que o AMRJ não impactou o preço dos imóveis nos municípios interconectados pelo mesmo. Choques exógenos advindos dos vizinhos reduzem os preços dos imóveis em 1,37%. O gasto de saúde per capita municipal é capaz de aumentar o preço das habitações em 8,20%. Este resultado pode ser entendido a luz de que os demandantes por habitações preferirem residir em municípios que ofertem serviços de saúde de forma ampla, irrestrita e com qualidade. A densidade demográfica aumenta o preço dos imóveis em 33,09%. Este resultado evidência que cidades muito densas em população, provavelmente, possuem um déficit na oferta de habitação levando ao aumento dos preços. Já o IFDM, número de empregos formais e a taxa de homicídios, apesar de apresentarem sinal esperado, não se mostraram estatísticamente significativas para explicar o preço dos imóveis no estado do Rio de Janeiro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a construção do AMRJ acreditava-se que os custos de transporte da economia fluminense seriam reduzidos aumentando a competividade e produtividade da economia do estado do Rio de Janeiro (ERJ). Além disso, o AMRJ propiciou ao ERJ assumir papel estratégico na localização das empresas tornando-se, novamente, um centro logístico regional na economia nacional. Diante disso, FIRJAN (2008), concluiu que o AMRJ foi capaz de estabelecer uma nova dinâmica de crescimento e desenvolvimento econômico no estado Fluminense.

Diante da importância do AMRJ para a estratégia de crescimento/desenvolvimento dos municípios da Baixada Fluminense, bem como para o ganho de produtividade da economia fluminense como um todo, este trabalho com o objetivo verificar se a construção do AMRJ teve impacto sobre os preços médios dos imóveis dos municípios circunvizinhos ao mesmo integrou de forma pioneira os modelos de preços hedônicos e SDID controlando para os atributos socioeconômicos dos municípios.

Por meio dos resultados pôde-se concluir que o preço dos imóveis nos municípios do ERJ são espacialmente dependente no espaço, uma vez que o modelo que melhor define o processo gerador dos dados é o modelo SDID-SEM. Com base neste modelo, foi possível inferir que o AMRJ não impactou o preço das habitações nos municípios do seu entorno e que choques exógenos advindos dos vizinhos reduzem os preços dos imóveis em 1,37%. Conclui-se, ainda, que o gasto de saúde per capita municipal é capaz de aumentar o preço das habitações em 8,20% e a densidade demográfica aumenta o preço dos imóveis em 33,09%. Já o IFDM, número de empregos formais e a taxa de homicídios, apesar de apresentarem sinal esperado, não se mostraram significativas para explicar o preço dos imóveis no estado do Rio de Janeiro.

Diante dos resultados encontrados, pode-se indagar que os novos trabalhadores esperados nos municípios interconectados pelo AMRJ não terão a renda do trabalho reduzida por pressão do custo da habitação pelo menos no curto prazo. Esta renda poderá ser gasta com outros produtos da região podendo culminar em um círculo virtuoso de crescimento/desenvolvimento econômico destes municípios além de aumentar a utilidade da população. Apesar desta conclusão, cabe aos *policy maker* proporem planos de ocupação do território de modo a evitar o processo de gentrificação, a ocupação das áreas rurais, o crescimento desordenado das áreas periféricas e evitar o processo de

favelização nos municípios como vem ocorrendo em outras regiões do país que receberam grandes investimentos e ou que foram beneficiadas com grandes rodovias. No caso do estado do Rio de Janeiro, é possível citar o aumento do número de moradias em condições precárias e favelas no Norte Fluminense após a expansão da indústria petrolífera na região (Santos Junior et al.; 2017).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Capes, FAPERJ e CNPq.

REFERÊNCIAS

Adelman, I., Griliches, Z. (1961). On an index of quality change. Journal of the American Statistical Association. 56(3):535-48.

Aguirre, A., Faria, D. M. C. P. (1997). A utilização de "preços hedônicos" na avaliação social de projetos. Revista Brasileira de Economia. Vol. 51(3); p. 391-411.

ALMEIDA, E. S. (2012). Econometria Espacial Aplicada, 1 ed., Campinas, Editora Alínea.

Arraes, R. A., Souza Filho, E. (2008). Externalidades e formação de preços no mercado imobiliário urbano brasileiro: um estudo de caso. Economia Aplicada. v. 12, n. 2, p. 289-319.

Ashworth, G., Goodall, B. (eds.) (1990). *Marketing tourism places*. New York, Routledge.

Barbosa, E. P., Bidurin, C. P. (1991). Seleção de modelos de regressão para predição via validação cruzada: uma aplicação na avaliação de imóveis. *Revista Brasileira de Estatística*, v. 52.

Biderman, C., Sandroni, P. (2005). Avaliação do Impacto das Grandes Intervenções Urbanas nos preços dos Imóveis do Entorno: O Caso da Operação Urbana Consorciada Faria Lima. XXIX Encontro da ANPAD - EnANPAD.

BRASIL, Secretaria de Portos da Presidência da República**,** Pesquisas e Estudos para a Logística Portuária e Desenvolvimento de Instrumentos de Apoio ao Planejamento Portuário, 2012.

Cabral, J. A., Cabral, M. V. F., Silva, T, M, K, Análise dos impactos econômicos regionais e inter-regionais dos megaeventos esportivos sediados no Estado do Rio de Janeiro**.** Análise Econômica V. 34, n. 66, p. 343-373.

