

O potencial de mercado dos municípios da região Sudeste do Brasil: uma avaliação do índice de acessibilidade¹

RESUMO

Neste trabalho é desenvolvido um índice de acessibilidade, aplicado à região Sudeste do Brasil. O índice considera os modais de transporte existentes, bem como as proximidades dos municípios com um grande mercado consumidor. O modelo teórico-empírico teve como objetivo explicar as variações no IDHM, resultante, em particular, de mudanças no índice de acessibilidade. Com o uso do método de análise exploratória de dados espaciais e de regressão com lag espacial, os resultados mostraram que a acessibilidade tem papel importante na melhoria do IDHM. Quanto melhor o acesso aos grandes mercados, mais oportunidades são alcançadas pela população dos municípios menores. Esse indicador capta os efeitos dos investimentos em infraestrutura de transporte, elemento essencial para a promoção do desenvolvimento econômico. Os estados de São Paulo e Minas Gerais foram aqueles que apresentaram os melhores desempenhos na evolução da acessibilidade. Consequentemente, foram também os estados com as maiores taxas de variação do IDHM.

PALAVRAS-CHAVE: Índice de acessibilidade, Potencial de Mercado, Análise espacial.

Renilson Rodrigues da Silva

renilsonsilva@ufsj.edu.br

Universidade Federal de São João del-Rei. São João del-Rei. Minas Gerais. Brasil.

Luiza Marielly Bandeira Caires

luizamari100@gmail.com

Universidade Federal de São João del-Rei. São João del-Rei. Minas Gerais. Brasil.

Gilberto Joaquim Fraga

gifraga@uem.br

Universidade Estadual de Maringá. Maringá. Paraná. Brasil.

¹ Trabalho desenvolvido com o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

1 INTRODUÇÃO

A região Sudeste do Brasil, formada pelos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo ocupa uma área de apenas 10,9% do território nacional. Em contraste, produz acima de 50% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Em 2017, último dado disponível, a região Sudeste produziu 53% do PIB, com uma população de 42% do total nacional (IBGE, 2019). Nessa região estão localizados os maiores centros urbanos do país, conseqüentemente, o maior mercado consumidor. Esses grandes centros urbanos atraem a população em busca de oportunidades e acesso a bens e serviços. As empresas, buscando otimizar seus resultados financeiros e maior proximidade com o mercado consumidor, são também atraídas. Segundo os preceitos da Nova Geografia Econômica (NGE), esses movimentos correspondem às atuações das forças centrípeta, tornando esses centros cada vez maiores (FUJITA; THISSE, 2013). Entretanto, esse aumento populacional faz com que o preço do espaço geográfico fique mais dispendioso. Assim, empresas e pessoas se deslocam para regiões mais afastadas dos grandes centros, mostrando os efeitos das forças centrífugas. Sob tais condições, a qualidade de vida da população piora ou melhora? Os investimentos em infraestrutura de transporte contribuem para o crescimento da economia, porém, em que medida gera efeitos no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M)?

A região Sudeste do Brasil é composta por 1.668 municípios. Entre eles, merecem destaque São Caetano do Sul-SP, Águas de São Pedro-SP e Vitória-ES os quais registraram os maiores Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) da região Sudeste (PNUD et al., 2013). No entorno desses municípios, os IDH's apresentam diferenças substanciais. Nesse sentido, faz-se necessário compreender se as diferenças nos indicadores estão relacionadas aos investimentos em infraestrutura, ou se apenas pela proximidade com outros centros urbanos. Os investimentos em infraestrutura de transporte promovem o crescimento econômico, conforme aponta Cruz et al. (2010) e a conseqüente elevação do IDHM (BERTUSSI; ELLERY JUNIOR, 2012). Estando mais bem dotado de infraestrutura de transporte, um município tem mais facilidades de acesso ao mercado consumidor, podendo melhorar seus indicadores socioeconômicos. Apesar da importância de acesso aos mercados, não há muitos trabalhos na literatura nacional que usem essa variável para explicar o crescimento/desenvolvimento econômico. O fato é que se trata de um indicador que precisa ser desenvolvido. Nos trabalhos de Souza et al.(2010) e Silva e Bacha (2014) os autores desenvolvem e fazem aplicações da acessibilidade aos mercados consumidores.

Souza et al.(2010) desenvolvem e aplicam o indicador de acessibilidade para as macrorregiões brasileiras. Apesar do índice contemplar a distância entre as regiões, considera apenas o modal rodoviário e somente com rodovias pavimentadas. Silva e Bacha (2014), por sua vez, desenvolvem e aplicam um índice de acessibilidade para a região Norte. Nesse trabalho, os autores consideram todos os modais de transporte existentes, bem como as ligações entre todos os municípios. Por essa razão, aplicou-se neste trabalho o indicador desenvolvido por Silva e Bacha (2014) à região Sudeste do Brasil. Entretanto, esse indicador é ajustado à realidade da região Sudeste. O modal de transporte considerado é apenas o rodoviário, mas incorpora no índice as vantagens dos modais disponíveis em cada município. Além disso, esse índice é construído considerando as ligações dos 1668 municípios da

região com suas respectivas regiões metropolitanas. A diferença adicional é que esse índice é aplicado para verificar se há, ou não, efeitos da infraestrutura sobre o IDHM dos municípios da região Sudeste do Brasil. Assim, além de uma abordagem diferenciada, contribuindo com a literatura, essa pesquisa produz resultados importantes para o desenvolvimento econômico do país. Tais resultados podem ser usados pelo poder público. O indicador permite a identificação, ranqueada, dos municípios que mais precisam de investimentos em infraestrutura de transporte e o consequente efeito no IDHM.

Dessa forma, o objetivo central desse trabalho é desenvolver um índice de acessibilidade para os municípios da região Sudeste do Brasil. O intuito é verificar o efeito que a infraestrutura de transporte exerce sobre o IDHM. Paralelamente, identificar quais forças de aglomeração são predominantes sobre o IDHM, se os efeitos das forças centrípetas, ou centrífugas. Os indicadores socioeconômicos dos municípios diferem muito entre si, sobretudo em relação às maiores aglomerações urbanas. Isso posto, espera-se que esses grandes centros urbanos tenham influência sobre seus vizinhos, tanto pelas forças centrípetas como centrífugas. Para atingir tais objetivos, desenvolve-se a rede de transporte usando SIG (Sistema de Informação Geográfica). Depois, faz-se a análise dos dados espaciais e aplica-se os modelos de econometria espacial. Com essa finalidade, a fundamentação teórica é explicitada na próxima seção. Na seção seguinte, são apresentadas as variáveis utilizadas, origem dos dados e a modelagem aplicada. Na seção 4, apresenta-se os resultados e discute-se para concluir o trabalho na seção 5.

2 A NOVA GEOGRAFIA ECONOMICA E OS MERCADOS POTENCIAIS

As abordagens da Nova Geografia Econômica (NGE), sobretudo no que se refere às aglomerações, embasam o tratamento feito neste estudo. Como se trata de um campo de pesquisa relativamente novo, cabe discorrer, sinteticamente, sobre sua evolução.

2.1 Da geografia econômica clássica à Nova Geografia Econômica

O desenvolvimento econômico não é alcançado de forma homogênea em um território, conforme mostra a literatura. Em alguns aspectos, a localização finda sendo elemento determinante no desenvolvimento de uma localidade. Uma região para se desenvolver, necessita de componentes econômicos fundamentais, entre eles, a atração de empresas, por exemplo. A teoria da localização tenta explicar a localização de empresas no espaço geográfico. Desde a obra precursora de Von Thunen (1826), a teoria da localização evoluiu bastante, até chegar na chamada Nova Geografia Econômica (NGE).

Fujita, Krugman e Venables (1999) despontam como os principais autores da NGE e trazem, a partir de 1990, a discussão sobre as desigualdades do desenvolvimento econômico. A NGE estuda os padrões de aglomeração/dispersão das atividades em uma economia resultante de fatores de segunda natureza. Esses fatores incluem economias externas puras, densidade do mercado de trabalho e implicações do tamanho do mercado. O modelo sugere que, na existência de custos de transporte mais baixos e retornos crescentes de escala, a própria movimentação econômica local passa a exercer forças que atraem mais firmas.

Essas forças que dependem da atividade econômica são denominadas de segunda natureza. As forças que dependem apenas da própria natureza, como a fertilidade do solo, são classificadas como de primeira natureza.

2.2 Variáveis de primeira e segunda natureza

A NGE propõe a categorização de variáveis que explicam as aglomerações e o consequente desenvolvimento econômico em determinadas regiões. As variáveis que afetam tais movimentos podem ser classificadas como de primeira, ou de segunda natureza. De um lado, aquelas que são inerentes à geografia local são denominadas de variáveis de primeira natureza. Características como solos mais férteis e climas que propiciem um bom desenvolvimento da agropecuária, são exemplos de variáveis consideradas de primeira natureza. De outro lado, aquelas que dependem da atividade econômica, são as variáveis de segunda natureza. São exemplos de variáveis dessa natureza, o potencial de mercado, densidade do mercado de trabalho e economias externas puras. Suas principais implicações dizem respeito, principalmente, às forças centrífugas e centrípetas. Essas forças agem expelindo e atraindo firmas e trabalhadores (SILVA; BACHA, 2014). As variáveis de segunda natureza serão o foco principal deste trabalho, uma vez que a acessibilidade será utilizada como uma proxy para o potencial de mercado.

