



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
REGIONAL

ADRIANA ARRUDA BARBOSA REZENDE

A COVID-19 NA AMAZÔNIA LEGAL: ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO
DE RECURSOS DE SAÚDE E VULNERABILIDADE SOCIAL

PALMAS-TO

2024

ADRIANA ARRUDA BARBOSA REZENDE

**A COVID-19 NA AMAZÔNIA LEGAL: ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO
DE RECURSOS DE SAÚDE E VULNERABILIDADE SOCIAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Desenvolvimento Regional da Universidade
Federal do Tocantins, para obtenção do grau de
Doutor em Desenvolvimento Regional.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Reijane Pinheiro da Silva
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Nascimento da
Paixão

PALMAS –TO

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

R467c Rezende, Adriana Arruda Barbosa.
A COVID-19 na Amazônia Legal: Análise da distribuição de recursos de saúde e vulnerabilidade social. / Adriana Arruda Barbosa Rezende. – Palmas, TO, 2024.
79 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Desenvolvimento Regional, 2024.
Orientadora : Reijane Pinheiro da Silva
Coorientador: Adriano Nascimento da Paixão

1. COVID-19. 2. Vulnerabilidade Social. 3. Alocação de recursos. 4. Eficiência. I. Título

CDD 338.9

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ADRIANA ARRUDA BARBOSA REZENDE

**A COVID-19 NA AMAZÔNIA LEGAL: ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO
DE RECURSOS DE SAÚDE E VULNERABILIDADE SOCIAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Tocantins, para obtenção do título de Doutor

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Reijane Pinheiro da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Adriano Nascimento da Paixão

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Reijane Pinheiro da Silva-UFT
Orientadora, PPGDR

Prof. Dr. Rodolfo Alves da Luz-UFT
Examinador interno, PPGDR

Prof. Dr. Waldecy Rodrigues-UFT
Examinador interno, PPGDR

Prof. Dr. Everton Nunes da Silva-UNB
Examinador externo, Membro externo ao PPGDR

Prof. Dr. Edson Roberto Vieira-UFG
Examinador externo, Membro externo ao PPGDR

“O homem que consagra suas horas com infatigável empenho a honrosos objetivos, traça luminosamente o seu destino.”

Edward Kong

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me abençoa com determinação e fé para superar os obstáculos e buscar o amadurecimento pessoal, profissional e espiritual.

Minha profunda gratidão vai para minha orientadora, Reijane Pinheiro, e meu co-orientador, Adriano Paixão, pela orientação incansável, conselhos valiosos e apoio contínuo ao longo desta jornada. A expertise e o comprometimento de vocês foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PPGDR), sou grata pelo aprendizado e pela dedicação em compartilhar conhecimentos que enriqueceram minha formação.

À equipe da secretaria e coordenação da PPGDR, sou grata pela atenção constante e pelo suporte sempre disponível para esclarecer dúvidas e atender solicitações.

Aos membros da banca, por aceitarem o convite para participar deste momento e pelas valiosas contribuições que serão essenciais para aprimorar esta tese.

Aos colegas que estiveram ao meu lado nesta empreitada, agradeço pela companhia e pelo apoio, que tornaram esta jornada mais leve e significativa.

Por fim, agradeço à minha família, Gustavo, Maria Clara e em especial a meu marido Augusto Rezende que me inspira, me motiva a crescer e se orgulha das minhas conquistas. Sem o apoio e encorajamento de todos vocês, esta realização não teria sido possível.

RESUMO

Introdução: A pandemia da COVID-19 expôs e agravou as vulnerabilidades sociais existentes, especialmente nas regiões da Amazônia Legal, onde a falta de financiamento e a desestruturação do sistema de saúde impactaram desproporcionalmente os segmentos sociais mais vulneráveis. **Objetivo:** Analisar o impacto da COVID-19 nas regiões de saúde da Amazônia Legal, considerando a distribuição de recursos de saúde e a vulnerabilidade social. **Materiais e Métodos:** Estudo ecológico, exploratório com análise espacial dos 772 municípios da Amazônia Legal durante dois picos da pandemia. Utilizou-se o método bayesiano global e local para a elaboração de mapas coropléticos, com o cálculo do índice de Moran para avaliar a dependência espacial e a utilização do *Moran Map* para identificar *clusters* da doença. Posteriormente, foi empregada a Análise Envoltória de Dados (DEA), para avaliar a eficiência técnica da alocação dos recursos de saúde nas 77 regiões de saúde no segundo pico da doença, onde os recursos de saúde foram considerados como *inputs* e as taxas de letalidade e mortalidade como *outputs*. Para explicar os escores de eficiência em função de um conjunto de variáveis relacionadas à vulnerabilidade, foi utilizado um modelo de regressão beta inflacionado. Os softwares utilizados para a análise incluíram R, GeoDa 1.18.0 e QGIS 3.18.1. **Resultados:** Os índices de Moran demonstraram autocorrelação espacial positiva dessa distribuição e dependência espacial entre os municípios, com maiores taxas da doença nos estados do Amapá, Amazonas e Roraima. Observou-se que os recursos de saúde estão com maior concentração nas capitais. Os resultados revelaram que apenas 11,69% das regiões analisadas foram classificadas como eficientes, com destaque para o Amapá, enquanto o Pará, Mato Grosso, Rondônia, Maranhão, Acre e Roraima apresentaram os piores desempenhos. Observou-se que o acesso à saúde teve um efeito positivo na eficiência da alocação de recursos, enquanto o Índice de Vulnerabilidade Municipal (IVM) e a presença de populações quilombolas tiveram efeitos negativos. Esses achados indicam que a alocação de recursos de saúde foi desproporcionalmente afetada pelas condições socioeconômicas e pela presença de comunidades vulneráveis. **Conclusão:** O impacto da COVID-19 na Amazônia Legal foi influenciado pela alocação ineficiente dos recursos de saúde e por condições de vulnerabilidade social.

Palavras-chave: COVID-19; Vulnerabilidade Social; Alocação de recursos. Eficiência

ABSTRACT

Introduction: The COVID-19 pandemic exposed and exacerbated existing social vulnerabilities, especially in the regions of the Legal Amazon, where a lack of funding and the disarray of the healthcare system disproportionately affected the most vulnerable social segments. **Objective:** To analyze the impact of COVID-19 on the health regions of the Legal Amazon, considering the distribution of healthcare resources and social vulnerability. **Materials and Methods:** This exploratory ecological study included a spatial analysis of the 772 municipalities in the Legal Amazon during two peaks of the pandemic. The global and local Bayesian methods were used to create choropleth maps, calculating the Moran index to assess spatial dependence and employing MoranMap to identify disease clusters. Subsequently, Data Envelopment Analysis (DEA) was utilized to evaluate the technical efficiency of healthcare resource allocation across 77 health regions during the second peak of the disease, where healthcare resources were considered as inputs and lethality and mortality rates as outputs. To explain the efficiency scores based on a set of vulnerability-related variables, a beta-inflated regression model was employed. The software used for the analysis included R, GeoDa 1.18.0, and QGIS 3.18.1. **Results:** The Moran indices demonstrated positive spatial autocorrelation in this distribution and spatial dependence among municipalities, with higher disease rates in the states of Amapá, Amazonas, and Roraima. It was observed that healthcare resources were concentrated in the capitals. The results revealed that only 11.69% of the analyzed regions were classified as efficient, with Amapá standing out, while Pará, Mato Grosso, Rondônia, Maranhão, Acre, and Roraima showed the poorest performances. Access to healthcare had a positive effect on the efficiency of resource allocation, whereas the Municipal Vulnerability Index (IVM) and the presence of quilombola populations had negative effects. These findings indicate that healthcare resource allocation was disproportionately affected by socioeconomic conditions and the presence of vulnerable communities. **Conclusion:** The impact of COVID-19 in the Legal Amazon was influenced by the inefficient allocation of healthcare resources and social vulnerability conditions.

Keywords: COVID-19; Social Vulnerability; Resource Allocation; Efficiency

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 (Artigo 1)	Figura 1 –Taxa de detecção de COVID-19 bruta e padronizada pelos métodos de estimação bayesiana global e local até julho de 2020 na Amazônia Legal, Brasil. (figura 1a, 1b, 1c)	24
Figura 2 (Artigo 1)	Figura 2 – Taxa de detecção de COVID-19 bruta e padronizada pelos métodos de estimação bayesiana global e local até março de 2021 na Amazônia Legal, Brasil. (figura 2a, 2b, 2c)	25
Figura 3 (Artigo 1)	Figura 3 – <i>Moran Map</i> do coeficiente de detecção de casos de COVID-19 por município e distribuição do número de ventiladores mecânicos na Amazônia Legal, Brasil, 2020 e 2021 (figura 3a e 3b)	27
Figura 4 (Artigo 1)	Figura 4 – <i>Moran Map</i> do coeficiente de detecção de casos de COVID-19 por município e distribuição do número leitos de UTI, Amazônia Legal, Brasil, 2020 e 2021 (figura 4a e 4b)	29
Figura 1 (Artigo 2)	Figura 1- Histograma dos Escores de Eficiência das Regiões de Saúde da Amazônia Legal	42
Figura 2 (Artigo 2)	Figura 2: Regiões de Saúde da Amazônia Legal	43
Figura 3 (Artigo 2)	Figura 3: Escores de Eficiência das Regiões de Saúde e fluxos de rodovias da Amazônia Legal. Fonte: dados da pesquisa	44
Figura 4 (Artigo 2)	Figura 4: População das Regiões de Saúde da Amazônia Legal em 2020.	45
Figura 1 (Artigo 3)	Figura 1: Distribuição da eficiência técnica das regiões de saúde na Amazônia Legal	63

Figura 2 Figura 2: Gráfico dos resíduos quantis aleatorizados versus os índices 66
(Artigo 3) das observações e gráfico da probabilidade normal com envelopes
simulados das regiões de saúde da Amazônia Legal

LISTA DE TABELAS

Artigo 1

Tabela 1	Tabela 1- Dados de casos de COVID-19 e recursos físicos disponíveis para o enfrentamento da pandemia em Julho de 2020 e Março de 2021 na Amazônia Legal	23
----------	---	----

Artigo 2

Tabela 1	Tabela 1- Comparação entre as médias das quantidades dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> das DMUS eficientes e ineficientes	46
----------	--	----

Artigo 3

Tabela 1	Tabela1- Estatísticas descritivas das variáveis contínuas das regiões de saúde por estado, ano	61
Tabela 2	Tabela 2: Frequência das variáveis <i>dummies</i> das regiões de saúde por estado, ano	64
Tabela 3	Tabela 3: Estimativas dos parâmetros do modelo de regressão beta inflacionado com dispersão variável usando os escores de eficiência para os dados referentes as regiões de saúde da Amazônia Legal	65

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

AIC	Akaike's Information Criterion
ART	Artigo
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde
COIAB	Coordenação das Organizações Indígenas da Amazônia Brasileira
COVID-19	Coronavirus Disease 2019
CRS	Retorno constante de escala
DATASUS	Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde
DEA	Data Envelopment Analysis
DMU	Decision Making Unit
GAMLSS	Generalized additive models for location, scale and shape
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IVS	Índice de Vulnerabilidade Social
km ²	Quilômetro quadrado
OMS	Organização Mundial de Saúde
PNDR	A Política Nacional de Desenvolvimento Regional PNDR
RESET	Teste de erro de especificação da regressão
SARS-CoV-2	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus
SUDAM	Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia
SUS	Sistema Único de Saúde
TO	Tocantins
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VRS	Retorno variável de escala

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.3 Justificativa	16
2. OBJETIVO	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3. METODOLOGIA	17
4. RESULTADOS	19
4.1 Artigo 1: Distribuição da COVID-19 e dos recursos de saúde na Amazônia Legal: uma análise espacial	19
4.1.1 Resumo	19
4.1.2 Introdução	19
4.1.3 Material e método	21
4.1.4 Resultados	23
4.1.5 Discussão	30
4.1.6 Considerações Finais	32
4.2 Artigo 2: Eficiência de alocação dos recursos de saúde da Amazônia Legal na COVID-19: uma abordagem por Análise Envoltória de Dados	35
4.2.1Resumo	35
4.2.2 Introdução	35
4.2.3 Material e métodos	40
4.2.4 Resultados	41
4.2.5 Discussão	46
4.2.6 Considerações finais	50
4.3 Artigo 3: Efeito da vulnerabilidade social da Amazônia Legal na eficiência da alocação dos recursos de saúde na COVID-19	55
4.3.1Resumo	55
4.3.2 Introdução	55
4.3.3 Material e método	56
4.4.4 Resultados	60
4.4.5 Discussão	66
4.4.6 Considerações Finais	69
5. CONCLUSÃO	73

1. INTRODUÇÃO

A pandemia da COVID-19 foi considerada um dos maiores desafios sanitários em escala global deste século. Após dois anos, no início de fevereiro de 2022 o Brasil já havia registrado 28.167.587 casos, chegando a ocupar o terceiro lugar no mundo, perdendo apenas para Índia e Estados Unidos. Em relação aos óbitos, o Brasil foi o segundo país com maior número de mortes (BRASIL, 2022).

As causas das disparidades dos efeitos da COVID-19 são complexas e incluem determinantes sociais, diferenças raciais, culturais e étnicas, desvantagens econômicas e educacionais, acesso e qualidade do serviço de saúde, comportamento individual e condições biológicas (WEBB HOOPER et al., 2020). No Brasil, as desigualdades socioeconômicas existentes afetaram o curso da COVID-19 mais que outros fatores de risco associados à doença, com um ônus desproporcional para as regiões com alta vulnerabilidade socioeconômica (ROCHA et al., 2021a)

Populações mais pobres foram mais impactadas pela COVID-19, visto que elas têm uma carga desproporcional de comorbidades subjacentes, usam mais frequentemente o transporte público, possuem maior quantidade de moradores por domicílio, têm acesso restrito ao serviço de saúde, ao saneamento básico e informações, além da dificuldade de realizar o isolamento social e adquirir renda suficiente (PIRES, 2020; PIRISI, 2000; HOOPER; NÁPOLIS; PÉREZ-STABLE, 2022).

Em um esforço de ampliar a compreensão das situações tradicionalmente definidas como de pobreza, além das atreladas à insuficiência de renda, têm-se cada vez mais explorado as questões de exclusão e vulnerabilidade social. Da mesma forma que as noções de “necessidades básicas insatisfeitas”, “pobreza multidimensional” e “desenvolvimento humano”, exclusão e vulnerabilidade social são noções antemão políticas, que inserem novos recursos interpretativos sobre os processos de desenvolvimento social, para além de sua dimensão financeira (COSTA; OLIVEIRA; MARGUTTI, 2015).

Embora bastante discutido atualmente, o termo vulnerabilidade social não possui um conceito único e consolidado na literatura. Enquanto alguns referem-se à vulnerabilidade como uma suscetibilidade à pobreza, outros a caracterizam como um sintoma ou uma dimensão da pobreza. Para o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), a expressão se ancora na ausência ou insuficiência de ativos que podem em grande parte ser providos pelo Estado, em seus três níveis administrativos, possibilitando a identificação das falhas de oferta de bens e serviços públicos no território nacional (COSTA; OLIVEIRA; MARGUTTI, 2015).

A vulnerabilidade social de indivíduos, famílias ou comunidades é compreendida como um conjunto de fatores que pode impactar o bem-estar dessas entidades e aumentar sua exposição a riscos. Esse conceito é multidimensional, pois a vulnerabilidade pode afetar pessoas, grupos e comunidades de maneiras variadas e com diferentes intensidades em várias áreas do bem-estar. Está relacionada à capacidade das pessoas de gerir os recursos necessários para aproveitar as oportunidades oferecidas pelo Estado, pelo mercado ou pela sociedade (DE MACEDO; KUBLIKOWSKI, 2009).

A Amazônia Legal é a área definida pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), conforme o Art. 2º da Lei Complementar nº 124, de 3 de janeiro de 2007. Esta região foi criada para estabelecer os limites geográficos da área de atuação da SUDAM, com o propósito de promover um desenvolvimento inclusivo e sustentável. Além disso, visa integrar de maneira competitiva a base produtiva da região tanto na economia nacional quanto internacional (IBGE, 2023).

Essa região ocupa um território de aproximadamente 5 milhões de km², correspondendo a cerca de 58,93% do território brasileiro, com manifestação extrema da vulnerabilidade social e enormes desafios para implementação de políticas públicas. A região Norte tem a menor expectativa de vida ao nascer e a disponibilidade de serviço de saúde e de outras políticas públicas é altamente complexa por conta da sua geografia e pelo padrão de ocupação territorial. A proporção entre os recursos e a área territorial, assim como a infraestrutura das unidades de saúde, é bastante inferior à encontrada no restante do Brasil. Somado a isso, os municípios da Amazônia Legal possuem capacidade limitada de financiamento da saúde e são mais dependentes de transferências (ROCHA et al., 2021b).

As heterogeneidades e complexidades do território oferecem inúmeros desafios às políticas de saúde, potencializando a vulnerabilidade socioeconômica da população, com a existência de povos originários e comunidades tradicionais com diferentes necessidades e especificidades culturais, como é o caso dos ribeirinhos, quilombolas e povos indígenas (OLIVEIRA, 2008; GARNELO et al. 2018; GARNELO et al., 2019; GARNELO, 2019).

A Região Norte destaca-se por abrigar 44,48% da população indígena do Brasil, totalizando 753.780 indivíduos. Nos municípios da Amazônia Legal, foram identificados 868.419 indígenas, o que representa 3,26% da população total da região e 51,24% do total de indígenas residentes no país. Dentro da Amazônia Legal, 403.679 indígenas vivem em Terras Indígenas, correspondendo a 64,81% da população indígena nacional que reside nessas áreas. A proporção de indígenas na Amazônia Legal que habitam Terras Indígenas é maior do que a média nacional, sendo 46,48% na Amazônia Legal em comparação com 36,75% no restante do

Brasil (IBGE, 2023a).

Outra comunidade significativamente presente na Amazônia Legal são os quilombolas. No levantamento, foram registradas 426.449 pessoas que se autodeclararam quilombolas nos municípios da Amazônia Legal, o que representa 1,60% da população total da região e corresponde a 32,11% da população quilombola no Brasil. Na Amazônia Legal, foram identificados 80.899 quilombolas residindo em Territórios Quilombolas oficialmente delimitados, o que equivale a 48,38% da população quilombola nacional que vive em áreas com essa delimitação. Esse dado indica um avanço significativo no processo de regularização fundiária na Amazônia Legal em comparação com o restante do país. Além disso, a proporção de quilombolas residentes em territórios oficialmente delimitados na Amazônia Legal é superior à média nacional: enquanto 18,97% da população quilombola da Amazônia Legal vive em tais territórios, a média nacional é de 12,59% (IBGE, 2023b).

No entanto, a situação habitacional desta região é complexa e inclui também a questão dos aglomerados subnormais. Estes são formas de ocupação irregular de terrenos pertencentes a terceiros, destinados à habitação em áreas urbanas. Geralmente, apresentam um padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos essenciais e estão localizados em áreas com restrições à ocupação. Nesses locais, residem populações com condições socioeconômicas e de moradia mais precárias, além de uma densidade de edificações extremamente elevada, o que pode facilitar a propagação de doenças como a COVID-19. Entre os estados brasileiros com os maiores percentuais de domicílios em aglomerados subnormais estão o Amazonas (34,59%), Amapá (21,58%) e Pará (19,68%). Entre as capitais brasileiras, Manaus (53,37%) e Belém (55,5%) têm as maiores proporções de domicílios em favelas (IBGE, 2020).

A região Norte do país que corresponde a 60% da Amazônia Legal exibiu o maior nível de vulnerabilidade à COVID-19, e as elevadas taxas de detecção do vírus na Amazônia Legal, com um significativo aumento nas ondas da doença, confirmam essas observações (TAVARES; BETTI, 2021). É possível inferir que a limitada disponibilidade de infraestrutura de saúde tenha contribuído para que a pandemia na Amazônia Legal tenha evoluído de forma antecipada em relação ao restante do país. Em outras palavras, devido à escassez de recursos assistenciais, o sistema de saúde da região entrou em colapso duas vezes antes do ocorrido em outras partes do Brasil, destacando a maior vulnerabilidade estrutural da área (INHUDES et al., 2022).

De acordo com estimativas, a distância média linear entre uma sede municipal e um estabelecimento de saúde com serviços de urgência e emergência na Amazônia é de 15 quilômetros, enquanto no restante do país essa distância é inferior a 10 quilômetros. Um padrão semelhante é observado para outras infraestruturas de saúde, como exames de imagem. No caso

de serviços de alta complexidade, a diferença de distância é ainda mais acentuada: para hemodiálise, a distância estimada na Amazônia Legal é de 134 quilômetros, comparada a 43 quilômetros no restante do país; para quimioterapia, as distâncias estimadas são de 188 quilômetros na Amazônia Legal e 75 quilômetros em outras regiões (ROCHA et al., 2021b).

A densidade de equipamentos e profissionais de saúde per capita na Amazônia Legal é bastante baixa e tem registrado poucos avanços. No final da última década, a proporção de médicos por habitante na região era metade da encontrada no restante do país. Em contrapartida, a disponibilidade de profissionais de enfermagem tem superado a de médicos (ROCHA et al., 2021b).

As regiões de saúde devem garantir a observância dos princípios constitucionais de universalidade de acesso, equidade e integralidade do cuidado, estabelecendo critérios que promovam um nível adequado de resolutividade na saúde para o território (BRASIL, 2006). Desta forma, em cenário de restrições orçamentárias, discutir a gestão dos gastos públicos se torna fundamental, visto que os recursos destinados à saúde são limitados e devem ser utilizados de forma a garantir os melhores resultados (MAZON; DE FREITAS; COLUSSI, 2021).

As geotecnologias compreendem métodos e ferramentas específicas para a coleta, análise e compartilhamento de informações geográficas. Isso permite o uso de mapas e produtos cartográficos para realizar análises quantitativas e qualitativas. Essa abordagem ágil possibilita a comparação de dados ao longo do tempo e espaço, sendo fundamental para compreender a dinâmica territorial dos fenômenos sociais e econômicos em constante transformação (MOURA, 2014; DA SILVA, 2021).

As informações provenientes dessas tecnologias subsidiam o planejamento e a gestão eficiente da alocação de recursos, visando atender à demanda das diferentes regiões, evitar óbitos e prevenir o colapso do sistema em situações de crise sanitária. Para isso, os gestores públicos precisam avaliar a eficiência do sistema, identificando áreas que necessitam de investimentos e aprimorando a gestão dos recursos disponíveis. Um planejamento estratégico que considere as particularidades regionais e a demanda real é essencial para reduzir disparidades no acesso à saúde e garantir a sustentabilidade do sistema (REZENDE et al., 2024).

Nesse contexto, a avaliação da eficiência técnica é crucial, pois envolve a relação entre os recursos utilizados e os resultados alcançados, sendo considerada eficiente quando maximiza resultados com um determinado nível de recursos ou minimiza os recursos necessários para um resultado específico (PEREIRA, 2004). Assim, a interconexão entre a gestão eficiente dos

recursos e a avaliação da eficiência técnica torna-se fundamental para otimizar os resultados no setor de saúde.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A pandemia de COVID-19 destacou a relação crítica entre vulnerabilidade social e a gravidade dos impactos sanitários, evidenciando que regiões com condições socioeconômicas desfavoráveis são mais suscetíveis a crises sanitárias. Em contextos de alta vulnerabilidade social, a população enfrenta desafios significativos, como a falta de recursos adequados, dificuldades em manter medidas de isolamento social, e limitações no acesso a serviços de saúde e saneamento básico (PIRES, 2020; FREITAS et al., 2020). Na Amazônia Legal, uma região com uma grande diversidade de realidades socioeconômicas e geográficas, é crucial investigar como essas condições específicas influenciaram a pandemia da COVID-19.

