

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ECONOMIA

MARCELO CARVALHO CONDACK

**O PAPEL DA AVALIAÇÃO COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA PARA O  
SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS DE SAÚDE:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA APLICADA À REGIÃO SUDESTE (2022).**

JUIZ DE FORA  
2025

MARCELO CARVALHO CONDACK

**O PAPEL DA AVALIAÇÃO COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA PARA O  
SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS DE SAÚDE:  
UMA PROPOSTA METODOLÓGICA APLICADA À REGIÃO SUDESTE (2022).**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Zanini

JUIZ DE FORA

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração  
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Condack, Marcelo Carvalho .

O papel da avaliação como ferramenta estratégica para o suporte  
à tomada de decisão em políticas públicas de saúde : uma proposta  
metodológica aplicada a região Sudeste (2022) / Marcelo Carvalho  
Condack. -- 2025.

43 p. : il.

Orientador: Alexandre Zanini

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade  
Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia, 2025.

1. Redes Neurais Artificiais. 2. Mapas Auto-Organizáveis (SOM).
3. Avaliação em Saúde. I. Zanini, Alexandre, orient. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
REITORIA - FACECON - Depto. de Economia

## FACULDADE DE ECONOMIA / UFJF

### ATA DE APROVAÇÃO DE MONOGRAFIA II (MONO B)

Na data de 02/12/2025, a Banca Examinadora, composta pelos professores

1 - Alexandre Zanini - orientador; e

2 - Rafael Morais de Souza,

reuniu-se para avaliar a monografia do acadêmico **MARCELO CARVALHO CONDACK**, intitulada: **O PAPEL DA AVALIAÇÃO COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA PARA O SUPORTE À TOMADA DE DECISÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS DE SAÚDE: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA APLICADA A REGIÃO SUDESTE (2022).**

Após primeira avaliação, resolveu a Banca sugerir alterações ao texto apresentado, conforme relatório sintetizado pelo orientador. A Banca, delegando ao orientador a observância das alterações propostas, resolveu **APROVAR** a referida monografia.

#### ASSINATURA ELETRÔNICA DOS PROFESSORES AVALIADORES



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Zanini, Professor(a)**, em 02/12/2025, às 17:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Morais de Souza, Professor(a)**, em 03/12/2025, às 15:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.ufjf.br/SEI](http://www2.ufjf.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2776332** e o código CRC **5CCF46FF**.

Referência: Processo nº 23071.954530/2025-06

SEI nº 2776332

## **RESUMO**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um modelo de Redes Neurais Artificiais como ferramenta avaliativa do sistema de saúde. Para isso, o estudo busca apresentar conceitos e estruturas importantes que compõem o monitoramento dos resultados desse setor, bem como algumas formas de avaliação que já estiveram vigentes no contexto de saúde pública. A metodologia baseou-se na aplicação conjunta do modelo de Mapas Auto-Organizáveis (SOM) e de um modelo hierárquico de aprendizado estatístico. Os resultados obtidos demonstram a capacidade da abordagem em identificar falhas estruturais e evidenciar condições sensíveis, como a insuficiência de leitos. Tais evidenciações são um primeiro passo para uma análise mais focalizada das deficiências do sistema de saúde em nível municipal, servindo de estudo complementar e buscando auxiliar a tomada de decisão dos gestores de políticas públicas em saúde.

**Palavras-chave:** Redes Neurais Artificiais, Mapas Auto-Organizáveis (SOM), Avaliação em Saúde, Saúde Pública.

## **ABSTRACT**

This study aims to present an Artificial Neural Network model as an assessment tool for the health system. To this end, the study seeks to present important concepts and structures that comprise the monitoring of this sector's results, as well as some assessment methods previously used in the public health context. The methodology was based on the combined application of the Self-Organizing Maps (SOM) model and a hierarchical statistical learning model. The results obtained demonstrate the approach's ability to identify structural flaws and highlight critical issues, such as bed shortages. These findings are a first step towards a more focused analysis of the health system's deficiencies at the municipal level, serving as a complementary study and seeking to assist the decision-making of public health policymakers.

