

XXIII ENABER - Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos

Área 07 – Questões urbanas e metrópoles

A influência das Áreas de Proteção do Ambiente Cultural nos preços dos imóveis na cidade do Rio de Janeiro

Leonardo Ferreira Leão¹
Ana Carolina da Cruz Lima²

Resumo: o artigo analisa os efeitos das Áreas de Proteção do Ambiente Cultural (APACs) sobre os preços de imóveis residenciais no Rio de Janeiro, utilizando modelos de preços hedônicos e análise espacial. As APACs visam preservar o patrimônio cultural e arquitetônico por meio de regras urbanísticas que podem impactar o valor dos imóveis e gerar externalidades. A base de dados inclui 70.160 registros de anúncios do Zap Imóveis (outubro de 2024) e dados do portal DATA.RIO. Foram aplicados modelos de regressão linear e espacial para estimar os efeitos diretos e indiretos das APACs. Os resultados indicam que imóveis dentro de APACs apresentam redução média de 4,86% nos preços, enquanto as áreas vizinhas se valorizam em média 8,89%, refletindo externalidades positivas. Variáveis como proximidade a áreas de lazer e favelas também influenciam significativamente os preços. O estudo oferece uma contribuição inédita à literatura brasileira ao quantificar os impactos econômicos das APACs e propõe subsídios para o aperfeiçoamento de políticas públicas de preservação urbana.

Palavras-chave: preços hedônicos; análise espacial; mercado imobiliário.

Abstract: The paper examines the effects of Cultural Environment Protection Areas (APACs) on residential property prices in Rio de Janeiro, using hedonic pricing models and spatial analysis. APACs aim to preserve cultural and architectural heritage through urban regulations that can influence real estate values and generate externalities. The dataset comprises 70,160 listings from Zap Imóveis (October 2024) and official data from the DATA.RIO portal. Linear and spatial regression models were used to estimate the direct and indirect effects of APACs. Results show that properties within APACs have, on average, a 4.86% price reduction, while surrounding areas see an average 8.89% increase, suggesting positive externalities. Other factors, such as proximity to parks and favelas, also significantly affect prices. The study provides a pioneering contribution to Brazilian literature by quantifying the economic impacts of APACs and offers insights for improving urban preservation policies.

Keywords: hedonic pricing; spatial analysis; real estate market.

JEL codes: R31; R52; R14.

¹ Bacharel em Ciências Econômicas (IE/UFRJ). e-mail: leofferreiraleao2002@gmail.com.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Instituto de Economia (IE). Professora adjunta. E-mail: ana.lima@ie.ufrj.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4956-8759>.

A influência das Áreas de Proteção do Ambiente Cultural nos preços dos imóveis na cidade do Rio de Janeiro

Introdução

O processo de urbanização observado nas últimas décadas tem gerado maior demanda por regulações para planejar o crescimento das cidades com o intuito de permitir a continuidade desse processo, minimizar falhas de mercado, preservar o meio ambiente e a cultura local (HSIEH; MORETTI, 2015). Para tanto, é fundamental que os órgãos reguladores avaliem os efeitos das normas vigentes, o efetivo cumprimento de seus objetivos e se há impactos negativos não esperados sobre o crescimento urbano.

A regulação urbana é um instrumento cuja influência nos preços dos imóveis é bastante explorada na literatura. Arnott e MacKinnon (1977), por exemplo, evidenciam que regulações limitando a altura dos prédios causam aumentos nos aluguéis dos imóveis, redução na arrecadação de tributos e aumentam o tempo de locomoção devido à redução da densidade nas cidades, assim como podem aumentar o consumo de terra para o lazer. Bertaud e Bruckner (2005) demonstram que o efeito da política de limitação de altura predial na cidade de Bangalore na Índia representa um custo de 1,5% a 4,5% da renda familiar com o traslado. Dantas (2016) realiza similar análise para o município de Recife entre dezembro de 2001, período logo após a implementação dos limites de altura em certos bairros, e dezembro de 2003 e conclui que os preços das casas caíram 25,2% enquanto os preços dos apartamentos subiram 7,2%. Segundo o autor, esses efeitos seriam causados pela redução no potencial econômico da terra e pela redução de sua oferta.

No caso da cidade do Rio de Janeiro, as Áreas de Proteção do Ambiente Cultural (APAC) são um instrumento legislativo que visa preservar as identidades próprias de suas diversas áreas urbanas por meio da manutenção das peculiaridades dos bens imóveis imobiliários, infraestruturais e ambientais que em seu conjunto formam o ambiente cultural (IRPH, 2015). As APACs foram criadas em 1992 com o Primeiro Plano Diretor Decenal e substituíram as antigas Áreas de Proteção Ambiental (APA), que passaram a ser exclusivas para as áreas de ambientes naturais. As APAs tiveram como origem o Projeto Corredor Cultural, criado em 1983, que almejava preservar o caráter arquitetônico das áreas contempladas do Centro do Rio de Janeiro e serviu de molde para a expansão dessa preservação por meio das APAs e depois, das APACs. O plano diretor de 1992 (Lei Complementar Municipal 16/1992) define a ferramenta no artigo 124, III³

Imóveis situados em uma APAC estão sujeitos a regulações urbanísticas específicas, estabelecidas no decreto de sua criação e alterações posteriores. Conforme suas particularidades, cada APAC terá diferentes requisitos, regras e abrangência, porém características comuns a todas são: limitações à altura das edificações, agrupamento e uso de novas edificações e requerimento de autorização prévia do Instituto Rio Patrimônio da Humanidade (IRPH), ou outro órgão público que detenha tutela da APAC específica, para qualquer intervenção física nos imóveis. A legislação define duas classes para os imóveis situados em APACs: imóveis passíveis de renovação (podem ser renovados ou substituídos desde que obedeçam a regulação vigente da área) e imóveis preservados (possuem elementos arquitetônicos, como fachadas, coberturas, volumetria e claraboias conservados, cuja

³ “Área de Proteção do Ambiente Cultural - APAC, de domínio público ou privado, a que apresenta relevante interesse cultural e características paisagísticas notáveis, cuja ocupação deve ser compatível com a valorização e proteção da sua paisagem e do seu ambiente urbano e com a preservação e recuperação de seus conjuntos urbanos”.

demolição não é permitida) (IRPH, 2015). Além disso, o artigo 133 da Lei Complementar Municipal 16/1992 estabelece os poderes do órgão responsável para zelar pela área.⁴

Esse instrumento urbanístico foi o alvo de poucos estudos, como, por exemplo, Carlos (2008) e Araújo (2018), focados em avaliar a sua capacidade de efetivamente atingir o objetivo de preservar o caráter cultural das áreas da cidade que se situam. Para além desse objetivo, há escassa discussão sobre a sua influência nos preços dos imóveis.

Nessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo analisar a influência das APACs nos preços dos imóveis residenciais na cidade do Rio de Janeiro, contribuindo para a avaliação de seus efeitos econômicos no contexto urbano. Além disso, busca-se compreender se há externalidades associadas às APACs que afetam os imóveis vizinhos. Para alcançar esse objetivo, utiliza-se a metodologia de preços hedônicos, associada a modelos de análise espacial, que permitem capturar relações complexas entre variáveis urbanas e geográficas.

Dessa forma, a pesquisa visa responder às seguintes perguntas: as APACs influenciam positiva ou negativamente os preços dos imóveis que as compõem? Qual é a influência dessa política nos imóveis vizinhos? Essas questões são relevantes para o desenvolvimento de políticas urbanas mais eficazes, que equilibrem a preservação cultural com o crescimento econômico e a acessibilidade habitacional.

O artigo está organizado em quatro seções além dessa introdução. A primeira seção aborda a fundamentação teórica, explorando os principais modelos econômicos e urbanísticos relacionados ao mercado imobiliário e às regulações urbanas. A segunda seção detalha a metodologia, incluindo a construção da base de dados, a escolha dos modelos de análise e os testes de dependência espacial. Na terceira seção, são apresentados os resultados da pesquisa e sua discussão. Por fim, a conclusão sintetiza os resultados do estudo, discute suas implicações e propõe sugestões para políticas públicas e estudos futuros.

1 Economia urbana e valoração de imóveis

A literatura que aborda a questão do preço do uso da terra nas cidades tem seu início com o modelo elaborado por von Thünen (1966) no século XIX. Em seu estudo, o teórico estabelece que a variável explicativa para os preços da terra seria a distância do lote em relação ao centro de negócios da cidade, que precisa ser abastecido. O modelo pressupõe homogeneidade espacial, além de produtividades fixas e estrutura de mercado de concorrência perfeita, o que concede relevância ao papel desempenhado por custos de transporte crescentes para a configuração urbana, já que esta seria a única diferença entre os agricultores, sendo então responsável pela variação em seus custos. Desta forma, as terras mais próximas ao centro seriam ocupadas pelos agentes cujas atividades seriam de maior produtividade e tarifa de transporte por unidade de distância, visto que estes seriam aqueles com os recursos necessários para pagar a maior renda da terra. À medida que aumenta a distância para o centro, reduz-se a produtividade e a renda da terra cobrada, ou seja, os preços e, portanto, seriam realizadas atividades mais intensivas em terra e com custos menores.

