

Eficiência técnica e heterogeneidade tecnológica dos gastos públicos em saúde no Nordeste do Brasil: uma abordagem espacial*

Technical efficiency and technological heterogeneity of public health expenditures in Northeast Brazil: a spatial approach

Álvaro Robério de Souza Sá e Maria Solange Nunes de Lima Sá**

Resumo: Este artigo estuda a relação espacial da eficiência técnica na alocação de recursos públicos de saúde no Nordeste do Brasil. Os índices de eficiência são calculados usando o método de Análise Envoltória de Dados (DEA) meta-fronteira. A análise espacial foi realizada por meio de técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Os principais resultados apontam problemas na alocação de recursos públicos para a produção de bens e serviços de saúde na região, principalmente entre os municípios com população variando de 20.000 a mais de 100.000 habitantes. Por meio da análise espacial univariada, foram identificados clusters de alta eficiência técnica municipal no uso de recursos públicos de saúde nos estados de Pernambuco, Bahia, Ceará e Sergipe, enquanto clusters de baixa eficiência técnica foram encontrados nos estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, e em partes do Maranhão e Bahia. Quanto à análise espacial bivariada, identificou-se autocorrelação e dependência espacial da eficiência técnica municipal com aspectos contextuais como economias de escala, serviços públicos estritamente locais e características sociodemográficas. Tomados em conjunto, esses resultados podem subsidiar políticas para melhorar a qualidade e a eficiência da alocação de recursos públicos de saúde nos municípios do Nordeste.

Palavras-chave: Saúde Pública. Gestão Pública. Eficiência Técnica. Análise Espacial. Nordeste.

Abstract: This article studies the spatial relationship of technical efficiency in the allocation of public health resources in Northeast Brazil. Efficiency indices are calculated using the Data Envelopment Analysis (DEA) meta-frontier method. Spatial analysis was performed using techniques of Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA). The main results point out problems in the allocation of public resources for the production of health goods and services in the region, especially among municipalities with populations ranging from 20,000 to over 100,000 inhabitants. Through univariate spatial analysis, clusters of high municipal technical efficiency in the use of public health resources were identified in the states of Pernambuco, Bahia, Ceará, and Sergipe, while clusters of low

* Submissão: 29/12/2020 | Aprovação: 17/06/2021 | DOI: 10.5380/re.v43i81.78696

** Respectivamente: (1) Doutorando em Economia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF/PPGE), Brasil | ORCID: 0000-0001-6929-1449 | E-mail: alvaro.roberiosa@gmail.com | (2) Especialista em Engenharia e Gestão da Produção pela Universidade Cesumar (UniCesumar), Brasil | ORCID: 0009-0007-7675-6188 | E-mail: marysol.adm@gmail.com



technical efficiency were found in the states of Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, and in parts of Maranhão and Bahia. As for bivariate spatial analysis, autocorrelation and spatial dependence of municipal technical efficiency were identified with contextual aspects such as economies of scale, strictly local public services, and sociodemographic characteristics. Taken together, these results can support policies to improve the quality and efficiency of public health resource allocation in the municipalities of the Northeast.

Keywords: Public Health. Public Management. Technical Efficiency. Spatial Analysis. Northeast.

JEL: C02. I18. R01.

1. Introdução

No Brasil, o direito à saúde foi assegurado na Constituição Federal de 1988 sob o prisma da universalidade de acesso, equidade e integralidade para toda a sociedade. A legislação constitucional define em seu artigo 196 que a saúde deve ser garantida plenamente para toda a população mediante políticas sociais e econômicas, com foco na redução de riscos de doenças e agravos (BRASIL, 1988).

Para promover a cobertura universal da saúde e garantir esse direito social à população, criou-se o Sistema Único de Saúde (SUS), que se encontra regulamentado pela Lei Orgânica da Saúde nº 8.080/1990. Apesar dessa conquista, vários ainda são os desafios enfrentados pelo setor público para custear e ofertar bens e serviços de saúde, dentre eles estão a ineficiência no financiamento e no uso dos recursos públicos.

O financiamento da saúde pública brasileira conta com receitas estatais e contribuições fiscais dos orçamentos federal, estadual e municipal, além de aportes do setor privado (Mazon; Mascarenhas; Dallabrida, 2015). Desde seu surgimento, o sistema de saúde do país tem sido marcado pela insuficiência de recursos e, sobretudo, pela ineficiência em sua administração e alocação (Mendes, 2013). Em 2015, por exemplo, os gastos nacionais com saúde pública per capita foram de apenas 50% e 60% dos valores despendidos pelo Chile e pela Argentina, respectivamente. Em relação às nações com sistema universal de saúde, como Reino Unido, Espanha e Portugal, esse valor é ainda menor, sendo de apenas 17,9%, 26,3% e 33,8%, respectivamente (Vieira; Piola; Benevides, 2019).

O Brasil gasta com saúde pública cerca de 3,8% do PIB, valor este próximo da média da América Latina e Caribe (3,6%) e inferior à da OCDE (6,5%) (STN, 2018). A evidência empírica mostra a dificuldade do sistema de saúde brasileiro em financiar ações e serviços de cuidado médico. Essa situação entrava o progresso do SUS e ainda se soma às dificuldades de diálogo e ações coordenadas entre as esferas federal, estadual e municipal. Tais aspectos impedem que as políticas públicas de saúde conduzidas pelo governo federal atendam as demandas locais e regionais de maneira efetiva (Mendes; Marques, 2014).

Nesse cenário, delimitou-se a responsabilidade de investimento na saúde pública das unidades federativas, por meio da Lei Complementar nº 141/2012, estabelecendo que os estados brasileiros devem aplicar em ações e serviços de saúde, no mínimo, 12% da receita tributária, deduzidas as transferências aos

respectivos municípios; esse último deve aplicar, no mínimo, 15% dos impostos e recursos em consonância com os artigos 156, 158 e 159 da Carta Constitucional.

Embora tenha se delimitado o custeio da saúde pública, com a aprovação da Emenda Constitucional nº 95/2016, definiu-se que o gasto federal será corrigido pela inflação ao longo das próximas duas décadas. O novo regime fiscal para a manutenção da despesa pública federal elevou a preocupação quanto para seus efeitos sobre a produção de bens públicos, assim como chamou a atenção dos gestores municipais e estaduais para o aumento das responsabilidades fiscais, dado o contexto de restrição orçamentária, queda na arrecadação tributária, crise econômica e aumento da demanda social, sobretudo em relação aos serviços de saúde (Rossi; Dweck, 2016; Vieira; Benevides, 2016).

Diante desse prognóstico econômico e das mudanças epidêmicas em andamento no território brasileiro, a avaliação de eficiência no setor público tem se tornado ainda mais importante, sobretudo na saúde. O uso racional dos recursos públicos nesse setor é imprescindível para alcançar o equilíbrio fiscal e manter ou aumentar a provisão de bens e serviços de cuidado médico, principalmente com a redução das despesas federais com saúde, de 58% para 43% do gasto público federal entre 2003 e 2017. Nesse panorama, estados e municípios, além de terem mais responsabilidades, também despendem relativamente e cada vez mais para prover bens e serviços de saúde (Menezes; Moretti; Reis, 2020).

A eficiência é fundamental para aumentar a oferta de bens e serviços de cuidado médico, especialmente em regiões sensíveis às variações econômicas e fiscais. Este é o caso do Nordeste, onde as desigualdades socioeconômicas e os problemas de saúde pública ainda continuam mais latentes comparativamente às outras regiões brasileiras, como Sul e Sudeste, embora ela tenha obtido um progresso significativo nessa área, como resultado de políticas públicas bem-sucedidas no combate aos determinantes socioeconômicos da saúde. Entretanto, com os problemas que afetam a esfera pública atualmente, examinar a eficiência na aplicação dos recursos públicos deve ser uma tarefa periódica e contínua para garantir a tendência de melhoria dos indicadores de saúde na região (Santos-Neto *et al.*, 2019; Vieira; Benevides, 2016).

Diversos trabalhos avaliaram a eficiência técnica dos gastos públicos com saúde anteriormente no Brasil (Mattos *et al.*, 2009; Daniel; Gomes, 2015; Barbosa; Sousa, 2015; Mazon; Mascarenhas; Dallabrida, 2015; Rocha *et al.*, 2017; Silva;

Queiroz, 2018; Santos-Neto *et al.*, 2019; Daniel *et al.*, 2020). Entretanto, nenhum desses estudos considera a dependência espacial como um fator importante para determinação da eficiência no uso dos recursos públicos em saúde, embora Soares, Costa e Lopes (2019) e Felder e Tauchmann (2013) evidenciem que a otimização na saúde está condicionada ao contexto geográfico, em decorrência das migrações inter-regionais de pacientes e transbordamentos espaciais de eficiência técnica (aprendizagem na gestão dos recursos públicos da saúde).

Nesse contexto, este trabalho busca responder as seguintes questões empíricas: os municípios do Nordeste alocam eficientemente os recursos públicos em saúde? Em quais estados da macrorregião estão os municípios (in) eficientes? Há aglomerações de municípios (in) eficientes na aplicação dos recursos em saúde? O estudo responde essas questões apresentando algumas contribuições para análise de eficiência na saúde e para o Nordeste brasileiro.

Este trabalho empírico tem como uma de suas finalidades e inovação explorar a relação de dependência espacial entre os índices de eficiência técnica na gestão do gasto público com saúde e identificar os efeitos espaciais de otimização gerencial ainda não examinados para o Nordeste do Brasil. Embora diversos estudos busquem identificar os determinantes da eficiência técnica no gasto público com saúde por meio de modelos de regressão no território brasileiro, essas avaliações são restritas, dado que os achados são válidos apenas sobre a suposição de ausência de autocorrelação espacial. Assim, este estudo também busca analisar a relação espacial dos índices de eficiência técnica com variáveis ambientais e contextuais, preenchendo uma lacuna das avaliações de desempenho na gestão do gasto público com saúde para o Nordeste, por meio do uso de técnicas de análise espacial.

Este artigo busca, portanto, estimar a eficiência técnica municipal dos gastos públicos em saúde no Nordeste em três estágios. Primeiramente, estimam-se os índices de eficiência técnica por meio do método de Análise Envoltória de Dados (DEA) meta-fronteira para 2018. Esta abordagem permite examinar as eficiências de escala e gerencial com controle da heterogeneidade tecnológica, dado que os municípios nordestinos se deparam com diferentes condições de gestão, produção e recursos na área da saúde. O período foi escolhido devido ao momento de crise econômica e fiscal por que passam os municípios do Brasil, sobretudo os nordestinos, reforçando a necessidade de avaliação da eficiência na

esfera pública. No segundo estágio, verifica-se a existência de dependência espacial na eficiência técnica municipal, bem como possíveis efeitos de transbordamento de aprendizagem gerencial por meio de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Finalmente, analisa-se a associação espacial da eficiência técnica municipal com variáveis contextuais sobre três conjuntos de características, a saber: economias de escala, serviços de estrita competência local e aspectos sociodemográficos.

Este estudo contribui com a identificação das características econômicas, sociais e geográficas que influenciam na eficiência gerencial e alocativa dos recursos públicos em saúde no Nordeste do Brasil. Os resultados desta pesquisa podem subsidiar políticas públicas para melhoria da qualidade do gasto público em saúde e no direcionamento de ações em localidades com alta ineficiência na administração dos recursos públicos destinados à produção de bens e serviços de cuidado médico no território nordestino.

O resto do artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 apresenta uma revisão da literatura empírica sobre eficiência na alocação dos recursos públicos em saúde. A seção 3 discorre sobre teoria e aspectos da eficiência na saúde pública. A seção 4 apresenta os métodos e os dados utilizados no estudo. A seção 5 discute os resultados encontrados, enquanto a seção 6 apresenta as considerações finais.