**Keywords:** Artificial Neural Networks, Self-Organizing Maps (SOM), Health Assessment, Public Health.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Matriz conceitual.....	17
<b>Figura 2</b> – Gráfico Boxplot.....	26
<b>Figura 3</b> – U-matrix.....	28
<b>Figura 4</b> – Dendrograma do método hierárquico.....	29
<b>Figura 5</b> – Representação da divisão hierárquica das distâncias na U-matrix.....	30
<b>Figura 6</b> – Gráficos Boxplot dos clusters.....	33
<b>Figura 7</b> – Representação dos clusters no mapa.....	37

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> – Quantidade de municípios por ente federativo da região sudeste.....	25
<b>Tabela 2</b> – Resultados normalizados .....	31
<b>Tabela 3</b> – Resultados na escala real .....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CIHI – *Canadian Institute for Health Information*  
CNES – Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde  
DATASUS – Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde  
DSS – Determinantes Sociais de Saúde  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IEPS – Instituto de Estudos para Políticas em Saúde  
LDO - Lei de Diretrizes Orçamentárias  
LOA- Lei Orçamentária Anual  
MS – Ministério da saúde  
PPA - Plano Plurianual  
PROADESS – Projeto de Avaliação do Desempenho do Sistema de Saúde  
RNA – Redes Neurais Artificiais  
SAPS – Secretaria de Atenção Primária à Saúde  
SIH/SUS – Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde  
SIM – Sistema de Informação sobre Mortalidade  
SIM – Sistema de Informação sobre Mortalidade  
SINAN – Sistema de Informação de Agravos de Notificação  
SINASC – Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos  
SIOPS – Sistema de Informações sobre Orçamentos Públicos em Saúde  
SMR – *Standardized Morbidity/Mortality Ratio*  
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento  
SOM – Self-organizing map  
SS – Sistemas de Saúde  
SUS – Sistema único de Saúde  
UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2. AVALIAÇÃO EM SAÚDE.....</b>	<b>13</b>
2.1 EXPERIÊNCIAS DE AVALIAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA .....	14
2.2 A MATRIZ DE INDICADORES DA FIOCRUZ.....	16
<b>3. EFICIÊNCIA ECONÔMICA EM SAÚDE E PROPOSTA DE AVALIAÇÃO.....</b>	<b>19</b>
3.1 EFICIÊNCIA ECONÔMICA EM SAÚDE.....	19
<b>3.2 METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
3.3 DADOS.....	22
3.4 ANÁLISE E TRANSFORMAÇÃO DOS DADOS .....	25
<b>4. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS E RESULTADOS PRELIMINARES.....</b>	<b>28</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
5.1 CLUSTER 1 - POLOS URBANOS .....	33
5.2 CLUSTER 2- MUNICÍPIOS MÉDIOS.....	34
5.3 CLUSTER 3 - MUNICÍPIOS COM BAIXA ESTRUTURA DE SAÚDE.....	35
5.4 CLUSTER 4 - MUNICÍPIOS COM POUCA ESTRUTURA AMBIENTAL E DE MÉDIA/ALTA COMPLEXIDADE EM SAÚDE: .....	36
5.5 CLUSTER 5 - MUNICÍPIOS COM POSSÍVEL PROBLEMA DE EFETIVIDADE:.....	36
5.6 CLUSTER 6 – MUNICÍPIOS COM BAIXA ESTRUTURA SANITÁRIA .....	37
5.7 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CLUSTERS .....	37
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>39</b>
<b>7.REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Instituído pela Constituição de 1988, o Sistema Único de Saúde (SUS) forma uma rede de saúde de âmbito nacional de caráter descentralizado, com gestão e responsabilidade compartilhadas entre União, Estados e Municípios. Essa estrutura forma um sistema integrado de saúde pública, que oferta serviços gratuitos em todo território nacional. Esses serviços contemplam desde a atenção básica até a especializada. (Brasil, 1988)

As complexidades e a dimensão do território brasileiro impõem ao SUS desafios quanto à sua forma de gestão descentralizada. A alocação de recursos públicos de forma eficiente torna-se imprescindível em um cenário de restrição orçamentária crônica. Nesse sentido, gerir um sistema complexo que busque suprir as necessidades da população em relação aos serviços de saúde em todos os níveis de complexidade é um desafio para os responsáveis pela gestão desse sistema. O SUS tem como objetivo atender toda a população do país – cerca de 211 milhões de brasileiros, segundo o Censo de 2022 (IBGE, 2023) – além de qualquer estrangeiro que esteja em território nacional de forma universal, equitativa e integral.

