



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E CONTABILIDADE
FEAAC
PROGRAMA DE ECONOMIA PROFISSIONAL – PEP

FRANCISCO BRUNO MARTINS RODRIGUES

EFICIÊNCIA TÉCNICA DA SAÚDE NO ESTADO DO CEARÁ: UMA ANÁLISE
EMPÍRICA DAS TAXAS DE MORTALIDADES DOS MUNICÍPIOS CEARENSES NO
ANO DE 2022

FORTALEZA

2024

FRANCISCO BRUNO MARTINS RODRIGUES

EFICIÊNCIA TÉCNICA DA SAÚDE NO ESTADO DO CEARÁ: UMA ANÁLISE
EMPÍRICA DAS TAXAS DE MORTALIDADES DOS MUNICÍPIOS CEARENSES NO
ANO DE 2022

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Economia Profissional – PEP, da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia. Área de Concentração: Economia do Setor Público.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Augusto Gomes de Alencar

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R613e Rodrigues, Francisco Bruno Martins.
Eficiência técnica da saúde no Estado do Ceará: uma análise empírica das taxas de mortalidades dos municípios cearenses no ano de 2022 / Francisco Bruno Martins Rodrigues. – 2024.
48 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Mestrado Profissional em Economia do Setor Público, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Frederico Augusto Gomes de Alencar.

1. Fronteira estocástica. 2. Eficiência. 3. Gasto com saúde. I. Título.

CDD 330

FRANCISCO BRUNO MARTINS RODRIGUES

EFICIÊNCIA TÉCNICA DA SAÚDE NO ESTADO DO CEARÁ: UMA ANÁLISE
EMPÍRICA DAS TAXAS DE MORTALIDADES DOS MUNICÍPIOS CEARENSES NO
ANO DE 2022

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Economia Profissional – PEP, da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia. Área de Concentração: Economia do Setor Público.

Aprovada em: **29 de fevereiro de 2024.**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Frederico Augusto Gomes de Alencar (Orientador)
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Dr. Luiz Ivan de Melo Castelar
Universidade Federal do Ceará – UFC

Prof. Rodolfo Herald da Costa Campos
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo medir a eficiência do gasto com saúde nos municípios do Ceará. No decorrer das décadas, a questão da saúde tem se revelado como um gargalo persistente nas políticas públicas, com desafios que vão desde a distribuição desigual de recursos até a necessidade de estratégias inovadoras para enfrentar as crescentes demandas da sociedade, desse modo, se justifica uma análise para medir os municípios mais eficientes, para ter parâmetros das políticas mais exitosas. Para estabelecer esse métrica, foi utilizado o modelo de fronteira estocástica. Esse tipo de modelo descreve o máximo de saída (produção) que se pode obter com cada combinação factível de entradas (insumos como mão de obra, capital, maquinário, dentre outros), restrita pela tecnologia, descrevendo assim, de forma paramétrica, o limiar ou fronteira de produção. Foi montado um banco de dados para a formulação de modelos, com dados provenientes de diversas fontes, como IBGE, SUS e Portal da transparência. Com base nesses dados, foi então executado os modelos para medir a eficiência dos municípios e poder compará-los.

Palavras-chave: Fronteira estocástica. Eficiência. Gasto com saúde.

ABSTRACT

The present study aims to measure the efficiency of healthcare spending in the municipalities of Ceará, Brazil. Over the decades, healthcare has emerged as a persistent bottleneck in public policies, with challenges ranging from unequal resource distribution to the need for innovative strategies to address the growing demands of society. Thus, an analysis is justified to measure the most efficient municipalities and establish parameters for the most successful policies. To establish this metric, the stochastic frontier model was employed. This type of model describes the maximum output (production) that can be obtained with each feasible combination of inputs (inputs such as labor, capital, machinery, among others), constrained by technology. It parametrically describes the threshold or production frontier. A database was assembled for model formulation, incorporating data from various sources such as IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics), SUS (Unified Health System), and the Transparency Portal. Based on these data, the models were then executed to measure the efficiency of municipalities and enable their comparison.

Keywords: Stochastic frontier. Efficiency. Healthcare spending.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferenças entre curvas de produção e de custos.....	21
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva de Possibilidades de Produção.....	15
Gráfico 2 - Ajuste na Curva de Produção pelo Modelo de Fronteira Estocástica.....	16
Gráfico 3 - Os Cinco Municípios com as Maiores Taxas de Mortalidade no Estado do Ceará - 2022.....	22
Gráfico 4 - Maiores taxas de sobrevivência (menores de mortalidade) em 2022.....	23
Gráfico 5 - Municípios com maiores aumentos na taxa de sobrevivência entre 2021 e 2022.....	23
Gráfico 6 - Os Cinco Municípios com os Maiores Gastos per capita em Saúde do Estado do Ceará - 2022.....	24
Gráfico 7 - Os Cinco Municípios mais Populosos do Estado do Ceará - 2022.....	25
Gráfico 8 - Municípios com mais UAPs e Equipes de saúde em 2022.....	26
Gráfico 9 - Cidades com mais UAPs per capita no Ceará - 2022.....	26
Gráfico 10 - Cidades com maiores equipes de saúde da família per capita no Ceará - 2022.....	27
Gráfico 11 - Os Cinco Municípios com mais valor gasto na função Saúde, de forma per capita, no Estado do Ceará - 2022.....	27
Gráfico 12 - Representação da fronteira estocástica e os valores observados dos dados.....	34
Gráfico 13 - Curvas de produção por região metropolitana.....	35
Gráfico 14 - Box plot do Score de Eficiência de todos os municípios.....	36
Gráfico 15 - Box plot dos índices de eficiência divididos pela característica Metropolitano.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios em região metropolitana.....	28
Tabela 2 - Resumo com descrição das variáveis.....	29
Tabela 3 - Estatísticas Descritivas.....	29
Tabela 4 - Modelo de Fronteira Estocástica.....	32
Tabela 5 - Os municípios com os Scores de Eficiência maiores que 0,9.....	37
Tabela 6 - Os municípios com Scores de eficiência menores que 0,3.....	38
Tabela 7 - Eficiência calculada para cada cidade do Ceará.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DATASUS	Sistema de Dados do SUS
ESF	Equipes de Saúde da Família
IESS	Instituto de Estudos em Saúde Suplementar
MMH	Medicamento Médico Hospitalar
RMC	Região Metropolitana do Cariri
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
RMS	Região Metropolitana de Sobral
UAPs	Unidade de Atenção Primária à Saúde

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	O PANORAMA DA EFICIÊNCIA DA SAÚDE NO BRASIL.....	12
3	FRONTEIRA ESTOCÁSTICA.....	15
4	METODOLOGIA.....	20
4.1	Descrição dos dados e escolha das variáveis.....	20
5	ANÁLISES DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS DO MODELO.....	22
6	MODELO DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA.....	31
6.1	Resultados.....	32
7	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS.....	42
	APÊNDICE A – TABELA 7.....	45

1 INTRODUÇÃO

A saúde pública no Brasil, há muito tempo, apresenta-se como um desafio significativo nas políticas governamentais, refletindo a complexidade e a magnitude dos problemas enfrentados por uma nação diversa e extensa. No decorrer das décadas, essa questão tem se revelado como um gargalo persistente nas políticas públicas, enfrentando desafios que vão desde a distribuição desigual de recursos até a necessidade de estratégias inovadoras para lidar com as crescentes demandas da sociedade.

A análise dos indicadores de saúde revela um cenário desafiador, onde o país enfrenta obstáculos para alcançar resultados satisfatórios em diversas frentes. As taxas de morbidades e mortalidades, assim como indicadores de acesso a serviços essenciais, têm demonstrado fragilidades que exigem uma abordagem mais holística e eficiente.

Diante desse panorama, torna-se necessário aprofundar a compreensão sobre as limitações dos indicadores existentes e explorar formas inovadoras de avaliar o desempenho do sistema de saúde.

O financiamento da saúde no Brasil atingiu níveis consideráveis, porém, os resultados alcançados muitas vezes não refletem a magnitude dos investimentos. O alto custo associado ao setor de saúde suscita questões relevantes sobre a eficácia e a eficiência na alocação de recursos.

A necessidade de um exame crítico sobre a relação entre os gastos e os resultados obtidos torna-se evidente, promovendo uma reflexão sobre a otimização dos investimentos para maximizar os benefícios à população.

Em termos regionais, o cenário se repete: estados e municípios também têm grandes dispêndios com saúde, ao mesmo tempo em que tem deficiências em vários indicadores de performance. Fortaleza, por exemplo, tem uma saúde que empenha sozinha mais de 25% dos recursos totais arrecadados pelo município, conforme mostra Lei Orçamentária Anual de 2023, enquanto tem ainda taxas de mortalidade altas, quando comparado a cidades do mesmo porte, cenário este que deve se repetir por diversas cidades do interior do Ceará.

Sobre a cidade de Fortaleza, conforme já cita a Costa (2019), sob a ótica dos usuários participantes, em média, as Unidades de Atenção Primária à Saúde – UAPs apresentaram baixa qualidade de atendimento. Apesar das limitações do estudo e a impossibilidade de generalização dos resultados para todo o município de Fortaleza, esses resultados podem guiar profissionais de saúde e gestores locais e nacionais na busca por estratégias de fortalecimento da saúde.

Uma série de estratégias podem ser implementadas para melhorar a qualidade da saúde, como: aumento do financiamento; ampliação do acesso, com adoção de outros modelos de agendamento, como acesso avançado, acesso não presencial com incorporação de ferramentas digitais para comunicação entre equipe de saúde e usuários, horário estendido e em fins de semana, além de melhor gestão de agendas, ofertar ações e serviços de saúde abrangentes

Desse modo, é primordial que a Saúde tenha estudos que investiguem como ela pode se tornar mais eficiente, aumentando os impactos dos insumos disponíveis para guiar o foco das políticas públicas da mesma.

Em resumo, a eficiência do gasto com saúde no Brasil é um tema de grande relevância, e estudos empíricos têm mostrado que a eficiência varia significativamente entre estados e municípios brasileiros. A análise de fronteira estocástica e a análise de envoltória de dados são técnicas que podem ser utilizadas para avaliar a eficiência do gasto com saúde e identificar fatores que influenciam essa eficiência, fornecendo subsídios para a adoção de políticas públicas mais eficientes no setor.

A melhoria da eficiência com o gasto de saúde é um desafio importante para o Brasil. No entanto, é um desafio que precisa ser enfrentado, por todos os níveis de governo do Brasil, para garantir que todos os brasileiros tenham acesso a serviços de saúde de qualidade, melhorando assim sua qualidade de vida e, refletindo na economia do próprio país.

Diante desse contexto, a presente dissertação propõe investigar a eficiência da saúde pública no Ceará, por meio de um modelo econométrico que combine insumos da saúde com resultados alcançados, identificando municípios mais eficientes, no intuito de indicar oportunidades de aprimoramento nas políticas públicas. Por meio da análise criteriosa dos desafios enfrentados, dos indicadores preocupantes e dos altos investimentos, almeja-se contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes e sustentáveis, visando à melhoria do sistema de saúde e, conseqüentemente, a qualidade de vida da população Cearense.

Este trabalho está organizado com mais 3 capítulos além dessa introdução. No Primeiro, é feita uma revisão literária sobre a eficiência da saúde no Brasil e sobre modelo de fronteira estocástica. Após isso, é proposto uma metodologia e, seguindo, os resultados e conclusões são apresentados.

2 O PANORAMA DA EFICIÊNCIA DA SAÚDE NO BRASIL

A eficiência da saúde é um tema de grande relevância em diversos países, incluindo o Brasil, devido à importância que o setor de saúde tem na qualidade de vida da população. No entanto, a eficiência desse gasto é frequentemente questionada, uma vez que aqueles destinados ao setor nem sempre são utilizados da forma mais eficiente possível.

Para Osório e Piola *et al.* (2011), a demanda por serviços de saúde no Brasil, muitas vezes, é insatisfeita por limitações e falhas do sistema de saúde, como o tempo de espera, a falta de profissionais ou serviços, a qualidade dos mesmos, entre outros problemas de gestão.

Como afirma Piola (2012), quando se olha para os recursos financeiros, temos outro agravante pois, temos outro agravante, pois os destinados à operacionalização e financiamento do SUS ficam muito aquém de suas necessidades, pois estes não têm acompanhado o crescimento populacional, a inflação na saúde e a incorporação de tecnologias.

Para Piola *et al.* (2012), o financiamento público brasileiro é, em média, quinze vezes menor que a média praticada no Canadá, em países Europeus, na Austrália e em outros. Esse financiamento é afetado por diversos fatores, tais como decisões políticas, macroeconômicas, pelo contexto de internacional e pelas decisões sobre as políticas públicas brasileiras.

Conforme mostra o Instituto de Estudos em Saúde Suplementar - IESS (2022), o gasto médio anual com saúde per capita no Brasil foi de R\$ 5.177, sendo que R\$ 2.991 foram gastos com planos de saúde e R\$ 2.186 foram gastos com alto custo.

O alto custo da saúde pode ser dividido em dois componentes principais, sendo despesas com medicamentos, que são um dos principais componentes do alto custo da saúde no Brasil. Ainda conforme o IESS (2022), em 2022, os gastos com medicamentos representaram 42% do alto custo total da saúde. Além disso, as despesas com consultas, exames e procedimentos: As consultas, exames e procedimentos médicos também são um componente importante do auto custo da saúde. Em 2022, os gastos com consultas, exames e procedimentos representaram 58% do alto custo total da saúde.

De acordo com O Ministério da Economia (2022), o Brasil gastou R\$ 1,3 trilhão com saúde em 2022, o que representa 9,1% do PIB. Esse valor é superior à média dos países da OCDE, que é de 8,8%. No entanto, apesar do alto gasto, o Brasil ainda apresenta indicadores de saúde abaixo da média dos países desenvolvidos. Por exemplo, a taxa de mortalidade infantil no Brasil é de 14,2 por mil nascidos vivos, enquanto a média da OCDE é de 4,2.