2. Revisão da Literatura

A eficiência na saúde é um tema de amplo interesse do setor público, em razão disso, cada vez mais gestores e pesquisadores tem se dedicado à questão do custeio e da otimização na provisão de bens e serviços essenciais. Há vários trabalhos na literatura nacional os quais encontram ineficiência técnica na administração dos recursos públicos da saúde. Essas pesquisas buscam identificar governos locais e unidades de saúde com alto e baixo nível de eficiência, com o intuito de apoiar o desenvolvimento de políticas públicas que melhorem a qualidade dos gastos em saúde, principalmente empregando o método de Análise Envoltória de Dados (DEA).

Daniel *et al.* (2020) examinaram a eficiência técnica no uso dos recursos públicos para a provisão de bens e serviços de Atenção Básica em Saúde (ABS)

no estado do Mato Grosso, por meio de um modelo com retornos constantes e variáveis de escala. No modelo orientado ao produto, usou-se a despesa pública com saúde, estabelecimentos, leitos ambulatoriais e equipamentos de saúde, como insumos; enquanto vacinação, produção ambulatorial, acompanhamento de pacientes por profissionais de saúde, visitas domiciliares e serviços de ABS, como produtos. Descobriu-se que 62,5% dos municípios mato-grossenses podem aumentar a oferta de serviços de saúde sem incorrer na utilização de mais recursos públicos.

Soares, Costa e Lopes (2019) avaliaram a relação espacial dos índices de eficiência técnica dos gastos públicos com saúde no estado de Minas Gerais. Utilizando uma abordagem DEA meta-fronteira para controlar a heterogeneidade tecnológica dos municípios e um modelo de retornos variáveis de escala, os autores descobriram problemas no gerenciamento dos recursos públicos empregados na Atenção Básica em Saúde (ABS), sobretudo, em municípios mineiros de pequeno porte econômico. Constataram, ainda, que há dependência espacial entre os índices de eficiência municipal, com aglomerações de alta otimização compostas por municípios com as melhores condições socioeconômicas comparativamente aos de baixa otimização.

Silva e Queiroz (2018) analisaram a eficiência técnica na aplicação dos recursos públicos em saúde no estado do Rio Grande do Norte. Para tanto, consideraram despesa pública com saúde, leitos hospitalares, equipamentos, médicos, enfermeiros, cobertura dos postos de saúde, vacinação e procedimentos médicos, como indicadores de insumo e produto do modelo. Eles descobriram que nem todos os municípios norte-rio-grandenses alocam de forma eficiente os recursos públicos na provisão de bens e serviços de cuidado médico, bem como que a otimização gerencial não se encontra necessariamente associada a uma maior disponibilidade de recursos financeiros, uma vez que os municípios ineficientes foram os que mais gastaram.

Nessa perspectiva, Rocha *et al.* (2017) avaliaram a necessidade de ampliar ou melhorar a qualidade do gasto público em saúde no Brasil. Dada a alta heterogeneidade tecnológica dos municípios brasileiros, adotou-se uma abordagem DEA meta-fronteira para examinar a eficiência técnica considerando a despesa pública em saúde e os anos médios de escolaridade da população adulta, como insumos; enquanto o Índice de Desempenho do Sistema Único de Saúde

(IDSUS) – composto por um amplo conjunto de variáveis de acesso, produção e estrutura dos serviços de saúde pública –, como o produto. Os autores concluíram que a eficiência na alocação dos recursos públicos é suficiente para atender a demanda por assistência de saúde no Brasil.

Daniel e Gomes (2015) realizaram um diagnóstico da eficiência na alocação dos recursos públicos destinados à saúde no estado de Mato Grosso, em dois estágios. Para mensurar a eficiência técnica, foram consideradas uma gama de variáveis do serviço de saúde pública como insumos, a saber: capacidade ambulatorial, hospitais, leitos e gasto total com saúde; ao passo que para o produto: procedimentos ambulatoriais, internações, imunização e taxas de mortalidade infantil e geral (indicadores de qualidade e acesso). Na segunda etapa, os autores analisaram o efeito de variáveis sociodemográficas sobre os índices de eficiência municipal. O estudo revelou que 25% dos municípios eficientes ofertam a maior quantidade de bens e serviços de saúde pública com o menor dispêndio comparativamente aos demais municípios do estado.

Na literatura empírica, ainda se encontram os trabalhos de Sousa e Stosic (2005), Boueri (2006), Faria, Jannuzzi e Silva (2009), Trompieri Neto *et al.* (2009), Mattos *et al.* (2009), Júnior *et al.* (2011), Queiroz *et al.* (2013), Ervilha, Alves e Gomes (2013), Mazon, Mascarenhas e Dallabrida (2015), Barbosa e Sousa (2015), Andrett *et al.* (2018) e Santos-Neto *et al.* (2019), que, através de métodos não paramétricos, avaliam que o gasto público em saúde em várias unidades federativas do Brasil poderiam ser menores e mais eficientes. Ademais, discorrem que melhorias institucionais e a transferência de serviços do setor público para a iniciativa privada podem, em certa medida, contribuir para economias substanciais e aumento da qualidade e eficiência na provisão de bens e serviços de saúde (Afonso; Schuknecht; Tanzi, 2010; Dias *et al.*, 2013).

3. Eficiência na saúde pública

A eficiência se popularizou quando Farrell (1957), a partir das contribuições de Debreu (1951) e Koopmans (1951), dividiu o conceito de otimização em três aspectos, respectivamente, em eficiência de escala, técnica e alocativa. Destarte, entende-se que um município é tecnicamente eficiente na saúde pública quando consegue maximizar a produção diante dos recursos públicos disponíveis, denominada de orientação ao produto. De modo análogo, um município também é

tecnicamente eficiente na saúde quando sua produção é alcançada minimizando a utilização dos fatores reprodutíveis, chamada de orientação ao insumo (Nundoochan, 2020). Conceitualmente, a eficiência corresponde à combinação ótima de insumos e produtos, ou ainda num modo racional de produção que permite a maximização ou manutenção da oferta de bens e serviços de saúde pública, por meio da aplicação ao menor nível possível dos recursos financeiros disponíveis (Sousa *et al.*, 2020).

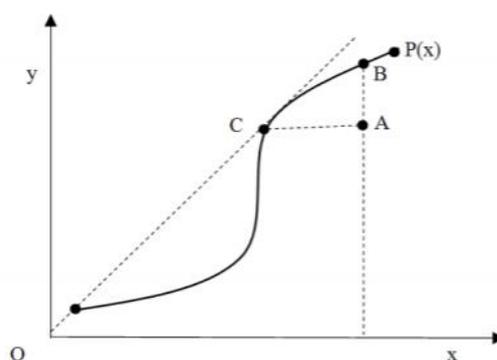
A função de produção municipal para provisão de bens e serviços de saúde é composta por múltiplos insumos e produtos. A alocação dos fatores produtivos é dita ótima quando se encontra sobre a Fronteira de Possibilidade de Produção (FPP). Por conseguinte, a alocação dos recursos públicos é eficiente no sentido de Pareto quando, nesse ponto, não é possível realizar outras realocações que tornem a oferta de um bem maior sem a do outro ficar menor. Essa curva permite avaliar a eficiência técnica por meio da análise da produção municipal da saúde, dado a disponibilidade de recursos públicos, capital físico e humano, tecnologia e arranjos institucionais (Santerre; Neun, 2012; Almubidin, 2019).

Uma questão importante sobre a curva de possibilidade de produção corresponde ao seu comportamento diante da ampliação do gasto público, o que leva ao aumento da provisão de bens e serviços de saúde, porém, nem sempre na mesma proporção, dado que a relação entre insumos e produtos se encontra associada às economias de escala. Isso significa dizer que o porte econômico do município é relevante para a eficiência na alocação dos recursos públicos. Em geral, os municípios de pequeno porte exibem custo médio decrescente; nesse ponto, o aumento da oferta é mais que proporcional aos recursos financeiros empregados, tendo em vista que os custos fixos são diluídos no processo produtivo. Em contraste, os municípios de grande porte podem apresentar um custo variável médio dominando o custo médio total, o que implica na expansão mais que proporcional para cada bem ou serviço ofertado na saúde; assim, espera-se que nessas localidades o aumento seja menos que proporcional dos bens e serviços de cuidado médico em relação aos recursos públicos alocados (Soares; Costa; Lopes, 2019; Daniel; Gomes, 2015; Mattos *et al.*, 2009; Souza; Cribari-Neto; Stosic, 2005; Marinho, 2003; Mendes; Sousa, 2007).

Sobre a FPP, a tecnologia municipal pode ainda exibir diferentes categorias de retornos de acordo com a escolha de insumos e produtos. A identificação dos

retornos ocorre por meio da produtividade marginal dos fatores de produção [$PMg = \Delta y_i / \Delta x_i$], onde y corresponde ao produto e x ao insumo empregado no processo produtivo. Nesse sentido, a Figura 1 ilustra os retornos que a tecnologia de produção municipal pode exibir no curto prazo (Jehle; Reny, 2001; Almubidin, 2019).

Figura 1 – Função de produção municipal no curto prazo



Fonte: Soares, Costa e Lopes (2019).

Nesses termos, se um município oferta bens e serviços de saúde usando a mesma proporção de insumos e produtos, então a produção tem retornos constantes de escala, dado que a produtividade marginal é igual a uma unidade. Os municípios que operam com retornos constantes na produção se localizam no ponto (C) da figura. Quando os fatores reprodutíveis são relativamente menores que os produtos, tem-se então que o município produz com retornos crescentes de escala, que é denotado pela distância (OC) e expresso por uma produtividade marginal maior que uma unidade. Finalmente, se a proporção de insumos é maior que os produtos da saúde, então o governo produz com retornos decrescentes de escala (ponto C em diante), o que implica em produtividade marginal dos fatores menor que uma unidade (Almubidin, 2019; Soares; Costa; Lopes, 2019; Fonchamnyo; Sama, 2016).

Ainda na Figura 1, os municípios que se encontram sobre a fronteira $P(x)$ são aqueles que estão alocando de forma tecnicamente eficiente os recursos públicos na provisão de bens e serviços de saúde (C e B). Por outro lado, os municípios que se localizam abaixo da fronteira (A) precisam melhorar o gerenciamento e a alocação dos recursos financeiros para operar de modo

tecnicamente eficiente, seja pela maximização da produção para um dado nível de insumos ou pela minimização de insumos dado um patamar fixo de produção. Esse último caso será usado para avaliar o grau de eficiência dos municípios do Nordeste na alocação dos recursos públicos em saúde (Rocha *et al.*, 2017; Soares; Costa; Lopes, 2019; Top; Konca; Sapaz, 2020; Nundoochan, 2020).

4. Metodologia

4.1 Estimação dos índices de eficiência técnica

A Análise Envoltória de Dados (DEA) é empregada neste trabalho para estimar a eficiência técnica dos municípios nordestinos na alocação dos recursos públicos em saúde. A abordagem não paramétrica permite estimar a eficiência técnica mediante a combinação de múltiplos insumos e produtos (Top; Konca; Sapaz, 2020).

A aplicação dessa técnica, justifica-se pela função de produção municipal não ter que apresentar previamente uma suposição quanto para sua forma funcional, dado que a tecnologia de produção de bens e serviços de saúde é composta por múltiplos insumos e produtos, o que se torna de difícil acomodação na abordagem paramétrica (por exemplo, em Fronteira Estocástica), onde é necessária a especificação prévia da função para estimar os parâmetros do modelo de regressão. A abordagem não paramétrica se atém à maximização da produção a um dado nível de recursos públicos (orientação ao produto) ou para minimização das despesas públicas para certo nível de produto (orientação ao insumo). Essa última orientação é assumida para estimação dos índices de eficiência técnica, uma vez que a finalidade é verificar se os municípios do Nordeste do Brasil são capazes de manter a oferta de bens e serviços de saúde atual empregando uma menor quantidade de recursos públicos (Seddighi; Nejad; Basakha, 2020).