Em nota técnica publicada em 2023, o Instituto de Estudos para Políticas em Saúde (IEPS), em parceria com o Observatório da Saúde Pública (Umane), apresentou um panorama sobre o investimento em saúde pública no período de 2013 a 2023, com base na Lei Orçamentária Anual (LOA). O estudo demonstra uma estagnação dos investimentos em saúde pública, o que, por sua vez, amplia os desafios enfrentados pelos gestores públicos em alocar recursos de forma mais eficiente a fim de garantir acesso equitativo à população. (Nobre, Faria, 2023).

A submissão dos programas de saúde aos instrumentos de planejamento federal gera externalidades negativas na dinâmica de transferência de recursos para estados e municípios. Argumenta-se que o SUS foi idealizado em 1988 com uma característica fundamental: o subfinanciamento. Essa condição decorre da forma como os recursos são alocados e os limites orçamentários preestabelecidos na LDO e LOA. Tais instrumentos, ao adotarem uma dinâmica voltada à geração de superávits primários, provocam o subfinanciamento crônico do sistema. Como consequência, há o comprometimento do atendimento aos princípios fundamentais de universalidade, integralidade e equidade. (Funcia, 2019; IEPS, 2023)

A carência de recursos, somada a falhas de planejamento e a políticas públicas incoerentes, distancia o sistema de saúde de seus princípios fundamentais. Com o agravamento das desigualdades sociais, a universalidade do acesso à saúde torna-se apenas circunstancial,

uma vez que a saúde da população é um reflexo direto de suas condições socioeconômicas e ambientais. (Tasca, Benevides, 2023)

Ao tratar de eficiência em um contexto de saúde pública, é necessário ter em mente seu referencial teórico. O debate sobre o tema traz conceitos econômicos cruciais, como externalidades, bens públicos, bens de mérito, seleção adversa e oligopólios, todos analisados sob a luz do Primeiro Teorema do Bem-Estar, que estabelece as condições para a eficiência no sentido de Pareto. A análise desses fatores é fundamental para compreender a estrutura do SUS e o comportamento de seus agentes, o que impacta diretamente os custos do sistema. (Marinho, 2023)

A presença de limitações nas análises tradicionais de desempenho do SUS frequentemente ignora a heterogeneidade dos municípios brasileiros. A disparidade entre capitais/regiões metropolitanas e o interior apresenta capacidades fiscais, sociais e de infraestrutura muito distintas. Essa heterogeneidade impossibilita a comparação direta, o que pode levar a conclusões equivocadas, gerando problemas de eficiência e resultados pouco úteis à gestão. (Tanaka *et al.*, 2015)

A avaliação sistematizada do SUS é indispensável para garantir a eficiência e a eficácia. Para isso, é preciso analisar a saúde pública em seus aspectos fundamentais: às demandas da população, a oferta de serviços e os resultados obtidos quanto à qualidade do atendimento e ao acesso. Portanto, implementar métodos que otimizem essa avaliação é essencial para tomada de decisões e para aprimoramento das políticas de saúde. (Tanaka *et al.*, 2015)

Diante desse desafio, e considerando a complexidade estrutural e o subfinanciamento crônico do SUS, torna-se imperativo o uso de ferramentas para avaliações mais sofisticadas. Esse estudo busca a aplicação da análise de cluster como meio de construir uma análise econômica focal. Essa iniciativa busca importar para a saúde pública uma metodologia já consolidada em outras áreas do conhecimento, como marketing, engenharia e biologia. Nesses campos, a segmentação de dados é fundamental para pesquisa, e consequentemente para tomada de decisão.

Avaliar as influências das dimensões de saúde (sociais, ambientais, econômicas e de estrutura sistêmica) como determinantes de saúde e qualidade de vida da população constitui uma ferramenta importante para a evolução de todo o sistema. A partir dessa análise, torna-se possível examinar como suas interações influenciam a efetivação do acesso pelos municípios aos princípios regentes do SUS: universalidade, integralidade e equidade, elaborados na Constituição de 1988.