Cabral, M. V. F. Avaliação do impacto do INFOCRIM sobre as taxas de homicídios dos municípios paulistas: uma aplicação do método de diferenças em diferenças espacial. 2016, 119 p. Tese de doutorado (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – MG, 2016.

Cameron, A. C., Trivedi, P. K. (2005). Microeconomics: Methods and Applications. Cambridge University Press, Cambridge.

Court, A. T. (1939). Hedonic price indexes with automotive examples. In: GMC (ed.). The dynamics of automobile demand. New York, General Motors Corporation.

Dantas, R. A., Cordeiro, G. M. (1988). Uma nova metodologia para avaliação de imóveis utilizando modelos lineares generalizados. Revista Brasileira de Estatística, V. 49(91), p.27-46.

Dantas, R, A, Magalhães, A. M., Vergolino, J. R. O., Rocha, F. J. S. (2001). Uma Nova Metodologia para Avaliação de Imóveis utilizando Regressão Espacial, In anais XI COBREAP.

Dantas, R. A., Magalhães, A. M., Vergolino, J. R. O. (2007). Avaliação de Imóveis: a importância dos vizinhos no caso do Recife. Revista de Economia Aplicada, v. 11, p. 231-251.

Dean, C. R., Depodwin, H. J. (1961). Product variation and price indexes: a case study of electrical apparatus. Proceedings of the Business and Economic Statistics Section. Washington, American Statistical Association, p. 271-279.

Diewert, W. E. (2009). THE paris oecd-imf workshop on real estate price indexes: conclusions and future directions, *in* W. E. E. Diewert, ed., 'Price and Productivity Measurement: volume 1 — housing', Trafford Press.

Dubé, J., Legros, D., Thériault, M., Des Rosiers, F. (2014). A spatial Difference-in-Differences estimator to evaluate the effect of change in public mass transit systems on house prices. Transportation Research Part B, vol. 64, p. 24–40.

Edelstein, R. (1974).The Determinants of Value in the Philadelphia Housing Market: A Case Study of the Main Line 1967-1969. The Review of Economics and Statistics, V. 56, n.º 3, p. 319-328.

Ekeland, I., Heckman, J., Nesheim, L. (2002). Identifying hedonic models. American Economic Review, v. 92, n. 2, p. 304-309.

Elhorst, J. (2003). Specification and estimation of spatial panel data models. International Regional Science Review, Vol. 26, N. 3, p. 244–268.

Firjan. (2008). Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. *Avaliação dos Impactos Logísticos e Socioeconômicos da Implantação Do Arco Metropolitano Do Rio De Janeiro.* In: Estudos para o Desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro.

Fisher, F. M., Griliches, Z., Kaysen, C. (1962). The costs of automobile model changes since 1949, *Journal of Potitical Economy*, V. 79(3), p. 433-51.

Freeman, A. (1979). Hedonic prices, property values and measuring environmental benefits: a survey of the issues, The Scandinavian Journal of Economics, v. 81(2), p. 154–173.

Gonzales, E. O., Santos, A. S. (2011). Externalidade Negativa: Um Problema na Avaliação do Preço Hedônico dos Imóveis Residenciais em Maringá, PR. In: *XXVI Semana do Economista*. Maringá-PR.

González, M. A. S., Formoso, C. T. (1994). Especificação de modelos de preços hedônicos para locação residencial em Porto Alegre. Cadernos Ippur/UFRJ, v. 8(1), p. 59-72.

Griliches, Z. (1961). Hedonic price indexes for automobiles: an econometric analysis of quality change. In: NBER (ed.). The price statistics of the federal government. New York, National Bureau of Economic Research, cap 3, p. 137-96.

Griliches, Z. (1964). Notes on the measurement of price and quality changes. In: NBER (ed.). Models of income determination studies in income and wealth. Princeton, National Bureau of Economic Research, v. 28, cap. 7, p. 301-404.

Lee, M. K. H., Chagas, A. L. S. (2015). Mobilidade também é renda? Impacto de faixas exclusivas de ônibus nos preços de imóveis da cidade de São Paulo: uma análise por meio de painéis espaciais. In: 43º Encontro Nacional de Economia, 2015, Florianópolis, in: Anais do 43º Encontro da ANPEC.

Lezcano, L. M. Análise do Efeito do Risco de Cheia no Valor de Imóveis pelo Método dos Preços Hedônicos. 2004, 197 p. dissertação de mestrado (mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2004.

Oczkowski, E. (1994). A hedonic price function for Australian premium table wine. Journal of Australian Agricultural Economics, v. 38, p. 93-110.

Paixão, L. A. R. (2015). Índice de Preços Hedônicos para Imóveis: Uma Análise para o Município de Belo Horizonte. Economia Aplicada, v. 19, n. 1, p. 5-29.

Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in perfect competition. Journal of Political Economy, v. 82, Issue1, p. 34-55.

Santos Junior, P. J.; Batista, F. B.; Paula, R. S. P.; Matta, L. G. (2017). A favelização no Estado do Rio de Janeiro: Reflexões a partir do Norte Fluminense. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 340-349, jul./dez.

Sheppard, S. (2010). Measuring the impact of culture using hedonic analysis, Technical report, Williamstown: Center for Creative Community Development.

Stakhovych, S., Bijmolt, T.H.A. (2009). Specification of spatial models: A simulation study on weights matrices. *Papers in Regional Science*, Volume 88, Issue 2, p. 389–408.