

Avaliação da Evolução da Eficiência Operacional de Municípios Brasileiros na Gestão de Recursos para Atenção Primária à Saúde

Luis F. Alves Pereira¹, Izabel Yale Neves Nascimento², Veruska Borges Santos², Rian Gabriel Santos Pinheiro³, Dimas Cassimiro do Nascimento Filho¹

¹ Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE)
Garanhuns, PE – Brasil

²Centro de Engenharia Elétrica e Informática – Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) – Campina Grande, PB – Brasil

³Departamento de Sistemas e Computação – Universidade Federal de Alagoas (UFAL) Maceió, AL – Brasil

{luis-filipe.pereira, izabel.yale, dimas.cassimiro}
@ufape.edu.br, veruska.santos@ccc.ufcg.edu.br,
rian@ic.ufal.br

Abstract. *The operational efficiency of Primary Health Care (PHC) units is a critical factor for optimizing resource utilization and ensuring the quality of services provided to the population. In this study, we propose an approach based on Data Envelopment Analysis to measure a dynamic efficiency index of municipalities in managing resources allocated to PHC using public data. Additionally, experiments were conducted to demonstrate how resource reallocation can impact operational efficiency, suggesting strategies for optimizing public management. Finally, we modeled the evolution of efficiency over time using Markov Chains, enabling the probabilistic analysis of future scenarios and supporting the formulation of evidence-based public policies.*

Resumo. *A eficiência operacional das unidades de Atenção Primária à Saúde (APS) é um fator crítico para a otimização do uso de recursos e a garantia da qualidade dos serviços prestados à população. Neste estudo, propomos uma abordagem baseada na Análise Envoltória de Dados para mensurar um índice dinâmico de eficiência de municípios na gestão de recursos destinados à APS utilizando dados públicos. Além disso, foram conduzidos experimentos que demonstram como a realocação de recursos pode impactar a eficiência operacional, sugerindo estratégias para otimização da gestão pública. Por fim, modelamos a evolução da eficiência ao longo do tempo por meio de Cadeias de Markov, permitindo a análise probabilística de cenários futuros e auxiliando na formulação de políticas públicas baseadas em evidências.*

1. Introdução

A Atenção Primária à Saúde (APS) desempenha um papel fundamental no Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil, sendo a principal porta de entrada para os serviços de saúde. Sua atuação abrange a identificação precoce de agravos, a promoção de ações preventivas

e a coordenação do cuidado ao longo da rede assistencial, assegurando a continuidade do atendimento aos usuários [Starfield and outros 2006]. Entretanto, a efetividade desse modelo está diretamente relacionada à eficiência técnica associada ao uso dos recursos disponíveis.

Para avaliar a eficiência de unidades produtivas, uma abordagem amplamente utilizada é a Análise Envoltória de Dados (DEA, do inglês *Data Envelopment Analysis*) [Charnes et al. 1978]. Essa metodologia, baseada em programação linear, permite mensurar a performance relativa de unidades produtivas ao comparar a relação entre insumos e produtos gerados. O DEA tem sido aplicado em diversas áreas, incluindo hospitais, educação, forças armadas, companhias aéreas e outros setores [Bowlin 1998], sendo uma ferramenta essencial para identificar oportunidades de otimização e aprimoramento na alocação de recursos.

Este estudo apresenta um recorte dos resultados preliminares de um projeto em andamento, apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e financiado pelo Ministério da Saúde do Brasil. Nesta etapa da pesquisa, a DEA é empregada para mensurar a eficiência técnica de um conjunto de municípios brasileiros na gestão de recursos destinados à APS. O foco da investigação recai sobre duas questões centrais: **(PP1)** A avaliação contínua de um índice único de eficiência por município permite a identificação de tendências positivas e/ou negativas ao longo do ano na gestão dos recursos da APS? **(PP2)** A redistribuição de recursos entre municípios poderia contribuir para corrigir distorções de eficiência identificadas?