Avaliar o sistema público de saúde, assim como outros programas governamentais, não é uma tarefa trivial. Surge, dentro deste processo, um grande desafio para os gestores: formular estratégias metodológicas que possibilitem o conhecimento aprofundado sobre políticas, programas e serviços. Isso só é possível por meio do monitoramento constante, pois uma mesma política pode apresentar resultados díspares em diferentes contextos. Tal realidade traz ao debate público a necessidade de se implementar processos de avaliação mais novos e sofisticados. (Tanaka, Tamaki, 2012)

Como ferramenta de diagnóstico, a análise de clusters expõe as lacunas de recursos e ineficiências estruturais específicas de cada grupo de municípios homogêneos. Essa segmentação é um importante meio de análise para uma tomada de decisão baseada em evidências, permitindo uma focalização das políticas públicas e a implantação de intervenções focalizadas. A visualização espacial dos *clusters*, somada à análise de agrupamento, forma um recurso interpretativo que fornece uma compreensão facilitada da realidade.

Este estudo utiliza a metodologia de Redes Neurais Artificiais (RNA)<sup>1</sup> em conjunto com a área de aprendizado estatístico para gerar uma análise de cluster, fundamentada na teoria da Economia do Setor Público, como ferramenta para **avaliar o cenário em que se encontra a saúde da região Sudeste no ano de 2022**. Ao agrupar municípios com características socioeconômicas e de infraestrutura de saúde semelhantes, constrói-se uma base comparativa para analisar múltiplas realidades nas regionais.

Quanto aos conceitos metodológicos de eficiência e efetividade, esta monografia busca ampliar a visão destes como elementos interdependentes. A partir da utilização do modelo de Mapas Auto-Organizáveis (SOM)<sup>2</sup> para segmentar os municípios em grupos homogêneos, busca-se gerar resultados que funcionem com uma análise prévia de eficiência e efetividade.

O objetivo principal desse trabalho é gerar um diagnóstico sobre as disparidades de situação de saúde entre os municípios. A análise busca identificar pontos estruturais que definem o cenário de saúde para região analisada, avaliando principalmente as condições ambientais, o acesso e a efetividade dos serviços. Além disso, procura-se revelar lacunas, por meio da análise de agrupamento que possam ser investigadas mais profundamente.

Além disso, de forma a complementar a análise, busca-se apresentar alguns exemplos de formas de avaliação de saúde utilizadas oficialmente na tomada de decisão. Com isso, o objetivo é mostrar tanto a necessidade de ampliar e aprimorar o monitoramento das avaliações

<sup>1</sup> HAYKIN, Simon. Redes neurais: princípios e prática. Tradução de Paulo Martins Engel. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

<sup>2</sup> Ibidem.

de desempenho na saúde pública, quanto a importância destes esforços para a evolução de todo sistema.

O presente trabalho parte da fundamentação teórica e da análise dos dados, e culmina na aplicação dos modelos. O Capítulo 2 inicia a revisão bibliográfica, abordando o conceito de avaliação em Saúde, discutindo experiências prévias em saúde pública e apresentando a matriz de indicadores da Fiocruz como referência. O Capítulo 3 aprofunda a teoria, focando no debate sobre a Eficiência Econômica em Saúde. Em seguida, o Capítulo 4 detalha a proposta de avaliação deste estudo, descrevendo a metodologia, as fontes de dados e o processo de tratamento e transformação dessas informações. O Capítulo 5 apresenta a aplicação dos métodos e discute os resultados preliminares. O Capítulo 6, por sua vez, aprofunda a análise dos resultados consolidados, detalhando os *clusters* identificados e examinando a distribuição espacial dos grupos. Por fim, o trabalho apresenta a conclusão, que sintetiza os principais achados, e as referências bibliográficas que deram suporte à pesquisa.

## 2. AVALIAÇÃO EM SAÚDE

Com as reformas sociais produzidas a partir da promulgação da Constituição brasileira de 1988, emerge um novo paradigma em relação à atuação do estado brasileiro. Segundo Cardoso Jr e Jaccoud (2009), a partir da década de 1980, foi inaugurada uma nova agenda de reformas, baseada nos direitos sociais e na preocupação estatal com a gestão da proteção social. Nesse ambiente de maior preocupação social, buscava-se promover um acesso equitativo aos serviços essenciais.