Conforme cita Menicucci (2009) existem muitos problemas enfrentados na saúde pública, porém pode-se considerar que a rede hospitalar é uma das partes mais sensíveis deste sistema. É importante ressaltar que os prestadores de serviços da área geralmente optam por prestar o serviço no setor privado, devido à remuneração ser maior do que aquela que recebem no SUS. Contudo, verifica-se como resultado um sistema híbrido, público e privado, apesar da definição legal de um sistema único, público, universal e gratuito.

Nesse cenário, há de se olhar para a eficiência dos gastos como um todo, como afirma Faria (2008), a necessidade de se obter maior eficiência na esfera macroeconômica, pelo controle dos custos e maior impacto dos gastos públicos, e microeconômica, por meio da maximização dos serviços prestados, da satisfação dos usuários e da minimização dos custos, tem ampliado o debate a respeito da eficiência de saúde.

A falta de eficiência com o gasto de saúde no Brasil pode ser explicada por diversos fatores, como: Ineficiência na gestão, Desigualdade no acesso, Aumento dos custos, dentre outros. A gestão dos serviços de saúde no Brasil é, em geral, ineficiente. Isso resulta em desperdícios de recursos, que poderiam ser usados para melhorar a qualidade dos serviços ou para ampliar o acesso à saúde.

Araújo (2017), apresenta, em seu estudo chamado de “Análise de eficiência do gasto com saúde no Brasil”, uma análise de eficiência aparte uma análise de envoltória de dados (DEA) para avaliar a eficiência do gasto com saúde nos municípios brasileiros, utilizando dados do Sistema Único de Saúde (SUS) entre os anos de 2011 e 2015. Os resultados do estudo indicam que a eficiência do gasto com saúde varia significativamente entre os municípios brasileiros, e que fatores como o porte do município, a disponibilidade de recursos humanos e a qualidade da gestão têm impacto na eficiência do gasto. Além disso, os autores sugerem que a adoção de políticas de transparência e de incentivo à qualidade da gestão pode contribuir para melhorar a eficiência do gasto com saúde no Brasil.

O desempenho dos serviços de saúde está intimamente ligado à organização do sistema, que deve ser capaz de atender às necessidades de saúde decorrentes de diversos fatores sociais, políticos e econômicos. Segundo Frenk (2002), é crucial garantir o acesso oportuno e adequado aos serviços de saúde, removendo obstáculos físicos, financeiros e outros que possam dificultar sua utilização.

Para Costa (2003), restrições orçamentárias tornam essencial para a sociedade e responsabilidade dos gestores que o sistema opere com máxima eficiência, convertendo recursos disponíveis em produtos e serviços de forma otimizada. Isso tem levado ao

aprimoramento de instrumentos e técnicas para a tomada de decisão e avaliação das políticas públicas no Brasil. Qual o resultado?

Para Marinho e Façanha (2001), é fundamental medir a eficiência no setor de saúde em países como o Brasil, evitando simplesmente aumentar impostos para atender à demanda crescente por serviços de saúde, sem repensar a forma como esses recursos são utilizados.

Para Fonseca e Ferreira (2019), a medição da eficiência no setor de saúde permite uma avaliação contínua da capacidade dos agentes ou mecanismos de alcançar os resultados esperados com os recursos disponíveis. Com a pressão para fazer mais com menos, as organizações de saúde necessitam de informações sobre eficiência para a tomada de decisão, não podendo mais prescindir de evidências.

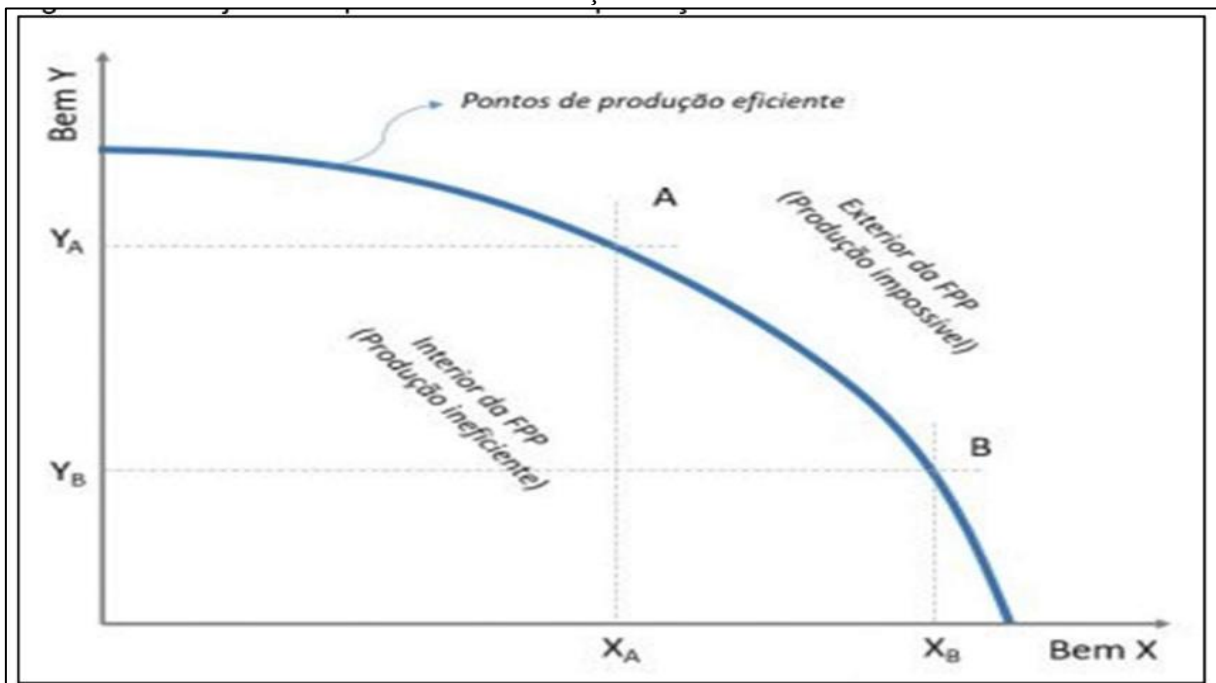
Para Marinho (2003), a eficiência em saúde é pensada como a relação entre o custo e o impacto dos serviços sobre a saúde da população, mantido um nível de qualidade determinado. Nessa direção, a eficiência pode ser descrita como a relação entre o impacto real de um serviço ou programa (efetividade) e seu custo.

A realização de análise de eficiência no setor saúde é tarefa essencial do setor público. O setor saúde é um dos principais receptores de recursos públicos e tem como missão cuidar do mais precioso valor humano: a vida. Essa obrigação é, portanto, um pré-requisito indispensável para a formulação de políticas públicas de saúde, pois relaciona resultados obtidos com os escassos recursos sociais disponíveis para o setor.

3 FRONTEIRA ESTOCÁSTICA

Geralmente, em estudos de eficiência, estabelece-se uma fronteira de produção com base na distribuição dos dados. As organizações mais produtivas da amostra são consideradas como pertencentes à fronteira, enquanto as menos produtivas são vistas como ineficientes em comparação com essa fronteira. Os primeiros métodos econométricos para modelagem da fronteira de produção assumem que todos os produtores enfrentam uma única função de produção, atribuindo todas as variações no desempenho produtivo às diferenças de eficiência entre os agentes. Esse método é comumente chamado de "fronteira determinística".

Gráfico 1 – Curva de Possibilidades de Produção



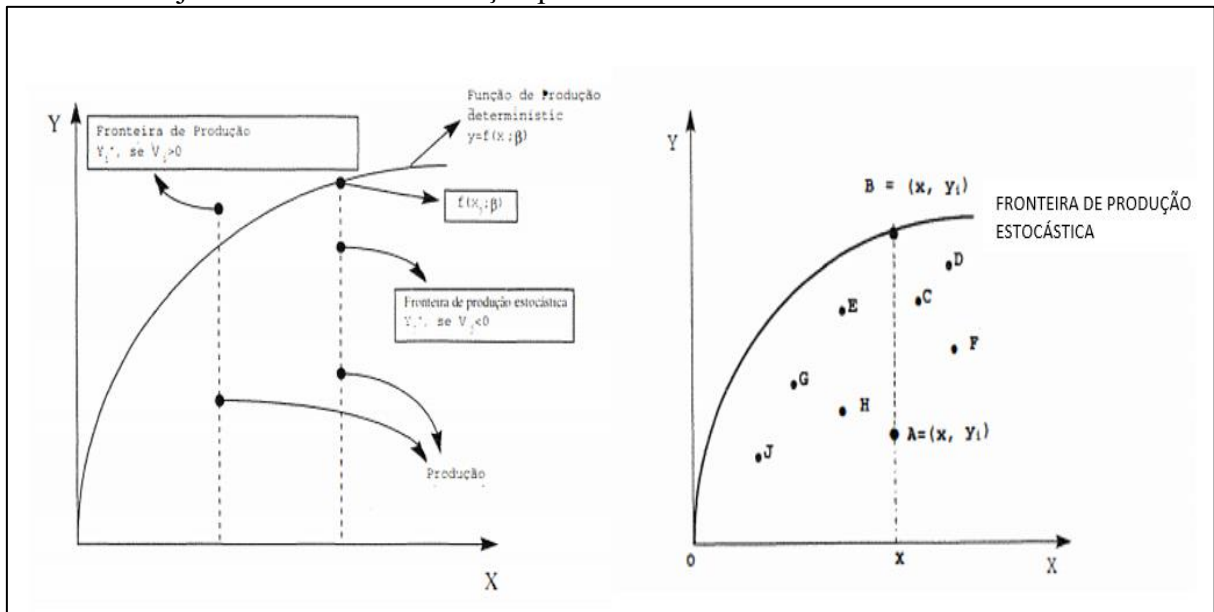
Fonte: Mello (2019)

O principal inconveniente da fronteira determinística reside em sua omissão do fato de que as variações em relação à fronteira de produção podem ocorrer por razões além da mera ineficiência do produtor. Nem todos os desvios estão inteiramente sob o controle dos produtores. Por exemplo, variações na qualidade dos insumos, nas condições de fornecimento de equipamentos, fatores ambientais, entre outros, são desvios que não podem ser controlados pelo produtor e que impactam na qualidade do resultado. Esses desvios não devem ser classificados como "ineficiência" e requerem uma abordagem mais adequada.

Desse modo, a função de Fronteira Estocástica de Produção (*Stochastic Frontier of Production* – SFA) incorpora um componente devido à ineficiência nos erros do modelo, o que

permite uma melhor consideração das variações que não são controladas pelo produtor. Isso significa que além de capturar a variação aleatória, a fronteira estocástica reconhece e modela explicitamente a ineficiência produtiva, levando em conta outros fatores que podem afetar a produção além do controle direto do produtor. Essa abordagem mais abrangente oferece uma visão mais realista e útil da eficiência produtiva, permitindo uma análise mais precisa e informada das operações e performances das organizações

Gráfico 2 – Ajuste na Curva de Produção pelo Modelo de Fronteira Estocástica



Fonte: Maia (2021)

Dessa forma, conforme afirma Da Silva (2020), a SFA torna-se valiosa para analisar a eficiência relativa de um produtor, considerando a distância ou métrica que o separa de sua eficiência máxima. Originada a partir dos estudos sobre eficiência produtiva iniciados nos anos 1950, a metodologia SFA evoluiu a partir da análise de fronteiras de produção proposta por Debreu (1951) e Koopmans (1951).

Segundo Meesen (1977), o Método de Fronteira Estocástica (SFA) é um método paramétrico e estocástico de aferição da eficiência para avaliar a eficiência técnica de unidades produtivas, considerando tanto fatores aleatórios quanto variáveis controláveis pela unidade em análise. Para Kumbarkar (2003), a abordagem SFA pressupõe uma função de produção que conecta as entradas (insumos) com as saídas (outputs) da unidade produtiva. Essa função incorpora um termo estocástico para capturar fatores aleatórios e um termo de ineficiência que reflete a habilidade da unidade em utilizar os recursos de maneira eficiente.

Para Coelli (2005) e Greene (2008), a SFA apresenta vantagens em relação as tradicionais metodologias determinísticas, como o fato de acomodar ruídos e choques exógenos

aleatórios. Além disso, a análise das variáveis de controle relacionados aos scores de eficiência é mais direta do que nos estudos que envolvem outras metodologias. A SFA tem a capacidade de estimar a eficiência da organização e influência de variâncias ambientais em um único modelo, evitando problema como análise em dois.

Além disso, a fronteira estocástica está relacionada com outras teorias importantes em finanças, como a teoria do mercado eficiente e a teoria de precificação de ativos, que buscam explicar como os preços dos ativos são determinados e como os investidores podem tomar decisões racionais em um ambiente de incerteza e risco.

Desta (2021), já utilizou a análise de fronteira estocástica para avaliar a eficiência dos gastos públicos em países em desenvolvimento, utilizando dados de 19 países da África Subsaariana. Os resultados do estudo indicam que a eficiência dos gastos públicos varia significativamente entre os países analisados, e que a fronteira estocástica pode ser utilizada para identificar os fatores que influenciam essa eficiência. Os autores concluem que a análise de fronteira estocástica pode ser uma ferramenta útil para avaliar a eficiência dos gastos públicos e identificar áreas em que é possível melhorar o desempenho do setor público.

Outros estudos, como o de Clements (2007), utilizou as técnicas de fronteira estocástica para mensurar a eficiência dos governos de países do Caribe e Latino Americanos. Os resultados do estudo indicam que a eficiência dos gastos públicos na região é relativamente baixa, e que há grandes variações entre os países analisados. Além disso, os autores identificam alguns fatores que influenciam a eficiência dos gastos públicos, como o nível de corrupção, a qualidade das instituições e o nível de desenvolvimento econômico.

