



ANÁLISE ESPACIAL DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA NOS GASTOS PÚBLICOS DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

SPATIAL ANALYSIS OF EFFICIENCY LEVELS IN PUBLIC EDUCATION EXPENDITURE IN THE STATE OF MINAS GERAIS

Éder de Souza Beirão – UNIMONTES – Montes Claros – Minas Gerais - Brasil

ederbeirao@gmail.com

Marcos Esdras Leite – UNIMONTES – Montes Claros – Minas Gerais - Brasil

marcosesdrasleite@gmail.com

Maria Elizete Gonçalves – UNIMONTES – Montes Claros – Minas Gerais - Brasil

mariaeliz.unimontes@gmail.com

Geraldo Antônio dos Reis – UNIMONTES – Montes Claros – Minas Gerais –

Brasil

geraldo.reis@unimontes.br

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar os padrões de associação espacial (*clusters* espaciais) de localização dos escores de eficiência nos gastos públicos com a função Educação no Ensino Fundamental dos municípios (análise agregada) e dos municípios das mesorregiões (análise desagregada) do estado de Minas Gerais. Para atender ao objetivo proposto, utilizou-se a técnica Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) para analisar os escores de eficiência dos modelos 1 e 2 dos dois tipos de análise mencionados. Os resultados do *I* de Moran Global mostraram que há autocorrelação espacial positiva nos escores de eficiência dos modelos 1 e 2 das análises agregada e desagregada, sugerindo que os municípios com altos valores estavam cercados por vizinhos na mesma situação e as unidades com baixos valores também estavam rodeadas por municípios com baixos escores. Por meio da análise dos mapas de *cluster* LISA (ou *I* de Moran Local), foi possível verificar que todas as mesorregiões do estado de Minas Gerais obtiveram concentrações significativas de *clusters* e *outliers* nos modelos 1 e 2. Na análise agregada, o Modelo 1 apresentou maiores

concentrações de *clusters* Alto-Alto (altos escores de eficiência associados à altos valores de escores) e *outliers* Baixo-Alto (baixos valores de escores de eficiência associados a altos valores) e o Modelo 2 *clusters* Baixo-Baixo (baixos escores de eficiência associados à baixos valores de escores) e *outliers* Alto-Baixo (altos valores de escores de eficiência associados a baixos valores). Já na análise desagregada, os dois modelos apresentaram concentrações significativas de *clusters* Alto-Alto (altos escores de eficiência associados a altos valores de escores) e *outliers* Baixo-Alto (baixos valores de escores de eficiência associados a altos valores).

Palavras-chave: AEDE, Eficiência, Gastos Públicos da Educação, Ensino Fundamental, Minas Gerais.

ABSTRACT

The present study aims to analyze the patterns of spatial association (spatial clusters) for the location of efficiency scores in public spending on the Education in Elementary Education function of municipalities (aggregated analysis) and municipalities in the mesoregions (disaggregated analysis) of the state of Minas Gerais. To meet the proposed objective, the Exploratory Spatial Data Analysis (AEDE) technique was used to analyze the efficiency scores of models 1 and 2 of the two types of analysis mentioned. The results of Global Moran's I showed that there is positive spatial autocorrelation in the efficiency scores of models 1 and 2 of the aggregated and disaggregated analyses, suggesting that municipalities with high values were surrounded by neighbors in the same situation and units with low values were also surrounded by municipalities with low scores. Through the analysis of LISA cluster maps (or Local Moran's I), it was possible to verify that all mesoregions in the state of Minas Gerais obtained significant concentrations of clusters and outliers in models 1 and 2. In the aggregate analysis, Model 1 presented greater concentrations of High-High clusters (high efficiency scores associated with high score values) and Low-High outliers (low efficiency score values associated with high values) and Model 2 Low-Low clusters (low efficiency scores associated to low score values) and High-Low outliers (high efficiency score values associated with low values). In the disaggregated analysis, both models presented significant concentrations of High-High clusters (high efficiency scores associated with high score values) and Low-High outliers (low efficiency score values associated with high values).

Keywords: ESDA, Efficiency, Public Expenditure on Education, Elementary School, Minas Gerais.

INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das grandes inquietações da sociedade e dos gestores públicos está relacionada à avaliação e à melhoria da qualidade nos gastos públicos dos diferentes níveis do governo (ROCHA *et al.*, 2015). Tal inquietação tem origem no fato de que o Estado presta serviços públicos à população e tem a responsabilidade de prover adequadamente as necessidades da coletividade proporcionando-lhe maior qualidade de vida e bem-estar.

Além disso, com a demanda crescente por serviços públicos, as discussões acerca da temática abordada centram-se no montante de recursos necessários para atender às

diversas necessidades da população, muitas vezes baseado no argumento de que uma quantidade maior de recursos é condição necessária para satisfazer a demanda por bens públicos (BENÍCIO; RODOPOULOS; BARDELLA, 2015).

Entre as várias funções governamentais, a função ‘educação’ recebe especial destaque por se tratar tanto de um direito social expresso na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (BRASIL, 1988), quanto de um dos serviços públicos ofertados pelo Estado de maior importância para a população. Além do mais, os gastos realizados na função ‘educação’ comprometem uma parte relevante do orçamento público brasileiro. De acordo com os dados do Balanço do Setor Público Nacional (BSPN) de 2017, publicado pelo Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (SICONFI), da Secretaria do Tesouro Nacional (STN), em 2020, os valores que foram despendidos naquele ano para promover serviços de educação compreendem aproximadamente 4% do total dos gastos públicos da União, 15% dos gastos totais das Unidades Federativas (UF) e 27% dos gastos dos municípios. Contudo, a Carta Magna estabeleceu como patamar mínimo de gasto em educação 18% para a União e para as UFs e 25% para os municípios.

Diante da relevância desta temática, é importante realizar uma análise espacial dos escores de eficiência nos gastos públicos com a função Educação nos Anos Iniciais (1º ao 5º ano) e Anos Finais (6º ao 9º ano) do Ensino Fundamental dos municípios do estado de Minas Gerais. A partir da utilização da metodologia Análise Envoltória de Dados (em inglês, *Data Envelopment Analysis* – DEA) foi feita a estimação dos referidos escores (BEIRÃO, 2020, BEIRÃO; LEITE; GONÇALVES, 2022; 2023). O presente artigo propõe o uso de uma metodologia distinta e complementar, a Análise Exploratória de Dados Espaciais – AEDE (em inglês, *Exploratory Spatial Data Analysis* - ESDA), que torna possível a visualização da distribuição espacial dos escores de eficiência e ineficiência com vistas a identificar localidades atípicas (*outliers* espaciais) e a descoberta de padrões de associação espaciais (*clusters* espaciais), além da sugestão de diferentes regimes espaciais e outras formas de instabilidade espacial (ANSELIN, 1999).

Face a essas considerações - que expressam a importância da discussão acerca da análise da distribuição espacial - a identificação de *outliers* espaciais e de *clusters* espaciais nos escores de eficiência nos gastos públicos com Educação no Ensino Fundamental foi realizada de forma agregada (para a totalidade dos municípios do estado de Minas Gerais) e desagregada (por mesorregião do estado de Minas Gerais). Nessa perspectiva, o presente trabalho possui os seguintes problemas de pesquisa (questões-problema): (1) Como os escores de eficiência dos gastos públicos com Educação no Ensino Fundamental dos municípios do estado de Minas Gerais se encontram distribuídos no espaço analisado? e; (2) Existem formações de *clusters* espaciais na espacialização desses escores?

Na busca de respostas para as questões norteadoras traçadas, foi definido como objetivo geral realizar uma análise espacial dos escores de eficiência nos gastos públicos com a função Educação no Ensino Fundamental dos municípios (análise agregada) e das mesorregiões (análise desagregada) do estado de Minas Gerais e analisar padrões de associação espacial (*clusters* espaciais) de localização, por meio dos escores de eficiência estimados por Beirão (2020) e apresentados em Beirão, Leite e Gonçalves (2022) e Beirão, Leite e Gonçalves (2023). Assim é possível detectar a existência de concentrações de municípios eficientes e ineficientes na alocação dos gastos públicos na função Educação nas localidades avaliadas.

REVISÃO EMPÍRICA

Alguns estudos encontrados na literatura buscaram identificar padrões espaciais de localização dos escores de eficiência de gastos públicos de várias funções governamentais do setor público brasileiro. O tema em questão tem recebido maior atenção dos pesquisadores nos últimos tempos tornando-se um campo de pesquisa atraente, como mostram os estudos realizados por Ribeiro *et al.* (2016), Marconato, Moro e Parré (2016) e Franceschina (2019).

Ribeiro *et al.* (2016) analisaram se houve redução das disparidades regionais relacionadas ao desenvolvimento, entre 2000 e 2010, e se havia associação espacial entre os gastos em educação e desenvolvimento. Além da análise descritiva e de correlação, foi aplicada a AEDE. Os principais resultados mostram que existe dependência espacial nos municípios (e mesorregiões) do estado de Minas Gerais, quando se consideram os gastos *per capita* com educação e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M). É possível afirmar que a localização geográfica é importante na determinação do desenvolvimento econômico e humano.

Através do trabalho desenvolvido por Ribeiro *et al.* (2016), foi possível evidenciar que, no período entre 2000 e 2010, houve mudanças no *ranking* relacionado ao desenvolvimento humano (medido pelo IDH-M), para as mesorregiões do estado de Minas Gerais. Vale ressaltar que algumas mesorregiões inverteram suas posições com outras, como foi o caso do Norte de Minas que, em 2000, estava em último lugar e, em 2010, subiu duas posições. No entanto, mesmo com algumas mudanças, as regiões mais desenvolvidas em 2000 continuaram as mais desenvolvidas em 2010, e as menos desenvolvidas continuaram as mesmas no período analisado, evidenciando uma heterogeneidade do ponto de vista econômico e regional. A concentração dos gastos governamentais em educação parece estar relacionada ao maior desenvolvimento econômico das mesorregiões do estado.