O método DEA possui duas partições que distinguem a tecnologia de produção, respectivamente, a que têm retornos constantes de escala (CRS), proposta por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), e retornos variáveis de escala (VRS), de Banker, Charnes e Cooper (1984). Diferente do CRS, o modelo VRS permite avaliar a eficiência sob duas condições: i) a eficiência de escala que está associada às variações na produção, dado uma mudança na escala da tecnologia de produção e ii) a eficiência técnica que está associada ao gerenciamento dos

recursos públicos. Esta abordagem permite estimar a FPP por meio de programação linear, sendo amplamente empregada na avaliação de eficiência no setor de saúde, em razão das suas propriedades e características econométricas (Chu; Zhang; Chen, 2015).

A tecnologia de produção municipal seguirá a suposição de retornos variáveis de escala (VRS), que permite examinar as eficiências de escala e técnica, com orientação ao insumo, para alcançar os objetivos deste trabalho. Assim, os municípios que alocam os recursos públicos em saúde de modo eficiente possuem índices igual a uma unidade e servem como *benchmarks* para o restante, tendo em vista que se situam sobre a fronteira de eficiência (Naquini *et al.*, 2020).

Este estudo estima a eficiência técnica dos municípios nordestinos na alocação dos recursos públicos em saúde por meio do método DEA meta-fronteira, que permite controlar a heterogeneidade tecnológica. Essa técnica admite a análise de desempenho municipal a partir da formação de grupos homogêneos, ou seja, com características similares, como localização, infraestrutura de saúde, porte econômico, demografia, entre outros. Esses fatores exercem influência sobre a eficiência na aplicação dos recursos públicos, assim como em diferentes escalas e retornos de produção municipal na fronteira de otimização, portanto, quando desconsiderados, levam a estimativas tendenciosas e imprecisas dos índices de eficiência técnica (Rocha *et al.*, 2017).

Para construir a FPP da saúde municipal por meio do DEA meta-fronteira, consideram-se os vetores de produção $y = (y_1, \dots, y_D) \in \mathfrak{R}_+^D$ e insumo $x = (x_1, \dots, x_l) \in \mathfrak{R}_+^l$. O município é a unidade tomadora de decisão ($n \in \mathfrak{R}_+^N$). A tecnologia de produção municipal é denotada da seguinte forma:

$$P(x) = \{(y, x) : x \geq 0 \text{ e } y \geq 0; x \text{ produz } (y)\} \quad (1)$$

onde $P(x)$ denota a produção municipal da saúde para determinado patamar de recursos públicos. Assim, os municípios eficientes são aqueles que se localizam sobre a FPP, região em que não é possível diminuir a despesa sem reduzir a produção da saúde. A distância até a FPP representa o grau de ineficiência na aplicação dos recursos públicos destinados à saúde (Soares; Costa; Lopes, 2019).

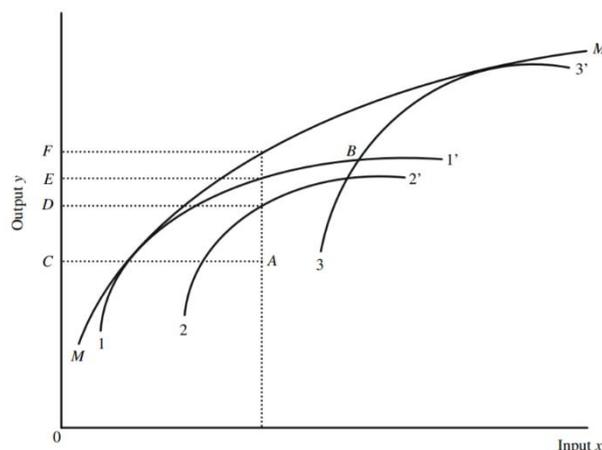
Os municípios enfrentam oportunidades de produção de bens e serviços de saúde pública distintas. Eles também tomam decisões a partir de um conjunto de combinações viáveis de insumos e produtos. Essas unidades tomadoras de decisão ainda apresentam diferentes níveis de recursos públicos, capitais físico e humano, tecnologia, entre outros. Nessa perspectiva, Battese, Rao e O'Donnell (2004) e O'Donnell, Rao e Battese (2008) propõem a divisão dessas unidades tomadoras de decisões (municípios) em grupos homogêneos para lidar com o problema da heterogeneidade tecnológica. Para tanto, pondera-se a existência de k grupos de municípios com tecnologia de produção homogênea, da seguinte forma:

$$T^k = P(x)^k = \{(x, y): x \geq 0 \text{ e } y \geq 0; x \text{ produz } (y) \text{ no grupo } k\}$$

$$T^m = \{T^1 \cup T^2 \cup T^3 \cup \dots T^k\} \tag{2}$$

Essas equações mostram como são construídos os k grupos de subtecnologias com características semelhantes e que também representam possibilidades de produção para os municípios.

Figura 2 – Metafronteira e fronteiras dos grupos homogêneos



Fonte: O'Donnell, Rao e Battese (2008).

A Figura 2 apresenta as FPPs conforme denotado nas equações (2), onde são expostos os conjuntos de possibilidades de produção municipal, com insumo (x) e produto (y), para três grupos com características similares (homogêneos) e distintos entre eles. A fronteira do grupo k é representada como $k - k$ e é considerada convexa ($k = 1, 2, 3$). Há três tecnologias diferentes que se referem às FPPs, e que são expressas

pelas curvas que ligam os pontos (1-1'), (2-2') e (3-3'), nesta ordem. A curva ($M-M'$) compreende os demais municípios, que é a metafronteira (O'DONNELL *et al.*, 2008).

Segundo Soares e Cunha (2019), é a partir desse procedimento que se obtém os índices de eficiência técnica para os municípios associados à metafronteira (Eficiência Tecnológica, MTE) e à fronteira do grupo (Eficiência Gerencial, GTE). Por exemplo, para o município (A), os índices são obtidos como segue: $MTE = OC/OE$ e $GTE = OC/OD$. Por conseguinte, a heterogeneidade tecnológica é observada pela razão metatecnológica: $MTR = MTE/GTE$. A ineficiência tecnológica e gerencial é calculada da seguinte forma: $TGI = GTE[1-MTE]$ e $GMI = [1-GTE]$. Finalmente, a ineficiência total é dada por: $MTI = TGI + GMI$. O problema de programação linear para k grupos homogêneos consiste em n municípios orientados ao insumo e com retornos variáveis de escala (VRS), de acordo com Banker, Charnes e Cooper (1984) e O'Donnell, Rao e Battese (2008), e descrito por:

$$\begin{aligned} \max \theta^m \quad s. t. \quad & \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k x_{in}^k \leq x_{io}^k, & i=1,2,\dots, \text{ i-ésimo insumo} \\ & \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k y_{dn}^k \geq \theta^m y_{do}^k, & d=1,2,\dots, \text{ d-ésimo produto.} \quad (3) \\ & \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \lambda_n^k = 1, & k=1(\text{meta-fronteira}). \\ & \lambda_n^k \geq 0, & n=1,2,\dots, \text{ n-ésimo município.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \max \theta^k \quad s. t. \quad & \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \mu_n^k x_{in}^k \leq x_{io}^k, & i=1,2,\dots, \text{ i-ésimo insumo.} \\ & \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \mu_n^k y_{dn}^k \leq \theta^k y_{do}^k, & d=1,2,\dots, \text{ d-ésimo produto.} \quad (4) \\ & \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^{N_k} \mu_n^k = 1, & k=1,2,\dots, \text{ k-ésimo subtecnologias.} \\ & \lambda_n^k \geq 0, & n=1,2,\dots, \text{ n-ésimo município.} \end{aligned}$$

onde x_{io}^k é o vetor de insumos do município o ; x_{in}^k são os vetores de insumos dos demais municípios; y_{do}^k é o vetor de produtos do município o ; y_{dn}^k são os vetores de produtos dos demais municípios; λ_n^k e μ_n^k são as variáveis de decisão dos modelos (3 e 4) que projetam o município o para a FPP quando $\theta^m \neq 1$ e $\theta^k \neq 1$

Para definir os k grupos homogêneos, dividiu-se os municípios do Nordeste por faixa populacional, adaptando a regra adotada por Soares, Costa e Lopes (2019) e Rocha *et al.* (2017). O Quadro 1 apresenta a distribuição dos municípios que são analisados neste trabalho empírico segundo seu porte populacional².

² Os municípios foram divididos de acordo com suas respectivas estimativas populacionais para o ano do estudo (2018), conforme dados utilizados pelo Tribunal de Contas da União (TCU) para fins fiscais.

Quadro 1 – Classificação dos municípios do Nordeste por porte populacional

Grupos	Regra	Municípios (qt)	Percentual (%)
Pequeno I	Até 20.000 habitantes	1161	64.75
Pequeno II	20.001 até 50.000 habitantes	449	25.04
Médio	50.001 até 100.000 habitantes	120	6.70
Grande	Mais de 100.000 habitantes	63	3.5
Total		1793	100.00

Fonte: resultados da pesquisa.

Os índices de eficiência técnica do gasto público com saúde são estimados com correção de viés pelo método *Bootstrap* através do software R. O procedimento é usado devido sua capacidade de reduzir substancialmente os problemas de sensibilidade dos escores de eficiência técnica. A abordagem ainda corrige com robustez os problemas de superestimação dos índices obtidos com o DEA (Simar; Wilson, 1998, 2007; Mariano; Marta, 2018; Soares; Cunha, 2019).

4.2 Análise exploratória de dados espaciais (AEDE)

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) é empregada para verificar se há dependência espacial nos índices de eficiência técnica municipal do gasto público em saúde, assim como para observar a associação espacial entre os níveis de otimização com variáveis contextuais, no Nordeste do Brasil. O método fornece técnicas de análise estatística de dados que permitem identificar e descrever distribuições, padrões, arranjos e efeitos espaciais da eficiência gerencial (Almeida, 2012; Cliff; Ord, 1981).

O procedimento consiste inicialmente na definição de convenções espaciais para captação dos efeitos de vizinhança e contiguidade nos dados observáveis. Nesse sentido, foram testadas as matrizes de ponderação espacial Rainha e Torre, além de matrizes de proximidade espacial. Para esse último caso, Baumont (2004) propõem que a matriz de ponderação espacial de vizinhança seja construída por meio do critério dos k-vizinhos mais próximos, da seguinte forma:

$$\begin{cases} w_{ij}(k) = 1 \text{ se } d_{ij} < d_{ij}(k) \\ w_{ij}(k) = 0, \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (5)$$

onde (w_{ij}) é um elemento da matriz normalizada, (d_{ij}) é a menor distância entre a região (i) e todas as outras unidades, de modo que cada unidade tenha exatamente k -vizinhos. Para verificar se há autocorrelação, Baumont (2004) indica o uso da estatística do I de Moran Global para testar diversas matrizes contendo k -vizinhos mais próximos. Foram considerados os $k = (2, 5, 7, 10)$, isto é, dois, cinco, sete e dez vizinhos mais próximos. O critério adotado no presente trabalho consiste na escolha da matriz espacial que exibir o maior valor da estatística do I de Moran Global, conforme sugere Baumont (2004). Formalmente, o I de Moran Global calcula o grau de associação linear, através de medidas de autocovariância na forma de produto cruzado, com o intuito de sumarizar a distribuição espacial dos dados observáveis (Anselin, 2013).

O I de Moran Global divide-se em univariado e bivariado. O primeiro examina a autocorrelação espacial de apenas um atributo, enquanto o segundo analisa a associação espacial entre dois atributos. O I de Moran Global Univariado é calculado como segue:

$$I_{Z1} = \frac{Z'WZ}{Z'Z} \quad (6)$$

onde Z denota os valores da variável de interesse padronizada, WZ representa os valores médios da variável de interesse padronizada dos vizinhos, definidas conforme a matriz de ponderação espacial W . O valor esperado do I de Moran Global Univariado sob a hipótese nula de ausência de autocorrelação espacial é expresso por: $E(I) = 1/(n - 1)$. Assim, um valor positivo dessa estatística indica que uma região com valores altos (ou baixos) da variável de interesse encontra-se rodeada por vizinhos que também exibem valores altos (ou baixos) do mesmo atributo, contudo, caso o valor seja nulo, não existe evidência de associação espacial e, por sua vez, a hipótese nula não é rejeitada (CLIFF; ORD, 1981). O I de Moran Global Bivariado é definido da seguinte forma:

$$I_{Z1Z2} = \frac{Z_1'WZ_2}{Z_1'Z_1} \quad (7)$$

onde Z_1 corresponde a uma variável de interesse e Z_2 ao valor de outra variável defasada na região vizinha, enquanto W é a matriz de pesos espaciais, como definido anteriormente. Essa estatística mostra o grau de associação linear entre o valor para uma variável em uma dada localidade e a média de outra variável nas localidades vizinhas (Anselin, 2013).