Abandonando o contexto agrário do modelo de von Thünen, o modelo de Alonso (1977) descreve o ambiente urbano a partir da lógica dos moradores de seu entorno que

⁴ “O órgão responsável pela proteção de bem preservado ou tutelado poderá determinar:

- I - a realização de obras de recuperação de bens em mau estado de conservação, através de intimação ao proprietário;
- II - o embargo de demolições e obras de restauração, reforma ou acréscimo, realizados sem prévia autorização;
- III - o estabelecimento de obrigatoriedade de reconstrução, no caso de demolição não licenciada ou sinistro de bem tombado ou preservado, com a manutenção de suas características originais;
- IV - a cassação de alvará de localização de atividade econômica em funcionamento em bem tombado ou preservado no qual tenha sido executado qualquer tipo de obra sem licença ou em situação que comprometa a integridade do imóvel.”

precisam se deslocar até o centro em que estão concentrados os empregos, amenidades e serviços. Assim, mantém-se a ideia de distância ao centro de negócios como determinante para o preço dos lotes de terra. Adiciona-se como variável explicativa o tamanho dos lotes, afirmando que, caso este não fosse um fator, as residências se concentrariam em volta do centro na maior densidade possível, não existindo razões para o espraiamento urbano e a existência de subúrbios. Portanto, são adicionadas às demandas dos consumidores a demanda por terra, o que permite explicar o fenômeno dos subúrbios. O modelo de Alonso também permite explicar a preferência por subúrbios pela população mais rica, comumente verificada nas cidades americanas. Ela ocorreria devido a maior tolerância dessas populações a maiores custos de transporte devido à distância e, portanto, a taxa de substituição entre distância e quantidade de terra pode tender para a segunda. Isto poderia ocorrer também devido ao progresso técnico dos transportes ou a implementação de transportes de massa tornarem o custo de deslocamento menor, resultando em maior preferência pelo tamanho dos lotes. O efeito disto seria o aumento dos preços nas periferias e, portanto, a concentração das classes mais altas nos subúrbios.

Contribuições posteriores aos modelos sobre a Economia Urbana foram realizadas por Edwin S. Mills em 1972 e Richard F. Muth em 1975, conforme ressalta Brueckner (1987). Os autores seguiram a análise do modelo de Alonso, todavia, descartaram a hipótese de que a terra seria consumida diretamente pela população. Na realidade, o consumo refere-se às unidades habitacionais construídas nas terras. Dessa forma, torna-se possível a existência de edifícios que abriguem mais de uma família no mesmo lote. Abre-se a possibilidade para a existência, além do centro de negócios, de outros núcleos menores de atividades industriais, varejistas e serviços. A síntese dos trabalhos dos três autores, realizada por Wheaton (1974) e generalizada por Brueckner (1987), resulta no modelo Alonso-Muth-Mills (AMM) no qual o preço pelo metro quadrado é decrescente em relação ao aumento da distância ao centro de negócios distrital (CBD - *Central Business District*). Isso resulta em habitações menores e mais densas (edifícios altos) quanto mais perto do CBD, enquanto nas áreas mais distantes os consumidores demandam residências maiores graças aos menores preços por metro quadrado (essa redução funciona como um incentivo para balancear os custos de deslocamento para o CBD, caso contrário, as pessoas não desejariam morar voluntariamente em áreas distantes).

Com o intuito de incorporar à análise a heterogeneidade dos imóveis, Rosen (1974) elaborou os modelos de preços hedônicos e mercados implícitos, a partir dos quais é possível estimar como os preços são afetados por decisões de compra dos consumidores. Assim, é possível investigar se há maior demanda por imóveis com determinadas características, por exemplo, maior metragem quadrada, mais banheiros, garagens etc.

Por outro lado, também era necessário mensurar os impactos de efeitos externos aos imóveis no seu nível de preços, contribuição realizada por Brueckner et al. (1999) em estudo teórico sobre o efeito das amenidades na preferência de localização dos consumidores de maior renda. Os autores concluem que dois fatores determinam se a população de alta renda se concentrara no centro ou nos subúrbios da cidade. O primeiro é a proporção entre o custo de oportunidade do tempo de deslocamento até o centro e a preferência por maiores unidade habitacionais; o segundo é a abundância de amenidades contida neste, exógenas ou endógenas. Amenidades exógenas seriam compostas por amenidades naturais e históricas. Amenidades naturais são rios, florestas, montanhas etc. Amenidades históricas consistem em infraestrutura urbana construída em períodos passados. Amenidades endógenas são compostas pela infraestrutura urbana moderna da cidade e são assumidas como função da renda regional. Brueckner et al. (1999) concluem que, como as amenidades endógenas são função da renda regional, apenas as amenidades exógenas seriam fator causal para a preferência dos consumidores a priori, sendo essa preferência posteriormente reforçada pela criação das amenidades endógenas na região. Dessa forma se torna possível conciliar a existência do

modelo de cidade americano, no qual as populações de renda mais elevada têm, em geral, preferência pelos subúrbios, com o modelo AMM, que indicaria a tendência dessas populações se concentrarem nos centros de negócios.

Para o caso brasileiro, Hermann e Haddad (2005) estimam um modelo de preços hedônicos no qual buscam averiguar os impactos da oferta de bens públicos e da qualidade da vizinhança utilizando dados sobre os preços dos aluguéis dos imóveis da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) produzida pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – Fipe (1999). Os autores evidenciam que a proximidade de estações de trem e a arborização são externalidades positivas nos preços dos imóveis enquanto a criminalidade é uma externalidade negativa. Os autores também apresentam uma metodologia de análise fatorial para lidar com o problema de multicolinearidade frequentemente presente neste tipo de modelo. Além disso, apontam para a possibilidade de existência de dependência espacial entre os imóveis, o que poderia causar enviesamento dos parâmetros.

Nadalim (2010) investiga a segregação espacial com base no nível de renda da Região Metropolitana de São Paulo, utilizando dados do censo demográfico de 1991 e 2000 e mapas elaborados pela Empresa Paulista de Planejamento Urbano para o período 1962 a 2002, e encontra que a população de renda baixa está sendo expulsa para a periferia devido à alta dos preços em imóveis mais próximos ao centro, o que estaria incentivando o espraiamento urbano e explicaria as altas taxas de vacância no centro e baixas taxas na periferia. A autora investiga a influência da proximidade a favelas nos preços dos imóveis na cidade de São Paulo por meio da metodologia de preços hedônicos, utilizando dados do censo demográfico de 2000 e o banco de dados sobre favelas da secretaria de habitação da prefeitura do município de São Paulo (PMSP), e encontra evidência de que a distância das favelas é um fator relevante para os consumidores de imóveis na cidade que estariam dispostos a pagar em média 15% a mais para cada 100 metros de distância da favela mais próxima.

Ciarlini (2020) analisa o mercado imobiliário de Recife por meio de um modelo de erro espacial, elaborado com base em dados sobre imóveis em oferta durante o ano de 2019 fornecidos pela empresa Âncora Imobiliária, com o intuito de incorporar à análise a existência de correlação espacial nos dados utilizados (por exemplo, diferenças nas preferências dos consumidores locatários e dos consumidores compradores de imóveis). Os resultados do modelo indicam que a distância ao centro é um fator positivo para os preços, ou seja, ao contrário da literatura estabelecida que afirma que os imóveis mais próximos do centro serão mais valorizados, Ciarlini (2020) encontra o oposto para a cidade de Recife, o que ele supõe ser causado por maiores índices de criminalidade e infraestrutura residencial precária na região e arredores.

2 Base de dados e metodologia

As APACs se concentram nas áreas mais próximas ao centro da cidade do Rio de Janeiro, com apenas algumas mais separadas como a de Santa Cruz e Madureira como é possível visualizar na figura 01. Também se percebe a menor frequência de APACs em áreas de ocupação mais recentes, como a Barra da Tijuca.

Figura 01 – Bens protegidos e Áreas de Proteção na Cidade do Rio de Janeiro (2022)



Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro - DATA.Rio (<https://www.data.rio/datasets/PCRJ::apac-aebt>).

O portal DATA.RIO fornece também dados sobre as áreas de cada APAC o que permite comparação entre elas e com a área do município, assim como os decretos de sua criação. As entradas repetidas denotam áreas não contíguas.

