

EFICIÊNCIA TÉCNICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE NOS MUNICÍPIOS PIAUIENSES NO CONTEXTO DA PANDEMIA DA COVID-19 (2020 – 2021)

Francisco Valdéris Camilo Sousa¹
Edivane de Sousa Lima²

RESUMO

A presente pesquisa teve o objetivo de analisar a eficiência técnica do sistema único de saúde nos municípios piauienses no contexto da pandemia da Covid-19 (2020 – 2021). Nesse sentido, foi utilizado o método não paramétrico de análise envoltória de dados (DEA), com retornos constantes de escala e orientação para o produto. Os resultados demonstraram, no geral, que houve um aumento no número de municípios eficientes no ano de 2021 em relação ao ano de 2020. Quanto às macrorregiões de saúde, o Piauí apresentou heterogeneidade entre seus municípios no que diz respeito à infraestrutura física e profissional. Uma das principais conclusões do trabalho consiste em que a maioria dos municípios apresentou escores abaixo de 50% do nível de eficiência total e uma recomendação para os gestores públicos, seria ampliar a capacidade produtiva do sistema de saúde pública, através de investimentos físicos e capacitação profissional em pontos estratégicos em cada macrorregião de saúde, que permitissem apoio maior aos municípios do interior, descentralizando a oferta de saúde pública.

Palavras – chave: Saúde Pública, Gastos Públicos, DEA, Piauí.

ABSTRACT

This research aimed to analyze the technical efficiency of the unified health system in Piauí municipalities in the context of the Covid-19 pandemic (2020 - 2021). In this sense, the non-parametric method of data envelopment analysis (DEA) was used, with constant returns of scale and product orientation. The results showed, in general, that there was an increase in the number of efficient municipalities in the year 2021 in relation to the year 2020. Regarding the health macro-regions, Piauí showed great heterogeneity among its municipalities with regard to physical infrastructure and professional. One of the main conclusions of the work is that most municipalities presented scores below 50% of the total efficiency level and a recommendation for public managers, would be to expand the productive capacity of the public health system, through physical investments and professional training at strategic points in each health macro-region, which would allow greater support to municipalities in the interior, decentralizing the public health offer.

Keywords: Public Health, Public Expenditure, DEA, Piauí.

Área temática: Descentralização, planejamento regional e desenvolvimento

Classificação JEL: D21; C61; H51; R1

¹ Economista pela Universidade Federal do Piauí. E-mail: valderis@ufpi.edu.br

² Docente do Departamento de Economia da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Pesquisadora do Núcleo de Economia Regional do Piauí (NERPI/ UFPI). E-mail: edivanelima@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

O Sistema Único de Saúde (SUS) do Brasil desempenha papel no cuidado integrado da saúde dos brasileiros, monitorando e reduzindo a morbimortalidade e os fatores de risco da população. O sistema é dividido nos princípios da universalização, da equidade e da integralidade. A universalização garante que todas as pessoas, independentes de sexo, raça, ocupação ou características sociais ou pessoais, tenham direito ao acesso gratuito a serviços de saúde provido pelo Estado. A equidade tem como objetivo reduzir as desigualdades, promover o tratamento das necessidades distintas de cada pessoa, alocando um aporte maior de recursos na população mais carente, enquanto a integralidade, considera a população como um todo. Para isto, é necessária uma integração conjunta de ações preventivas de doenças e apoio a tratamentos curativos e de reabilitação nas diferentes especialidades, com o propósito de garantir melhoria de saúde às pessoas (BRASIL, 2023).

Considerando o contexto da pandemia de Covid-19, que se propagou de forma mais intensa a partir de março de 2020, o sistema de saúde pública brasileiro tem enfrentado não apenas problemas para financiar e sustentar todos os gastos com o SUS, mas, possivelmente, tenha tomado decisões que não surtiram efeitos satisfatórios. Alguns trabalhos empíricos argumentam que não basta apenas ter recurso, é necessária uma boa alocação dos insumos para se obter os melhores resultados. Segundo Rocha *et al.* (2020), o conhecimento de boas práticas operacionais que permitam maior eficiência à gestão do sistema de saúde, tem a possibilidade de evitar que esse gasto cresça exageradamente em um cenário de pandemia e, para haver melhores práticas operacionais, tornam-se necessários estudos que avaliem a eficiência da alocação dos recursos no sistema de saúde pública e, com esse propósito, Marinho (2003) menciona a importância que esse tipo de estudo agrega à tomada de decisão dos gestores públicos, pois permitem minimizar gastos improdutivos, auxiliando a tomada de decisão.

Os estudos de Aroeira, Vilela e Ferreira (2020) e de Mariano *et al.* (2021) demonstraram que o nordeste brasileiro é uma das regiões mais vulneráveis no enfrentamento de pandemias por conta da baixa infraestrutura. O Piauí, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE (2022), apresentou uma retração no percentual relativo do Produto Interno Bruto (PIB) do ano de 2020, com -3,5%, ocupando a sétima posição da região nordeste. Segundo o Portal da Transparência do Estado do Piauí (2023), durante o ano de 2020, a despesa com o setor da saúde pública correspondeu à segunda maior, ficando atrás apenas dos gastos com Previdência Social de todas as despesas aplicadas, por conta da pandemia de Covid-19, em 2021, a saúde passa a ser a principal despesa ultrapassando até mesmo os gastos de Previdência Social, sendo assim, acredita-se que estudos empíricos voltados à análise da eficiência na aplicação dos recursos públicos, especialmente no Piauí, é importante para auxiliar a tomada de decisão dos gestores públicos, e contribuir para as discussões acadêmicas.

Nesse sentido, considerando a demanda crescente da população para tratamento da Covid-19 e a limitada disponibilidade de instalações físicas e capital humano na rede hospitalar de saúde pública, a indagação que orienta esta pesquisa consiste em averiguar o seguinte: houve aplicação eficiente dos gastos públicos em saúde pelo Sistema Único de Saúde nos municípios piauienses durante a pandemia da Covid-19? No estudo realizado por Rache *et al.* (2020), os autores argumentaram que as iniciativas públicas para o enfrentamento da pandemia promoveram diversas medidas como: contratação de profissionais de saúde, construção de hospitais de campanha, ampliação de leitos de UTI em unidades hospitalares e compra de materiais básicos como respiradores para aumentar a capacidade de resposta do sistema de saúde. À luz dessas considerações, a hipótese assumida nesta pesquisa é de que nem todos os

municípios piauienses conseguiram gerir eficientemente a aplicação dos recursos pelo Sistema Único de Saúde no período da pandemia da Covid-19.

Diante do exposto, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar a eficiência técnica do sistema único de saúde nos municípios piauienses no contexto da pandemia da Covid-19 (2020 – 2021). Para alcançar este objetivo, foram estimados escores de eficiência por município, e distribuídos geograficamente por macrorregiões de saúde, os municípios que obtiveram eficiência técnica no período estudado. Utilizou-se como método empírico a Análise Envoltória de Dados (DEA – *Data Envelopment Analysis*).

O trabalho está composto desta introdução, da revisão de literatura na segunda seção, dos procedimentos metodológicos na terceira seção e os resultados e conclusões na penúltima e última seção, respectivamente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Saúde pública e eficiência.

A saúde é um setor estratégico da economia brasileira que tem permitido uma participação em torno de 9% em seu produto interno bruto. Essa contribuição é importante para a geração de emprego, de renda e de produtividade da mão de obra devido, em parte, à incorporação e difusão de tecnologias modernas nesse setor, a exemplo da nanotecnologia, da biotecnologia, da indústria de próteses e de equipamentos clínicos-hospitalares; combinação que resulta em um processo dinâmico de crescimento econômico e de fortalecimento do capital humano (NUSKE *et al.*, 2017).