Os modelos de Fronteira Estocástica, que surgiram na década de 1970, apresentavam uma característica comum: a decomposição do desvio da fronteira de produção em duas partes separadas, uma relacionada à ineficiência e outra aos erros aleatórios. A formulação geral desses modelos segue a estrutura padrão.

$$Y_i = f(X_i; \beta) + v_i - u_i \quad (1)$$

Onde Y_i representa a produção da unidade i , X_i são os insumos, β são os parâmetros a serem estimados, v_i é o termo estocástico associado aos erros aleatórios, e u_i é o termo de ineficiência. Nesse caso, os produtores operam sobre ou abaixo da sua fronteira de produção estocástica $y = f(x; \beta)$ e de acordo com $u = 0$ ou $u > 0$.

Se $u = 0$, então o erro é simétrico ($\varepsilon_i = v_i$) e os dados não suportam a hipótese de ineficiência técnica. Entretanto, se $u > 0$, então, ε_i , é negativamente assimétrico e a hipótese de ineficiência técnica é aceita.

Essa abordagem permite uma análise mais detalhada dos fatores que afetam a produção, considerando tanto a variabilidade aleatória quanto a ineficiência técnica. Esses modelos têm sido amplamente utilizados para avaliar a eficiência de unidades produtivas em diversas áreas da economia.

O critério fundamental na construção de modelos reside na seleção da forma funcional das variáveis. Na literatura, encontramos diversas formas funcionais conhecidas, tais como a função Cobb-Douglas, a função Quadrática e a função Translog, entre outras. Enquanto a função Cobb-Douglas se assemelha ao modelo "log-log" dos modelos de regressão clássicos, as variáveis não são representadas em funções quadráticas ou interagindo entre si. Já na função quadrática, cada variável é representada tanto em seu nível original quanto elevada ao quadrado, e na função translog, as variáveis interagem entre si em pares. Neste estudo, optamos por adotar a abordagem log-linear da função Cobb-Douglas. Aplicando a forma log-linear de Cobb-Douglas ao modelo, obtemos a seguinte mudança:

$$\ln(y_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(x_1) + \dots + \beta_n \ln(x_n) + v - u \quad (2)$$

Em que v é independente de u , segue uma distribuição normal ($v \sim N(0, \sigma_v^2)$) e simétrica, uma vez que há igual probabilidade da ocorrência de eventos a favor ou contra.

A medida de eficiência técnica do produtor é definida pela razão entre a produção observada e a máxima produção possível, especificada pela fronteira estocástica de produção, ou seja:

$$Ef = \ln\left(\frac{y}{f(x; \beta) * e^{v-u}}\right) \quad (3)$$

Sendo o termo u especificado na equação (2) como a diferença logarítmica entre a eficiência máxima e a eficiência real, se o valor estimado de u for próximo a 0 implica que a unidade observada está próxima da eficiência total (Baglieri; Baldi; Tucci, 2018).

Quanto mais próximo Ef estiver de 1 mais próximo se estará da fronteira de eficiência. Nesse caso se fornecerá a relação entre a saída real (y) e a saída máxima possível (y^*). Essa relação é denominada de eficiência técnica.

$$\exp(-u) = \frac{\hat{y}}{y^*} \quad (4)$$

A medida de eficiência $\exp(-u)$ é o elemento central da análise de fronteira estocástica.

Em resumo, a análise de fronteira estocástica pode ser uma ferramenta útil para avaliar a eficiência dos gastos públicos e identificar áreas em que é possível melhorar o desempenho do setor público. Estudos empíricos mostram que a eficiência dos gastos públicos varia significativamente entre os países e que existem fatores que influenciam essa eficiência, como o nível de corrupção e a qualidade das instituições.

Nesse trabalho, como o objetivo é a análise da eficiência municipal no combate à taxa de mortalidade, cada sistema municipal de saúde será considerado uma organização diferente, onde os sistemas mais eficientes serão considerados na fronteira de produção. Nesse sentido, os municípios terão um índice de eficiência relativo aos demais municípios. A fronteira de produção é estimada a partir da produtividade observada dos municípios, portanto, um município somente será considerado eficiente ou ineficiente quando comparado aos demais municípios.

4 METODOLOGIA

Conforme apresentado nas seções anteriores, a necessária análise da eficiência da saúde será estudada neste trabalho por meio de um modelo econométrico que usa os conceitos de Fronteira estocástica de Produção, para a obtenção dos scores de eficiência dos municípios do Ceará. Será utilizado o método da Fronteira Estocástica de Produção, conforme foi mostrado na seção 0, através da Máxima Verossimilhança.

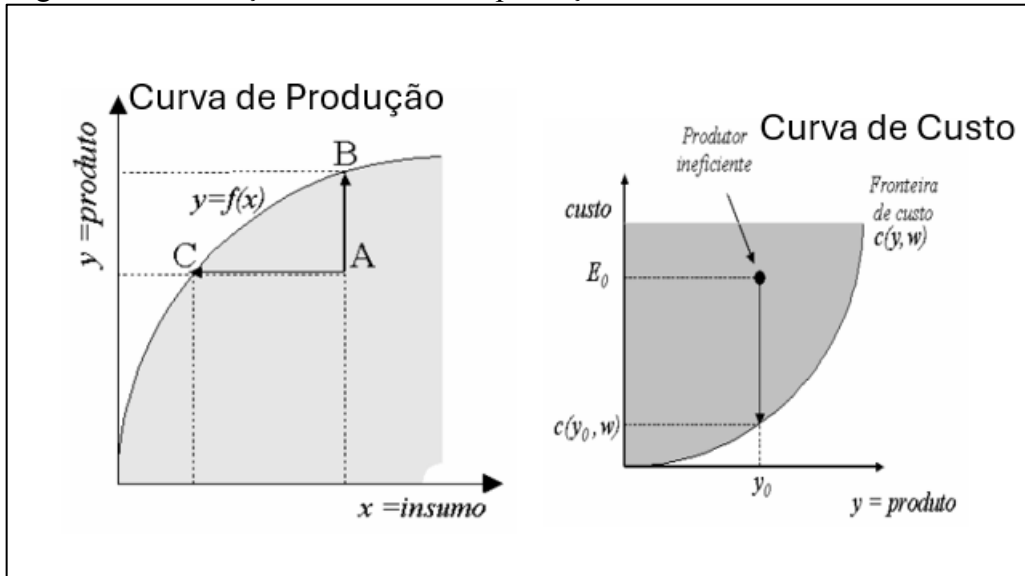
Para a construção do modelo, serão utilizados dados dos 184 municípios cearenses de modo a medir a eficiência geral do estado e ter também os scores de eficiência para cada município. Esses dados foram coletados tomando como base algumas fontes diversas, como o IBGE, o SUS e o Portal de Transparência “Compara Brasil”.

Essa análise da eficiência da saúde nos municípios cearenses será efetuada com base no conjunto de dados a ser montado de todos os municípios do estado. Será utilizado um software estatístico que utiliza linguagem de programação “R” para a modelagem computacional do modelo a ser trabalhado.

4.1 Descrição dos dados e escolha das variáveis

No modelo a ser formulado nesse trabalho, para medir a eficiência técnica da Saúde, será utilizado como output, a variação na taxa de sobrevivência de cada município, entre os anos de 2021 e 2022. Essa taxa seria uma inversão da taxa de mortalidade geral, pela CID 10. Esse dado é obtido pelos dados de mortalidade do DATASUS e pela população do município no ano, constante nas bases de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A taxa de sobrevivência corresponderá a 1(um) menos a taxa de mortalidade, que, por sua vez, corresponde ao número de mortes pela cid 10, para cada 10.000 habitantes. Essa transformação foi necessária para evitar que a fronteira estocástica a ser montada pelo modelo não ficasse posicionada abaixo da média dos dados, invertendo a leitura dos scores de eficiência, pois ser mais eficiente com relação à taxa de mortalidade seria reduzi-la, e não aumentá-la, o que transformaria a curva produção em uma curva de custo, conforme mostra a imagem a seguir.

Figura 1 – Diferenças entre curvas de produção e de custos



Fonte: Elaborado pelo autor.

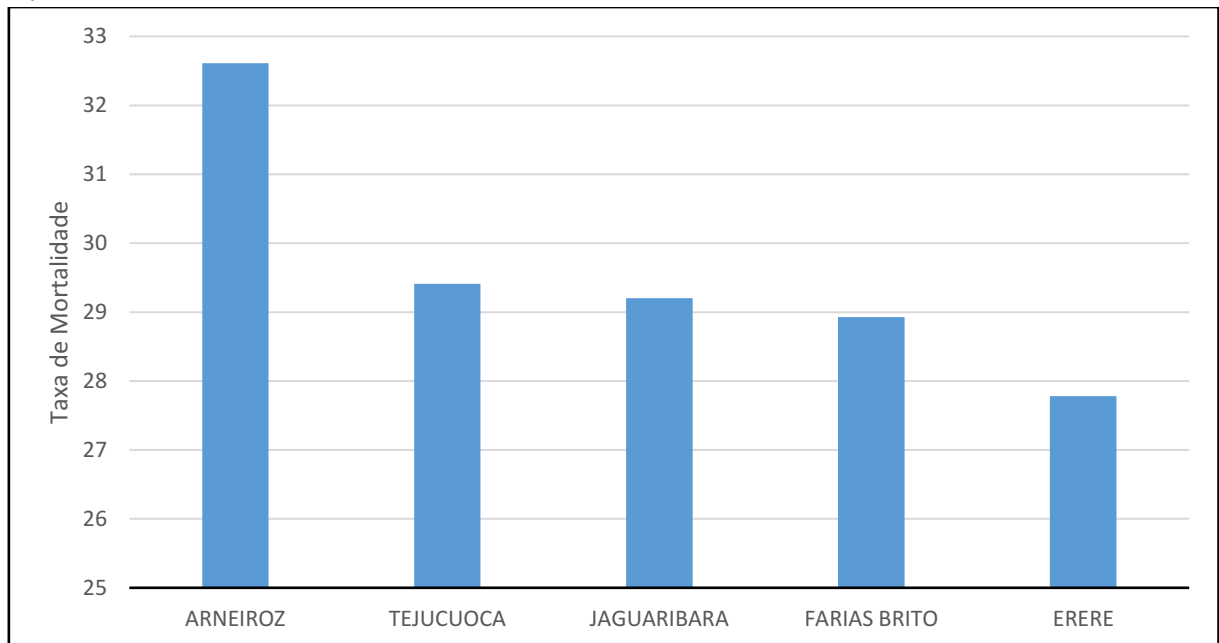
O recorte entre os anos de 2021 e 2022 foi necessário por conta do desvio de dados entre insumos e resultados que a Pandemia da COVID 2019 trouxe nos dados de saúde do Brasil. Desse modo, preferiu-se não utilizar dados anteriores a 2021, enquanto os posteriores a 2022 ainda não estavam consolidados nas fontes de dados utilizadas como referência por este trabalho.

Como inputs serão utilizados três componentes de insumos para a obtenção da melhoria das taxas de mortalidade, o gasto com saúde, considerando a função orçamentária da saúde, a quantidade de Equipes de Saúde da Família – ESF, que representa o insumo “pessoal”, disponibilizada também pelo DATASUS para cada município, e o número de Unidades de Atenção Primária de saúde - UAPs, representando o quesito estrutural de insumo, divulgado também pelo DATASUS. Essas medidas foram as que melhor se enquadraram dentro dos modelos econométricos testados neste trabalho.

5 ANÁLISES DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS DO MODELO

O Gráfico 3 mostra os cinco municípios cearenses com as maiores taxas de mortalidade no ano de 2022, essa taxa é obtida pela divisão entre o número de mortes pelo CID 10, no ano, dividido para cada 10mil habitantes. O ranking é liderado pela cidade de Arneiroz, localizado no Sertão dos Inhamuns, seguido por Tejuçuoca, Jaguaribara, Farias Brito e Erere. Todos esses municípios apresentam baixo dinamismo econômico e localizam-se no interior do Estado.

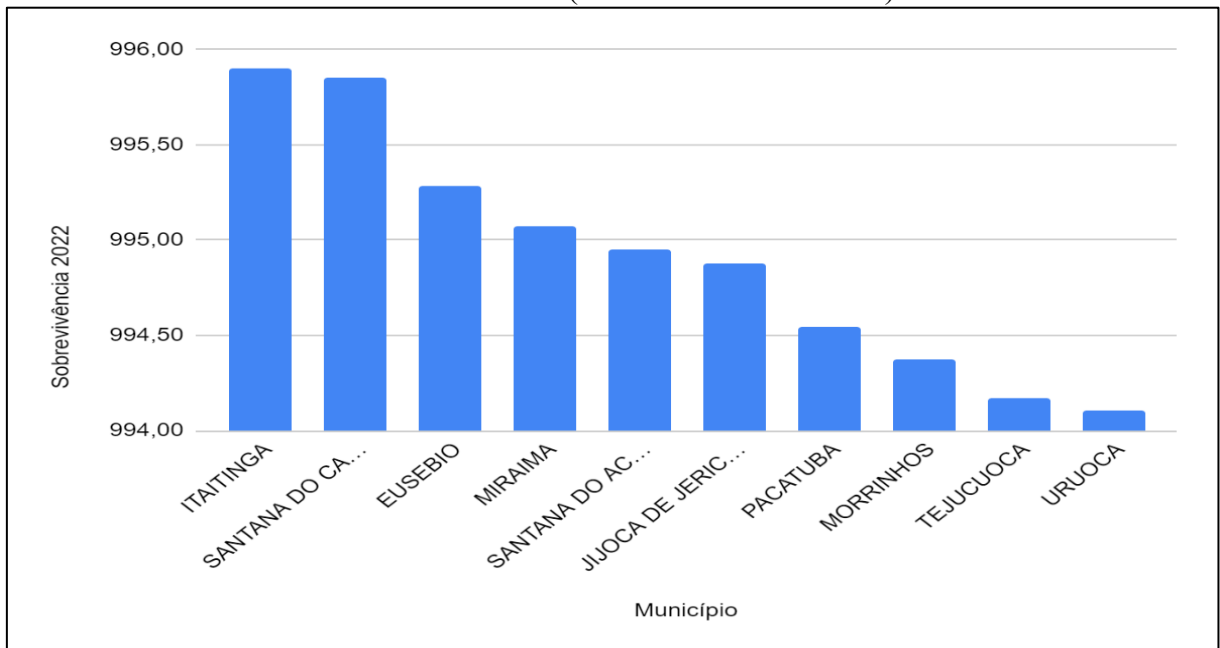
Gráfico 3 – Os Cinco Municípios com as Maiores Taxas de Mortalidade no Estado do Ceará - 2022



Fonte: DATASUS, elaborado pelo autor.