Finalmente, calculou-se o I de Moran Local Univariado e Bivariado para inferir se há autocorrelação nesse nível espacial, em razão do I de Moran Global eventualmente falhar na captação de padrões espaciais significativos nessa dimensão. Esse indicador decompõe a estatística global de autocorrelação espacial em quatro categorias (AA, BB, BA e AB), onde cada uma dessas expressa individualmente um quadrante do diagrama de dispersão do I de Moran. Assim, Alto-Alto (AA) denota uma localidade com um atributo alto em relação à média e seus vizinhos também são altos. De maneira análoga, Baixo-Baixo (BB) denota uma região que possui um valor baixo da variável de interesse em relação à média e seus vizinhos também são baixos, e assim por diante. Destarte, os resultados obtidos por meio do I de Moran Local Univariado e Bivariado são fornecidos de maneira robusta por meio de mapas de *clusters* LISA – *Local Indicator of Spatial Association* (Almeida, 2012; Anselin, 2013).

4.3 Descrição das variáveis e fonte dos dados

Os dados usados para estimar a eficiência técnica municipal no gasto público em saúde no Nordeste brasileiro são do ano de 2018. Esses dados empíricos foram obtidos de fontes oficiais, como o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), Sistema de Informações sobre Orçamentos Públicos em Saúde (SIOPS) e Sistema FIRJAN. As variáveis de insumo e produto empregadas na análise do primeiro estágio são associadas à produção de saúde municipal. No Brasil, é de competência dos governos municipais ofertar serviços de saúde relacionados ao primeiro nível de contato da população com o Sistema Único de Saúde (SUS). Considerou-se, assim, insumos e produtos concernentes ao fornecimento de serviços de Atenção Básica em Saúde (ABS) (Andrett *et al.*, 2018).

Quadro 2 – Descrição das variáveis do primeiro estágio para 2018

	Descrição das variáveis	Fonte	Média	DP
X1	Despesa total com saúde por habitante	SIOPS	658.71	249.00
Y1	Taxa de cobertura vacinal da população alvo	DATASUS	77.66	18.14
Y2	Número de mortes por causas evitáveis (5 a 74 anos)	DATASUS	3.25	0.86
Y3	Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) da Saúde	FIRJAN	0.70	0.14

Fonte: Resultado da pesquisa.

Nota: Insumos (X), Produtos (Y) e Desvio-Padrão (DP).

O Quadro 2 apresenta a descrição das variáveis e a estatística descritiva dos insumos e produtos empregados no primeiro estágio da avaliação de eficiência técnica. O insumo corresponde à estrutura e ao financiamento dos processos produtivos e operacionais necessários à provisão de bens e serviços de saúde pelos municípios, denotado pelo gasto em saúde por habitante. Os produtos expressam a produtividade, acessibilidade, qualidade e metas que devem ser perseguidas pelos municípios na área da saúde. Nessa perspectiva, selecionou-se as taxas de cobertura vacinal e de mortes por causas evitáveis (5 a 74 anos), além do IFDM da Saúde³, que representa um amplo conjunto de indicadores de saúde municipal (Daniel *et al.*, 2020; Soares; Costa; Lopes, 2019; Andrett *et al.*, 2018; Rocha *et al.*, 2017; Mazon; Mascarenhas; Dallabrida, 2015; Daniel; Gomes, 2015; Queiroz *et al.*, 2013; Júnior *et al.*, 2011; Mattos *et al.* 2009; Faria; Jannuzzi; Silva, 2009).

Para a análise da relação espacial da eficiência técnica municipal com variáveis contextuais buscou-se, nesta pesquisa, identificar os condicionantes da otimização na alocação dos recursos públicos em saúde no Nordeste brasileiro, a partir de indicadores de correlação geográfica. As variáveis contextuais de economias de escala selecionadas têm por objetivo verificar se existe associação espacial dos índices de eficiência com o efeito escala na administração dos recursos públicos em saúde. Nesse sentido, analisa-se a relação espacial dos municípios com o porte econômico e populacional contra os seus respectivos índices de otimização nos gastos públicos em saúde (Mattos *et al.*, 2009; Mendes; Sousa, 2007; Daniel; Gomes, 2015). Os municípios com maior dimensão econômica e populacional devem ser mais eficientes na alocação dos recursos em

³ O IFDM da Saúde é composto por um conjunto de indicadores do serviço de Atenção Básica em Saúde, como o número de consultas de pré-natal, óbitos por causas mal definidas, óbitos infantis por causas evitáveis e internações sensíveis para Atenção Básica. Portanto, é uma variável que representa de forma robusta a produção e a qualidade da saúde municipal.

saúde, dado o efeito escala que, sumariamente, denota que, com a alta da oferta de bens e serviços básicos de saúde, o custo médio da produção municipal se reduz até certo ponto.

Também é analisada a relação espacial dos índices de eficiência contra atributos de competência da administração municipal, como educação e saneamento (Silva *et al.*, 2018; Mariano; Marta, 2018). Espera-se que as localidades com melhores condições de educação e saneamento sejam mais eficientes na alocação dos recursos em saúde, dado que dispõem de maior controle social e fiscalização fiscal e, por sua vez, de um padrão de vida mais elevado. Portanto, a expectativa é que os governos municipais com esses aspectos, além de gerenciarem com mais racionalidade a despesa pública em saúde, também apresentem dependência espacial (Silva; Queiroz, 2018).

Em seguida, analisa-se a relação espacial dos índices de eficiência técnica com características sociodemográficas. Esses fatores, além de serem possíveis determinantes dos níveis de eficiência técnica na alocação dos recursos públicos em saúde, também podem ter associação espacial entre os municípios do Nordeste (Mattos *et al.*, 2009; Daniel; Gomes, 2015; Soares; Costa; Lopes, 2019). Em geral, espera-se uma relação espacial inversa entre os índices de eficiência gerencial e aspectos sociodemográficos, sobretudo no tocante à população composta por crianças, idosos e de baixa renda, uma vez que aumentam a demanda por bens e serviços de saúde pública em um município, elevando relativamente a despesa pública com serviços de ABS.

O Quadro 3 apresenta as variáveis contextuais usadas na AEDE e sua respectiva estatística descritiva. Os dados são do IBGE e IPEA e correspondem, principalmente, ao último Censo Demográfico (2010).

Quadro 3 – Variáveis contextuais empregadas na análise espacial

Variáveis	Descrição	Fonte	Sinal	Média	DP
Economias de Escala					
<i>Produto Per Capita</i>	Log do Produto Interno Bruto (PIB) per capita.	IBGE/2010	+	1.6478	0.4729
<i>População</i>	Log da população total.	IBGE/2010	+	9.5783	0.9709
<i>Urbanização</i>	Taxa de urbanização.	IBGE/2010	+	55.19	19.69
<i>Densidade</i>	Densidade populacional.	IBGE/2010	+	89.88	0.91
Competência Municipal					
<i>Escolaridade</i>	Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal da Educação (IFDM-E).	FIRJAN/2016	+	0.6747	0.086
<i>Abastecimento</i>	(%) de domicílios com acesso à água tratada.	IBGE/2010	+	65.14	19.17
<i>Esgoto Sanitário</i>	(%) de domicílios com acesso ao esgoto sanitário.	IBGE/2010	+	77.55	14.45
<i>Coleta de Lixo</i>	(%) de domicílios com acesso à coleta de lixo.	IBGE/2010	+	57.59	20.93
<i>Saneamento Adequado</i>	(%) de domicílios particulares com saneamento adequado.	IBGE/2010	+	20.89	20.76
Socioeconômico					
<i>Renda Média</i>	Renda domiciliar per capita.	IBGE/2010	+	252.73	75.36
<i>Baixa Renda</i>	(%) da população com renda (<1/2 salário-mínimo).	IBGE/2010	-	81.07	6.83
Demográfico					
<i>Idosos</i>	(%) da população acima de 60 anos.	IBGE/2010	-	11.38	2.38
<i>Crianças</i>	(%) da população entre 0 e 5 anos.	IBGE/2010	-	10.16	1.49
Geográfico					
<i>Temperatura</i>	Temperatura média anual.	IPEA/2002	-/+	21.87	8.63
<i>Pluviometria</i>	Índice pluviométrico médio anual.	IPEA/2002	-/+	73.19	42.15

Fonte: Resultado da pesquisa.

5. Resultados

5.1 Eficiência do gasto público em saúde no Nordeste brasileiro

Devido ao problema de heterogeneidade tecnológica, os municípios do Nordeste foram divididos em quatro grupos homogêneos, por faixas populacionais, e ordenados em grande, médio e pequeno portes (I e II). Em seguida, os índices de eficiência técnica dos municípios com população e tecnologia similares, foram estimados através do DEA meta-fronteira com correção de viés (*bootstrap*). Depois desse procedimento, foi testada a hipótese de dependência espacial da eficiência na alocação dos recursos em saúde. Por fim, a relação espacial da eficiência técnica foi analisada com um conjunto de variáveis contextuais, com o intuito de identificar determinantes espaciais da eficiência na gestão da despesa pública em saúde. A seguir, são apresentados os resultados empíricos.

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos índices de eficiência técnica do gasto público em saúde estimados com correção de viés no primeiro estágio. Observa-se que os níveis de eficiência técnica corrigidos são menores que aqueles obtidos por meio do método DEA convencional. Isso ocorre porque, na abordagem

tradicional, os índices ficam superestimados, como indica o quadro comparativo dos escores de eficiência das subtecnologias (GTE) e metafronteira (MTE) antes e depois da correção do viés. Nesse sentido, realizou-se de maneira complementar o teste de *Kolmogorov-Sminov*, visando verificar se há diferenças entre as distribuições de eficiência técnica após o tratamento do viés. Os resultados do teste para os índices de eficiência foram significativos ao nível de 1%, indicando que as distribuições de GTE e MTE iniciais mudaram após a correção. A não correção de viés neste estudo empírico levaria a interpretações errôneas da real magnitude da eficiência técnica municipal na alocação de recursos públicos de saúde no Nordeste (Daniel; Gomes, 2015; Mariano; Marta, 2018).

Tabela 1 – Estatística descritiva da eficiência e teste de diferenças de distribuições

Distribuições	Média	Mediana	DP	CV ¹	Min.	Máx.	<i>Kolmogorov-Smirnov</i> (K-S)
GTE	0.469	0.448	0.202	43.013	0.051	1.000	0.11991*
GTE (<i>bootstrap</i>)	0.410	0.399	0.167	40.815	0.030	0.961	
MTE	0.402	0.379	0.167	41.607	0.057	1.000	0.11489*
MTE (<i>bootstrap</i>)	0.356	0.345	0.135	37.796	0.054	0.925	

Fonte: Resultado da pesquisa.

Nota: ¹ Coeficiente de variação em %. (*) Significativo ao nível de 1% (p-value < 0.001).