Para Silva e Queiroz (2018), a eficiência na qualidade dos serviços públicos vai além da eficiência técnica da despesa pública, pois é necessária uma mudança qualitativa que envolva a melhoria do bem-estar social. Barbosa *et al.* (2021) acreditam ser relevante entender o conceito da eficiência em saúde e suas diferentes formas de mensurá-la, principalmente no contexto de saúde pública que envolve vidas, favorecendo uma melhor gestão de investimentos e evitando o desperdício dos recursos já escassos por conta de crises financeiras e de pandemias a exemplo da Covid-19.

De acordo com o estudo de Dermindo, Guerra e Gondinho (2020), a gestão pública em saúde é o agente responsável pela tomada de decisões para alocação da maneira mais eficiente de recursos e, para isso, é necessário que os gestores superem o papel de meros prestadores de serviços, realizando atividades como estipular fluxos de financiamento, avaliar e realizar o controle e o acompanhamento. É importante que os gestores sejam qualificados para que possam tomar decisões baseadas em estudos científicos. Diante da atual situação financeira ou de pandemias como a da Covid-19, a gestão eficiente em saúde se torna mais importante, pois os recursos se tornam ainda mais escassos.

2.2 Aspectos teóricos e aplicados da eficiência.

O conceito clássico de eficiência econômica se remete à ideia de que um indivíduo não consegue aumentar o próprio bem-estar, sem que seja reduzido o bem-estar de outra pessoa. No contexto da produção, por exemplo, a eficiência pode ser analisada do ponto de vista técnico, em que as empresas combinam insumos para alcançar um certo nível de produto da maneira menos dispendiosa possível e, do ponto de vista alocativo, quando nenhum insumo puder ser reduzido, sem reduzir o produto e, nenhum produto puder ser aumentado, sem aumentar também o(s) insumo(s) (PINDYCK, RUBINFELD, 2013; KOOPMANS, 1951)

Uma das primeiras abordagens empíricas para avaliar a eficiência técnica surgiu com o método de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), a partir do trabalho de Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e ficou conhecido como modelo CCR, pois utiliza *retornos constantes de escala (Constant Returns to Scale)*, por sua simplicidade, as condições de retornos de escala significam que ao dobrar o número de insumos, a produção aumenta proporcionalmente da mesma forma em relação aos produtos. Outro modelo foi desenvolvido pelos estudiosos Banks, Charnes e Cooper (1984), e ficou conhecido na literatura pela sigla VRS - *Variable Returns to Scale* - (retornos variáveis de escala) ou BCC, em homenagem aos criadores, modelo mais complexo, que generaliza o modelo CCR ao considerar tecnologias com rendimentos de escala constantes, crescentes e decrescentes, nesse modelo, o acréscimo de insumos pode não ser proporcional ao aumento de produtos, mas pode variar de acordo com a quantidade acrescida.

Portanto, o método DEA tem uma vasta área de aplicações, podendo ser aplicado em empresas, universidades, times de futebol, hospitais, sistemas de saúde e entre outras áreas, podendo ser utilizado de maneira mais simples, baseado em retornos constantes, ou mais complexo, com retornos variáveis, ou ainda, combinar os dois tipos de análise. Quando aplicado para avaliar o sistema de saúde ou hospitais, é mais comum os esforços estarem destinados a aumentar o número de serviços hospitalares (*output*), sem reduzir ou aumentar a quantidade de recursos financeiros disponíveis, porém, é possível encontrar estudos que focam na diminuição dos recursos financeiros, deixando constante o número de serviços (*input*). Os trabalhos na área da saúde para analisar o desempenho de sistemas de saúde e seus retornos para a população, podem ter diferentes intuítos e metodologias, podendo ser aplicados em países, regiões, unidades da federação, municípios e hospitais (DOS SANTOS, DE FREITAS e FLACH, 2015).

2.2.1 Experiências empíricas da eficiência no setor saúde

Os trabalhos que aplicaram a análise envoltória de dados com o objetivo de avaliar sistemas de saúde na literatura internacional estão descritos, nesta pesquisa, por meio dos estudos empíricos de: Asandului, Roman e Fatulescu (2014) e Stefko, Gavurova e Kocisova (2018). Esses autores analisaram a possibilidade da ocorrência de alocações ineficientes e desperdícios de recursos nos países em desenvolvimento.

O trabalho realizado por Asandului, Roman e Fatulescu (2014), por exemplo, teve o objetivo de descrever a eficiência dos sistemas públicos de saúde em 30 países da Europa. A sociedade mundial tem presenciado um aumento da expectativa de vida e diminuição da mortalidade infantil, embora, o aumento desses indicadores não tenha repercutido igualmente para grupos predispostos a certas doenças como hipertensão, câncer e doenças cardíacas. Por meio da utilização do método de análise envoltória de dados, os autores chegaram à conclusão que 15 do total de 30 países europeus estudados, metade deles, foram considerados eficientes, e 4 desses países se destacaram mais que os outros, citando como exemplo, o Chipre, a Romênia, a Suécia e o Reino Unido. Desses 15 países eficientes, há países desenvolvidos e subdesenvolvidos, entretanto, alguns países desenvolvidos, apesar de gerarem alto produto interno bruto *per capita*, não conseguiram ser eficientes, foi o caso da Alemanha e da França.

No estudo de Stefko, Gavurova e Kocisova (2018), os autores utilizaram o método de análise envoltória de dados com o objetivo de estudar oito regiões da Eslováquia no período de 2008 a 2015. Com o propósito de avaliar a eficiência técnica de saúde em regiões individuais e quantificar o impacto das variáveis relacionadas ao uso de tecnologias médicas. Constataram que existe uma dependência indireta entre os valores das variáveis ao longo do tempo e os resultados da eficiência estimada, isto é, regiões que apresentaram baixos valores das variáveis

ao longo do tempo, alcançaram um alto grau de eficiência e vice-versa. Os avanços tecnológicos trouxeram equipamentos caros e com benefícios econômicos e de saúde e, por isso, foram levados em consideração nos sistemas, para medir e avaliar a eficiência dos cuidados de saúde em instalações.

Na literatura nacional, destacam-se os trabalhos de: Marinho (2003), Mazon, Mascarenhas e Dallabrida (2015), Barbosa e Sousa (2015), Flach, De Mattos e Mendes (2017).

Marinho (2003) realizou um trabalho com o objetivo de avaliar a eficiência de 74 municípios do estado do Rio de Janeiro. Por meio da utilização do método análise envoltória de dados, chegou à conclusão que o nível de eficiência do estado é cerca de 83%, sendo considerado um resultado mediano. O autor observou que os resultados se mostraram dispersos, de modo aleatório no estado, pois menos de 20% da população vive em municípios eficientes, e as diferenças entre regiões, são muito relevantes. Concluiu que municípios com produto interno bruto maiores, apresentaram melhores capacidades de respostas aos problemas; e que municípios mais ricos servem de anteparo para a população de municípios mais pobres e, isto, está fora do alcance dos gestores locais. Municípios mais ricos podem importar problemas mais graves de municípios mais pobres e, conseqüentemente, serem afetados com maiores ineficiências advindas desse seu entorno, dessa forma, uma resposta para um sistema de saúde relativamente adequado, é a implementação do modelo de consórcio de municípios, em que a atuação em conjunto favorece resultados melhores.

No trabalho desenvolvido por Mazon, Mascarenhas, Dallabrida (2015), os autores utilizaram a metodologia de análise envoltória de dados com o objetivo de analisar a eficiência dos gastos públicos de sete municípios do estado de Santa Catarina. Os resultados permitiram chegar às seguintes conclusões: quanto maiores os municípios em contingentes populacionais, maiores os gastos *per capita*, por conta da presença de hospitais maiores, com um número maior de equipamentos sofisticados que oferecem serviços de alta e média complexidade. Porém, nem sempre o aumento dos gastos é sinônimo de melhor qualidade de serviços, pois no ano de 2010, os municípios que tiveram eficiência na alocação de recursos, não apresentaram melhoria de desempenho em relação ao indicador de mortalidade geral.