No oposto, é mostrado no Gráfico 4 os municípios com a maior taxa de sobrevivência, ou seja, os que tiveram a menores taxa de mortalidade. Essa Taxa de sobrevivência se refere ao número de pessoas habitantes reduzido da quantidade mortes pela CID 10, no ano, para cada 10 mil habitantes.

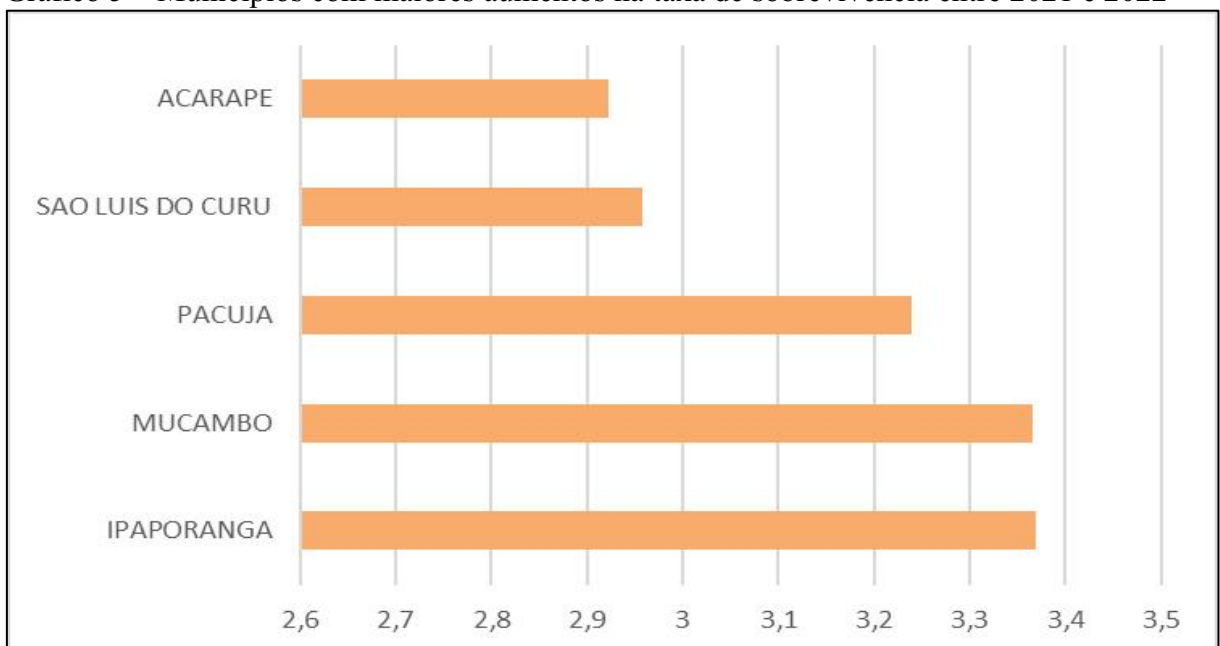
Gráfico 4 – Maiores taxas de sobrevivência (menores de mortalidade) em 2022



Fonte: DATASUS, elaborado pelo autor.

Continuando os dados, a seguir, no Gráfico 5, é mostrado os municípios com maiores crescimentos nas taxas de sobrevivência, ou seja, maiores reduções nas taxas de mortalidade pelo CID-10, entre os anos de 2021 e 2022, mostrando quais os municípios que tiveram mais sucesso na redução desse indicador, considerando esse intervalo de tempo. A redução exibida é calculada, basicamente, pela diminuição entre a taxa de mortalidade do ano e o ano anterior.

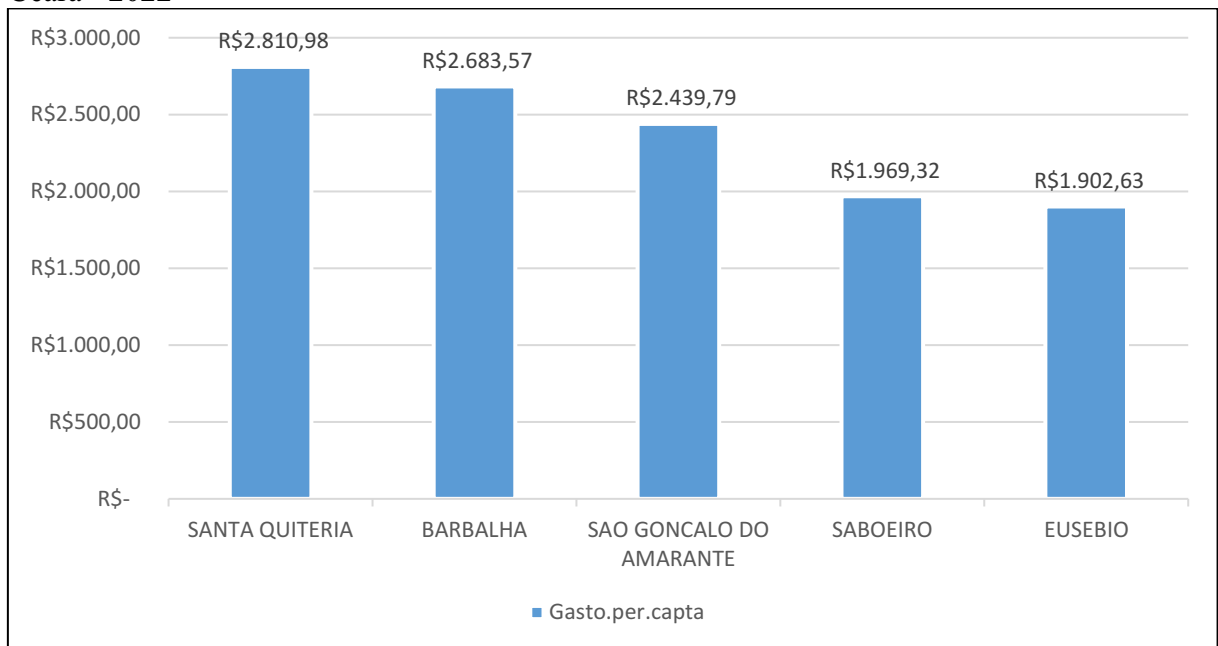
Gráfico 5 – Municípios com maiores aumentos na taxa de sobrevivência entre 2021 e 2022



Fonte: DATASUS, elaborado pelo autor.

No intuito de mostrar os insumos disponíveis, o Gráfico 6 apresenta os cinco municípios cearenses que tiveram os maiores dispêndios com saúde em 2022 de forma per capita, ou seja, os gastos totais com a função saúde dividido para cada cidadão durante do ano. Verifica-se que Santa Quitéria lidera o ranking, seguida por Barbalha, São Gonçalo do Amarante, Saboeira e Eusébio.

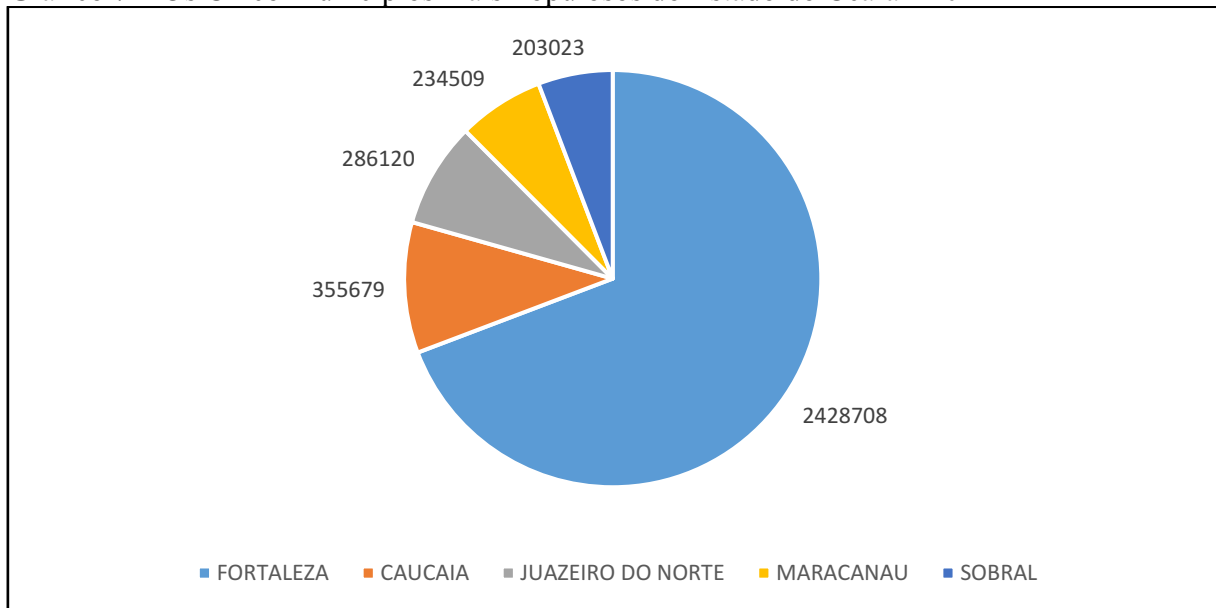
Gráfico 6 – Os Cinco Municípios com os Maiores Gastos *per capita* em Saúde do Estado do Ceará - 2022



Fonte: STN, elaborado pelo autor.

O Gráfico 7, por sua vez, apresenta os cinco municípios mais populosos do Estado do Ceará em 2022. Fortaleza, a capital do Estado, detém a maior população, seguido por Caucaia, na região metropolitana de Fortaleza, Juazeiro do Norte no interior do Estado, Maracanaú também da região metropolitana e Sobral no interior do Estado.

Gráfico 7 – Os Cinco Municípios mais Populosos do Estado do Ceará - 2022

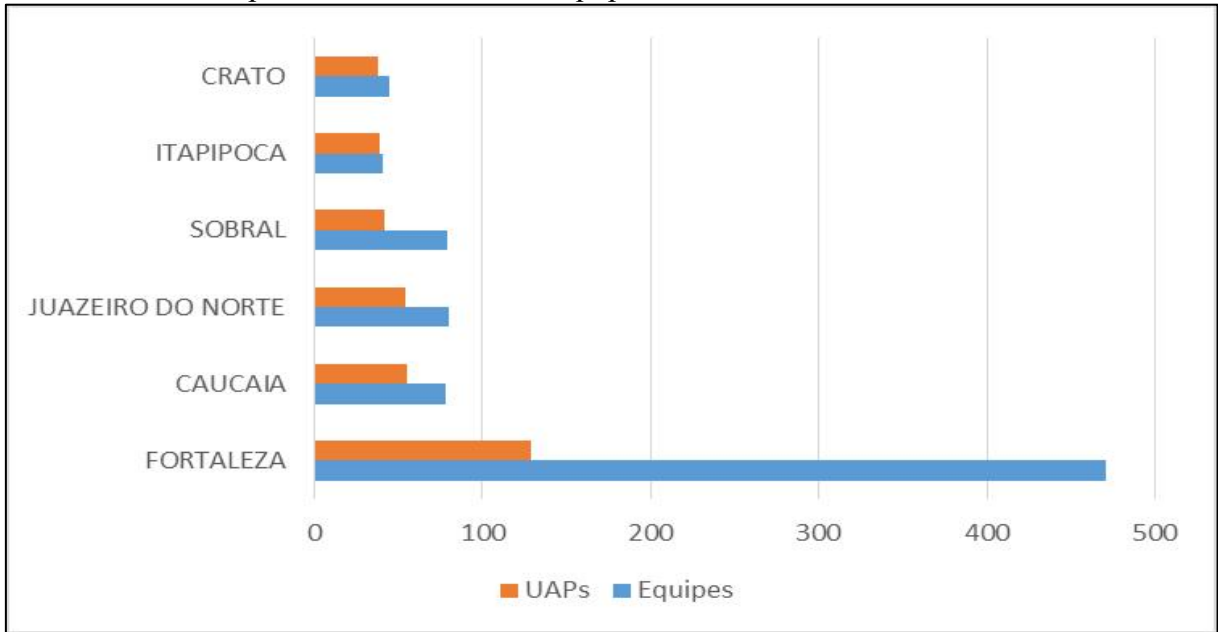


Fonte: IBGE, elaborado pelo autor.

Para expressar os insumos de que reflitam a estrutura física e a os Recursos Humanos, foram considerados nesse estudo as variáveis mais importantes desses quesitos no que diz respeito à atenção básica, que são as Unidades de Atenção Primária à Saúde – UAPs, que são as unidades de saúde pública voltadas para o desenvolvimento da atenção primária, que é o nível mais preventivo da Saúde Pública no Brasil; e as Equipes de Saúde da Família – ESF, que é um núcleo principal da organização do trabalho na Estratégia Saúde da Família, modelo ordenador da atenção primária à saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde, essas equipes são padronizadas e podem refletir a força de trabalho que o sistema dispõe no quesito de pessoal.