A análise feita por Ribeiro *et al.* (2016) mostrou uma elevada concentração de gastos educacionais nas regiões com IDH-M mais elevado. Contudo, destaca-se que o gasto foi elevado também em algumas regiões menos desenvolvidas. Sendo assim, o incremento ou o decréscimo dos referidos gastos não está relacionado com o maior ou menor nível de desenvolvimento socioeconômico. Portanto, para que a região recebesse investimentos na forma de gastos educacionais foram levados em consideração mais que aspectos meramente econômicos. Para que a região fosse considerada desenvolvida, foram considerados aspectos sociais, culturais, ambientais etc.

Os resultados permitem afirmar que existe dependência espacial nos municípios do estado de Minas Gerais, quando se consideram os gastos *per capita* com educação e

IDH-M. Portanto, é possível afirmar que a localização geográfica é importante na determinação do desenvolvimento econômico e humano. Ademais, a dependência espacial de segunda ordem foi significativa. Isto é, para cada município não são somente importantes seus vizinhos imediatos, mas também os vizinhos de seus vizinhos. Os resultados encontrados por Ribeiro *et al.* (2016) são consoantes com a literatura existente (sobre desenvolvimento regional), que mostra que regiões dinâmicas (em função do seu parque industrial) irradiam efeitos propulsores para as regiões vizinhas. De forma contrária, regiões atrasadas ou estagnadas exercem efeitos regressivos sobre as regiões vizinhas.

Franceschina (2019) avaliou a qualidade do gasto público em saúde, por meio da análise de sua eficiência, considerando a oferta de serviços de saúde pública e a melhoria dos indicadores de desempenho neste segmento, nos municípios do estado do Paraná, no período de 2013 a 2015. Para tal, a autora utilizou as metodologias DEA para a primeira etapa do trabalho, na mensuração dos índices de eficiência técnica e, na sequência, foi utilizado o método AEDE para identificação de padrões espaciais de localização dos escores de eficiência obtidos. Os dados secundários dos 330 municípios paranaenses incluídos na amostra foram obtidos na base de dados do Departamento de informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES).

Os resultados encontrados por Franceschina (2019), na primeira etapa da análise, mostraram que dos 330 municípios analisados, 51 (15,45%) apresentaram-se eficientes no período analisado. Dos restantes, 14 municípios (4,24%) foram identificados com ineficiência fraca, 45 (13,64%) com ineficiência moderada e, grande parte da amostra, 220 (66,67%) municípios, foram altamente ineficientes. Constatou-se ainda que os municípios com maior nível de eficiência são, em geral, de pequeno porte (menos de 10.000 habitantes), e realizaram gastos inferiores à média geral.

Os resultados da segunda etapa da análise realizada pela autora indicam a existência de autocorrelação espacial positiva nos dados, ou seja, existe similaridade entre os valores dos escores de eficiência dos municípios e a sua localização espacial.

Dessa forma, os municípios paranaenses com índices acima da média estavam rodeados por municípios que também apresentaram valores acima da média, e os municípios com escores abaixo da média estavam rodeados por municípios em igual situação. Os mapas de *clusters* gerados a partir da metodologia LISA indicaram a existência de dois *clusters* significativos Alto-Alto, localizados na mesorregião Norte pioneiro e Noroeste paranaense, bem como quatro *clusters* significativos Baixo-Baixo, que abrangem as mesorregiões Oeste, Noroeste e metropolitana de Curitiba do estado do Paraná.

Diferentemente dos estudos desenvolvidos por Ribeiro *et al.* (2016) e Franceschina (2019) - que utilizaram majoritariamente o método AEDE -, o trabalho de Marconato, Moro e Parré (2016) analisou as condições da saúde nos municípios brasileiros no ano de 2010 e, para tal, examinou sua relação com as variáveis renda *per capita*, gasto *per capita* com saúde, educação e infraestrutura domiciliar, utilizando a técnica AEDE e os modelos econométricos espaciais. Os modelos econométricos espaciais permitiram identificar o impacto das variáveis renda *per capita*, educação, gasto com saúde e infraestrutura sobre o Índice de Saúde FIRJAN - elaborado pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN).

Os resultados encontrados por Marconato, Moro e Parré (2016) indicaram a existência de autocorrelação espacial positiva do indicador de saúde nos municípios brasileiros. A análise local, por sua vez, revelou que os *clusters* com elevado indicador estavam situados nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, enquanto as aglomerações com baixo índice estavam localizadas no Norte e Nordeste do país. O modelo econométrico com defasagem espacial foi o que se mostrou mais adequado para explicar a relação entre o índice de saúde FIRJAN e as variáveis explicativas utilizadas no modelo.

Os estudos apresentados (RIBEIRO *et al.*, 2016; MARCONATO; MORO; PARRÉ, 2016; FRANCESCHINA, 2019) identificaram padrões espaciais de localização dos escores de eficiência de gastos públicos de distintas funções governamentais. Nesse sentido, o ineditismo e pioneirismo da proposta do presente estudo reside em realizar a mesma mensuração com base nos escores de eficiência obtidos em Beirão, Leite e Gonçalves

(2022; 2023) para os anos iniciais e anos finais do Ensino Fundamental, para todas as mesorregiões do estado de Minas Gerais no ano 2017, com o objetivo de estabelecer um comparativo entre os resultados para os dois períodos (inicial e final) desse nível de Ensino.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Tendo em vista atender os objetivos traçados para esse estudo, foi realizada uma pesquisa de abordagem quali-quantitativa, com ênfase quantitativa. Quanto aos objetivos, o artigo apresenta uma pesquisa descritiva. Quanto aos procedimentos técnicos, a bibliográfica e a documental.

A elaboração deste estudo se sustentou na coleta dos dados das seguintes bases de dados/fontes: 1) Sistema de Informações sobre Orçamentos Públicos da Educação (SIOPE), disponibilizados pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), do Ministério da Educação (MEC); 2) Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS), da Fundação João Pinheiro (FJP); 3) Sistemas IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); e 4) Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), do MEC.

No Modelo 1 das análises agregada e desagregada foram utilizadas as variáveis Gasto público educacional por aluno do Ensino Fundamental, Média de alunos por turma dos anos iniciais do Ensino Fundamental, Percentual de professores com curso superior dos anos iniciais do Ensino Fundamental, PIB *per capita* como insumos (em inglês, *input*) e o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental como produto (em inglês, *output*). Já no Modelo 2 das análises foram utilizadas as variáveis Gasto público educacional por aluno do Ensino Fundamental, Média de alunos por turma dos anos finais do Ensino Fundamental, Percentual de professores com curso superior dos anos finais do Ensino Fundamental, PIB *per capita* como insumos e IDEB dos Anos Finais do Ensino Fundamental como produto. Vale ainda ressaltar que, no momento da realização do estudo, estavam disponibilizados apenas os dados do IDEB

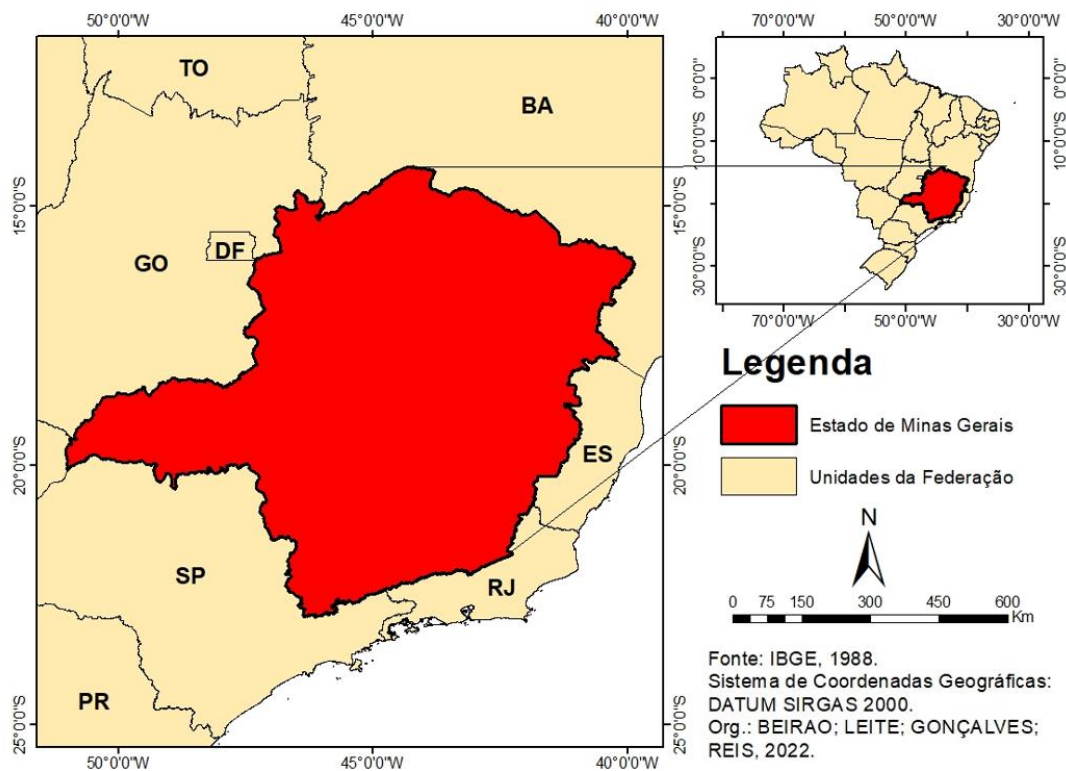
referentes a 2017, utilizado como ano de referência. Para o tratamento e a espacialização dos dados, foram utilizados os *softwares* Microsoft Excel e ArcGis 10.5.

Os escores de eficiência estimados podem ser acessados em Beirão, Leite e Gonçalves (2022) que apresentou os resultados do trabalho dissertativo de Beirão (2020) referentes a análise agregada e Beirão, Leite e Gonçalves (2023) referente a análise desagregada.

BREVE CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE MINAS GERAIS

A área de estudo escolhida foi o estado de Minas Gerais (Figura 01), uma das unidades federativas do Brasil. Minas Gerais representa uma síntese socioeconômica do Brasil, à medida que reproduz em seu território as mesmas disparidades socioeconômicas existentes entre as regiões brasileiras.