Nesse sentido, o problema de pesquisa proposto é: Qual foi o impacto da COVID-19 nas regiões de saúde da Amazônia Legal a partir da distribuição de recursos de saúde e da vulnerabilidade social?

1.3 JUSTIFICATIVA

A crise sanitária provocada pela pandemia de COVID-19 expôs as profundas desigualdades e deficiências no processo de universalização do acesso à saúde no Brasil. Os desafios enfrentados transcenderam o âmbito sanitário e abrangeram também complexas questões socioeconômicas, políticas, culturais, éticas e científicas, agravadas pelas disparidades estruturais e iniquidades entre regiões e populações (SARTI et al., 2020).

Estas dificuldades foram particularmente intensas na Amazônia Legal, uma região marcada por uma complexa diversidade socioambiental, com centros urbanos populosos contrastando com cidades isoladas e uma população tradicional heterogênea. Somado a isso, a discrepância nos indicadores sociais, econômicos e sanitários, aliada ao crescimento demográfico e econômico acelerado e às condições de vida desfavoráveis para a maioria da população, agravam a situação desta região (SANTOS et al., 2018).

Analisar a distribuição da COVID-19, a alocação dos recursos de saúde e a vulnerabilidade social nas regiões da Amazônia Legal é crucial para um planejamento eficaz das políticas públicas. Compreender esses fatores permitirá identificar áreas críticas e otimizar a alocação de recursos, ajudando a atender melhor a demanda regional, reduzir óbitos e evitar

o colapso do sistema de saúde. Dessa forma, os gestores públicos podem assegurar que as políticas públicas respondam adequadamente à crise e contribuam para a diminuição das desigualdades, promovendo um sistema de saúde mais robusto e integrado na região.

Além disso, compreender os impactos da COVID-19 permitirá aprimorar a capacidade de resposta a futuras crises sanitárias e assegurar um uso mais eficiente dos recursos. A integração desses dados nas políticas públicas é crucial para promover a justiça social e garantir que todas as regiões, especialmente as mais vulneráveis, recebam assistência de forma equitativa e eficiente.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o impacto da COVID-19 nas regiões de saúde da Amazônia Legal a partir da distribuição de recursos de saúde e da vulnerabilidade social.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a distribuição espacial das taxas de COVID-19 e dos recursos de saúde na Amazônia Legal. (Artigo 1)
- Avaliar a eficiência das regiões de saúde na alocação dos recursos da Amazônia Legal no enfrentamento da pandemia da COVID-19. (Artigo 2)
- Avaliar os efeitos das vulnerabilidades sociais da região da Amazônia Legal na eficiência da alocação dos recursos de saúde na COVID-19. (Artigo 3)

3. METODOLOGIA

A tese está estruturada no formato de artigos acadêmicos, conforme estabelecido pelo Art. 90º do Regimento Integrado do Programa de Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Tocantins.

Composta por três artigos científicos, a tese aborda o problema central da pesquisa: Qual foi o impacto da COVID-19 nas regiões de saúde da Amazônia Legal a partir da distribuição de recursos de saúde e da vulnerabilidade social?

O primeiro artigo visa "Analisar a distribuição espacial das taxas de COVID-19 e dos recursos de saúde na Amazônia Legal". Para isso, empregou-se o geoprocessamento, utilizando métodos bayesianos globais e locais para a criação de mapas coropléticos. A análise incluiu o cálculo do índice de Moran para avaliar a dependência espacial e a aplicação do *MoranMap* para identificar *clusters* da doença.

O segundo artigo busca "Avaliar a eficiência das regiões de saúde na alocação dos recursos da Amazônia Legal no enfrentamento da pandemia da COVID-19". Para essa análise, foram avaliadas 77 regiões de saúde utilizando a *Data Envelopment Analysis* (DEA), considerando os recursos de saúde como *inputs* e as taxas de letalidade e mortalidade como *outputs*.

O terceiro artigo tem como objetivo "Avaliar os efeitos das vulnerabilidades sociais na eficiência da alocação dos recursos de saúde na Amazônia Legal durante a pandemia da COVID-19". Essa análise foi realizada através da eficiência técnica com o método DEA, e a eficiência foi modelada em função de variáveis de vulnerabilidade usando um modelo de regressão beta inflacionado.

O detalhamento dos materiais e métodos utilizados para responder aos objetivos está descrito na transcrição completa dos artigos no capítulo "Resultados". Esses artigos foram elaborados para responder às perguntas de pesquisa propostas e foram submetidos para publicação com o objetivo de divulgar amplamente os resultados obtidos.

4. RESULTADOS

4.1 ARTIGO 1: DISTRIBUIÇÃO DA COVID-19 E DOS RECURSOS DE SAÚDE NA AMAZÔNIA LEGAL: UMA ANÁLISE ESPACIAL

Publicado na revista *Ciência & Saúde Coletiva*, 28(1):131-141, 2023. Qualis A1
DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232023281.10782022>

4.1.1 Resumo

O método de análise espacial permite mensurar a acessibilidade espacial dos serviços de saúde para alocação dos recursos de forma eficiente e eficaz. Diante disso, o objetivo deste estudo foi analisar a distribuição espacial das taxas de COVID-19 e dos recursos de saúde na Amazônia Legal. Estudo ecológico, realizado com casos de COVID-19 e os recursos de saúde nos 772 municípios em dois picos da pandemia. Utilizou-se o método bayesiano global e local para elaboração de mapas coropléticos, com cálculo do índice de Moran para análise da dependência espacial e utilização do *Moran Map* para identificação dos *cluster* da doença. Os índices de Moran calculados para os dois períodos demonstraram autocorrelação espacial positiva dessa distribuição e dependência espacial entre os municípios nos dois períodos, sem muita diferença entre os dois estimadores. Evidenciaram-se maiores taxas da doença nos estados do Amapá, Amazonas e Roraima. Em relação aos recursos de saúde, observou-se alocação de forma ineficiente, com maior concentração nas capitais.

Palavras chaves: COVID-19; Análise espacial; Estudos ecológicos; Ventiladores mecânicos; Unidades de terapia intensiva.

4.1.2 Introdução

O Brasil é o único país do mundo que possui um sistema de saúde universal, integral e gratuito para uma população superior a 100 milhões de habitantes (CASTRO et al., 2019). Este sistema, que contribuiu por décadas para reduzir as desigualdades no acesso aos cuidados de saúde, foi sobrecarregado na pandemia em função do Brasil ser um dos países mais atingidos pela COVID-19, levando a América Latina a ser declarada o epicentro da pandemia em maio e junho de 2020 (CASTRO et al., 2021).

Apesar da extensa rede da atenção primária, o Brasil enfrentou o maior colapso sanitário e hospitalar da história do país. As taxas de ocupação de leitos de Unidade de Terapia Intensiva

(UTI) COVID-19 para adultos no Sistema Único de Saúde (SUS) em março de 2021 chegaram a valores iguais ou superiores a 80% em 24 estados e no Distrito Federal, sendo 15 deles com taxas iguais ou superiores a 90% (BRASIL, 2021a).

De 17% a 35% dos pacientes hospitalizados com COVID-19 necessitam de uma UTI, quando não vacinados, mais comumente devido à insuficiência respiratória hipoxêmica. Além do mais, aproximadamente 29% a 91% das pessoas acometidas requerem suporte ventilatório invasivo (GRASSELLI et al., 2020; MYERS et al., 2020; YANG et al., 2020).

O vírus SARS-CoV-2 (*Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2*), é altamente transmissível e com a maioria dos indivíduos suscetíveis à infecção (SHI et al., 2020). A propagação desse vírus é um processo complexo que envolve dados demográficos, mobilidade populacional e meio ambiente, com padrão de transmissibilidade altamente heterogêneo nos diferentes países ou regiões e variabilidade ao longo do tempo (YANG et al., 2020).

A Amazônia Legal, localizada ao norte do Brasil, possui uma densidade populacional baixa. Contudo, foi marcada pela alta concentração de casos da COVID-19 (MASCARENHAS et al., 2020). É considerada uma região com cenário socioambiental heterogêneo e multifacetado, com presença de centros urbanos populosos em contraponto a cidades relativamente isoladas e povos originários e comunidades tradicionais diversificadas residentes em áreas rurais remotas, como indígenas, comunidades ribeirinhas, pescadores e quilombolas em territórios até inexpugnáveis. Além disso, caracteriza-se pela disparidade dos indicadores sociais, econômicos e sanitários, somados ao crescimento demográfico e econômico acelerado, com alta concentração de renda e condições de vida amplamente desfavoráveis para a maior parte da população (SANTOS et al., 2018).

Nela ainda se localiza a cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, que foi surpreendida com o aumento repentino do número de casos e de mortes em abril de 2020 (ORELLANA et al., 2020), ocasionando pressão sobre os serviços de saúde. Além disso, e especificamente na saúde, as barreiras geográficas da região da Amazônia Legal são utilizadas para justificar as dificuldades para prover ações interiorizadas e o acesso à saúde nos três níveis de complexidade (GARNELO et al., 2017).

Dessa forma, mapear o padrão de distribuição da doença e dos recursos físicos da saúde possibilita compreender a atual dinâmica do acesso à assistência, com identificação de áreas de maior vulnerabilidade à pandemia. Esta compreensão pode oferecer suporte à implementação de medidas de controle da propagação do vírus, à prevenção de surtos locais e o planejamento para alocação de recursos, favorecendo a acessibilidade de suporte intensivo a pacientes graves. Diante disso, este estudo teve como objetivo analisar a distribuição espacial das taxas de

detecção de COVID-19 e dos recursos de saúde na Amazônia Legal.

4.1.3 Material e método

Trata-se de estudo ecológico com análise exploratória dos dados referentes à distribuição das taxas de detecção de COVID-19 e dos recursos de saúde (UTI- COVID-19 e ventiladores respiratórios) na Amazônia Legal.

O cenário analisado foi a Amazônia Legal, tendo como unidade de análise o município. Esta região é formada pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão, totalizando 772 municípios. Possui área aproximada de 5.015.067, 75 km² (58,9% do território brasileiro) e baixa densidade populacional na maior parte do território (IBGE, 2020).

Foram utilizados dados de casos detectados de COVID-19 no período de 25 de fevereiro de 2020 (data do registro do primeiro caso) até 31 de março de 2021, sendo considerados os casos acumulados até julho de 2020 e até março de 2021. Tais períodos se justificam por terem ocorrido dois picos da pandemia no Brasil, conforme visualizado no gráfico de casos por semana epidemiológica no site da Organização Mundial de Saúde (OMS) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, s.d).

Os dados referentes aos casos de COVID-19 por município de residência foram extraídos do Painel Coronavírus do Ministério da Saúde no dia 10 de abril de 2021 (BRASIL, 2020a). Ressalta-se que os dados são atualizados ou corrigidos constantemente, inclusive sobre o município de notificação nem sempre ser o mesmo onde a pessoa notificada reside, havendo retificação após a conclusão do processo de investigação. Ao todo, foram registrados 1.860.217 casos, sendo 559.349 referentes até o primeiro pico da pandemia (julho de 2020).

Para cálculo das taxas de detecção de casos por município, utilizou-se dados sobre a população residente por município correspondente às estimativas do IBGE para o ano de 2020 (BRASIL, 2020b).

A partir dos dados coletados, foram calculadas as taxas brutas de detecção acumulada de casos por município (número de casos dividido pela população total, multiplicado por 100.000), bem como as taxas suavizadas pelo estimador bayesiano global, que calcula a média ponderada entre a taxa local e a de toda região e o estimador bayesiano local, que considera os efeitos espaciais das estimativas locais de municípios vizinhos geográficos (BECKER, NERO, 2012).

Estes estimadores reduzem a flutuação aleatória das taxas e podem indicar as áreas de

prioridade para ações sanitárias (onde as taxas se destacam mesmo após a suavização) e, no caso do estimador bayesiano local, pode gerar estimativas que levam em consideração o comportamento das áreas vizinhas. No caso do estimador bayesiano local foi considerada a vizinhança de 1ª ordem, ou seja, apenas os vizinhos imediatos. A criação dos mapas coropléticos se deu para visualização da distribuição das taxas, com graduação dos valores por quebras naturais.

Calculou-se o Índice de Moran para verificar a dependência espacial da distribuição das taxas bayesiana global e local. O índice varia de -1 a +1, sendo que os valores positivos indicam uma dependência espacial; valores negativos indicam correlação espacial negativa; valores próximos a 0 assinalam ausência de autocorrelação espacial. Criou-se uma matriz de vizinhança de contiguidade e considerou-se o nível de significância de 5%.

Para evidenciar os regimes espaciais, utilizou-se o diagrama de espalhamento de Moran do coeficiente de detecção calculado pelo Estimador Bayesiano Local. A visualização do mesmo se deu através do *Moran Map*, a fim de identificar *clusters* estatisticamente significantes de áreas com altos valores e vizinhos em igual condição (Q1- Padrão Alto-Alto), áreas com baixos valores e com vizinhança também em igual condição (Q2- Padrão Baixo-Baixo), ou áreas em transição (Q3- Padrão Alto-Baixo e Q4- Padrão Baixo-Alto).

Os dados concernentes aos ventiladores mecânicos e leitos de terapia intensiva para COVID-19 disponíveis nos dois períodos foram levantados do Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde – CNES (BRASIL, 2021c). O número de leitos de UTI-COVID-19 e de ventiladores mecânicos foi representado por meio de círculos de tamanhos proporcionais às quantidades indicadas no CNES e localizados nas sedes dos municípios. Esta informação foi sobreposta ao *Moran Map* para permitir a comparação entre a quantidade de insumos e os *clusters* de casos da doença.

A manipulação dos dados, o geoprocessamento das informações, a realização da análise espacial e a confecção dos mapas foram feitos utilizando os programas Excel 2013, GeoDa 1.18.0 e QGIS 3.18.1. A análise descritiva e o teste de Pearson para verificar a correlação entre as variáveis nos dois períodos de referência ao nível de confiança de 95% foram realizados utilizando o programa estatístico SPSS.

Por se tratar de um estudo realizado exclusivamente com dados secundários de domínio público, não foi necessária a submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa.

4.1.4 Resultados

Um total de 1,99 casos de COVID-19/100.000 habitantes foram notificados até 31 de julho de 2020 na Amazônia Legal, passando para 6,62 casos /100.000 habitantes até 31 de março de 2021. A Tabela 1 apresenta os dados analisados nos dois períodos de referência da pesquisa.

Tabela 1- Dados de casos de COVID-19 e recursos físicos disponíveis para o enfrentamento da pandemia em Julho de 2020 e Março de 2021 na Amazônia Legal

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio Padrão
População	946	2.219.580	36.416,04	16.212	116.588,12
Casos até Julho 2020	0	35.592	724,55	219	2.339,83
UTI até Julho 2020	0	196	2,50	0	14,57
Ventiladores até Julho 2020	0	1.040	9,84	0	65,4
Casos até Março 2021	14	159.948	2.409,61	747,5	8.524,81
UTI até Março 2021	0	360	3,84	0	22,93
Ventiladores até Março 2021	0	1.179	11,51	0	73,49
Incidência acumulada na “1ª onda” por município	0	17.061,92	1.721,11	1.282,16	1.726,49
Incidência acumulada na “2ª onda” por município	167,02	34.473,57	6.244,91	5.554,73	4.068,64

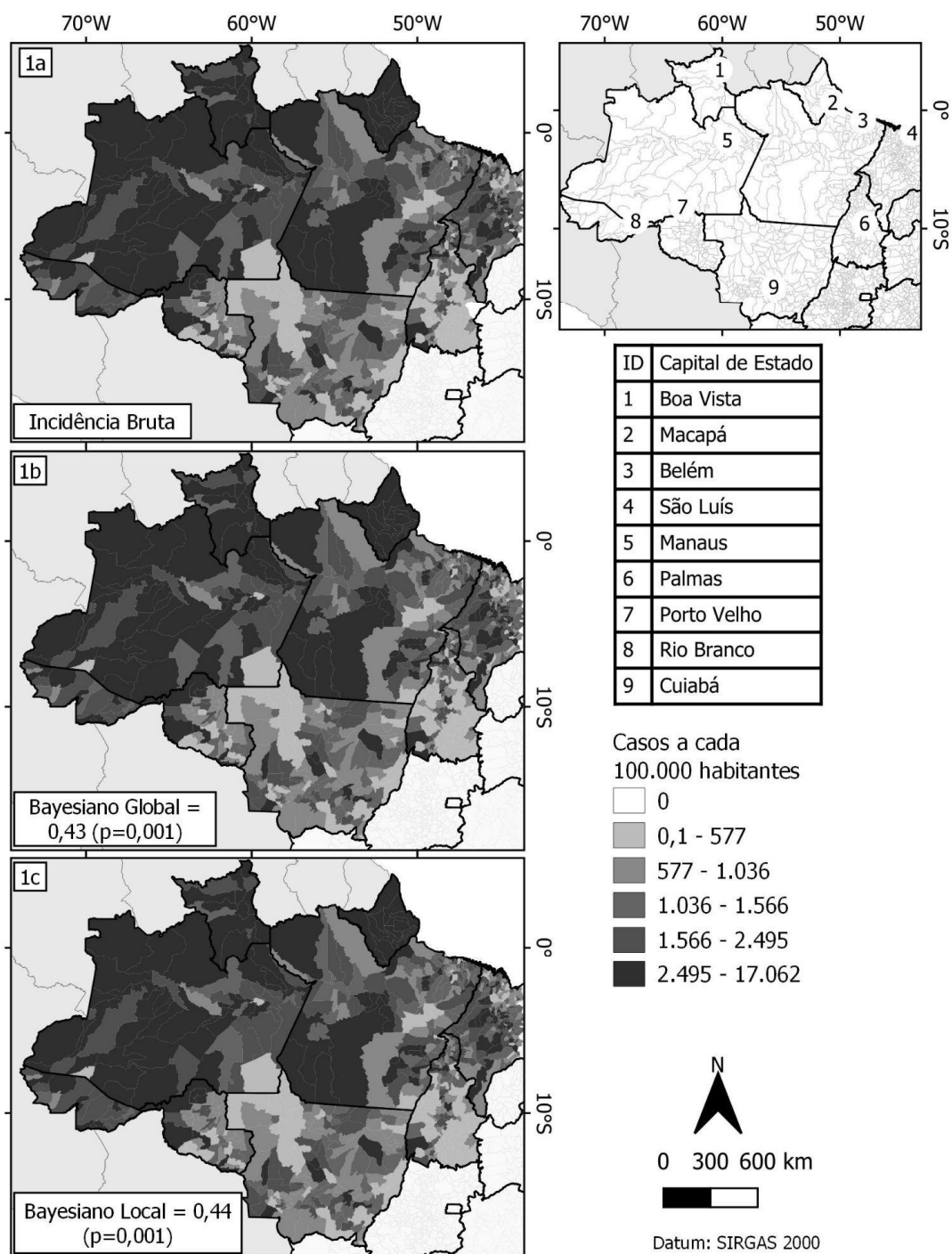
Fonte: Elaboração a partir dos dados da pesquisa.

Os índices de Moran calculados para os dois períodos pelo estimador bayesiano local foi de 0,44 ($p = 0,001$) na primeira onda e de 0,46 ($p = 0,001$) na segunda onda; pelo estimador bayesiano global, foi de 0,43 ($p = 0,001$) na primeira onda e de 0,45 ($p = 0,001$) na segunda onda. Os valores demonstraram autocorrelação espacial positiva dessa distribuição e dependência espacial entre os municípios nos dois períodos, com pouca diferença entre os dois estimadores.

As figuras 1 e 2 apresentam a distribuição das taxas de detecção da COVID-19

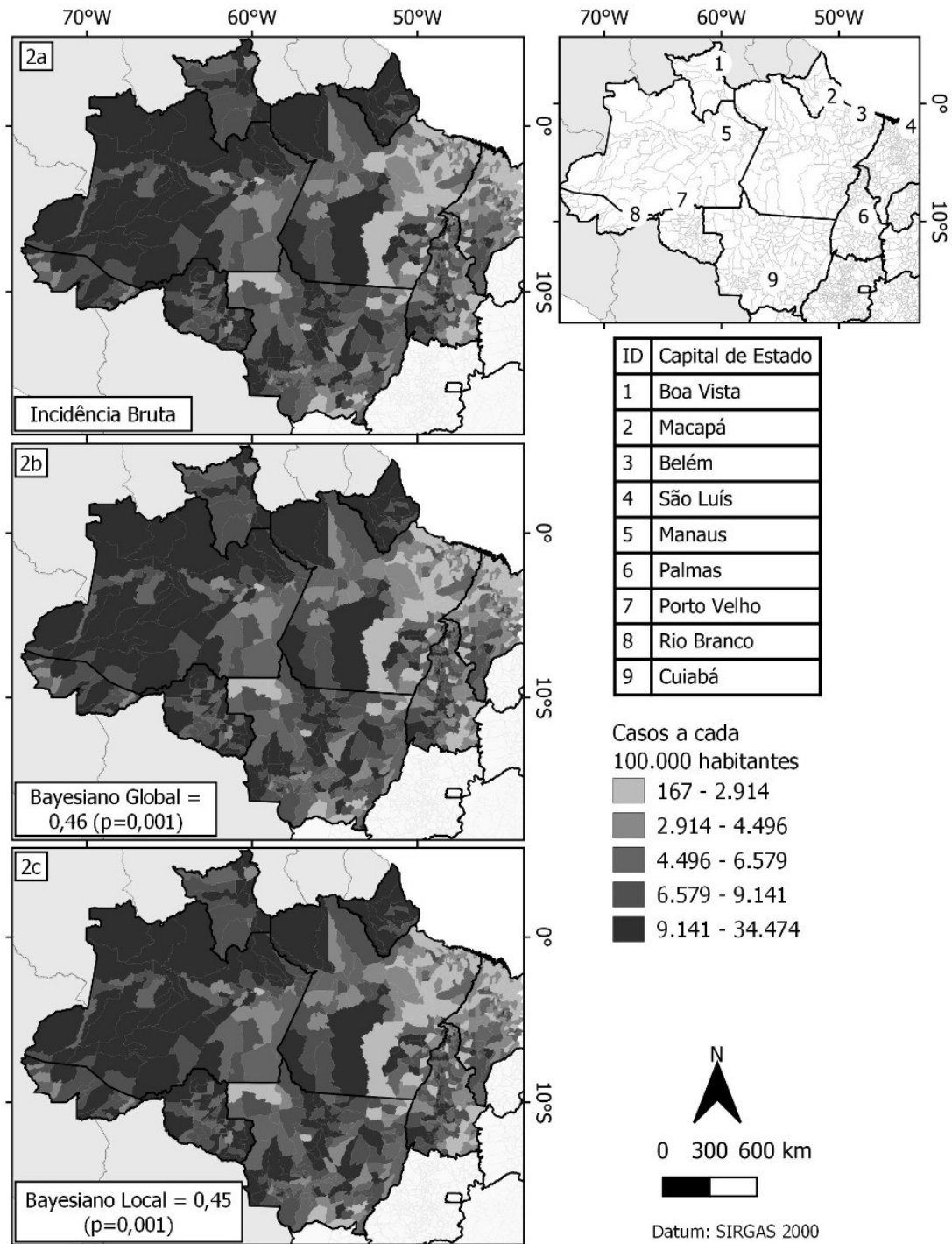
acumulada bruta e padronizada pelos métodos de estimação bayesianos globais e locais até julho de 2020 e até março de 2021, respectivamente. Conforme observado nos mapas, tanto no primeiro pico da doença como no segundo houve uma variação muito pequena entre as taxas brutas quando comparadas às taxas padronizadas.