Por fim, é também proposta uma modelagem matemática baseada em Cadeias de Markov, para representar a dinâmica dos municípios ou unidades de APS em diferentes estados, definidos a partir de seus respectivos índices de eficiência na alocação de recursos. O modelo proposto permitirá a análise probabilística da evolução da eficiência ao longo do tempo, possibilitando a avaliação de cenários futuros prováveis. A abordagem proposta visa oferecer suporte à tomada de decisão estratégica, auxiliando na definição de intervenções preventivas que contribuam para a otimização da gestão dos recursos no sistema de APS. Em suma, este artigo engloba as seguintes contribuições:

1. Proposição de um novo indicador de eficiência para unidades de Atenção Primária à Saúde (APS), calculado em tempo real a partir de dados públicos;
2. Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA, do inglês *Data Envelopment Analysis*) para medir a eficiência operacional das unidades de APS, considerando insumos e produtos do sistema de saúde;
3. Avaliação do desempenho dos municípios ao longo do tempo, permitindo a identificação de tendências e padrões sazonais;
4. Condução de experimentos que demonstram como a realocação de recursos pode impactar a eficiência operacional, sugerindo estratégias para otimização da gestão pública;
5. Proposição de um modelo probabilístico baseado em Cadeias de Markov [Brooks et al. 2011] para prever a evolução da eficiência das unidades de APS e embasar a formulação de políticas públicas.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma. Na Seção 2, são revisados os trabalhos relacionados à avaliação da eficiência na APS, com foco nas metodologias

utilizadas em estudos anteriores, destacando as limitações dos modelos estáticos e a necessidade de análises temporais mais detalhadas. Na Seção 3, é apresentada a abordagem proposta neste trabalho, incluindo a aplicação da DEA para mensuração da eficiência operacional dos municípios e a modelagem baseada em Cadeias de Markov. Na Seção 4, são apresentados os experimentos conduzidos, incluindo a descrição das fontes de dados utilizadas, os critérios de seleção dos municípios analisados e os resultados obtidos na avaliação da eficiência e na simulação de redistribuição de recursos. Na Seção 5, os resultados são discutidos em detalhes, analisando-se as possíveis implicações para a gestão da APS. Na Seção 6, são apresentadas as conclusões do estudo, sintetizando as principais contribuições e destacando as perspectivas para trabalhos futuros, como o aprimoramento da modelagem proposta.

2. Trabalhos Relacionados

Os estudos recentes sobre análise de eficiência têm explorado diversas metodologias e setores, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada da alocação de recursos e do desempenho organizacional em setores, tais como segurança e eficiência energética. Castro et al. [Castro and outros 2024] aplicam a DEA para avaliar a eficiência dos Centros Integrados de Segurança Pública em Alagoas, destacando o papel da integração operacional na melhoria do desempenho dessas unidades. O estudo demonstra como a metodologia pode identificar benchmarks e fornecer subsídios para a alocação mais eficiente de recursos no setor de segurança pública. De maneira semelhante, Silva et al. [Silva et al. 2024] analisam a eficiência do policiamento nas Áreas Integradas de Segurança em Pernambuco, utilizando a DEA com dados em painel. A inclusão da dinâmica temporal permite uma avaliação mais robusta das variações na eficiência ao longo do tempo, evidenciando fatores que contribuem para o aprimoramento das operações policiais.

Loureiro, Silva e Almeida [Loureiro et al. 2024] empregam a metodologia Network DEA (NDEA) para avaliar a eficiência dos bancos digitais no Brasil. A abordagem em rede possibilita a decomposição do processo produtivo em múltiplos estágios, oferecendo uma visão mais detalhada sobre o desempenho operacional das instituições financeiras. Marques et al. [Marques and outros 2024] utilizam a NDEA para investigar a eficiência no setor elétrico brasileiro, considerando a complexidade das interações entre geração, transmissão e distribuição de energia. O estudo evidencia a importância da modelagem em rede para capturar as interdependências existentes no setor e propor estratégias de otimização. Estes trabalhos demonstram a versatilidade da DEA e suas variantes na avaliação de eficiência em diferentes domínios.