Quadro 01 – Bens protegidos e Áreas de Proteção na Cidade do Rio de Janeiro (2022)

NOME	DECRETO	Área
APAC da antiga Escola de Equitação do Exército	LEI Nº. 3.672/2003	95.311,57
APAC da CIA de Fiação e Tecidos Confiança	LEI Nº 2.038/1993 e DECRETO Nº 12.795/1994	299.207,58
APAC da Cruz Vermelha	DECRETO 11.883/1992	945.472,74
APAC da Ilha de Paqueta	DECRETO Nº. 17.555/1999	1.705.684,53
APAC da Rua Aquidabã, 320	LEI Nº 2.608/1997	15.312,29
APAC de Botafogo	DECRETOS Nº. 22.221/2002 e 22.643/2003	1.152.306,26
APAC de Laranjeiras	DECRETOS Nº. 20.611/2001 e 21.225/2007	675.103,99
APAC de Marechal Hermes	DECRETO Nº. 37.069/2013	675.938,78
APAC de Santa Cruz	DECRETO Nº. 12.524/1993	1.759.781,01
APAC de São Cristóvão	LC Nº. 24/1993 e LC Nº. 73/2004	2.257.805,93
APAC do Catete e Glória	DECRETO Nº. 25.693/2005 e 28.222/2007	777.738,03
APAC do Grajaú	DECRETO Nº. 39.102/2014	818.123,34
APAC do Hipódromo da Gávea	DECRETO Nº. 34.877/2011	689.433,27
APAC do Humaitá	DECRETO Nº. 26.268/2006	288.848,99
APAC do Jardim Botânico	DECRETO Nº. 20.939/2001	710.372,51
APAC do Leblon	DECRETOS Nº. 20.300/2001 e 28.223/2007	695.119,87
APAC do Lido	DECRETO Nº. 11.448/1992	246.858,73

APAC do Mosteiro de São Bento	DECRETO Nº. 24.420/2004	236.053,40
APAC do Renascença Clube	LEI Nº 3.033/2000	2.328,45
APAC dos Arcos da Lapa	LEI Nº 3.188/2001	66.229,15
Corredor Cultural	DEC. Nº. 4.141/1983, LEIS Nº 506/1984 e 1.139/1987	1.620.339,96
Sítio Cultural de Ipanema	DECRETOS Nº. 23.161/2003 e 28.224/2007	616.489,11

Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro - DATA.Rio (<https://www.data.rio/datasets/PCRJ::apac-aebt>).

A base de dados referente aos imóveis foi extraída dos anúncios do site *ZapImóveis* em outubro de 2024. A base contém informações sobre 80.436 imóveis, com as seguintes variáveis: Tipo de unidade, Tipo de uso, Vizinhança, Zona do Rio de Janeiro, coordenadas, área útil, área total, número de quartos, número de suítes, número de banheiros, número de vagas de estacionamento, valor anual do IPTU, Taxa de Condomínio e Preço de venda.

À base foram adicionadas colunas para indicar o pertencimento ou não do imóvel a uma Área de Proteção do Ambiente Cultural (APAC), representado por uma variável binária em que 0 indica ausência e 1 indica a presença do imóvel em uma APAC, uma coluna com a distância do imóvel a APAC mais próxima, e uma coluna representando a distância do imóvel ao centro da cidade, utilizando como referência a estação do Metrô Central do Brasil. Ambas as informações foram obtidas através do software de georreferenciamento *QGIS*.

Foram adicionadas colunas com dados sobre as distâncias dos imóveis em relação às externalidades urbanas mais próximas, sendo estas representadas por: estações de metrô, estações de BRT, estações de VLT, favelas, áreas de lazer, áreas de saúde e educação e áreas comerciais e de serviços. Esses dados foram obtidos pelo portal DATA Rio em outubro de 2024, referentes ao uso do solo, que contém as informações sobre as favelas e áreas de lazer, saúde, educação, comércio e serviços (ano de referência 2019).

Quadro 2 – Variáveis do Modelo

Nome	Sigla	Descrição	Fonte
Preço (R\$)	<i>price</i>	Valor de venda do imóvel em reais (R\$).	Zap Imóveis
Área útil (m ²)	<i>usableArea</i>	Área útil do imóvel em metros quadrados (m ²).	Zap Imóveis
Quartos	<i>bedrooms</i>	Número de dormitórios no imóvel.	Zap Imóveis
Banheiros	<i>bathrooms</i>	Número total de banheiros no imóvel.	Zap Imóveis
Suítes	<i>suites</i>	Número de suítes no imóvel.	Zap Imóveis
Vagas de garagem	<i>parkingSpa</i>	Número de vagas de estacionamento disponíveis.	Zap Imóveis
Distância ao centro (m)	<i>Dist_Centr</i>	Distância do imóvel ao centro da cidade, em metros.	Georreferenciamento (Software QGis)
Pertence a APAC	<i>inAPAC</i>	Dummy (sim = 1)	Georreferenciamento (Software QGis) / DATARIO
Distância à APAC (m)	<i>Dist_APAC</i>	Distância do imóvel à região de proteção da APAC, em metros.	Georreferenciamento (Software QGis) / DATARIO
Distância ao metrô (m)	<i>MetroHubDist</i>	Distância do imóvel à estação de metrô mais próxima, em metros.	Georreferenciamento (Software QGis) / DATARIO

Distância ao BRT (m)	<i>BRTHubDist</i>	Distância do imóvel à estação de BRT mais próxima, em metros.	Georreferenciamento (Software QGis) / DATARIO
Distância ao VLT (m)	<i>VLTHubDist</i>	Distância do imóvel à estação de VLT mais próxima, em metros.	Georreferenciamento (Software QGis) / DATARIO
Distância à favela (m)	<i>FavelaHubDist</i>	Distância do imóvel à comunidade/favela mais próxima, em metros.	Georreferenciamento (Software QGis) / DATARIO
Distância ao lazer (m)	<i>LazerHubDist</i>	Distância do imóvel à infraestrutura de lazer mais próxima, em metros.	Georreferenciamento (Software QGis) / DATARIO
Distância à saúde/educação (m)	<i>SaudeEduHubDist</i>	Distância do imóvel à infraestrutura de saúde e educação mais próxima, em metros.	Georreferenciamento (Software QGis) / DATARIO
Distância ao comércio/serviços (m)	<i>ComercServHubDist</i>	Distância do imóvel ao polo comercial/serviços mais próximo, em metros.	Georreferenciamento (Software QGis) / DATARIO

Fonte: elaboração própria a partir das fontes de dados indicadas.

Foram removidas linhas sem coordenadas ou cujas coordenadas indicavam localização fora da cidade do Rio de Janeiro. Também foram excluídas entradas sem tipo de uso ou cujo uso não era residencial, assim como imóveis cujo tipo era terreno não construído, clínica, escritório, propriedade comercial, hotel, espaço para estacionamento, fazenda e armazém, pois estes são sujeitos a fatores distintos de imóveis residenciais. Após a filtragem, restaram 75.077 entradas. Devido a grandes discrepâncias encontradas entre a área útil e área total em algumas observações, foi implementado um procedimento estatístico de seleção de dados que compara as duas fontes distintas de informação sobre a área dos imóveis para determinar os valores corretos das áreas dos imóveis. O método utiliza a técnica do Intervalo Interquartil (IQR) para identificar valores discrepantes, considerando como inválidas medições entre 0 e 10 metros quadrados, selecionando o valor mais confiável entre as duas fontes disponíveis, priorizando valores não discrepantes e, nos casos em que ambas as medidas apresentam comportamento estatístico similar, opta pelo valor mais próximo ao primeiro quartil da distribuição. Para detecção e remoção de *outliers*, foi utilizada a distância de Mahalanobis, que se refere à distância entre dois pontos no espaço multivariado, sendo um desses pontos a média das variáveis da amostra, o que possibilita a identificação de *outliers* não apenas para uma variável específica, mas também para combinações de variáveis. Ao término deste processo, a base final contém 70.160 observações.

2.1 O modelo de preços hedônicos

O método usado para auferir a influência do pertencimento a uma APAC nos preços dos imóveis será pela modelagem de preços hedônicos com mercados implícitos, como elaborado por Rosen (1974), que permite relacionar os preços dos imóveis as suas características físicas, determinando as preferências dos consumidores a cada uma dessas características mesmo que não havendo mercado individual para elas. Dessa forma, permite isolar a influência do pertencimento a APAC ou não dos efeitos de outras características, como o número de quartos, área do imóvel, distância ao centro etc.

A função de preços hedônica pode ser descrita, de forma geral:

$$P = f(C, A, D)$$

Na qual P corresponde ao preço do imóvel, C são as características físicas do imóvel, A é o pertencimento ou não do imóvel a uma APAC e D é a distância do imóvel as

externalidades urbanas mais próximas. No interesse de normalizar a distribuição dos preços dos imóveis, será adotada a transformação logarítmica desta variável. Dessa forma, o primeiro modelo a ser estimado segue a seguinte equação:

$$\log P = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \varphi A + \sum_{t=1}^T \delta_t D_t + \varepsilon$$

Na qual P corresponde ao preço do imóvel, β_0 é o intercepto, x_i são as características físicas do imóvel, nesse caso área útil, número de quartos, número de suítes, número de banheiros e número de vagas de estacionamento, β_i é o coeficiente da correlação da característica i no preço do imóvel, A é uma variável *dummy* igual a 1 se o imóvel pertence a uma APAC e 0 se não, φ é o coeficiente referente a influência do imóvel pertencer a uma APAC no preço, D_t é a t -ésima distância do imóvel a externalidade urbana t mais próxima, sendo estas estações de metrô, estações de BRT, estações de VLT, favelas, áreas de lazer, áreas de saúde e educação e áreas comerciais e de serviços, δ_t é o coeficiente da correlação da distância do imóvel a externalidade urbana t no preço do imóvel, e ε é o resíduo aleatório de média 0 e variância σ^2 .

Modelos de regressão linear, porém, não consideram explicitamente o caráter espacial dos dados imobiliários, o que os torna suscetíveis à autocorrelação espacial. Essa autocorrelação ocorre quando valores de uma variável em uma localização estão sistematicamente relacionados positiva ou negativamente aos valores dessa mesma variável em localizações próximas, violando a hipótese de independência dos erros. A dependência espacial pode se manifestar de diferentes formas, como dependência global, quando padrões similares se repetem em toda a área de estudo, ou local, quando as interações estão restritas a áreas específicas. Modelos a-espaciais, por desconsiderarem essas interações, podem produzir estimativas viesadas ou ineficientes. Em contrapartida, os modelos espaciais incorporam explicitamente essas relações, permitindo uma análise mais robusta e adequada à natureza dos dados geograficamente estruturados (LOONIS, 2018).