Figura 1: Taxa de detecção de COVID-19 bruta e padronizada pelos métodos de estimação bayesiana global e local até julho de 2020 na Amazônia Legal, Brasil. (figura 1a, 1b, 1c)



Fonte: Elaboração a partir dos dados da pesquisa.

Figura 2: Taxa de detecção de COVID-19 bruta e padronizada pelos métodos de estimação bayesiana global e local até março de 2021 na Amazônia Legal, Brasil. (figura 2a, 2b, 2c)



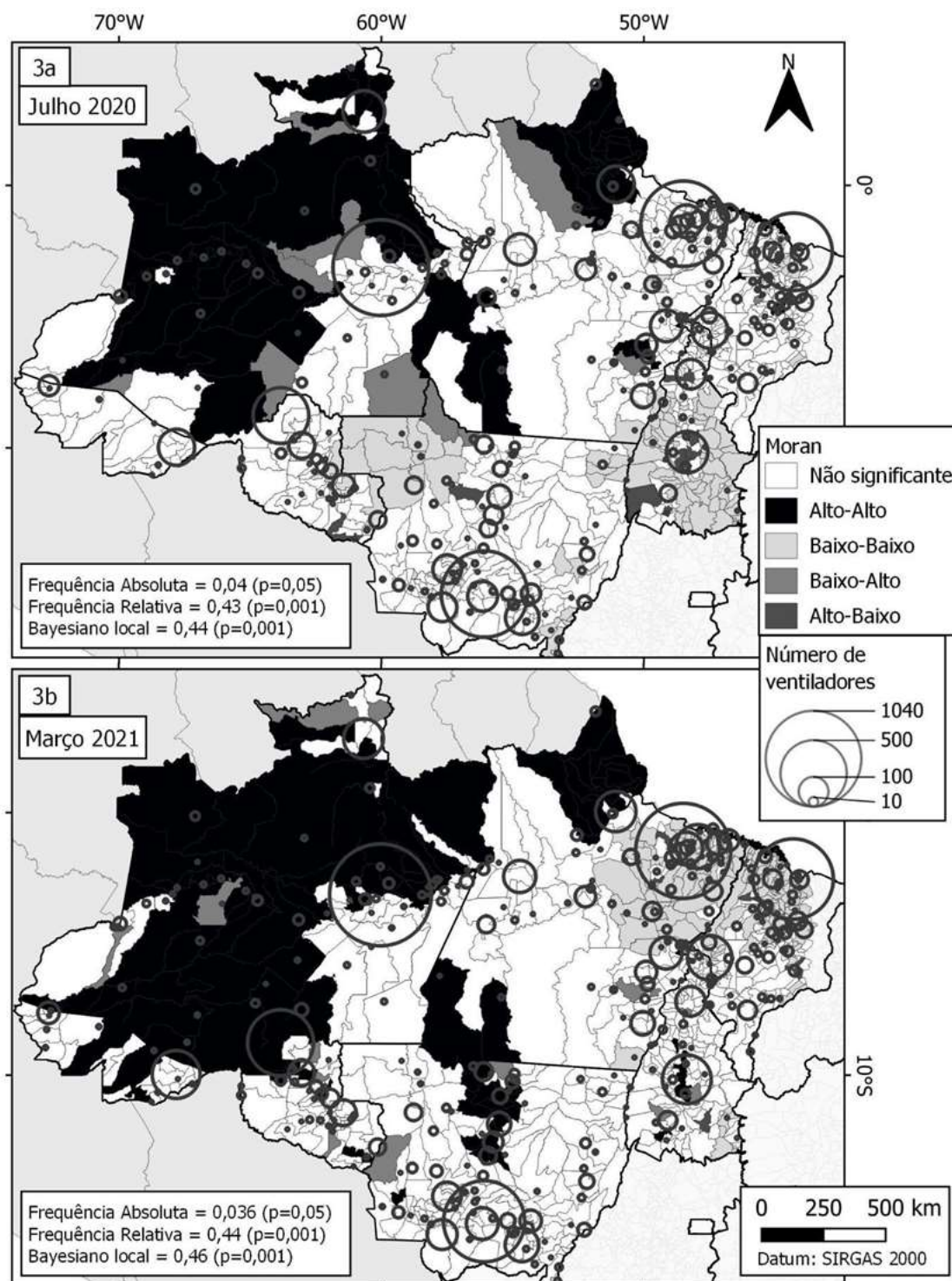
Fonte: Elaboração a partir dos dados da pesquisa.

Até julho de 2020, os municípios com coeficiente de detecção superior a 3.000 casos/100.000 habitantes se concentraram nos estados do Amapá, noroeste e centro-sul do Amazonas, leste e sul de Roraima e regiões esparsas no Pará. As menores taxas de detecção (inferiores a 1.000/100.000 habitantes) ocorreram majoritariamente no Mato Grosso, Tocantins, leste de Rondônia, norte e sudeste do Pará (Figura 1). Apenas o município de Mateiros no Tocantins não registrava casos da doença.

No mês de março de 2021, as taxas de detecção acumuladas da COVID-19 subiram expressivamente. Considerando os dados brutos, os coeficientes de detecção mais altos (superior a 8.000 casos/100.000 habitantes) se concentraram no Amapá, sul e noroeste do Pará, norte e sudoeste do Amazonas. Os municípios do Maranhão e nordeste do Pará tiveram o menor coeficiente de detecção registrado (inferior a 4.000 casos/100.000 habitantes). Também pode-se observar que todos os municípios já registravam casos da doença (Figura 2).

A Figura 3 mostra a distribuição dos ventiladores mecânicos nos municípios sobrepostos ao *Moran Map* das taxas suavizadas pelo método bayesiano local no primeiro e no segundo pico da COVID-19. Em ambos os picos da doença, observa-se concentração deste equipamento de saúde nas capitais.

Figura 3: *Moran Map* do coeficiente de detecção de casos de COVID-19 por município e distribuição do número de ventiladores mecânicos na Amazônia Legal, Brasil, 2020 e 2021 (figura 3a e 3b).



Fonte: Elaboração a partir dos dados da pesquisa.

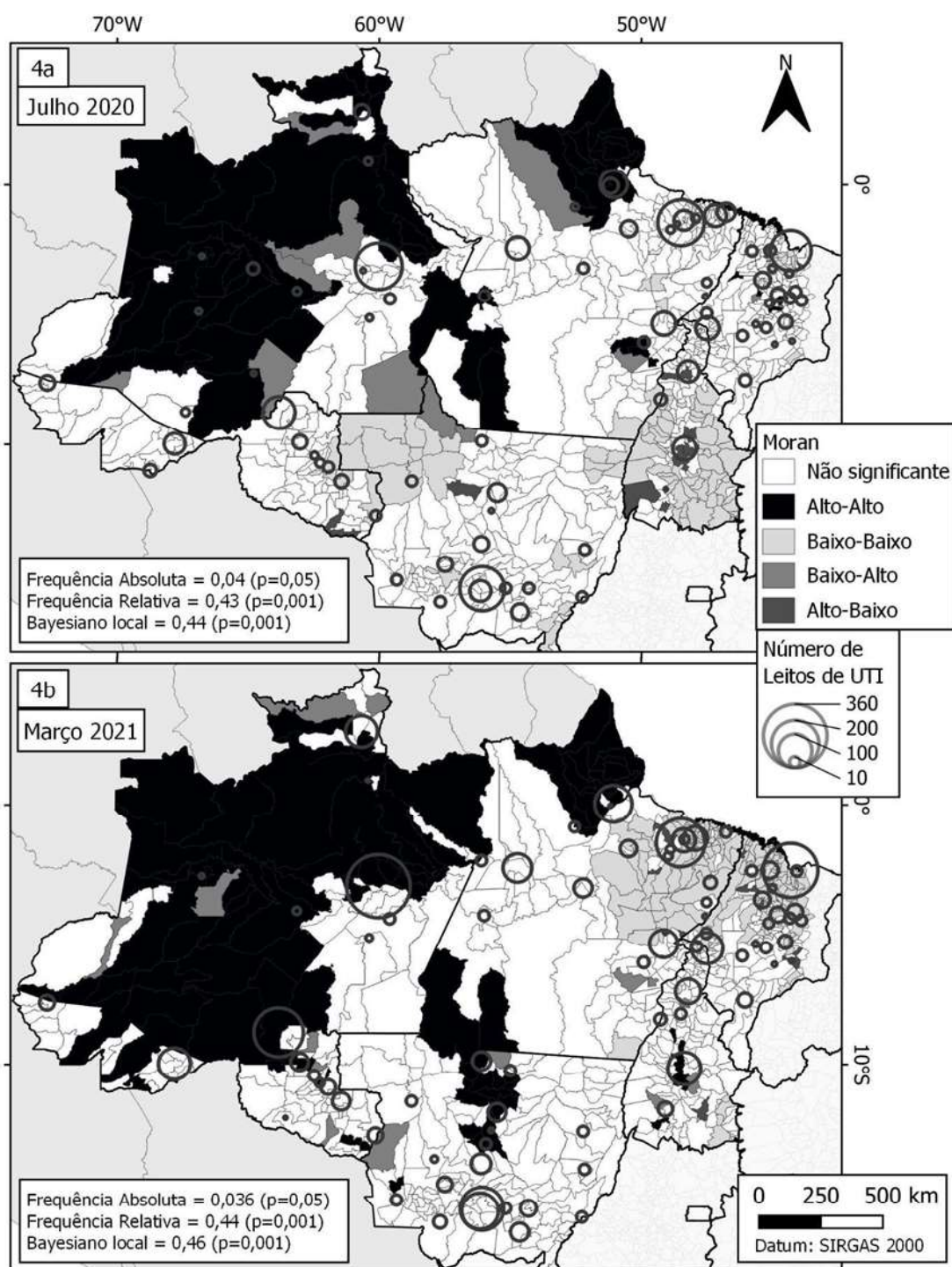
No primeiro pico, embora algumas capitais como Manaus (1.040), Cuiabá (847) e Belém (829) tenham apresentado alta concentração no número de ventiladores, observam-se regiões com padrão Alto-Alto estatisticamente significante, ou seja, altas taxas de detecção com vizinhos também apresentando altos valores, porém com poucos dispositivos. Um exemplo deste padrão é o estado do Pará, que apresentou o maior número de equipamentos em regiões que não apresentaram altas taxas de detecção da doença e poucos equipamentos em agrupamentos Alo-Alto (Novo Progresso/Itaituba e Parauapebas/Canaã dos Carajás). Assim, várias regiões críticas da doença apresentaram escassez desse recurso (Figura 3), bem como nenhuma região com padrão Alto-Alto teve disponível número elevado de leitos de UTI (Figura 4).

Ainda sobre a primeira onda, as regiões com padrão Baixo-Baixo estatisticamente significantes, ou seja, com baixa taxa de detecção e vizinhos em iguais condições, se concentram principalmente no Tocantins, que teve alocados quantidades intermediárias de ventiladores e leitos de UTI e na região noroeste e nordeste do Mato Grosso, onde os números de ventiladores e leitos de UTI também foram baixos (Figura 3 e 4).

Na segunda onda, o padrão Alto-Alto se manteve dominante no Amazonas, e se expandiu para o sudoeste e nordeste do estado. O Amapá manteve-se inalterado quanto ao padrão e à oferta de ventiladores, e no Pará o cenário se altera, com o padrão Alto-Alto agora na região noroeste e se mantendo no Sudoeste. Em Roraima manteve-se o padrão Alto-Alto ao sul do estado e houve o incremento da região central. O Acre passou a ter os municípios de Feijó, Assis Brasil e Sena Madureira com padrão Alto-Alto, contudo, destes, apenas o último com ventiladores. Em Rondônia o entorno da capital (Porto Velho) também apresentou o mesmo padrão, mas com alta concentração de ventiladores e leitos de UTI na região (Figura 3 e 4).

Na segunda onda, houve modificação das regiões com padrão Baixo- Baixo, passando a se concentrar no nordeste do Pará e no Maranhão. Ambas regiões apresentaram altas concentrações de ventiladores e leitos de UTI (Figura 3 e 4). Vale destacar que os ventiladores e leitos de UTI atendem não apenas os municípios detentores dos mesmos, mas municípios limítrofes e/ou aqueles concernentes às regiões de saúde.

Figura 4: Moran Map do coeficiente de detecção de casos de COVID-19 por município e distribuição do número leitos de UTI, Amazônia Legal, Brasil, 2020 e 2021 (figura 4a e 4b).



Fonte: Elaboração a partir dos dados da pesquisa

Considerando as regiões de saúde da Amazônia Legal, foram verificadas correlações de Pearson significativas entre variações das taxas de detecção da COVID-19, o número de ventiladores (0,267) e leitos de UTI (0,359). Isto demonstra estatisticamente que a alocação dos ventiladores mecânicos e leitos de UTI tiveram uma correlação positiva com o incremento da taxa de detecção ao comparar os dois períodos de referência ($p < 0,05$).

4.1.5 Discussão

Este estudo, ao comparar as duas ondas evidenciou um incremento da taxa de detecção de casos em 332%, de ventiladores em 14,54% e de leitos de UTI em 35%, com dependência espacial dessa distribuição das taxas nos dois períodos. Municípios com padrão Alto-Alto de detecção de COVID-19 foram recorrentes nos estados do Amapá, Amazonas e Roraima. Ressalta-se que estes são estados fronteiriços.

A grande maioria dos países não tem testado suficiente para garantir a qualidade dos indicadores de saúde relativos à COVID-19 (PILECCO et al., 2021). No Brasil, o acesso aos testes ocorreu de forma desigual, com menor capacidade de testagem em regiões mais pobres (RAFAEL et al., 2020), o que supostamente aconteceu na Amazônia Legal.

A propagação inicial e mortes por COVID-19 no Brasil, foi afetada principalmente por padrões de vulnerabilidade socioeconômica, em vez da estrutura etária da população e da prevalência de fatores de risco à saúde pré-existente (RAYMUNDO et al., 2021; ROCHA et al., 2021). A região Norte do país apresentou o maior grau de vulnerabilidade à exposição ao COVID-19 no país (TAVARES; BETTI, 2021), e as altas taxas de detecção da COVID-19 na Amazônia Legal, com alto incremento em relação às ondas da doença, corroboram essa afirmação.

No estado do Amazonas, a propagação se deu pelos mecanismos de conexão de territórios e a hierarquia urbana macrorregional. Somada a isso, a presença dos portos internacionais, do polo industrial da Zona Franca de Manaus (ZFM) e da rede fluvial, principal meio de mobilidade das populações amazônicas e de transportes de mercadorias. Esses elementos contribuíram para a interiorização da contaminação da COVID-19 (NUNES, 2021), o que pode justificar o padrão de distribuição dos casos da COVID-19 observado neste artigo.

Outro estado que apresentou padrão Alto-Alto nos dois períodos de referência analisados foi o Amapá. Ao final de maio de 2020, o estado atingiu a terceira posição em percentual de casos de COVID-19 da região Norte, porém, pelo coeficiente de incidência, foi o primeiro do Brasil (BRASIL, 2020c). A fronteira com a Guiana Francesa pode ser uma

explicação para esses números, uma vez que aquele país apresentou a maior taxa de incidência acumulada, com 14.941,98 por 100 mil habitantes em novembro de 2021 (BRASIL, 2021b). A relação dos casos entre a Guiana Francesa e o Amapá pode ser objeto de estudo futuro.

Em relação à disponibilidade de recursos de saúde na Amazônia Legal, é evidente a discrepância de regiões com padrão alto-alto e pouca quantidade de recursos físicos. Embora os serviços de saúde possam ser integrados entre localidades através das regiões de saúde, a grande demanda associada à acessibilidade geográfica pode resultar em acesso desigual aos níveis de atenção de maior complexidade. Esses dados corroboram os achados de Bezerra et al. (2020), que observaram a heterogeneidade e a desigualdade de acesso ao atendimento no sistema de saúde da população brasileira.

Estudo realizado no Brasil constatou que a taxa de mortalidade padronizada da COVID-19 foi maior na região Norte, onde foi observada a maior escassez de recursos hospitalares. As mortes por COVID-19 foram correlacionadas positivamente com vulnerabilidades socioeconômicas e negativamente com recursos hospitalares (ROCHA et al., 2021). Os achados de Moreira (2020), concluíram que as regiões de saúde que apresentaram as maiores médias de mortalidade estavam situadas em locais de escassez de leitos de UTI e de ventiladores.

Um levantamento realizado em abril de 2020 observou que os menores índices de infraestrutura de saúde foram registrados no Amapá e em Roraima. Em termos de *clusters* espaciais significativos com padrão Baixo-Baixo, o destaque foi para o Amazonas e Pará, com possibilidade de fragilidade do serviço de saúde para atendimento à população, principalmente em situações de demanda elevada (BEZERRA et al., 2020).

Embora possua grande extensão territorial, praticamente todas as UTIs do Amazonas estão localizadas na capital. Isso significa que o colapso do sistema de saúde em Manaus se traduz no colapso da saúde de todo o estado. O mesmo acontece no Amapá e em Roraima, levando os municípios da região a dependerem diretamente da infraestrutura de saúde da capital.

A inequidade no acesso à saúde no Amazonas é imposta pela dispersão demográfica e o vasto território, com extensas bacias hidrográficas, coberto pela floresta amazônica e com precariedade da rede de circulação (GAMA et al., 2018). Estas características repercutem em dificuldades aos pacientes com COVID-19 oriundos de localidades menores e longínquas, com dificuldade de deslocamento para as centralidades regionais onde estão disponíveis os serviços de média e alta complexidade (NUNES, 2021). Além disso, o incremento de ventiladores mecânicos (14,54%) e leitos de UTI adultos de COVID-19 (35%) da primeira onda para a

segunda na Amazônia Legal não foi proporcional ao aumento da taxa de detecção em 332%.

A perspectiva é que o Brasil possa enfrentar surtos recorrentes de COVID-19. A recomendação é que os países utilizem dados cada vez mais detalhados para ajustarem e coordenarem as respostas à COVID-19 (OPAS, s.d). O uso de dados geoprocessados em sistemas de informações geográficas podem subsidiar nas decisões, gerando mais velocidade e assertividade nas ações de saúde pública. Com isso, espera-se que este estudo contribua no planejamento de distribuição de recursos de saúde, levando em conta as áreas de maior vulnerabilidade.

O estudo apresenta limitação de estudos ecológicos, como a impossibilidade de relacionar exposição e desfecho em nível individual. No Brasil, a testagem é feita preferencialmente em pessoas sintomáticas, havendo necessidade de cautela na análise da incidência de casos, diante da possibilidade de subnotificação, baixa testagem em regiões mais remotas e principalmente nas populações vulneráveis, onde o acesso ao serviço de saúde e a informação são limitados. Apesar dos dados serem atualizados diariamente, é passivo de defasagem, pois as Secretarias Municipais e Estaduais de Saúde possuem autonomia para corrigir a informação do local de residência após a investigação da ocorrência da notificação e repassá-la ao Ministério da Saúde. Outro ponto, é que o sistema de informação do governo federal foi atualizado diversas vezes durante a pandemia e foi implantado para fins de vigilância epidemiológica, sendo preenchidos por pessoas não vinculadas à pesquisa, ou seja, passivo de erros. Contudo, a relevância de análise dos dados coletados permitiu o entendimento da distribuição da COVID-19 nas duas ondas.

4.1.6 Considerações Finais

Os valores demonstraram autocorrelação espacial positiva da distribuição da COVID-19 e dependência espacial entre os municípios nos dois períodos. Também se evidenciou maiores taxas da doença nos estados do Amapá, Amazonas e Roraima. Em relação aos recursos de saúde, observou-se alocação de forma ineficiente, com maior concentração nas capitais.

O método de análise espacial permite assim mensurar a acessibilidade espacial dos serviços de saúde para subsidiar políticas públicas e alocação dos recursos de forma eficiente e eficaz.

REFERÊNCIAS

BECKER, J.N.; NERO, M.A. **Avaliação da aplicação dos estimadores bayesianos empíricos na determinação das áreas de risco de transmissão da malária**. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). **Boletim Observatório COVID-19, 16 de março 2021**. 2021a. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim_extraordinario_2021-marco-16-red-red-red.pdf>. Acesso em: 11 nov 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. COVID-19. **Painel Coronavírus**. 2020a. Disponível em: <https://covid.saude.gov.br/> Acessado: 10 mai 2021

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS. **População Residente. Estudo de Estimativas Populacionais por Município, Idade, Sexo 2000-2020**. 2020b Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?popsvs/cnv/popbr.def>>. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Superintendência de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico nº 06**. Doença pelo Novo Coronavírus 2019 - COVID-19. Amapá, 2020c.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Avaliação de risco no cenário da COVID-19 N44 SE 44**. 2021b. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/avaliacao-de-risco-para-COVID-19/avaliacao-de-risco-no-cenario-da-COVID-19>>. Acesso em: 1 ago. 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). Banco de dados do Sistema Único de Saúde. DATASUS. CNES. **Recursos Físicos- Equipamentos- Tocantins**. 2021c. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?cnes/cnv/equipobr.def>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

BEZERRA, É.C.D. et al. Spatial analysis of Brazil's COVID-19 response capacity: A proposal for a healthcare infrastructure index. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 25, n. 12, p. 4957–4967, 2020.

CASTRO, M.C. et al. Brazil's unified health system: the first 30 years and prospects for the future. **The Lancet**, v. 394, n. 10195, p. 345–356, 2019.

CASTRO, M.C. et al. Spatiotemporal pattern of COVID-19 spread in Brazil. **Science**, v. 372, n. 6544, p. 821–826, 2021.

GAMA, A.S.M. et al. Inquérito de saúde em comunidades ribeirinhas do Amazonas, Brasil. **Cadernos de Saude Publica**, v. 34, n. 2, p. 1–16, 2018.

GARNELO, L.; SOUSA, A. B. L.; DA SILVA, C. D. O. Health regionalization in Amazonas: Progress and challenges. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 22, n. 4, p. 1225–1234, 2017.

GRASSELLI, G. et al. Baseline characteristics and outcomes of 1591 patients infected with SARS-CoV-2 admitted to ICUs of the Lombardy Region, Italy. **JAMA**, v. 323, n. 16, p. 574-1581, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE atualiza Mapa da Amazônia Legal**. [Internet] 2020. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28089-ibge-atualiza-mapa-da-amazonia-legal>>. Acesso em: 11 jun. 21.

MASCARENHAS, A.L. DOS S., VIDAL, M. R. Estimativa da prevalência de infecção por COVID-19 na amazônia legal a partir da teoria corológica e da ciência da informação geográfica. **Revista Ensaios de Geografia**, v.5, n.9, p. 16–21, 2020.

MOREIRA, R. D. S. COVID-19: Intensive care units, mechanical ventilators, and latent mortality profiles associated with case-fatality in Brazil. **Cadernos de Saude Publica**, v. 36, n. 5, p. 1–12, 2020.