Figura 1 – Mapa de localização do estado de Minas Gerais.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O estado de Minas Gerais possui 853 municípios, e está subdividido em 12 mesorregiões, que são as seguintes: (1) Campo das vertentes; (2) Central Mineira; (3) Jequitinhonha; (4) Metropolitana de Belo Horizonte; (5) Noroeste de Minas; (6) Norte de Minas; (7) Oeste de Minas; (8) Sul/Sudoeste de Minas; (9) Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba; (10) Vale do Mucuri; (11) Vale do Rio Doce; e (12) Zona da Mata (IBGE, 1990). Uma vez que a proposta deste artigo é realizar um estudo agregado e desagregado, optou-se por levar em consideração a regionalização que divide o estado em mesorregiões.

Os cálculos dos escores de eficiência realizados nos trabalhos anteriormente mencionados foram estimados por meio da construção de dois modelos: o Modelo 1, com dados de insumos e produtos referente aos Anos Iniciais do Ensino Fundamental e, o Modelo 2, com dados relacionados aos Anos Finais do referido nível de ensino. Essa focalização permitiu assinalar as possíveis desigualdades na eficiência nos gastos realizados pelo estado no Ensino Fundamental dos municípios mineiros, com base no uso do método de Análise Envoltória de Dados (DEA), quando analisados com menor ou maior nível de agregação dos dados.

O universo do presente artigo compreende os 853 municípios do estado de Minas Gerais. Todavia, em razão da indisponibilidade de dados para um número reduzido de variáveis selecionadas, alguns municípios foram retirados da análise. Como o estudo focou nos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental, foram suprimidos 13 municípios¹ no primeiro caso, e oito municípios² no segundo. Portanto, foi possível analisar 840 municípios, no primeiro, e 845 municípios, no segundo, respectivamente. Diferentemente

¹ Os municípios de Aracitaba, Bom Jesus do Amparo, Camacho, Córrego Danta, Dores do Turvo, Douradoquara, Grupiara, Piedade dos Gerais, Santa Rita do Ibitipoca, São Sebastião do Oeste, São Tomé das Letras, Serra da Saudade e Tapiraí não apresentaram dados para as variáveis analisadas e, por esse motivo, foram retirados do Modelo 1 do estudo.

² Os municípios de Douradoquara, Fervedouro, Grupiara, Lagoa Grande, Pedra do Anta, Santa Rita do Itueto, Santana do Manhuaçu e São Geraldo do Baixo não apresentaram dados para as variáveis analisadas e, por esse motivo, foram excluídos do Modelo 2 do estudo.

do estudo feito por Beirão (2020), Beirão, Leite e Gonçalves (2022; 2023) e este não realizaram a análise de um modelo que agrupava os dados dos anos iniciais e finais do Ensino Fundamental.

ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS

Para que a técnica AEDE seja executada, são necessários alguns passos, a saber: i) definição da Matriz de Pesos Espaciais; e ii) Medidas de Autocorrelação Espacial. Porém, para aplicação da metodologia proposta, foi utilizado o ArcGis 10.5, que trata a matriz de pesos espaciais como uma ferramenta opcional para a mensuração das medidas de autocorrelação espacial.

A Matriz de Pesos Espaciais não foi utilizada tendo como justificativa o fato de não terem sido avaliadas variáveis que expressam algum tipo de conexão a não ser o fato de os municípios serem parte integrante da mesma Unidade Federativa (UF) - o estado de Minas Gerais - e das mesmas possuírem forte correlação umas com as outras.

Para que o método AEDE possa ser executado é necessário mensurar as medidas de autocorrelação espacial. Essas medidas tornam possível atestar a presença de autocorrelação espacial global e local nos dados analisados. As estatísticas mais utilizadas para detectar tais efeitos, tanto globais como locais, são: i) *I* de Moran; ii) Diagrama de Dispersão de Moran; e iii) *Local Indicator of Spatial Association* (LISA).

Algebricamente, o *I* de Moran é representado pela seguinte fórmula:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{\sum_j \sum_j W_{ij} Z_i Z_j}{\sum_{i=1}^n Z^2_i}$$

(1)

Matricialmente, o *I* de Moran é representado pela seguinte fórmula:

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{Z'WZ}{Z'Z} \quad (2)$$

onde: n representa o número de regiões, z denota os valores da variável de interesse padronizada, W_z representa os valores médios da variável de interesse padronizada nos vizinhos, definidos segundo uma matriz de ponderação espacial W , apesar de ser um elemento opcional. O elemento W_{ij} refere-se às regiões i e j , S_0 é igual a operação $\sum \sum W_{ij}$, significando que todos os elementos da matriz de pesos espaciais (W) devem ser somados.

Neste caso, o que está sendo testada é a hipótese nula, ou seja, a hipótese da aleatoriedade espacial. O I de Moran tem um valor esperado que é chamado de esperança. Esta fornece o valor que seria obtido, caso não houvesse padrão espacial nos dados. Segundo Almeida (2012, p. 106), a esperança é dada pela seguinte expressão:

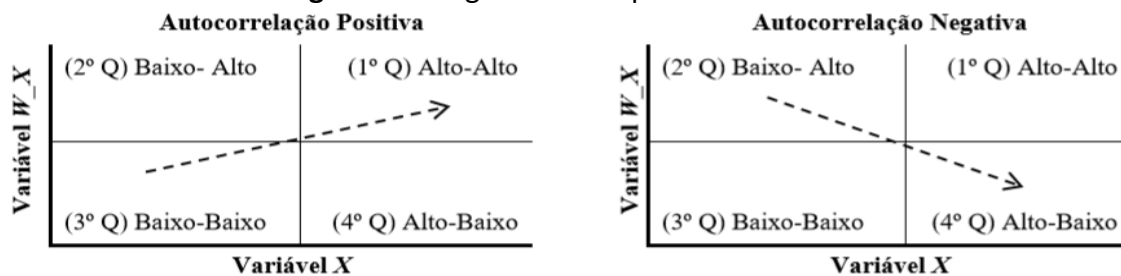
$$E(I) = -1/(1 - n) \quad (3)$$

onde: E representa a esperança ou valor esperado e n o número regiões ou unidades em análise.

Quando o valor calculado é igual à esperança, indica ausência de autocorrelação espacial; o valor do I de Moran calculado maior que o I de Moran esperado revela a presença de autocorrelação espacial positiva, e quando o I de Moran calculado for menor que o I de Moran esperado, esse apresenta uma autocorrelação espacial negativa (NEVES *et al.*, 2016).

Uma alternativa para visualizar a autocorrelação espacial baseia-se no diagrama de dispersão de Moran (Figura 02). O diagrama mostra a defasagem espacial da variável de interesse no eixo vertical (w_x) e o valor da variável de interesse no eixo horizontal (x). Para conseguir a declividade da reta, é necessário estimar a regressão linear por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) (ALMEIDA, 2012).

Figura 2 – Diagrama de dispersão de Moran.



Fonte: Almeida (2012, p.109-12).

O diagrama de dispersão de Moran fornece informações importantes, tais como quadrantes que representam quatro tipos de associação linear espacial, a saber, Alto-Alto - AA (em inglês, *High-High*), Baixo-Baixo - BB (em inglês, *Low-Low*), Alto-Baixo - AB (em inglês, *High-Low*) e Baixo-Alto - BA (em inglês, *Low-High*). O quadrante Alto-Alto (AA) diz respeito às regiões que apresentam valores altos da variável de interesse e são rodeados por localidades que também apresentam valores altos. O quadrante Baixo-Alto (BA) é composto por um grupo no qual uma região qualquer com baixo valor da variável de interesse é circundada por regiões com alto valor. O quadrante Baixo-Baixo (BB) refere-se a um grupo de regiões que apresentam valores baixos para a variável, e são circundados por regiões que igualmente apresentam valores baixos. Por sua vez, o quadrante Alto-Baixo (AB) diz respeito ao grupo de regiões com um alto valor da variável que são vizinhas de regiões com um baixo valor (ALMEIDA, 2012).

Já o *Local Indicator of Spatial Association*, mais popularmente conhecido como LISA, visa capturar padrões locais de autocorrelação espacial, estatisticamente significativos. O indicador LISA tem a capacidade de indicar *clusters* espaciais, significativos estatisticamente, e sua somatória deve ser proporcional ao indicador de autocorrelação espacial global correspondente (ANSELIN, 1995).

De acordo com Almeida (2012, p. 126), o LISA (ou I_i de Moran Local) “faz uma decomposição do indicador global de autocorrelação na contribuição local de cada observação em quatro categorias (AA, BB, AB e BA), cada uma individualmente correspondendo a um quadrante no diagrama de dispersão de Moran”. O indicador I_i de Moran local para uma variável y padronizada é expresso pela seguinte fórmula:

$$I_i = Z_i \sum_{j=1}^l W_{ij} Z_j \quad (4)$$

O I_i de Moran Local (ou LISA) corresponde à somatória dos indicadores locais. Essa somatória, por sua vez, deve equivaler ao indicador global correspondente, de acordo com um fator de proporcionalidade (ANSELIN, 1995). A partir dessa técnica é gerado o mapa de *cluster* LISA. Almeida (2012, p. 127) afirma que esse “combina a informação do mapa de significância das medidas de associação local (I)”. O mesmo costuma apresentar tanto os *clusters*, quanto os *outliers*.

A técnica AEDE foi aplicada sobre os resultados dos estudos anteriormente mencionados sendo que, a partir deles, foi possível obter escores de eficiência nos gastos públicos em educação do Ensino Fundamental (Anos Iniciais e Finais) dos municípios mineiros.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Com vistas a facilitar a visualização dos resultados, esta seção foi dividida em dois subtópicos que visaram abordar a aplicação da técnica AEDE nos escores de eficiência nos gastos públicos em educação com o Ensino Fundamental (Anos Iniciais e Finais) dos municípios do estado de Minas Gerais (análise agregada) e dos municípios das mesorregiões (análise desagregada) do mesmo Estado.

Para facilitar o entendimento dos procedimentos relacionados às variáveis que foram analisadas, é apresentado o Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição das variáveis analisadas.