Nessa linha, é possível inferir que mesmo regiões que não possuem características naturais atraentes, podem revelar concentração de atividade econômica. A explicação pode ser dada por meio do processo de retroalimentação. De acordo com Schmutzler (1999), caso uma região ou território alcance um alto nível de produção, a localização passa a ser atraente. Isso implica em concentração de empresas e, conseqüentemente, a ocorrência das economias de escala. Os desencadeamentos acontecem a partir da concentração dos agentes produtivos, que, por sua vez, reduzem os custos de transportes pela proximidade. À medida que aumenta esta concentração, aumenta também a densidade de mão de obra. Com efeito, a demanda sofre elevações, ampliando o nível de consumo. Tal movimento conduz à atração de mais empresas e o processo se repete, continuamente.

2.3 Nova Geografia Econômica e a acessibilidade

A acessibilidade, chamada de potencial de mercado pela NGE, está contida no grupo das variáveis de segunda natureza. Essa variável será utilizada para explicar o IDHM na região Sudeste. Como, primeiramente, é preciso desenvolver essa variável para aplicá-la ao modelo, faz-se necessária a sua fundamentação.

Conforme a literatura, os autores que trabalharam com a teoria de localização, perceberam a importância da mobilidade de fatores. Quanto maior a facilidade desses movimentos, maior é a acessibilidade de uma determinada região. O conceito de acessibilidade foi incorporado à economia regional por Harris (1954) como potencial de mercado. Nesse trabalho, o autor relata que a acessibilidade "A" do local "i", está diretamente relacionada ao tamanho "S" da localização "j" e inversamente atrelada à distância "S" entre "i" e "j". Uma percepção distinta dessa pode ser vista em Pooler (1995), em que explica o desenvolvimento de uma região

mantendo seu tamanho omissivo, ou seja, a acessibilidade depende somente da distância.

Há diversas maneiras de compreender a acessibilidade, pois as características geográficas de cada região induzem os pesquisadores a encontrar uma maneira que melhor represente essas localidades. Dessa forma, desde Harris (1954) tem havido diferentes definições para o indicador de acessibilidade. Destarte, a acessibilidade pode ser definida pelas características e/ou vantagens proporcionadas pela sua localização (INGRAM, 1971). Conforme esse autor, as resistências impostas pela natureza, como tempo e /ou distância, podem ser superadas, de alguma maneira, durante o deslocamento. A acessibilidade de uma região pode ser também definida pela sua posição geográfica em relação ao mercado que possua mais bens e também mais oportunidades (SPIEKERMANN; WEGENER, 2006).

Na medida em que foram criadas definições para a acessibilidade, criaram-se também definições acerca dos indicadores responsáveis por quantificá-la. Diante disso, as pesquisas foram direcionadas a sistemas que classificassem as medidas de acessibilidade. Uma das medidas mais bem aceitas e mais utilizadas é a classificação de Jones (1981), em que os indicadores são agrupados nas seguintes categorias:

- i. Medidas de rede ou de separação espacial – indicadores desta natureza consideram apenas a localização de um ou mais objetos de estudo e impedância dos movimentos entre elas. Esse tipo de análise acaba excluindo considerações acerca da atividade econômica do lugar estudado.
- ii. Medidas de deslocamento – quantificam o número de viagens realizadas em uma determinada região e que se associam a questões comportamentais das viagens realizadas.
- iii. Medidas combinadas de transporte e uso do solo – esses se subdividem em dois grupos: o primeiro grupo é formado pelas “medidas agregadas” que cruzam os efeitos da atividade econômica e da separação espacial em um mesmo indicador. O segundo grupo é composto pelas “medidas desagregadas”, mantendo os dois efeitos, porém, separados dentro do indicador.

O indicador proposto neste trabalho pertence ao terceiro grupo, no qual há a junção de medidas agregadas e desagregadas para explicar a mobilidade dos fatores de produção. A ampla capacidade explicativa desse índice permite analisar vários cenários e sob várias perspectivas. Por conseguinte, a acessibilidade é compreendida a partir da distância e pelo tamanho do mercado em localizações distintas. Comparado às medidas de custos de viagens, as medidas de acessibilidade do mercado potencial consideram que a maior distância dos destinos proporciona diminuição de oportunidades. A atração de um destino aumenta com o tamanho, mas diminui com a distância (LINNEKER; SPENCE, 1992). Igualmente, temos o seguinte indicador:

$$A_i = \frac{\sum_j W_j}{c_{ij}^\alpha} \quad (1)$$

em que A_i é o potencial de mercado, ou a acessibilidade da área i ; W_j é a medida da massa ou o mercado potencial na área j ; c_{ij} é a medida de impedância, equivalente ao custo de transporte de i para j ; e α é um expoente que em geral assume-se ser igual a 1.

Devido às suas características, o modelo acima obteve uma ampla utilização em estudos de acessibilidade abordados a partir de uma perspectiva econômica. O pressuposto subjacente ao uso desse modelo é que as regiões com melhor acesso aos mercados têm maior probabilidade de serem economicamente bem-sucedidas. Com efeito, a infraestrutura de transporte finda sendo elemento essencial. No entanto, Linneker e Spence (1992) apresenta algumas críticas e fragilidades desse modelo. Essas fragilidades estão relacionadas à escolha das variáveis de atratividade, o tamanho da área e o valor do termo de impedância. Além disso, uma outra questão que aparece é: dois indivíduos possuem a mesma acessibilidade ao estar numa mesma cidade? Obviamente, trata-se de uma medida genérica de potencial de mercado, logo, algumas características podem não ser captadas na estimativa.

Pensando na construção de indicadores mais robustos, as análises com dados georreferenciados surgem com a possibilidade de entender a dinâmica da população em um ambiente que considera a interação espacial. Ao trabalhar com estes dados, a população da própria área é retirada do cálculo para que não ocorra uma indeterminação matemática, afinal, se $i=j$, $d_{ij}=0$. Para contornar este problema, é possível modelar a tendência do efeito da distância

utilizando uma função exponencial da seguinte maneira:

$$A_i = \sum_j W_j \exp(-\alpha c_{ij}) \quad (2)$$

em que A_i é o potencial de mercado ou a acessibilidade da região i ; W_j é o mercado a ser alcançado na região j ; α é o parâmetro de decaimento exponencial da distância c_{ij} .

Neste trabalho, será utilizado este modelo (2) para estimar o índice de acessibilidade dos municípios, mas com alguns ajustes, conforme discutido na seção 0.

3 DADOS E ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Nessa seção, descreve-se as fontes dos dados utilizados neste trabalho, a amostra coletada, e descreve-se esses dados e a forma como eles foram operacionalizados.

3.1 Fonte dos dados

Para criação da rede de transporte entre os municípios da região e as regiões metropolitanas, foram utilizados dados georreferenciados do PNL - Plano Nacional de Logística e Transportes, referentes ao modal rodoviário nos anos de 2000 e 2010. As informações sobre o PIB (Produto Interno Bruto) foram obtidas no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). O IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) foi obtido nas bases do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.

3.2 Descrição dos dados

A execução do trabalho é compreendida em duas grandes partes. Primeiramente, foi construído o índice de acessibilidade para cada um dos 1.668 municípios da região Sudeste, nos anos 2000 e 2010. Para compor o índice de acessibilidade, a distância entre municípios e seus mercados potenciais requereram o uso de SIG (Sistema de Informação Geográfica) e a consequente construção dos mapas. Para determinar o tempo de viagem entre os municípios, utilizou-se o modal de transporte rodoviário nos anos de 2000 e 2010. Apesar das transformações em infraestrutura serem captadas no longo prazo, a inexistência de dados para o ano de 1990, impossibilitou a análise de um período maior.