O Gráfico 8 a seguir, mostra os municípios com mais UAPs e ESFs, por município do Ceará em 2022. Esse dado mostra que a quantidade total desses elementos varia muito influenciada pela população, já que os maiores municípios também são os que tem mais UAPS e mais Equipes, sugerindo uma alta correlação entre esses dados e a população total. Por conta disso, optou-se aqui por relacionar as variáveis dependentes com a população, mostrando-os sempre de forma *per capita*.

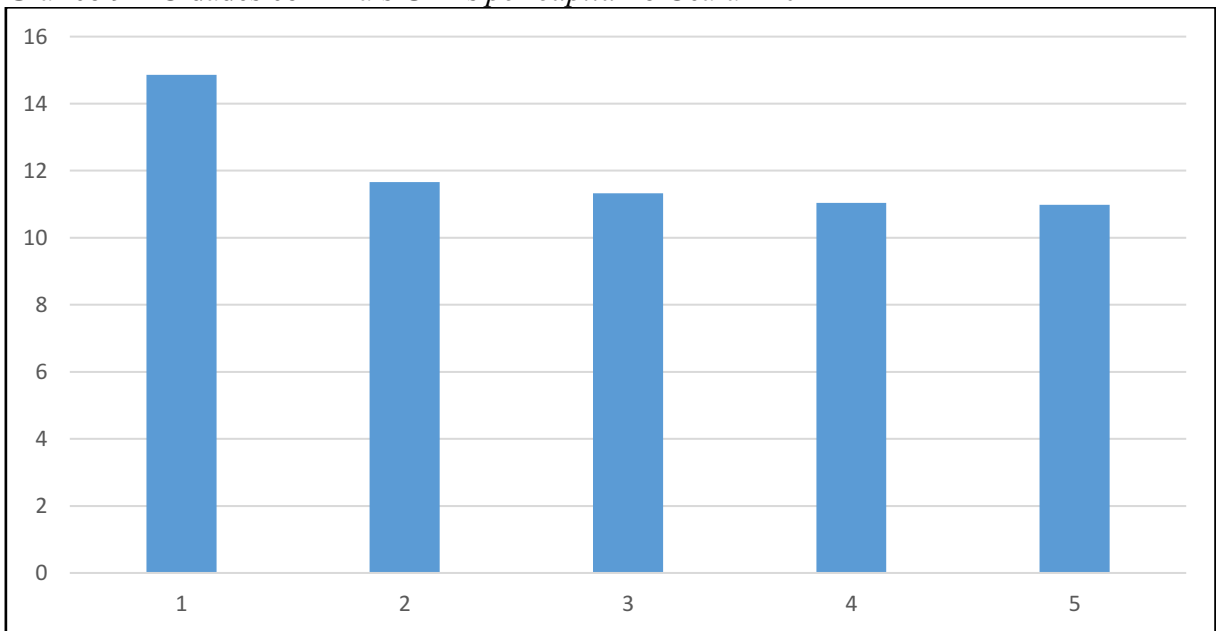
Gráfico 8 – Municípios com mais UAPs e Equipes de saúde em 2022



Fonte: DATASUS, elaborado pelo autor.

O Gráfico 9, por sua vez, mostra as cidades com mais UAPs de forma *per capita*, ou seja, a quantidade total de UAPs no município, para cada de habitantes da cidade. Desse modo, percebe-se que os municípios com mais UAPs *per capita* não estão entre os mais populosos.

Gráfico 9 – Cidades com mais UAPs *per capita* no Ceará - 2022

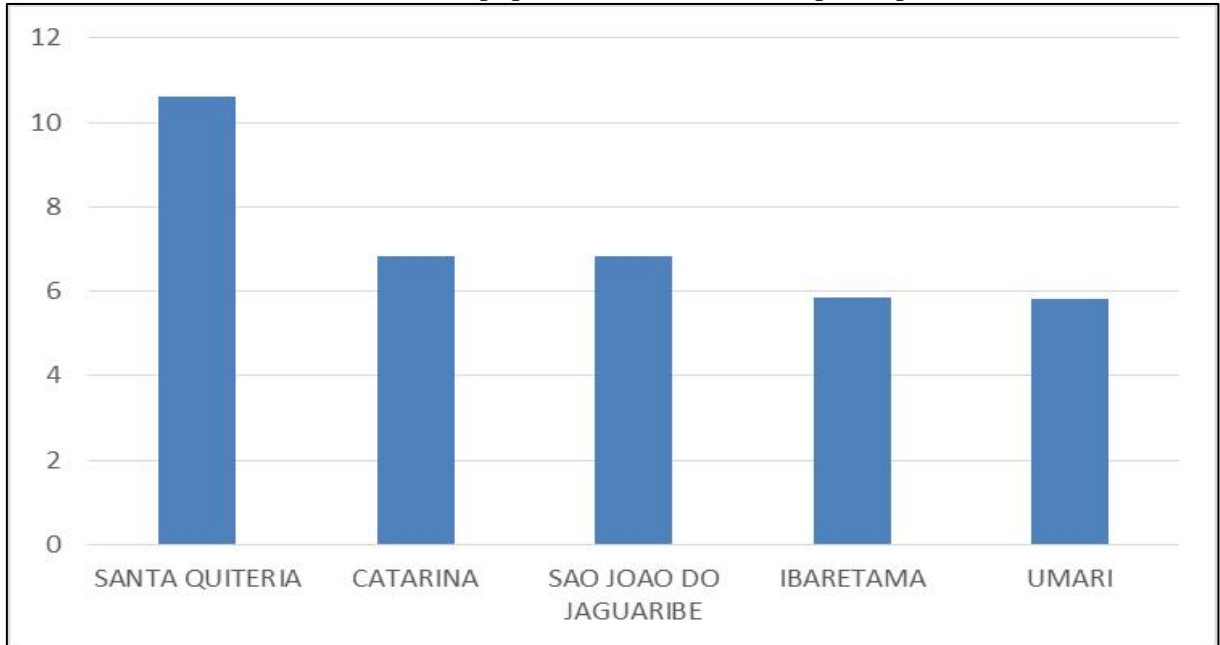


Fonte: DATASUS, elaborado pelo autor.

A seguir, no Gráfico 10, é mostrado também as cinco cidades com maiores quantidades de Equipes de Saúde para cada 10mil habitantes. Percebe-se que, em cidades

pequenas como em Catarina e Umari, é possível manter grande quantidade de profissionais da saúde para cada dez mil habitantes.

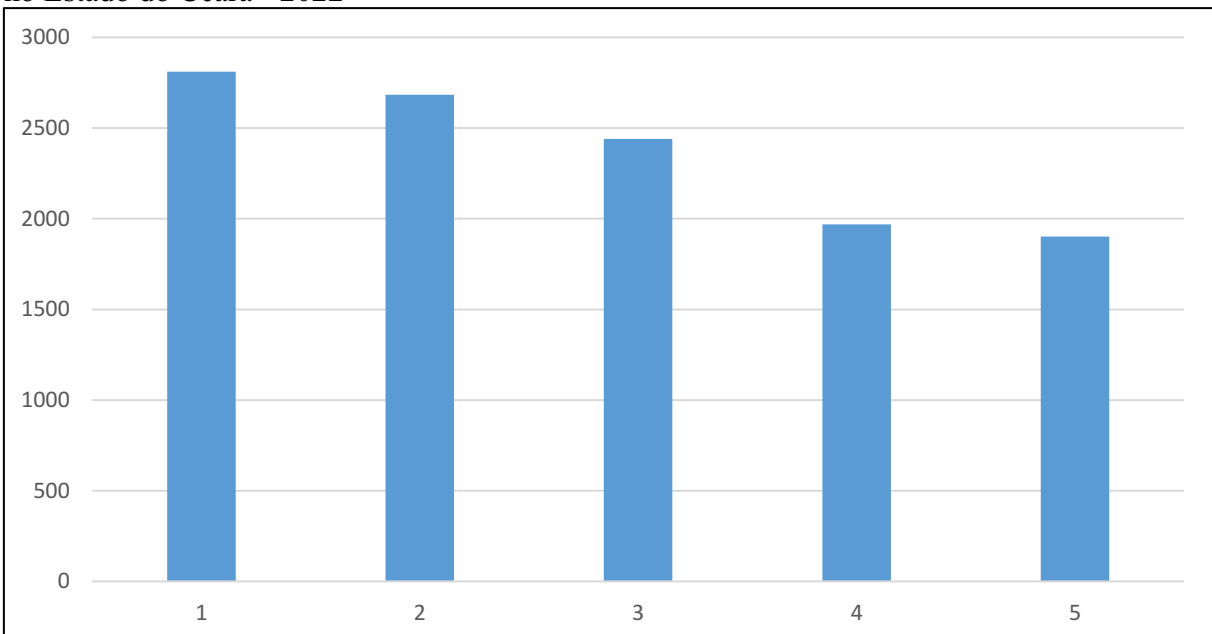
Gráfico 10 – Cidades com maiores equipes de saúde da família *per capita* no Ceará - 2022



Fonte: DataSUS, elaborado pelo autor

O Gráfico 11, por sua vez, mostra os cinco municípios que detêm os maiores gastos com saúde no Estado do Ceará de forma *per capita*. Passando também a ideia de que é mais fácil manter grande quantidade de gastos para cada habitante em cidades de porte pequeno.

Gráfico 11 – Os Cinco Municípios com mais valor gasto na função Saúde, de forma *per capita*, no Estado do Ceará - 2022



Fonte: SUS, elaborado pelo autor.

Por fim, como variável de contorno e melhor desempenho do modelo, foi escolhida uma variável categórica que identifica os municípios da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF, Região Metropolitana de Sobral – RMS e Região Metropolitana do Cariri - RMC, por ser compreensível que esses municípios têm situações de problemas sociais, forças e fraquezas diferentes quando comparados aos municípios que não fazem parte dessas regiões. No modelo, essa variável assumirá um formato categórico qualitativo, indicado como “sim” os municípios que fazem parte de alguma das regiões metropolitana do estado e “não” os que não fazem parte. A Tabela 1 – Municípios em região metropolitana - mostra os municípios que estão nessas regiões metropolitanas.

Tabela 1 – Municípios em região metropolitana

RMF	RMS	RMC
SAO GONCALO DO AMARANTE	ALCANTARAS	BARBALHA
EUSEBIO	CARIRE	CARIRIACU
PACUJA	COREAU	CRATO
AQUIRAZ	FORQUILHA	FARIAS BRITO
SAO LUIS DO CURU	FRECHEIRINHA	JARDIM
MARACANAU	GRACA	JUAZEIRO DO NORTE
FORTALEZA	GROAIRAS	MISSAO VELHA
HORIZONTE	MASSAPE	NOVA OLINDA
GUAIBUA	MERUOCA	SANTANA DO CARIRI
CASCAVEL	MORAUJO	
PINDORETAMA	MUCAMBO	
PARAIPABA	PIRES FERREIRA	
MARANGUAPE	RERIUTABA	
TRAIRI	SANTANA DO ACARAU	
PARACURU	SENADOR SA	
CHOROZINHO	SOBRAL	
PACATUBA	VARJOTA	
CAUCAIA		
PACAJUS		
ITAITINGA		

Fonte: SUS, elaborado pelo autor.

Por fim, na Tabela 2 a seguir, é mostrado um resumo das variáveis de input e output que foram consideradas no modelo de fronteira estocástica desenvolvido por esse trabalho.

Tabela 2 – Resumo com descrição das variáveis

Tipo	Variável	Tipo de dado	Período	Fonte
Output	Variação da taxa de sobrevivência, considerando as mortes pela CID 10 entre 2021 e 2022	Inteiro	2022	DATASUS
Input	UAPs percapta	Inteiro	2022	DATASUS
Input	Gastos com Saúde, <i>per capita</i>	Inteiro	2022	STN
Input	Equipes de Saúde, <i>per capita</i>	Inteiro	2022	DATASUS
Input	Metropolitano	Fator	2022	IDECE

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 3, por sua vez, apresenta as estatísticas descritivas das variáveis de output e input do modelo SFA empregado nesse trabalho.

Tabela 3 – Estatísticas Descritivas

Variável	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio
Mortalidade geral - 2022	7,87	7,8	4,09	19,34	
Mortalidade geral - 2021	8,57	7,5	4,04	19,64	
UAPs <i>per capita</i> 2022	5,12	4,74	0,53	14,86	
Gasto com Saúde – <i>per capita</i> 2022(R\$)	1.205,09	1.168,41	540,34	2.810,98	
Equipes de Saúde – <i>per capita</i> 2022	4,45	4,54	1,93	10,61	

Nº de observações: 184

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em média, a varia taxa de mortalidade no ano de 2022 dos municípios cearenses foi de aproximadamente 7,87 óbitos para cada mil habitantes, e mediana de 7,8 óbitos para cada mil habitantes. Com mínimo de 4 e máxima de 13,34 óbitos, o que reflete alta heterogeneidade deste índice.

A variação na taxa de sobrevivência, inverso da taxa de mortalidade, entre 2021 e 2022 foi, em média, 6,9 para cada 10.000 habitantes. O valor máximo foi de 33,6 e o mínimo - 44 mortes para cada 10.000 habitantes. Esse valor negativo, ou seja, a taxa de mortalidade cresceu entre 2021 e 2022 e a taxa de sobrevivência reduziu, exige que os valores sejam normalizados para serem inseridos no modelo, visto que ele utilizará função logarítmica para relacionar as variáveis. Essa normalização consistira em inserir uma constante a esses dados, de modo a deslocar eles para cima, mantendo a mesma variação, mas retirando o menos deles do espectro negativo, possibilitando a inserção da função logarítmica.