A eficiência técnica média dos municípios do Nordeste brasileiro na alocação dos recursos em saúde é baixa na metafronteira (0,356), quando é desconsiderada a heterogeneidade tecnológica entre as observações. Porém, esse resultado não é factível do ponto de vista econômico e fiscal do país, dado que o rateio dos recursos públicos no setor se encontra sujeito a critérios populacionais (escala), o que introduz um fator de heterogeneidade na administração da despesa pública em saúde. Diante disso, estimou-se os índices de eficiência considerando diferentes grupos de subtecnologias municipais, fazendo com que os níveis médios de otimização se elevassem (0,410). Isso significa que, em média, os municípios poderiam economizar cerca de 59% dos recursos públicos destinados à saúde. Destaca-se, que os resultados encontrados nesse estudo representam avanços na avaliação de eficiência no setor de saúde, pois, como discorrem Rocha *et al.* (2017) e Soares, Costa e Lopes (2019), são inúmeros os estudos realizados em economia da saúde que ignoram a heterogeneidade tecnológica na estimação dos índices de otimização.

A Tabela 2 apresenta os resultados de eficiência municipal na administração das despesas públicas em saúde segundo o porte populacional e a unidade da federação. Em relação à Eficiência Gerencial (GTE), nota-se que os municípios das faixas de 20.001 e 50 mil habitantes e 50.001 a 100 mil habitantes exibem os maiores níveis de eficiência (0,548) e (0,539), respectivamente. Esses resultados indicam que os municípios dessas faixas populacionais podem produzir os mesmos resultados em saúde, economizando, em média, 45% dos recursos gastos. Os municípios entre as faixas de até 20 mil e mais de 100 mil habitantes apresentam os menores índices de eficiência técnica, respectivamente (0,339) e (0,473). Para compreender melhor esses resultados empíricos, foram analisados alguns aspectos do processo produtivo da saúde pública para os agrupamentos municipais.

Os municípios do Nordeste pertencentes aos agrupamentos populacionais dois e três possuem um gasto com saúde per capita médio de (R\$ 547,12) e (R\$ 573,18), nesta ordem. Esses dispêndios, quando comparados aos dos municípios dos agrupamentos um e quatro (menos eficientes), são relativamente menores. O gasto com saúde pública é decisivo para os níveis de eficiência técnica, em razão dos demais indicadores da função de produção municipal serem, em média, muito semelhantes em suas respectivas faixas populacionais, devido ao controle da heterogeneidade tecnológica. Por exemplo, os municípios de até 20 mil habitantes possuem uma taxa média de cobertura vacinal do público-alvo de 78,81%, essa taxa é similar ao dos agrupamentos de pequeno II (76,19%), médio (76,22%) e grande (69,47%) portes. Em termos médios, verificou-se o mesmo para o número de mortes por causas evitáveis (5 a 74 anos) e IFDM da saúde. Os fatores mencionados estão diretamente associados ao porte populacional do município.

A eficiência relativamente maior dos agrupamentos populacionais de médio e pequeno (II) portes é explicada, entre outros aspectos, pelo menor dispêndio de recursos para produzir resultados na Atenção Básica em Saúde (ABS), sobretudo, nos quesitos de desenvolvimento, qualidade e acessibilidade aos serviços de saúde prioritários. Em contraste, a baixa eficiência dos municípios de até 20 mil habitantes (pequeno I) é denotada, principalmente, por restrições na exploração de economias de escala na oferta de saúde pública. Essas limitações dificultam a obtenção de custos médios decrescentes na produção, assim como a administração mais eficiente dos gastos públicos em saúde. Por sua vez, os municípios com mais de 100 mil habitantes (grande), embora consigam explorar economias de escala na

oferta de ABS, podem alocar relativamente mal seus recursos nesse setor, exibindo alto desperdício, em razão da complexidade do serviço de saúde e recebimento de demandas externas de pacientes. O índice de mau gerenciamento dos recursos públicos em saúde (GMI) aponta um valor médio para os municípios nordestinos de grande porte de (0,527), o que é um tanto superior aos dos grupos intermediários (Mendes; Sousa, 2007; Mattos *et al.*, 2009; Faria; Jannuzzi; Silva, 2008).

Os municípios nordestinos com até 20 mil habitantes apresentam problemas de acesso e integralidade nos serviços de ABS. Para atender a demanda desse seguimento, os municípios investem em pequenas unidades de saúde que, normalmente, operam com custo fixo médio alto. Portanto, além das deseconomias de escala, as cidades pequenas possuem diversos entraves que dificultam a alocação eficiente dos recursos públicos em saúde (Soares; Costa; Lopes, 2019). Isso é evidenciado pelo GMI, que apresenta valor médio de (0,661) para essa faixa populacional, sendo este o mais alto na avaliação, embora tenha o menor nível de ineficiência do gasto público em saúde causado pelo *gap* tecnológico (TGI), com valor médio de (0,231).

A Tabela 2 ainda apresenta os índices de eficiência dos gastos públicos em saúde dos municípios do Nordeste para cada unidade federativa e em cada faixa populacional. Na faixa de 20 mil habitantes, os municípios situados nos estados de Alagoas (0,401), Pernambuco (0,397), Ceará (0,392) e Bahia (0,383) despontam com os maiores índices de eficiência gerencial. Já os municípios dos estados do Maranhão (0,286), Rio Grande do Norte (0,289) e Piauí (0,296) exibem o pior desempenho na alocação dos recursos públicos em saúde. No agrupamento de pequeno porte (II), os municípios dos estados de Pernambuco (0,598), Bahia (0,572) e Sergipe (0,569) possuem os índices de eficiência mais elevados, enquanto os municípios de Alagoas (0,526) possuem os piores índices de mau gerenciamento dos recursos públicos em saúde (GMI). Entre os agrupamentos de médio e grande porte, os municípios localizados nos estados de Pernambuco e Sergipe mais uma vez se destacam como os mais eficientes, isto é, que alocam mais racionalmente os recursos públicos na saúde.

Tabela 2 – Índices de (in) eficiência do gasto público em saúde no NE (2018)

Porte Populacional	GTE	MTE	MTR	TGI	GMI	MTI
Pequeno I Até 20.000 habitantes	0.339	0.321	0.945	0.231	0.661	0.891
Alagoas	0.401	0.370	0.923	0.253	0.599	0.852
Bahia	0.383	0.363	0.947	0.244	0.617	0.861
Ceará	0.392	0.359	0.917	0.251	0.608	0.859
Maranhão	0.286	0.275	0.960	0.208	0.714	0.921
Paraíba	0.321	0.298	0.929	0.225	0.679	0.904
Pernambuco	0.397	0.377	0.951	0.247	0.603	0.850
Piauí	0.296	0.285	0.963	0.212	0.704	0.915
Rio Grande do Norte	0.289	0.279	0.965	0.208	0.711	0.919
Sergipe	0.385	0.359	0.931	0.247	0.615	0.862
Pequeno II 20.001 até 50.000 habitantes	0.548	0.417	0.762	0.319	0.452	0.771
Alagoas	0.474	0.364	0.768	0.301	0.526	0.827
Bahia	0.572	0.451	0.788	0.314	0.428	0.742
Ceará	0.519	0.422	0.813	0.300	0.481	0.781
Maranhão	0.549	0.347	0.632	0.358	0.451	0.810
Paraíba	0.498	0.384	0.771	0.307	0.502	0.809
Pernambuco	0.598	0.476	0.795	0.314	0.402	0.715
Piauí	0.483	0.358	0.741	0.310	0.517	0.827
Rio Grande do Norte	0.528	0.389	0.738	0.322	0.472	0.795
Sergipe	0.569	0.448	0.788	0.314	0.431	0.745
Médio 50.001 até 100.000 habitantes	0.539	0.441	0.819	0.301	0.461	0.762
Alagoas	0.427	0.327	0.765	0.287	0.573	0.861
Bahia	0.553	0.487	0.881	0.284	0.447	0.730
Ceará	0.520	0.398	0.766	0.313	0.480	0.793
Maranhão	0.519	0.386	0.743	0.319	0.481	0.800
Paraíba	0.473	0.407	0.859	0.281	0.527	0.808
Pernambuco	0.654	0.533	0.816	0.305	0.346	0.652
Piauí	0.347	0.318	0.917	0.237	0.653	0.890
Rio Grande do Norte	0.417	0.385	0.923	0.257	0.583	0.840
Sergipe	0.591	0.531	0.899	0.277	0.409	0.686
Grande Mais de 100.000 habitantes	0.473	0.411	0.868	0.279	0.527	0.806
Alagoas	0.297	0.270	0.907	0.217	0.703	0.920
Bahia	0.411	0.383	0.933	0.253	0.589	0.843
Ceará	0.491	0.379	0.773	0.305	0.509	0.814
Maranhão	0.504	0.377	0.748	0.314	0.496	0.810
Paraíba	0.395	0.374	0.947	0.247	0.605	0.852
Pernambuco	0.583	0.562	0.964	0.255	0.417	0.672
Piauí	0.287	0.273	0.953	0.208	0.714	0.922
Rio Grande do Norte	0.477	0.346	0.724	0.312	0.523	0.835
Sergipe	0.550	0.428	0.778	0.315	0.450	0.765

Fonte: resultado da pesquisa.

Nota: GTE = Eficiência do gasto público em saúde estimada dentro do grupo; MTE = Eficiência do gasto público em saúde estimada na metafronteira; MTR = Taxa metatecnologia; TGI = Ineficiência do gasto público em saúde causada pelo *gap* tecnológico; GMI = Ineficiência do gasto público em saúde causada pelo mau gerenciamento; MTI = Ineficiência total do gasto público em saúde.

Pela Tabela 2, observa-se ainda que o índice de ineficiência gerencial (GMI) é superior ao de ineficiência tecnológica ou estrutural (TGI) para a alocação dos recursos públicos em saúde em todos os agrupamentos. O problema da ineficiência gerencial nos municípios do Nordeste brasileiro no gerenciamento das despesas

públicas em saúde pode estar associado a vários fatores. Dias *et al.* (2013), por exemplo, identificaram que as principais causas da ineficiência municipal estão relacionadas à fraca fiscalização dos conselhos municipais de saúde, licitações irregulares e baixo nível de *compliance*.

A estimação da eficiência técnica é importante para implementação de ações de melhoria de desempenho na administração pública, sobretudo, no setor de saúde. Nesses termos, a taxa de meta-tecnologia (MTR) pode ser usada para a efetivação de políticas que busquem alterar os aspectos contextuais no qual a produção municipal da saúde está ocorrendo, como infraestrutura e financiamento. Os resultados mostram que, além dos aspectos gerenciais e tecnológicos, o ambiente produtivo da saúde também influencia nos níveis de eficiência municipal (O'Donnell; Rao; Battese, 2008; Battese; Rao; O'Donnell, 2004).

A Tabela 3 apresenta a distribuição dos índices de eficiência dos gastos públicos em saúde por faixas de otimização. No grupo de subtecnologias (GTE), apenas 30,39% dos municípios do Nordeste possuem níveis de eficiência técnica superiores (0,5), o que implica que a grande maioria dos municípios da região são ineficientes na aplicação dos recursos públicos em saúde (69,61%). No entanto, mais da metade dos municípios nordestinos não apresentam sérios problemas de ineficiência tecnológica (TGI), dado que 51,53% estão inseridos na faixa (0,001-0,249), porém, a outra metade dos municípios possuem níveis pouco aceitáveis de ineficiência (0,250-0,499). Apesar disso, a ineficiência tecnológica na alocação dos recursos públicos em saúde, em termos médios, é de no máximo (0,30) no agregado, o que é relativamente baixo (Tabela 2).

A ineficiência tecnológica no gasto público em saúde no Nordeste do Brasil está associada a um amplo conjunto de fatores, respectivamente, uso de máquinas obsoletas, precariedade dos sistemas informatizados, falta de diretorias de equipamentos de saúde, entre outros. Esses aspectos podem, de algum modo, explicar a ineficiência tecnológica dos municípios nos gastos públicos em saúde (O'Donnell; Rao; Battese, 2008). Embora, em termos médios, os municípios não possuam sérias falhas tecnológicas, quase 98% (0,5 a 1,0) deles apresentam tanto problemas de ineficiência gerencial quanto tecnológica, como mostra o indicador MTI (Tabela 3).