Para confirmar a existência de autocorrelação espacial, será utilizado o *I de Moran*, um teste estatístico que mede a aglomeração espacial de uma variável, sendo sua hipótese nula que a distribuição espacial dos dados é aleatória e, portanto, sua rejeição implica a existência de autocorrelação espacial nos dados (SARRIAS, 2020). O *I de Moran* é dado pela seguinte equação:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Na qual, n é o número de observações, x é a variável de interesse e \bar{x} a sua média e w_{ij} é um elemento da matriz de pesos espaciais W , que pode ser confeccionada de diversas maneiras⁵. Nesse estudo será feita com base nas distâncias para os k vizinhos mais próximos.

Aferida a existência de autocorrelação espacial, é necessário descobrir se a autocorrelação é proveniente de variáveis omitidas ou do erro. Para isso, serão realizados testes do multiplicador de Lagrange para a defasagem (LM-Lag), que detecta se a autocorrelação espacial surge da omissão de variáveis defasadas espacialmente, e para o erro (LM-Erro), que detecta omissão de processo espacial autorregressivo do termo de erro. Essa distinção é importante para a escolha do modelo espacial a ser utilizado, sendo a estatística de teste LM-Lag significativa indicando que o modelo SAR (*Spatial Autorregressive Model*) é apropriado; se a estatística de teste LM-Erro for significativa, isso indica que o modelo SEM (*Spatial Error Model*) é adequado (SARRIAS, 2020). Caso ambas as estatísticas sejam significativas, Sarrias (2020) afirma que se deve utilizar o modelo referente à maior estatística

⁵ Os principais tipos incluem a matriz binária contígua, que indica adjacência entre áreas; a matriz baseada na distância, que atribui pesos conforme a proximidade geográfica; e a matriz k -vizinhos mais próximos, que considera um número fixo de vizinhos mais próximos.

de teste ou optar por um modelo mais abrangente que inclua ambos os casos de autocorrelação espacial, como o SDM (*Spatial Durbin Model*), pois além de incluir os efeitos defasados da variável dependente, o modelo captura os *spillovers* das variáveis explicativas, ou seja, como mudanças locais em variáveis explicativas impactam regiões vizinhas. Os modelos espaciais serão estimados por máxima-verossimilhança.

O modelo SAR inclui na regressão linear um termo de defasagem espacial da variável dependente conforme a matriz de pesos pré-estabelecida, assim incluindo no modelo o efeito de propagação espacial da variável dependente (no caso desse estudo, o efeito do preço dos imóveis próximos no preço do imóvel). Sendo assim, para o caso linear: $Y = \beta_0 + \rho WY + X\beta + \varepsilon$, na qual, Y é a variável dependente, β_0 é o intercepto, β são os coeficientes das variáveis explicativas X , ε é o termo de erro, W é a matriz de pesos pré-estabelecida e ρ é o coeficiente de dependência espacial que varia de -1 a 1 (quando igual a 0 representa a inexistência de dependência espacial na variável dependente e retorna o modelo linear).

O modelo SEM introduz na regressão linear um componente de autocorrelação espacial nos erros, conforme a matriz de pesos pré-estabelecida, permitindo capturar efeitos espaciais não modelados diretamente nas variáveis explicativas. Isso significa que, no contexto deste estudo, o modelo SEM considera que fatores não observados que influenciam o preço de um imóvel estão correlacionados espacialmente, refletindo, por exemplo, características comuns entre imóveis próximos que não foram incluídas como variáveis independentes. Assim, para o caso linear, o SEM tem a seguinte forma: $Y = \beta_0 + X\beta + \lambda W\mu + \varepsilon$, na qual, Y é a variável dependente, β_0 é o intercepto, β são os coeficientes das variáveis explicativas X , ε é o termo de erro independente, W é a matriz de pesos pré-estabelecida, μ é o erro defasado, e λ é o coeficiente de autocorrelação espacial do erro que varia de -1 a 1 (quando igual a 0 representa a não existência de dependência espacial no erro e retorna o modelo a regressão linear).

O modelo SDM incorpora efeitos defasados tanto na variável dependente quanto nas variáveis explicativas, permitindo capturar diretamente os *spillovers* espaciais. No caso linear, ele segue a seguinte equação: $Y = \beta_0 + \rho WY + X\beta + WX\theta + \varepsilon$, na qual, Y é a variável dependente, β_0 é o intercepto, β são os coeficientes das variáveis explicativas X , ε é o termo de erro independente, W é a matriz de pesos pré-estabelecida, ρ é o coeficiente de dependência espacial, e θ é o coeficiente dos efeitos de *spillover* das variáveis explicativas X .

Os modelos estimados incluem uma regressão linear clássica e três modelos espaciais: o modelo SAR, que incorpora a dependência espacial nos preços dos imóveis; o modelo SEM, que ajusta os erros para capturar influências espaciais não modeladas diretamente; e o modelo SDM, que considera os *spillovers* espaciais das variáveis explicativas, além da defasagem espacial na variável dependente. Essa abordagem metodológica permite uma análise abrangente dos efeitos das APACs e de outras variáveis urbanas nos preços dos imóveis, garantindo maior robustez e precisão nos resultados. A seguir são descritas as formas estruturais dos modelos, a partir do MQO:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Preço}) = & \beta_0 + \beta_1(\text{usableArea}) + \beta_2(\text{bedrooms}) + \beta_3(\text{bathrooms}) + \beta_4(\text{suites}) + \beta_5(\text{parkingSpa}) \\ & + \beta_6(\text{Dist_Centr}) + \beta_7(\text{InAPAC}) + \beta_8(\text{MetroHubDist}) + \beta_9(\text{BRTHubDist}) \\ & + \beta_{10}(\text{FavelaHubDist}) + \beta_{11}(\text{LazerHubDist}) + \beta_{12}(\text{SaudeEduHubDist}) \\ & + \beta_{13}(\text{ComercServHubDist}) + \varepsilon \end{aligned}$$

A variável dependente do modelo é o logaritmo natural do preço de venda dos imóveis (*Preço*). As variáveis explicativas incluem características estruturais dos imóveis, como *usableArea* (área útil), *bedrooms* (número de quartos), *bathrooms* (número de banheiros), *suites* (número de suítes) e *parkingSpa* (vagas de estacionamento). Também foram incluídas variáveis de localização, como *Dist_Centr* (distância ao centro), e indicadores como *InAPAC*, que identifica se o imóvel está localizado em uma Área de Proteção do Ambiente Cultural. Além disso, a distância a diversos polos urbanos, como estações de metrô (*MetroHubDist*), BRT (*BRTHubDist*), favelas (*FavelaHubDist*), áreas de lazer (*LazerHubDist*) e centros de

saúde e educação (*SaudeEduHubDist*), é considerada, bem como a proximidade a comércios e serviços (*ComercServHubDist*).

No modelo SAR, a dependência espacial dos preços dos imóveis é incorporada por meio da matriz de pesos espaciais W , que captura a influência dos preços de imóveis vizinhos sobre o preço do imóvel analisado. Assim, além das variáveis explicativas utilizadas na regressão linear clássica, o modelo inclui o termo $\rho W \ln(\text{Preço})$, em que ρ é o coeficiente que mede a intensidade dessa dependência espacial. Isso permite analisar como os preços se propagam geograficamente, refletindo tanto externalidades positivas quanto negativas. A forma estimada do modelo SAR é descrita a seguir:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Preço}) = & \rho W \ln(\text{Preço}) + \beta_0 + \beta_1(\text{usableArea}) + \beta_2(\text{bedrooms}) + \beta_3(\text{bathrooms}) + \beta_4(\text{suites}) \\ & + \beta_5(\text{parkingSpa}) + \beta_6(\text{Dist_Centr}) + \beta_7(\text{InAPAC}) + \beta_8(\text{MetroHubDist}) \\ & + \beta_9(\text{BRTHubDist}) + \beta_{10}(\text{FavelaHubDist}) + \beta_{11}(\text{LazerHubDist}) \\ & + \beta_{12}(\text{SaudeEduHubDist}) + \beta_{13}(\text{ComercServHubDist}) + \varepsilon \end{aligned}$$

O modelo SEM considera que a dependência espacial está associada ao termo de erro u , que é ajustado para capturar fatores não observados, mas que têm uma estrutura espacial definida. Nesse caso, o termo de erro é definido como $u = \lambda W u + \varepsilon$, em que λ indica a intensidade da autocorrelação espacial nos resíduos. As variáveis explicativas permanecem as mesmas da regressão linear, mas o ajuste no termo de erro permite lidar com influências espaciais não diretamente modeladas pelas variáveis. A forma estimada do modelo SEM:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Preço}) = & \beta_0 + \beta_1(\text{usableArea}) + \beta_2(\text{bedrooms}) + \beta_3(\text{bathrooms}) + \beta_4(\text{suites}) + \beta_5(\text{parkingSpa}) \\ & + \beta_6(\text{Dist_Centr}) + \beta_7(\text{InAPAC}) + \beta_8(\text{MetroHubDist}) + \beta_9(\text{BRTHubDist}) \\ & + \beta_{10}(\text{FavelaHubDist}) + \beta_{11}(\text{LazerHubDist}) + \beta_{12}(\text{SaudeEduHubDist}) \\ & + \beta_{13}(\text{ComercServHubDist}) + u \\ & u = \lambda W u + \varepsilon \end{aligned}$$