A média de UBS, para cada 10.000 habitantes em 2022 foi de 5,12; enquanto o valor máximo foi de 14,86, o mínimo de 0,53 e a mediana de 4,47. Revelando também uma grande heterogeneidade ao longo dos municípios.

A média de gastos com saúde *per capita* dos municípios cearenses em 2022 foi na ordem de R\$ 1.200,00, com mediana de R\$ 1.168,41, mínimo de R\$ 540,34 e máximo de R\$ 2.810,98

Com relação às equipes de saúde, os municípios cearenses detêm, em média, os municípios cearenses detêm aproximadamente 4,45 para cada 10 mil habitantes, com mediana de 4,54; máxima de 10,61 e mínima de 1,93. Revelando uma heterogeneidade menor quando comparado com as outras variáveis de entrada

6 MODELO DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA

O modelo de Fronteira Estocástica (SFA) aplicada ao aumento da taxa de sobrevivência entre anos, nos municípios cearenses tem a seguinte estrutura:

$$\begin{aligned} \ln(y_i) = & \beta_{0i} * \text{fator}(\text{Metropolitano}) + \beta_{1i} \ln(\text{Gastosaúde percapta}) \\ & * \text{fator}(\text{Metropolitano}) + \beta_{2i} \ln(\text{ESFpercapta}) \\ & * \text{fator}(\text{Metropolitano}) + \beta_{3i} \ln(\text{UBSPercapta}) * \text{fator}(\text{Metropolitano}) \\ & + v - u \end{aligned}$$

Em que:

- $\ln(y_i)$: É a variável dependente do modelo e representa a variação positiva da taxa de sobrevivência para cada município entre o período de 2021 e 2022.
- β_0 : É o intercepto da equação, o valor que somado ao erro e o choque, representa o valor esperado de $\ln(y)$ quando todas as variáveis independentes são zero.
- $\ln(\text{GastodeSaúde percapta})$: é uma variável independente do modelo o valor liquidado com a função orçamentária da saúde durante o ano de 2022.
- $\ln(\text{ESFpercapta})$: é uma variável independente do modelo e representa a média da quantidade mensal de Equipes de Saúde da Família – ESF, em 2022.
- $\ln(\text{UAPSpercapta})$: é uma variável independente do modelo e representa o número de unidades básicas de saúde, *per capita*, para cada 10mil habitantes, em logaritmo presente em cada município no período de 2022.
- $\text{fator}(\text{Metropolitano})$: é uma variável de classes, utilizada como fator, onde é identificado como “sim” as cidades que fazem parte das regiões metropolitanas do estado: Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, de Sobral - RMS e Do Cariri - RMC.
- v : É o termo de erro estocástico que captura todas as outras influências não explicadas pelas variáveis independentes incluídas no modelo.
- u : Representa a ineficiência no processo. Reflete o quanto cada observação é ineficiente em comparação com a fronteira eficiente.
- β_i : É o coeficiente que acompanha cada uma das variáveis independentes e representa a elasticidade dessa variável, ou seja, o valor do beta determina o quanto a variável preditora impacta na variável de resultado

6.1 Resultados

A Tabela 4 a seguir apresenta os coeficientes do Modelo de Fronteira Estocástica (SFA) descrito na seção anterior.

Tabela 4 – Modelo de Fronteira Estocástica

	Esti.	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-4,1524	1,2779	-3,2494	0,0011 **
factor(Metropolitana)SIM	3,1431	2,0920	1,5024	0,1329
factor(Metropolitana)NAO:log(Gasto.per.capta)	0,8938	0,1968	4,5423	e ⁻⁶ ***
factor(Metropolitana)SIM:log(Gasto.per.capta)	0,5148	0,2971	1,7329	0,0831 .
factor(Metropolitana)NAO:log(ESF.Percapta)	0,6308	0,2787	2,2634	0,0236 *
factor(Metropolitana)SIM:log(ESF.Percapta)	0,5867	0,4722	1,2425	0,214
factor(Metropolitana)NAO:log(UBS.percapta)	0,5674	0,1622	3,4978	0,0004 ***
factor(Metropolitana)SIM:log(UBS.percapta)	0,3907	0,1974	1,9786	0,0478 *
sigmaSq	0,7644	0,1093	6,9969	e ⁻¹¹ ***
Gamma	0,9501	0,0279	34,0176	e ⁻¹⁵ ***
Signif. codes: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1				
Log likelihood value: -136,24				
Total number of observations = 184				
Mean efficiency: 0.57				

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode-se observar, a maioria das variáveis foi estatisticamente significativa a 90%, exceto a Variável Metropolitana e a Variável Equipes de Saúde da Família – ESF – per capita, para municípios que estão dentro de regiões metropolitana.

O intercepto representa a variabilidade da taxa de mortalidade quando não se leva em consideração o efeito das variáveis controladas no modelo. O valor estatisticamente significativo indica que há um efeito relevante da variabilidade da taxa de mortalidade infantil entre os municípios cearenses.

A variável gasto com saúde *per capita*, nos municípios cearenses, apresenta efeito positivo no aumento da taxa de sobrevivência. Um aumento de um Ponto Percentual (p.p.) nessa variável está associado a um aumento esperado de 0. 89 p.p, quando o município não fizer parte da região metropolitana, ao fazer parte, o aumento esperado é de 0,51p.p.; mantendo as outras variáveis constantes. Os dois casos são de coeficiente significativos, tendo um efeito estatisticamente relevante.

A variável ESF *per capita*, nos municípios cearenses, também apresenta efeito positivo na variação na melhoria da taxa de sobrevivência. Um aumento de 1 pp nessa variável está associado a um aumento esperado de 0. 63 p.p. na queda da taxa de mortalidade entre os

anos, mantendo as outras variáveis constantes, se o município não for de região metropolitana. O coeficiente é significativo, tendo um efeito estatisticamente relevante. Para os municípios que estão nas regiões metropolitanas, essa variável, não representa uma significância estatística relevante.

Além desses, a variável UAPs, *per capita*, com saúde dos municípios também apresentou efeito positivo sobre o crescimento da sobrevivência e conseqüente queda da mortalidade. Um aumento de 1 p.p. nos gastos com saúde está associado a uma redução, em média, de 0.56 p.p. no aumento da sobrevivência, quando o município não for de região metropolitana e 0,39p.p. quando o município fizer parte dessas regiões. Esses coeficientes são estatisticamente significantes.

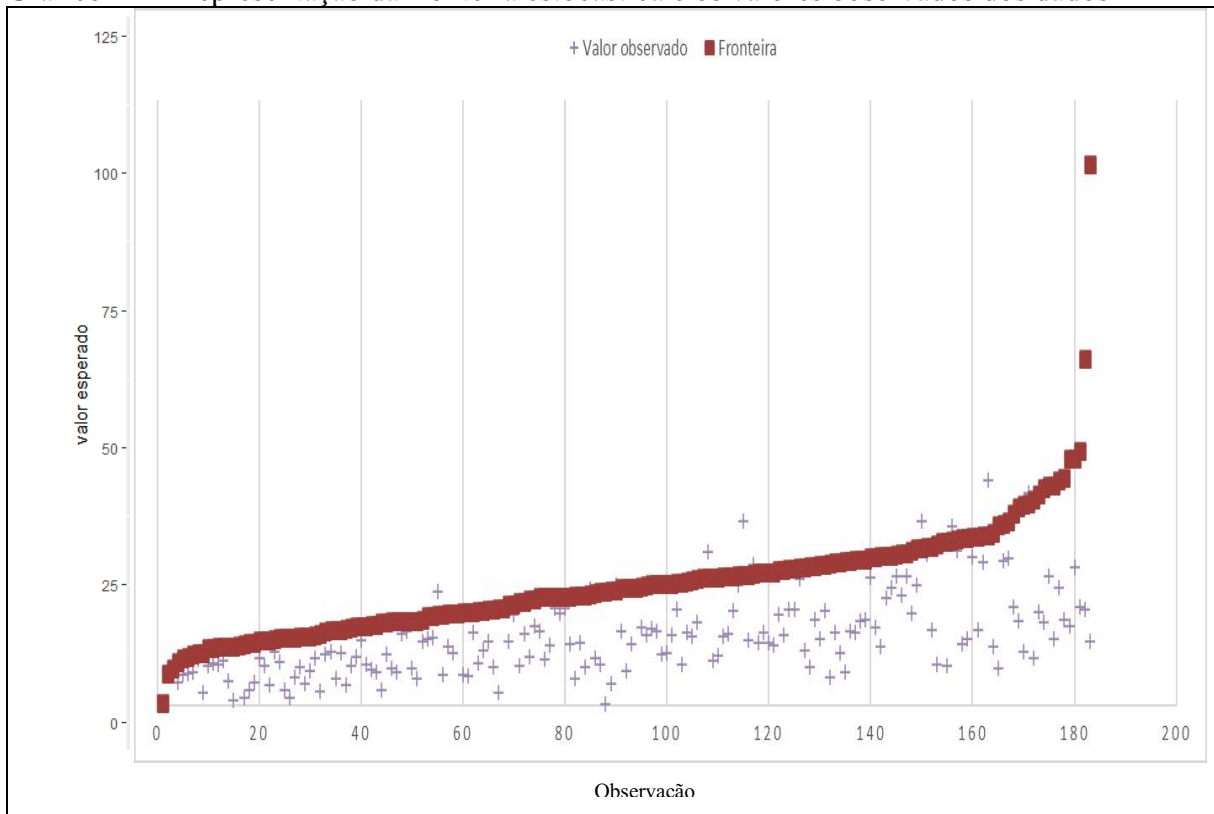
A variável Metropolitana, que identifica, então, os municípios que estão em alguma região metropolitana do estado tratada como fator, não apresentou significância estatística quando medida de forma isolada.

A média de eficiência (*Mean efficiency*) de 0.57, no contexto de um modelo de fronteira estocástica, sugere que, em média, as unidades (neste caso, municípios cearenses) estão operando a uma eficiência de 60%. Essa eficiência é frequentemente associada ao quão bem as unidades estão utilizando seus recursos para produzir um determinado resultado, neste caso, relacionado à taxa de sobrevivência. O que sugere que há espaço para melhoria na utilização de recursos para reduzir a taxa de mortalidade infantil.

Vale destacar que essa medida de eficiência é uma estimativa da proporção em que as unidades de análise estão se aproximando da eficiência máxima, considerando as variáveis incluídas no modelo de fronteira estocástica.

Para expor de modo visual, o Gráfico 12 a seguir mostra o modelo aqui apresentando, representando como uma linha vermelha a fronteira de produção calculada e os pontos em cruz como as observações efetuadas.

Gráfico 12 – Representação da fronteira estocástica e os valores observados dos dados



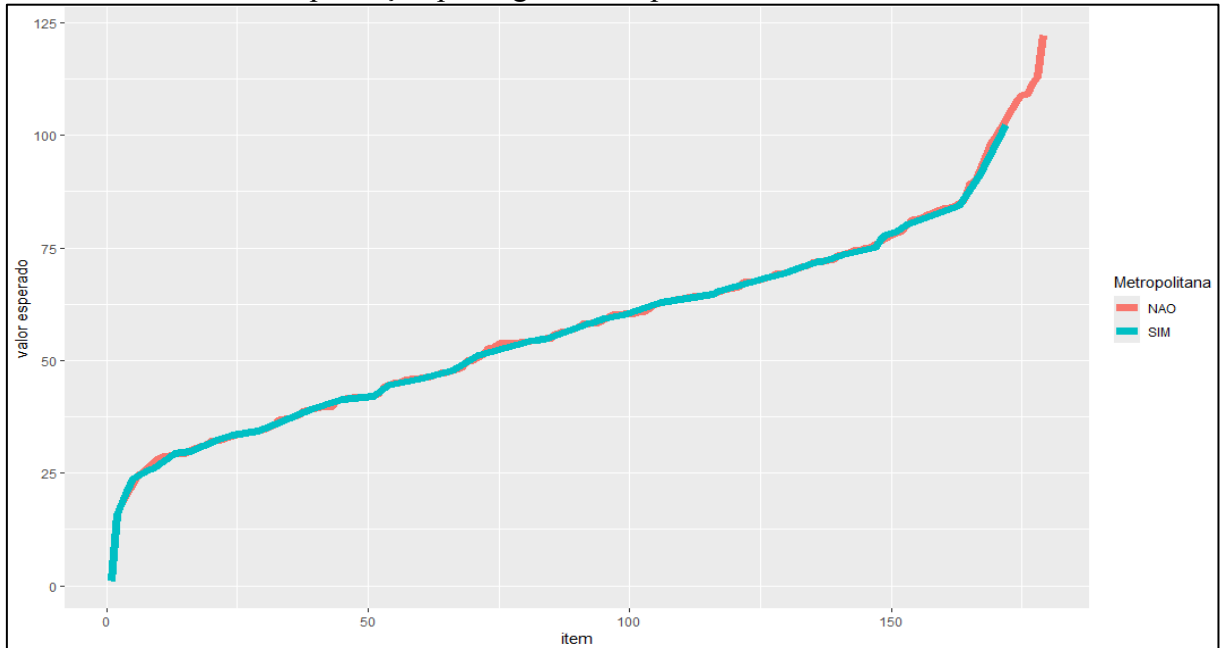
Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse gráfico mostra que o modelo representa, de fato, uma envoltória superior dos dados, havendo, ainda, algumas observações acima da curva, indicando pontos de eficiência. Por outro lado, há pontos bem distantes, numericamente, da curva, indicando ineficiência nessas ocorrências.

Além disso, percebe-se também que, à medida que a fronteira calculada cresce, há mais observações distantes da curva, indicando uma maior ineficiência em alguns municípios que tiveram sua possibilidade de produção alta comparativamente aos demais municípios.