Tabela 3 – Índices de (in) eficiência do gasto público em saúde por faixas de otimização

Faixas	GTE		MTE		TGI		GMI		MTI	
	Fi	Fr	Fi	Fr	Fi	Fr	Fi	Fr	Fi	Fr
0.750 - 1.000	44	2.45	19	1.06	0	0.00	324	18.07	1435	80.03
0.500 - 0.749	501	27.94	214	11.94	3	0.17	928	51.76	320	17.85
0.250 - 0.499	932	51.98	1168	65.14	866	48.30	498	27.77	37	2.06
0.001 - 0.249	316	17.62	392	21.86	924	51.53	43	2.40	1	0.06

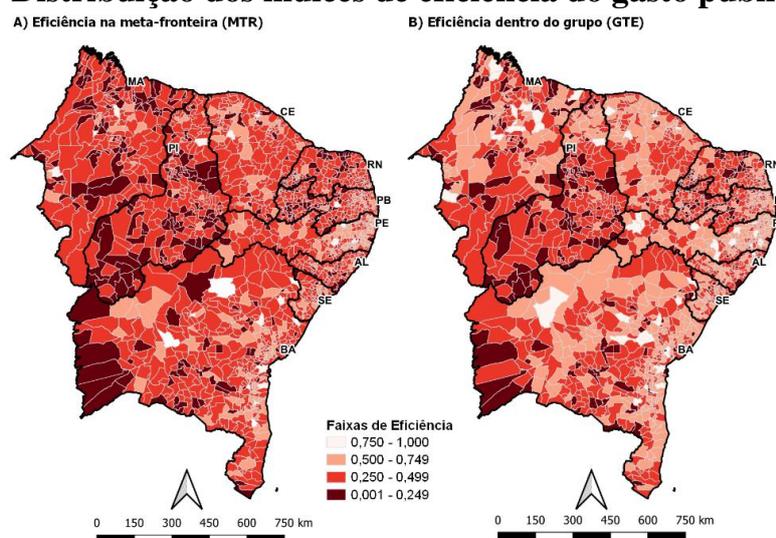
Fonte: Resultado da pesquisa.

Nota: GTE = Eficiência do gasto público em saúde estimada dentro do grupo; MTE = Eficiência do gasto público em saúde estimada na metafronteira; TGI = Ineficiência do gasto público em saúde causada pelo *gap* tecnológico; GMI = Ineficiência do gasto público em saúde causada pelo mau gerenciamento; MTI = Ineficiência total do gasto público em saúde.

5.2 Análise espacial da eficiência do gasto público em saúde no Nordeste

Esta seção apresenta a análise espacial da eficiência do gasto público em saúde no Nordeste do Brasil. A Figura 3 mostra a distribuição dos índices de eficiência técnica na alocação dos recursos públicos em saúde para o território nordestino por faixas de otimização. O mapa mostra que os municípios na cor branca e de menor intensidade da cor vermelha possuem um elevado nível de eficiência. Inversamente, os municípios com vermelho mais escuro possuem alto nível de ineficiência no gerenciamento das despesas públicas em saúde. Nota-se ainda que, ao controlar a heterogeneidade tecnológica dos municípios nordestinos, ocorre um relativo aumento da eficiência técnica (Figura 3.B).

Figura 3 – Distribuição dos índices de eficiência do gasto público em saúde



Fonte: resultado da pesquisa.

O segundo estágio apresenta a relação espacial dos índices de eficiência técnica dos gastos públicos em saúde dos municípios do Nordeste e seus aspectos contextuais. O estudo utiliza os testes de autocorrelação espacial global e local, disponibilizados pelo conjunto de ferramentas de AEDE. A primeira etapa desse estudo espacial consiste em calcular a estatística I de Moran Global com diferentes matrizes de pesos espaciais. A Tabela 4 apresenta o resultado do I de Moran Global para os índices de eficiência técnica (GTE) dos gastos públicos em saúde para diferentes matrizes de pesos espaciais.

Tabela 4 – I de Moran Global para os índices de eficiência técnica

Convenção ¹	<i>I</i>	<i>p-valor</i>	<i>Z-valor</i>
Rainha	0.2346	0.0010	16.8060
Torre	0.2370	0.0010	16.7743
K-2	0.2493	0.0010	11.5185
K-5	0.2292	0.0010	16.3980
K-7	0.2280	0.0010	18.9147
K-10	0.2216	0.0010	22.2479

Fonte: resultado da pesquisa.

Nota: A Pseudossignificância empírica é baseada em 999 permutações aleatórias. Também se calculou o I de Moran Global para (K = 3,4,6,8,9), porém, o que apresentou maior valor da estatística foi K = 2.

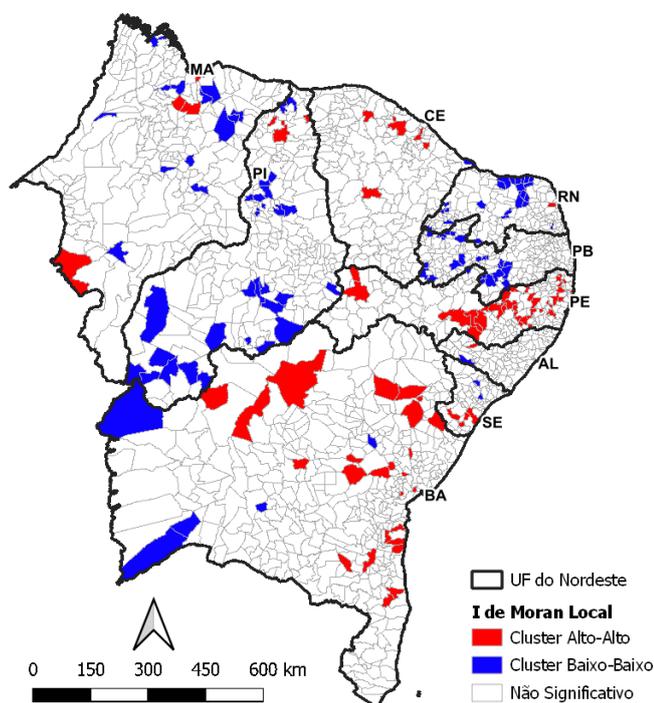
A estatística espacial foi calculada para os índices de eficiência utilizando seis diferentes convenções. A matriz (W) escolhida foi a de K-2 vizinhos mais próximos, com o I de Moran Global superior aos das demais matrizes (0,2493) e estatisticamente significativo ao nível de 1% (Baumont, 2004). Esse valor denota a autocorrelação espacial positiva, pois excede seu valor esperado (-0,0006). Intuitivamente, tem-se que os municípios nordestinos que possuem altos (baixos) níveis de eficiência gerencial nos gastos públicos em saúde são circundados por municípios que também apresentam altos (baixos) níveis de eficiência gerencial, isto é, há similaridade entre os valores de uma determinada localidade e seus dois vizinhos mais próximos. Ademais, os dados não foram sensíveis às diferentes convenções de matrizes de pesos espaciais testadas, uma vez que os valores da estatística espacial, em geral, são próximos e todos significativos ao nível de 1%.

A estatística de autocorrelação global evidencia ainda que há efeitos espaciais de aprendizagem na administração dos recursos públicos em saúde no Nordeste do Brasil. Isso implica que o desempenho na gestão dos recursos públicos

em saúde está sujeito à dependência espacial, em razão dos transbordamentos de aprendizagem gerencial. Deste modo, a localização geográfica e a interação espacial entre os municípios contribuem para o aumento dos índices de eficiência técnica na alocação dos recursos públicos em saúde. Nessa perspectiva, Soares, Costa e Lopes (2019) e Felder e Tauchmann (2013) apontam que os padrões espaciais de eficiência técnica podem indicar bons modelos regionais de saúde e ajudar a mapear os municípios com necessidade de intervenção para melhorar a qualidade do gasto público nessa área social.

Para mapear aglomerações ou locais que precisam de intervenção na gestão das despesas públicas em saúde, empregou-se o I de Moran Local. Essa estatística consegue capturar padrões locais de associação espacial linear (Almeida, 2012). Uma maneira robusta de apresentar os resultados encontrados é por meio do mapa *Local Indicator of Spatial Association* (LISA). A Figura 4 apresenta os *clusters* de eficiência dos gastos públicos em saúde para o território do Nordeste.

Figura 4 – Clusters de eficiência técnica do gasto público em saúde no NE



Fonte: resultado da pesquisa.

A análise de *clusters* para o Nordeste brasileiro evidencia que as aglomerações de municípios com altos índices de eficiência técnica nas despesas

públicas em saúde concentram-se nos estados de Pernambuco, Bahia, Ceará e Sergipe; ou seja, os municípios dessas unidades federativas se beneficiam de transbordamentos de otimização gerencial na alocação dos recursos em saúde. Em contraste, as aglomerações de baixa eficiência técnica se localizam nos estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e em parte do Maranhão e Bahia; os municípios dessas unidades federativas demandam programas de aperfeiçoamento na administração dos recursos em saúde. A identificação desses locais ajuda na adoção de políticas para elevar a eficiência na alocação dos recursos públicos em saúde. Essas ações podem reduzir os desperdícios de insumos na produção de saúde, contribuindo para melhorar a acessibilidade e a integralidade dos serviços de assistência médica nos municípios (Júnior *et al.*, 2011; Silva; Queiroz, 2018).

No último estágio, foram investigados os possíveis condicionantes da eficiência técnica dos gastos públicos em saúde no Nordeste brasileiro. A análise é realizada com o I de Moran Global Bivariado. Intuitivamente, busca-se descobrir se os valores de uma variável observada (índices de eficiência) numa dada região guardam uma relação com os valores de outra variável (determinantes) observada em regiões vizinhas. A estatística calculada apresenta o grau de associação linear (positiva ou negativa) entre os índices de eficiência gerencial e as variáveis contextuais dos municípios (Almeida, 2012).

A Tabela 5 apresenta os resultados da análise espacial bivariada. Nesse sentido, a estatística bivariada expressa a autocorrelação espacial positiva entre os índices de eficiência técnica e as variáveis contextuais consideradas quando o seu valor calculado excede seu valor esperado (-0,006). Assim, quando o valor dessa estatística se encontra abaixo (acima) do seu valor esperado, há autocorrelação espacial negativa (positiva). Os resultados dessa natureza, quando significativos, indicam que se pode rejeitar a hipótese nula de aleatoriedade espacial das variáveis observadas para os municípios nordestinos (Anselin, 2013).

Todos os condicionantes relacionados com as economias de escala apresentam uma associação espacial positiva com os índices de eficiência técnica das despesas com saúde, além disso, são estatisticamente significativos. A autocorrelação espacial entre os índices de otimização é mais forte com a população, dado que o I de Moran Bivariado é de (0,251). Isso implica que a eficiência dos municípios nordestinos na administração dos gastos em saúde está relacionada à obtenção de economias de escala na oferta de bens e serviços de

ABS. Essa mesma associação é encontrada para o produto médio, taxa de urbanização e densidade demográfica. Esses resultados estão em consonância com os achados empíricos de Souza, Cribari-Neto e Stosic (2005), Mattos *et al.* (2009) e Daniel e Gomes (2015), que discorrem que a eficiência técnica na saúde do Brasil está condicionada a ganhos de escala na oferta de assistência médica.

Tabela 5 – Análise espacial bivariada para os índices de eficiência dos gastos com saúde

Variáveis Contextuais	I de Moran Global Bivariado	
	I	p-value
Economias de Escala		
Produto per capita	0.0512*	0.0010
População	0.2510*	0.0010
Urbanização	0.0563*	0.0010
Densidade	0.0920*	0.0010
Competência Municipal		
Escolaridade	0.0146	0.1850
Abastecimento	0.0145	0.1950
Esgoto Sanitário	0.0739*	0.0010
Coleta de Lixo	0.0951*	0.0010
Socioeconômico		
Renda Média	0.0470*	0.0020
Baixa Renda	0.0652*	0.0010
Demográfico		
Idoso	-0.1137*	0.0010
Criança	0.0194	0.1270
Geográfico		
Temperatura	0.0636*	0.0010
Pluviometria	0.1320*	0.0010

Fonte: resultados da pesquisa.