O trabalho de Barbosa e Sousa (2015) faz análise da eficiência do sistema único de saúde dos municípios do Nordeste por meio do método análise envoltória de dados, utilizando dados do Índice de Desempenho dos Municípios do Nordeste Brasileiro (IDSUS). O estudo foi realizado em 1.790 municípios nordestinos e, em 84 deles, foram utilizados insumos de forma racional. De acordo com os resultados, foi possível constatar que os municípios com melhores resultados, possuíam alto nível de desenvolvimento socioeconômico, médio índice de condições sociais e estrutura de atenção especializada, ambulatorial e hospitalar. Os piores resultados foram encontrados nos municípios que apresentaram baixos índices de desenvolvimento socioeconômico e de condições sociais, os quais não possuíam estrutura de atenção especializada, ambulatorial e hospitalar. Os escores apresentaram efeitos diretamente positivos com as taxas de urbanização e com os valores do produto interno bruto e, negativamente, com as taxas de analfabetismo.

O estudo de Flach, De Mattos e Mendes (2017) teve como objetivo verificar, por meio do método análise envoltória de dados, a eficiência dos gastos públicos em saúde em 78 municípios do estado de Espírito Santo. Os autores concluíram que o maior gasto em saúde não reflete em melhor resultado para a população, pois os 10 municípios que lideram os gastos per capita de saúde no estado do Espírito Santo, tiveram seus índices de eficiência abaixo da média estadual. No sentido oposto, e com resultado positivo, o município de Guarapari atingiu a eficiência máxima de 100%, e não estava no grupo dos municípios que mais gastam com a saúde.

2.2.2 Aplicações da Análise Envoltória de Dados em relação à pandemia de Covid-19.

Em relação ao Covid-19, alguns estudos demonstraram como os sistemas de saúde se comportaram, destacando-se os trabalhos de: Breitenbach, Ngobeni e Aye (2021) no âmbito internacional e os trabalhos de: Aroeira, Vilela e Ferreira (2020, 2021), Mariano et al. (2021), Costa, Medeiros e Lírio (2020) no âmbito nacional.

No estudo realizado por Breitenbach, Ngobeni e Aye (2021), o objetivo foi avaliar a eficiência no combate à pandemia da Covid-19, nesse sentido, os autores escolheram 36 países que registraram, acumuladamente, 90% das infecções e mortes em todo o mundo. A pesquisa foi motivada pelo número considerável de infecções e mortes, bem como, a pressão sobre a disponibilidade de instalações de terapia intensiva, de médicos e de enfermeiras. Com a aplicação do método análise envoltória de dados, o estudo revelou que 6 países apresentaram resultados satisfatórios de eficiência, incluindo o Brasil. Concluíram que seria difícil a maioria dos países apresentarem eficiência durante a pandemia devido, em parte, à capacidade limitada do sistema hospitalar de saúde no curto prazo e, portanto, o esforço adotado na ampliação da estrutura hospitalar, poderia ser transformado em desperdício de recursos no combate à pandemia, o que resultaria em perda de eficiência do sistema, situação que poderia ser contornada, em algum grau, pelas medidas proativas em vacinas e outras pesquisas farmacêuticas de combate à pandemia.

Aroeira, Vilela e Ferreira (2020), realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o desempenho dos hospitais do SUS durante o início da pandemia. Foram estudados o sistema único de saúde de 437 municípios das 5 regiões do Brasil no tratamento à Covid-19, a partir da data do primeiro caso da doença no país até o total de 100 mil pessoas mortas. Nas conclusões do trabalho, foram constatados que os municípios de pequeno porte se destacaram com melhores eficiências em relação a municípios maiores e, em relação à média de eficiência, a região mais bem posicionada foi a Sudeste, e a pior posicionada, o Nordeste. Das cinco regiões do Brasil, todas apresentaram nas capitais eficiência acima da média, com exceção da região Norte, que não apresentou nenhuma capital acima da média.

Aroeira, Vilela e Ferreira (2021) realizaram outro estudo, para avaliar o desempenho dos hospitais do SUS posteriormente aos picos de infecção de Covid-19 no Brasil, a partir da data do primeiro caso da doença no país até o total de 600 mil pessoas mortas. Nesse estudo foram incorporadas a variável de pessoas vacinadas em relação ao estudo anterior e foi constatado os melhores índices de eficiência gerencial do que clínica, ou seja, os gestores são, em média, mais eficientes em otimizar os recursos para maiores números de atendimentos e para o maior número de pessoas vacinadas, sendo assim, os gestores são mais impactantes na eficiência de saúde do que a gerência clínica de um hospital no combate a pandemia do Covid-19.

O estudo de Mariano *et al.* (2021) utilizou o método NDEA (NETWORK DEA), uma derivação da técnica padrão análise envoltória de dados, para analisar o número de casos e óbitos notificados por coronavírus no Brasil, relativos à infraestrutura hospitalar das capitais e unidades federativas. O estudo mencionou que, por conta da grande extensão territorial brasileira, a situação da pandemia se apresentou de formas distintas em cada região brasileira, dessa forma, o trabalho teve como objetivo a elaboração de um índice que permitiu avaliar a situação das 26 unidades federativas, mais o Distrito Federal e as microrregiões que fazem parte das capitais. Com esse índice, foi possível definir quais estados foram os mais eficientes e ineficientes. Os autores concluíram que as regiões norte e nordeste, mesmo ambas apresentando um menor número de casos, eram mais vulneráveis a um colapso por conta do baixo número relativo de respiradores e UTIs em relação à população.

No estudo de Costa, Medeiros e Lírio (2021), os autores abordaram a importância do sistema de saúde no combate à pandemia de uma forma mais específica, tomando como base a eficiência das unidades hospitalares para a população, pois são responsáveis pelo atendimento direto da saúde de pessoas. Os autores relataram que o sistema de saúde brasileiro enfrentava problemas de espera e de superlotação em seus leitos hospitalares e, com o surgimento da Covid-19, esses problemas foram intensificados pelo aumento abrupto da necessidade de internações em UTIs e de testes para identificar as infecções. Dessa forma, o trabalho teve o objetivo de analisar a eficiência técnica dos hospitais públicos diante do cenário de pandemia da Covid-19 e contribuir indiretamente para a tomada de decisões dos agentes públicos. Os autores recomendaram a necessidade do aumento da capacidade dos hospitais e de leitos clínicos de UTI, entretanto, essas ações de investimentos em saúde deveriam ser em conjunto com ações (distanciamento social) que diminuíssem o nível de contágio.

3 METODOLOGIA

3.1 Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) pode ser entendida sendo uma ferramenta de programação matemática multivariável, que procura maximizar os níveis dos múltiplos insumos e produtos utilizados. Essa metodologia funciona a partir de um conjunto de variáveis de entradas de insumos (*inputs*), que geralmente são investimentos monetários, recursos ou equipamentos, associados a um conjunto de variáveis de saídas ou de produtos (*outputs*) que são os resultados, serviços e materiais. Uma das vantagens do método DEA é a sua flexibilidade em seu campo de atuação, que pode ser utilizado com sucesso em pesquisas que busquem investigar a maximização de eficiência de empresas, universidades, escolas, hospitais, sistemas de saúde e até mesmo de times de futebol. Essa ferramenta permite maximizar a razão entre a combinação linear dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, gerando um índice de eficiência que varia no intervalo entre 0 (zero) e 1 (um). Quanto mais próximo de 1 estiver o resultado da unidade tomadora de decisão, mais eficiente ela será, e o contrário ocorre, quanto mais próximo de 0, será menos eficiente. Baseia-se em modelos matemáticos não paramétricos, isto é, não permitem inferências estatísticas, e nem exigem relações funcionais entre os insumos e os produtos, entretanto, é sustentada em sólidos fundamentos da teoria da produção microeconômica (PENA, 2008; BANKER, 1993).