Na área da Atenção Primária à Saúde, Varela et al. [Varela et al. 2012] utilizou a DEA para identificar se os municípios conseguem maximizar a prestação de serviços de APS sem aumentar o uso de recursos financeiros. Escores de municípios foram calculados para quantificar a eficiência na utilização da despesa com atenção básica e maximizar os números de serviços prestados, como consultas médicas, odontológicas e a quantidade de pessoas cadastradas em programas de saúde. Cabral et al. [Cabral et al. 2019] também utilizou o método DEA para obter um escore de eficiência, mas ao contrário de Varela et al. [Varela et al. 2012], os autores avaliaram a maximização de produtos associados à qualidade dos serviços prestados, tais como: média da cobertura vacinal, gestantes maiores de 20 anos de idade, número de mães que realizaram sete ou mais consultas pré-natal, e outros. Além destes, outros estudos para análise da eficiência

em APS também foram conduzidos variando os recursos utilizados e os produtos gerados usando a DEA [Capeletti et al. 2024, Ferrera et al. 2014]. Embora esses trabalhos ofereçam contribuições relevantes para a avaliação da eficiência da APS, suas abordagens são predominantemente estáticas, fornecendo apenas uma “fotografia de momento” da performance dos municípios. Essas análises, contudo, não possibilitam a identificação de tendências sazonais, tampouco permitem avaliar a estabilidade da eficiência do sistema de saúde ao longo do tempo, aspectos fundamentais para embasar a formulação de políticas públicas e estratégias de otimização de recursos.

3. Abordagem Proposta

A Análise Envoltória de Dados (DEA, do inglês Data Envelopment Analysis) [Charnes et al. 1978, Bowlin 1998] é uma técnica de otimização baseada em programação linear utilizada para medir a eficiência relativa de um conjunto de n Unidades Tomadoras de Decisão (DMUs, do inglês Decision Making Units) que utilizam m recursos (entradas) $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ para gerar s produtos (saídas) $\{y_1, y_2, \dots, y_s\}$. Na DEA, a eficiência θ_j da j -ésima DMU é dada por:

$$\theta_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad (1)$$

onde $u_r, v_i \in R$ são pesos não negativos atribuídos aos produtos e aos recursos, respectivamente. Nesta modelagem, DMUs mais eficientes geram mais resultados com os mesmos recursos (maior numerador na Equação 1) ou atingem os mesmos resultados com menos recursos (menor denominador). Os pesos u_r e v_i são determinados em um processo de otimização de modo a maximizar a eficiência θ_j de cada DMU. Isso significa que cada DMU elegerá seus próprios pesos/critérios de eficiência. Se mesmo com seus próprios critérios uma DMU ainda for ineficiente, isso significa que outras DMUs conseguem fazer melhor uso dos recursos disponíveis.

Matematicamente, o problema de programação linear para maximizar a eficiência da j -ésima DMU é dado por:

$$\max \theta_j = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \quad (2)$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = 1 \quad (3)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$u_r, v_i \geq 0, \quad \forall r, i \quad (5)$$

Neste trabalho, cada cidade foi modelada como uma DMU, onde cada DMU utiliza os seguintes recursos (inputs/outputs): **(R1) orçamento per capita**, que representa o valor médio do orçamento municipal por habitante, isto é, o montante total do orçamento investido na atenção primária do município dividido pela população da cidade; e **(R2) densidade de equipes de saúde**, representada pelo número de equipes de saúde no município para cada 100 mil habitantes.

Considerando estes recursos, cada DMU produz as seguintes saídas/produtos: **(P1) custo médio do atendimento**, que representa o valor médio do orçamento por atendimento, isto é, o montante total do orçamento investido na atenção primária do município dividido pelo total de atendimentos realizados; e **(P2) produtividade das equipes**, representada pela média de atendimentos realizados por cada equipe de saúde no município.

Para responder às perguntas de pesquisa **(PP1)** e **(PP2)**, os seguintes desenhos experimentais foram planejados:

- **E1:** será computado um índice de eficiência $\theta_j^{(t)}$, onde j representa o município analisado e (t) indica a janela temporal correspondente. Esse experimento permitirá avaliar a evolução da eficiência dos municípios ao longo do tempo;
- **E2:** o experimento **E1** será replicado considerando a transferência de x unidades do recurso entre municípios. Essa simulação possibilitará analisar o impacto de uma redistribuição de recursos sobre a eficiência de unidades do sistema.