Tipo de Análise	Modelo	Variável
Agregada	Modelo 1	Escores de eficiência nos gastos públicos em Educação com os Anos Iniciais do Ensino Fundamental dos municípios do estado de Minas Gerais (gerados pela DEA por meio das variáveis Gasto público educacional por

		aluno do Ensino Fundamental, Média de alunos por turma dos anos iniciais do Ensino Fundamental, Percentual de professores com curso superior dos anos iniciais do Ensino Fundamental, PIB <i>per capita</i> e IDEB dos anos iniciais do Ensino Fundamental).
	Modelo 2	Escores de eficiência nos gastos públicos em Educação com os Anos Finais do Ensino Fundamental dos municípios do estado de Minas Gerais (gerados pela DEA por meio das variáveis Gasto público educacional por aluno do Ensino Fundamental, Média de alunos por turma dos anos finais do Ensino Fundamental, Percentual de professores com curso superior dos anos finais do Ensino Fundamental, PIB <i>per capita</i> e IDEB dos anos finais do Ensino Fundamental).
Desagregada	Modelo 1	Escores de eficiência nos gastos públicos em Educação com os Anos Iniciais do Ensino Fundamental dos municípios das mesorregiões do estado de Minas Gerais (gerados pela DEA por meio das variáveis Gasto público educacional por aluno do Ensino Fundamental, Média de alunos por turma dos anos iniciais do Ensino Fundamental, Percentual de professores com curso superior dos anos iniciais do Ensino Fundamental, PIB <i>per capita</i> e IDEB dos anos iniciais do Ensino Fundamental).
	Modelo 2	Escores de eficiência nos gastos públicos em Educação com os Anos Finais do Ensino Fundamental dos municípios das mesorregiões do estado de Minas Gerais gerados pela DEA por meio das variáveis Gasto público educacional por aluno do Ensino Fundamental, Média de alunos por turma dos anos finais do Ensino Fundamental, Percentual de professores com curso superior dos anos finais do Ensino Fundamental, PIB <i>per capita</i> e IDEB dos anos finais do Ensino Fundamental).

Fonte: Elaborado pelos autores, com base em Beirão (2020) e Beirão, Leite e Gonçalves (2022; 2023).

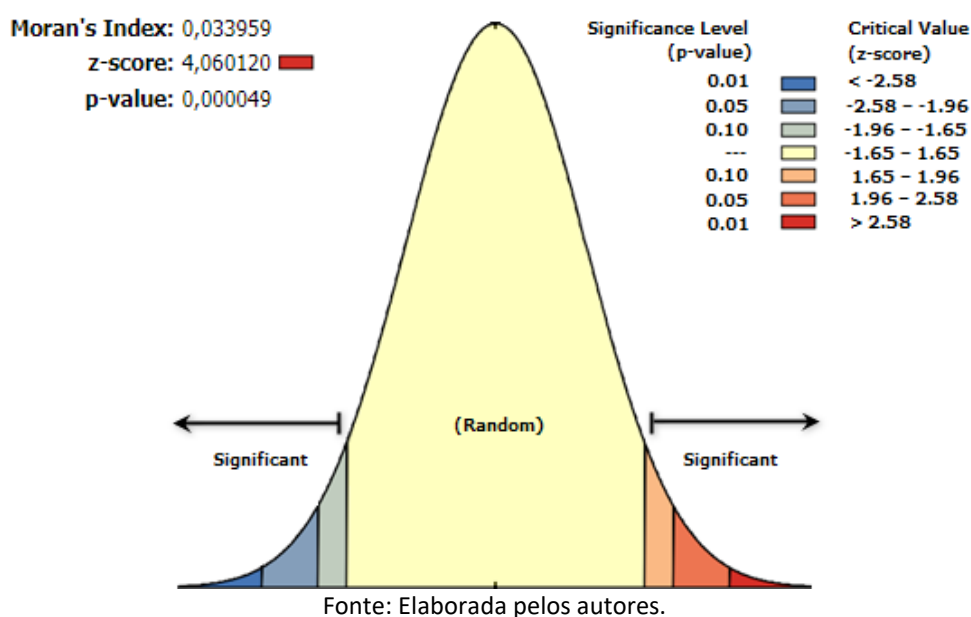
Os resultados da aplicação da AEDE aos escores de eficiência são apresentados em duas seções distintas, uma contemplando a análise agregada para os municípios de Minas Gerais e a outra, a análise desagregada.

APLICAÇÃO DA TÉCNICA AEDE NA ANÁLISE AGREGADA DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA NOS GASTOS PÚBLICOS DA FUNÇÃO EDUCAÇÃO

Inicialmente, foram analisados os resultados da aplicação da técnica AEDE aos escores de eficiência dos gastos públicos da Função Educação com os Anos Iniciais do Ensino Fundamental (Modelo 1) para a totalidade dos municípios do estado de Minas Gerais.

O valor da estatística I de Moran Global foi de 0,033959, sendo este significativo a 1% (0,01) no ano analisado. A Figura 03 apresenta o resultado da autocorrelação espacial dos escores de eficiência do Modelo 1.

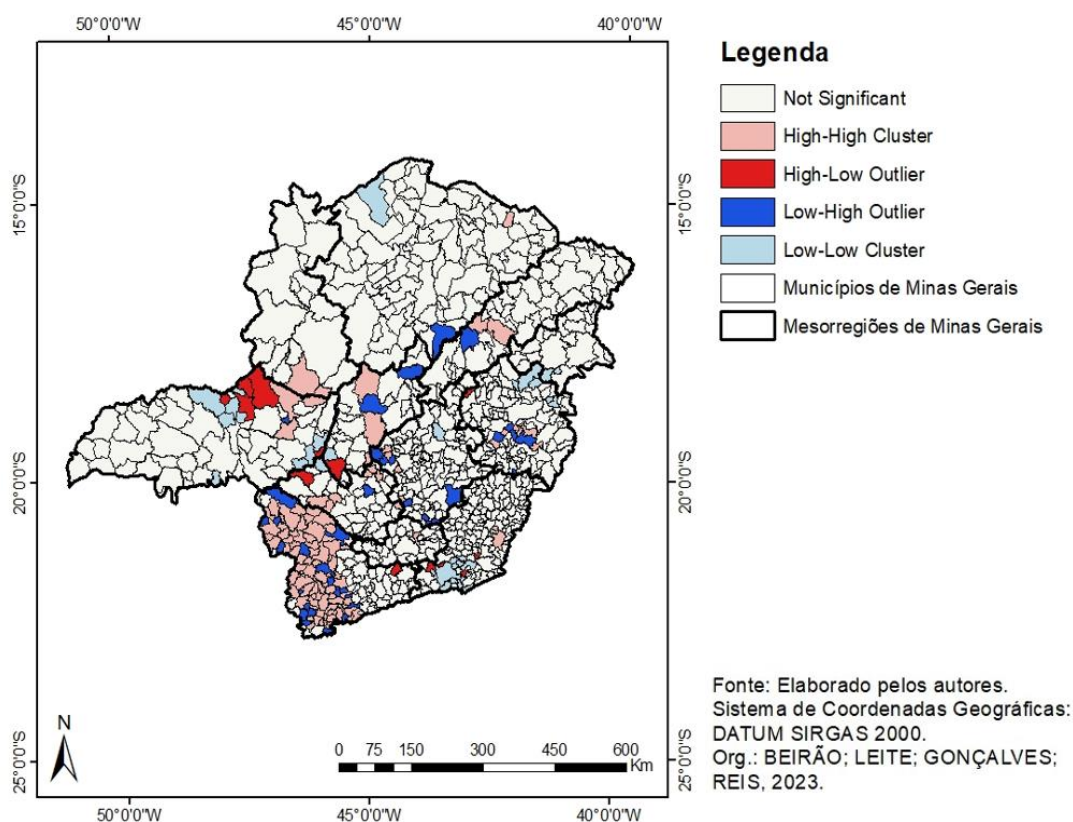
Figura 3 – Resultado da autocorrelação espacial dos escores de eficiência do Modelo 1.



Conforme a Figura anterior, os *p-values* correspondentes a 1%, 5% e 10% correspondem aos *z-scores* em valores positivos e negativos de 2,58, 1,96 e 1,65, respectivamente. Em outros termos, os valores críticos de *z* com níveis de confiança de 99% (ou nível de significância de 1%) possuem desvio padrão de +2,58 e -2,58.

O valor do I de Moran Global corresponde ao z -score³ de 4,060120 com valor p significativo, inferior a 1%. De acordo com o Relatório de Autocorrelação Espacial, o I de Moran Global calculado foi maior que a esperança [*expected index*, em português, índice esperado – $E(I)$] de -0,001174. Portanto, o coeficiente apresenta indicação de autocorrelação espacial positiva dos escores de eficiência do Modelo 1.

Figura 4 – Mapa de *clusters* LISA dos escores de eficiência do Modelo 1.



Fonte: Elaborada pelos autores.

³ O z -score corresponde ao número de desvios-padrão a partir do ponto central da população referência. Enquanto o percentil quantifica os indivíduos desde o início até o final da distribuição (de próximo a zero até próximo a 100), o z -score quantifica a partir da mediana ou percentil 50. Em outras palavras, o z -score indica a existência de significâncias na autocorrelação espacial. O z -score pode alcançar diferentes níveis de p -value. Conforme Martins e Theóphilo (2016) essa significância ocorre na ocasião em que o p atinge valores menores ou iguais a 90%. Sendo assim, o p pode indicar que há a probabilidade de que o padrão agrupado tenha de forma respectiva, 1%, 5% ou 10% de chances de não conter autocorrelação positiva.

Esse fato pode indicar que os escores de eficiência analisados apresentam *z-score* em regiões extremas, ou seja, significância da autocorrelação espacial para a variável do estudo. Nesse sentido, há grande chance de que os escores não se encontrem em áreas aleatórias ou randômicas e que houve aglomeração espacial com características de autocorrelação positiva (*clustered*). Isso também pode indicar que os municípios mineiros que apresentaram elevados escores de eficiência nos gastos públicos com Educação dos Anos Iniciais do Ensino Fundamental tendem a estar circunvizinhos por municípios com elevada eficiência e aqueles que obtiveram baixos escores encontram-se circunvizinhos por unidades que estão na mesma situação. A Figura 04 apresenta o mapa de *cluster* LISA dos escores de eficiência do Modelo 1.