Outra vantagem do método envoltória de dados, é analisar o posicionamento relativo das Unidades Tomadoras de Decisões (DMU's - *Decision Making Unit*), que podem ser representadas por cidades, países, escolas, universidades, empresas, dependendo do objetivo de cada estudo. As DMU's são os indivíduos que se quer medir a eficiência, pois é com base nelas, que se deve buscar as variáveis de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*); essas variáveis devem ser homogêneas e ter autonomia na tomada de decisão, ou seja, devem ser usadas as mesmas variáveis de entrada e saída para cada indivíduo estudado no modelo. Com isso, o objetivo da análise envoltória de dados é analisar a fronteira de eficiência, ou seja, analisar a máxima quantidade de *outputs* que podem ser obtidos dados os *inputs* (ANDRADE, 2014). Na presente pesquisa, as DMU's foram representadas pelos municípios do estado do Piauí.

3.2 Procedimentos empíricos aplicados na pesquisa

No presente estudo, foi adotado o modelo de retornos constantes de escala CCR, pois segundo Marinho (1998, 2003), Marinho e Façanha (2000), os sistemas de saúde e suas organizações hospitalares costumam ou procuram trabalhar com alguma capacidade ociosa, em virtude da imprevisibilidade da demanda. A orientação selecionada permite a maximização dos produtos, pois a intenção não é analisar um cenário com uma minimização de insumos, mas sim, a constância ou aumento de insumos para satisfazer um aumento de produção, ou seja, mais atendimentos, mais internações e menos mortes. Pois o objetivo é a possibilidade de vislumbrar níveis ótimos de produção ou *targets*, que podem servir como referência para projeção de unidades ineficiente. Além do mais, como já mencionado na introdução, para que o Sistema Único de Saúde (SUS) funcione de maneira adequada, é necessária uma quantidade constate ou crescente de insumos.

A formulação do modelo CCR, por ser oriundo de uma programação linear, é composta por três itens básicos: a função objetivo, sendo uma função linear de variáveis de decisão que deve ser otimizada, ou seja, maximizada ou minimizada; as restrições, que tratam das relações de interdependências entre as variáveis de decisão, sendo expressas por equações ou inequações lineares, e as variáveis do modelo, que devem assumir valores positivos ou nulos (PÉRICO, REBELATTO E SANTANA, 2008). O modelo CCR orientado ao *input* busca minimizar o consumo de insumos de forma a produzir no mínimo o nível de produção dada, expresso pela maximização dos somatórios das quantidades produzidas (*y*) multiplicadas pelos pesos (*u*), representado na expressão a seguir:

$$Max\ Eff_o = \sum_{j=1}^s u_j y_{jo} \quad (1)$$

Segundo Melo (2019), o modelo CCR orientado ao *output*, em contrapartida, busca maximizar o nível de produção, utilizando no máximo o consumo de insumos observados, expresso pela minimização da somatória dos insumos observados (*x*) multiplicadas pelos pesos (*v*). Dessa forma, o objetivo é encontrar a forma mais eficiente da produção, utilizando a maior quantidade dos insumos, mesmo que isso possa custar mais caro, pois o principal objetivo é avaliar a eficiência, alcançando os melhores resultados de produção, utilizando a maior quantidade de recursos possíveis, portanto, não seria viável um modelo orientado ao *input* que busca uma eficiência baseada na redução de insumos e no valor constante de produção.

A eficiência do modelo orientado ao *output* é definida pela razão entre a soma ponderada dos insumos (*inputs*) e a soma ponderada dos produtos (*outputs*), conforme a expressão seguinte:

$$Eficiência = \frac{\text{Soma ponderada dos inputs}}{\text{Soma ponderada dos outputs}} \quad (2)$$

A formulação matemática para a obtenção da maximização dos produtos é expressa pela equação de minimização dos insumos, composto pela soma ponderada dos *inputs* dividido pela soma ponderada dos *outputs*, da seguinte forma:

$$Min\ Eff_o = \frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}} \quad (3)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{i=1}^r v_i x_{ik}}{\sum_{j=1}^s u_j y_{jk}} \leq 1, K = 1, 2, \dots, N \quad u_j e v_i \geq 0 \forall j, i \quad (4)$$

Onde:

Eff_o = Eficiência da DMU₀;

u_j, v_i = pesos de *outputs* e *inputs* respectivamente;

x_{ik}, y_{jk} = *inputs* (*i*) e *outputs* (*j*) da DMU_k;

Este modelo pode ser definido como um problema de programação fracionária e que pode ser transformado em uma programação linear (PPL), onde o denominador da função objetivo necessariamente precisa ser igual a uma constante, normalmente igual a um. A linearização do modelo CCR é expressa a seguir:

$$\text{Min } Eff_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} \quad (5)$$

Sujeito às restrições

$$\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} \leq 0, \quad K = 1, 2 \dots 0, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^s u_j y_{j0} = 1 \quad u_r \text{ e } v_i \geq 0 \quad \forall j, i \quad (7)$$

Dessa forma, na equação (5) a minimização da somatória dos insumos observados (x) multiplicadas pelos pesos (v) mostra o Problema de Programação Linear (PPL). Esse problema é resolvido para cada uma das unidades tomadoras de decisão da amostra, considerando-se n unidades, produzindo r quantidade de produtos y , a partir de s quantidades de insumo x , sendo u e v pesos, i inputs e j outputs e $Min Eff_0$ é a eficiência da DMU em análise (ESPEJO *et al.*, 2018).

A primeira restrição (6) demonstra o resultado operacional da DMU, composta pela subtração entre o somatório das quantidades produzidas multiplicadas pelos pesos dos produtos e o somatório da multiplicação dos insumos consumidos pelos pesos tendo seu valor máximo limitado a 0 (zero), desta forma, as unidades eficientes obterão 0 (zero) para a primeira restrição.

A segunda restrição (7) demonstra que o somatório do produto das quantidades produzidas pelos pesos específicos para a DMU é igual a 1 (um), portanto, $Min Eff_0$ será, no máximo, igual a 1 (um), ou seja, a DMU só será eficiente caso sua função objetivo seja igual a 1 (um). Após resolver o programa linear para cada uma das DMU's, obtém-se o grupo das eficientes, para as quais $Min Eff_0$ é igual a 1 (um) (MELO, 2019).

3.2.2 Fonte dos dados, variáveis e unidades tomadoras de decisão (DMU's)

Segundo o IBGE, o Piauí tem uma população de 3.289.290, distribuída em 224 municípios que representam, nesta pesquisa, as unidades tomadoras de decisão. Os dados utilizados são provenientes do DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (2023), do CNES - Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (2023) e de boletins da SESAPI - Secretaria Estadual da Saúde do Piauí (2023). Foram coletadas as mesmas informações referentes a cada unidade tomadora de decisão (municípios), nos anos de 2020 e 2021. As variáveis foram selecionadas de acordo com o estudo de Costa, Medeiros e Lírio (2020) e estão descritas a seguir, no Quadro 1:

Quadro 1 – Descrição das variáveis selecionadas para a análise da eficiência técnica nos municípios piauienses (2020-2021).