MYERS, L.C.; PARODI, S.M.; ESCOBAR, G.J. et al. Characteristics of Hospitalized Adults With COVID-19 in an Integrated Health Care System in California. **JAMA**, v.323, n. 21, p. 2195-219, 2020.

NUNES, M. Nota Técnica: **O papel das estruturas territoriais na propagação da COVID-19 na Fronteira Amazônica**. IPEA, 2021.

ORELLANA, J.D.Y. et al. Explosion in mortality in the Amazonian epicenter of the COVID-19 epidemic. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 36, n. 7, p. 1–8, 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Países devem se preparar para enfrentar surtos recorrentes de COVID-19 pelos próximos 2 anos**. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/noticias/24-6-2020-paises-devem-se-preparar-para-enfrentar-surtos-recorrentes-COVID-19-pelos>>. Acesso em: 11 dez. 2020.

PILECCO, F.B. et al. The effect of laboratory testing on COVID-19 monitorinindicators: an analysis of the 50 countries with the highest number of cases. **Epidemiologia e Servicos de Saúde**, v.30, n.2, p.1–10, 2021.

RAFAEL, R.M.R. et al. Effect of income on the cumulative incidence of COVID-19: An ecological study. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 28, p. 1–11, 2020.

RAYMUNDO, C.E. et al. Spatial analysis of COVID-19 incidence and the sociodemographic context in Brazil. **PLoS ONE**, v. 16, n. 3 March, p. 1–16, 2021.

ROCHA, R. et al Effect of socioeconomic inequalities and vulnerabilities on health-system preparedness and response to COVID-19 in Brazil: a comprehensive analysis. **The Lancet Global Health**, v. 9, n. 6, p. e782–e792, 2021.

SANTOS, D. et al. **Índice de Progresso Social na Amazônia brasileira**: IPS Amazônia 2018. Belém: Imazon/Social Progress Imperative, 2018.

SHI, Y. et al. An overview of COVID-19. **Journal of Zhejiang University: Science B**, v. 21, n. 5, p. 343–360, 2020.

TAVARES, F. F.; BETTI, G. The pandemic of poverty, vulnerability, and COVID-19: Evidence from a fuzzy multidimensional analysis of deprivations in Brazil. **World Development**, v. 139, p. 105307, 2021.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION . **Painel de Emergência de Saúde da OMS**. [Internet]. Disponível em:<<https://covid19.who.int/region/amro/country/br>>. Acesso em: 18 jun.2021.

YANG, X.; YU, Y.; XU, J. et al.. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study. **Lancet Respir Med**. v.8, n.5, p. 475-481., 2020.

4.2 ARTIGO 2: EFICIÊNCIA DE ALOCAÇÃO DOS RECURSOS DE SAÚDE DA AMAZÔNIA LEGAL NA COVID-19: UMA ABORDAGEM POR ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Publicado na Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional- RBGDR-
Qualis A1

DOI: <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v20i2.7630>

4.2.1 Resumo

Os gestores públicos enfrentaram um árduo desafio na alocação dos recursos de saúde durante a última crise sanitária. A Amazônia Legal, devido às suas peculiaridades territoriais e por ter sido epicentro da pandemia, requer uma atenção da sua atuação. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência das regiões de saúde na Amazônia Legal na alocação de recursos durante a pandemia da COVID-19. Foram analisadas 77 regiões de saúde por meio da Análise Envoltória de Dados, considerando os recursos de saúde como *inputs* e as taxas de letalidade e mortalidade como *outputs*. Apenas 11,69% das regiões foram consideradas eficientes, com o Amapá em destaque pelo melhor resultado e o Pará, Mato Grosso, Rondônia, Maranhão, Acre e Roraima com os piores desempenhos. A região de saúde Norte Araguaia Karajá e Vale do Guaporé, foram identificadas como parceiros de excelência para maior quantidade de regiões. A alocação de recursos de saúde mostrou-se ineficiente, com melhores resultados em regiões isoladas. Investir apenas na alocação de recursos sem considerar o isolamento social e outras políticas públicas como parte integrante das estratégias para enfrentar a pandemia não é uma abordagem ideal para conter a disseminação do vírus e proteger a saúde da população.

Palavras chave: COVID-19. Alocação de recursos. Eficiência

4.2.2 Introdução

O Sistema Único de Saúde (SUS) foi criado para garantir o direito da população à saúde universal, gratuita e integral (SCOREL et al., 2007). Nos trinta anos desde sua criação, tem-se percebido progressos consistentes, embora, alguns fatores, como o financiamento inadequado, a infraestrutura de saúde insatisfatória, os recursos humanos insuficientes e as distâncias geográficas, estejam prejudicando o acesso dos pacientes ao serviço de saúde (CASTRO et al., 2019; GÓMEZ; JUNGSMANN; LIMA, 2018).

A pandemia da COVID-19 gerou o maior colapso sanitário e hospitalar da história do

país e colocou em xeque o sistema de saúde de diversos países, incluindo o do Brasil. O atendimento aos pacientes trouxe à tona disparidades na oferta e no acesso à recursos nas esferas públicas e privadas e em diferentes regiões do país, bem como iniciativas para preservar a segmentação assistencial (COSTA et al., 2020; MARCKMANN et al., 2020).

A disseminação dos casos e a mortalidade decorrentes da COVID-19 se deu de maneira diferente entre as regiões, em função das adoções de medidas de isolamento social, disponibilidade de leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) e equipamentos de saúde, estrutura do mercado de trabalho, condições sociais e de saneamento, entre outros fatores. Entretanto, um fator que demarcou uma desigualdade regional crítica foi a desproporção da alocação de trabalhadores da saúde para atender pacientes infectados pelo coronavírus (SANTOS; MANZANO; KREIN, 2021). Tais condições levaram os estados brasileiros a lidar com uma demanda maior do que a capacidade disponível do SUS para responder (DE ANDRADE et al., 2020), mesmo com a participação da saúde suplementar. Exemplo disso, foram as taxas de ocupação de leitos de UTI COVID-19 para adultos no SUS no Brasil, em março de 2021, onde os valores foram iguais ou superiores a 80% em 24 estados e no Distrito Federal, sendo 15 deles com taxas iguais ou superiores a 90% (BRASIL, 2021a).

A Amazônia Legal, localizada ao Norte do Brasil, possui uma densidade populacional baixa. Contudo, foi marcada pela alta concentração de casos da COVID-19 (MASCARENHAS; VIDAL, 2020) e discrepante distribuição dos recursos de saúde, com regiões com alta taxa de detecção e vizinhos em igual situação, porém com pouca quantidade de leitos de UTI e ventiladores mecânicos, tendo os recursos concentrados nas capitais (REZENDE et al., 2023).

O planejamento e a gestão da alocação de recursos de saúde são fundamentais para atender à demanda das regiões, evitar óbitos e prevenir o colapso do sistema. Para isso, os gestores públicos devem conhecer a eficiência do sistema para identificarem as áreas que necessitam de investimentos e gerenciamento dos recursos existentes. A Amazônia Legal, por suas características territoriais e por ter sido um epicentro da pandemia na segunda onda, merece destaque na análise da distribuição desses recursos. Os achados desta pesquisa podem ser um suporte valioso para as políticas públicas de saúde da região, ao subsidiar informações que promovam uma gestão mais eficaz e equitativa.

Assim, um planejamento estratégico que leve em conta as especificidades regionais e a demanda real é essencial para mitigar disparidades no acesso à saúde. Ao identificar áreas carentes e direcionar investimentos, os gestores não apenas fortalecem a infraestrutura de saúde, mas também garantem acesso a um sistema universal, gratuito e integral, promovendo o bem-

estar social e econômico das regiões. Diante disso, o objetivo deste estudo é avaliar a eficiência das regiões de saúde na alocação dos recursos de saúde da Amazônia Legal no enfrentamento da pandemia da COVID-19.

Desenvolvimento Regional e a Efetividade do Sistema Único de Saúde

O desenvolvimento regional ocorre de forma desigual fortalecendo as regiões mais dinâmicas em detrimento das menos dinâmicas, e se manifesta em aspectos intra e inter-relacionados (SIMÕES; LIMA, 2009). Seu conceito é dinâmico e complexo, moldado por um processo histórico contínuo que requer transformações significativas nas estruturas sociais e econômicas. Este processo envolve a colaboração entre diversos atores regionais para promover mudanças estruturais e estratégias conjuntas. A definição de desenvolvimento regional não é estática, mas sim multifacetada e aberta a interpretações profundas devido à sua complexidade e diversidade. As regiões enfrentam desafios na construção conceitual devido aos conflitos de interesses entre diferentes partes interessadas, à interação entre fatores internos e externos, e à contínua adaptação às influências históricas e contextuais. Esta abordagem integral e interdisciplinar destaca a necessidade de uma visão ampla e integrada para compreender e promover o desenvolvimento regional de maneira sustentável e inclusiva (CORREA; SILVEIRA; KIST, 2019).

No contexto do desenvolvimento regional, é crucial considerar a participação da sociedade local na formulação de políticas territoriais, visando abordar questões que envolvem mudanças na estrutura social e na alocação de recursos pelos diversos setores da economia, com o propósito de melhorar os indicadores de bem-estar econômico e social, como pobreza, desemprego, desigualdade, condições de saúde, alimentação, educação e moradia (VASCONCELLOS; GARCIA, 1998).

Sen (2010) destaca que o desenvolvimento envolve a expansão das liberdades humanas, enfatizando que aspectos econômicos também são relevantes para superar obstáculos. Essa liberdade abrange acesso à educação, saúde e direitos civis, permitindo participação, escolha e oportunidades. Ele argumenta que é crucial remover as fontes de privação de liberdade, como a pobreza, a falta de oportunidades econômicas, a exclusão social, a negligência dos serviços públicos e a interferência excessiva de governos repressivos.

A Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR), estabelecida pelo Decreto Nº 11.962, de 22 de março de 2024, tem como objetivo reduzir desigualdades econômicas e sociais intra-regionais e inter-regionais. Ela promove o crescimento econômico sustentável, a

geração de renda e a melhoria da qualidade de vida da população por meio de uma ação coordenada entre esferas federal, estadual, distrital e municipal, tanto pública quanto privada. (BRASIL, 2024).

Os princípios que norteiam a PNDR, segundo Brasil (2024), incluem transparência e participação social; solidariedade regional e cooperação federativa; planejamento integrado e transversalidade; desenvolvimento sustentável; atuação em nível multiescalar no território nacional; reconhecimento e valorização da diversidade ambiental, social, cultural e econômica das regiões; e competitividade e equidade no desenvolvimento produtivo. Dentre os objetivos da PNDR estão:

I - Promover a redução das desigualdades regionais no Brasil, buscando equidade no acesso a oportunidades de desenvolvimento em áreas com baixos indicadores socioeconômicos;

II - Criar uma rede de cidades com funções policêntricas, apoiando a descentralização e interiorização do desenvolvimento, levando em conta as características específicas de cada região;

III - Estimular o aumento da produtividade e a competitividade em regiões que enfrentam declínio populacional e altas taxas de emigração;

IV - Incentivar a diversificação econômica e a agregação de valor em cadeias produtivas estratégicas para o desenvolvimento regional, priorizando critérios como geração de renda e sustentabilidade, especialmente em áreas com foco na produção de commodities agrícolas ou minerais.

A saúde tem assumido um papel cada vez mais estratégico na agenda de desenvolvimento, e sua relação com este tem sido amplamente reconhecida. Essa interação entre saúde e desenvolvimento é complexa e está profundamente ligada ao campo da economia, envolvendo diversos interesses sociais, políticos e econômicos. Nesse contexto, a saúde atua como um motor de desenvolvimento regional, abordando as desigualdades socioeconômicas que se manifestam em diferentes áreas do país (GESSI et al.; 2021).

A Constituição Federal de 1988 estabeleceu os fundamentos para uma profunda reestruturação do Sistema de Saúde no Brasil, ao formalizar princípio igualitário e o comprometimento público com a garantia desta igualdade. A criação do Sistema Único de Saúde (SUS) representa uma "carta fundadora" de uma nova ordem social na área da saúde, fundamentada nos princípios da universalidade e equidade. Estruturado com base na descentralização, integralidade do atendimento e participação comunitária, o SUS visa assegurar acesso universal e gratuito aos serviços de saúde, promovendo assim a justiça social e a melhoria da qualidade de vida da população brasileira (MENICUCCI, 2009). Essa iniciativa

visa não apenas combater as desigualdades socioeconômicas na saúde, mas também promover a democratização do acesso aos serviços, integrando ações de promoção, proteção e recuperação da saúde para toda a população.

O modelo do SUS representou uma revolução social ao garantir assistência de saúde gratuita a toda a população. No entanto, sua complexidade e a necessidade de uma ampla gama de recursos para funcionar eficientemente apresentam desafios significativos aos gestores públicos (ANDRADE et al., 2017). Em países em desenvolvimento, a gestão dos gastos em saúde é ainda mais crítica devido à escassez de recursos (ZUCCHI; DEL NERO; MALIK, 2000).

O SUS enfrenta desafios significativos em sua efetividade prática. Um desses desafios reside na dificuldade do Estado em articular políticas sociais e econômicas que consolidem as questões de saúde e contribuam efetivamente para reduzir as desigualdades. Isso é amplificado pela complexidade de um país com uma malha municipal heterogênea e uma vasta extensão territorial continental (GESSI et al., 2021).

Nesse cenário, é claro que quanto mais extensas forem as atividades de uma área de atuação governamental, maior será o desafio de realizar monitoramento e avaliação eficazes. Sem uma avaliação adequada dessas atividades, não se obtém um diagnóstico preciso sobre sua eficiência. Portanto, há uma crescente necessidade de ferramentas e metodologias que possibilitem uma avaliação mais precisa dessas atividades, visando à formulação de estratégias para melhorar os serviços públicos em questão (ANDRADE et al., 2017).

Entre as diversas metodologias utilizadas para avaliar a eficiência, destaca-se o método de Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA), uma ferramenta que tem demonstrado êxito em estudos de eficiência na administração pública. Exemplo disso, pode ser observado nos estudos de Santos e Rover (2019); Matosinhos; Lavorato; Silveira (2020); Garmatz; Vieira; Sirena, (2021); Mazon; Freitas; Colussi (2021); Forchezatto; Petr; Braatz, (2022). Essas pesquisas destacam a importância de métricas objetivas para avaliar o desempenho de políticas públicas, como aquelas relacionadas à gestão municipal de saúde.

Segundo Teixeira e Molesini (2002) o gestor municipal de saúde tem a responsabilidade de planejar o sistema de saúde do município. Isso inclui principalmente a realização da territorialização das condições de saúde da população, identificando disparidades epidemiológicas e sociais. A partir dessa análise, o gestor deve elaborar propostas e implementar ações específicas voltadas para enfrentar os problemas de saúde e os riscos existentes na comunidade.

4.2.3 Material e métodos

Trata-se de estudo descritivo exploratório, transversal. O cenário avaliado foi a Amazônia Legal, tendo como unidade de análise as regiões de saúde, conceituadas como o espaço geográfico contínuo, instituído pela união de municípios limítrofes, delineado a partir de identidades culturais, econômicas e sociais e de redes de comunicação e infraestrutura de transportes compartilhados, com o propósito de integrar a organização, o planejamento e a execução de ações e serviços de saúde (BRASIL, 2011).

Os dados referentes aos casos de COVID-19 por município de residência foram extraídos do Painel Coronavírus do Ministério da Saúde no dia 10 de abril de 2021 (BRASIL, 2021b). Foram utilizados dados de casos acumulados até 31 de março de 2021. Tal período se justifica por ser um dos picos de COVID-19 no Brasil, conforme visualizado no gráfico de casos por semana epidemiológica no site da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2021). Ressalta-se que os dados são atualizados ou corrigidos constantemente, inclusive sobre o município de notificação nem sempre ser o mesmo onde a pessoa notificada reside, havendo retificação após a conclusão do processo de investigação. Ao todo, foram registrados 1.860.217 casos de COVID-19 no período de referência deste estudo. Para cálculo das taxas de mortalidade utilizaram-se dados sobre a população residente por município correspondente às estimativas do IBGE para o ano de 2020 (BRASIL, 2020a).

Os dados concernentes aos ventiladores mecânicos, leitos de unidade terapia intensiva (UTI) para COVID-19 disponíveis e os recursos humanos (médicos clínico geral, fisioterapeutas e enfermeiros) foram levantados do Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde – CNES (BRASIL, 2021c; BRASIL, 2021d).

Para avaliar a eficiência das regiões de saúde na alocação dos recursos de saúde foi utilizada a *Data Envelopment Analysis* (DEA), conceituada como uma ferramenta de programação matemática usada para medir a eficiência relativa de um conjunto de *Decision Making Unit* (DMU), ou unidade de tomada de decisão, com múltiplas entradas e saídas, na qual varia entre 0 e 1, sendo ineficiente e eficiente respectivamente (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

Neste estudo, os *inputs* foram o número de leitos de UTI, de ventiladores mecânicos e de profissionais de saúde. Já como *outputs*, foram utilizados a relação inversa da taxa de mortalidade e da taxa de letalidade da COVID-19 ($1/\text{outputs}$), visto que são produtos indesejáveis. Como DMU, foram analisadas 77 regiões de saúde. Apesar do objeto de estudo contar com 78 regiões de saúde, uma foi excluída (Caxias-MA), por ter apenas um município

na área de abrangência da Amazônia Legal.

As DMUs possuem processos produtivos semelhantes e se diferem na quantidade de insumos (*inputs*) e nas ações produzidas (*outputs*). As regiões de saúde têm seus desempenhos avaliados por meio de comparação dos insumos e produtos com outras regiões (ANDRADE et al., 2014). Esta modelagem permite estabelecer escores, com identificação dos parceiros de excelência (*benchmarks*), no quais as DMUs ineficientes devem almejar o desempenho e realizar ações de melhorias baseadas no direcionamento dessas DMUs que apresentaram melhores desempenhos (FERREIRA; GOMES, 2020).

A Análise Envoltória de Dados (DEA) pode ser expressa por meio do modelo CCR original, de Charnes, Cooper e Rhodes em 1978, que foi concebido inicialmente como um modelo orientado à entrada (*input*) e trabalha com retorno constante de escala (CRS), isto é, a variação na entrada (*inputs*), produz variação proporcional nas saídas (*outputs*). Já o modelo BCC ampliado por Banker, Charnes e Cooper em 1984 utiliza o retorno variável de escala (VRS), procurando, assim, evitar problemas existentes em situações de competição imperfeita (BANKER, 1996; ANDRADE et al., 2014). Para identificar qual modelo se adequa mais aos dados, foi utilizado o teste não paramétrico de duas amostras de Kolmogorov-Smirnov, sugerido por Banker (FERREIRA; GOMES, 2020), sendo a operacionalização feita por linguagem R.

A manipulação dos dados, o geoprocessamento das informações, a realização da análise espacial e a confecção dos mapas se deram por meio dos programas Excel 2013 e QGIS 3.30.0. A análise da eficiência técnica foi realizada com o pacote Benchmarking no software estatístico R, versão 4.3.3. As bases cartográficas foram obtidas no ‘Portal de Mapas’ do IBGE (limites territoriais, sedes municipais e rodovias).

Por se tratar de um estudo empreendido exclusivamente com dados secundários de domínio público, não foi necessária a submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa.

4.2.4 Resultados

Após a estimação dos níveis de eficiência técnica sobre a pressuposição de retornos VRS e CRS, foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov ($p=0.003558$) que rejeitou a hipótese nula de ausência de ineficiência de escala, ou seja, os tamanhos das DMUs influenciaram na eficiência, sendo o modelo com a pressuposição de VRS é o mais adequado. Tal resultado era esperado visto que o modelo CRS pressupõe escala ótima para as firmas, entretanto, a distribuição irregular de recursos da saúde, a discrepância das regiões de saúde e o padrão

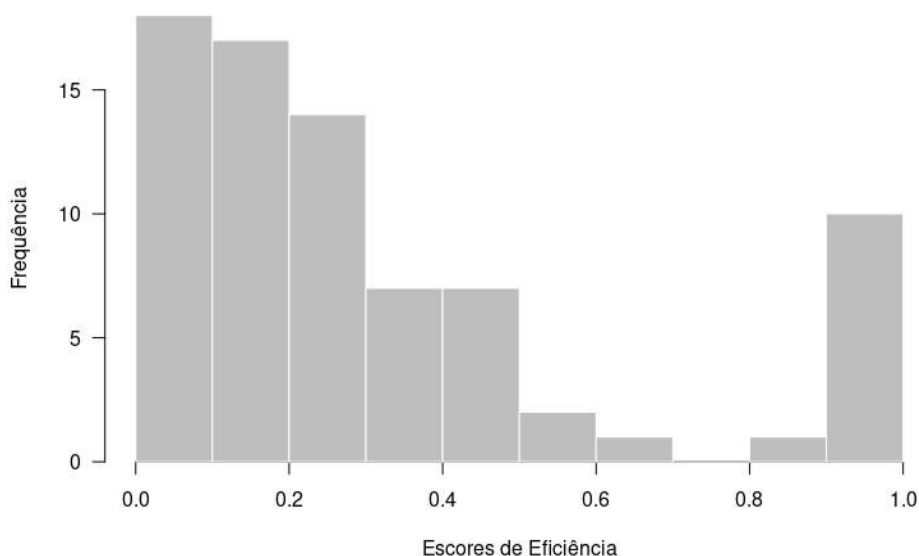
heterogêneo das taxas da COVID-19, levaram às DMUs a operarem fora dessa escala.

A eficiência média das regiões de saúde foi 0,324, variando de 0,01026 a 1,000000, conforme cálculo com retornos variáveis de escala, orientado ao insumo, com base nas variáveis selecionadas. Portanto, os municípios podem reduzir os insumos empregados em 67,6% e mesmo assim, manter as taxas de letalidade e mortalidade constantes. Esta adequação ganha importância significativa diante da escassez de insumos no SUS, e permite a realocação desses recursos para outras áreas de atendimento.

Das setenta e sete regiões de saúde, nove estão operando com 1 (um) de eficiência global, sendo uma no estado do Acre (Alto Acre), duas no Amapá (Área Norte e Área Sudoeste), duas no Maranhão (Itapecuru Mirim e Rosário), duas no Mato Grosso (Norte Araguaia Karajá e Vale dos Arinos), uma em Rondônia (Vale do Guaporé) e uma no Tocantins (Sudeste). Estas regiões de saúde apresentam a melhor atuação quando comparado com as demais, dado que elas utilizam os recursos sem desperdício e operam em escala ótima de produção. Isso implica em equilibrar a oferta de serviços de saúde e a demanda dos pacientes, maximizando a capacidade de atendimento sem desperdiçar recursos.

O histograma dos escores de eficiência das regiões de saúde da Amazônia Legal com pressuposição de retornos variáveis à escala permitiu identificar que os níveis de eficiência se concentram abaixo de 0,3, com apenas 11,69% das DMUs apresentando eficiência igual a 1 (Figura 1).