3.1. Modelagem baseada em Cadeias de Markov

Nesta seção, é apresentada uma proposta de modelagem baseada em Cadeia de Markov [Brooks et al. 2011] para estimar a evolução da eficiência ao longo do tempo. Para tal, podem ser empregados métodos de Aprendizagem de Máquina para previsão de séries temporais de recurso (**R1**: $r_{1j}^{(0)}, r_{1j}^{(1)}, \dots, r_{1j}^{(t)}$ e **R2**: $r_{2j}^{(0)}, r_{2j}^{(1)}, \dots, r_{2j}^{(t)}$) e produtos (**P1**: $p_{1j}^{(0)}, p_{1j}^{(1)}, \dots, p_{1j}^{(t)}$ e **P2**: $p_{2j}^{(0)}, p_{2j}^{(1)}, \dots, p_{2j}^{(t)}$) de cada DMU j . Dessa forma, serão estimadas as distribuições:

$$P(r_{1j}^{(t+1)} | r_{1j}^{(0)}, r_{1j}^{(1)}, \dots, r_{1j}^{(t)}), \quad (6)$$

$$P(r_{2j}^{(t+1)} | r_{2j}^{(0)}, r_{2j}^{(1)}, \dots, r_{2j}^{(t)}), \quad (7)$$

$$P(p_{1j}^{(t+1)} | p_{1j}^{(0)}, p_{1j}^{(1)}, \dots, p_{1j}^{(t)}), \quad (8)$$

$$P(p_{2j}^{(t+1)} | p_{2j}^{(0)}, p_{2j}^{(1)}, \dots, p_{2j}^{(t)}), \quad (9)$$

resultando na distribuição do índice futuro de eficiência da j -ésima DMU:

$$P(\theta_j^{(t+1)} | r_{1j}^{(0)}, \dots, r_{1j}^{(t)}, r_{2j}^{(0)}, \dots, r_{2j}^{(t)}, p_{1j}^{(0)}, \dots, p_{1j}^{(t)}, p_{2j}^{(0)}, \dots, p_{2j}^{(t)}). \quad (10)$$

Nesse cenário, a matriz de transição da Cadeia de Markov associada à j -ésima DMU será dada por:

$$P(\alpha \leq \theta_j^{(t+1)} < \beta | r_{1j}^{(0)}, \dots, r_{1j}^{(t)}, r_{2j}^{(0)}, \dots, r_{2j}^{(t)}, p_{1j}^{(0)}, \dots, p_{1j}^{(t)}, p_{2j}^{(0)}, \dots, p_{2j}^{(t)}), \quad (11)$$

onde α e β representam os limites inferiores e superiores que delimitam a eficiência de cada estado da cadeia, respectivamente.

A modelagem proposta permitirá uma análise probabilística da evolução da eficiência das DMUs ao longo do tempo, viabilizando a avaliação de cenários futuros prováveis e a identificação de padrões de desempenho. Além disso, essa abordagem possibilitará a simulação de cenários hipotéticos, nos quais recursos podem ser realocados entre diferentes DMUs, permitindo a análise do impacto dessas intervenções na eficiência operacional do sistema.

4. Experimentos

Os dados utilizados neste estudo foram coletados a partir de diferentes bases oficiais. As informações referentes aos atendimentos e ao orçamento municipal foram extraídas do Sistema de Informação em Saúde para a Atenção Básica (SISAB) [Ministério da Saúde SISAB 2025] e do Sistema de Informações sobre Orçamentos Públicos em Saúde (SIOPS) [Ministério da Saúde SIOPS 2025], respectivamente. No momento da construção deste estudo, os dados mais recentes disponíveis no SIOPS correspondiam ao ano de 2023.

Adicionalmente, o número total de equipes de saúde foi obtido por meio da plataforma e-Gestor [Ministério da Saúde e-Gestor 2025], enquanto as estimativas populacionais dos municípios foram extraídas das publicações mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [IBGE 2023].

A seleção dos municípios para análise seguiu um critério geográfico e demográfico. Foram incluídas as duas cidades mais populosas do estado mais populoso de cada região do Brasil, com exceção da região Centro-Oeste, onde apenas a cidade de Brasília foi considerada.