Variável	Descrição	Fonte	Tipo
Médicos por mil habitantes (MED)	Quantidade de profissionais médicos registrados nas unidades hospitalares do SUS por mil habitantes.	DATASUS	Input
Enfermeiros por mil habitantes (ENF)	Quantidade de profissionais de enfermagem registrados nas unidades hospitalares do SUS por mil habitantes.	DATASUS	Input
Número de leitos de internação SUS (NLI)	Soma total de leitos destinado às internações clínicas, cirúrgicas e pediátricas.	DATASUS	Input
Número de leitos complementares SUS (NLC)	Soma total dos leitos destinado ao tratamento em unidade de terapia intensiva (UTI), unidade de cuidados intermediários (UCI) e pacientes em isolamento.	DATASUS	Input
Equipamentos (EQP) profissionais SUS	Total de equipamentos hospitalares em funcionamento nas unidades do SUS.	DATASUS	Input
Internações por leitos (IPL)	Corresponde à relação entre o total de internações para o tratamento da Covid-19 realizadas e o número total de leitos utilizáveis no período de estudo.	DATASUS E SESAPI	Output
Taxa de sobrevivência (TSO)	Corresponde ao inverso do total de óbitos dividido pelo total de casos de Covid-19 confirmados, ocorridos no período. O inverso da taxa de mortalidade.	SESAPI	Output
Total de internações (TIN)	Somatório do total de pacientes que deram entrada em unidades hospitalares com Covid-19 para internação nos meses pesquisados.	DATASUS	Output

Fonte: elaboração própria

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Escores de eficiência técnica para o ano de 2020

A Tabela 1 apresenta a distribuição dos escores de eficiência técnica dos municípios piauienses no ano de 2020. No intervalo de 0 a 0,24, cujo total foi igual a 182 municípios analisados, correspondendo a um percentual de 81,25%. No próximo intervalo de 0,25 a 0,49, foram registrados 16 municípios correspondendo a 7,14%. O terceiro intervalo de 0,5 a 0,74, conta com 8 municípios, representando 3,57%, o quarto intervalo de 0,75 – 0,99, com 5 municípios, 2,23% e o quinto intervalo conta com os municípios eficientes que em números absolutos foi igual a 13, representando um percentual de 5,81%. Dessa forma, no ano de 2020, segundo a distribuição dos intervalos de eficiência técnica, cerca de 198 ou 88,39% dos municípios apresentaram resultado abaixo de 0,5 de eficiência e 26 municípios ou 11,6% obtiveram um resultado acima de 0,5 no escore de eficiência, portanto, a maioria dos municípios apresentou resultado inferior a 50% de eficiência técnica.

Tabela 1 – Distribuição dos municípios por intervalos de eficiência técnica em 2020.

Intervalos	Municípios	Porcentagem
0 - 0,24	182	81,25
0,25 - 0,49	16	7,14
0,5 - 0,74	8	3,57
0,75 - 0,99	5	2,23
1	13	5,81
TOTAL	224	100

Fonte: elaboração própria (2023).

4.2 Escores de eficiência técnica para o ano de 2021

A Tabela 2 apresenta a distribuição dos escores de eficiência técnica dos municípios piauienses no ano de 2021. O primeiro intervalo de eficiência de 0 a 0,24, conta com a maior concentração, 179 municípios, 79,91%. O segundo intervalo de 0,25 a 0,49, tem 9 municípios, 4,02%. O terceiro intervalo de 0,5 a 0,74, tem o menor número de municípios, apenas 4, 1,79%. No intervalo de 0,75 a 0,99, havia 13 municípios, 5,80%. No último intervalo, que conta com os municípios eficientes com resultado igual a 1, há 19 municípios, cerca de 8,48%.

Tabela 2 - Distribuição dos municípios por intervalos de eficiência técnica em 2021.

Intervalos	Municípios	Porcentagem
0 - 0,24	179	79,91
0,25 - 0,49	9	4,02
0,5 - 0,74	4	1,79
0,75 - 0,99	13	5,80
1	19	8,48
TOTAL	224	100

Fonte: elaboração própria (2023)

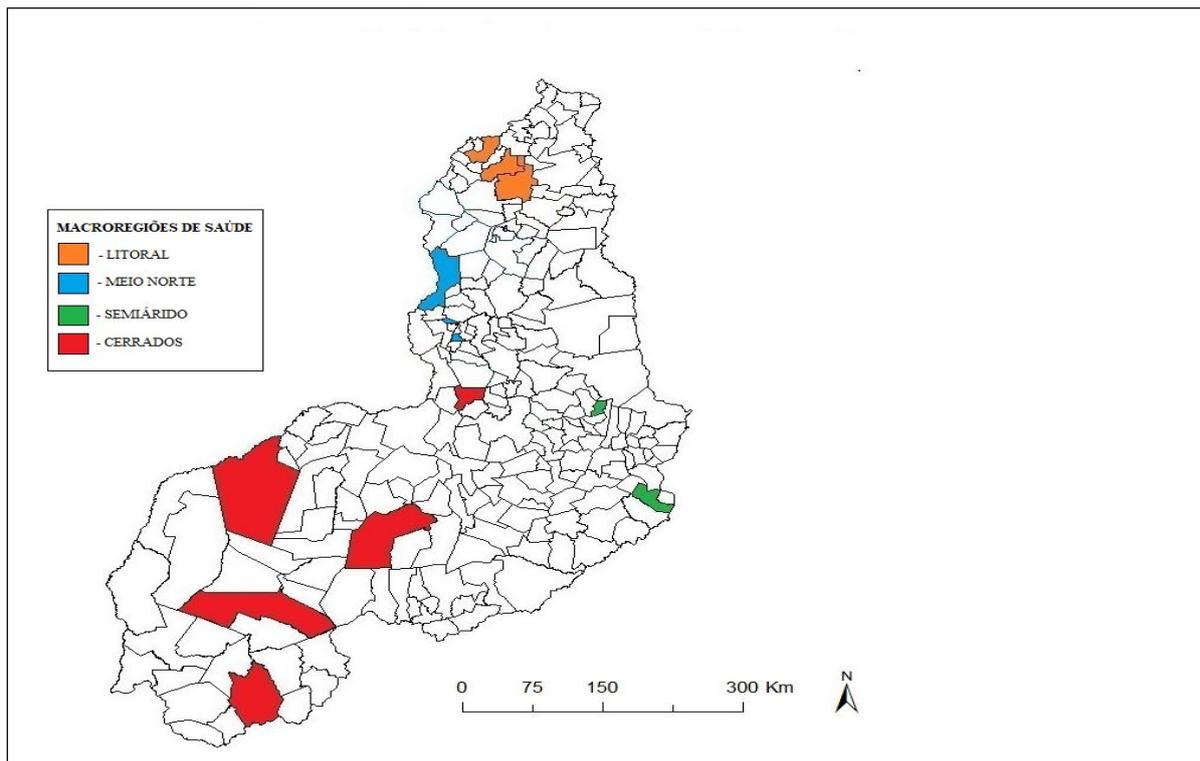
Pela comparação dos resultados nos dois anos analisados, os intervalos de eficiência demonstraram que há uma maior proporção de municípios ineficientes em relação aos eficientes no período analisado (2020-2021), a maioria dos municípios ficou abaixo do resultado de eficiência de 0,5. Portanto, durante o período de pandemia, o estado do Piauí se manteve com a maioria dos municípios ineficientes. Apesar disso, no ano de 2021, obteve um melhor resultado com um maior número de municípios com eficiência maior que 0,5, e número maior de municípios eficientes iguais a 1, em relação ao ano de 2020. Em média, o resultado de eficiência do ano de 2020 foi de 0,156 e do ano de 2021 foi de 0,182 demonstrando que houve uma melhora, resultado do investimento principalmente no aumento da quantidade de leitos complementares.

Segundo o estudo de Campos e Canabrava (2020), apesar de uma rede de serviços de saúde com graves distorções, inclusive nos leitos de UTI, o esforço conjunto dos gestores públicos motivou a mobilização e criação de novos leitos complementares de UTI, portanto, durante o período de pandemia o SUS teve papel importante no aumento da oferta de serviços hospitalares. Ainda segundo Costa *et al.* (2020), havia uma desigualdade no acesso aos serviços públicos de saúde que permaneceu latente durante a pandemia de coronavírus, houve uma demora para abertura de novos leitos no SUS, falta de internação para mitigar as mortes pelo Covid-19 e além disso, apesar da expansão dos leitos de terapia intensiva não foi suficiente para reduzir as discrepâncias entre as regiões brasileiras e não foi suficiente para solucionar a escassez de leitos que precedia a pandemia, revelando assim uma falta de articulação entre os gestores públicos para o enfrentamento a pandemia de Covid-19.

4.3 Distribuição geográfica dos municípios eficientes e ineficientes por macrorregiões de saúde nos anos de 2020 e 2021

A Figura 1 apresenta a distribuição geográfica dos municípios eficientes e ineficientes no ano de 2020. Na macrorregião de saúde do litoral, observa-se que os municípios Batalha, Esperantina e Luzilândia, revelaram-se tecnicamente eficientes, ou seja, estão situados sobre a fronteira eficiente.