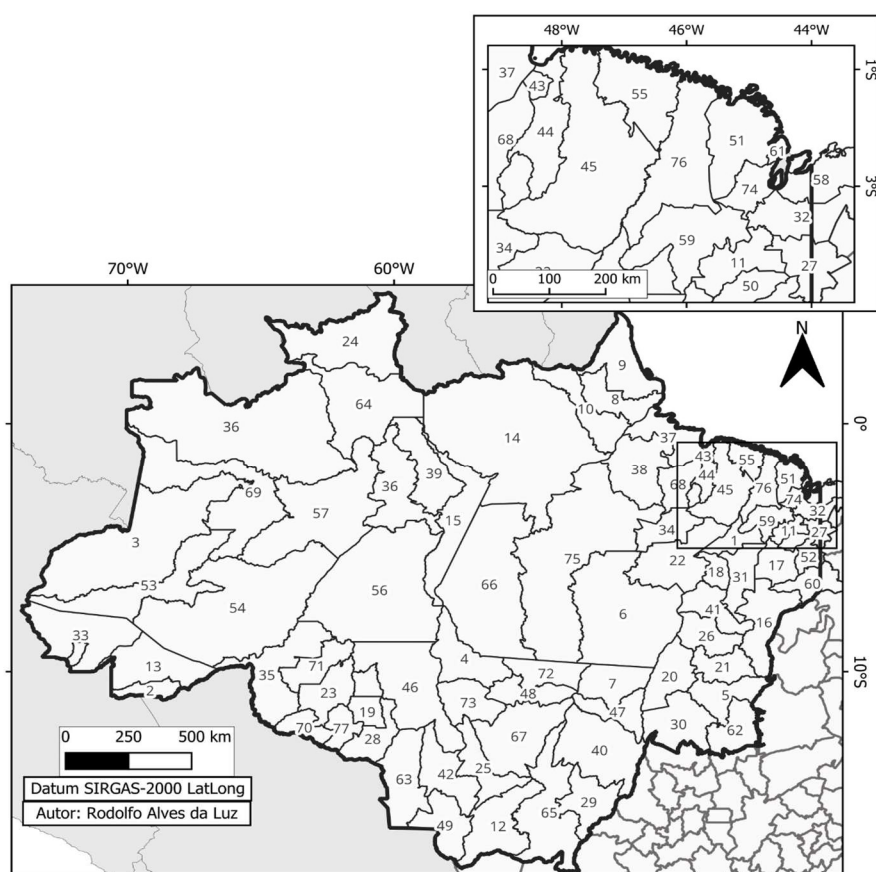
Figura 1: Histograma dos Escores de Eficiência das Regiões de Saúde da Amazônia Legal.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da pesquisa

A fim de facilitar a visualização, foram confeccionados mapas das regiões de saúde da Amazônia Legal (Figura 2). Outro mapa elaborado possibilitou observar que 35 regiões de saúde da Amazônia Legal estão enquadradas no pior intervalo de eficiência, sendo mais evidentes no Pará, Mato Grosso, Rondônia e Maranhão e proporcionalmente em extensão do estado, no Acre e em Roraima. Amapá é a região com o melhor nível de eficiência (Figura 3).

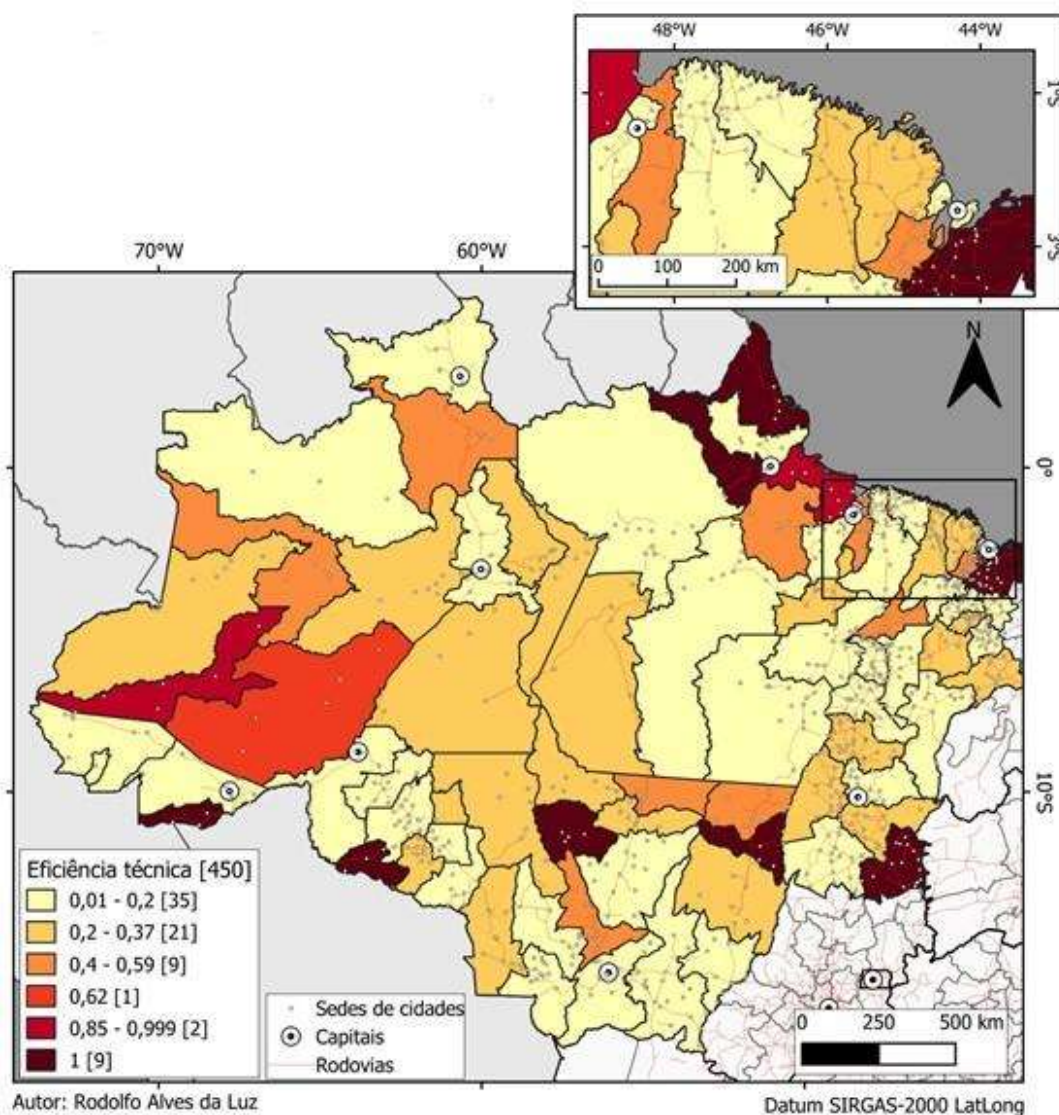
Figura 2: Regiões de Saúde da Amazônia Legal



id	Nome	UF	id	Nome	UF	id	Nome	UF	id	Nome	UF
1	Açailândia	MA	20	Cantão	TO	39	Médio Amazonas	AM	58	Rosário	MA
2	Alto Acre	AC	21	Capim Dourado	TO	40	Médio Araguaia	MT	59	Santa Inês	MA
3	Alto Solimões	AM	22	Carajás	PA	41	Médio Norte Araguaia	TO	60	São João dos Patos	MA
4	Alto Tapajós	MT	23	Central	RO	42	Médio Norte Matogrossense	MT	61	São Luís	MA
5	Amor Perfeito	TO	24	Centro Norte	RR	43	Metropolitana I	PA	62	Sudeste	TO
6	Araguaia	PA	25	Centro Norte	MT	44	Metropolitana II	PA	63	Sudoeste Matogrossense	MT
7	Araguaia Xingu	MT	26	Cerrado Tocantins Araguaia	TO	45	Metropolitana III	PA	64	Sul	RR
8	Área Central	AP	27	Codó	MA	46	Noroeste Matogrossense	MT	65	Sul Matogrossense	MT
9	Área Norte	AP	28	Cone Sul	RO	47	Norte Araguaia Karajá	MT	66	Tapajós	PA
10	Área Sudoeste	AP	29	Garças Araguaia	MT	48	Norte Matogrossense	MT	67	Teles Pires	MT
11	Bacabal	MA	30	Ilha do Bananal	TO	49	Oeste Matogrossense	MT	68	Tocantins	PA
12	Baixada Cuiabana	MT	31	Imperatriz	MA	50	Pedreiras	MA	69	Triângulo	AM
13	Baixo Acre e Purus	AC	32	Itapecuru Mirim	MA	51	Pinheiro	MA	70	Vale do Guaporé	RO
14	Baixo Amazonas	PA	33	Juruá e Tarauacá/Envira	AC	52	Presidente Dutra	MA	71	Vale do Jamari	RO
15	Baixo Amazonas	AM	34	Lago de Tucuruí	PA	53	Regional Juruá	AM	72	Vale do Peixoto	MT
16	Balsas	MA	35	Madeira-Mamoré	RO	54	Regional Purus	AM	73	Vale dos Arinos	MT
17	Barra do Corda	MA	36	Manaus, Entorno e Alto Rio Negro	AM	55	Rio Caetés	PA	74	Viana	MA
18	Bico do Papagaio	TO	37	Marajó I	PA	56	Rio Madeira	AM	75	Xingu	PA
19	Café	RO	38	Marajó II	PA	57	Rio Negro e Solimões	AM	76	Zé Doca	MA
									77	Zona da Mata	RO

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa

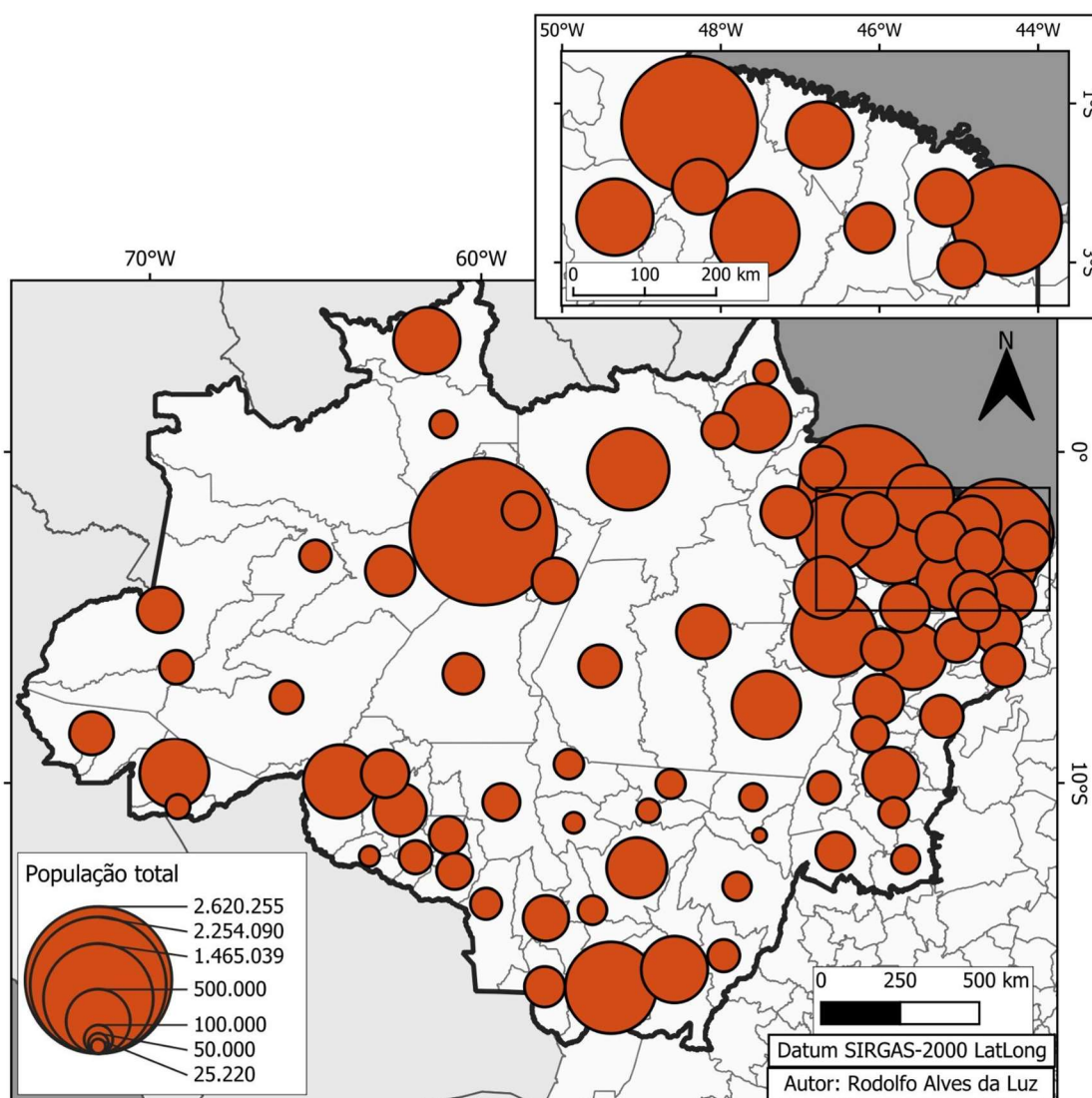
Figura 3: Escores de Eficiência das Regiões de Saúde e fluxos de rodovias da Amazônia Legal.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa

A Figura 4 evidencia que as populações das regiões de saúde eficientes são baixas, sendo Itapecuru Mirim a maior delas, com 320.006 habitantes.

Figura 4: População das Regiões de Saúde da Amazônia Legal em 2020.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa

Todos os valores médios dos *inputs* das DMUs eficientes foram consideravelmente menores que das DMUs ineficientes e mesmo assim, tiveram diferença de taxa de mortalidade e letalidade expressivamente menores, 48,83% e 150,96%, respectivamente. Ou seja, mesmo tendo menor quantidade de recursos físicos e humanos do que as DMUs ineficientes, tiveram menor taxa de óbitos, o que justifica estas regiões de saúde serem mais eficientes. O recurso de saúde com maior discrepância entre as DMUs eficientes e ineficientes foram leitos de UTI (97,19%) e ventiladores mecânicos (95,04%). Tal fato evidencia uma alocação discrepante destes recursos, itens indispensáveis nos casos de pacientes que apresentaram complicações graves da COVID-19 com necessidade de suporte ventilatório (Tabela 1).

Tabela 1: Comparação entre as médias das quantidades dos *inputs* e *outputs* das DMUS eficientes e ineficientes

Especificações	DMUs eficientes	DMUs ineficientes	Diferença %
Leitos de UTI	1,22	43,48	97,19
Ventiladores mecânicos	6,44	129,83	95,04
Clínico geral	24,22	162,50	85,09
Enfermeiro	116,11	509,23	77,20
Fisioterapeuta	21,33	115,95	81,60
Taxa de mortalidade	435,79	845,06	48,43
Taxa de letalidade	6,24	15,66	150,96

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa

As duas regiões identificadas como parceiros de excelência para uma maior quantidade de DMUs ineficientes foram o Norte Araguaia Karajá em Mato Grosso, com 65 DMUs, abrangendo os municípios de Alto Boa Vista, Luciara, Novo Santo Antônio, São Félix do Araguaia e Serra Nova Dourada; e o Vale do Guaporé em Rondônia, com 28 DMUs, compreendendo os municípios de Costa Marques, São Francisco do Guaporé e Seringueiras. Na Figura 2, é evidente que estas duas regiões de saúde apresentam um baixo fluxo de rodovias, o que pode ter desempenhado um papel significativo na redução da propagação do vírus da COVID-19. Além disso, das DMUs eficientes se destacam por terem a menor população relativa, o que pode ter contribuído ainda mais para a contenção do vírus.

Apenas a região Sudeste (TO) não é referência (*benchmark*) para nenhuma outra DMU, sendo notável que, dentre as regiões eficientes, esta apresentou a mais elevada taxa de mortalidade e letalidade.

4.2.5 Discussão

Ao analisar as setenta e sete regiões de saúde da Amazônia Legal, constatou-se uma eficiência média de 0,324, com apenas nove DMUs eficientes, o que indica um desempenho geral aquém do ideal na alocação dos recursos da saúde. Os estados do Pará, Mato Grosso, Rondônia e Maranhão, em relação à extensão territorial de cada estado, apresentaram os piores escores de eficiência. Da mesma forma, o Acre e Roraima também enfrentaram desafios significativos na COVID-19 em suas respectivas regiões de saúde.

Embora as desigualdades no sistema de saúde brasileiro sejam um problema histórico, a pandemia da COVID-19 causou grande preocupação à comunidade e em especial, aos gestores de saúde que têm colocado a dimensão de eficiência em destaque nas suas agendas atuais.

O uso da DEA tem demonstrado ser uma técnica importante para avaliar os serviços de saúde e auxiliar na tomada de decisão, já que permite abordar ao mesmo tempo diferentes dimensões das unidades de saúde (GARMATZ; VIEIRA; SIRENA, 2021). Este método tem objetivo de maximizar a eficiência de uma unidade de serviço, pela comparação da eficiência de uma unidade com outras unidades similares que desempenham o mesmo trabalho. Além disso, permite identificar oportunidades de melhoria na unidade em questão, e fornecer uma referência para comparar o desempenho com outras unidades similares. Dessa forma, otimizar a utilização dos recursos disponíveis e garantir que a unidade de serviço opere de maneira mais eficiente (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2014).

A região da Amazônia Legal, apesar de corresponder a 58,9% do território brasileiro, não apresentou uma boa eficiência técnica na alocação dos recursos de saúde durante a pandemia da COVID-19. A distribuição irregular dos recursos físicos da saúde foi constatada por Rezende et al. (2023), ao identificar que a maior concentração de UTI e ventiladores mecânicos estavam nas capitais, além da baixa quantidade de recursos em regiões com padrão Alto-Alto da doença. Embora os serviços de saúde possam ser integrados entre localidades por meio das regiões de saúde, a grande demanda associada à dificuldade de acessibilidade geográfica pode resultar em acesso desigual aos níveis de atenção de maior complexidade.

Um estudo realizado em abril de 2020 constatou que o Amapá e Roraima apresentaram os índices mais baixos de infraestrutura de saúde. No que diz respeito a agrupamentos espaciais significativos com padrão "Baixo-Baixo", destaca-se a situação do Amazonas e Pará, indicando uma possível fragilidade nos serviços de saúde para atender à população, especialmente em situações de alta demanda (BEZERRA et al., 2020b).

Durante a análise dos índices de eficiência relativa das unidades federativas do Brasil no combate às mortes causadas pela COVID-19 em dois momentos críticos da pandemia, constatou-se que mais de 50% das unidades federativas foram consideradas ineficientes. Em julho de 2020, a média de eficiência foi de 0,8, enquanto em março de 2021, foi de 0,67. No primeiro período avaliado, o estado de Mato Grosso obteve o pior índice (0,28). Em ambos os períodos, Roraima se destacou com o score mais baixo, registrando 0,18 (SILVA, 2021).

Apesar do foco de análise ser as regiões de saúde, esta pesquisa observou uma taxa superior de ineficiência na alocação dos recursos (88,31%), com piores médias de eficiência

nas regiões de saúde do Pará, Mato Grosso, Rondônia e Maranhão e proporcionalmente em extensão do estado, no Acre e Roraima. Embora Mato Grosso tenha mostrado várias regiões com baixos níveis de eficiência, duas delas foram eficientes na alocação dos recursos da saúde, sendo que a região do Norte Araguaia Karajá, apresentou a maior quantidade de parceiros de excelência (65). Por outro lado, o Amapá demonstrou o mais alto nível de eficiência, com duas das três regiões consideradas eficientes.

Das nove regiões de saúde eficientes, nenhuma delas contemplou a área de abrangência das capitais, o que está em consonância com achados de Rezende et al. (2023), uma vez que a elevada concentração de insumos nas capitais pode levar à subutilização dos mesmos e a ineficiência. Vale ressaltar que a eficiência técnica não se restringe à quantidade de recursos disponíveis em uma determinada área, mas sim a capacidade de minimizar a relação entre insumos e produtos e assegurar a otimização da utilização dos recursos. Dessa forma, relaciona-se com os meios e não com os fins (FERREIRA; GOMES, 2020).

De acordo com Costa (2021), a operação dos sistemas abaixo do limite de eficiência, ou seja, utilizando mais recursos, pode proporcionar uma capacidade de resposta mais robusta a eventos pandêmicos do que sistemas que, muito provavelmente, são eficientes ao conter custos e recursos. Essa perspectiva difere dos resultados desta pesquisa, que revelou que as regiões de saúde com melhor desempenho apresentaram baixa quantidade de recursos alocados.

As DMUs eficientes tiveram baixas taxas de letalidade e mortalidade observadas durante o período. Essa conquista pode ser inferida, em grande parte, pelo fato de muitas dessas regiões serem isoladas e com baixo fluxo de rodovias, o que favoreceu a contenção da dispersão da COVID-19. Ao contrário das áreas mais urbanizadas, onde a rede de hierarquias urbanas e a circulação intensa de pessoas e mercadorias contribuíram para a disseminação do vírus (BEZERRA et al., 2020a; JARDIM et al., 2022).

Grupos socioeconômicos desfavorecidos, que não possuem acesso adequado aos serviços de saúde durante períodos normais, tornam-se ainda mais vulneráveis durante crises (CHUNG; DONG; LI, 2020). A propagação de informações incorretas e a falta de comunicação afetam de forma desproporcional as pessoas com menor acesso aos meios de informação, o que aumenta a probabilidade de ignorarem as orientações governamentais relacionadas à saúde (PETERS, 2020; SILVA; BAUTISTA, 2022). Fato este que pode justificar as DMUs ineficientes, visto que a Amazônia Legal é considerada uma região com cenário socioambiental heterogêneo e multifacetado, com presença de centros urbanos densamente habitados em contraste com cidades isoladas e povos originários e comunidades tradicionais diversificadas que residem em áreas rurais remotas, como indígenas, comunidades ribeirinhas, pescadores e

quilombolas, às vezes em territórios até inacessíveis (SANTOS et al., 2018).

A pandemia também revela questões relacionadas aos recursos humanos. Apesar do aumento do número de profissionais da saúde e da disponibilidade de empregos no mercado brasileiro desde a implementação do SUS, a distribuição inadequada por todo o país resulta na escassez de especialistas em diversas áreas do sistema (SCHEFFER et al., 2018). De modo geral, os estados das regiões Norte e Nordeste, particularmente, Alagoas, Amapá, Maranhão, Roraima e Rondônia, possuem a menor disponibilidade de profissionais de saúde em relação à população (LOPEZ et al., 2020). Nesta pesquisa, ao comparar as DMUs eficientes e ineficientes, a maior desproporcionalidade da alocação de profissionais observada foi do médico clínico geral, seguida pelo fisioterapeuta.

A saúde desempenha um papel crucial no desenvolvimento regional, cuja importância pauta-se pelo marcante corte territorial das iniquidades socioeconômicas nacionais, sendo ela fundamental para a estruturação das redes urbanas e para a definição de escalas e limites territoriais, influenciando a ocupação do espaço. Além disso, tem o potencial de definir novos fluxos de investimentos, consequentemente, alterar padrões tradicionais de concentração de produção e renda no espaço (GADELHA et al., 2011).

No Brasil, o setor de saúde enfrenta diversas dificuldades. É crucial, portanto, que as ações na área de saúde sejam racionalizadas, com uma análise cuidadosa de custo-efetividade e custo-benefício, visando reduzir erros no direcionamento de investimentos e na implementação de políticas públicas para o setor. Isso se faz necessário para otimizar o uso dos recursos limitados disponíveis (FONSECA; FERREIRA, 2009).

É importante destacar que a infraestrutura de saúde não é um indicador definitivo da vulnerabilidade de um estado em relação à COVID-19. No entanto, é um aspecto essencial que deve ser priorizado na agenda política, uma vez que é provável que o Brasil enfrente futuras pandemias. O uso da metodologia DEA pode fornecer suporte às decisões dos gestores, permitindo uma alocação eficiente dos recursos de saúde. Dessa forma, a melhoria na infraestrutura e na gestão dos recursos de saúde contribui significativamente para o desenvolvimento regional, promovendo uma resposta mais eficaz a crises sanitárias e fortalecendo a coesão social e econômica das diferentes regiões do país.