Por fim, o modelo SDM expande o SAR ao incluir os efeitos espaciais das variáveis explicativas por meio do termo $\sum_{i=1}^{13} \theta_i W X_i + \varepsilon$, que representa os *spillovers* das características dos imóveis e do ambiente urbano. Isso significa que, além do preço dos imóveis vizinhos influenciar o preço do imóvel analisado, as características dos imóveis e da localização nos arredores também impactam os preços. A equação a seguir descreve sua forma funcional:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Preço}) = & \rho W \ln(\text{Preço}) + \beta_0 + \beta_1(\text{usableArea}) + \beta_2(\text{bedrooms}) + \beta_3(\text{bathrooms}) + \beta_4(\text{suites}) \\ & + \beta_5(\text{parkingSpa}) + \beta_6(\text{Dist_Centr}) + \beta_7(\text{InAPAC}) + \beta_8(\text{MetroHubDist}) \\ & + \beta_9(\text{BRTHubDist}) + \beta_{10}(\text{FavelaHubDist}) + \beta_{11}(\text{LazerHubDist}) \\ & + \beta_{12}(\text{SaudeEduHubDist}) + \beta_{13}(\text{ComercServHubDist}) + \theta_1 W \text{usableArea} \\ & + \theta_2 W \text{bedrooms} + \theta_3 W \text{bedrooms} + \theta_4 W \text{bathrooms} + \theta_5 W \text{suites} + \theta_6 W \text{parkingSpa} \\ & + \theta_7 W \text{Dist_Centr} + \theta_8 W \text{InAPAC} + \theta_9 W \text{MetroHubDist} + \theta_{10} W \text{BRTHubDist} \\ & + \theta_{11} W \text{FavelaHubDist} + \theta_{12} W \text{SaudeEduHubDist} + \theta_{13} W \text{ComercServHubDist} + \varepsilon \end{aligned}$$

3 Resultados

Na tabela 1 estão representadas as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas na análise. Os imóveis na base de dados têm, em média, preço de venda de R\$ 1.152.906,82, área útil de 124,77m², 3 quartos, 2 banheiros, 1 suíte e uma vaga de estacionamento. Além disso, estão localizados, em média, a 15 km do centro da cidade, 6,5 km da APAC mais próxima, 6 km da estação de metrô mais próxima, 3 km da estação de BRT mais próxima, 14 km da estação de VLT mais próxima, menos de 1 km da favela mais próxima, menos de 500 m da área de lazer ou área de serviços mais próxima e a um pouco mais de 500 m da área de saúde ou educação mais próxima. Finalmente, dentre os imóveis contidos na base de dados, 7% estão dentro de uma APAC.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis do modelo

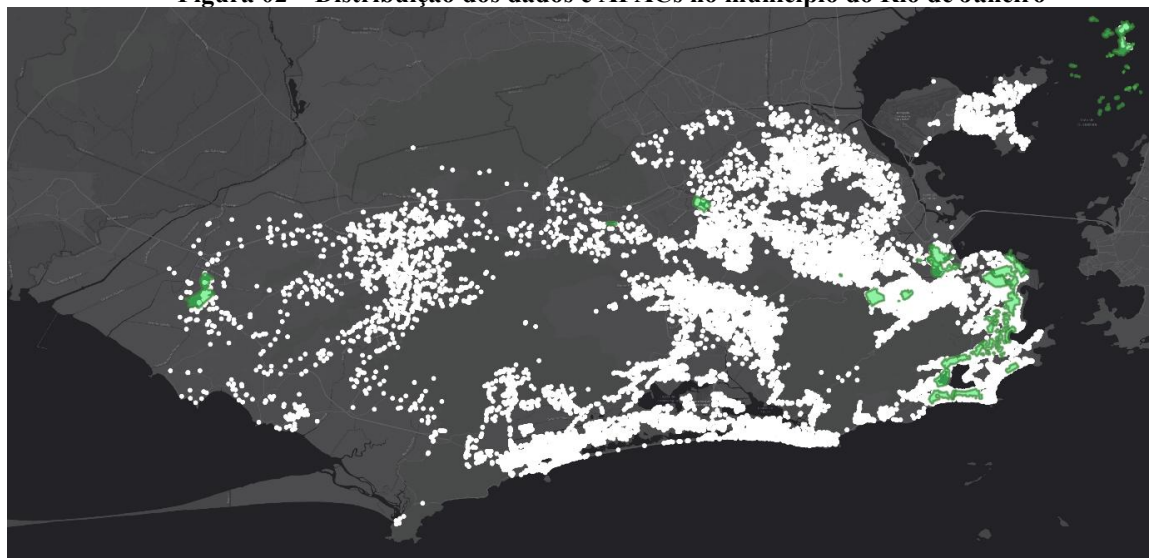
Variáveis	Média	Mediana	DP	Mínimo	Máximo
Preço (R\$)	1.152.906,82	750.000,00	1.087.077,05	15.000,00	6.900.000,00

Área útil (M ²)	124,77	91,00	94,24	10,00	1.000,00
Quartos	2,66	3,00	0,91	0,00	6,00
Banheiros	2,38	2,00	1,29	0,00	7,00
Suítes	1,11	1,00	1,06	0,00	5,00
Vagas de garagem	1,35	1,00	0,97	0,00	6,00
Distância centro (Km)	15,48	15,02	9,78	0,31	53,29
Distância APAC (Km)	6,55	5,72	5,77	0,01	20,65
Pertence a APAC	0,07	0,00	0,26	0,00	1,00
Distância Metrô (Km)	5,88	2,84	6,46	0,007	39,57
Distância BRT (Km)	3,43	2,60	3,07	0,01	15,97
Distância VLT (Km)	14,17	13,26	9,49	0,007	51,40
Distância Favela (Km)	0,85	0,66	0,72	0,01	4,91
Distância Lazer (Km)	0,41	0,35	0,28	0,002	3,30
Distância Saúde	0,58	0,46	0,48	0,004	7,98
Distância Comércio/	0,46	0,38	0,36	0,0007	5,87

Fonte: elaboração própria a partir das fontes de dados indicadas.

Na figura 2, estão representadas as observações individuais geolocalizadas (pontos brancos) e as áreas das APACs (áreas verde-claro) dentro do município do Rio de Janeiro.

Figura 02 – Distribuição dos dados e APACs no município do Rio de Janeiro



Fonte: elaboração própria por meio do software *QGis*.

Os coeficientes de correlação de Pearson e os fatores de inflação de variância das variáveis (VIF) estão representados na Tabela 02. A Correlação de Pearson permite observar a magnitude e direção da relação linear entre duas variáveis, seu coeficiente varia de -1 a 1: quanto mais afastado de 0 a variável maior a sua correlação linear com a variável de interesse. A VIF é uma estatística que permite observar a multicolinearidade entre as variáveis em modelos de regressão, ou seja, ela mede a correlação entre duas variáveis supostamente independentes. Quanto maior o seu valor maior o grau de multicolinearidade presente.

Tabela 2 – Correlação de Pearson e VIF das variáveis

	Preço (Log)	VIF
Área Útil (M ²)	0,6620	2,6966
Quartos	0,6098	2,3035
Banheiros	0,6162	3,3436
Suítes	0,6085	2,9597
Vagas de garagem	0,5432	2,5215
Distância Centro (M)	-0,0946	783,6889 (11,661889)
Pertence APAC	0,1125	1,1853

Distância Metrô (M)	-0,2318	9,6202
Distância BRT (M)	0,2312	2,9487
Distância VLT (M)	-0,0650	724,0575
Distância Favela (M)	0,3683	1,3747
Distância Lazer (M)	-0,1589	1,1057
Distância Saúde/Educação (M)	0,1683	1,4544
Distância Comércio/Serviços (M)	-0,0832	1,1047

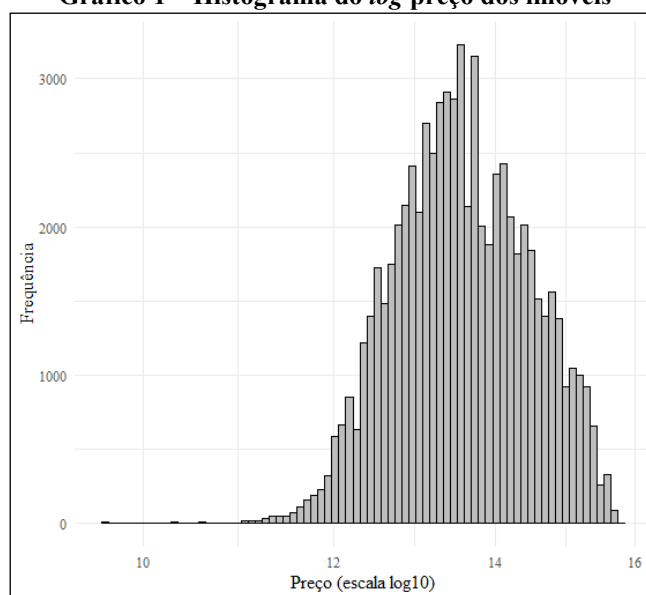
Fonte: elaboração própria a partir das fontes de dados indicadas.