Figura 1 – Municípios eficientes e ineficientes do estado do Piauí (2020)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa (2023).

Vale ressaltar que esses municípios apresentam perfis semelhantes em relação à população total, igual a 26.905, 39.848 e 25.504 habitantes, respectivamente. Esses municípios tinham um número total de leitos correspondente a 23, 55 e 38 respectivamente, e apresentaram um total de 469, 1.144 e 1.645 casos confirmados de Covid – 19, nesse contexto, realizaram um total de 52, 196, 154 internações, e registram um total de 11, 33 e 30 óbitos respectivamente. No entendimento de Marinho (2003), quando as unidades tomadoras de decisão situam-se próximas entre si, isso beneficia um movimento de pacientes, de recursos e de investimentos, fazendo com que cada um dos municípios se complemente na prestação dos serviços públicos de saúde, beneficiando uns aos outros e a região em seu entorno.

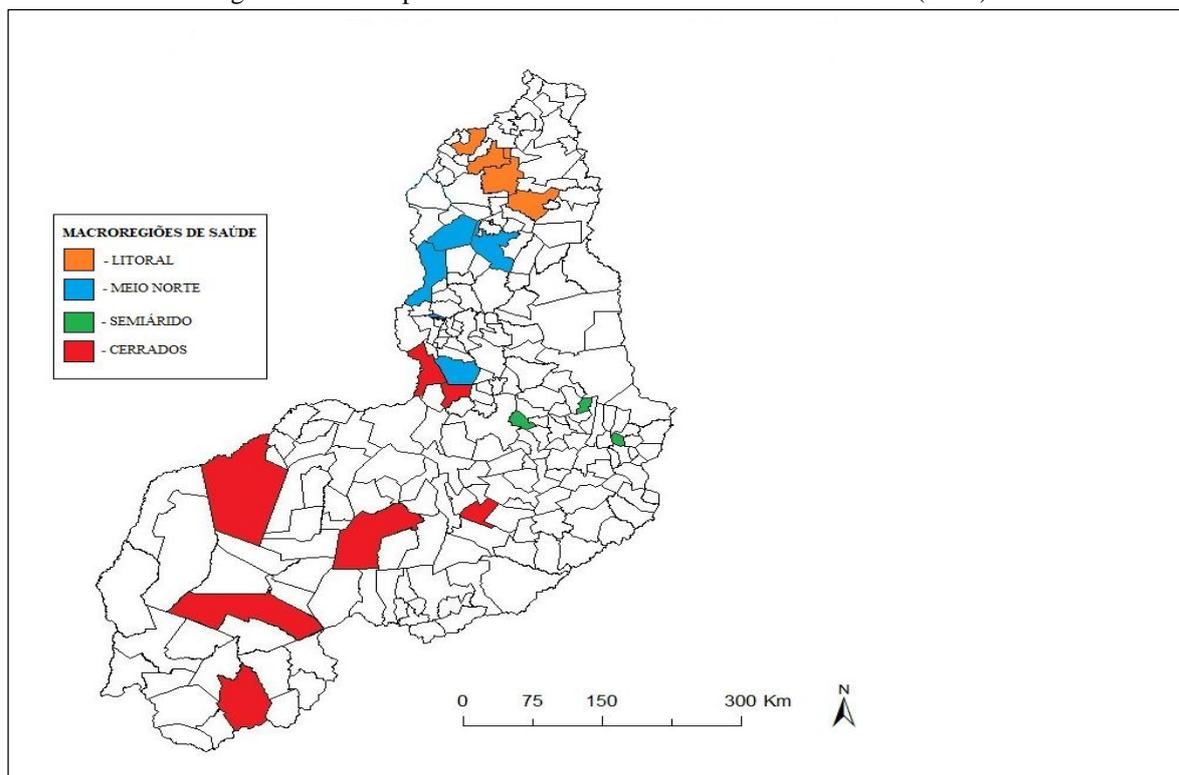
Na macrorregião de saúde Meio Norte, três municípios mostraram-se eficientes são eles: Teresina com uma população de 868.075, Água Branca com 17.470 habitantes e Miguel Leão com 1.205 habitantes. O total de casos diagnosticados de Covid-19: 50.085, 1.036 e 48 e de óbitos de 1.215, 47 e 0, respectivamente. Os três municípios se encontram bem próximos uns aos outros e pelo fato de Teresina ter maior infraestrutura, isso pode ter contribuído para a maior eficiência dos municípios menores.

A seguir, na macrorregião de saúde do Semiárido, dois municípios (São Luís do Piauí e Curral Novo do Piauí), são municípios com 2.646 e 5.367 habitantes e diferentemente do que aconteceu com as duas macrorregiões anteriores (Litoral e Meio Norte), os municípios não estão localizados próximos, obtiveram pequenas taxas de contaminação com respectivamente 84 e 192 casos confirmados e ambos não registraram mortes pela doença.

Nos Cerrados, a maior macrorregião de saúde em extensão territorial, apresentou o maior número de municípios eficientes, são eles: Arraial, Uruçuí, Canto do Buriti, Bom Jesus e Parnaçuá. Esses municípios possuem 4.720, 21.655, 21.258, 25.387 e 10.819 habitantes, respectivamente, e tem uma densidade demográfica igual a 6,9; 2,6; 4,9; 4,6 e 3,1 habitantes por km². Essa baixa densidade demográfica pode ter contribuído para um menor número de contaminações e, conseqüentemente, menos mortes.

Observa-se na Figura 2 uma semelhança na abrangência do território piauiense, a macrorregião de saúde do Semiárido, por exemplo, apresentou mais um município eficiente, entretanto, ainda continua descoberta em relação à eficiência. Em relação à macrorregião de saúde do Litoral, tem-se os municípios de Luzilândia, Esperantina, Batalha e Piripiri, este último, pode ter sido beneficiado com a eficiência dos municípios vizinhos, pois nessa região, os municípios eficientes continuaram sendo bem próximos um dos outros. Na macrorregião de saúde Meio Norte, houve aumento da abrangência do território, são eles: José de Freitas, Campo Maior, Teresina, Miguel Leão e Regeneração.

Figura 2 – Municípios eficientes e ineficientes do estado do Piauí (2021)



Fonte: elaboração própria com base nos resultados da pesquisa (2023).

Nota: A parte colorida da figura representa os municípios eficientes e a parte de cor branca, os municípios ineficientes.

Segundo Marinho (2003), existe uma interação de eficiência entre municípios próximos, por conta de poderem se completar em relação ao sistema de saúde, pois devido suas localizações serem próximas, isso beneficia o movimento de pacientes, de recursos e de

investimentos, fazendo com que cada um dos municípios se complemente na prestação dos serviços públicos de saúde, beneficiando uns aos outros.

Na macrorregião de saúde do Semiárido, três municípios com pequena extensão mostraram-se eficientes, são eles, São João da Varjota, São Luís do Piauí e Vila Nova do Piauí, respectivamente, os municípios possuem uma população de 4.848, 2.646 e 2.952 habitantes. A macrorregião de saúde dos Cerrados apresentou um número maior de municípios eficientes, são eles: Amarante, Arraial, Uruçui, Canto do Buriti, Pedro Laurentino, Bom Jesus e Parnaguá.

Dos treze municípios eficientes de 2020, onze (11) se mantiveram eficientes em 2021, são eles: Arraial, Batalha, Bom Jesus, Canto do Buriti, Esperantina, Luzilândia, Miguel Leão, Parnaguá, São Luís do Piauí, Teresina e Uruçuí. Dois deixaram de ser eficientes, Água Branca e Curral novo do Piauí, pois ambos tiveram uma baixa em suas variáveis de saída de taxa de sobrevivência. Oito municípios passaram a ser eficientes: Amarante, Campo Maior, José de Freitas, Pedro Laurentino, Piripiri, Regeneração, São João da Varjota e Vila Nova do Piauí, pois obtiveram melhores resultados nos tratamentos dos pacientes infectados.