Segundo os preceitos da NGE, o potencial de mercado pode ser estimado pela proxy na equação (2), que é o indicador de acessibilidade. Para obter esse indicador, foi necessário construir uma rede em que todos os municípios estivessem conectados com o mercado potencial. Os mercados potenciais utilizados na pesquisa foram as regiões metropolitanas da região Sudeste do Brasil: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória. As conexões entre os pontos foram feitas pelo modal rodoviário. O uso desse modal reside no fato de que todos os municípios possuem ligações rodoviárias com as regiões metropolitanas. Em seguida, foi realizado o cálculo do tempo médio de viagem entre a origem i o destino j . O tempo médio foi obtido considerando a velocidade média permitida em cada rodovia, ou a velocidade média alcançada dadas as condições de tráfego. Essas informações foram obtidas no DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

Obtido o tempo de viagem C_{ij} , este foi ponderado pela disponibilidade de modais de cada município. Essa disponibilidade de modais foi captada em um único indicador, chamado por Silva, (2011) de índice de flexibilidade. Este índice, também chamado de fator de impedância da distância, diz respeito à facilidade que um local i disponibiliza para percorrer C_{ij} . Claramente, a suposição é de que municípios com mais modais de transporte disponíveis sejam mais acessíveis e tenham mais facilidades de escoar sua produção. Fundamentado no modelo de O'Kelly e Horner (2003) e Silva (2011), o ponderador construído varia de 0,1 a 0,4. Esse intervalo leva em conta o número máximo de quatro modais disponíveis na região, sendo os modais rodoviário, aeroviário, hidroviário e ferroviário. Então, quanto mais modais existirem no município, menor é o ponderador e menor será seu impacto na estimativa do tempo de viagem. Essa ponderação do tempo de viagem tem como objetivo suavizar possíveis distorções em relação às vantagens e distâncias de cada município.

3.3 A construção do índice de acessibilidade

O modelo empregado na construção do índice de acessibilidade, conforme explicado nas seções 0 e 0, formalizado em (2), corrigiu deficiências apontadas na literatura. Na adaptação feita do referido modelo, não foi usada a função exponencial para evitar valores elevados. Além disso, mesmo se $i = j$, $d_{ij} \neq 0$, pois considerou-se um tempo mínimo de 30 minutos dentro do próprio mercado potencial.

$$A_i = \sum_j W_j^{-\alpha c_{ij}} \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{n^{\circ} \text{ de modais do munic\u00edpios } i}{\text{Total de modais} \times 10} \quad (3a)$$

$$c_{ij} = \frac{d_{ij}}{24v} \quad (3b)$$

em que A_i é o potencial de mercado do munic\u00edpio i , ou o seu \u00edndice de acessibilidade; W_j é o mercado potencial a ser alcan\u00e7ado j , medido pelo tamanho da sua popula\u00e7\u00e3o; α é o ponderador de decaimento exponencial da dist\u00e2ncia, medida pelo n\u00famero de modais existentes no munic\u00edpio i ; c_{ij} é a dist\u00e2ncia, em dias de viagem, entre a origem i e o destino j ; d é a dist\u00e2ncia, em quil\u00f4metros, entre o munic\u00edpio i e o destino j ; v é a velocidade m\u00e9dia da rodovia.

Ao utilizar-se a popula\u00e7\u00e3o do mercado potencial mais pr\u00f3ximo, captou-se os efeitos que a acessibilidade causa na regi\u00e3o. O per\u00edodo de dez anos n\u00e3o \u00e9 o mais indicado para o c\u00e1lculo dessa medida. O fato \u00e9 que mudan\u00e7as na infraestrutura de transporte podem levar mais de 10 anos para surtir grandes efeitos. Em geral, o tempo avaliado costuma ser de 20 anos. Entretanto, essa an\u00e1lise n\u00e3o p\u00f4de ser realizada devido \u00e0 inexist\u00eancia de alguns dados georreferenciados para o ano de 1990. Por conseguinte, o \u00edndice foi calculado para os anos de 2000 e 2010.

Ainda em rela\u00e7\u00e3o \u00e0 equa\u00e7\u00e3o (3) o valor de α variou de 0,1 a 0,4. Se o valor de α fosse maior que 1, o resultado seriam n\u00fameros muito elevados. Para munic\u00edpios distantes do destino (mercado potencial), se α fosse maior que 0,1, os valores seriam zero, ou pr\u00f3ximos disso. Ent\u00e3o, atribuindo 10 pontos para cada modal, a soma de 40 pontos \u00e9 o m\u00e1ximo que um munic\u00edpio pode ter de vantagem em rela\u00e7\u00e3o a modais de transporte considerados no modelo². Se um munic\u00edpio tem 1 modal dispon\u00edvel, sua pontua\u00e7\u00e3o ser\u00e1 de 0,025. Multiplicando esse resultado por 10, o valor ser\u00e1 o percentual de vantagem de modal em rela\u00e7\u00e3o ao m\u00e1ximo, isto \u00e9, $0,025 \times 10 = 25\%$ do total. Com dois modais dispon\u00edveis, esse munic\u00edpio ter\u00e1 50% do total, ou $0,05 \times 10$. Com tr\u00eas modais, esse percentual subiria para 75%, ou $0,075 \times 10$, at\u00e9 chegar no limite de 4 modais, atingindo 100% dos tipos de modais considerados. A multiplica\u00e7\u00e3o do n\u00famero de modais dispon\u00edveis por 10 eliminou o problema dos grandes n\u00fameros ou zero. Como exemplo, suponhamos que um munic\u00edpio esteja a 36 horas (1,5 dias) de viagem do mercado potencial. Esse munic\u00edpio tem a disponibilidade de 4 modais de transporte. Ent\u00e3o, o valor de α ser\u00e1 de 0,1. A popula\u00e7\u00e3o do mercado potencial \u00e9 de 5 milh\u00f5es de habitantes (em milhares = $5.000.000/1.000$). Logo, o \u00edndice de acessibilidade de i seria igual a 0,28.

Isso posto, o ponderador aumenta ou diminui o \u00edndice de acessibilidade \u00e0 medida que o munic\u00edpio disp\u00f5e, ou n\u00e3o, de aerovias, hidrovias, ferrovias ou rodovias. O potencial de mercado, ou \u00edndice de acessibilidade, \u00e9 representado pela influ\u00eancia que a popula\u00e7\u00e3o das regi\u00f5es metropolitanas do Sudeste exerce sobre os munic\u00edpios.

² Os modais considerados nesse trabalho s\u00e3o: rodovi\u00e1rio, avi\u00e1rio, ferrovi\u00e1rio e hidrovi\u00e1rio.

3.4 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

Para determinar quais as variáveis que possuem maior relação com o IDHM juntamente com a acessibilidade, realizou-se vários testes usando a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Essa técnica permitiu estabelecer quais as variáveis que melhor explicam o IDHM, porém, usando o espaço geográfico. A finalidade deste método é oferecer uma visualização prévia de como as variáveis estão se comportando no espaço, ou seja, se existem clusters espaciais, outliers espaciais ou quaisquer valores atípicos. O centro desses conceitos está diretamente relacionado à noção de autocorrelação espacial e heterogeneidade espacial (ANSELIN, L, 1988).

3.5 Estatísticas Global e Local de autocorrelação espacial

Para verificar a presença, ou não, de autocorrelação espacial, recorreu-se ao teste estatístico global, no qual a hipótese nula é a existência de uma distribuição aleatória da variável sob estudo. A hipótese alternativa é a existência de uma associação significativa de valores similares, ou diferentes. Essa estatística global resume num único indicador o esquema geral de dependência, que é o I de Moran (ANSELIN, Luc, 1995).

$$I_{global} = \frac{N \sum_{i,j} W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{S_0 \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad i \neq j \quad (4)$$

em que N é o tamanho amostral, $S_0 = \sum_i \sum_j W_{ij}$; X_i é o valor da variável X na região i; \bar{X} é a média amostral da variável X; W_{ij} matriz de pesos W. A interpretação dos resultados é feita da seguinte forma: Se, $Z(Ig) > 0$, autocorrelação espacial positiva; $Z(Ig) = 0$, ausência de autocorrelação; $Z(Ig) < 0$, autocorrelação espacial negativa.

Dado que os testes de autocorrelação espacial global analisam todas as observações da amostra de forma conjunta, estes não captam situações onde predomine uma importante instabilidade na distribuição espacial da variável em estudo. Não contemplam a possibilidade de que o esquema de dependência detectado a nível global possa não se manter em todas as unidades do espaço analisado. Tal limitação é superada por meio do cálculo da estatística local de Moran, LISA (ANSELIN, Luc, 1995).

$$I_{local} = \frac{Z_i}{\sum_i^n Z_i^2 / N} \sum_{j \in J_i} W_{ij} Z_j \quad (5)$$

de forma que: N o tamanho amostral, Z_i é o valor da variável Z na região i da variável normalizada; J_i é o conjunto de regiões vizinhas a i; W_{ij} matriz de pesos W. Interpretação: Se, $Z(I1) > 0$, clusters de valores similares ao redor de i; $Z(I1) = 0$, ausência de clusters; $Z(I1) < 0$, clusters de valores dissimiles ao redor de i.

3.6 Modelo empírico

Nessa pesquisa, estimou-se modelo econométrico que objetivou captar os impactos da acessibilidade (associações espaciais) e os efeitos de alguns determinantes do IDHM. Para tanto, usou-se três variáveis explicativas, as quais são: rendimento mensal domiciliar per capita, densidade populacional do município e o índice de acessibilidade. A variável acessibilidade é representada

pele Índice de Acessibilidade, obtido por meio do modelo apresentado no item 0. O período avaliado foram as variações ocorridas entre os anos 2000 e 2010.