Os coeficientes de correlação de Pearson demonstram forte correlação entre as características do imóvel e o seu preço, todas com influência positiva conforme aumentam. As variáveis de distância apresentam correlações mais fracas e em sentidos mais variados, sendo as menores correlações com a distância à estação de VLT mais próxima, o que é provavelmente causado por sua concentração no centro da cidade, e com a distância à área de comércio ou serviços mais próxima. Por outro lado, as maiores correlações de distância ocorrem com a distância à favela, indicando que os moradores da cidade estão dispostos a pagar um maior preço para viver mais longe dessas, e com os meios de transporte do BRT e do Metrô, porém com sinais invertidos, fruto das localizações das estações dos dois meios, sendo o BRT mais presente na periferia enquanto as estações de metrô estão presentes no centro e na Zona Sul, regiões mais ricas e com maiores preços de imóveis na cidade. Vale ressaltar o valor positivo do coeficiente para a variável de pertencimento a APAC, dando indícios da existência de influência positiva sobre os preços devido à política.

Por fim, a VIF das variáveis apontou a existência de multicolinearidade entre as variáveis de distância ao centro e as estações de VLT. Isso ocorreu devido à existência desse modal de transporte apenas no centro da cidade. No intuito de inibir problemas de multicolinearidade, a variável de distância à estação de VLT mais próxima foi excluída. Após a exclusão da variável de distância ao VLT, a VIF foi recalculada, reduzindo para a variável da distância ao centro de 783 para 11. Mesmo com essa redução, valores acima de 10 sugerem multicolinearidade, o que pode vir a afetar os resultados obtidos.

No gráfico 1, pode-se observar a distribuição quase normal da variável dependente preço dos imóveis após a transformação logarítmica. O desvio da normalidade pode colocar em questão alguns dos resultados de testes, como o teste *t de Student*, portanto serão realizados testes adicionais para avaliar a robustez dos modelos estimados.

Gráfico 1 – Histograma do *log* preço dos imóveis



Fonte: elaboração própria a partir das fontes de dados indicadas.

3.1 Modelos estimados

Primeiramente, foi estimado um modelo de regressão simples, cujos resultados estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que todos os coeficientes são estatisticamente significativos, o que implica que cada variável contribui de forma relevante para a explicação do preço dos imóveis. O valor do R^2 é 0,7622, indicando que 76,22% da variabilidade nos preços (em escala logarítmica) é explicada pelas variáveis independentes incluídas no modelo. O valor de p do F -teste confirma a adequação estatística geral do modelo. Os resultados das variáveis explicativas seguem conforme a literatura, com as características internas dos imóveis tendo influências positivas sobre o seu preço, já as variáveis locais apresentam resultados mais divergentes, como influência positiva nos preços conforme distância do centro da cidade (o oposto do previsto por von Thünen)⁶. Ademais, o modelo demonstrou influência positiva da proximidade a estações do metrô e o oposto a estações do BRT, uma provável consequência de o BRT, na cidade do Rio de Janeiro ser um modal instalado primariamente na periferia, sem uma estação na zona sul, área mais nobre (o oposto ocorre com o metrô, cujas estações estão presentes por toda essa região). Além disso, fica clara a preferência por imóveis mais distantes das favelas, algo já confirmado por Nadalin (2010) em São Paulo, e a influência positiva da proximidade a áreas de comércio e serviços ou de lazer. A influência negativa da proximidade a áreas de saúde e educação pode ser causada por uma maior concentração destas em regiões de menor renda da cidade. Por fim, a variável de interesse para esse estudo, a *dummy* de pertencimento a uma APAC, apresenta a maior influência positiva dentre as variáveis, representando um aumento de aproximadamente 26,6%⁷ no preço de imóveis dentro de uma APAC, *ceteris paribus*.

Tabela 3 – Modelo de Regressão Simples (Mínimos Quadrados Ordinários)

Variável	Preço (Log)
Intercepto	11,7680 ***
Área Útil	0,0021 ***
Quartos	0,1778 ***
Banheiros	0,0360 ***
Suítes	0,1923 ***
Vagas de Garagem	0,1177 ***
Distância Centro	0,0288 ***
Pertence APAC	0,2359 ***
Distância Metro	-0,0542 ***
Distância BRT	0,1093 ***
Distância Favela	0,2157 ***
Distância Lazer	-0,1398 ***
Distância Saúde/Educação	0,1565 ***
Distância Comércio/Serviços	-0,2362 ***
R²	0,7452
Estatística F	17100
Prob > F	0,0000

Fonte: elaboração própria. *** Significante a 1%; ** Significante a 5%; * Significante a 10%.

⁶ Essa divergência pode estar relacionada a uma realidade da cidade na qual o centro de negócios teorizado por von Thünen não se aplica mais ao bairro do Centro, seja por este não ser mais o centro de negócios, pela existência de outros centros de negócios alternativos ou até pelo centro de negócios não ser mais um atrativo para os consumidores como era em sua teoria. Por outro lado, vale ressaltar também a presença de multicolinearidade entre as variáveis de distância ao centro e distância ao metrô, o que pode estar afetando os resultados.

⁷ Devido a transformação logarítmica do preço, a variação percentual do preço é dada por: $(e^{\text{coeficiente}} - 1) \times 100$, nesse caso: $(e^{0,2359} - 1) \times 100 \approx (1,266 - 1) \times 100 \approx 26,6\%$.

Posteriormente foram realizados os testes do *I de Moran* e do multiplicador de Lagrange para confirmar a existência de dependência espacial e se esta é proveniente de variáveis omitidas ou do termo de erro. Todos os testes foram realizados a partir de uma matriz de pesos utilizando a distância dos 15 vizinhos mais próximos. Essa foi a matriz escolhida devido à existência de áreas da cidade com menor frequência de lançamentos imobiliários, como a Ilha de Paquetá, assim como devido às limitações de capacidade computacional relacionada ao alto número de observações. A tabela 4 expõe as estatísticas do *I de Moran* e dos testes LM, todas foram significativas a 1%, corroborando a hipótese de dependência espacial e apontando a sua existência à variável dependente e ao termo de erro. Como não foi excluída a possibilidade de dependência espacial em nenhum dos termos, a escolha de modelo será realizada por meio do critério de informação de Akaike (AIC)⁸.

Tabela 4 – Diagnóstico de dependência espacial

Estatística de teste	
I de Moran	0,7857 ***
LM (Lag)	74567 ***
Robust LM (Lag)	4310,5 ***
LM (Erro)	237668 ***
Robust LM (Erro)	167411 ***
LM (SARMA)	241978 ***

Fonte: elaboração própria. *** Significante a 1%; ** Significante a 5%; * Significante a 10%.

A tabela 5 evidencia a superioridade dos modelos espaciais em comparação ao modelo linear. Entre os modelos espaciais, as melhores performances foram apresentadas pelos modelos SAC, SEM e SDM, sendo os dois últimos os melhores modelos e os que serão explorados a seguir.

Tabela 5 – Critérios de Informação

Modelo	AIC
OLS	78990,66
SAR	30227,00
SEM	10029
SDM	9169,1

Fonte: elaboração própria.

A tabela 6 expõe os resultados dos modelos espaciais SDM e SEM. Todas as estimativas foram significativas ao nível de 1%, com exceção do coeficiente do *lag* da Distância Comércio/Serviços no modelo SDM, que foi significativo a 5%, e do coeficiente da *dummy* de pertencimento a APAC no modelo SEM - que foi significativo a 10%.

Tabela 6 – Modelos espaciais

Variável	SDM	SEM
Intercepto	1,5864 *** (0,0244)	11,7860 *** (0,0315)
Área Útil	0,0023 *** (0,0000)	0,0023 *** (0,0000)
Área Útil (Lag)	-0,0021 *** (0,0000)	
Quartos	0,1673 *** (0,0017)	0,1671 *** (0,0017)
Quartos (Lag)	-0,1384 *** (0,0034)	
Banheiros	0,0233 *** (0,0012)	0,0236 *** (0,0013)
Banheiros (Lag)	-0,0132 *** (0,0033)	

⁸ O Critério de Informação de Akaike (AIC) é uma métrica utilizada para avaliar a qualidade de modelos estatísticos, levando em consideração tanto a precisão do ajuste quanto a simplicidade do modelo. A fórmula do AIC é dada por: $AIC = -2\log(\ell) + 2k$ onde ℓ é a log-verossimilhança maximizada do modelo e k é o número de parâmetros no modelo. Modelos com valores menores de AIC são preferidos, pois indicam uma melhor combinação entre ajuste e parcimônia, evitando problemas como sobreajuste (AKAIKE, 1974).