Entre as limitações desta pesquisa está a confiabilidade dos dados disponibilizados pelo DATASUS uma vez que estes dependem da atualização dos municípios, e na maioria das vezes não há fiscalização ou auditoria para a validação dos mesmos. As taxas da COVID-19 também necessitam de cautela nas análises, visto que no Brasil, a testagem era feita preferencialmente em pessoas sintomáticas, podendo ter sido subnotificado, além da baixa testagem em regiões

mais remotas e principalmente nas populações vulneráveis, em que o acesso ao serviço de saúde e informação são limitados. Embora os dados sejam atualizados diariamente, é possível que ocorra defasagem, pois as secretarias municipais e estaduais de Saúde possuem autonomia para corrigir as informações de residência após a investigação da notificação e enviá-las ao Ministério da Saúde. Além disso, durante a pandemia, o sistema de informação do governo federal passou por várias atualizações e foi projetado para fins de vigilância epidemiológica, sendo preenchido por indivíduos não relacionados à pesquisa, o que significa que podem ocorrer erros.

No entanto, os resultados devem ser interpretados com cautela, pois, ser classificado como eficiente também pode ser interpretado como um indicador do equilíbrio entre insumos e produtos. Por outro lado, atingir a eficiência máxima não significa a ausência de problemas, mas sim que a unidade produziu melhores resultados com menos insumos. Desta forma, sugere-se outros estudos para verificar fatores que contribuíram para menores taxas de mortalidade e letalidade, nas regiões eficientes.

Outra dificuldade desta análise foi a seleção das especialidades dos profissionais de saúde como *inputs* para avaliação, visto que nem sempre os enfermeiros, médicos e fisioterapeutas que trabalham nas UTIs se restringem apenas a especialidades da área de terapia intensiva, ainda mais em um período pandêmico, que a oferta do serviço foi expressivamente maior.

4.2.6 Considerações finais

A análise revelou que somente 11,68% das regiões de saúde da Amazônia Legal foram capazes de alocar seus recursos de saúde de forma eficiente no combate à pandemia da COVID-19. Notavelmente, essas regiões eficientes são predominantemente áreas isoladas, com baixa população relativa e com tráfego rodoviário reduzido. Dentre elas, destacam-se Norte Araguaia Karajá em Mato Grosso e o Vale do Guaporé em Rondônia que serviram como referência para uma grande maioria de DMUs, mesmo diante de uma quantidade limitada de recursos de saúde disponíveis.

Esses achados despertam uma importante discussão sobre a tendência de concentração dos recursos de saúde nas capitais, com ineficiência destas regiões de saúde. Essa concentração pode levar a uma má alocação dos recursos, dificultando a eficiência do enfrentamento à pandemia. Diante desse cenário, torna-se ainda mais relevante a necessidade dos gestores priorizarem esforços para corrigir as lacunas identificadas e buscarem inspiração nas políticas,

protocolos e estratégias adotadas pelas regiões eficientes, além de considerar a diversidade cultural e socioambiental da região.

A relação entre a eficiência das DMUs e a localização geográfica, com resultados mais favoráveis em regiões isoladas e com pouco fluxo de tráfego rodoviário, reforça a importância de considerar os fatores geográficos no planejamento das ações e medidas de combate à pandemia. Além disso, investir exclusivamente em estratégias de alocação de recursos de saúde, sem levar em conta o isolamento social, não é uma abordagem ideal. Pelo contrário, a melhor estratégia para prevenção da COVID-19 é concatenar as políticas públicas para conter a disseminação do vírus e proteger a saúde da população de maneira mais eficiente.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. H. S. et al. Eficiência do gasto público no âmbito da saúde : uma análise do desempenho das capitais brasileiras. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 38, n. 132, p. 163–179, 2017.

ANDRADE, G. N. et al. Evaluating electricity distributors efficiency using self-organizing map and data envelopment analysis. **IEEE Latin America Transactions**, v. 12, n. 8, p. 1464–1472, 2014.

BANKER, R.D. Hypothesis tests using data envelopment analysis. **J Prod Anal**, v. 7, n.2, p. 139-59, 1996.

BEZERRA, A. C. V. et al. Factors associated with people's behavior in social isolation during the covid-19 pandemic. **Cienc Saud Colet**, v. 25, p. 2411–2421, 2020a.

BEZERRA, É.C.D.; SANTOS, P.S.D.; LISBINSKI, F.C.; DIAS, L.C. Spatial analysis of Brazil's COVID-19 response capacity: A proposal for a healthcare infrastructure index. **Cienc Saud Colet**, v. 25, n. 12, p. 4957–4967, 2020b.

BRASIL. Decreto nº 11.962, de 22 de março de 2024. **Dispõe sobre a Política Nacional de Desenvolvimento Regional**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2024/decreto-11962-22-marco-2024-795421-publicacaooriginal-171338-pe.html>>. Acesso em: 15 jul 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). **Boletim Observatório COVID-19**. 2021a. Disponível em: https://portal.fiocruz.br/sites/portal.fiocruz.br/files/documentos/boletim_extraordinario_2021-marco-16-red-red-red.pdf. Acesso em: 21 set.2021.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). DATASUS. **Recursos físicos-equipamentos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021c. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?cnes/cnv/equipobr.def>> Acesso em: 10 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). DATASUS. **Recursos humanos: profissionais**. Indivíduos segundo CBO 2002 [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2021d. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?cnes/cnv/prid02br.def>> Acesso em: 17 dez.2022.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). DATAUS. **População Residente. Estudo de Estimativas Populacionais por Município, Idade, Sexo 2000-2020**. Brasília: Ministério da Saúde, 2020a. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?ibge/cnv/popbr.def>> Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). Resolução nº 1, de 29 de setembro de 2011. **Estabelece diretrizes gerais para a instituição de Regiões de Saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), nos termos do Decreto nº 7.508, de 28 de junho de 2011**. Diário Oficial da União; 2011.

BRASIL. Secretarias Estaduais de Saúde. COVID-19. **Painel Coronavírus**, 2021b. Disponível em: <<https://covid.saude.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

CASTRO, M. C. et al. Brazil's unified health system: the first 30 years and prospects for the future. **The Lancet**, v. 394, n. 10195, p. 345–356, 2019.

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

CHUNG, R. Y. N.; DONG, D.; LI, M. M. Socioeconomic gradient in health and the covid-19 outbreak. **The BMJ**, v. 369, n. April, p. 2020, 2020.

CORREA, J.C.S.; SILVEIRA, R.L.L.; KIST, R.B.B. Sobre o conceito de desenvolvimento regional: Notas para debate. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v.15, n.7, p. 3-15, dez. 2019.

COSTA, A.J.D. **A eficiência dos sistemas de saúde e a sua resiliência à pandemia COVID-19: análise aos países e regiões da União Europeia**. [dissertação]. Portugal: Faculdade de Economia: Universidade do Porto; 2021.72p.

COSTA, D. C. A. R. et al. Oferta pública e privada de leitos e acesso aos cuidados à saúde na pandemia de Covid-19 no Brasil. **Saúde em Debate**, v. 44, n. spe4, p. 232–247, 2020.

DE ANDRADE, C. L. T. et al. COVID-19 hospitalizations in Brazil's Unified Health System (SUS). **PLoS ONE**, v. 15, n. 12 December, p. 1–17, 2020.

ESCOREL, S. et al. The Family Health Program and the construction of a new model for primary care in Brazil. **Revista panamericana de salud publica /Pan American journal of public health**, v. 21, n. 2, p. 164–175, 2007.

FERREIRA, C.M.C.; GOMES, A.P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria. Modelos e Aplicações**. 2º ed. Viçosa: Editora UFV; 2020.

FITZSIMMONS, J.A.; FITZSIMMONS, M.J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação**. Porto Alegre: AMGH; 2014.

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. **Saude Soc**, São Paulo, v.18, n.2, p.199-213, 2009.

FORCHEZATTO, A. PETR, G. BRAATZ, J. Análise da eficiência relativa dos gastos públicos em saúde nos municípios do Rio Grande do Sul usando o método DEA. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador-BA, v. 1, n. 51., p. 150–169, 2022.

GADELHA, C.A.G.; MACHADO, C.V, LIMA, L,D de.; BAPTISTA, T.W.F de. Saúde e territorialização na perspectiva do desenvolvimento. **Cien Saude Colet**, Rio de Janeiro, v.16, n.6, p. 3003 3016, 2011.

GARMATZ, A.; VIEIRA, G. B. B.; SIRENA, S. A. Assessing the technical efficiency of brazil's teaching hospitals using data envelopment analysis. **Cien Saude Colet**, Rio de Janeiro,, v. 26, n. 26 (suppl 2), p. 3447–3457, 2021.

GESSI, N.L. et al. A saúde e sua relação com o desenvolvimento: Um olhar acerca da contribuição da saúde no desenvolvimento regional. **Conjecturas**, v.21, n.6, p. 443–467, 2021.

GÓMEZ, E.J.; JUNGSMANN, S.; LIMA, A.S. Resource allocations and disparities in the Brazilian health care system: insights from organ transplantation services. **BMC Health Serv Res**, v. 18, n. 90, p. 1-7, 2018.

JARDIM, R.O.; RAKEL, C.; PEREIRA, C.R.P.; RODRIGUES, Z.M.R. Rotas da COVID-19 no estado do Maranhão, BR. **Hygeia**, Uberlândia-MG, v.18, p.14–28, 2022.

LOPEZ, F.G.; et al. **Mapeamento dos profissionais de saúde no Brasil**: Alguns apontamentos em vista da crise sanitária da COVID-19. Nota Técnica / IPEA Diest; 2020.20p.

MARCKMANN, G. et al. Entscheidungen über die Zuteilung intensivmedizinischer Ressourcen im Kontext der COVID-19-Pandemie : Klinisch-ethische Empfehlungen der DIVI, der DGINA, der DGAI, der DGIIN, der DGNI, der DGP, der DGP und der AAEM. **Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin**, v. 115, n. Suppl 3, p. 115–122, 2020.

MASCARENHAS, A.L dos S.; VIDAL, MR. Estimativa da prevalência de infecção por COVID-19 na Amazônia Legal a partir da teoria corológica e da ciência da informação geográfica. **Revista Ensaios de Geografia**, p. 16–21, 2020.

MATOSINHOS, L. A.; LAVORATO, M. P.; SILVEIRA, S. F. R. Avaliação da eficácia e da eficiência do programa luz para todos. **Revista Brasileira de Gestao e Desenvolvimento Regional**, v. 16, n. 3, p. 239–250, 2020.

MAZON, L.M.; FREITAS, S.F.T de.; COLUSSI, C.F. Financiamento e gestão: a eficiência técnica dos municípios catarinenses de pequeno porte nos gastos públicos com saúde. **Cien Saude Colet**, Rio de Janeiro,, v.26, n.4, p.1521-1532, 2021.

MENICUCCI, T. M. G. O Sistema Único de Saúde, 20 anos: balanço e perspectivas. **Cad. Saúde Pública**, v. 25, n. 7, p. 1620–1625, 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Painel de emergência de saúde da OMS** [Internet]; 2021. Disponível em: <https://covid19.who.int/region/amro/country/br>. Acesso em: 18 jun. 2021.

PETERS, D. J. Community Susceptibility and Resiliency to COVID-19 Across the Rural-Urban Continuum in the United States. **Journal of Rural Health**, v. 36, n. 3, p. 446–456, 2020.

REZENDE, A. A. B. et al. Distribution of COVID-19 cases and health resources in Brazil's Amazon region: a spatial analysis. **Cien Saude Colet**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 131–141, 2023.

SANTOS, A.L dos.; MANZANO, M.; KREIN, A. Heterogeneidade da distribuição dos profissionais de saúde no Brasil e a pandemia COVID-19. **Cadernos do Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 28, p. 197-219, 2021.

SANTOS, D. et al. **Índice de Progresso Social na Amazônia brasileira**: IPS Amazônia 2018. Belém:

Imazon/Social Progress Imperative, 2018.

SANTOS, R.R. dos.; ROVER, S. Influência da governança pública na eficiência da alocação dos recursos públicos. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v.53, n.4, p. 732-752, 2019.

SCHEFFER, M.; CASSENOTE, A.; GUILLOUX, A.G.A.; BIANCARELLI, A.; MIOTTO, B.L.; MAINARDI, G.M. **Demografia médica no Brasil 2018**. São Paulo, SP: FMUSP, CFM, Cremesp; 2018.286 p.

SEN, A. **Desenvolvimento como Liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010..

SILVA, B.F.L da. **Eficiência relativa das unidades federativas do Brasil no combate ao número de óbitos causados pela COVID-19: uma aplicação da análise envoltória de dados**. 2021 [trabalho de conclusão de curso]. João Pessoa: Departamento de Ciência Econômicas: Universidade Federal da Paraíba; 2021. 41 p.

SILVA, E. A. J. BAUTISTA, J. B. Desinformação e pós-verdade: conceitos, implicações gerais e estudos no ensino de ciência e na educação em saúde. **Revista Seminário do Sul**, Rio de Janeiro, v. 1 n. 9., v. 16, n. 1, p. 1–16, 2022.

SIMÕES, R. F., LIMA, A. C. D. C. Teorias do desenvolvimento regional e suas implicações de política econômica no pós-guerra: o caso do Brasil. **UFMG/Cedeplar**, 2009.

TEIXEIRA, C. F.; MOLESINI, J. A. Gestão municipal do SUS: atribuições e responsabilidades do gestor do sistema e dos gerentes de unidades de saúde. **Revista Baiana de Saúde Pública**, Salvador, v. 6, n.1/2, p. 29-40, 2002.

VASCONCELLOS, M.A.; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. São Paulo: Saraiva, 1998.

ZUCCHI, P.; DEL NERO, C.; MALIK, A. M. Gastos em saúde: os fatores que agem na demanda e na oferta dos serviços de saúde. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v.9, n.1-2, p.127-150, 2000.

4. 3 ARTIGO 3: EFEITO DA VULNERABILIDADE SOCIAL DA AMAZÔNIA LEGAL NA EFICIENCIA DA ALOCAÇÃO DOS RECURSOS DE SAÚDE NA COVID-19

Submetido a Revista de Saúde Pública- Qualis A1

4.3.1Resumo

Os segmentos sociais vulneráveis, que mais dependem do SUS, sofreram desproporcionalmente os impactos da pandemia devido à falta de financiamento e à desestruturação do sistema de saúde. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos das vulnerabilidades sociais das regiões de saúde da Amazônia Legal na eficiência da alocação dos recursos de saúde na COVID-19. Foram analisadas 77 regiões de saúde usando Análise Envoltória de Dados, considerando os recursos de saúde como *inputs* e as taxas de letalidade e mortalidade como *outputs*. A eficiência foi modelada em função de variáveis de vulnerabilidade usando um modelo de regressão beta inflacionado. Apenas 11,69% das regiões foram consideradas eficientes. A alocação de recursos mostrou-se ineficiente, com melhores resultados em regiões isoladas. Observou-se que o acesso à saúde teve um efeito positivo na eficiência da alocação de recursos, enquanto o Índice de Vulnerabilidade Municipal (IVM) e a presença de populações quilombolas tiveram efeitos negativos. Esses achados indicam que a alocação de recursos de saúde foi desproporcionalmente afetada pelas condições socioeconômicas e pela presença de comunidades vulneráveis.

COVID-19; Vulnerabilidade Social; Alocação de recursos. Eficiência

4.3.2 Introdução

A pandemia da COVID-19 deixou um rastro de mortes e um aumento significativo nas hospitalizações, intensificando diversos problemas sociais e econômicos (LIMA et al., 2022). No contexto brasileiro, os efeitos da COVID-19 foram variados, refletindo as distintas realidades geográficas do país e as disparidades econômicas, sociais e culturais existentes (SOUZA et al., 2020).

Grupos sociais vulneráveis, como mulheres, negros, pobres residentes em favelas ou em moradias com alta densidade habitacional sem saneamento básico, foram significativamente afetados (DOS ANJOS et al., 2023). Vulnerabilidade social, que se caracteriza pela falta ou

insuficiência de ativos essenciais como renda, moradia adequada, água potável, saneamento básico, serviços de saúde, educação e transporte público e que compromete o bem-estar e o acesso a direitos fundamentais desses indivíduos (IPEA, 2018). Entre os grupos fortemente atingidos estão os quilombolas e indígenas, cuja situação foi especialmente desafiadora (MONDARDO, 2020).

A região Norte concentrou maior proporção de municípios nas piores situações de desigualdades durante a pandemia (DOS ANJOS et al., 2023). A Amazônia Legal, uma região marcada por diversidade socioambiental, com centros urbanos densamente povoados em contraste com cidades isoladas (SANTOS et al., 2018), além de ter sido marcada pela alta concentração de casos da COVID-19 (MASCARENHAS; VIDAL, 2020) e discrepante distribuição de recursos de saúde (REZENDE et al., 2023), possui alta proporção de povos indígenas. A presença da população indígena nesse território supera a média nacional. Enquanto, na região amazônica 46,47% da população indígena reside em terras indígenas, no país como um todo esse percentual é de 36,73% (IBGE, 2023a). Quanto aos quilombolas, representam 1,6% da população local e, aproximadamente, um terço do total de quilombolas no país, sendo que mais de 30% residem em municípios da Amazônia Legal (IBGE, 2023b).

Os segmentos sociais vulnerabilizados são os que mais dependem das ações do Sistema Único de Saúde (SUS) e que sofreram desproporcionalmente os impactos da pandemia devido à falta de financiamento adequado e à desestruturação do sistema de saúde em suas capacidades de vigilância, testagem e rastreamento, bem como na assistência à saúde, desde a atenção básica até hospitais e unidades de terapia intensiva (UTIs) (FREITAS et al., 2020; PIRES, 2020).

Diante disso, a gestão pública se deparou com consideráveis desafios no enfrentamento da pandemia da COVID-19. A severidade da crise e suas reverberações nos domínios da saúde e da economia destacaram a premência de estabelecer estruturas de apoio capazes de prover informações abrangentes e atualizadas para fundamentar as decisões, sobretudo no que tange à correta aplicação dos gastos públicos na alocação de recursos de saúde em tempos de crises sanitárias. Além de capacitar a rede de saúde para as abordagens interculturais, considerando a diversidade de povos e culturas no contexto Amazônico Assim, este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos das vulnerabilidades sociais da região da Amazônia Legal na eficiência da alocação dos recursos de saúde na COVID-19.

4.3.3 Material e método

Trata-se de estudo ecológico, descritivo com abordagem quantitativa e inferencial, no qual as unidades de análise foram as regiões de saúde da Amazônia Legal e o período de

referência foi março de 2021.

Inicialmente, para avaliar a eficiência das regiões de saúde na alocação dos recursos de saúde, empregou-se a Análise Envoltória de Dados (DEA), uma ferramenta de programação matemática que mede a eficiência relativa de unidades de tomada de decisão (DMUs) com múltiplas entradas e saídas, variando de 0 a 1, onde 0 indica ineficiência e 1 eficiência (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978). O modelo de retornos variáveis de escala (VRS) foi o adotado, pois constatou-se pelo teste de paramétrico de duas amostras de Kolmogorov-Smirnov ($p=0.003558$) que a hipótese nula de ausência de ineficiência de escala foi rejeitada, ou seja, que o tamanho das DMUs influenciou na eficiência (FERREIRA; GOMES, 2020).

Os *inputs* adotados incluíram o número de leitos de UTI, ventiladores mecânicos e profissionais de saúde (médicos clínico geral, fisioterapeutas e enfermeiros) extraídos do Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde – Cnes (BRASIL, 2020; BRASIL, 2021a; BRASIL, 2021b), enquanto os *outputs* foram as relações inversas da taxa de mortalidade e de letalidade da COVID-19 ($1/\text{outputs}$), por serem considerados produtos indesejáveis. Foram analisadas 77 regiões de saúde, excluindo-se uma (Caxias-MA) por ter apenas um município na área de abrangência da Amazônia Legal.

Os dados sobre casos de COVID-19 por município de residência foram extraídos do Painel Coronavírus do Ministério da Saúde em 10 de abril de 2021, utilizando-se dados acumulados até 31 de março de 2021, período correspondente ao 2ª pico da pandemia no Brasil (BRASIL, 2021c; WHO, S/D). No total, foram registrados 1.860.217 casos de COVID-19 durante o período de referência do estudo. As taxas de mortalidade foram calculadas com base na população residente por município, estimadas pelo IBGE para o ano de 2020 (BRASIL, 2020).

Para explicar o escore de eficiência em função de um conjunto de variáveis relacionadas a vulnerabilidade, foi utilizado o modelo de regressão beta inflacionado. No que diz respeito aos dados de eficiência, algumas regiões de saúde eficientes podem assumir escore igual a um. Desta forma, a função de log-verossimilhança do modelo de regressão beta se torna ilimitada, sendo inadequado considerar que os dados provêm de uma distribuição absolutamente contínua.

Ospina e Ferrari (2010) apresentaram uma família de distribuições conhecidas como distribuições beta inflacionadas. Essas distribuições são misturas de uma distribuição beta com uma distribuição de Bernoulli degenerada em zero e/ou um, permitindo a modelagem de dados com variação em $[0,1)$, $(0,1]$ ou $[0,1]$.

O modelo proposto pertence à classe de modelos inflacionados, onde a distribuição de probabilidade assumida para os dados é uma mistura entre uma variável contínua no intervalo

$(0,1)$ e uma distribuição degenerada concentrada no valor fixo c , onde c pode ser 0 ou 1 (PEREIRA et al., 2014).

Sejam $y_1, \dots, y_n$ variáveis aleatórias independentes, em que cada $y_t, t = 1, \dots, n$, segue a função de densidade (OSPINA; Ferrari, 2010).

$$bi_c(y; \alpha_t; \mu_t, \phi_t) = \begin{cases} \alpha_t, & y = c, \\ (1 - \alpha_t)f(y; \mu_t, \phi_t), & y \in (0,1), \end{cases} \quad (1)$$

em que $0 < \alpha_t < 1$ é o parâmetro de mistura da distribuição dado por $\alpha_t = \Pr(y_t=c)$, $0 < \mu_t < 1$ é a média de y_t condicional em $y_t \in (0,1)$, $\phi_t > 0$ é o parâmetro de precisão e $f(y; \mu_t, \phi_t)$ é a função de densidade beta. A densidade (1) é de uma variável aleatório beta inflacionada no ponto c , $c = 0$ ou $c = 1$. Em função dos dados de eficiência assumirem valores no intervalo $(0,1]$, neste artigo será abordado apenas o modelo de regressão beta inflacionado em 1 (um), sendo representada por $y \sim BEOI(\alpha, \mu, \phi)$.

O modelo de regressão beta inflacionado em c com dispersão variável assumem que a média condicional de y_t , a massa de probabilidade em c e o parâmetro de precisão seguem às seguintes relações funcionais:

$$h(\alpha_t) = \sum_{i=1}^M z_{ti} \gamma_i = \zeta_t \quad (2)$$

$$g(\mu_t) = \sum_{i=1}^m x_{ti} \beta_i = \eta_t, \quad (3)$$

$$b(\phi_t) = \sum_{i=1}^q s_{ti} \lambda_i = k_t, \quad (4)$$

A média condicional é uma medida que representa o valor esperado de uma variável aleatória dada a condição de que outra variável aleatória tem um determinado valor. A massa de probabilidade refere à parte da distribuição que modela a probabilidade da variável dependente ser exatamente igual a um e permite que o modelo ajuste corretamente esses cenários, capturando a frequência e a distribuição dos valores extremamente baixos. O parâmetro de precisão controla a dispersão dos dados ao redor da média condicional (OSPINA;

FERRARI, 2012).