Nota: (*) variáveis contextuais significativas.

A eficiência gerencial dos municípios nordestinos nos gastos públicos em saúde se encontra condicionada à oferta de diversos serviços que são de sua competência. Na verdade, a eficiência dos municípios na administração das despesas públicas em saúde apresenta correlação espacial positiva com as variáveis de saneamento básico, como esgoto sanitário e coleta de lixo nos domicílios; isso evidencia que os aspectos de competência municipal influenciam na alocação ótima dos recursos em saúde. Por outro lado, o nível de escolaridade e o abastecimento de água não foram significativos, porém, exibiram o sinal esperado na estatística de autocorrelação espacial bivariada.

A correlação espacial positiva dos índices de eficiência com os serviços de água, coleta de lixo e esgotamento sanitário sugerem que os municípios com as melhores condições de saneamento e de vida social possuem gastos menores com a oferta de saúde, uma vez que, nessas localidades, a população está menos propensa a adquirir doenças sensíveis à ABS.

A relação espacial positiva com a educação (IFDM-E) aponta que os municípios do Nordeste com maior estoque de capital humano são mais eficientes na aplicação dos recursos públicos em saúde, dado que, em geral, possuem mais mão de obra qualificada e controle social. Isso ocorre porque municípios com melhores condições de vida são mais eficientes na alocação dos recursos públicos em serviços de saúde, como apontam Silva e Queiroz (2018), Daniel e Gomes (2015) e Mattos *et al.* (2009).

Os índices de eficiência técnica também apresentam correlação espacial positiva com as características sociodemográficas, como renda média domiciliar e população de baixa renda. A primeira variável apresentou o sinal esperado com relação à teoria, além disso, foi estatisticamente significativa. A segunda variável, surpreendentemente, exibiu uma associação espacial inversa ao esperado pela teoria. Esses achados evidenciam que os municípios com altos níveis de eficiência técnica nos gastos com saúde são rodeados por vizinhos com características de população de baixa renda, contrariando os achados por Daniel e Gomes (2015) para o estado de Mato Grosso. Por outro lado, Silva e Queiroz (2018) encontram uma associação direta entre os índices de (in) eficiência na gestão da saúde e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de emprego e renda para os municípios do Rio Grande do Norte. Eles explicam que os municípios com níveis elevados de desigualdade de renda e pobreza provavelmente enfrentam dificuldades de acesso aos serviços básicos de saúde, como resposta da ineficiência gerencial.

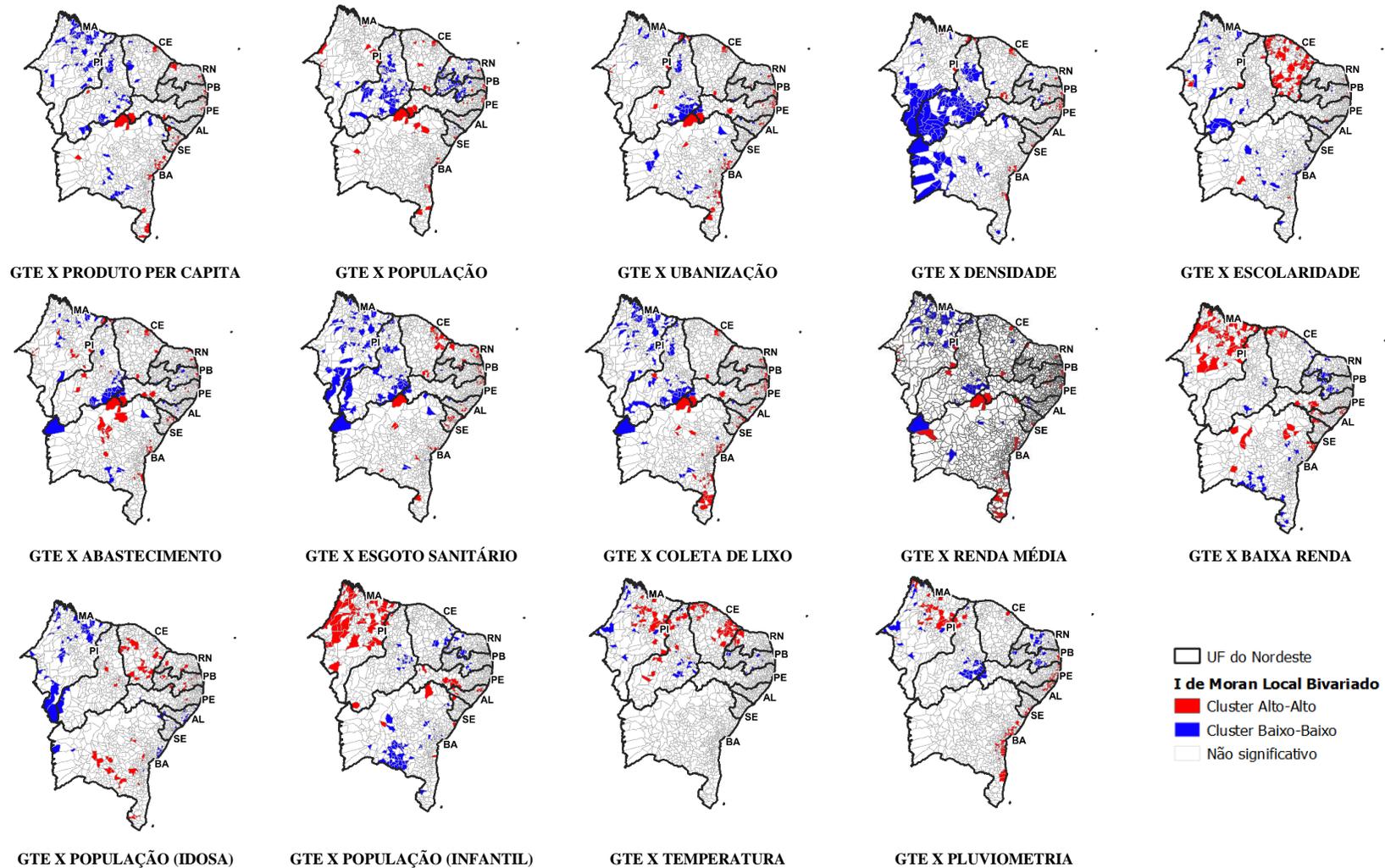
Os índices de eficiência apresentam correlação espacial inversa com a população acima de 60 anos (idosos) e direta com a população entre 0 e 5 anos (infantil), ambos são estatisticamente significativos. O primeiro contextual implica que os municípios com níveis altos de eficiência nos gastos públicos em saúde estão rodeados por vizinhos que possuem uma baixa taxa de população em idade avançada, o que contribui para a baixa migração inter-regional de pacientes para seus respectivos sistemas de saúde, tendo em vista que essa faixa etária demanda assistência médica especializada e tratamentos mais dispendiosos. Em contraste,

os municípios eficientes estão rodeados por vizinhos com alta taxa de população infantil; essa faixa etária não está, necessariamente, associada a maiores efeitos de transbordamentos intensivos de pacientes para tratamento pediátrico, como indica a própria estatística do I de Moran Bivariado (0, 0194). Nessa faixa etária, a demanda por saúde é suprida pela própria estrutura municipal ofertante de ABS – em que a criança está localizada –, como consultas pediátricas, puericultura, imunização e medicamentos (Mattos *et al.*, 2009; Mendes; Sousa, 2007).

Os índices de eficiência técnica também exibem uma associação espacial direta com os condicionantes de temperatura e pluviometria. Nesses termos, municípios com níveis elevados de eficiência se encontram rodeados por vizinhos com grandes volumes de chuvas e temperatura média. Embora essas inferências possam apresentar algum tipo de controvérsia, os condicionantes climáticos apresentam as mesmas relações achadas em trabalhos anteriores (Daniel; Gomes, 2015; Mattos *et al.*, 2009). Entretanto, de acordo com a estatística do I de Moran Bivariado, a pluviometria está mais relacionada à eficiência dos gastos públicos em saúde no Nordeste, o que sugere que os municípios do litoral sejam mais eficientes que aqueles localizados no interior (região semiárida).

Tendo em vista que o I de Moran Bivariado não captura eventuais bolsões locais de concentração espacial dos índices de eficiência na alocação dos recursos públicos em saúde e das variáveis contextuais analisadas, calculou-se a estatística I de Moran Local Bivariada, a partir da decomposição em clusters Alto-Alto (AA) e Baixo-Baixo (BB). Essa estatística de correlação espacial permite mapear localmente a associação entre as variáveis estudadas para o território nordestino (Anselin, 2013). Os resultados dessa estatística de correlação espacial bivariada são apresentados por meio do mapa LISA, que ajuda identificar aglomerações espaciais estatisticamente significativas, assim como localizar os municípios com valores similares e dissimilares dos indicadores de interesse que compõe a última etapa desse trabalho (Almeida, 2012).

Figura 5 – Clusters espaciais da relação entre índices de eficiência técnica dos gastos públicos com saúde e variáveis contextuais NE



Fonte: Resultado da pesquisa.

A Figura 5 apresenta os mapas de *clusters* da análise espacial bivariada que são estatisticamente significativos para relação entre os índices de eficiência dos gastos com saúde e as variáveis contextuais analisadas anteriormente para os municípios do Nordeste. Os *clusters* Alto-Alto (AA) estão destacados de vermelho, enquanto os *clusters* Baixo-Baixo (BB) estão marcados de azul, respectivamente, nos mapas. Em relação à interpretação, os *clusters* Alto-Alto (Baixo-Baixo) indicam que os municípios exibem valores dos índices de eficiência técnica e das variáveis contextuais na mesma direção. Entretanto, no caso da taxa da população acima de 60 anos (idosa), há uma dependência espacial de ordem inversa, isto é, uma associação negativa dos índices de eficiência com esse condicionante. Esse fenômeno espacial é chamado de dissimilaridade.

6. Considerações finais

Este trabalho buscou contribuir com o debate sobre a eficiência na saúde pública por meio da análise de aspectos e características espaciais ainda não exploradas para os municípios do Nordeste brasileiro. Os índices de eficiência na alocação dos recursos públicos em saúde foram estimados com controle da heterogeneidade tecnológica. Tais indicadores de desempenho se apresentaram correlacionados espacialmente entre os municípios nordestinos, evidenciando que transbordamentos espaciais de otimização gerencial são importantes para a redução dos desperdícios de insumos nessa área social.

Em relação aos resultados empíricos, estes apontaram que há elevado índice de ineficiência técnica municipal na alocação dos recursos públicos em saúde, sobretudo, entre os municípios com faixas de até 20 mil habitantes e de mais de 100 mil habitantes. Há evidências de que os municípios do Nordeste brasileiro necessitam urgentemente de políticas públicas de modernização e aperfeiçoamento da administração dos recursos públicos em saúde. Embora os gestores municipais argumentem sobre a falta de recursos financeiros para expandir a oferta de saúde básica, este estudo empírico encontra novas evidências de que essa restrição é causada por problemas de escala produtiva e mau gerenciamento dos gastos públicos com saúde. Nesse contexto, recomenda-se aos municípios adotarem políticas de modernização administrativa na área da saúde, por meio da introdução de recursos tecnológicos para controle de gastos e investimentos, assim como a

criação de programas de transparência fiscal e *compliance* para tratar o mau gerenciamento.

A dependência espacial da eficiência gerencial nos gastos públicos em saúde no Nordeste brasileiro aponta para a importância de políticas fiscais regionais. Tais ações são fundamentais para a redução da ineficiência na gestão da saúde pública. Para ajudar no planejamento regional da saúde, este estudo mapeou as aglomerações de municípios eficientes nos gastos públicos em saúde, localizados na extensão territorial dos estados de Pernambuco, Bahia, Ceará e Sergipe. Em contraste, as aglomerações de municípios com baixa eficiência gerencial na alocação dos recursos públicos em saúde encontra-se localizada no Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e em parte do Maranhão e da Bahia. Nesse sentido, políticas regionais, com foco na redução dos desperdícios de insumos na saúde pública, produziram externalidades positivas nos municípios aglomerados, uma vez que eles se beneficiariam de transbordamentos de aprendizagem gerencial. Portanto, este é um importante condicionante para o aumento da eficiência municipal na alocação dos recursos públicos em saúde. Ademais, o mapeamento dessas áreas pode contribuir para melhorar o trabalho dos órgãos públicos no controle e na fiscalização do mau uso dos recursos públicos em saúde no Nordeste brasileiro.