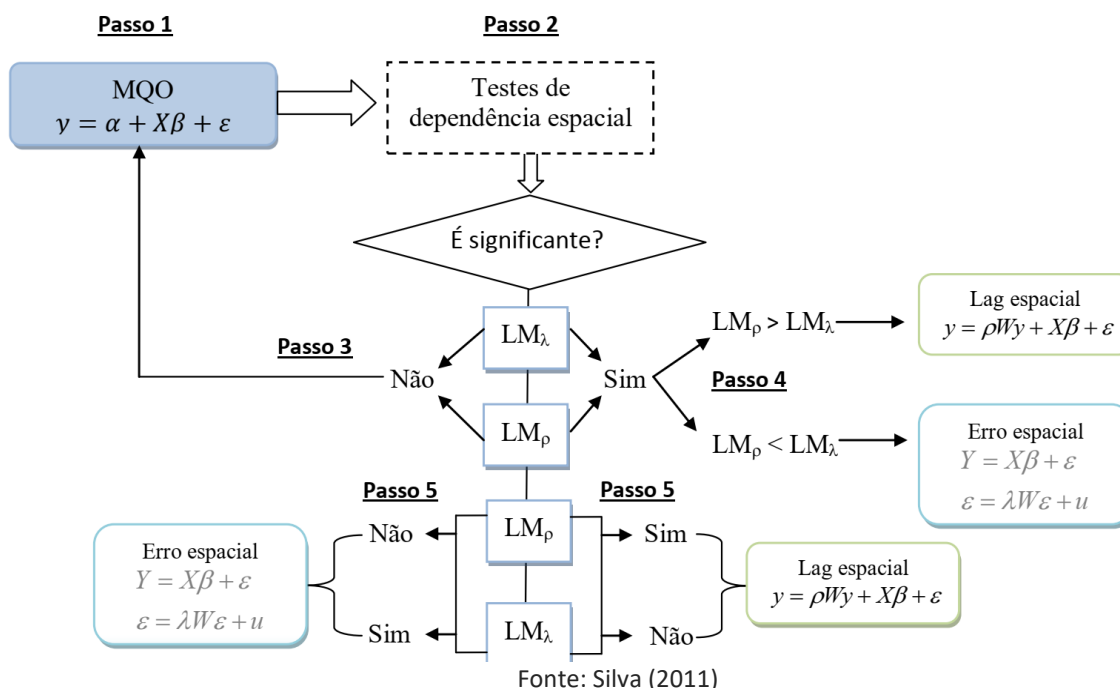
Seguramente, há outros fatores que explicam o IDHM, tais como a dotação de recursos, transferências governamentais, investimentos públicos, dentre muitos outros. Todavia, o objetivo da pesquisa não é explicar o IDHM na sua forma multidimensional, mas apenas de mostrar como esse índice pode ser afetado pelo índice de acessibilidade em conjunto com mais duas variáveis de grande relevância. A equação a ser estimada é a seguinte:

$$\Delta IDHM_{i(t-t_0)} = \alpha + \Delta \beta_{acessibilidade}_i + \Delta \gamma_{dens. pop}_i + \Delta \delta_{ren}_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

em que $\Delta IDHM$ é a variação (t=2010; t0=2000) do Índice de Desenvolvimento Municipal do *i*-ésimo município; Δ *Acessibilidade* é a variação do Índice de Acessibilidade; ; Δ *dens. pop* é a variação da densidade populacional; Δ *ren* é a variação do rendimento mensal domiciliar per capita; as demais letras gregas são os coeficientes dessas variáveis e o termo constante.

Para identificar se a estimativa com base na equação (6) tem efeitos espaciais, isto é, se os resíduos da regressão dos municípios forem espacialmente correlacionados com municípios vizinhos, é preciso realizar o seguinte procedimento:

Figura 1- Procedimentos para estimação de regressão espacial



Seguindo os procedimentos acima, o modelo empírico com componente espacial poderá ser com lag ou com erro espacial. Por simplicidade, retirou-se a letra grega Δ , que simboliza a variação do ano 2000 para o ano 2010.

$$IDHM_{i(t-t_0)} = \rho \Omega \Delta IDH_{i(t-t_0)} + \beta_{acessib}_{i_0} + \gamma_{dens. pop}_{i_0} + \delta_{ren}_{i_0} + \varepsilon_i \quad (7)$$

$$\varepsilon = \lambda \Omega \varepsilon + u_{is}$$

$$IDHM_{i(t-t_0)} = \beta_{acessib_{i_0}} + \gamma_{dens.pop_{i_0}} + \delta_{ren_{i_0}} + (1 - \lambda\Omega)^{-1}u_i \quad (8)$$

Os modelos das equações (7) e (8) são auto regressivos espaciais homocedásticos, isto é, tem uma distribuição de frequência com padrão regular. Há dois casos particulares de modelos econométricos espaciais: modelo com defasagem espacial e modelo com erro espacial. Se, $\lambda = 0$, o modelo estimado contém defasagem espacial como em (7), implicando que o desenvolvimento das cidades vizinhas influencia no mesmo sentido a cidade i . Se, $\rho = 0$, tem-se um modelo com erro espacial, como em (8), implicando que o desenvolvimento municipal de uma cidade depende de alguma associação espacial de uma variável qualquer que não foi incluída no modelo. O instrumento de diagnóstico usado para identificar um termo de erro auto regressivo espacialmente, ou uma defasagem espacial erroneamente omitida, são os testes dos multiplicadores (FOLMER; FLORAX; REU, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção, primeiramente mostra-se as variações observadas do índice de acessibilidade. Em seguida, apresenta-se a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Nessa análise, aplicou-se os mapas hot spot das variáveis acessibilidade e IDHM na identificação de clusters e outliers. Com AEDE, verificou-se também a autocorrelação espacial. Na sequência, é apresentado o modelo empírico. Em cada uma dessas subseções, discutiu-se os resultados à luz da teoria, enfatizando o objetivo desse trabalho, que foi o desenvolvimento de um índice de acessibilidade e sua relação com o índice de desenvolvimento humano municipal.

4.1 As variações do índice de acessibilidade

A construção do índice de acessibilidade requer, em primeira instância, a construção da matriz de tempo de viagem. Nessa pesquisa, foram construídas duas matrizes de tempo de viagem, sendo uma para o ano de 2000 e outra para o ano de 2010. As origens são cada um dos 1.668 (mil e seiscentos e sessenta e oito) municípios pertencentes à região Sudeste do Brasil, e os destinos são as regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória. As regiões metropolitanas são os grandes mercados a serem alcançados, além do próprio município de origem. Dessa maneira, tem-se uma matriz 1668 x 4, formando uma rede de 6.678 (seis mil e seiscentos e setenta e oito) ligações. O tempo de viagem foi calculado em dias de viagem. A partir da quantidade de modais existentes nos municípios de origem, o fator de impedância foi gerado de acordo com os critérios discutidos na metodologia.

Conforme os dados, verificou-se que as variações ocorridas no índice de acessibilidade foram baixas. De fato, 10 (dez) anos é um período relativamente curto para captar maiores efeitos da infraestrutura de transporte. Por certo, mudança na disponibilidade de modais como a construção de portos e aeroportos, por exemplo, necessitam de mais tempo para se concretizarem. Logo, as mudanças captadas, em princípio, estão relacionadas às pavimentações de rodovias, principalmente. Em tal contexto, pode-se ver na Tabela 1 os municípios com as maiores variações do índice de acessibilidade, tanto positivas quanto negativas. Itapeva-SP, Jenipapo de Minas-MG, Montezuma-MG apresentaram as maiores

variações positivas, com ganhos acima de 10% entre os anos 2000 e 2010. Entretanto, a variação global do índice - entre todos os municípios da região Sudeste - foi de apenas 4,3%.

Tabela 1- Municípios com as três maiores e menores variações do índice de acessibilidade

UF	Município	Variação do índice (%)	
		IDHM	Acessibilidade
SP	Itapeva	0,18	0,14
MG	Jenipapo de Minas	0,40	0,13
MG	Montezuma	0,44	0,12
MG	Leme do Prado	0,31	- 0,06
MG	Novo Oriente de Minas	0,43	- 0,06
MG	Santa Rosa da Serra	0,19	- 0,05

Fonte: dados da pesquisa

Situações opostas podem ocorrer, isto é, uma diminuição da acessibilidade acompanhada de um aumento do IDHM, conforme mostra a tabela acima. As maiores perdas ocorreram no estado de Minas Gerais, com variações negativas superiores a 3%. No município de Leme do Prado-MG, por exemplo, a perda foi de 6%, seguido por Novo Oriente de Minas-MG e Santa Rosa da Serra-MG, nessa ordem. Em 55 (cinquenta e cinco) municípios a variação do índice de acessibilidade foi negativa, com perda média de 2% no período em questão, enquanto o IDHM teve variação positiva média de 21,5%. Nos municípios com variações negativas da acessibilidade, notou-se que essa é a consequência da degeneração de muitas rodovias e da falta de pavimentação em outras. Em contraste, a variação positiva do IDHM é resultante do crescimento regular de seus componentes, como a renda. Variar positivamente a acessibilidade é algo bem mais difícil de se concretizar.