Para determinar se a precisão é fixa, ou seja, se há ou não estrutura de regressão para o parâmetro de precisão, utilizou-se o teste da razão de verossimilhanças (CRIBARI-NETO; PEREIRA, 2013).

Foi utilizado o Pseudo R^2 para avaliar a qualidade do ajuste de modelos estatísticos, especialmente em modelos que não se baseiam na distribuição normal, como a regressão logística. Ele fornece uma indicação de quão bem o modelo explica a variabilidade dos dados (MCFADDEN, 1974).

Em seguida, aplicou-se o teste de especificação RESET para verificar se a fórmula funcional do modelo está correta, ou seja, se os termos adicionais melhoram significativamente a explicação da variável resposta (RAMSEY, 1969; PEREIRA; SOUZA, 2014).

As variáveis independentes selecionadas foram: o Índice de Vulnerabilidade Municipal (IVM), os metadados (domínio socioeconômico, sociodemográfico, acesso a saúde e presença de favela) do Índice de Desigualdades Sociais para COVID-19 (IDS-COVID-19), a população residente em terras indígenas e em territórios quilombolas.

Para avaliar a vulnerabilidade das regiões de saúde frente à pandemia, utilizou-se o IVM, um índice composto por quatorze indicadores divididos em seis pilares, cada um pontuado conforme sua relevância na compreensão do problema. Essas dimensões são: população vulnerável (38,10%), estrutura do sistema de saúde (9,52%), organização do sistema de saúde (9,52%), economia local (19,05%) e capacidade administrativa (9,52%) e capacidade municipal de resposta à crise da COVID-19 (14,29%). O resultado varia de 0 a 100 pontos, sendo valor maiores indicativo de maior vulnerabilidade do município e susceptibilidade aos impactos da COVID-19 (VOTORANTIN, 2024).

Outro indicador crucial nesta análise, foi o IDS-COVID-19, utilizado para avaliar as desigualdades sociais em saúde relacionadas à pandemia nos municípios brasileiros. Esta ferramenta abrange três domínios: socioeconômico, medido pelo Índice Brasileiro de Privação (IBP), que inclui indicadores de renda, escolaridade e condições de habitação; sociodemográfico, que incorpora elementos como densidade domiciliar, porcentagem de idosos em situação de pobreza e porcentagem de pessoas pretas, pardas e indígenas; e dificuldade de acesso aos serviços de saúde, que inclui a taxa de leitos de UTI e respiradores, por 100 mil habitantes, em relação à distância entre municípios na macrorregião de saúde e sua população. Os domínios foram combinados por média simples dos escores z e classificados em quintis (1-muito baixo a 5-muito alto). Apesar do índice avaliar quatro momentos, sendo 1º Momento, antes do início da pandemia (fevereiro de 2020); 2º Momento, em julho de 2020; 3º

Momento, em março de 2021; 4º Momento, em janeiro de 2022, a análise desta pesquisa ateve-se ao 3º momento (FIOCRUZ, 2023) .

A análise da eficiência técnica foi realizada com o pacote Benchmarking e as regressões foram estimadas com o pacote Betareg e GAMLSS (generalized additive models for location, scale and shape) (STASINOPOULOS; RIGBY, 2007), todos no software estatístico R, versão 4.3.3 (CRIBARI-NETO; ZEILEIS, 2010; KLEIBER; ZEILEIS, 2024). Para selecionar o modelo que melhor se ajusta aos dados observados, adotou-se o critério de seleção de modelo AIC (Akaike's Information Criterion), proposto por Akaike (1974) (AKAIKE, 1974).

Por se tratar de um estudo baseado exclusivamente em dados secundários de domínio público, a submissão do projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa não foi necessária.

4.4.4 Resultados

A Tabela 1 apresenta algumas estatísticas descritivas das variáveis contínuas agrupadas para as regiões de saúde por estado que fazem parte da Amazônia Legal, utilizadas na análise da regressão. Das setenta e sete regiões de saúde, nove estão operando com 1 (um) de eficiência global, sendo uma no estado do Acre (Alto Acre), duas no Amapá (Área Norte e Área Sudoeste), duas no Maranhão (Itapecuru Mirim e Rosário), duas no Mato Grosso (Norte Araguaia Karajá e Vale dos Arinos), uma em Rondônia (Vale do Guaporé) e uma no Tocantins (Sudeste). A eficiência média das regiões de saúde foi 0,324, variando de 0,01026 a 1,000000, conforme cálculo com retornos variáveis de escala, orientado ao insumo, com base nas variáveis selecionadas. Dos estados da Amazônia Legal, o Amapá foi o que apresentou a maior média (0,68271) de eficiência técnica e o Pará, a pior (0,23553).

A maior média de vulnerabilidade foi observada no Pará (52,82931), com a região do Baixo Amazonas registrando o pior índice (56,0971). Em segundo lugar, ficou o Maranhão (52,65158), com destaque para a região de Codó (56,35500) apresentando a pior média. Por outro lado, o melhor índice foi evidenciado no Mato Grosso (46,60988), com a região de Teles Pires registrando a menor média (39,89790), seguido por Rondônia (47,57503), especialmente a região de saúde Madeira Mamoré (46,08800).

No domínio socioeconômico do IDS-COVID-19, a melhor média foi registrada no Mato Grosso (-0,19181), com destaque para a região de Teles Pires (-0,66174), seguido por Rondônia (0,37639), com a região do Cone Sul (-0,21694). Em contrapartida, os piores resultados foram encontrados no Maranhão (1,36344), especialmente em Barra do Corda (1,87951) e no Amazonas (1,29758), na Regional Juruá (2,0845).

No domínio sociodemográfico do IDS-COVID-19, Rondônia apresentou a melhor média (0,37639), com destaque para a região do Cone Sul (-0,76778), seguido por Mato Grosso (0,65587), na região de saúde Norte Matogrossense (-0,96925). As piores médias foram registradas no Amapá (6,14677), principalmente na Área Norte (6,45784), e no Amazonas (7,37116), na região do Triângulo (8,26983).

No domínio de acesso à saúde do IDS-COVID-19, Rondônia se destacou com a melhor média (0,45366), especialmente na região de Madeira-Mamoré (-1,92034), seguido por Tocantins (1,94995), com a região Sudeste (2,14036), e pelo estado do Acre (1,86975), com a região Alto Acre (2,12456), apresentando as piores médias.

Tabela 1- Estatísticas descritivas das variáveis contínuas das regiões de saúde por estado, ano

Estado		Variáveis					N
		EF	IVM	DSOEC	DSODEM	DASAU	
Acre	Média	0,40401	50,40897	1,092444	4,63763	1,869753	3
	Mínimo	0,04700	47,56710	0,614409	3,62738	1,51794	
	Máximo	1,00000	53,98250	1,7092	5,72586	2,12456	
	DP	0,519506	3,269685	0,560423	1,051411	0,31473	
Amapá	Média	0,68271	51,51470	0,426377	6,146777	1,40617	3
	Mínimo	0,04813	46,81860	0,286057	5,71778	0,972459	
	Máximo	1,00000	54,86750	0,537037	6,45784	1,90528	
	DP	0,549562	4,189217	0,128092	0,383866	0,469837	
Amazonas	Média	0,36661	50,49059	1,297588	7,37116	1,529474	9
	Mínimo	0,01026	48,85670	0,692659	6,39576	0,313286	
	Máximo	0,85494	52,36400	2,0845	8,26983	1,89486	
	DP	0,249017	1,082764	0,473071	0,570677	0,495414	
Maranhão	Média	0,31333	52,65158	1,363443	4,965562	1,542974	16
	Mínimo	0,01380	48,92200	0,213978	3,43999	-0,02806	
	Máximo	1,00000	56,35500	1,87951	6,37621	2,17276	
	DP	0,29207	1,747394	0,411486	1,017697	0,745082	
Mato Grosso	Média	0,35347	46,60988	-0,19814	0,655872	1,103531	16
	Mínimo	0,01864	39,89790	-0,66174	-0,96925	-0,41029	
	Máximo	1,00000	51,23000	0,07716	2,89503	1,87664	
	DP	0,29462	3,11182	0,196214	1,070077	0,61762	
Pará	Média	0,23553	52,82931	0,879144	5,548101	1,186986	13
	Mínimo	0,01502	44,98000	-0,33208	3,15656	-0,09274	

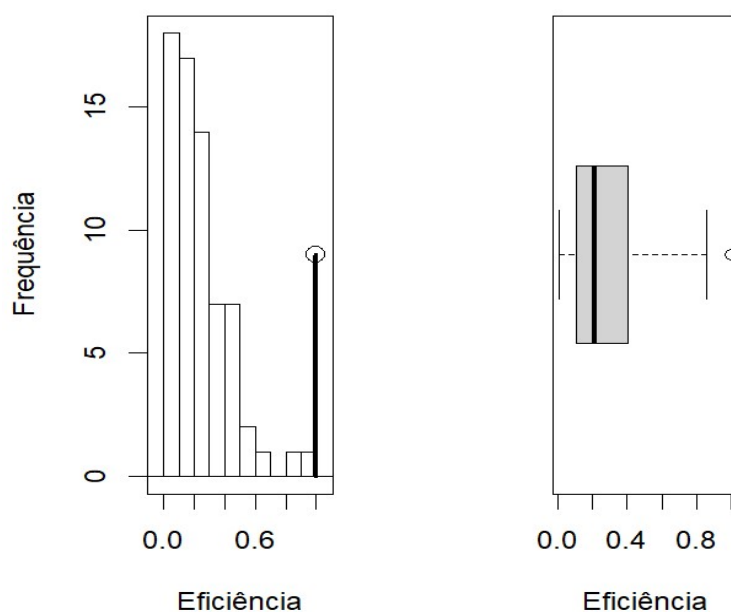
	Máximo	0,99829	56,09710	2,06644	9,19795	1,98565	
	DP	0,271027	3,201798	0,528863	1,59149	0,598824	
Rondônia	Média	0,28294	47,57503	0,004538	0,376397	0,453668	7
	Mínimo	0,03147	46,08800	-0,21694	-0,76778	-1,92034	
	Máximo	1,00000	49,34360	0,157967	2,25901	1,28861	
	DP	0,332347	0,991988	0,162374	1,127493	1,105133	
Roraima	Média	0,27719	48,52140	0,757045	5,421135	1,379964	2
	Mínimo	0,04167	47,50110	0,44373	5,0064	0,993328	
	Máximo	0,51271	49,54170	1,07036	5,83587	1,7666	
	DP	0,333078	1,442922	0,443094	0,586524	0,546786	
Tocantins	Média	0,26636	51,66460	0,39787	2,782716	1,949955	8
	Mínimo	0,03481	49,82000	0,06562	1,53632	1,54937	
	Máximo	1,00000	54,16130	0,796562	3,84524	2,14036	
	DP	0,309465	1,443018	0,227748	0,78214	0,233201	

Legenda: DP- Desvio Padrão; EF- eficiência técnica; IVM- Índice de Vulnerabilidade Municipal- COVID-19 ; DSOEC: Valor do Domínio socioeconômico do IDS (IBP); DSODEM: Valor do Domínio sociodemográfico do IDS; DASAU: Valor do Domínio de acesso a saúde do IDS; N: número de observações

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

A Figura 1 apresenta o histograma de frequência e o boxplot da eficiência técnica das regiões de saúde da Amazônia Legal. O histograma revela uma distribuição assimétrica da variável resposta, onde a linha cheia representa a massa de probabilidade das DMUs eficientes. No boxplot, observa-se que a mediana (0.21429) está mais próxima do primeiro quartil.

Figura 1: Distribuição da eficiência técnica das regiões de saúde na Amazônia Legal



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa

Em se tratando das variáveis *dummies*, isto é, aquelas que assumem o valor 1 se há a característica desejada e 0, caso não haja, a Tabela 2 exhibe a frequência de favelas, população residente em terras indígenas e em territórios quilombolas. Aproximadamente 60%, 80% e 70% das regiões de saúde da Amazônia Legal possuem favelas, terras indígenas e quilombolas, respectivamente. O Amapá é o único estado onde todas as regiões de saúde incluem áreas com favelas, comunidades quilombolas e terras indígenas. Apesar disso, obteve a melhor média de eficiência técnica, com duas de suas três regiões de saúde classificadas como eficientes. Por outro lado, o Acre e Roraima, que não possuem comunidades quilombolas em suas regiões de saúde, não alcançaram boas médias de eficiência. Entre os nove estados analisados, seis (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Rondônia e Roraima) têm todas as suas regiões de saúde com população residente em terras indígenas.

Tabela 2: Frequência das variáveis *dummies* das regiões de saúde por estado, ano

Estado	Variáveis	Frequência (%)
Acre	Favelas	3(100%)
	Quilombolas	0 (0%)
	Terras Indígenas	3 (100%)
Amapá	Favelas	3 (100%)
	Quilombolas	3 (100%)
	Terras Indígenas	3 (100%)
Amazonas	Favelas	8 (88,89%)
	Quilombolas	5 (55,56%)
	Terras Indígenas	9 (100%)
Maranhão	Favelas	8 (50%)
	Quilombolas	14 (87,5%)
	Terras Indígenas	6 (37,5%)
Mato Grosso	Favelas	16 (100%)
	Quilombolas	8 (50%)
	Terras Indígenas	16 (100%)
Pará	Favelas	13 (100%)
	Quilombolas	12 (92,30%)
	Terras Indígenas	10 (76,92%)
Rondônia	Favelas	4 (57,14%)
	Quilombolas	5 (71,42%)
	Terras Indígenas	7 (100%)
Roraima	Favelas	1 (50%)
	Quilombolas	0 (0%)
	Terras Indígenas	2 (100%)
Tocantins	Favelas	3 (37,5%)
	Quilombolas	7 (87,5%)
	Terras Indígenas	6 (75%)

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

O teste da razão de verossimilhanças rejeitou aos níveis usuais de significância, a hipótese nula de que a precisão é constante, sendo necessário modelar a precisão.

O valor do Pseudo R^2 foi de 0,5453, indicando que as variáveis utilizadas explicam aproximadamente 54% da variação nos escores de eficiência. A hipótese nula para o teste RESET é de que o modelo está corretamente especificado, enquanto a hipótese alternativa sugere que o modelo está incorretamente especificado. Como o teste RESET não rejeitou a hipótese nula ($p = 0,4376$), não há evidências suficientes para afirmar que o modelo está incorretamente especificado.

A Tabela 3 apresenta os resultados do modelo de regressão beta inflacionada, utilizado para modelar os escores de eficiência. Ela destaca as variáveis que impactaram a eficiência das regiões de saúde. É importante destacar que os modelos de regressão beta inflacionado utiliza funções de ligação específicas: logit para a média condicional, logit para a massa de probabilidade e log para a precisão.

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros do modelo de regressão beta inflacionado com dispersão variável usando os escores de eficiência para os dados referentes as regiões de saúde da Amazônia Legal

Modelo para μ - Média			
Variáveis	Estimativas	Erro-padrão	P-valor
Intercepto	1.25047	1.46886	0.3977
IVM	-0.06227	0.03023	0.0434 *
Acesso a saúde	0.76637	0.14806	2.31e-06 ***
Quilombola	-0.38043	0.16855	0.0273 *
Modelo para α - Probabilidade			
Variáveis	Estimativas	Erro-padrão	P-valor
Intercepto	-2.87377	3.11627	0.35979
IVM	0.12624	0.06133	0.04351 *
Acesso a saúde	-0.99306	0.32688	0.00341 **
Favela	-1.93214	0.41218	1.43e-05 ***
Terras Indígenas	1.25723	0.49807	0.01401 *
Modelo para ϕ - Precisão			
Variáveis	Estimativas	Erro-padrão	P-valor
Intercepto	-4.3734	1.4724	0.00415**
Acesso a saúde	1.5078	0.8292	0.07354

Níveis de significância: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

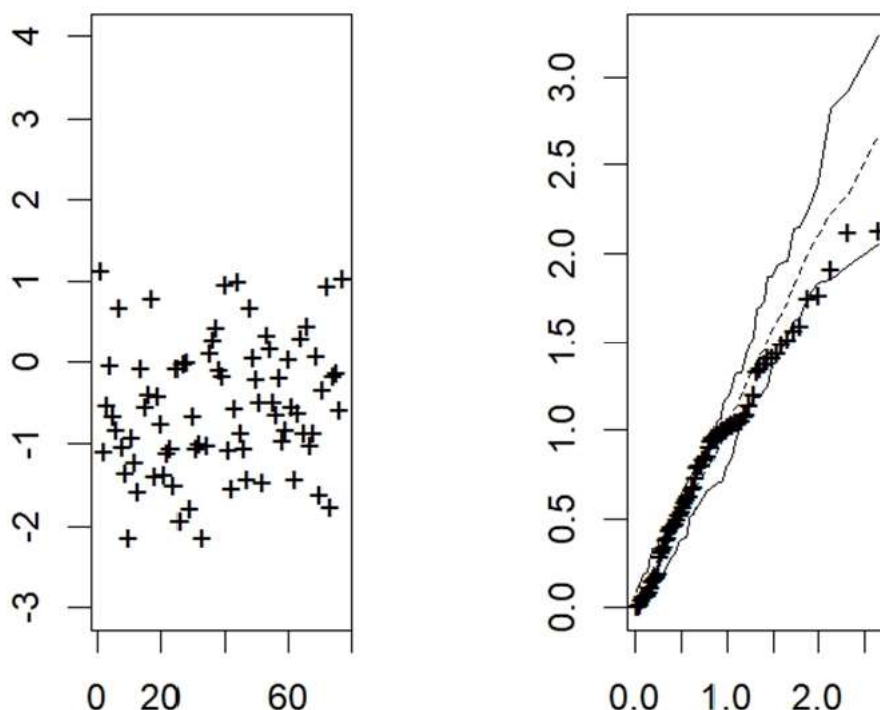
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa

Para a média condicional (μ) foi possível verificar que a variável acesso a saúde influenciou positivamente nos escores de eficiência das regiões de saúde na distribuição de recursos de saúde, enquanto IVM e presença de população em território quilombolas, exerceram feitos negativos, ou seja, quanto maior a vulnerabilidade e a presença de quilombolas na região, pior foi a eficiência técnica da região.

No que diz respeito ao modelo de massa de probabilidade, que avalia a probabilidade de uma região ser eficiente (α), observou-se que a vulnerabilidade da região e a presença de população residente em terras indígenas tiveram um impacto positivo. Em contraste, a presença de favelas e o acesso à saúde apresentaram efeitos negativos.

Em relação a estrutura de regressão para o parâmetro de precisão, observou-se que à medida que a variável acesso à saúde se eleva, a dispersão da escores de eficiência reduz. Isso significa que as regiões com melhor acesso aos serviços de saúde, como taxa de leitos de UTI e disponibilidade de respiradores, tendem a ter respostas mais precisas.

Figura 2: Gráfico dos resíduos quantis aleatorizados versus os índices das observações e gráfico da probabilidade normal com envelopes simulados das regiões de saúde da Amazônia Legal



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da pesquisa.

Com o objetivo de verificar possíveis afastamentos das suposições feitas para o modelo, foram exibidos gráficos (Figura 2) que mostram os resíduos quantis aleatorizados versus os índices das observações, e o gráfico de probabilidade normal com envelopes simulados. Os resultados sugerem que o modelo de regressão está bem ajustado. Além disso, observou-se que os resíduos geralmente estão contidos dentro das faixas da banda de confiança dos envelopes simulados. Isso indica que não há indícios de afastamento da suposição de que o modelo de regressão beta inflacionado fornece uma boa representação para os dados.

4.4.5 Discussão

A análise da alocação dos recursos de saúde nas regiões de saúde da Amazônia Legal revelou que os níveis de eficiência são predominantemente baixos, com a maioria das DMUs apresentando índices abaixo de 0,3 e apenas 11,69% delas com eficiência igual a 1 (unidades de saúde plenamente eficientes). Estudos realizados por Rezende et al., (2023) observaram na

Região Amazônica, regiões com alta taxa de COVID-19 e vizinhos em igual condição, mas com pouca quantidade de leitos de UTI e ventiladores mecânicos. Embora os serviços de saúde possam ser integrados entre localidades por meio das regiões de saúde, a alta demanda e a dificuldade de acesso geográfico podem resultar em um acesso desigual aos níveis mais complexos de atendimento.

A distribuição equitativa de serviços, profissionais e equipamentos de saúde representa um grande desafio em situações de crise sanitária. A desigualdade na oferta de serviço de saúde afeta todas as escalas espaciais, incluindo tanto as regiões historicamente privilegiadas e concentradoras de recursos, quanto as áreas menos favorecidas. Para abordar essas desigualdades, é crucial realizar uma análise da oferta e demanda de serviços e recursos, a fim de orientar investimentos, políticas, planejamento e gestão do sistema de saúde no Brasil (SANTOS; OLIVEIRA; ALBUQUERQUE, 2022).

De acordo com Donabedian (2003), a eficiência em saúde é a capacidade de um sistema de operar com menores custos sem comprometer os resultados esperados para alcançar a melhor relação custo-benefício, sendo essencial estabelecer critérios para avaliar a utilização dos recursos públicos pelos governos locais. Para tal, a metodologia DEA tem se mostrado uma técnica importante, pois permite avaliar os serviços de saúde de maneira abrangente e auxiliar na tomada de decisões, ao considerar simultaneamente diversas dimensões das unidades de saúde (GARMATZ; VIEIRA; SIRENA, 2021).

A fim de verificar se as desigualdades e vulnerabilidades sociais marcantes na região Amazônica influenciaram na eficiência técnica da alocação dos recursos de saúde utilizou-se a regressão beta inflacionada. Em outros estudos, esta metodologia também foi utilizada para avaliar os fatores que influenciaram a eficiência na aplicação dos recursos destinados a saúde (SILVA et al., 2018a; SILVA et al., 2018b).

Na análise do presente estudo, os coeficientes estimados revelaram que o acesso à saúde teve um impacto positivo na eficiência da distribuição de recursos de saúde entre as regiões. Em contrapartida, a vulnerabilidade e a presença de populações quilombolas exerceram efeitos negativos sobre essa eficiência. De acordo com Rocha et al. (2021) (ROCHA et al., 2021), a propagação inicial da COVID-19 foi predominantemente influenciada pelos padrões de vulnerabilidade socioeconômica e não pela estrutura etária da população ou pela prevalência de fatores de risco para a saúde. Além disso, estados com vulnerabilidade social moderada apresentaram um número maior de mortes em comparação com estados de vulnerabilidade social muito baixa (LINS-FILHO et al., 2023).

No entanto, ao analisar a probabilidade de uma região ser mais eficiente, os resultados mostraram o oposto. Observou-se que as regiões mais vulneráveis, incluindo aquelas com população residente em terras indígenas, tem menor probabilidade de serem eficientes. Em contraste, a presença de favelas e o acesso à saúde demonstram ter efeitos negativos sobre a eficiência. Estes resultados podem estar relacionados com a ausência de uma política de testagem bem definida e abrangente que limitou a realização dos exames apenas a pacientes internados e em estado grave (CHIORO et al., 2020). Adicionalmente, pacientes com melhores condições financeiras tiveram maior capacidade de arcar com os custos dos testes diagnósticos (OLIVEIRA et al., 2020), o que restringiu a testagem em regiões de vulnerabilidade social.