Além dessa análise, é possível observar que também existem curvas de produção ligeiramente diferentes para os casos de município que estão em região metropolitana e os que não estão. O Gráfico 13 ilustra essa situação.

Gráfico 13 – Curvas de produção por região metropolitana

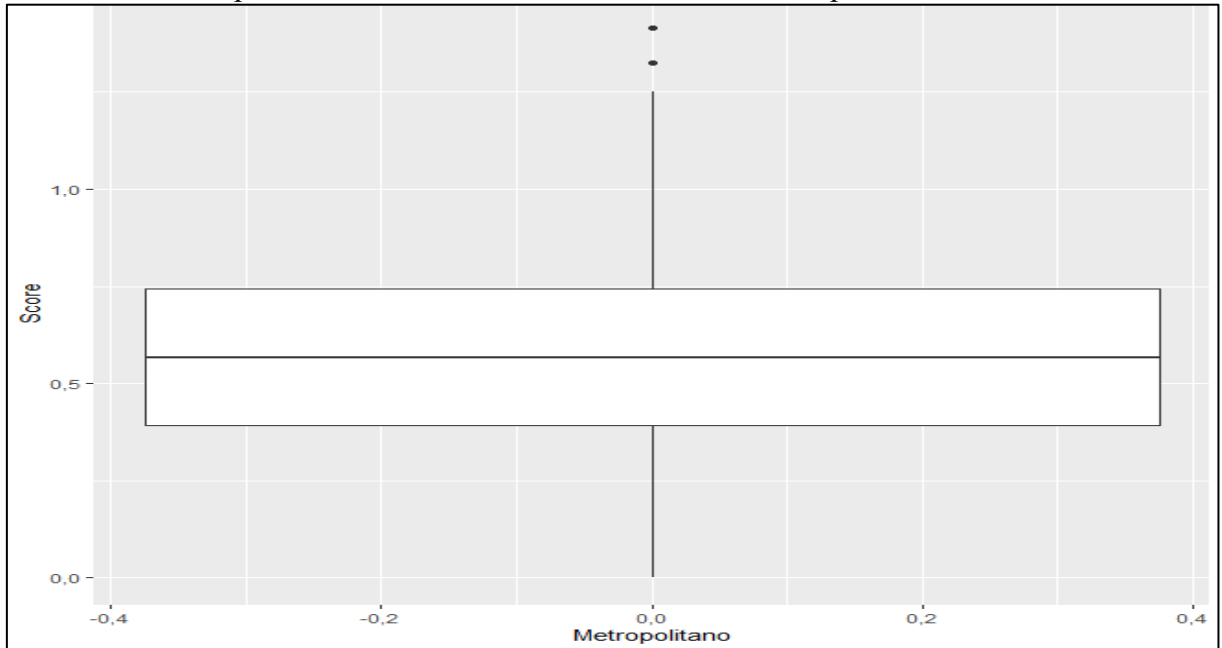


Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar de muito parecidas, percebe-se que a curva de produção das cidades que não estão em região metropolitana está levemente a cima da curva das que estão, principalmente para os maiores valores das curvas.

Para uma análise sobre os scores de eficiência geradas a partir da divisão entre os valores observados e a curva calculada, pôde-se montar o Gráfico 14 a seguir. Esse gráfico mostra que a mediana de eficiência estar por volta de 0,6, havendo alguns outliers e havendo alguns valores acima de um, mostrando eficiência em alguns pontos, como já foi constatado no Gráfico 12.

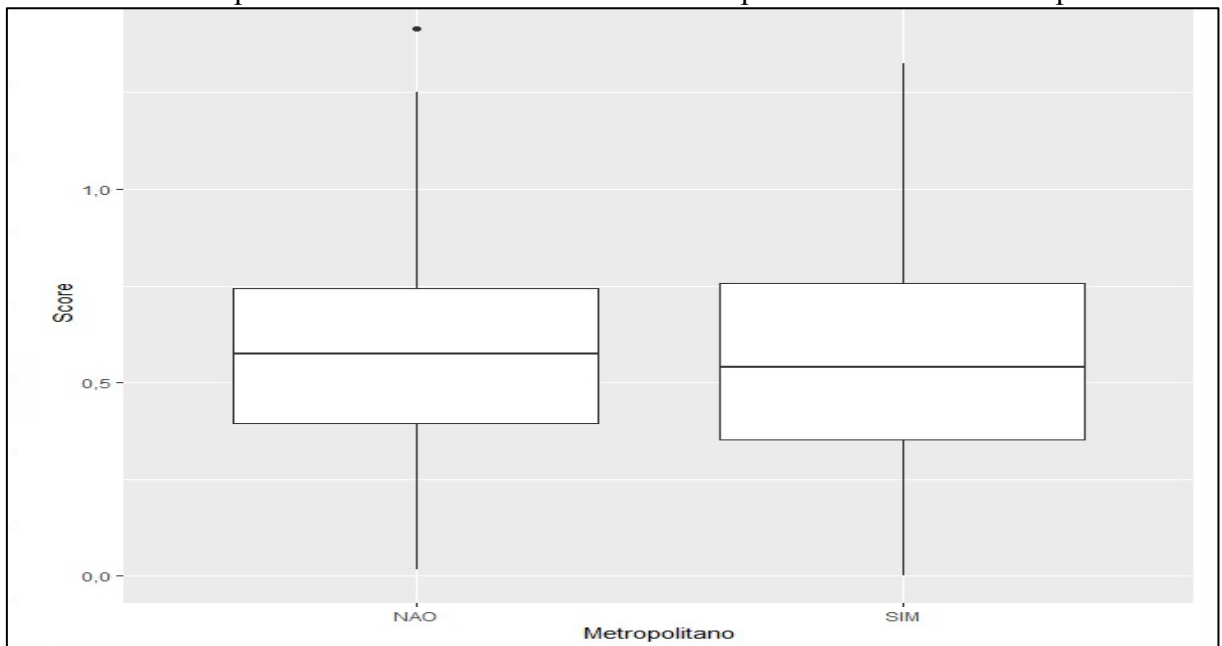
Gráfico 14 – Box plot do Score de Eficiência de todos os municípios



Fonte: Elaborado pelo autor.

Além dessa análise, pode-se dividir essa eficiência nos dois grupos de municípios analisados aqui: os que fazem parte de região metropolitana e os que não fazem parte. O Gráfico 15 a seguir mostra um box Plot com essa divisão de categoria e seus respectivos scores de eficiência.

Gráfico 15 – Box plot dos índices de eficiência divididos pela característica Metropolitano



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar, pelo Gráfico 15, que os scores de eficiências têm média levemente mais baixa nos municípios que pertencem a regiões metropolitanas, porém esses são mais dispersos, variam mais ao longo da mediana. Enquanto que os que não estão em região metropolitana tem média de score de eficiência ligeiramente mais alta e os dados se aproximam mais da mediana.

Para mostrar os valores de scores de eficiência por município, a Tabela 4 a seguir mostra os locais que foram mais eficientes, segundo o modelo aqui apresentado, na redução das taxas de mortalidade e aumento da taxa de sobrevivência, apresentando Scores maiores que 0,9.

Tabela 4 – Os municípios com os Scores de Eficiência maiores que 0,9

Município	Score
ALTANEIRA	1,415533
PACUJA	1,324783
PORTEIRAS	1,251814
IPAPORANGA	1,20255
ERERE	1,169767
ITACABA	1,088415
MUCAMBO	1,063101
ARARENDA	1,049086
URUOCA	1,043482
VICOSA DO CEARA	1,003807
SANTANA DO ACARAU	1,000423
FORTALEZA	0,996167
CARIDADE	0,992956
BAIXIO	0,991514
UMIRIM	0,985785
MILHA	0,975618
IPAUMIRIM	0,974198
SAO LUIS DO CURU	0,953758
ARNEIROZ	0,930392
PARAMOTI	0,925724
MORAUJO	0,922285
CARIUS	0,905255

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por outro lado, também é mostrado a relação dos municípios com os piores índices de eficiência do modelo proposto na Tabela 5, exemplificando cidades que, a partir dos insumos considerados que tinham, se distanciaram da melhoria esperada estatisticamente. São listados os municípios com scores abaixo de 0,3.

Tabela 5 – Os municípios com Scores de eficiência menores que 0,3

Município	Score
AQUIRAZ	0,291737
SENADOR POMPEU	0,273715
TEJUCUOCA	0,268956
IGUATU	0,268749
SAO GONCALO DO AMARANTE	0,255753
ITAPIPOCA	0,249474
MISSAO VELHA	0,243592
IBIAPINA	0,240681
JUAZEIRO DO NORTE	0,23725
CROATA	0,231318
FARIAS BRITO	0,230476
QUIXERAMOBIM	0,2251
ARACOIABA	0,206293
VARZEA ALEGRE	0,201025
BARBALHA	0,200668
AURORA	0,192994
ACOPIARA	0,184336
TRAIRI	0,138071
CRATEUS	0,133351
ITAREMA	0,110698
AMONTADA	0,088691
JAGUARIBE	0,015752

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando os dois casos, percebeu-se que o porte da cidade, bem como a quantidade de recursos totais disponíveis pode não é suficiente para o atingimento de bom desempenho no que diz respeito a queda de mortalidade, visto que mesmo em cidades de grande porte para os níveis estaduais, como Itapipoca e Juazeiro do Norte, não tiveram a eficiência bem calculada segundo os parâmetros aqui apresentados. Por outro lado, cidades pequenas como Altaneira e Pacujá figuram bem entre os municípios mais eficientes.

A listagem completa dos municípios com seus respectivos scores pode ser vista no apêndice A. Essa lista indica possíveis exemplos de boa gestão dos insumos de saúde para obtenção de melhoria na taxa de mortalidade geral. O exemplo de política pública nesses municípios podem ser a referência para os demais.

7 CONCLUSÃO

Conforme apresentado na revisão literária da seção 2, a saúde pública brasileira ainda apresenta um gargalo que enseja o desenvolvimento de trabalhos que apontem análises sobre ela pode tornar-se mais eficiente e consiga alcançar seus objetivos de maneira mais rápida e eficaz.

Constatou-se também que esse tipo de análise de eficiência pode ser um campo a ser explorado pelos modelos econométricos que se utilizam de Fronteira de produção estocástica, visto que esse tema é amplamente utilizado para medir a eficiência em diversos setores científicos, conforme foi evidenciado na seção 3.

De posse do modelo proposto e mostrado no Capítulo 6, pode-se tirar diversos dados e conclusões sobre como a melhoria da taxa de sobrevivência entre um ano e outro é alterada pelos insumos selecionados por este trabalho. Além disso, pode-se retirar diversas observações e conclusões como as que se seguem.

Para cidades fora das regiões metropolitanas, percebeu-se que as variáveis Gasto com saúde, ESF e UAPs *per capita* influenciam a queda na taxa de mortalidade. Desse modo, há evidências de que o gasto com saúde, que hoje é destinado em boa parte para a aquisição de Medicamento e Material Hospitalar, MMH, influencia de forma mais intensa a melhoria das taxas de sobrevivência entre um ano e outro. Tal observação também já foi encontrada por outros autores, como Infante e dos Santos (2006), que citam que a irregularidade do abastecimento e a “falta de material” são problemas frequentes em serviços públicos de saúde no Brasil e tem significativos impactos negativos sobre seus desempenhos e imagem junto à população e profissionais que atuam na área.

O modelo econométrico proposto na seção anteriores também aponta para a importância das Equipes de Saúde da Família (ESF) e das unidades de Atenção Básica à Saúde (UBS) como elementos essenciais na promoção da saúde e na diminuição da taxa de mortalidade. A similaridade dos efeitos desses dois insumos sugere a necessidade de uma abordagem integrada, onde o desenvolvimento e fortalecimento tanto das ESF quanto das UBS caminhem de forma paralela. Essa sinergia entre os serviços de saúde primária pode potencializar os resultados e ampliar o impacto positivo sobre a mortalidade. Essa impressão converge com o que é apontado por Malta et al 2013, quando diz que houve maior redução das mortalidades em municípios onde as UAPS e as ESFs funcionavam bem e de forma integrada. Por isso, mostra-se importante ampliar a cobertura e o acesso às UAPs e às ESFs, não

fundamentando a política de ampliação da estrutura física da saúde em detrimento do aumento de equipes.

Para avançar na compreensão dos mecanismos que contribuem para a queda da mortalidade, é crucial utilizar as cidades que apresentam maiores eficiências como referências. Essa abordagem permite uma análise mais detalhada das políticas públicas implementadas nessas localidades, identificando estratégias bem-sucedidas que podem ser replicadas em outros contextos. Ao adotar esse enfoque comparativo, é possível direcionar os esforços para áreas específicas que necessitam de intervenções mais assertivas, maximizando os recursos disponíveis e promovendo resultados mais expressivos em termos de saúde pública.

Vale destacar que algumas dessas cidades aqui relatadas com alta eficiência já foram inclusive já são relatadas pela literatura como cases de sucesso nos índices de saúde e, inclusive, já receberam prêmios estaduais por conta disso, como Porteirias, Itaiçaba, que receberam recentemente a premiação do Governo do estado do Ceará chamada de “Cuidar Melhor”, que premia os municípios por melhores indicadores gerais e metas cumpridas, mostrando inclusive exemplos de como tratar a gestão dos recursos e da ampliação da assistência primária à saúde no Ceará.

No entanto, é fundamental reconhecer que a análise da queda da mortalidade não pode se restringir apenas aos aspectos relacionados à saúde. Outras variáveis, como vacinação, educação, saneamento básico e acesso a serviços sociais, desempenham papéis igualmente relevantes nesse processo. Portanto, é necessário considerar um conjunto mais amplo de indicadores e fatores determinantes, a fim de compreender de maneira abrangente os determinantes da mortalidade e desenvolver políticas públicas eficazes que abordem essas múltiplas dimensões de forma integrada.