Suítes	0,0640 *** (0,0017)	0,0639 *** (0,0017)
Suítes (Lag)	-0,0190 *** (0,0025)	
Vagas de Garagem	0,1009 *** (0,0016)	0,1018 *** (0,0016)
Vagas de Garagem (Lag)	-0,0910 *** (0,0034)	
Distância Centro	-0,0055 *** (0,0007)	0,0456 *** (0,0026)
Distância Centro (Lag)	0,0096 *** (0,0007)	
Pertence APAC	-0,0475 *** (0,0131)	-0,0187 * (0,0110)
Pertence APAC (Lag)	0,0852 *** (0,0139)	
Distância Metro	0,0174 *** (0,0022)	-0,0728 *** (0,0036)
Distância Metro (Lag)	-0,0246 *** (0,0022)	
Distância BRT	0,0046 *** (0,0007)	0,1129 *** (0,0034)
Distância BRT (Lag)	0,0117 *** (0,0009)	
Distância Favela	0,0846 *** (0,0091)	0,1852 *** (0,0099)
Distância Favela (Lag)	-0,0595 *** (0,0091)	
Distância Lazer	-0,0755 *** (0,0054)	-0,1131 *** (0,0129)
Distância Lazer (Lag)	0,0523 *** (0,0055)	
Distância Saúde/Educação	0,0258 *** (0,0024)	0,0861 *** (0,0133)
Distância Saúde/Educação (Lag)	-0,0060 *** (0,0009)	
Distância Comércio/Serviços	-0,0602 *** (0,0111)	-0,1419 *** (0,0122)
Distância Comércio/Serviços (Lag)	0,0288 ** (0,0116)	
Rho (ρ)	0,86262 ***	
Lambda (λ)		0,88777 ***
Log-Verossimilhança	-4555,562	-4998,568

Fonte: elaboração própria. *** Significante a 1%; ** Significante a 5%; * Significante a 10%.

Modelos espaciais violam o pressuposto de independência dos erros, o que inviabiliza o cálculo do R^2 tradicional, já que a dependência espacial interfere na decomposição da variância total em partes explicadas e não explicadas. Como alternativa, recorre-se a métricas baseadas no log-verossimilhança, como o AIC, para avaliar a validade e o ajuste do modelo. Neste caso, o AIC do SDM (9.169,1) e do SEM (10.029) foram substancialmente menores do que o do modelo linear simples (78.990,66), confirmando que a inclusão de dependência espacial melhora o ajuste e captura melhor os padrões nos dados.

O parâmetro ρ , estimado em 0,8626 no modelo SDM, indica um nível elevado de dependência espacial entre as observações, refletindo como o logaritmo natural do preço dos imóveis em uma localização específica é influenciado pelos preços nas áreas vizinhas. Um ρ significativamente diferente de zero (p-valor: $< 2,22e-16$) evidencia a indispensabilidade da inclusão de efeitos espaciais para captar adequadamente as relações entre as variáveis explicativas e os preços dos imóveis. De forma complementar, no modelo SEM o parâmetro λ , estimado em 0,88777 (p-valor: $< 2,22e-16$), mede a dependência espacial nos erros estruturais, indicando como fatores não observados em uma região são influenciados por fatores não observados em regiões vizinhas. Ambos os parâmetros, ρ no SDM e λ no SEM, reforçam a relevância do uso de modelos espaciais – considerar a estrutura espacial subjacente ao mercado imobiliário é fundamental para sua análise. No modelo espacial de Durbin (SDM) são estimados valores para os *lags* espaciais para as variáveis explicativas, ou seja, é estimada a influência que cada variável tem nos preços dos imóveis vizinhos.

Sobre os resultados obtidos e iniciando a análise pelas variáveis relacionadas às características dos imóveis, observa-se que todas têm influência positiva nos preços, sendo a adição de um quarto resultando em um aumento em média de 18,21% no preço do imóvel, o maior entre as variáveis do modelo. Uma vaga adicional custa em média 10,61% a mais ao comprador. A variável de característica do imóvel com menor influência é a área útil, sendo responsável por aumentos de apenas 0,23% em média por metro quadrado adicional, o menor aumento entre as variáveis do modelo. Esse resultado pode ser uma característica do mercado imobiliário na cidade do Rio de Janeiro e pode refletir uma preferência dos consumidores por outras características ao invés desta. Todavia, é importante ressaltar que essa estimativa baixa

pode ter sido causada por uma limitação da base de dados, cujas observações tinham 91 m² de mediana e 124 m² de média para a área útil e, portanto, imóveis acima desses patamares já estariam sofrendo com retornos marginais decrescentes de utilidade. Outra possível causa dessa estimativa seria a entrada incorreta de informações no site da imobiliária, algumas observações tinham valores 999.999.999 m² de área e foram excluídas como *outliers* pela distância de Mahalanobis, mas valores menos destoantes podem não ter sido detectados e podem ter contaminado o modelo. Além disso, chama atenção o fato de que todos os *lags* espaciais das variáveis em questão são negativos, ou seja, o aumento de uma unidade desta variável em um imóvel afetaria os preços dos imóveis vizinhos de forma negativa. Isto pode acontecer devido à comparação entre imóveis próximos. Por exemplo, se existem dois imóveis vizinhos iguais em todos outros aspectos exceto a existência de um quarto a mais em um dos imóveis, então este será mais demandado, enquanto a demanda do imóvel vizinho irá cair, o que será refletido nos preços demandados.

Seguindo para as variáveis espaciais, percebe-se divergências entre os modelos. No SDM, a distância do centro da cidade é um fator negativo para o preço do imóvel, assim como no modelo seminal de von Thünen, representando uma redução de 0,55% no preço médio dos imóveis por quilômetro de distância do centro da cidade. Outra variável que se comportou de maneira distinta ao modelo mais simples foi a distância a estação de metrô, sendo esta positiva, indicando preferência por imóveis afastados das estações. Por outro lado, no modelo SEM, ambas as variáveis se comportaram de maneira similar ao modelo simples. Vale ressaltar, porém, que ambas estas variáveis apresentaram VIFs elevados, o que pode influenciar a sua estimação e gerar essa divergência.

As variáveis de distância ao BRT, a favela, a áreas de saúde e educação, de lazer e de comércio e serviços no SDM apresentaram resultados no mesmo sentido, mas em magnitudes inferiores às do modelo linear e do SEM. Isso pode ser resultado da omissão do *lag* espacial do preço que ocorre tanto no modelo linear quanto no SEM, sendo parte da influência dessa estrutura espacial capturados pelas variáveis de distância, afetando também as variáveis de distância ao centro e a estação de metrô.

A variável de maior interesse para esse estudo, a *dummy* que representa o pertencimento a uma APAC foi significativa apenas a 10% no modelo SEM, mas sua estimativa foi no mesmo sentido que no SDM, mesmo que em menor grau, no qual a variável foi significativa a 1%. Em ambos os modelos o coeficiente foi negativo, demonstrando uma aversão dos compradores a imóveis situados nas APACs, no SDM isso representa uma redução no preço médio de 4,86% enquanto no SEM a redução é de 1,88%. Ademais, o *lag* da variável tem valor positivo e representa a influência positiva nos preços médios dos imóveis da vizinhança do imóvel presente na APAC em 8,89%. Ou seja, as APACs apresentam uma influência negativa nos preços dos imóveis nela inclusos, provavelmente devido às restrições impostas, e uma influência positiva nos preços dos imóveis da vizinhança, seja esse efeito causado pela externalidade positiva de preservação do ambiente cultural, como proposto pela política, ou apenas uma consequência da redução na oferta de imóveis devido às restrições impostas sobre reformas, demolições e novas construções. Essas informações podem ser usadas para avaliar a eficácia da política, sendo importante buscar averiguar as causas do efeito positivo nos preços de imóveis vizinhos para que seja possível comparar as externalidades positivas da política com os efeitos negativos para os proprietários dos imóveis locais e com os aumentos de preços resultantes de reduções na oferta imobiliária.

A identificação de externalidades positivas associadas às APACs nas vizinhanças reforça os pressupostos teóricos de Rosen (1974), que apontam que atributos ambientais e culturais podem ser precificados no mercado imobiliário por meio dos modelos hedônicos. Além disso, os efeitos de valorização observados corroboram a visão de Brueckner et al. (1999), que destacam o papel de amenidades exógenas, como o patrimônio cultural, na

distribuição do valor urbano. Por outro lado, a redução dos preços conforme redução da distância ao centro no SDM diverge dos modelos monocêntricos tradicionais, como o de Alonso-Muth-Mills (AMM). Além disso, os resultados obtidos por meio dos modelos espaciais reforçam as conclusões de Ciarlini (2020), evidenciando a importância de incorporar dependência espacial em análises de preços imobiliários, uma abordagem ainda pouco explorada no contexto brasileiro. Isso complementa a literatura ao demonstrar que os *spillovers* espaciais são fundamentais para entender os impactos de políticas públicas urbanas, como as APACs, e reforça a necessidade de integrar conceitos de dependência espacial ao estudo do mercado imobiliário.

Considerações finais

O estudo teve como objetivo analisar os efeitos das características internas, amenidades urbanas e, de forma pioneira, do pertencimento a uma APAC nos preços dos imóveis da cidade do Rio de Janeiro por meio de modelos lineares e espaciais conforme a metodologia dos preços hedônicos. Foram estimados três modelos estatísticos, uma regressão linear e dois modelos espaciais, SDM e SEM. Todos os modelos tiveram como variável dependente o logaritmo natural do preço de oferta do imóvel.