Outro fato relevante foi à subnotificação dos casos de COVID-19 entre os povos originários. Fellows et al. (2021) observaram que os povos indígenas da Amazônia Legal foram 136% mais afetados pela COVID-19 do que a média nacional, e a taxa de mortalidade entre esses grupos foi 110% superior à da população geral. Além disso, dados da Coordenação das Organizações Indígenas da Amazônia Brasileira (COIAB) revelaram uma discrepância significativa em relação aos números oficiais do Ministério da Saúde, indicando uma subnotificação de 14% dos casos e de 103% dos óbitos. Essas discrepâncias sugerem que os dados fornecidos pelo governo federal não refletiram com precisão a gravidade da situação enfrentada por essas comunidades.

Diversos desafios de acesso têm sido descritos como limitadores da atenção à saúde direcionada aos povos indígenas em várias regiões do mundo (GAO et al., 2008). Entre os principais obstáculos, destacam-se barreiras organizacionais, geográficas e culturais, como a insuficiência de intérpretes culturais que facilitem uma comunicação mais eficaz entre as comunidades indígenas e os serviços de saúde (GOMES; ESPERIDIÃO, 2017).

A COVID-19 não afetou todos os grupos e áreas de maneira igualitária, ela teve um impacto particularmente severo nas periferias e favelas, onde os indicadores de desenvolvimento humano são mais baixos (OLIVEIRA et al., 2020). Nessas regiões, a desorganização urbana e as condições habitacionais precárias, como a falta de serviços essenciais e infraestrutura inadequada, agravaram a situação. A alta densidade populacional nas residências tornou o isolamento social ainda mais difícil (CHIORO et al., 2020).

Vale ressaltar que a eficiência técnica não se restringe à quantidade de recursos disponíveis em uma determinada área, mas sim a capacidade de minimizar a relação entre insumos e produtos e assegurar a otimização da utilização dos recursos. Dessa forma, relaciona-se com os meios e não com os fins (FERREIRA; GOMES, 2020), o que justifica os achados

desta pesquisa ao constatar que maiores quantidades de recurso de saúde não garantem maior probabilidade de eficiência técnica.

Entre as limitações desta pesquisa, destaca-se a confiabilidade dos dados disponibilizados pelo DATASUS, que são dependentes da atualização realizada pelos municípios e frequentemente não passam por processos rigorosos de fiscalização ou auditoria. Essa falta de verificação pode comprometer a precisão das informações. Além disso, o atraso na publicação do Censo afetou a coleta de variáveis por município que poderiam avaliar as vulnerabilidades de forma mais detalhada. Outro ponto relevante é que as taxas de COVID-19 devem ser interpretadas com cautela, pois a testagem no Brasil era predominantemente voltada para pessoas sintomáticas, o que pode ter resultado em subnotificação de casos. Esse problema é especialmente significativo em regiões mais remotas e entre populações vulneráveis, onde o acesso aos serviços de saúde e a informações era mais limitado.

4.4.6 Considerações Finais

O estudo buscou avaliar os efeitos das vulnerabilidades sociais na eficiência da alocação de recursos de saúde durante a pandemia de COVID-19 na região da Amazônia Legal. Os resultados revelam uma significativa variação na eficiência das regiões de saúde, com muitas delas apresentando desempenho substancialmente abaixo da média. Observou-se que regiões com maior acesso a serviços de saúde tendem a ter escores de eficiência mais elevados. Em contraste, a presença de altos níveis de vulnerabilidade social e a concentração de populações quilombolas foram associadas a uma redução na eficiência técnica. Além disso, regiões com maior presença de favelas mostraram menor probabilidade de eficiência.

Esses achados indicam que a alocação de recursos de saúde foi desproporcionalmente afetada pelas condições socioeconômicas e pela presença de comunidades vulneráveis, o que pode ter comprometido a eficácia das intervenções de saúde pública durante a pandemia. A análise sugere que uma abordagem mais equitativa na distribuição de recursos, levando em consideração as especificidades das vulnerabilidades sociais e as características demográficas das regiões, é crucial para melhorar a eficiência técnica e garantir uma resposta mais eficaz a crises de saúde em contextos de desigualdade. Portanto, futuras políticas de saúde devem incorporar estratégias para mitigar as disparidades regionais e melhorar o acesso e a qualidade dos serviços de saúde nas áreas mais afetadas.

Considerando a diversidade étnica presente nessa região, se faz fundamental a capacitação para um diálogo intercultural em saúde, a fim de estabelecer estratégias dialógicas

e eficientes para mitigar e superar as inequidades. Isso garantirá que as políticas de saúde sejam mais inclusivas e sensíveis às necessidades das comunidades diversas, promovendo uma resposta mais equitativa e eficaz às crises de saúde.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v.19, n. 6, p. 716–723, 1974.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). DATASUS. **População Residente. Estudo de Estimativas Populacionais por Município, Idade, Sexo 2000-2020**. Brasília: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?ibge/cnv/popbr.def>> Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). DATASUS. **Recursos físicos-equipamentos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021a. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?cnes/cnv/equipobr.def>> Acesso em: 10 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). DATASUS. **Recursos humanos: profissionais**. Indivíduos segundo CBO 2002 [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2021b. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?cnes/cnv/prid02br.def>> Acesso em: 17 dez. 2022.

BRASIL. Secretarias Estaduais de Saúde. COVID-19. **Painel Coronavírus**, 2021c. Disponível em: <<https://covid.saude.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

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

CHIORO, A et al. Covid-19 em uma Região Metropolitana: vulnerabilidade social e políticas públicas em contextos de desigualdades. *Saúde Debate*, v.44, n.4, p. 219–231, 2020.

CRIBARI-NETO, F. PEREIRA, T. L. Avaliação da eficiência de administrações municipais no estado de São Paulo: uma nova abordagem via modelos de regressão beta. **Revista Brasileira de Biometria**, v.31, n.31, p. 270-294 , 2013.

DONABEDIAN, A. An introduction to quality assurance in health care. **Croatian Medical Journal**, v. 44, n. 5, p. 655–657, 2003.

DOS ANJOS F. et al. Public Involvement & Engagement in health inequalities research on COVID-19 pandemic: a case study of CIDACS/FIOCRUZ BAHIA. **Int J Popul Data Sci**, v. 5, n.4, p.1-8, 2023.

DOS ANJOS A. Novo índice aponta que desigualdades sociais em saúde se aprofundaram na pandemia. **Cidacs**. Fiocruz Bahia. 2022. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/noticia/novo-indice-aponta-que-desigualdades-sociais-em-saude-se-aprofundaram-na-pandemia>> Acesso em: 02 jun. 2024.

FELLOWS, M. et al. Under-reporting of COVID-19 cases among indigenous peoples in Brazil: A new expression of old inequalities the indigenous context in the Brazilian. **Front Psychiatry**, v. 12, p.1-15, 2021.

FERREIRA, C.M.C; GOMES, A.P. **Introdução à Análise Envolvória de Dados: Teoria. Modelos e Aplicações**. 2º ed. Viçosa: Editora UFV; 2020

FIOCRUZ. **Centro de Integração de Dados e Conhecimentos para a Saúde Cidacs** - Plataforma de Dados Desidentificados Cidacs. Social Disparities Index. SDI-COVID-19. Disponível em: <<https://dataverse.cidacs.org/dataverse/PDDCidacs>> Acesso em: 03 dez. 2023.

FREITAS, C. M. et al. A gestão de riscos e governança na pandemia por Covid-19 no Brasil: análise dos decretos estaduais no primeiro mês. Relatório técnico e sumário executivo. **Cepedes**, v. 1, p. 78, 2020.

GAO, S. et al. Access to health care among status aboriginal people with chronic kidney disease. **CMAJ**, v. 179, n. 10, p. 1007–1012, 2008.

GARMATZ, A.; VIEIRA, G. B. B.; SIRENA, S. A. Assessing the technical efficiency of brazil's teaching hospitals using data envelopment analysis. **Cien Saude Colet**, Rio de Janeiro v. 26, suppl2, p. 3447–3457, 2021.

GOMES, S.C; ESPERIDIÃO, M.A. Acesso dos usuários indígenas aos serviços de saúde de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil [Indigenous peoples' access to health services in Cuiabá, Mato Grosso State, Brazil]. **Cadern Saud Publ**, v.33, n.5, p.1-20, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022 Indígenas Primeiros resultados do universo. Rio de Janeiro, 2023a. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102018.pdf>> Acesso em: 30 abr. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022 Quilombolas. Primeiros resultados do universo. Rio de Janeiro, 2023b. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102016.pdf>> Acesso em: 29 abr. 2024.

INSTITUTO VOTORANTIM. **Índice de Vulnerabilidade Municipal-COVID-19**. Disponível em: <<https://institutovotorantim.org.br/ivm/>> Acesso em: 28 jan. 2024.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Vulnerabilidade Social no Brasil: conceitos, métodos e primeiros resultados para municípios e regiões metropolitanas brasileiras**. Brasília: Rio de Janeiro, 2018.

KLEIBER, C. ZEILEIS, A. **Applied Econometrics with R**. Springer-Verlag, New York, URL <http://CRAN.R-project.org/package=AER>.

LIMA, A.L.S et al. COVID-19 nas favelas: cartografia das desigualdades. In: Matta GC, Rego S, Souto EP, Segata J, eds. Os impactos sociais da COVID-19 no Brasil: populações vulnerabilizadas e respostas à pandemia [online]. Rio de Janeiro: **Observatório Covid 19**, Editora Fiocruz; 2021, pp. 111-121.

LIMA, C. O. et al. Análise da Vulnerabilidade Social aos Impactos da Pandemia de COVID-19 nos Municípios Costeiros do Brasil. **Revista Costas**, v. 3, p. 71-98, 2022.

LINS-FILHO, P.C. et al. **The impact of socioeconomic vulnerability on COVID-19 outcomes and social distancing in Brazil** [Internet]. SciELO Preprints 2020. Available from: <<https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/1126>> Acesso em: 24 ago. 2024.

MASCARENHAS, A.L dos S.; VIDAL, MR. Estimativa da prevalência de infecção por COVID-19 na Amazônia Legal a partir da teoria corológica e da ciência da informação geográfica. **Revista Ensaios de Geografia**, v.5, n.9, p. 16–21, 2020.

MCFADDEN, D. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. *Frontiers in Econometrics*. P. Zarembka (ed.), **Academic Press**: New York, 1974.

MONDARDO, M. Indigenous Peoples And Traditional Communities In Times Of The Covid-19 Pandemic In Brazil: Strategies Of Struggle And R-Existence. **Finisterra**, v. 55, n. 115, p. 81–88, 2020.

OLIVEIRA, R.G. et al. Racial inequalities and death on the horizon: COVID-19 and structural racism. **Cad Saúde Pública**, v.36, n.9, 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). Paineis de emergência de saúde da OMS. Disponível em: <<https://covid19.who.int/region/amro/country/br>> Acesso em: 18 jun. 2021.

OSPINA, R.; FERRARI, S. L. P. A general class of zero-or-one inflated beta regression models. **Computational Statistics & Data Analysis**, v.56, issue6, p.1609-1623, 2012.

OSPINA, R.; FERRARI, S. L. P. Inflated beta distributions. **Stat Papers**, v. 51, p. 111-126, 2010.

PEREIRA, T.L.; SOUZA, T.C.; CRIBARI-NETO, F. Uma avaliação da eficiência do gasto público nas regiões do Brasil. **Ciência e Natura**, 36, p. 23–36, 2014.

PIRES, R. R. C. Os Efeitos sobre grupos sociais e territórios vulnerabilizados das medidas de enfrentamento à crise sanitária da Covid-19: propostas para o aperfeiçoamento da ação pública TT - Nota Técnica n. 33. **Nota Técnica / IPEA Diest**, v. 33, p. 11, 2020. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_alphacontent&view=alphacontent&Itemid=357>. Acesso em: 14 abr, 2024.

RAMSEY, J. B. Tests for Specification Errors in Classical Linear Least-squares Regression Analysis. **Journal of the Royal Statistical Society**, v.31, n. 2, p. 350–371, 1969.

REZENDE, A.A.B; et al. Distribution of COVID-19 cases and health resources in Brazil's Amazon region: a spatial analysis. **Cien Saude Colet**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 131–141, 2023.

ROCHA, R. et al. Effect of socioeconomic inequalities and vulnerabilities on health-system preparedness and response to COVID-19 in Brazil: a comprehensive analysis. **The Lancet Global Health**, v. 9, n. 6, p. e782–e792, 2021.

SANTOS, D.; MOSANER, M.; CELENTANO, D.; MOUTA, R.; VERÍSSIMO, A. **Índice de progresso social na Amazônia brasileira: IPS Amazônia 2018**. Belém: Imazon/Social Progress Imperative; 2018.

SANTOS, P.P.G.V; OLIVEIRA, R.; DA ALBUQUERQUE, M.V. Desigualdades da oferta hospitalar no contexto da pandemia da COVID-19 no Brasil: uma revisão integrativa. **Saúde Debate**, v.46, p.1, p. 322-337, 2022.

SILVA, C.R da. et al . Fatores associados à eficiência na Atenção Básica em saúde , nos municípios brasileiros. **Saúde debate**, v. 42, n.117, p. 382–391, 2018.

SILVA, C.R da.; SOUZA, T.C.; LIMA, C. M. B. Avaliação da eficiência na atenção básica à saúde no estado da Paraíba: Uma análise via modelo de regressão beta inflacionado. **Ciência e Natura, Santa Maria**, v. 40, e21, 2018.

SOUZA, C. D.F. et al. Evolução espaço temporal da letalidade por COVID-19 no Brasil, 2020. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 46, n. 4, p. 1–3, 2020.

STASINOPOULOS, D. M.; RIGBY, R. A. Generalized additive models for location scale and shape (GAMLSS) in R. **Journal of Statistical Software**, v. 23, Issue 7, 2007.

5. CONCLUSÃO

A análise do impacto da COVID-19 nas regiões de saúde da Amazônia Legal, à luz da distribuição de recursos de saúde e das condições de vulnerabilidade social, revelou informações cruciais sobre as desigualdades enfrentadas pela população local durante a pandemia. Os resultados demonstraram uma autocorrelação espacial, indicando que municípios geograficamente próximos apresentaram taxas semelhantes de incidência da doença, com as maiores taxas nos estados do Amapá, Amazonas e Roraima. Observou-se que os recursos de saúde estão concentrados nas capitais, com apenas 11,68% das regiões de saúde consideradas eficientes na alocação dos recursos para o combate à pandemia, com o Amapá em destaque pelo melhor resultado e o Pará, Mato Grosso, Rondônia, Maranhão, Acre e Roraima com os piores desempenhos.

Além disso, os resultados indicaram que a alocação de recursos foi desproporcionalmente afetada por condições socioeconômicas e pela presença de comunidades vulneráveis, comprometendo a eficácia das intervenções de saúde pública.

Portanto, é fundamental adotar uma abordagem mais equitativa na distribuição de recursos, levando em consideração as especificidades das vulnerabilidades sociais e as características demográficas de cada região. Para que futuras políticas de saúde sejam mais eficazes, é crucial incorporar estratégias que mitiguem as disparidades regionais e garantam um acesso mais justo e qualificado aos serviços de saúde, especialmente nas áreas mais afetadas.

Este trabalho contribui para o desenvolvimento regional ao fornecer uma análise detalhada do impacto da COVID-19, destacando a relação entre a distribuição de recursos e as vulnerabilidades sociais. A partir dos dados analisados, abrem-se novas possibilidades para a formulação de políticas mais eficazes.

A identificação de áreas com maior necessidade de apoio, as informações obtidas podem orientar a alocação estratégica de investimentos em saúde pública, priorizando regiões vulneráveis e melhorando o acesso aos serviços essenciais. Além disso, a pesquisa enfatiza a importância de abordar as desigualdades socioeconômicas, sugerindo que futuras políticas integrem medidas específicas para fortalecer comunidades vulneráveis e melhorar sua resiliência em crises de saúde.

A análise das lições aprendidas com a pandemia de COVID-19 é essencial para preparar as regiões para futuras pandemias e surtos. A crescente interconexão global e as mudanças

ambientais aumentam o risco de novas crises de saúde, tornando imperativo que as políticas de saúde pública sejam adaptativas e proativas. Isso inclui o desenvolvimento de planos de resposta a emergências que considerem as especificidades de cada região e a formação de redes de colaboração entre diferentes níveis de governo e a sociedade civil.

Assim, o trabalho não apenas contribui para uma melhor compreensão das dinâmicas regionais, mas também serve como um recurso valioso para formuladores de políticas. Essa base analítica pode facilitar o desenvolvimento de intervenções mais eficazes, promovendo a equidade e a melhoria da qualidade de vida nas comunidades, ao mesmo tempo que prepara as regiões para enfrentar desafios futuros relacionados a novas pandemias.

Entre as limitações desta tese, destaca-se a confiabilidade dos dados fornecidos pelo DATASUS, que dependem da atualização feita pelos municípios e frequentemente não são submetidos a processos rigorosos de fiscalização ou auditoria. Essa ausência de verificação pode comprometer a exatidão das informações. Além disso, o atraso na divulgação dos dados do Censo afetou a coleta de variáveis municipais, o que poderia permitir uma avaliação mais detalhada das vulnerabilidades sociais.

Outro aspecto importante é que as taxas de COVID-19 devem ser analisadas com cautela, uma vez que a testagem no Brasil era predominantemente direcionada a indivíduos sintomáticos, resultando em subnotificações de casos. Essa subtestagem é particularmente significativa entre populações vulneráveis e em regiões remotas, onde o acesso a serviços de saúde e informações é ainda mais limitado, fato este que pode ter mascarado a gravidade da pandemia nestas regiões.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico- Doença pelo Novo Coronavírus-COVID-19** .Especial (2022). Disponível em: <www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/boletins-epidemiologicos/COVID-19/2022/boletim-epidemiologico-no-101-boletim-coe-coronavirus.pdf/view> Acesso em: 01mar. 2022a.
- COSTA, M. A.; OLIVEIRA; MARGUTTI, B. O. (Orgs.). **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Brasília: Ipea, 2015.
- DA SILVA, J.L.B; DA COSTA, F.R. Geotecnologias aplicadas no mapeamento da COVID-19 na Região Nordeste do Brasil. **Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 17, n. 46, p.275-296, jan./mar., 2021.
- DE MACEDO, R. M. S.; KUBLIKOWSKI, I. Valores positivos e desenvolvimento do adolescente: Perfil de jovens Paulistanos. **Psicologia em Estudo**, v. 14, n. 4, p. 689–698, 2009.
- FREITAS, C. M.; SILVA, I. V. DE M.; CIDADE, N. DA C. COVID-19 as a global disaster: Challenges to risk governance and social vulnerability in Brazil. **Ambiente e Sociedade**, v. 23, p. 1–14, 2020.
- GARNELO, Luiza; SAMPAIO, Sully de Souza; PONTES, Ana Lúcia. **Atenção diferenciada: a formação técnica de agentes indígenas de saúde do Alto Rio Negro** [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2019a, 163 p.
- GARNELO, Luiza. Especificidades e desafios das políticas públicas de saúde na Amazônia.[Editorial] **Cad. Saúde Pública**, v.35, n. 12, 2019b.
- GARNELO, Luiza; LIMA, Julina Gagno; ROCHA, Esron Soares Carvalho et al. Acesso e cobertura da atenção primária à saúde para populações rurais e urbanas na região norte do Brasil. **Saúde debate**, v.42, n.1, p.81-99, set 2018
- HOOPER, M. W. NÁPOLIS. A. M. PÉREZ-STABLE, E. J. COVID-19 and Racial/Ethnic Disparities. **JAMA**, v. 323, n. 24, p. 2466–2467, 2022.
- IBGE. **Aglomerados subnormais 2019: classificação preliminar e informações de saúde para o enfrentamento à COVID-19: notas técnicas**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101717_notas_tecnicas.pdf> Acesso em 17 nov 2024.
- IBGE.Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022 Indígenas Primeiros resultados do universo**. Rio de Janeiro, 2023b. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102018.pdf>>Acesso em: 30 abr. 2024.
- IBGE.Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022 Quilombolas. Primeiros resultados do universo**. Rio de Janeiro, 2023a. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv102016.pdf>>Acesso em: 29 abr. 2024.
- INHUDES, A. et al. Saúde na Amazônia Legal: diagnóstico e propostas de atuação para o BNDES. **R. BNDES**, v. 29, n. 57, p. 7–57, 2022.
- LOPES, B. et al. Análise Espacial da Covid-19 no município de Maricá (RJ). **Estrabão**, v.5, n.1, p. 220–229, 2024.
- MACEDO, R.M.de; KUBLIKOWSKI, I. Valores positivos e desenvolvimento do adolescente: perfil

de jovens paulistanos. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 14, n. 4, p. 689-698, out./dez. 2009.

MAZON, L. M.; DE FREITAS, S. F. T.; COLUSSI, C. F. Financing and management: The technical efficiency in public health expenditures of small-scale municipalities in the state of Santa Catarina. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 26, n. 4, p. 1521–1532, 2021.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na Gestão e planejamento urbano**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

OLIVEIRA, Paulo de Tarso Ribeiro de. **Desigualdade regional e o território da saúde na Amazônia**. Belém: Universidade Federal do Pará, 2008. 248 p.

PIRES, R. R. C. Os Efeitos sobre grupos sociais e territórios vulnerabilizados das medidas de enfrentamento à crise sanitária da Covid-19: propostas para o aperfeiçoamento da ação pública TT - Nota Técnica n. 33. **Nota Técnica / IPEA Diest**, v. 33, p. 11, 2020. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>>. Acesso em: 1 mai. 2020.

PIRISI, A. Low health literacy prevents equal access to care. **Lancet**, v. 356, n. 9244, p. 1828, 2000.

REZENDE, A.B.R. et al. Eficiência de alocação dos recursos de saúde da Amazônia legal na COVID-19: uma abordagem por análise envoltória de dados: efficiency of health resource allocation in the legal Amazon during covid-19. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 20, n. 2, 2024.

ROCHA, R. et al. Effect of socioeconomic inequalities and vulnerabilities on health-system preparedness and response to COVID-19 in Brazil: a comprehensive analysis. **The Lancet Global Health**, v. 9, n. 6, p. e782–e792, 2021a.

ROCHA, R. et al. **A saúde na Amazônia Legal: Evolução recente e desafios em perspectiva comparada**. Estudo Institucional nº 4 Novembro, 2021b. Disponível em: <<https://ieps.org.br/wp-content/uploads/2021/11/A-Saude-na-Amazonia-Legal-Final.pdf>> . Acesso em: 11 mar 2022.

SANTOS, D.; MOSANER, M.; CELENTANO, D.; MOUTA, R.; VERÍSSIMO, A. **Índice de progresso social na Amazônia brasileira**: IPS Amazônia 2018. Belém: Imazon/Social Progress Imperative; 2018.

SARTI, T. D. et al. What is the role of Primary Health Care in the COVID-19 pandemic? **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 29, n. 2, p. 1–5, 2020.

WEBB HOOPER, M; NÁPOLES, A. M; PÉREZ-STABLE, E.J. COVID-19 and Racial/Ethnic Disparities. **JAMA**; v.323, n.24, p.2466–2467, jun 2020.