Nesse sentido, esse trabalho aponta como sugestão de trabalhos futuros o aprofundamento do modelo aqui proposto, trazendo para ele essas outras variáveis que também podem influenciar de forma positiva na eficiência da saúde, como dados sobre vacinação, escolaridade, saneamento, dados mais detalhados sobre as equipes de saúde e sobre as estruturas disponíveis, dentre outros. Dados esses que não foram inseridos no modelo aqui proposto por conta de um foco inicial do escopo do trabalho.

Para além do acréscimo de variáveis, é importante destacar que a quantidade de observações foi reduzida por conta do escopo temporal delimitado, por conta dos aspectos levantados na seção 0. Por conta disso, também se sugere para trabalhos futuros o aumento do espectro temporal do estudo, inserindo mais anos, gerando mais observações e mais dados para que o modelo tenha mais aderência. Vale destacar que, os dados consolidados de 2023 devem

estar disponíveis em um curto espaço de tempo, podendo o mesmo já ser inserido em estudos futuros

Para além desses, cita-se como sugestão para trabalhos futuros a utilização de outros tipos de formas funcionais, como a Translog, que explora melhor os conjuntos de dados onde as variáveis podem interagir entre si, como pode ser o caso em questão. Esse método não foi aplicado no modelo por conta do escopo inicial de investigar os resultados apenas de uma das formas funcionais disponíveis.

Ademais, é necessário se estudar mais a fundo, inclusive com pesquisas de campo, as políticas públicas desenvolvidas o modelo de gestão pública para a saúde nos municípios mais bem colocados nos rankings de eficiência desse trabalho, pode ser que, de fato, haja bons exemplos de bons tratos dos insumos de saúde no intuito de atingir melhores resultados para a população.

REFERÊNCIAS

- AIGNER, Dennis J.; CAIN, Glen G. Statistical theories of discrimination in labor markets. **Ilr Review**, v. 30, n. 2, p. 175-187, 1977.
- ARAÚJO, Edson C.; PONTES, Ezau. **Análise da eficiência do gasto público com saúde**. Banco Mundial, 2017.
- BATTESE, George E.; CORRA, Greg S. Estimation of a production frontier model: with application to the pastoral zone of Eastern Australia. **Australian journal of agricultural economics**, v. 21, n. 3, p. 169-179, 1977.
- CLEMENTS, Benedict; FAIRCLOTH, Christopher; VERHOEVEN, Marijn. **Public expenditure in Latin America: Trends and key policy issues**. Working Paper No. 2007/021, International Monetary Fund, 2007.
- COELLI, Timothy J. *et al.* **An introduction to efficiency and productivity analysis**. New York: Springer science & business, 2005.
- COSTA, F. L.; CASTANHAR, J. C. Avaliação de programas públicos: desafios conceituais e metodológicos. **Revista de Administração Pública**, v. 37, n. 5, p. 969-92, set./out. 2003.
- DEBREU, G. The coefficient of resource utilisation. **Econometrica**, v. 19, p. 273-292, 1951.
- DESTA JORGA, Selamu *et al.* **Economic efficiency of teff production: the case of Hadero-Tunto Zuria District, Kembata Tembaro Zone, Southern Ethiopia**. 2021. 106f. Tese (Doutorado em Economia Agrícola) - Haramaya University, Haramaya, 2021.
- 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**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1, p. 155- 177, jan./fev. 2008.
- FERRARA, Giancarlo; CAMPAGNA, Arianna; ATELLA, Vincenzo. **Disentangling tax evasion from inefficiency in firms tax declaration: an integrated**. CEIS Working Paper n. 468, 2019.
- FONSECA, P. C.; FERREIRA, M. A. M. Investigação dos níveis de eficiência na utilização de recursos no setor de saúde: uma análise das microrregiões de Minas Gerais. **Saúde e Sociedade**, v. 18, n. 2, p. 199–213, 2009.
- FRENK, J. The concepts and measurement of accessibility. *In*: WHITE, K.; FRENK, J.; CARCELLER, C. O.; PAGANINI, M. F.; STARFIELD, B. (editors). **Health Services Research: an Anthology**. Washington: PAHO; 1992. p. 842-855.
- GREENE, William. Functional forms for the negative binomial model for count data. **Economics Letters**, v. 99, n. 3, p. 585-590, 2008.

INFANTE, Maria; SANTOS, Maria Angélica Borges dos. A organização do abastecimento do hospital público a partir da cadeia produtiva: uma abordagem logística para a área de saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 945-954, 2007.

INSTITUTO DE ESTUDOS DE SAÚDE SUPLEMENTAR (IESS). **Despesas assistenciais de planos médicos crescem e atingem R\$ 206 bilhões durante o ano**. Disponível em: <<https://www.iess.org.br/press-release/despesas-assistenciais-de-planos-medicos-crescem-e-atingem-r-206-bilhoes-durante>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

JORGE, Marco Antônio; SALES, John Max Santos; LIMA, Brenda Machado. Medindo o desenvolvimento socioeconômico dos municípios sergipanos através de três índices diferenciados. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 63-77, jan./mar., 2014.

KOOPMANS, T. C. An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. *In*: KOOPMANS, T. C. (Ed.). **Activity Analysis of Production and Allocation**, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No. 13 (p. 33-97). Wiley, 1951.

KUMBHAKAR, Subal C.; LOVELL, CA Knox. **Stochastic frontier analysis**. Cambridge University press, 2003.

MALTA, Deborah Carvalho *et al.* A cobertura da Estratégia de Saúde da Família (ESF) no Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 327-338, 2016.

MARINHO, A.; FAÇANHA, L. O. **Hospitais universitários: avaliação comparativa de eficiência técnica**. Texto para discussão n. 805, Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2001.

MARINHO, Alexandre. Avaliação da eficiência técnica nos serviços de saúde nos municípios do Estado do Rio de Janeiro. **Revista brasileira de economia**, v. 57, p. 515-534, 2003.

MEESEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency estimation from Cobb Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, v. 18, p. 435-444, 1977.

MELLO, Mateus Nunes de. **Aplicação da análise de fronteira estocástica em distribuidoras brasileiras de energia: um estudo de caso**. 2019. 34 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

MENICUCCI, T. M. G. O Sistema Único de Saúde, 20 anos: balanço e perspectivas. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 7, p. 1620-1625, jul., 2009.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Despesa do governo geral em 2022 correspondeu a R\$ 4,63 trilhões, o equivalente a 45,9% do PIB**. Disponível em: <<https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/noticias/2024/janeiro/despesa-do-governo-geral-em-2022-correspondeu-a-r-4-63-trilhoes-o-equivalente-a-45-9-do-pib-1>>. Acesso em: 01 dez. 2023.

OSÓRIO, R. G.; SERVO, L. M. S.; PIOLA, S. F. Necessidade de saúde insatisfeita no Brasil: uma investigação sobre a não procura de atendimento. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 9, p. 3741-3754, 2011.

PIOLA, S. F. *et al.* Financiamento do Sistema Único de Saúde: trajetória recente e cenários para o futuro. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 30, n. especial, p. 9-33, set. 2012.

REZENDE, Amaury José; SLOMSKI, Valmor; CORRAR, Luiz João. A gestão pública municipal e a eficiência dos gastos públicos: uma investigação empírica entre as políticas públicas e o índice de desenvolvimento humano (IDH) dos municípios do Estado de São Paulo. **Revista Universo Contábil**, v. 1, n. 1, p. 24-40, 2005.

APÊNDICES

APENDICE A – TABELA 7

Tabela 7 – Eficiência calculada para cada cidade do Ceará

Município	Score de Eficiência
ALTANEIRA	1,415533
PACUJA	1,324783
PORTEIRAS	1,251814
IPAPORANGA	1,20255
ERERE	1,169767
ITACABA	1,088415
MUCAMBO	1,063101
ARARENDA	1,049086
URUOCA	1,043482
VICOSA DO CEARA	1,003807
SANTANA DO ACARAU	1,000423
FORTALEZA	0,996167
CARIDADE	0,992956
BAIXIO	0,991514
UMIRIM	0,985785
MILHA	0,975618
IPAUMIRIM	0,974198
SAO LUIS DO CURU	0,953758
ARNEIROZ	0,930392
PARAMOTI	0,925724
MORAUJO	0,922285
CARIUS	0,905255
AIUABA	0,895741
PORANGA	0,887274
ITAITINGA	0,886014
ITAPIUNA	0,882905
JATI	0,881968
CATUNDA	0,861778
ACARAPE	0,857025
ALCANTARAS	0,853755
QUIXERE	0,850168
UMARI	0,846293
HIDROLANDIA	0,842538
MIRAIMA	0,821875
MORRINHOS	0,804616
SENADOR SA	0,80006
ANTONINA DO NORTE	0,798957
FORTIM	0,784802
MARTINOPOLE	0,780198
IBICUITINGA	0,778379
GROAIRAS	0,764869

Continua

Continuação

Tabela 7 – Eficiência calculada para cada cidade do Ceará

Município	Score de Eficiência
FORQUILHA	0,761521
MARACANAU	0,757387
MARCO	0,745282
JUCAS	0,742978
JAGUARUANA	0,742717
GUARACIABA DO NORTE	0,737518
CAMOCIM	0,732628
ABAIARA	0,728812
CHAVAL	0,725806
BELA CRUZ	0,714164
TARRAFAS	0,713948
GRANJA	0,713364
IBARETAMA	0,702879
BREJO SANTO	0,699815
SOLONOPOLE	0,699623
NOVA RUSSAS	0,697706
QUIXADA	0,696593
PARAMBU	0,690487
MONSENHOR TABOSA	0,683568
CAPISTRANO	0,670487
PALMACIA	0,670309
QUITERIANOPOLIS	0,669106
MASSAPE	0,663349
COREAU	0,660199
PIRES FERREIRA	0,652617
BEBERIBE	0,649143
PACATUBA	0,643548
CANINDE	0,640393
TURURU	0,639017
QUIXELO	0,638054
ALTO SANTO	0,634657
SANTANA DO CARIRI	0,631991
CAMPOS SALES	0,629193
HORIZONTE	0,614302
PARAIPABA	0,611707
JAGUARETAMA	0,610821
BANABUIU	0,607878
PACAJUS	0,602154
CARIRE	0,598851
ARATUBA	0,5907
BATURITE	0,589879
GENERAL SAMPAIO	0,586891
IRAUCUBA	0,584717
MILAGRES	0,580946
BARROQUINHA	0,579911
APUIARES	0,577912

Continua

Continuação

Tabela 7 – Eficiência calculada para cada cidade do Ceará

Município	Score de Eficiência
PENTECOSTE	0,571039
TABULEIRO DO NORTE	0,565356
IPU	0,565053
PINDORETAMA	0,559689
PIQUET CARNEIRO	0,558922
MADALENA	0,552847
PALHANO	0,551842
JIJOCA DE JERICOACOARA	0,545456
RERIUTABA	0,538779
CAUCAIA	0,53534
MERUOCA	0,529126
FRECHEIRINHA	0,525474
DEPUTADO IRAPUAN PINHEIRO	0,52124
ICO	0,520698
SALITRE	0,51701
NOVA OLINDA	0,514655
IPUEIRAS	0,509788
POTIRETAMA	0,50881
MULUNGU	0,50704
CHOROZINHO	0,502472
GUAIBUBA	0,502215
ITAPAGE	0,492253
CEDRO	0,477035
VARJOTA	0,476975
PENAFORTE	0,472325
BARRO	0,471029
MAURITI	0,457656
UBAJARA	0,451205
MORADA NOVA	0,451003
PACOTI	0,447111
SAO BENEDITO	0,445427
MOMBACA	0,445217
CRUZ	0,44463
PEREIRO	0,434259
ASSARE	0,428234
OROS	0,422715
CARIRIACU	0,42224
PEDRA BRANCA	0,419033
ICAPUI	0,41759
BOA VIAGEM	0,416488
EUSEBIO	0,403814
ARACATI	0,403629
URUBURETAMA	0,397106
IRACEMA	0,395686
REDENCAO	0,392329
INDEPENDENCIA	0,391875

Continua

Conclusão

Tabela 7 – Eficiência calculada para cada cidade do Ceará

Município	Score de Eficiência
SOBRAL	0,389325
TIANGUA	0,387337
CARNAUBAL	0,383114
GUARAMIRANGA	0,375651
OCARA	0,369174
TAMBORIL	0,368618
LAVRAS DA MANGABEIRA	0,366062
RUSSAS	0,363896
ARARIPE	0,359479
JARDIM	0,352972
BARREIRA	0,350927
ACARAU	0,343012
ITATIRA	0,337981
MARANGUAPE	0,335007
NOVO ORIENTE	0,333929
POTENGI	0,323971
TAUA	0,32069
CASCAVEL	0,313064
PARACURU	0,311101
LIMOEIRO DO NORTE	0,305959
JAGUARIBARA	0,301065
AQUIRAZ	0,291737
SENADOR POMPEU	0,273715
TEJUCUOCA	0,268956
IGUATU	0,268749
SÃO GONÇALO DO AMARANTE	0,255753
ITAPIOCA	0,249474
MISSÃO VELHA	0,243592
IBIAPINA	0,240681
JUAZEIRO DO NORTE	0,23725
CROATA	0,231318
FARIAS BRITO	0,230476
QUIXERAMOBIM	0,2251
ARACOIABA	0,206293
VARZEA ALEGRE	0,201025
BARBALHA	0,200668
AURORA	0,192994
ACOPIARA	0,184336
TRAIRI	0,138071
CRATEUS	0,133351
ITAREMA	0,110698
AMONTADA	0,088691
JAGUARIBE	0,015752

Fonte: Elaborado pelo autor.