Através da Figura anterior foi possível identificar padrões de associação espacial significativos na decomposição do *I* de Moran Global. Cada *cluster* recebeu uma cor que corresponde a uma classificação que revela a existência de aglomerações em combinações com seus vizinhos pela variável de interesse utilizada. O *cluster* do tipo Alto-Alto é reconhecido pela cor vermelha claro, enquanto o *cluster* Baixo-Baixo é apresentado na cor azul claro. O que não se enquadrar nessas duas situações é descrito como *outlier*. Existem dois tipos de *outlier* nos mapas de *clusters* LISA, o do tipo Alto-Baixo, reconhecido por apresentar a cor vermelha escuro e o do Baixo-Alto, que é apresentado na cor azul escuro. As localidades que não se enquadrarem entre os termos *clusters* e *outliers* são consideradas não significante (em inglês, *Not Significant*).

Dessa forma, o mapa de *clusters* LISA apresenta aglomerações que revelam municípios com elevados valores da variável analisada rodeados de uma vizinhança que também possui altos valores. Os referidos municípios que apresentam *clusters* Alto-Alto - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior - concentram-se em áreas de oito mesorregiões do estado de Minas Gerais (Central Mineira, Jequitinhonha, Oeste de Minas, Noroeste de Minas, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Vale do Rio Doce). A mesorregião Sul/Sudoeste de Minas apresentou o *cluster* mais significativo do tipo Alto-Alto.

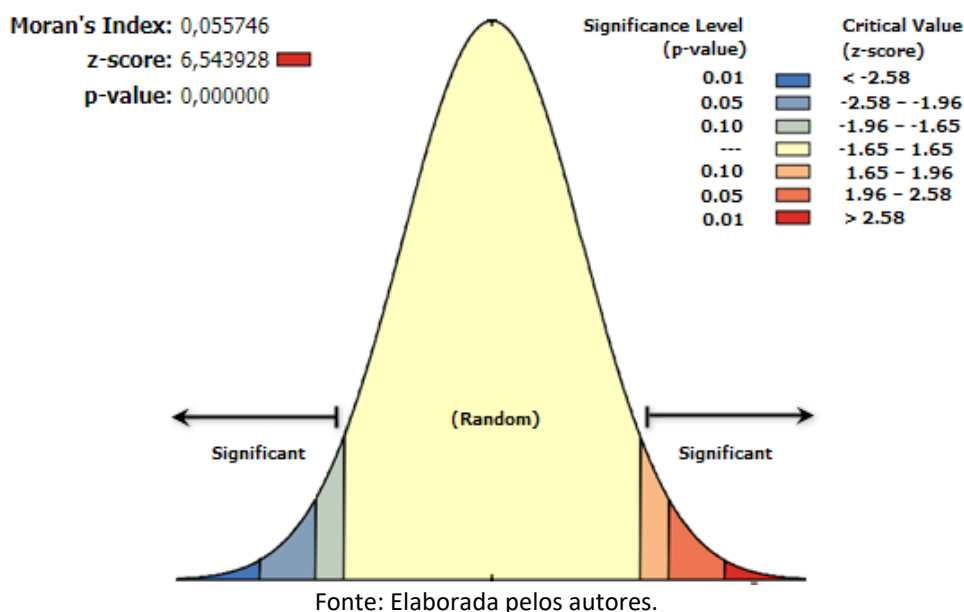
O mapa de *cluster* LISA também apresenta aglomerações que indicam que municípios com baixos valores para a variável analisada estão rodeados de uma vizinhança que também possuem valores reduzidos. Os municípios aludidos se concentraram em áreas de seis mesorregiões do estado de Minas Gerais (Central Mineira, Norte de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce e Zona da Mata), apresentando *clusters* Baixo-Baixo - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior. A mesorregião Zona da Mata exibiu o *cluster* mais relevante do tipo Baixo-Baixo. As demais localidades não apresentaram valores estatisticamente significativos. Assim como observou-se a formação de *clusters*, foram detectados também os *outliers*. Foram identificados *outliers* do tipo Alto-Baixo, os quais retratam a existência de municípios que receberam altos valores para variável analisada circundados por de uma vizinhança com valores reduzidos. Os referidos municípios que apresentam *outliers* Alto-Baixo - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior – concentram-se em áreas de seis mesorregiões do estado de Minas Gerais (Central Mineira, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Vale do Rio Doce e Zona da Mata). A mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba apresentou o *outlier* mais significativo do tipo Alto-Baixo.

Também foram encontrados *outliers* do tipo Baixo-Alto, que mostram a existência de municípios que receberam baixos valores para a variável analisada cercados por uma vizinhança com altos valores. Os referidos municípios que apresentaram *outliers* Baixo-Alto - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior – estão concentrados em oito mesorregiões do Estado (Central Mineira, Jequitinhonha, Metropolitana de Belo Horizonte, Norte de Minas, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Vale do Rio Doce). A mesorregião Sul/Sudoeste de Minas apresentou o *outlier* mais significativo do tipo Baixo-Alto. As demais localidades não apresentaram valores estatisticamente significativos.

Quanto à variável escores de eficiência nos gastos públicos com Educação dos Anos Finais do Ensino Fundamental dos municípios do estado de Minas Gerais (Modelo 2), o valor da estatística *I* de Moran Global obtido foi de 0,055746, sendo este significativo

a 1% (0,01). A Figura 05 apresenta o resultado da autocorrelação espacial dos escores de eficiência do Modelo 2.

Figura 5 - Resultado da autocorrelação espacial dos escores de eficiência do Modelo 2.



A Figura mostra que os *p-values* correspondentes a 1%, 5% e 10% correspondem aos *z-scores* em valores positivos e negativos de 2,58, 1,96 e 1,65, respectivamente. Desta forma, os valores críticos de *z* com níveis de confiança de 99% (ou nível de significância de 1%) possuem desvio padrão de +2,58 e -2,58.

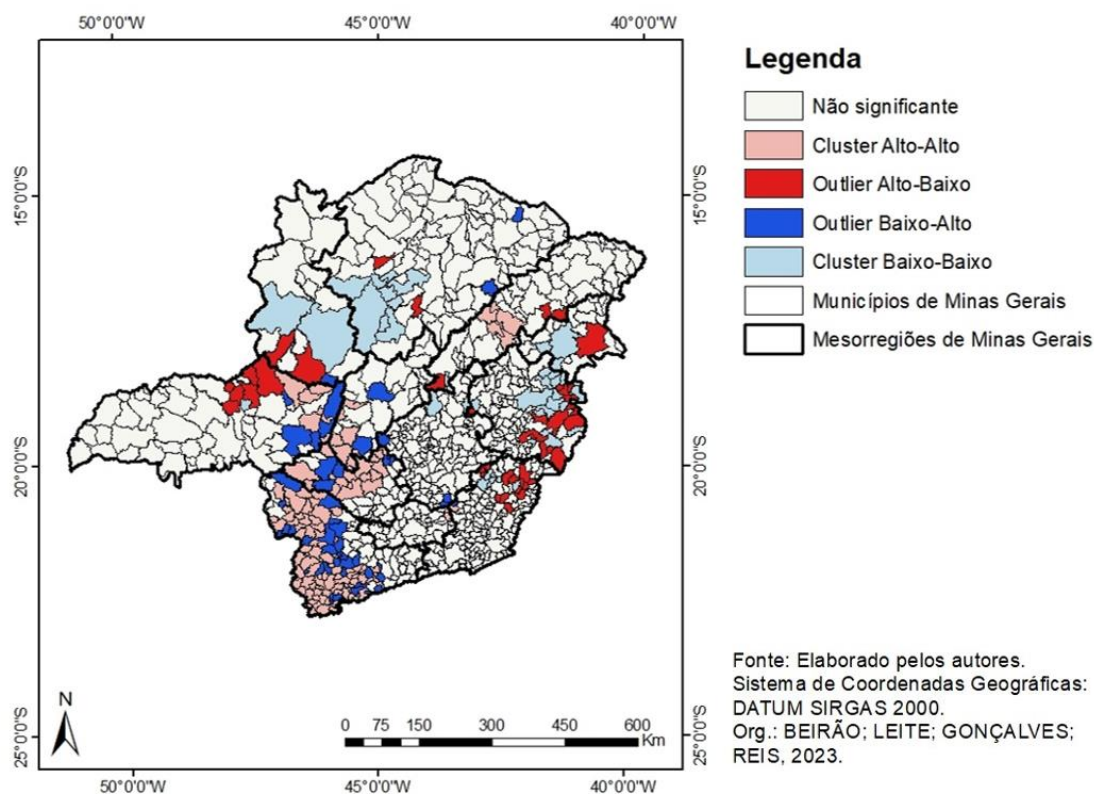
Verifica-se que o valor do *I* de Moran Global corresponde ao *z-score* de 6,543928, com valor *p* significativo inferior a 1%. Conforme o Relatório de Autocorrelação Espacial, o *I* de Moran Global calculado foi maior que a esperança de -0,001174. Portanto, o coeficiente também expressa a existência de autocorrelação espacial positiva da variável analisada. O valor apresentado indica que a variável apresenta, tal como a dos anos iniciais, *z-scores* em regiões extremas, ou melhor, significância da autocorrelação espacial. Dessa forma, há grandes chances da existência de aglomeração espacial com características de autocorrelação positiva (*clustered*).

Do mesmo modo como verificado no Modelo 1, esses resultados podem significar que os municípios mineiros que apresentaram valores elevados para a variável analisada

tendem a estar circunvizinhados por municípios com elevada eficiência e aqueles que obtiveram baixos escores encontram-se circunvizinhados por unidades que estão na mesma situação.

Após a análise do I de Moran Global da variável escores de eficiência do Modelo 2, procedeu-se com a análise do mapa de *cluster* LISA da mesma (Figura 06).

Figura 6 – Mapa de *clusters* LISA dos escores de do Modelo 2.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Por meio da Figura foi possível observar padrões de associação espacial significativos na decomposição do I de Moran Global. O mapa em questão apresenta aglomerações que revelam que municípios com elevados valores da variável analisada estão rodeados por vizinhos também com valores significativos. Os referidos municípios que apresentam *clusters* Alto-Alto - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior - concentram-se em áreas de cinco mesorregiões de Minas Gerais (Central Mineira, Jequitinhonha, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas e Triângulo Mineiro/Alto

Paranaíba). A mesorregião Sul/Sudoeste de Minas apresentou o *cluster* mais significativo do tipo Alto-Alto.