Para a aplicação da DEA, cujo objetivo é maximizar a produção de saídas, foi necessário ajustar o produto P1 (custo médio do atendimento), uma vez que valores mais baixos são desejáveis nesse indicador. Para viabilizar a modelagem dentro da DEA, P1 foi transformado para $\frac{1.000}{P1}$, representando o número médio de atendimentos realizados com um investimento de R\$ 1.000,00. Essa adaptação permite que a métrica seja interpretada como um indicador de produtividade, garantindo coerência com a abordagem de maximização utilizada no modelo.

A **Figura 1** apresenta os resultados do experimento **E1**, evidenciando a variação do indicador de eficiência $\theta_j^{(t)}$ ao longo dos seis bimestres do ano de 2023. Por sua vez, a **Figura 2** destaca as mudanças de eficiência resultantes do experimento **E2**, apresentadas em linha tracejada, após a realocação de $x = 100$ unidades do recurso **R2** da DMU “Curitiba” para a DMU “Guarulhos”.

5. Discussão

Os resultados do experimento **E1** demonstram que o acompanhamento da evolução temporal dos indicadores de eficiência proporciona uma compreensão mais aprofundada do desempenho das unidades analisadas em comparação à abordagem puramente estática. Em particular, os dados referentes à capital federal e ao município de Belém do Pará evidenciam a possibilidade de flutuações expressivas no índice de eficiência ao longo

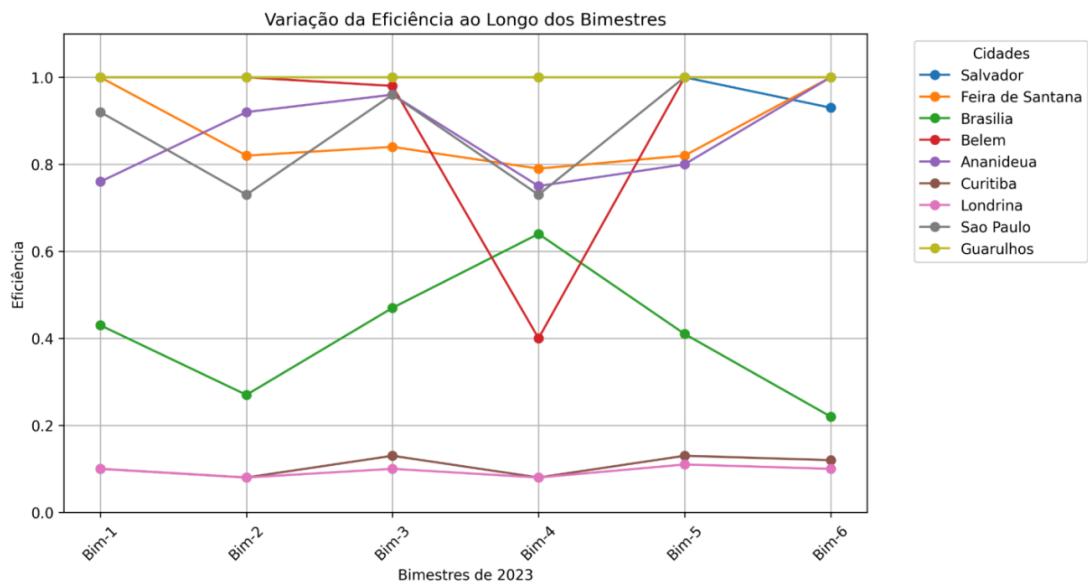


Figura 1. Resultado do experimento E1: variação do indicador de eficiência $\theta_j^{(t)}$ ao longo dos seis bimestres de 2023 para todos os DMUs.