Os resultados empíricos também mostraram que características contextuais estão autocorrelacionadas espacialmente com os índices de eficiência municipal na alocação dos recursos públicos em saúde no Nordeste, como economias de escala, serviços de competência local e aspectos sociodemográficos. Esses fatores contextuais condicionam os níveis de eficiência municipal no uso dos recursos públicos em saúde, e, portanto, devem ser considerados no desenho de políticas públicas para melhoria da gestão fiscal.

Tomados em conjunto, esses resultados empíricos podem subsidiar programas públicos de melhoria da qualidade e eficiência no uso dos recursos em saúde. Tais ações tornam-se ainda mais importantes diante da crise econômica e fiscal e das mudanças epidêmicas em andamento no Nordeste. A efetivação de políticas que mudem os fatores contextuais da produção municipal e reduzam os índices de ineficiência na saúde devem ser incentivadas, como investimentos em infraestrutura, capital humano e tecnologia.

Agradecimento

O autor agradece ao Professor Dr. Vinicius de Almeida Vale (Editor) e a um revisor não identificado por seus comentários muito úteis eximindo-o de qualquer responsabilidade por erros remanescentes.

Referências

AFONSO, A.; SCHUKNECHT, L.; TANZI, V. Public sector efficiency: evidence for new EU member states and emerging markets. *Applied Economics*, v. 42, n. 17, p. 2147-2164, 2010.

ALMEIDA, E. *Econometria Espacial Aplicada*. Alínea: Campinas, 2012.

ALMUBIDIN, S. Fronteira de possibilidades de produção e sua relação com outros custos. *Jornal Internacional de Economia e Gestão Tributária*, 2019.

ANDRETT, M.; LUNKES, R.; ROSA, F.; BRIZOLLA, M. Eficiência dos gastos públicos em saúde no Brasil: estudo sobre o desempenho de estados brasileiros. *Revista de Gestão em Sistemas de Saúde*, v. 7, n. 2, p. 114–128, 2018.

ANSELIN, L. *Spatial econometrics: methods and models*. Nova York: Springer Science & Business Media, 2013.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078–1092, 1984.

BARBOSA, W.; SOUSA, E. P. Eficiência técnica e de escala do sistema único de saúde nos municípios do Nordeste brasileiro. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 46, n. 3, p. 99–113, 2015.

BATTESE, G. E.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J. A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies. *Journal of Productivity Analysis*, v. 21, n. 1, p. 91–103, 2004.

BAUMONT, C. Spatial effects in housing price models: do house prices capitalize urban development policies in the agglomeration Dijon (1999)? In: Regional Group Seminar of the Federal Reserve Bank of Chicago, 2004.

BOUERI, R. An evaluation of the efficiency of the Brazilian municipalities in the provision of public services using data envelopment analysis. *Brazilian Institute for Applied Economic Research*. Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2006.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília-DF: Senado Federal; Centro Gráfico, 1988.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978.

CHU, K.; ZHANG, N.; CHEN, Z. The efficiency and its determinants for China's medical care system: some policy implications for Northeast Asia. *Sustainability*, v. 7, n. 10, p. 14092–14111, 2015.

CLIFF, A. D.; ORD, J. K. *Spatial processes: models & applications*. London: Pion, 1981.

DANIEL, L. P.; OLIVEIRA, A.; VAZQUEZ, F.; KORBES, P. Eficiência na Gestão de Serviços Públicos de Atenção Básica em Saúde nos Municípios do Estado de Mato Grosso. *Revista de Estudos Sociais*, v. 22, n. 44, p. 79–99, 2020.

DANIEL, L. P.; GOMES, A. P. Eficiência na oferta de serviços públicos de saúde nos municípios do estado de Mato Grosso. *Reflexões Econômicas*, v. 1, n. 1, p. 179–218, 2015.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. *Econometrica*, v. 19, n. 3, p. 273–292, 1951.

DIAS, L. N.; MATIAS-PEREIRA, J.; FARIAS, M.; PAMPLONA, V. Fatores associados ao desperdício de recursos da saúde repassados pela união aos municípios auditados pela Controladoria Geral da União. *Revista Contabilidade & Finanças*, v. 24, n. 63, p. 206–218, 2013.

ERVILHA, G. T.; ALVES, F. F.; GOMES, A. P. Desenvolvimento municipal e eficiência dos gastos públicos na Bahia: uma análise do IFDM a partir da metodologia DEA. In: Anais do IX Encontro de Economia Baiana, p. 106–124, 2013.

FARIA, F. P.; JANNUZZI, P. M.; SILVA, S. J. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no estado do Rio de Janeiro. *Revista de Administração Pública*, v. 42, n. 1, p. 155–177, 2008.

FARRELL, M. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, v. 120, n. 3, p. 253–281, 1957.

FELDER, S.; TAUCHMANN, H. Federal state differentials in the efficiency of health production in Germany: an artifact of spatial dependence? *The European Journal of Health Economics*, v. 14, n. 1, p. 21–39, 2013.

FONCHAMNYO, D. C.; SAMA, M. C. Determinants of public spending efficiency in education and health: Evidence from selected CEMAC countries. *Journal of Economics and Finance*, v. 40, n. 1, p. 199–210, 2016.

JEHLE, G. A.; RENY, P. J. *Advanced Microeconomic Theory*. Boston: Addison-Wesley, 2001.

KOOPMANS, T. An analysis of production as an efficient combination of activities. In; KOOPMANS, T. *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph n. 13, 1951.

MARIANO, J. L.; MARTA, F. Eficiência na redução da mortalidade infantil: uma análise para os municípios da região Nordeste. In: Anais do XXIII Encontro Regional de Economia. Fortaleza: ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação, p. 1-17, 2018.

MARINHO, A. Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Economia*, v. 57, n. 2, p. 515–534, 2003.

MATTOS, E.; ROCHA, F.; NOVAES, L.; ARVATE, P.; ORELLANO, V. Economias de escala na oferta de serviços públicos de saúde: Um estudo para os municípios paulistas. *Revista Economia*, v. 10, n. 2, p. 357–386, 2009.

MAZON, L. M.; MASCARENHAS, L. P. G.; DALLABRIDA, V. R. Eficiência dos gastos públicos em saúde: desafio para municípios de Santa Catarina, Brasil. *Saúde e Sociedade*, v. 24, p. 23–33, 2015.

MENDES, A. A longa batalha pelo financiamento do SUS. *Saúde e Sociedade*, v. 22, n. 4, p. 987–993, 2013.

MENDES, A.; MARQUES, R. M. O financiamento da Atenção Básica e da Estratégia de Saúde da Família no Sistema Único de Saúde. *Saúde Debate*, v. 38, n. 103, p. 900–916, 2014.

MENEZES, A. P.; MORETTI, B.; REIS, A. A.. O futuro do SUS: impactos das reformas neoliberais na saúde pública–austeridade versus universalidade. *Saúde em Debate*, v. 43, p. 58–70, 2020.

NUNDOOCHAN, A. Improving public hospital efficiency and fiscal space implications: the case of Mauritius. *International Journal for Equity in Health*, v. 19, n. 1, p. 1–16, 2020.

O'DONNELL, C. J.; RAO, D. S. P.; BATTESE, G. E. Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios. *Empirical Economics*, v. 34, n. 2, p. 231–255, 2008.

QUEIROZ, M. F.; SILVA, J.; FIGUEIREDO, J.; VALE, F. Eficiência no gasto público com saúde: uma análise nos municípios do Rio Grande do Norte. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 44, n. 3, p. 761–776, 2013.

ROCHA, F.; DUARTE, J.; OLIVEIRA, P.; PEREIRA, L. F.; GADELHA, S. Are more resources always the answer? A supply and demand analysis for public health services in Brazilian municipalities. *Economia*, v. 18, n. 1, p. 98–116, 2017.

ROSSI, P.; DWECK, E. Impactos do novo regime fiscal na saúde e educação. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 32, p. e00194316, 2016.

SANTERRE, R. E.; NEUN, S. P. *Health economics: theory, insights, and industry studies*. Stamford: Cengage Learning, 2012.

SANTOSNETO, J. A.; MENDES, Á.; PEREIRA, A.; PARANHOS, L. Avaliação da eficiência técnica em saúde dos municípios da região de saúde Rota dos Bandeirantes do estado de São Paulo, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 24, p. 3793–3803, 2019.

SEDDIGHI, H.; NEJAD, F. N.; BASAKHA, M. Health systems efficiency in Eastern Mediterranean Region: a data envelopment analysis. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, v. 18, n. 1, p. 1–7, 2020.

SILVA, C. R.; SOUZA, T.; LIMA, C.; SILVA FILHO, L. Fatores associados à eficiência na Atenção Básica em saúde, nos municípios brasileiros. *Saúde em Debate*, v. 42, p. 382–391, 2018.

SILVA, J. L. M.; QUEIROZ, M. F. M. Eficiência na gestão da saúde pública: uma análise dos municípios do Estado do Rio Grande do Norte (2004 e 2008). *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 50, p. 149–170, 2018.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management Science*, v. 44, n. 1, p. 49–61, 1998.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of econometrics*, Elsevier, v. 136, n. 1, p. 31–64, 2007.

SOARES, T. C. ; COSTA, J. ; LOPES, L. Análise espacial da eficiência dos gastos públicos em saúde em Minas Gerais. *Análise Econômica*, v. 37, n. 72, p. 113–136, 2019.

SOARES, T. C.; CUNHA, D. A. Emissões de gases de efeito estufa e eficiência ambiental no Brasil. *Nova Economia*, v. 29, n. 2, p. 429–458, 2019.

SOUSA, K. M.; PINHANEZ, M.; MONTE, P.; CAVALCANTE, P. Financiamento, Composição dos Gastos e Eficiência na Saúde dos Municípios Pernambucanos. *Administração Pública e Gestão Social*, v. 12, n. 3, p. 1–20, 2020.

SOUSA, M. C. S.; CRIBARI-NETO, F.; STOSIC, B. D. Explaining DEA technical efficiency scores in an outlier corrected environment: The case of public services in Brazilian municipalities. *Brazilian Econometric Review*, v. 25, no. 2, p. 287–313, 2005.

SOUSA, M. C. S.; STOSIC, B. Technical efficiency of the Brazilian municipalities: correcting nonparametric frontier measurements for outliers. *Journal of Productivity Analysis*, v. 24, n. 2, p. 157–181, 2005.

STN – Secretaria do Tesouro Nacional. *Aspectos fiscais da saúde no Brasil*. Brasília: STN, 2018.

TOP, M.; KONCA, M.; SAPAZ, B. Technical efficiency of healthcare systems in African countries: An application based on data envelopment analysis. *Health Policy and Technology*, v. 9, n. 1, p. 62–68, 2020.

TROMPIERI NETO, N.; LOPES, D.; BARBOSA, M.; HOLANDA, M. Determinantes da eficiência dos gastos públicos municipais em educação e saúde: o caso do Ceará. In: CARVALHO, E. B. S. *Economia do Ceará em Debate*. Fortaleza: IPECE, 2009.

VIEIRA, F. S.; BENEVIDES, R. P. S. Os impactos do Novo Regime Fiscal para o financiamento do Sistema Único de Saúde e para a efetivação do direito à saúde no Brasil. *Nota Técnica nº 28*. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; 2016.

VIEIRA, F. S.; PIOLA, S. F.; BENEVIDES, R. P. S. Vinculação orçamentária do gasto em saúde no Brasil: resultados e argumentos a seu favor. *Texto para Discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)*. Brasília: Rio de Janeiro: Ipea, 2019.