4.2 Análise Exploratória de Dados Espacial (AEDE)

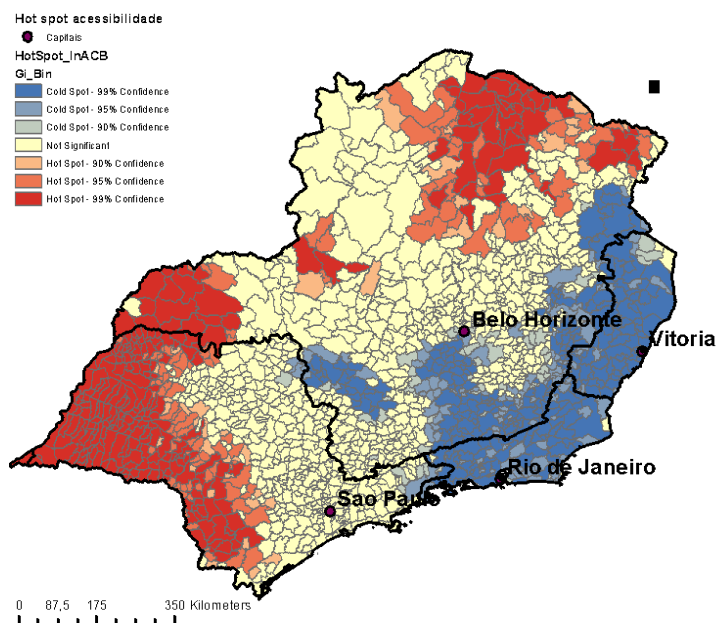
A técnica de análise espacial é empregada a partir da estatística G de Ord e Getis (GETIS; ORD, 2010), (ORD; GETIS, 1995). Essa técnica, também conhecida como análise hot spot, permite identificar agregados espaciais de valores altos (pontos quentes) e valores baixos (pontos frios), estatisticamente significativos. A Figura 2 a seguir mostra as áreas em que ocorreram as mudanças mais expressivas do índice de acessibilidade. Nas áreas em vermelho estão os municípios que apresentaram as maiores taxas de variação do índice de acessibilidade e, nas áreas de cor azul, estão os municípios com as menores taxas de variação.

4.2.1 Análise *hot spot*, *clusters* e *outliers* do índice de acessibilidade

Os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro foram aqueles que apresentaram as menores evoluções em termos de acessibilidade. Conforme mostra a Figura 2, as áreas azuis abarcam todo o estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo, além de uma boa parte do oeste e sul de Minas Gerais. Nessas áreas, que compreendem pontos frios, as variações do índice de acessibilidade foram baixas e significativas estatisticamente. O que poderia explicar o baixo desempenho do indicador de acessibilidade pode ser uma infraestrutura de transporte consolidada. Ainda, o

aumento do tráfego de veículos pode ter ocasionado elevações do tempo de viagem entre os mercados, afetando o indicador. Isso aconteceu, especialmente, em regiões metropolitanas como São Paulo e Rio de Janeiro. Apesar disso, nas proximidades da capital São Paulo, os resultados não foram significativos, mas as taxas de variação foram baixas, a exemplo das demais capitais. A diferença é que nas outras capitais os valores encontrados foram estatisticamente significativos.

Figura 2-Hot Spot da variação do índice de acessibilidade entre os anos 2000 e 2010



Fonte: Dados da pesquisa

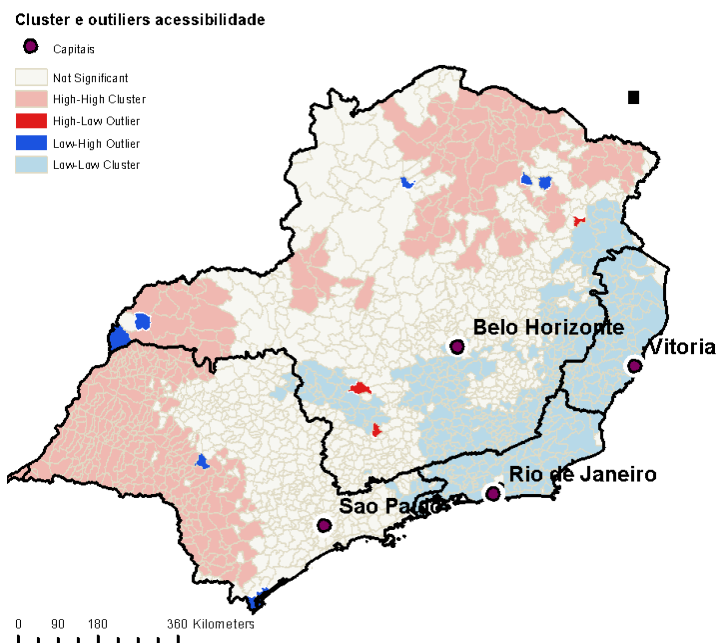
Na Figura 2, nota-se que os agregados espaciais com os melhores desempenhos do indicador de acessibilidade estão concentrados nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Os municípios de Jenipapo de Minas e Montezuma obtiveram o segundo e o terceiro melhor desempenho da acessibilidade da região Sudeste, conforme mostrado na Tabela 1. Com efeito, esses municípios estão localizados no norte de Minas Gerais, região com o maior agregado de altas taxas de crescimento do índice do estado. Entre os anos de 2000 e 2010, o estado de Minas Gerais realizou fortes investimentos na infraestrutura rodoviária, quando ampliou significativamente a rede pavimentada do estado (LAGES, 2013). O mesmo aconteceu em toda a região Oeste, Noroeste e Sudoeste do estado de São Paulo. Nessas áreas, houve concessões de rodovias e aprimoramentos na hidrovia (ARTESP, 2019).

A utilização da técnica de I de Moran local gerou mapas e gráficos que permitiram a visualização de locais ou regiões que apresentaram resultados discrepantes na amostra. Assim, foi possível verificar a formação de clusters e outliers. Os clusters são agrupamentos de municípios que apresentaram variações similares às dos seus vizinhos, em termos dos dados analisados³. Por outro lado, os outliers representam aqueles municípios que, isoladamente, apresentaram valores atípicos em relação à amostra. A diferença dessa análise para a análise de hot spot de Getis e Ord, é que ela, além de ser usada para identificar clusters locais

³ Cluster HH e LL: agrupamento de municípios com taxas de variação superiores, ou inferiores aos demais, respectivamente.

(regiões onde áreas adjacentes têm valores similares), é aplicada para identificar outliers espaciais (áreas distintas de seus vizinhos).

Figura 3-Cluster e outliers do Índice de acessibilidade na região Sudeste



Fonte: Dados da pesquisa

A análise de *hot spot* na Figura 2 mostrou que elevadas variações do índice de acessibilidade formaram muitos agrupamentos espacialmente significativos, ao nível de 99% de confiança. Observando agora a Figura 3, obtida a partir da estatística I de Moran Local, nota-se que os agrupamentos espaciais (*clusters*) são os mesmos. No entanto, conforme comentado, a diferença está na identificação de *outlier* dentro desses agrupamentos. Encontrou-se sete outliers do tipo LH (*low-high*⁴), sendo que cinco deles estão localizados no estado de Minas Gerais e dois no estado de São Paulo. De outro lado, encontrou-se apenas três *outliers* do tipo HL (*high-low*⁵), localizados no estado de Minas Gerais.

Os cinco outliers do tipo LH de Minas Gerais, três deles localizados no norte do estado e dois no extremo oeste, são os municípios de Ponto Chique, Josenópolis e Coronel Murta - no Norte - e Carneirinho e União de Minas, no Oeste. Nesses locais, a variação média do índice de acessibilidade foi de 0,1%. O fato é que esses cinco municípios não foram contemplados com pavimentações de rodovias como aconteceu nos cluster do tipo HH, nessas mesmas regiões. O cluster HH no norte do estado foi formado por 79 municípios, com taxa de variação média do índice de acessibilidade de 9,5% e o HH a oeste foi formado por 18 municípios com variação média de 8%. O oposto aconteceu no município de Catuji, a nordeste de Belo Horizonte, e Elói Mendes e Guapé, a sudoeste da capital. Esses municípios tiveram uma elevação média de 5% no índice de acessibilidade, enquanto o cluster LL do qual eles fazem parte, teve variação média de 1%.

⁴Outlier LH: município com taxa de variação muito inferior às taxas de seus vizinhos.