O mapa de *cluster* LISA também apresenta aglomerações que indicam que municípios com baixos valores para a variável analisada estão rodeados de uma vizinhança que também possuem valores reduzidos. Os municípios aludidos se concentraram em áreas de algumas mesorregiões do Estado, exceto Campos das Vertentes, Central Mineira, Jequitinhonha, Oeste de Minas e Sul/Sudoeste de Minas, que apresentaram *clusters* Baixo-Baixo - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior. A mesorregião Vale do Rio Doce exibiu o *cluster* mais relevante do tipo Baixo-Baixo; sendo que as demais localidades não apresentaram valores estatisticamente significativos.

Tal como observou-se a formação de *clusters*, foi possível identificar também a formação de *outliers*. Foram identificados *outliers* do tipo Alto-Baixo, os quais mostram a existência de municípios que receberam altos valores da variável analisada circundados por municípios com baixos valores. Os referidos municípios que apresentam *outliers* Alto-Baixo - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior – concentram-se em áreas de oito mesorregiões de Minas Gerais (Jequitinhonha, Norte de Minas, Noroeste de Minas, Metropolitana de Belo Horizonte, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce e Zona da Mata). A mesorregião Vale do Rio Doce apresentou o *outlier* mais significativo do tipo Alto-Baixo.

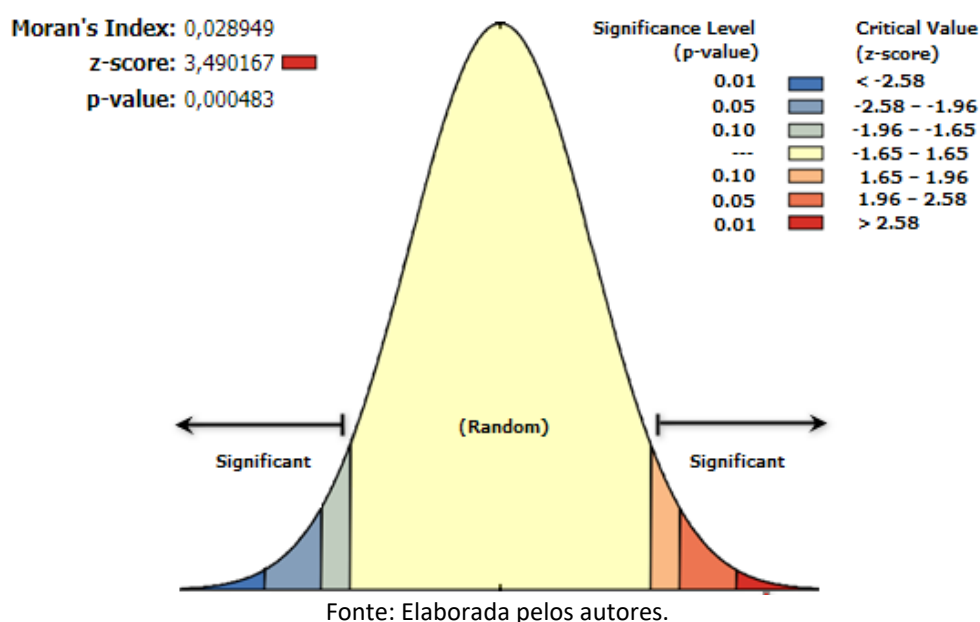
Também foram encontrados *outliers* do tipo Baixo-Alto, que mostram a existência de municípios que receberam baixos valores da variável analisada cercados por regiões com altos valores. Os referidos municípios se concentraram em áreas de algumas mesorregiões do estado de Minas Gerais, exceto Campos das Vertentes, Jequitinhonha, Noroeste de Minas, Vale do Mucuri, Vale do Rio Doce e Zona da Mata, que apresentaram *outliers* Baixo-Alto - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior. A mesorregião Sul/Sudoeste de Minas exibiu o *outlier* mais relevante do tipo Baixo-Alto; sendo que as demais localidades não apresentaram valores estatisticamente significativos.

Após a aplicação da técnica AEDE nos escores de eficiência dos modelos 1 e 2 através de uma análise agregada, o próximo subtópico aborda a aplicação da técnica através de uma análise desagregada dos escores de eficiência dos modelos 1 e 2.

APLICAÇÃO DA TÉCNICA AEDE NA ANÁLISE DESAGREGADA DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA NOS GASTOS PÚBLICOS DA FUNÇÃO EDUCAÇÃO

A Figura 07 apresenta os resultados da autocorrelação espacial dos escores de eficiência do Modelo 1. O valor da estatística I de Moran Global obtido foi de 0,028949, significativo a 1% (0,01).

Figura 7 – Resultados da autocorrelação espacial dos escores de eficiência do Modelo 1.



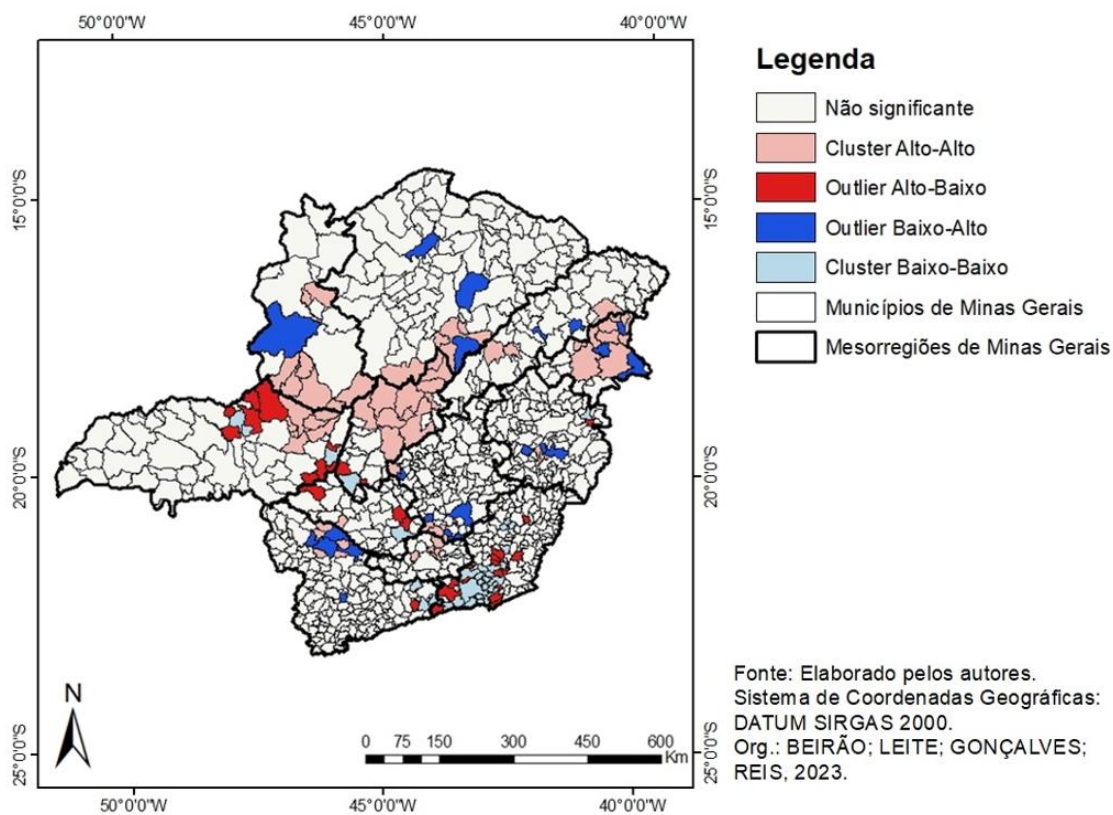
De acordo com a Figura, os *p-values* correspondentes a 1%, 5% e 10% equivalem aos *z-scores* em valores positivos e negativos de 2,58, 1,96 e 1,65, respectivamente. Em outras palavras, os valores críticos de *z* com níveis de confiança de 99% (ou nível de significância de 1%) possuem desvio padrão de +2,58 e -2,58.

O valor do I de Moran Global corresponde ao z -score de 3,490167, com valor p significativo inferior a 1%. Com base no Relatório de Autocorrelação Espacial, o I de Moran Global calculado foi maior que a esperança de -0,001174. Portanto, o coeficiente também exprime a existência de autocorrelação espacial positiva da variável analisada; que apresenta z -scores em regiões extremas, isto é, significância da autocorrelação espacial; revelando grandes chances da existência de aglomeração espacial com características de autocorrelação positiva (*clustered*).

Assim como verificado nos dois primeiros casos, os municípios mineiros que apresentaram valores elevados para a variável em análise tendem a estar circunvizinhados por municípios com elevada eficiência e aqueles que obtiveram baixos escores encontram-se circunvizinhados por unidades que estão na mesma situação.

A Figura 08 apresenta a análise do mapa de *cluster* LISA dos escores de eficiência do Modelo 1.

Figura 8 – Mapa de *clusters* LISA dos escores de eficiência do Modelo 1.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Através da Figura anterior é possível detectar padrões de associação espacial significativos na decomposição do *I* de Moran Global. O mapa de *clusters* LISA apresentou aglomerações que revelam municípios com elevados valores da variável em análise, rodeados de uma vizinhança que também possui valores significativos. Os referidos municípios que apresentam *clusters* Alto-Alto - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior - concentram-se em áreas de 11 mesorregiões do estado de Minas Gerais (Central Mineira, Campos das Vertentes, Jequitinhonha, Metropolitana de Belo Horizonte, Noroeste de Minas, Norte de Minas, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Vale do Mucuri e Vale do Rio Doce). A mesorregião Central Mineira apresentou o *cluster* mais significativo do tipo Alto-Alto.

O mapa de *cluster* LISA também apresenta aglomerações que indicam que municípios com baixos valores para a variável sob análise estão rodeados de uma vizinhança que também possuem valores reduzidos. Os referidos municípios que se concentram em áreas de seis mesorregiões de Minas Gerais (Central Mineira, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Vale do Rio Doce e Zona da Mata) apresentaram *clusters* Baixo-Baixo - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior. A mesorregião Zona da Mata exibiu o *cluster* mais relevante do tipo Baixo-Baixo. As demais localidades não apresentaram valores estatisticamente significativos.