5 CONCLUSÃO

Este estudo analisou a eficiência técnica do sistema único de saúde nos municípios piauienses no contexto da pandemia da Covid-19 em 2020 e 2021. A análise realizada por meio da aplicação do método não paramétrico de fronteira envoltória *Data Envelopment Analysis* (DEA) com retornos constantes de escala expressou que, no geral, a maior parte dos municípios apresentou escores de eficiência abaixo da fronteira durante o período de crise sanitária da Covid-19.

Quando comparados os intervalos de escores de eficiência no período analisado, foi possível perceber que o ano de 2021 apresentou um melhor resultado de eficiência, pois tem maior quantidade de municípios eficientes em relação ao ano de 2020. Esses intervalos de eficiência funcionam bem para analisar a quantidade de municípios eficientes e ineficientes de maneira geral, facilitando a comparação dos dois anos estudados e possibilitando saber em qual ano houve um melhor desempenho, porém, esse tipo de método não traz informações detalhadas dos municípios e, por si só, não é possível explicar as variações ocorridas entre os dois anos, para diminuir essas falhas, uma sugestão seria usar esse tipo de método com o auxílio de outro mais específico, que retrate mais particularidades dos municípios.

Observando a distribuição dos municípios eficientes por macrorregião de saúde, percebe-se que em todas elas, havia municípios eficientes em ambos os anos, mas a maior parte é composta por municípios localizados, tecnicamente, abaixo da fronteira, revelando que geograficamente, poucos municípios alcançaram eficiência máxima. Os resultados evidenciam que não só a maioria dos municípios foram ineficientes em ambos os anos, e que o Piauí apresenta grande heterogeneidade entre seus municípios em relação à infraestrutura física e profissional. Apesar do ano de 2021 apresentar uma pequena melhora em relação ao ano de 2020, possivelmente por conta dos investimentos e da criação de novos leitos complementares como mencionado anteriormente, o cenário de saúde ainda continuou bastante ineficiente.

Nesse sentido, uma recomendação para os gestores públicos seria ampliar a capacidade produtiva do sistema de saúde pública, através de investimentos físicos e capacitação profissional em pontos estratégicos em cada macrorregião, que permitissem apoio maior aos municípios do interior, descentralizando a oferta de saúde pública, cujo tratamento de doenças graves, a exemplo da Covid-19, seria distribuído de maneira mais igualitária territorialmente e socialmente, facilitando o atendimento de comunidades afastadas dos grandes centros urbanos, por exemplo, Teresina, e reduzindo o tempo de atendimento. Entretanto, não se pode perder de

vista o esforço dos gestores públicos para minimizar, em parte, essa problemática, haja vista que durante a pandemia foram elaboradas estratégias de flexibilização regional, que contemplaram critérios econômicos e epidemiológicos, sendo um desses critérios, a criação de oito regiões assistenciais (Parnaíba, Piripiri, Teresina, Floriano, Oeiras, Picos, São Raimundo Nonato e Bom Jesus), voltadas para os pacientes regulados da Covid-19 e distribuídas nos territórios de desenvolvimento de saúde no Piauí.

Dadas as limitações desta pesquisa, seja pelo método utilizado, quanto pelo recurso de tempo disponível, fica como sugestão para trabalhos futuros, a evolução dinâmica da eficiência nas regiões assistenciais de saúde.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F.V.S. **DEA e Clusters Dinâmicos na Avaliação de Investimentos de Clubes Europeus de Futebol**. Niterói: Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, 2014.

ANDRADE, C. L. T. *et al.* Evolução da disponibilidade dos leitos de terapia intensiva na rede hospitalar do Brasil para o enfrentamento da emergência sanitária, **Série Informação para ação na Covid-19**, Rio de Janeiro, p. 131-144, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9786557081587.0008>. Acesso em 10 de fev. 2023.

AROEIRA, T.; VILELA, B.; FERREIRA, R. F.; Mais de 100.000 óbitos: Avaliação da eficiência dos hospitais do SUS no tratamento à Covid-19 nos municípios brasileiros. **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**, Belo Horizonte, v.17, n.2, p. 96-114, abril-junho, 2020.

AROEIRA, T.; VILELA, B.; FERREIRA, R. F.; Mais de 600.000 óbitos: Avaliação da eficiência dos hospitais do SUS no tratamento à Covid-19 nos municípios brasileiros. **Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**, Belo Horizonte, v.18, n.5, p. 67-86, outubro-dezembro, 2021.

ASANDULUI, L.; ROMAN, M.; FATULESCU, P. The Efficiency of Healthcare Systems in Europe: A Data Envelopment Analysis Approach, **Procedia Economics and Finance**, [S. l.], v. 10, p. 261-268, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567114003013?via%3Dihub>. Acesso em: 15 de out. de 2022.

BALASSIANO, Marcel Grillo. **Recessão Brasileira (2014-2016): Uma análise por meio do método do controle sintético do PIB, PIB per capita, taxa de investimento e taxa de desemprego**. 46º ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA – ANPEC, [s.l.], 2018.

BANKER R. D.; CHARNES, R. F.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, [S. l.], v. 30, p. 1078–1092, 1984.

BANKER, R.D. **Maximum likelihood, consistency and DEA: a statistical foundation**. *Management Science*, [S. l.], v.39, n.10, p. 1265-1273, 1993.

BARBOSA, Allan Claudius Queiroz *et al.* Eficiência e Gestão Pública em Saúde na APS. **APS EM REVISTA**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 144-153, 2021.

BARBOSA, W. F.; SOUSA, E. P. Eficiência técnica e de escala do Sistema Único de Saúde nos municípios do Nordeste brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, [S. l.], v. 46, n. 3, p. 99-113, 2015.

BATISTA, Francisca Miriane de Araújo *et al.* COVID-19 in Piauí: initial scenario and perspectives for coping. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical [online]**, [S. l.], v. 53, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rsbmt/a/BDHw7PTRgTFmz9WZXbfrXsP/?lang=en>>. Acesso em: 11 de out. de 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema Único de Saúde: estrutura, princípios e como funciona**, Gov.br, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/sus>. Acesso em: 18 de jan. de 2023.

BREITENBACH, M. C.; NGOBENI, V.; AYE, G. C. Global Healthcare Resource Efficiency in the Management of COVID-19 Death and Infection Prevalence Rates. **Frontiers in Public Health**, [S. l.], v. 9, 29 abr. 2021.

CAMPOS, Francisco Carlos Cardoso de; CANABRAVA, Claudia Marques. O Brasil na UTI: atenção hospitalar em tempos de pandemia. **Saúde e Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. especial 4, p. 146-160, dez. 2020. Disponível em: <https://revista.saudeemdebate.org.br/sed/article/view/4375/638>. Acesso em 10 de fev. 2023.

CASA NOVA, Silvia Pereira de Castro. **Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na análise de demonstrações contábeis**. 2002. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade: Contabilidade) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

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

CIRINO, S. *et al.* Modelo não linear de localização de instalações de serviços de saúde com indicador de acessibilidade incorporado. **Cadernos De Saúde Pública**, Florianópolis, v. 34, n. 3, p. 2-12, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00185615>. Acesso em: 12 de jan. 2023.

CNES - CADASTRO NACIONAL DE ESTABELECIMENTOS EM SAÚDE. Disponível em: <http://www.cnes.datasus.gov.br>. Acesso em: 15 de jan. de 2023.

COSTA, Danielle Conte Alves Riani *et al.* Oferta pública e privada de leitos e acesso aos cuidados à saúde na pandemia de Covid-19 no Brasil. **Saúde e Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. especial 4, p. 232-247, dez. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sdeb/a/39jsyjTLxGZHFQXrs4VVMRS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 de fev. 2023.