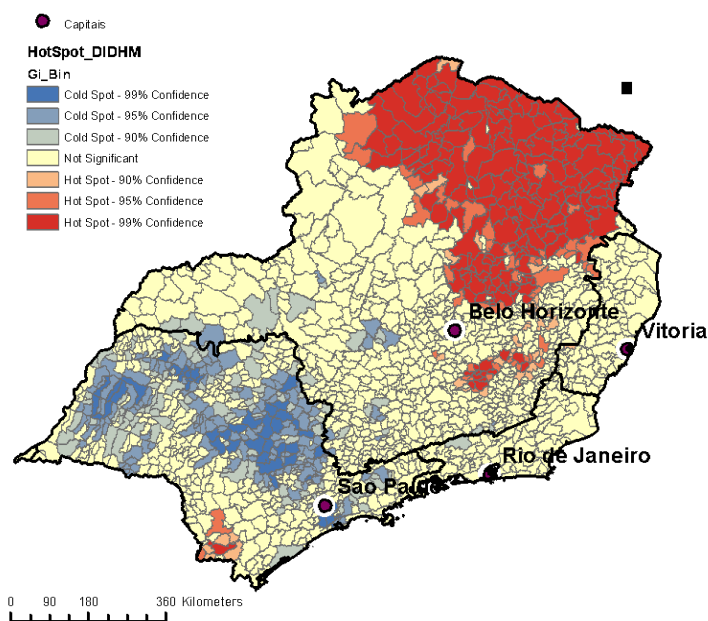
⁵Outlier HL: município com taxa de variação muito superior às taxas de seus vizinhos.

No estado de São Paulo, o grande cluster do tipo HH (Figura 3) foi formado por 241 municípios, com um outlier do tipo LH, no caso, o município de Bauru, que teve uma variação de 3,9%, enquanto os integrantes do cluster tiveram taxa média de 10%. O que provavelmente explica a variação do índice inferior ao cluster, é a infraestrutura de transporte já consolidada em Bauru. Na mesma linha de Bauru, estão municípios que usufruem da mesma infraestrutura, tanto que na Figura 2 eles fazem parte dos pontos quentes, mas com 90% de confiança. O último outlier encontrado é o município de Cananéia, no extremo sul do estado de São Paulo. Nele, a variação do índice de acessibilidade foi de apenas 2%, pois seu acesso permaneceu com limitações. O mesmo não aconteceu nos municípios ao redor, os quais tiveram melhorias de acesso com a construção de pontes, pequenos portos e pavimentações de rodovias.

4.2.2 Análise hot spot, clusters e outliers do IDHM

Minas Gerais apresentou as maiores taxas de variação do IDHM. Na Figura 4, o mapa mostra que as regiões norte, nordeste, leste e parte da região central formaram um grande aglomerado de municípios com taxas de variação superiores (pontos quentes com 99%). Essa área corresponde à mesma do hot spot da acessibilidade, Figura 2, mostrando a forte ligação entre investimento em infraestrutura e desenvolvimento. A exceção se aplica ao sudeste de Minas Gerais, em que as variações do índice de acessibilidade foram baixas (pontos frios), mas tiveram elevações consideráveis no IDHM (pontos quentes).

Figura 4-Hot spot da variação do IDHM entre os anos 2000 e 2010



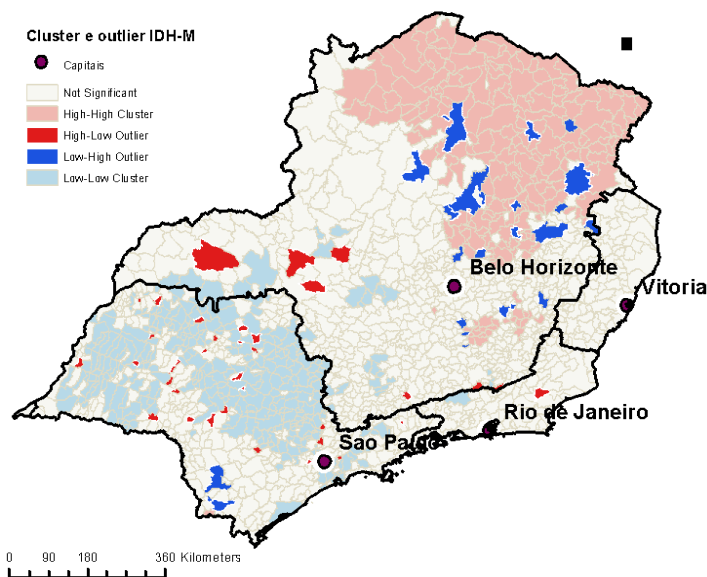
Fonte: Dados da pesquisa

No estado de São Paulo, as variações do IDHM foram baixas, formando a grande área azul (pontos frios do mapa com 99%). A exceção se aplica no sul do estado, nas proximidades da divisa com o estado do Paraná. Nessa área, os municípios apresentaram pontos quentes (taxas elevadas) em consonância com os pontos quentes da acessibilidade, mostrados na Figura 2. Já nos estados do Rio de

Janeiro e Espírito Santo, não houve áreas quentes ou frias com nível de significância acima de 90%. Esses estados apresentaram grandes áreas frias (baixa variação) em termos de acessibilidade, com 99% de confiança, como mostrado na Figura 2. Nesses estados, nota-se que não apenas a acessibilidade pouco mudou, como também o IDHM.

Como já abordado, a análise hot spot tem pouca diferença da análise de I de Moran local, sendo essa última utilizada, principalmente, para determinação de outliers em áreas apontadas como quentes, no hot spot. Desse modo, foram identificados 23 outliers do tipo LH (low high) e 36 outliers do tipo HL (high low), conforme ilustrado na Figura 5. Entre os outliers LH, apenas dois estão localizados em São Paulo e um no Espírito Santo, sendo que os demais estão todos em Minas Gerais. Simultaneamente, os outliers do HL estão mais dispersos, sendo que em Minas Gerais foram identificados sete, em São Paulo foram 28, e um no Rio de Janeiro. Os outliers LL apresentaram taxa média de variação do IDHM de 17%, enquanto a média do cluster HH foi de 35%. No oposto, ou seja, os clusters HL, a média de variação do IDHM foi de 27%, enquanto o cluster LL foi de 9,7%. Em síntese, considerando que os outliers são pontos discrepantes da área, cabe uma análise específica dessas localidades, a qual não é o foco desse trabalho. Pode-se supor que um município tenha elevadas taxas de crescimento do IDHM por conta de políticas públicas, ao passo que baixas taxas de crescimento podem ser em razão de um IDHM já em patamares muito superiores.

Figura 5-Cluster e outliers do IDHM na região Sudeste



Fonte: Dados da pesquisa

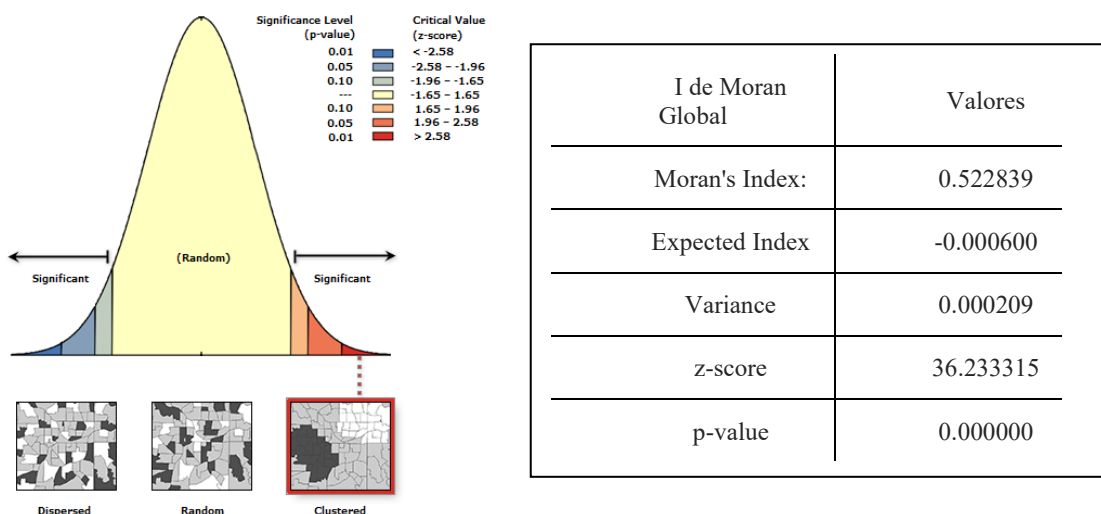
4.2.3 Autocorrelação espacial e heterogeneidade espacial

Os resultados da AEDE sugeriram que as variações do IDHM e da acessibilidade dos municípios estão influenciando seus vizinhos. Essa influência é bastante diferenciada no espaço, dados os números de clusters e outliers encontrados. Tal fenômeno é explicado pela autocorrelação espacial e pela heterogeneidade

espacial. O teste empregado para essa verificação é a estatística I de Moran global, explicitada na seção 0. Para a obtenção dessa estatística, foi criada a matriz de pesos espaciais, do tipo rainha, com os testes variando de 1 a 5 vizinhos.