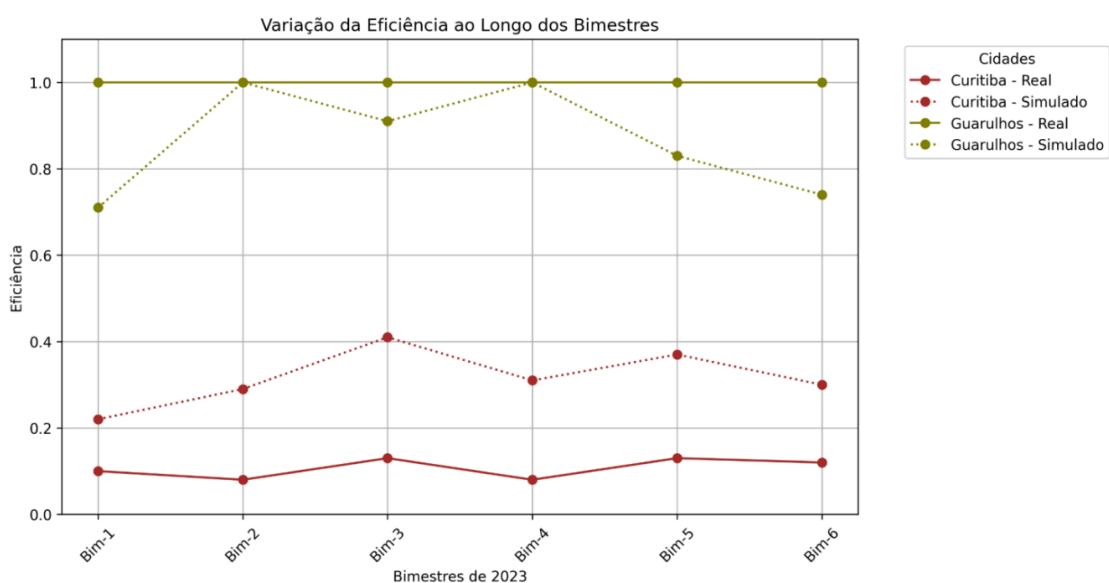


Figura 2. Resultado do experimento E2: mudanças observadas (em linhas tracejadas) nos indicadores de eficiência após a transferência de 100 unidades do recurso R_2 da DMU “Curitiba” para a DMU Guarulhos”.

do ano, sugerindo a necessidade de um monitoramento contínuo. Essas variações podem estar associadas a fatores sazonais, mudanças no volume de atendimentos ou mesmo a reconfigurações na política local de saúde, reforçando a importância de um sistema dinâmico de análise de desempenho.

Considerando o contexto geral do nosso projeto de pesquisa em andamento, cada DMU poderá ser associada a um estado em uma Cadeia de Markov, de acordo com o seu índice de eficiência no tempo t (e.g., $\theta_j^{(t)} < 0.5$: ineficiência crítica; $0.5 \leq \theta_j^{(t)} < 0.7$: baixa eficiência; $0.7 \leq \theta_j^{(t)} < 0.9$: eficiência moderada; $\theta_j^{(t)} > 0.9$: unidade eficiente). Esse enquadramento permite uma visualização clara das transições entre estados ao longo do tempo, possibilitando a identificação de padrões de desempenho e a previsão de tendências futuras. Por exemplo, a análise da transição entre estados pode indicar quais unidades apresentam tendência de melhora ou piora na eficiência, fornecendo informações relevantes para a elaboração de políticas públicas. Dessa forma, o índice proposto permite a fácil identificação dos municípios que empregam os recursos de forma mais eficiente, tais como os municípios Feira de Santana, Salvador e Guarulhos (ver Figura 1). Além de servir como um instrumento de comparação, essa classificação pode ser utilizada para direcionar estudos de caso sobre boas práticas e estratégias bem-sucedidas de gestão na Atenção Primária à Saúde (APS). A partir dessa análise, é possível identificar fatores críticos que contribuem para a alta eficiência e verificar se tais práticas podem ser adaptadas e replicadas em outras localidades.

A atualização contínua desses indicadores pode ser explorada como um instrumento estratégico para gestores públicos, permitindo a tomada de decisão baseada em evidências a partir do acompanhamento de um único índice consolidado. Esse monitoramento contínuo possibilita a detecção precoce de quedas de desempenho, viabilizando intervenções rápidas e direcionadas para a correção de problemas. Dessa forma, uma análise detalhada dos insumos consumidos e dos produtos gerados por cada DMU seria necessária apenas nos casos em que ocorressem quedas significativas no índice de eficiência, otimizando os esforços de avaliação e gestão dos recursos na APS. Assim, a abordagem proposta pode também contribuir para a redução da carga administrativa sobre os gestores locais, permitindo que o foco principal permaneça na melhoria do atendimento à população.