As estimativas obtidas seguiram em geral os resultados da literatura, sendo as características estruturais dos imóveis todas influências positivas em seus preços, destacando-se a primazia da variável de vagas de estacionamento sobre as demais, o que pode ser resultado do nível de renda maior necessário para a obtenção de um automóvel. Nas variáveis referentes às amenidades urbanas é onde observa-se a principal divergência da literatura com a variável de distância ao centro demonstrando influência positiva conforme aumento da distância no modelo linear e no modelo SEM. As causas dessa divergência podem ser tanto devido às limitações do modelo, relacionadas à existência de multicolinearidade ou à possível divergência entre o CBD e o bairro denominado Centro, que foi usado como base para a variável de distância do centro.

As demais variáveis de distância a amenidades urbanas representam de forma mais uniforme as preferências dos consumidores, sendo clara a influência negativa de proximidade às favelas, resultado do perene problema de insegurança nessas regiões, e a preferência por áreas de lazer, comércio e serviços próximas ao imóvel. Chama a atenção também a influência negativa de proximidade a estações do BRT e a áreas de educação e saúde que poderiam não estar refletindo efetivamente as preferências dos consumidores, mas sim as suas localizações em regiões de menor renda, estando o modal do BRT presente apenas nas regiões periféricas, sem uma estação na Zona Sul, região de maior renda da cidade, enquanto a existência de políticas como as das UPAs que operam em regiões similares também pode estar contribuindo para esse cenário.

Em relação à variável de maior interesse para este trabalho, a *dummy* representando o pertencimento ou não a uma APAC, mesmo não sendo significativa a 5% no modelo SEM a sua estimativa foi similar à do modelo SDM, no qual foi significativa a 1% e, portanto, pode ser analisada. Em ambos os modelos espaciais a *dummy* teve estimativas negativas, ou seja, os consumidores tendiam a preferir imóveis que não pertenciam a APACs, sendo necessários preços inferiores a imóveis similares para atraí-los para a compra dos imóveis pertencentes a essas áreas, na estimativa do modelo SDM esse desconto seria, em média, de 4,86%. Isso permite concluir que as restrições impostas pela política das APACs nos imóveis relevantes são vistas de forma negativa pelos consumidores, que preferem ter a possibilidade de realizar reformas mais extensivas e não serem obrigados a permanecer com fachadas de estilos passados, não podendo personalizar suas residências e, portanto, atuar na criação de uma nova cultura local, ou realizar reformas no intuito de adequar imóveis antigos a padrões de vida

modernos que muitas vezes necessitam de maiores alterações estruturais que seriam restringidas pela regulação, como a implantação de elevadores, e impedindo que novas construções sejam erguidas e, portanto, extinguindo esse tipo de demanda.

Por outro lado, o *lag* espacial da variável *dummy* de pertencimento a APAC possui estimativa positiva e quase o dobro da estimativa da variável em si. Isso significa que o consumidor prefere imóveis próximos a imóveis pertencentes a uma APAC, ou seja, esta variável permite avaliar a externalidade positiva criada pela regulamentação em análise.

Esses efeitos, porém, não podem ser inteiramente atribuídos a essa política. Outro fator importante que pode impactar essa estimativa é a concentração geográfica das APACs em regiões de maior renda, o que pode resultar em uma atenuação da influência negativa da política nos imóveis em si (em média, os imóveis pertencentes a uma APAC são mais caros do que aqueles que não pertencem a uma APAC⁹). Outro fator que pode influenciar essas estimativas é o aumento da escassez imobiliária por conta das restrições de construção das APACs, o que pode reduzir a oferta de imóveis na área e, conseqüentemente, inflar os preços médios na região e causar as conseqüências expostas anteriormente.

Finalmente, os modelos estimados evidenciam o efeito negativo na demanda por imóveis pertencentes a APACs, provavelmente devido às restrições impostas, e efeito positivo na demanda por imóveis vizinhos, potencialmente porque seus moradores podem usufruir em parte da preservação cultural proporcionada pela APAC sem ter de contribuir para esta, permanecendo alheios às restrições impostas nos imóveis contidos nela. Com essas informações se adiciona mais um vetor de análise a essa política, sendo agora necessário avaliar se o detrimento causado aos habitantes de imóveis pertencentes às APACs é ou não superado pelos ganhos de valorização dos imóveis vizinhos, seja essa valorização um resultado da preservação cultural da área, como é o objetivo da política, ou apenas uma conseqüência da redução na oferta de imóveis resultante das restrições impostas. Finalmente, cabe analisar se esta política está de fato cumprindo seu objetivo de preservação cultural de maneira mais eficaz do que a política mais antiga do tombamento – ou se apenas se tornou uma forma de obstruir a construção de novos imóveis no intuito de preservar a escassez imobiliária da cidade e garantir a valorização de imóveis como ativo de investimento, em detrimento do desenvolvimento de uma cidade mais densa, moderna e com menor custo de vida.

Este trabalho abre espaço para diversas linhas de investigação futura. Primeiramente, estudos adicionais poderiam explorar os efeitos das Áreas de Proteção do Ambiente Cultural (APACs) em comparação aos efeitos da política de tombamento, averiguando suas similaridades e divergências. Além disso, modelos de múltiplos centros poderiam investigar mais a fundo os resultados obtidos sobre a influência da distância ao centro da cidade e averiguar se esta continua de fato exercendo o impacto postulado por von Thünen ou se evoluções mais recentes mudaram este paradigma na cidade. Por fim, investigações futuras poderiam expandir o uso de técnicas espaciais, como modelos de interação espacial ou aprendizado de máquina, para capturar com maior precisão os efeitos de políticas urbanas em mercados imobiliários complexos.

Referências

ALONSO, W. *Location and land use: toward a general theory of land rent*. 6th ed. Cambridge: Harvard University Press, 1977.

⁹ A média dos preços de imóveis não pertencentes a uma APAC é de R\$ 1.122.944,00 enquanto a dos pertencentes é de R\$ 1.543.970,00; uma diferença de R\$ 421.026,00. A diferença entre as medianas não é menos acentuada, sendo a mediana dos imóveis fora das APACs de R\$ 730.000,00 e a dos imóveis dentro de R\$ 1.200.000,00; uma diferença de R\$ 470.000,00.

- ARAÚJO, R. A. de. **Identidades e territórios culturais**: subsídios para a Área de Proteção do Ambiente Cultural de São Cristóvão. 2018. Dissertação (Mestrado em Preservação e Gestão do Patrimônio Cultural das Ciências e da Saúde) – Casa de Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2018.
- ARNOTT, R. J.; MACKINNON, J. G. Measuring the costs of height restrictions with a general equilibrium model. *Regional Science and Urban Economics*, v. 7, n. 4, p. 359–375, nov. 1977.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control*, v. 19, n. 6, p. 716–723, dez. 1974.
- BERTAUD, A.; BRUECKNER, J. K. Analyzing building-height restrictions: predicted impacts and welfare costs. *Regional Science and Urban Economics*, v. 35, n. 2, p. 109–125, mar. 2005.
- BRUECKNER, J. K. Chapter 20 The structure of urban equilibria: A unified treatment of the muth-mills model. Em: **Handbook of Regional and Urban Economics**. [s.l.] Elsevier, 1987. v. 2p. 821–845.
- BRUECKNER, J. K.; ZENOU, Y. Why is central Paris rich and downtown Detroit poor? An amenity-based theory. *European Economic Review*, v. 43, n. 1, p. 91–107, 1999..
- CARLOS, C. A. S. L. **Áreas de Proteção do Ambiente Cultural (Apac)**: da idealização à banalização do patrimônio cultural carioca. 2006. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, Rio de Janeiro, 2006.
- CIARLINI, M. G. C. **Precificação hedônica de imóveis locáveis no Recife (2019)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2020.
- HERMANN, B. M.; HADDAD, E. A. Mercado imobiliário e amenidades urbanas: a view through the window. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 35, n. 2, p. 237–269, jun. 2005.
- HSIEH, C.-T.; MORETTI, E. Why Do Cities Matter? Local Growth and Aggregate Growth. *SSRN Electronic Journal*, 2015.
- INSTITUTO RIO PATRIMÔNIO DA HUMANIDADE (IRPH). **Guia das APACs**. [s.l.] IRPH, 2015.
- LOONIS, Vincent et al. **Handbook of Spatial Analysis: Theory and Application with R**. Montrouge, Paris: Insee Méthodes, 2018. (Insee Méthodes, n. 131, out. 2018).
- MILLS, E. S. **Studies in the structure of the urban economy**. Baltimore: Published for Resources for the Future by Johns Hopkins Press, 1972.
- MUTH, R. F. **Cities and housing: the spatial pattern of urban residential land use**. 4th ed. Chicago: University of Chicago Press, 1975.
- NADALIN, V. G. **Três ensaios sobre economia urbana e mercado de habitação em São Paulo**. Tese (Doutorado em Teoria Econômica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- ROSEN, S. Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, v. 82, n. 1, p. 34–55, jan. 1974.
- SARRIAS, M. *Notes on Spatial Econometrics*. Universidad de Talca, 2020
- THÜNEN, J. H. von. **Isolated state** : an English edition of Der isolierte Staat. Oxford: Pergamon Press, 1966.
- WHEATON, W. C. A comparative static analysis of urban spatial structure. *Journal of Economic Theory*, v. 9, n. 2, p. 223–237, out. 1974.