Conforme Figura 6, o valor da estatística I de Moran global (I_g) é maior que 0, indicando a presença de autocorrelação espacial positiva. Ou seja, municípios com taxas de crescimento positivas, influenciam seus vizinhos no mesmo sentido. Adicionalmente, o resultado do teste apresentou uma baixa probabilidade ao nível de 1%, o que implica que se pode rejeitar a hipótese nula de não existência de clusters.

Figura 6-Teste de Moran Global para autocorrelação espacial



Fonte: dados da pesquisa

4.3 Modelo econométrico espacial

A AEDE mostrou que na região Sudeste há autocorrelação espacial na distribuição das taxas de crescimento do IDHM. Em consequência, é necessário avaliar a incorporação do componente espacial no modelo para explicar variações no IDHM. O método para verificar a inserção do componente espacial segue a estratégia de estimação ilustrada na Figura 1. Tal modelagem visa identificar os determinantes espaciais do IDHM na região Sudeste entre os anos de 2000 e 2010. O primeiro passo é estimar o modelo empírico usando o método de MQO (Mínimos Quadrados Ordinários). Os resultados estão apresentados a seguir.

Tabela 2-Resultado do modelo por MQO

Variável	Coefficiente	Erro padrão	t-Statistic	Prob	Robust_t	Prob robust	VIF
Intercepto	0.086926	0.004749	52,421256	0,000000*	51,052380	0,000000*	----
Renda média	0.12762	0.010113	-8,268546	0,000000*	-8,065289	0,000000*	1.0076
Dens. pop.	-0.08509	0.010577	-1,908609	0,005648*	-1,739899	0,008206*	1.0013
Acessibilidade	0.108278	0.004818	14,110138	0,000000*	12,1919	0,000000*	1.0083
R ²	0.33059	F-Value	2,739235	0,00065			
R ² Ajustado	0.329383						

Fonte: Elaboração com base nos dados da pesquisa.

Notas: *significante a 1%; ** significante a 5%; ***significante a 10%

Como a estatística de Koenker (BP) foi estatisticamente significativa (Tabela 3), usou-se as probabilidades robustas (Tabela 2) para determinar a significância dos coeficientes. Os resultados acima indicam que o modelo está bem estimado, sem a necessidade de ajustes, por exemplo, com a adição de variáveis com interação (ANSELIN, 1988).

O método de MQO pressupõe normalidade na distribuição dos resíduos. O teste Jarque-Bera examina a normalidade dessa distribuição. A alta probabilidade do teste, Tabela 3, indica que os resíduos têm distribuição normal, logo, não se rejeita a hipótese nula. Uma segunda hipótese é a de variância constante. Caso não seja confirmada essa hipótese, então a estimativa apresenta heterocedasticidade, ou não-estacionariedade em relação à variância. Se confirmada a heterocedasticidade, os resultados das inferências estatísticas tornam-se não confiáveis. Os testes Breusch-Pagan, Koenker-Bassett e White apontam para a existência de heterocedasticidade, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 3-Testes de normalidade e heterocedasticidade

Teste	Hipótese nula	GL	Coeficiente	Probabilidade	Aceita/Rejeita H0
Jarque-Bera	Normalidade	2	1.862826	0.60136	Aceita
Breusch-Pagan	σ^2 *	3	1.339.159	0.000	Rejeita
Koenker-Bassett	σ^2 *	3	4.706.217	0.000	Rejeita
White	σ^2 *	9	6.942.859	0.000	Rejeita

Fonte: com base nos dados da pesquisa

σ^2 *: variância constante

Conforme já discutido, o modelo apresenta autocorrelação espacial, ainda que fraca. Na Tabela 4 é apresentado o diagnóstico para dependência espacial. O I de Moran indica que a variação do IDHM entre os municípios está interferindo nos resultados. Os demais testes indicam os métodos adequados de ajuste, se por erros, ou por defasagem. Tanto os testes para erro espacial quanto para defasagem espacial são significativos a 1% de probabilidade. O método por defasagem, com maior nível de significância, foi o mais apropriado (FLORAX et al. 2003).

Tabela 4-Diagnóstico de regressão para dependência espacial nas estimativas do IDHM

Teste	MI/DF	Valor	Probabilidade
Moran's I (error)	0.296138	5.773.444	0.000134
Lagrange Multiplier (error)	1	3.149.347	0.000243
Robust LM (error)	1	1.416.936	0.000452
Lagrange Multiplier (lag)	1	2.051.325	0.000033
Robust LM (lag)	1	3.189.135	0.000055
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	3.468.261	0.0

Fonte: Elaboração com base nos dados da pesquisa.

Notas: *significativo a 1%; ** significativo a 5%.

Visto que o método com defasagem espacial é o mais indicado para corrigir as imperfeições do modelo, a seguir são apresentados os resultados com os devidos ajustes.

Tabela 5-Resultados do modelo com lag espacial

Variável	Coefficiente	Erro padrão	Z valor	Probabilidade
Rho	0.781721	0.024334	33.29536	0.0*
Intercepto	-0.01193	0.004869	-3.37483	0.000739*
Rendimento médio	0.099016	0.008342	11.59046	0.0006370*
Densidade pop. Acessibilidade	-0.02332	0.008665	-2.88889	0.003866*
	0.048575	0.004284	11.15296	0.0*
R ²	0,54905			
R ² Ajustado	0,5764			

Fonte: Elaboração com base nos dados da pesquisa.

*Significativo a 1%

O método com defasagem espacial melhorou a precisão do modelo. A inserção do componente espacial ajustou os dados, uma vez que eles violaram algumas suposições da regressão por MQO. Os coeficientes sofreram alterações, mudando, inclusive, o grau de importância das variáveis explicativas. A qualidade do ajustamento também foi aprimorada. O R-quadrado, que no modelo de MQO foi de 0,33, mudou para 0,549 com lag espacial.

O avanço do índice de acessibilidade melhorou a qualidade de vida da população, pois o IDHM sofreu alterações positivas. Para cada aumento de 1% na acessibilidade, o IDHM, em média, aumenta 4,9%. O IDHM, vale ressaltar, é composto por três indicadores: longevidade, educação e renda⁶. Esses três componentes sofrem influência da acessibilidade, pois todos dependem da infraestrutura de transporte, direta ou indiretamente. Não obstante a melhoria da acessibilidade, há uma contrapartida, que é o aumento populacional. Esse aumento eleva o preço do espaço geográfico, reduz a renda disponível e ainda eleva a densidade demográfica. Tanto que para cada 1% de aumento da densidade demográfica, o IDHM sofreu redução de 2,3%. A constante negativa de 1,2% compreende variáveis que aumentam com a população e com o nível de renda. O rendimento médio da população, por sua vez, mostrou-se positivamente relacionado com a melhoria do IDHM, como era de se esperar.

O crescimento populacional nas áreas urbanas eleva a densidade populacional, piorando a qualidade de vida sob muitos aspectos. Corroborando com essa suposição, a Agência de Notícias do IBGE (2017), informou que municípios com população inferior a 20 mil habitantes têm sofrido grandes perdas populacionais, seja rural ou urbana. Essa perda se reverte em ganhos populacionais nos maiores centros urbanos.

A região metropolitana de São Paulo, com 21,3 milhões de habitantes, seguida por Rio de Janeiro com 12,3 milhões e Belo Horizonte com 5,9 milhões são os maiores aglomerados urbanos do Brasil⁷. De acordo com o censo de 2010 do IBGE, do total de 1668 municípios da região Sudeste, apenas 69 apresentaram população superior a 200 mil habitantes e 70 municípios com população de 100 a 200 mil habitantes. Todos os demais municípios (1.529) apresentaram populações inferiores a 100 mil habitantes, sendo que 1.145 deles tinham população inferior

⁶ A partir do ano de 2010, O índice de longevidade foi substituído pelo índice de Saúde.

⁷ Estimativa populacional do ano de 2016 feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

a 20 mil habitantes. Entre os municípios abaixo de 20 mil habitantes, 31,7% apresentou perda populacional. Tais resultados confirmam a análise feita pelo IBGE, na qual destaca que cerca de 25% dos municípios brasileiros tiveram redução populacional. Conforme o órgão, há uma tendência de deslocamento das pessoas que moram em pequenos municípios para cidades maiores. Esse deslocamento ocorre, basicamente, pela busca de melhores condições de vida e, principalmente, melhor acesso à educação e ao emprego. Essas são prováveis razões desse efeito negativo da densidade populacional sobre o IDHM.

Em suma, constatou-se que a acessibilidade impacta o desenvolvimento sob muitos aspectos, mas o importante é melhorar esse índice. Para promover o aumento do índice de acessibilidade, são necessários elevados investimentos em infraestrutura de transporte. Esses investimentos incluem a pavimentação de rodovias, duplicação, construção de novas rodovias, aprimoramento e a ampliação de ferrovias, aeroportos e, em localidades possíveis, viabilizar as hidrovias. Uma melhoria de 1% no índice, promoveria um aumento do IDHM em 4,9%. Trata-se de uma mudança de forte impacto, tanto na acessibilidade quanto no IDHM.