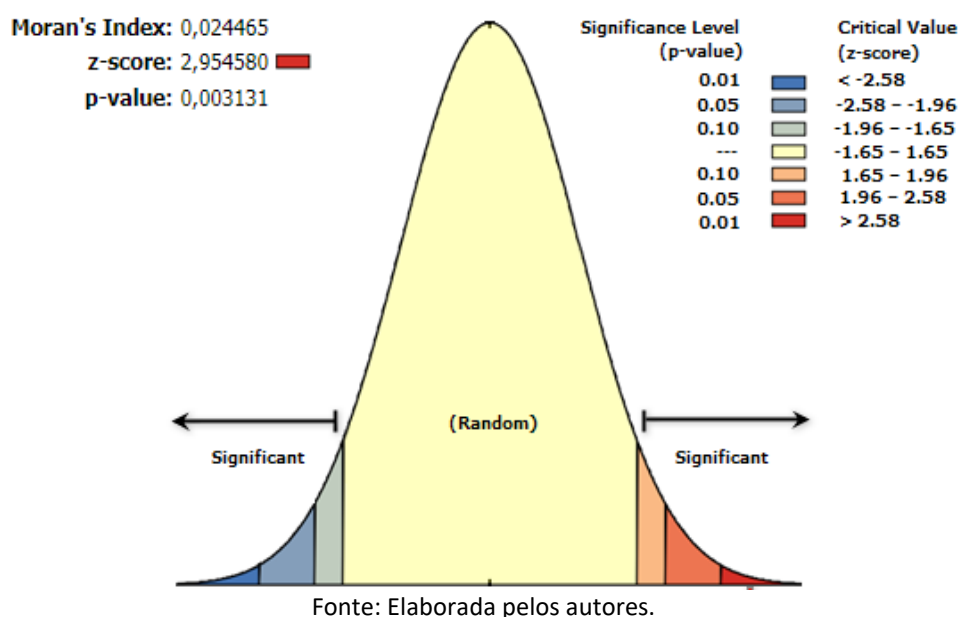
Assim como observou-se a formação de *clusters*, foram detectados também os *outliers*. Foram identificados *outliers* do tipo Alto-Baixo, os quais retratam a existência de municípios que receberam altos valores da variável sob análise circundados por regiões com baixos valores. Os referidos municípios que apresentaram *outliers* Alto-Baixo - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior - concentram-se em áreas de seis mesorregiões do estado de Minas Gerais (Central Mineira, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Vale do Rio Doce e Zona da Mata). A mesorregião Zona da Mata apresentou o *outlier* mais significativo do tipo Alto-Baixo.

Também foram encontrados *outliers* do tipo Baixo-Alto, que mostram a existência de municípios que receberam baixos valores da variável analisada cercados por regiões

com altos valores. Os referidos municípios que apresentaram *outliers* Baixo-Alto - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior – estão concentrados em sete mesorregiões do Estado (Jequitinhonha, Metropolitana de Belo Horizonte, Noroeste de Minas, Norte de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, Vale do Mucuri e Vale do Rio Doce). A mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte apresentou o *outlier* mais significativo do tipo Baixo-Alto; sendo que as demais mesorregiões não apresentaram valores estatisticamente significativos.

Quanto à variável escores de eficiência nos gastos públicos da Função Educação com os Anos Finais do Ensino Fundamental dos municípios das mesorregiões do estado de Minas Gerais (Modelo 2 – análise desagregada), o valor da estatística *I* de Moran Global obtido foi de 0,024465, significativo a 1% (0,01). A Figura 09 apresenta os resultados da autocorrelação espacial dos escores de eficiência do Modelo 2.

Figura 9 – Resultados da autocorrelação espacial dos escores de eficiência do Modelo 2.



Observando a Figura anterior é possível inferir que os *p-values* correspondentes a 1%, 5% e 10% equivalem aos *z-scores* em valores positivos e negativos de 2,58, 1,96 e

1,65, respectivamente. Da mesma forma, os valores críticos de z com níveis de confiança de 99% (ou nível de significância de 1%) possuem desvio padrão de +2,58 e -2,58.

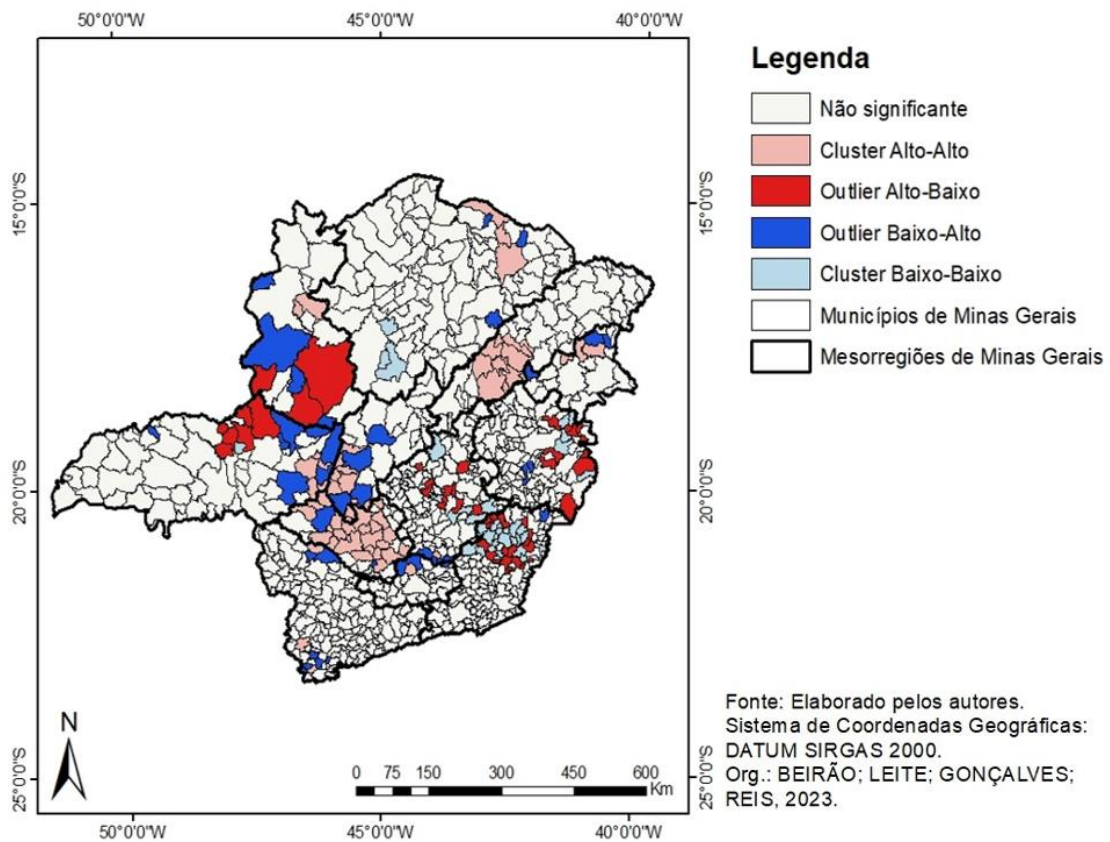
O valor do I de Moran Global corresponde ao z -score de 2,954580, com valor p significativo inferior a 1%. Segundo o Relatório de Autocorrelação Espacial, o I de Moran Global calculado foi maior que a esperança de -0,001174. Logo, o coeficiente expressa autocorrelação espacial positiva da variável analisada. Este fato sugere que os escores de eficiência apresentam z -scores em regiões extremas, ou seja, verifica-se significância estatística da autocorrelação espacial. Portanto, há grandes chances da existência de aglomeração espacial com características de autocorrelação positiva (*clustered*).

Tal como observado nos casos anteriores, os municípios mineiros que apresentaram valores elevados para a variável analisada tendem a estar circunvizinhados por municípios com elevada eficiência e aqueles que obtiveram baixos escores encontram-se circunvizinhados por unidades que estão na mesma situação.

A Figura 10 apresenta a análise do mapa de *cluster* LISA dos escores de eficiência do Modelo 2.

Por meio da Figura anterior é possível observar padrões de associação espacial significativos na decomposição do I de Moran Global. O mapa de *clusters* LISA identificou aglomerações que revelam municípios com elevados valores da variável analisada rodeados de uma vizinhança que também possui valores significativos. Os referidos municípios que apresentaram *clusters* Alto-Alto - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior - foram identificados em áreas de nove mesorregiões (Campo das Vertentes, Central Mineira, Jequitinhonha, Noroeste de Minas, Norte de Minas, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Vale do Mucuri). A mesorregião Oeste de Minas apresentou o *clusters* mais significativo do tipo Alto-Alto.

Figura 10 – Mapa de *clusters* LISA dos escores de eficiência do Modelo 2.



Fonte: Elaborada pelos autores.

O mapa de *clusters* LISA também apresenta aglomerações que indicam que municípios com baixos valores para a variável analisada estão rodeados de uma vizinhança que também possuem valores reduzidos. Os referidos municípios foram detectados em áreas de quatro mesorregiões do Estado (Metropolitana de Belo Horizonte, Norte de Minas, Vale do Rio Doce e Zona da Mata). A mesorregião Zona da Mata apresentou o *clusters* mais significativo do tipo Baixo-Baixo. As demais localidades não apresentaram valores estatisticamente significativos.

Da mesma forma que observou-se a formação de *clusters*, foi possível identificar a formação de *outliers*. Foram identificados *outliers* do tipo Alto-Baixo, os quais mostram a existência de municípios com altos valores dos escores de eficiência circundados por municípios com baixos valores. Os referidos municípios que apresentam *outliers* Alto-Baixo - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior – concentram-se em

áreas de cinco mesorregiões do Estado (Metropolitana de Belo Horizonte, Noroeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Vale do Rio Doce e Zona da Mata). A mesorregião Zona da Mata apresentou o *outlier* mais significativo do tipo Alto-Baixo.

Também foram encontrados *outliers* do tipo Baixo-Alto, que mostram a existência de municípios que receberam baixos valores da variável analisada cercados por regiões com altos valores. Os referidos municípios se concentraram em áreas de algumas mesorregiões de Minas Gerais, exceto Jequitinhonha, que apresentou *outliers* Baixo-Alto - conforme indicado na legenda do mapa da Figura anterior. A mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba exibiu o *outlier* mais relevante do tipo Baixo-Baixo; enquanto as demais localidades não apresentaram valores estatisticamente significativos.