Além disso, os resultados do experimento **E2** fornecem evidências concretas da possibilidade de ajustes nos indicadores de eficiência por meio da redistribuição de recursos entre as DMUs. No exemplo analisado, foi simulada a transferência de 100 equipes de saúde entre os municípios de Curitiba e Guarulhos, com o objetivo de ajustar o índice de eficiência de Curitiba em relação aos seus pares de outras regiões do país. Embora esse exemplo tenha caráter puramente ilustrativo e, na prática, a realocação de equipes de saúde entre diferentes estados da federação seja operacionalmente inviável devido a limitações administrativas e logísticas, a mesma abordagem analítica pode ser aplicada em contextos mais realistas.

Em especial, a abordagem proposta pode ser utilizada para otimizar a alocação de recursos entre municípios vizinhos ou até mesmo entre unidades de APS dentro de uma mesma cidade. Esse tipo de redistribuição, quando embasado em dados concretos e análises preditivas, tem o potencial de reduzir desigualdades no acesso aos serviços de saúde, garantindo uma melhor cobertura assistencial. Além disso, a abordagem pode

contribuir para a eficácia da gestão orçamentária, maximizando o impacto dos investimentos realizados no setor público de saúde. Dessa forma, a incorporação de modelos dinâmicos baseados em indicadores de eficiência pode representar um avanço significativo na formulação de políticas públicas mais justas e eficazes.

6. Conclusão

Este estudo propôs e avaliou uma abordagem baseada em Análise Envoltória de Dados (DEA) para mensurar a eficiência operacional de municípios brasileiros na gestão de recursos destinados à Atenção Primária à Saúde (APS). Os resultados demonstraram que a avaliação contínua da eficiência ao longo do tempo pode oferecer uma visão mais precisa da alocação de recursos, permitindo a identificação de padrões sazonais e potenciais ineficiências. Além disso, a simulação da redistribuição de recursos entre municípios evidenciou a viabilidade de intervenções estratégicas para otimizar a eficiência do sistema.

A principal contribuição deste trabalho reside na proposta de um indicador dinâmico que pode auxiliar na formulação de políticas públicas mais assertivas. Além disso, foi proposta uma modelagem matemática baseada em Cadeias de Markov capaz de oferecer um arcabouço teórico para estimativa da evolução da eficiência municipal ao longo do tempo, permitindo antecipar cenários e embasar decisões estratégicas.

Os experimentos realizados no presente estudo fornecem respostas diretas às perguntas de pesquisa previamente formuladas. Em relação à **PP1**, os resultados do experimento **E1** demonstram que a *avaliação contínua de um índice único de eficiência* permite a identificação de *variações relevantes ao longo do tempo*, ampliando a capacidade analítica sobre o desempenho das unidades de APS e contribuindo para intervenções mais oportunas. No que se refere à **PP2**, o experimento **E2** confirma que *estratégias de redistribuição de recursos* entre municípios podem, de fato, *corrigir as distorções de eficiência observadas*. Assim, o estudo reforça a viabilidade da abordagem proposta como instrumento de suporte à tomada de decisão pública, orientado por evidências e fundamentado em análises quantitativas robustas.

No que diz respeito às limitações do estudo, destaca-se a granularidade dos dados utilizados, que foram analisados em nível municipal. Essa abordagem impede a identificação de assimetrias internas entre as diferentes unidades de APS de um mesmo município. A disponibilidade de dados intra-municipal permitiria uma análise mais precisa da distribuição de recursos e viabilizaria ações de realocação de equipes e investimentos em escala intraurbana, com potencial para ganhos substanciais de eficiência. Ademais, este trabalho concentrou-se na avaliação da eficiência operacional, sem incorporar indicadores de qualidade dos serviços prestados. Em estudos futuros, será fundamental estabelecer uma relação entre eficiência e qualidade do cuidado, assegurando que avanços na produtividade estejam alinhados com melhorias nos desfechos clínicos e na experiência dos usuários do sistema de saúde.