No intuito de fortalecer a robustez das regressões, executou-se uma nova estimativa da equação (6) aplicando MQO (cross-section) com as variáveis em nível, para o ano de 2010 (apêndice). Os resultados encontrados estão em linha com o modelo base, e indicam que a acessibilidade se mostrou ainda mais relevante, com coeficiente superior ao da renda. Quanto a densidade populacional, a variável apresentou um coeficiente igual a zero. O alto poder explicativo dessa regressão reforça a consistência dos resultados apresentados na presente pesquisa e indicam importância que os investimentos em infraestrutura exercem sobre o IDHM.

5 CONCLUSÃO

Este estudo procurou mostrar a importância que a acessibilidade exerce na melhoria das condições de vida da população. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM, foi explicado a partir da mensuração da acessibilidade, dos dados de mudanças populacionais os quais mudaram a densidade demográfica e rendimento médio mensal em cada um dos 1668 municípios da região Sudeste do Brasil.

A melhoria da acessibilidade aos mercados potenciais, juntamente com aumento do rendimento médio da população, contribuiu para elevar o IDHM. Isso sugere que, com maiores rendimentos no município, a população usa essa vantagem para se deslocar para outros centros urbanos, em busca de melhores condições de vida. Tal deslocamento pode ser, por exemplo, o de jovens buscando estudar nos grandes centros urbanos, aumentando a densidade populacional. Paralelamente, os resultados mostraram que as variações negativas da população, bem como o respectivo aumento da densidade populacional, produziram impactos nas mudanças do IDHM.

A insuficiência, ou mesmo a inexistência de dados, impediram que o estudo da acessibilidade contemplasse um período maior. De toda maneira, constatamos que o índice de acessibilidade é um bom indicador para avaliações econômicas. Nessa pesquisa, além de constatarmos seus efeitos positivos sobre o Índice de Desenvolvimento Humano, constatamos que esses efeitos estão diretamente

ligados aos investimentos em infraestrutura de transporte. Boas infraestruturas de transporte, como vias pavimentadas, portos, aeroportos, por exemplo, promovem maior fluxo de pessoas, de serviços e de produtos. A deficiência no acesso aos mercados potenciais, ou mesmo de locomoção, são fatores impeditivos para a melhoria da qualidade de vida. Os resultados indicam que, as políticas públicas devem buscar melhorias na acessibilidade como umas das formas para aumentos no IDHM. Fica patente, portanto, a necessidade de maiores investimentos em infraestrutura de transporte.

The market potential of municipalities in the Southeast region of Brazil: an assessment of the accessibility index

ABSTRACT

In this paper, an accessibility index is developed, applied to the Southeast region of Brazil. The index considers the existing modes of transport, as well as the proximity of municipalities with a large consumer market. The theoretical-empirical model aimed to explain the variations in the MHD, resulting, in particular, from changes in the accessibility index. Using the method of exploratory analysis of spatial data and regression with spatial lag, the results showed that accessibility plays an important role in improving the MHD. The better access to large markets, the more opportunities are reached by the population of smaller municipalities. This indicator captures the effects of investments in transport infrastructure, an essential element for the promotion of economic development. The states of São Paulo and Minas Gerais were the ones that presented the best performances in the evolution of accessibility. Consequently, it was also the states with the highest rates of change in the MHD.

KEYWORDS: Accessibility index, Market Potential, Spatial Analysis.

REFERÊNCIAS

- ANSELIN, L. Spatial econometrics: methods and models. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 1988..
- ANSELIN, Luc. Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.
- ARTESP. ARTESP - Agência de Transporte do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.artesp.sp.gov.br/Style Library/extranet/rodovias/rodovia-interna.aspx?id=18>>. Acesso em: 18 jun. 2019.
- BERTUSSI, Geovana Lorena; ELLERY JUNIOR, Roberto. Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. *Journal of Transport Literature*, v. 6, n. 4, p. 101–132, dez. 2012.
- CRUZ, Aline Cristina; TEIXEIRA, Erly Cardoso; BRAGA, Marcelo José. Os Efeitos dos Gastos Públicos em Infraestrutura e em Capital Humano no Crescimento Econômico e na Redução da Pobreza no Brasil. 2010, [S.l.: s.n.], 2010. p. 163–185.
- FOLMER, H; FLORAX, M; REU, SJ. Specification searches in spatial econometrics: The relevance of Hendry's methodology. *Regional Science & Urban Economics*, 2003.
- FUJITA, M; KRUGMAN, PR; VENABLES, AJ. The spatial economy: cities, regions and international trade. [S.l.: s.n.], 1999.
- FUJITA, M; THISSE, JF. Economics of agglomeration: cities, industrial location, and regional growth. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 2013.
- GETIS, Arthur; ORD, J. Keith. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Perspect. Spat. Data Anal.* Berlin: Springer, 2010. p. 127–145.
- HARRIS, CD. The Market as a Factor in the Localization of Industry in the United States. *Annals of the association of American geographers*, 1954.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de contas nacionais: Brasil 2017. IBGE, p. 12, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>>. Acesso em: 16 fev. 2020.
- INGRAM, D.R. The concept of accessibility: A search for an operational form. *Regional Studies*, v. 5, n. 2, p. 101–107, jul. 1971..

JONES, SR. Accessibility measures: a literature review. Transport and Road Research Laboratory, 1981.

LAGES, Carolina Santos. Impacto dos programas de infraestrutura rodoviária no desenvolvimento econômico de Minas Gerais e visualização da cobertura rodoviária do estado. 2013. 82 f. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2013. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/6515207-Universidade-federal-de-minas-gerais-programa-de-pos-graduacao-em-estatistica-carolina-santos-lages.html>>.

LINNEKER, BJ; SPENCE, NA. An accessibility analysis of the impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. Regional Studies, 1992.

O'KELLY, ME; HORNER, MW. Aggregate accessibility to population at the county level: US 1940–2000. Journal of Geographical Systems, 2003.

ORD, J. K.; GETIS, Arthur. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. Geographical Analysis, v. 27, n. 4, p. 286–306, 3 set. 1995.

PNUD, Brasil; IPEA; PINHEIRO, Fundação João. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Disponível em: <<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>>. Acesso em: 16 fev. 2020.

POOLER, James A. The use of spatial separation in the measurement of transportation accessibility. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 29, n. 6, p. 421–427, 1995.

SCHMUTZLER, Armin. The New Economic Geography. Journal of Economic Surveys, v. 13, n. 4, p. 355–379, set. 1999.

SILVA, Renilson Rodrigues da. Aglomerações populacionais na Região Norte do Brasil de 1980 a 2000: uma abordagem por meio da Nova Geografia Econômica. 2011. Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-02052011-090008/en.php>>. Acesso em: 12 fev. 2016.

SILVA, RR; BACHA, CJC. Acessibilidade e aglomerações na Região Norte do Brasil sob o enfoque da Nova Geografia Econômica. Nova Economia, v. 24, n. 1, p. 169–190, 2014.

SOUZA, Carla Cristina Aguilár de et al. Indicador de acessibilidade para análise do desenvolvimento regional. Revista Econômica do Nordeste, v. 41, n. 3, p. 581–598, 2010.

SPIEKERMANN, K; WEGENER, M. Accessibility and spatial development in Europe. Scienze Regionali, 2006. Disponível em:
<https://www.researchgate.net/profile/Michael_Wegener3/publication/254415069_Accessibility_and_spatial_Development_in_Europe/links/0a85e534f91641b4c1000000.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2016.

VON THUNEN, Johann Heinrich. Der isolirte staat in beziehung auf landwirtschaft und nationalökonomie. Wiegant, Hempel & Parey, 1826.

APÊNDICE

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,913535
R-Quadrado	0,834546
R-quadrado ajustado	0,834248
Erro padrão	0,022099
Observações	1668

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	3	4,098839	1,36628	2797,732	0
Resíduo	1664	0,812619	0,000488		
Total	1667	4,911458			

	Erro			
	Coeficientes	padrão	Stat t	valor-P
Interseção	-0,28393	0,012506	-22,7033	0,00
Renda	0,156402	0,002208	70,8347	0,00
Densidade	0,001709	0,00051	3,34732	0,00
Acessibilidade	0,25777	0,020194	12,76446	0,00

Recebido: 02 abr. 2021.

Aprovado: 30 mai. 2021.

DOI: 10.3895/rbpd.v10n3.11958

Como citar: SILVA, R. R.; CAIRES, L. M. B.; FRAGA, G. J. O potencial de mercado dos municípios da região Sudeste do Brasil: uma avaliação do índice de acessibilidade. **R. bras. Planej. Desenv.** Curitiba, v. 10, n. 03, p. 456-481, set./dez. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfrpr.edu.br/rbpd/>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Renilson Rodrigues da Silva

Praça Frei Orlando, 170, Centro, São João del-Rei – MG

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença CreativeCommons-Atribuição 4.0 Internacional.