COSTA, J. G. A.; MEDEIROS, R. V. V.; LIRIO, V. S. Eficiência técnica de hospitais públicos em um contexto de pandemia: uma análise para as principais capitais brasileiras atingidas pela COVID-19. In: XXIII ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL, 2020, Evento remoto. **Anais do XXIII ENCONTRO DE ECONOMIA DA REGIÃO SUL**. Brasília: ANPEC, out. 2020.

DATASUS - DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE DO BRASIL. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br>. Acesso em: 10 de jan. 2023.

DERMINDO, M. P.; GUERRA, L. M.; GONDINHO, B. V. C. O conceito eficiência na gestão da saúde pública brasileira: uma revisão integrativa da literatura. **JMPHC | Journal of Management & Primary Health Care | ISSN 2179-6750**, [S. l.], v. 12, p. 1–17, 2020.

DOS SANTOS, R. R.; DE FREITAS, M. M.; FLACH, L. Análise Envolvória de Dados como ferramenta de avaliação da eficiência dos gastos públicos com educação dos municípios de Santa Catarina. **Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3946>. Acesso em: 2 dez. 2022.

ESPEJO, R. A. *et al.* Aplicação da análise envoltória de dados em empresas do setor agroflorestal. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ESTATÍSTICA COM R, 3., 22, 23 e 24 maio 2018, Niterói, Rio de Janeiro, **Anais...** Niterói: R for Science Integration Challenge, 2018.

FLACH, L.; DE MATTOS, L. K.; MENDES, V. G. Eficiência dos gastos públicos em saúde nos municípios do espírito santo: um estudo com análise envoltória de dados e regressão TOBIT. **Anais do Congresso Brasileiro de Custos - ABC**, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4317>. Acesso em: 18 out. 2022

HOFF, A. Second stage DEA: Comparison of approaches for modelling the DEA score, **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 181, n. 1, p. 425-435, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221706003821>. Acesso em: 13 de out. de 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados**: Piauí. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pi.html>. Acesso em: 02 de jan. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto**: Piauí. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em: 29 de nov. 2022.

KERR, Ligia et al. COVID-19 no Nordeste brasileiro: sucessos e limitações nas respostas dos governos dos estados. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S. l.], v. 25, n. 2, p. 4099-4120, 2020.

KOOPMANS, T. C. Efficient allocation of resources. **Econometrica**, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 455-465 out, 1951.

MACEDO, M. A. S.; STEFFANELLO, Marinês; OLIVEIRA, Carlos Augusto de. Eficiência Combinada dos Fatores de Produção: aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) à produção leiteira. **Custos e Agronegócio Online**, v. 3, p. 59-86, 2007.

MACÊDO, Dartagnan Ferreira de. A importância do sistema único de saúde brasileiro para o enfrentamento de emergências de saúde pública. **RAHIS - Revista de Administração Hospitalar e Inovação em Saúde**, Belo Horizonte, v. 17, n. 2, p. 13 – 21, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21450/rahis.v17i2.6202>. Acesso em: 31 de mar. 2023.

MARIANO, E. B. *et al.* Brazilian states in the contexto of Covid-19 pandemic: An index propositon using Network Data Envelopment Analysis. **IEEE Latin America Transactions**, [s.l.], v. 19, n.6, p. 917-924, jun., 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/TLA.2021.9451236>. Acesso em: 19 out. 2022.

MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. Princípios básicos para uma proposta de ensino sobre análise por envoltória de dados. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 34., 2006, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. Disponível em: <http://bit.ly/3a3pHZ1> Acesso em: 13 set. 2022.

MARINHO, A. Estudo de eficiência em hospitais públicos e privados com a elaboração de rankings. **Revista de Administração Pública**, v. 32, n. 6, p. 145–158, 1998.

MARINHO, A.; FAÇANHA, L.O. Hospitais universitários: avaliação comparativa da eficiência técnica, **Economia Aplicada**, v. 4, n. 2, p. 49-316, 2000.

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

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**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 23–33, 2015.

MELO, Hugo M. **Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) para avaliação de desempenho das unidades acadêmicas de uma universidade federal**. 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-graduação em Administração Pública em Rede Nacional, Goiânia, 2019.

MEZA, L. A. *et al.* ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p.493-503, 2005.

NORONHA, K. V. M. S. *et al.* Pandemia por COVID-19 no Brasil: análise da demanda e da oferta de leitos hospitalares e equipamentos de ventilação assistida segundo diferentes cenários. **Cadernos de Saúde Pública**. Belo Horizonte, v. 36, n. 6, p. 2-17, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00115320> Acesso em 10 de jan. de 2023.

NUSKE, M. A. et al. **A saúde e sua relação com o desenvolvimento**: um olhar crítico acerca da contribuição da saúde nas múltiplas escalas do desenvolvimento regional. In: VIII SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Santa Cruz do Sul, 13 a 15 de setembro de 2017.

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Financiamento dos sistemas de saúde: O caminho para a cobertura universal. **Relatório mundial de saúde**, Lisboa, 2011.

OPAS – ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Histórico da pandemia de Covid -19**. Washington, D.C., Estados Unidos da América, 2023. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>. Acesso em: 31 de mar. 2023.

PEÑA, Carlos Rosano. Um Modelo de Avaliação da Eficiência da Administração Pública através do Método Análise Envoltória de Dados (DEA). **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, Paraná, v. 12, n. 1, p. 83-106, 2008.

PÉRICO, A. E.; REBELATTO, D. A. N.; SANTANA, N. B. Eficiência bancária: os maiores bancos são os mais eficientes? Uma análise por envoltória de dados. **Revista Gestão e Produção**, São Carlos, v. 159, n. 2, p. 421-431, maio/ago. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2008000200016&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 15 out. 2022.

PIAUÍ. Portal da Transparência. **Despesas**, Teresina, mar. 2023, Disponível em: <http://transparencia2.pi.gov.br/despesas/>. Acesso em: 31, mar. 2023.

PIAUÍ. Governo do Estado. **Decretos estaduais – Novo Coronavírus**, Teresina, nov. 2022, Disponível em: <https://www.pi.gov.br/decretos-estaduais-novo-coronavirus/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. (Tradutor). **Microeconomia**. 8. ed. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2013.

RACHE, B. *et al.* Necessidades de infraestrutura do SUS em preparo à Covid-19: Leitos de UTI, respiradores e ocupação hospitalar. **Instituto de Estudos para Políticas de Saúde**, Rio de Janeiro, nota técnica n. 3, p. 1-5, mar. 2020.

ROCHA, S. V. *et al.* A pandemia de Covid-19 e a saúde mental de idosos: possibilidades de atividades física por meio dos *Exergames*. **Revista brasileira de Atividade Física & Saúde**, Bahia, 2020.

SESAPI - SECRETARIA ESTADUAL DA SAÚDE. **Plano Estadual de Saúde do Piauí**. Teresina: SESAPI, mar. 2020.

SESAPI - SECRETARIA ESTADUAL DA SAÚDE. **Plano Estadual de Educação Permanente em Saúde do Estado do Piauí (PEEPS)**. Teresina: SESAPI, jan. 2019.

SESAPI - SECRETARIA DA SAÚDE DO PIAUÍ. Disponível em: <http://www.saude.pi.gov.br/>. Acesso em: 10 de fev.2023.

SILBER, S. D. A fragilidade econômica e financeira na pandemia do Sars-Covid-19. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 34, n. 100, p. 107-116, 2020.

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**, Rio de Janeiro, n. 50, p. 150-170, jan.-jun., 2018.

SOARES DE MELLO, J. C. C. B. *et al.* Análise de Envoltória de Dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. **Pesquisa Operacional**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 325-45, 2003.

STEFKO, R.; GAVUROVA, B.; KOCISOVA, K. Healthcare efficiency assessment using DEA analysis in the Slovak Republic. *Health Economics Review*, [S. l.], v. 8, mar. 2018. Disponível em: <https://healtheconomicsreview.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13561-018-0191-9>. Acesso em: 17 de out. de 2022.