Como continuidade à pesquisa, planeja-se os seguintes trabalhos futuros: *(i)* incorporação de técnicas avançadas de previsão de séries temporais para estimar a evolução dos recursos (**R1** e **R2**) e produtos (**P1** e **P2**) associados às unidades de APS; *(ii)* implementação de um modelo estocástico integrado, combinando as Cadeias de Markov modeladas neste artigo com Simulações de Monte Carlo para avaliar a evolução da eficiência das unidades de APS sob diferentes cenários. Essa abordagem permitirá es-

timar probabilisticamente as transições entre estados de eficiência e testar o impacto de intervenções, como realocação de recursos, variações orçamentárias e mudanças na demanda por serviços; e (iii) o desenvolvimento de um sistema interativo para gestores municipais pode facilitar a visualização e interpretação dos indicadores de eficiência em tempo real.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e financiamento do Departamento de Ciência e Tecnologia da Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Complexo da Saúde do Ministério da Saúde - Decit/SECTICS/MS no projeto de pesquisa (processo 445259/2023-0) em execução.

Referências

- Bowlin, W. F. (1998). Measuring performance: An introduction to data envelopment analysis (dea). *The Journal of Cost Analysis*, 15(2):3–27.
- Brooks, S., Gelman, A., Jones, G., and Meng, X.-L. (2011). *Handbook of Markov Chain Monte Carlo*. CRC Press.
- Cabral, K. F. D., Gama, C. F., and da Silva, F. T. (2019). Atenção primária à saúde: uma análise à luz da eficiência técnica dos recursos no estado de minas gerais. *Revista de Gestão em Sistemas de Saúde*, 8(2).
- Capeletti, N. M., Amado, C. A. F., and Santos, S. P. (2024). Performance assessment of primary health care services using data envelopment analysis and the quality-adjusted malmquist index. *Journal of the Operational Research Society*, 75(2):361–377.
- Castro, G. and outros (2024). Avaliação da eficiência dos centros integrados de segurança pública de alagoas: Uma aplicação da análise envoltória de dados. In *Anais do LVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Fortaleza. Galoá.
- Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6):429–444.
- Ferrera, J. M. C., Cebada, E. C., and Zamorano, L. R. M. (2014). The effect of quality and socio-demographic variables on efficiency measures in primary health care. *The European Journal of Health Economics*, 15:289–302.
- IBGE (2023). Estimativas de população. edição 2023. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=31451&t=downloads>. Acesso em: 25 fev. 2025.
- Loureiro, V. A., da Silva, P. U., and Almeida, M. (2024). Análise da eficiência dos bancos digitais no brasil utilizando a metodologia network data envelopment analysis (ndea). In *Anais do LVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Fortaleza. Galoá.
- Marques, A. C. and outros (2024). Análises de eficiência em rede para o setor elétrico brasileiro. In *Anais do LVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Fortaleza. Galoá.

Ministério da Saúde e-Gestor (2025). Relatório de cobertura da atenção primária à saúde — cadastro de parâmetros do pnab. <https://e-gestorab.saude.gov.br/paginas/acessoPublico/relatorios/relCoberturaAPSCadastroParamPnab.xhtml>. Acesso em: 25 fev. 2025.

Ministério da Saúde SIOPS (2025). Sistema de informações sobre orçamentos públicos em saúde — relatório de gestão municipal. http://siops.datasus.gov.br/filtro_rel_ges_dt_municipal.php. Acesso em: 25 fev. 2025.

Ministério da Saúde SISAB (2025). Relatório de produção de saúde — sisab. <https://sisab.saude.gov.br/paginas/acessoRestrito/relatorio/federal/saude/RelSauProducao.xhtml>. Acesso em: 25 fev. 2025.

Silva, M., Rabello, H., and Nepomuceno, T. (2024). Análise de eficiência do policiamento nas Áreas integradas de segurança em pernambuco: Uma abordagem dea com dados em painel. In *Anais do LVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Fortaleza. Galoá.

Starfield, B. and outros (2006). *Atenção primária: equilíbrio entre necessidades de saúde, serviços e tecnologia*. Desconhecido.

Varela, P. S., de Andrade Martins, G., and Fávero, L. P. L. (2012). Desempenho dos municípios paulistas: uma avaliação de eficiência da atenção básica à saúde. *Revista de Administração*, 47(4):624–637.