Como foi possível observar, a partir da aplicação da AEDE sobre os escores de eficiência dos modelos 1 e 2 das análises agregada e desagregada foi possível encontrar semelhanças e diferenças. Quanto às semelhanças, os resultados do *I* de Moran Global mostraram que há autocorrelação espacial positiva nos escores de eficiência dos modelos 1 e 2 para ambos os tipos de análise.

Quanto às informações apresentadas nos mapas de *clusters* LISA dos escores de eficiência dos modelos 1 e 2 das análises agregada e desagregada, foi possível observar que o indicador LISA encontra-se disperso, visto que as doze mesorregiões do estado de Minas Gerais apresentaram *clusters* de natureza Alto-Alto, Baixo-Baixo e *outliers* do tipo Alto-Baixo ou Baixo-Alto. Nesse caso, todas as mesorregiões do Estado obtiveram concentrações significativas de *clusters* ou *outliers* nos modelos 1 e 2. As mesorregiões Central Mineira, Oeste de Minas, Sul/Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Zona da Mata apresentaram as maiores concentrações de *clusters* para os escores de eficiência dos modelos 1 e 2 e para as regiões Metropolitana de Belo Horizonte, Sul/Sudoeste de Minas, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, Vale do Rio Doce e Zona da Mata foram identificados *outliers* para os escores dos modelos analisados.

No que diz respeito às diferenças, as mesmas foram identificadas na análise dos mapas de *clusters* LISA dos escores de eficiência dos modelos 1 e 2 das análises agregada e desagregada.

O Modelo 1 da análise agregada apresentou um número maior de *clusters* Alto-Alto em detrimento do Baixo-Baixo, indicando que os municípios com altos valores de escores de eficiência são vizinhos de municípios com altos escores. No que tange aos *outliers*, foi encontrado um número maior de *outliers* Baixo-Alto em detrimento do Alto-Baixo, indicando que os municípios com baixos valores de escores estão circundados por municípios com baixos escores de eficiência. No Modelo 2 da análise agregada ocorreu exatamente o contrário, indicando que municípios com baixos valores são vizinhos de outras localidades com baixos escores no caso dos *clusters*, e municípios com altos valores estão circundados por municípios de baixos valores de escores de eficiência, no caso dos *outliers*.

Os modelos 1 e 2 da análise desagregada apresentaram um número maior de concentração de *clusters* Alto-Alto em detrimento do Baixo-Baixo, assinalando que os municípios com altos valores de escores de eficiências são vizinhos de municípios com valores significativos. Quanto aos *outliers*, os modelos 1 e 2 apresentaram maiores concentrações de *outliers* Baixo-Alto em detrimento do Alto-Baixo, mostrando que municípios que apresentaram baixos valores de escores de eficiência estão circundados por municípios de altos valores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo apresentou a aplicação da técnica AEDE aos escores de eficiência nos gastos públicos em educação com o Ensino Fundamental (Anos Iniciais e Finais) dos municípios do estado de Minas Gerais (análise agregada) e dos municípios das mesorregiões (análise desagregada) do mesmo Estado.

O coeficiente que indica a existência de autocorrelação espacial (o I de Moran Global) foi positivo em todos os modelos (Modelo 1 e 2 das análises agregada e desagregada), indicando que os municípios são vizinhos de outros com a mesma característica, os valores dos escores de eficiência. Isso se provou na análise dos mapas de *cluster* LISA de todos os modelos analisados.

Como ficou evidente, as análises indicaram a existência da autocorrelação espacial e de padrões espaciais de *clusters* e *outliers*. Esses também são conhecidos como agrupamentos e são formados por intermédio do transbordamento dos escores analisados no artigo. Os resultados comprovam que os escores do Modelo 1 e 2 geram externalidades espaciais (também conhecidas como transbordamento/efeito *spillover*) que influenciam a eficiência nos gastos de seus vizinhos. Isso ocorre porque a distribuição dos gastos com educação e os serviços prestados não ficam confinados aos limites da jurisdição do governo provedor, no caso as prefeituras municipais. O efeito *spillover* (em inglês, *spillover effect*) faz com que os residentes e os não residentes desfrutem do ônus e bônus de um bem ou serviço do governo (FISHER, 2023), no caso os gastos com educação. Os gastos mencionados criam os efeitos de transbordamento e esses acabam criando benefícios sociais à coletividade, como serviços da educação. As externalidades mencionadas podem resultar em benefícios sociais para aqueles que não consomem ou produzem os serviços da área supracitada (ULBRICH, 2011).

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se realizar uma análise de regressão espacial nos escores de eficiência na alocação dos gastos públicos educacionais com os Anos Iniciais e Finais do Ensino Fundamental dos municípios de Minas Gerais (análise agregada) e municípios das mesorregiões (análise desagregada) de Minas Gerais que fora realizada no presente artigo; tendo em vista verificar as interações espaciais dos escores utilizados, no território mineiro.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) com a concessão da Bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Eduardo. **Econometria espacial aplicada**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2012.

ANSELIN, Luc. Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. *In*: LONGLEY, P. A. *et al.* (Org.). **Geographic information system: principles, techniques, management and applications**. Nova York: Wiley, 1999.

ANSELIN, Luc. Local indicators of spatial association – LISA. **Geographical Analysis**, Columbus, Ohio, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.

BEIRÃO, Éder de Souza. **Análise da (in)eficiência dos gastos públicos com educação no Ensino Fundamental e sua distribuição espacial nos municípios do estado de Minas Gerais**. 2020. 225 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Social) – Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros. Disponível em: <https://www.posgraduacao.unimontes.br/uploads/sites/20/2020/12/Disserta%C3%A7%C3%A3o-%C3%89der-de-Souza-Beir%C3%A3o-VERS%C3%83O-FINAL.pdf>. Acesso em: 4 out. 2023.

BEIRÃO, Éder de Souza; Leite, Marcos Esdras; GONÇALVES, Maria Elizete. Análise da (in)eficiência dos gastos públicos da educação com o Ensino Fundamental nos municípios das mesorregiões do estado de Minas Gerais. **Perspectivas Contemporâneas**: Revista Eletrônica de Ciências Sociais Aplicadas, Campo Mourão/PR, v. 17, n. 1, p. 1-20, 2022. <https://doi.org/10.54372/pc.2022.v17.3460>

BEIRÃO, Éder de Souza; Leite, Marcos Esdras; GONÇALVES, Maria Elizete. Investigação da (in)eficiência dos gastos públicos da educação no Ensino Fundamental e sua distribuição espacial nos municípios do estado de Minas Gerais. **Economia & Região**,

Londrina/PR, v. 11, n. 1, p. 106-129, 2023. <https://doi.org/10.5433/2317-627X.2023.v11.n1.46340>

BENÍCIO, Alex Pereira; RODOPOULOS, Fabiana M. A.; BARDELLA, Felipe Palmeira. Um retrato do gasto público no Brasil: por que se busca a eficiência. *In*: BOUERI, Rogério; ROCHA, Fabiana; RODOPOULOS, Fabiana. **Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência**. Brasília, DF: Secretaria do Tesouro Nacional, 2015. p. 19-51.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 11 jan. 2023.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Esri ArcGIS**. Versão 10.5 [software], 2020. Disponível em: <https://www.esri.com/pt-br/arcgis/products/arcgis-online/overview>. Acesso em: 16 ago. 2023.

FISHER, Ronald C. **State and Local Public Finance**. Abingdon, Oxon: Taylor and Francis: Routledge, 2023.

FRANCESCHINA, Simone. **Mensuração e distribuição espacial da eficiência dos gastos públicos em saúde nos municípios do estado do Paraná**. 2019. 89 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2019. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/4332/5/Simone%20Franceschina.pdf>. Acesso em: 29 set. 2023.

GOLGHER, André Braz. **Introdução à econometria espacial**. Jundiaí, SP: Paco Editorial, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão Regional do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269_1.pdf. Acesso em: 24 out. 2023.

MARCONATO, Marcio; MORO, Odirlei Fernando Dal; PARRÉ, José Luiz. **Uma análise espacial sobre a saúde nos municípios brasileiros em 2010**. In: ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, 19. Florianópolis. **Anais eletrônicos** [...]. Florianópolis: ANPEC, 2016. Disponível em: https://www.anpec.org.br/sul/2016/submissao/files_l/i2-179cfe218a630a301bb7e59a9da6a9cb.pdf. Acesso em: 25 set. 2023.

MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

NEVES, Cleverson *et al.* Análise do Índice de Gini nos municípios de Santa Catarina em 2000 e 2010: uma abordagem exploratória de dados espaciais. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 209-227, 2016.

RIBEIRO, Jéssica Maria Lopes *et al.* Análise espacial dos gastos com educação e Desenvolvimento Humano no Estado de Minas Gerais. In: XVII SEMINÁRIO SOBRE A ECONOMIA MINEIRA, Diamantina, MG. **Anais eletrônicos** [...]. Diamantina, MG: CEDEPLAR/UFMG, 2016. Disponível em: <https://diamantina.cedeplar.ufmg.br/2016/anais/economia/217-363-1-RV.pdf>. Acesso em: 25 set. 2023.

ROCHA, Fabiana *et al.* Eficiência na provisão de educação e saúde: resenha e aplicações para os municípios brasileiros. In: BOUERI, Rogério; ROCHA, Fabiana; RODOPOULOS,

Fabiana. **Avaliação da qualidade do gasto público e mensuração da eficiência**. Brasília, DF: Secretaria do Tesouro Nacional, 2015. p. 395-420.

ULBRICH, Holley H. **Public Finance in Theory and Practice**. Abingdon, Oxon: Taylor and Francis: Routledge, 2011.

Éder de Souza Beirão – Doutorando em Desenvolvimento Social e Bacharel em Administração pela Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES).

Marcos Esdras Leite – Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Professor no Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES).

Maria Elizete Gonçalves – Doutora em Demografia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Professora no Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES).

Geraldo Antônio dos Reis – Doutor em Geografia: Tratamento da Informação Espacial pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e Professor no Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES).

Recebido para publicação em 19 de setembro de 2023.

Aceito para publicação em 24 de outubro de 2023.

Publicado em 14 de dezembro de 2023.