O SUS constitui um sistema complexo. Segundo Smith *et al.* (2009), ao formar uma rede que inclui pacientes, profissionais de saúde, fornecedores, governos e toda sociedade civil, os sistemas de saúde são caracterizados como entidades complexas dotadas de um elevado nível de responsabilidade, a qual é distribuída entre os agentes que a compõem. Por isso, gerir de forma eficaz as partes destes sistemas a fim de mantê-lo sustentável a longo prazo torna-se uma tarefa contínua, que requer métodos que busquem avaliar sistematicamente as suas estruturas como também as influências de fatores externos à saúde.

A Matriz de Dimensões da Avaliação do Desempenho do Sistema de Saúde, criada pela Fiocruz, origina-se a partir do debate sobre a necessidade de uma proposta reformulada de avaliação dos sistemas de saúde, tendo como ponto de partida a proposta elaborada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em junho de 2000 e publicada no documento *World Health Report*. Segundo Viacava *et al.* (2012), o processo de desenvolvimento dessa forma de avaliação partiu da proposta do *Canadian Institute for Health Information* (CIHI) a partir de uma revisão crítica dos modelos de avaliação de países como Canadá, Austrália e Reino Unido, que compartilham com o Brasil os mesmos princípios de universalidade e integralidade dos serviços de saúde.

A proposta consiste na criação de uma matriz conceitual apoiada no modelo de saúde proposto por Evans e Stoddart (1990). Este modelo considera que os fatores determinantes de saúde da população podem ser entendidos a partir de quatro dimensões, sendo elas: as condições de saúde; os determinantes não médicos da saúde (sociais, biológicos e comportamentais); o desempenho do sistema de saúde; e as características da comunidade e do próprio sistema. Um ponto central do modelo é que todas essas dimensões devem ser analisadas sob a ótica da equidade. (Wolfson e Alvarez, 2002 *apud* Viacava *et al.*, 2012, p. 18).

No Brasil, esse modelo avaliativo começou a ser discutido com base nos trabalhos do Comitê Nacional de Avaliação de Desempenho do Sistema de Saúde, criado em 2006. A partir disso, foi criado um documento com objetivo de implementar uma nova política de avaliação

de saúde vinculada ao SUS. Este documento estabelecia as prioridades, metas e indicadores os quais os entes da federação se comprometeram a cumprir. A partir das prioridades, foram definidas as estratégias focais em diferentes níveis de atenção à saúde, buscando enfrentar problemas mais imediatos em todos estes níveis, por meio da delimitação de doenças e grupos populacionais que seriam prioritários. Apesar da instituição do grupo de trabalho e da elaboração do documento, o projeto proposto não foi implementado. (Brasil, 2006; Viacava *et al.*, 2012)

Ademais, segundo o relatório final de Avaliação de Desempenho do Sistema de Saúde Brasileiro elaborado pelo Projeto de Avaliação do Desempenho do Sistema de Saúde (PROADESS) da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), o documento elaborado pelo grupo de trabalho do Ministério da Saúde (MS), concentrou-se em avaliar um conjunto de programas de saúde específicos, o que representa uma descaracterização da proposta original de uma avaliação sistêmica de saúde. (Viacava *et al.*, 2012)

## 2.1 EXPERIÊNCIAS DE AVALIAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA

Nessa seção serão apresentados três modelos de avaliação que foram implementados no Brasil. Nem todos estão em uso. Existe um movimento do MS atualmente que busca o aprimoramento da avaliação em saúde dentro do programa de saúde digital.

A partir da Organização Pan-Americana de Saúde, foi estabelecido entre 2019 e 2023, um plano de ação em busca de gerar avanços na relação entre os Sistemas de Informação e as áreas da Saúde. Com isso foram organizadas metas e indicadores focados em: Gestão e governança dos sistemas de informação, Gestão de dados e tecnologias de informação, Informação e gestão do conhecimento e Inovação, integração e convergência. Segundo destacado por Haddad e Lima (2024), existem desafios a serem superados em todos os níveis de atenção no SUS em relação à transformação do grande volume de dados produzidos em indicadores e informações que possam subsidiar a tomada de decisão no âmbito da gestão de saúde.

Além disso, este movimento de integração digital envolve a conexão intersetorial das fontes de dados. Isso requer também uma compreensão sistêmica, capaz de incorporar os determinantes sociais da saúde e aspectos bioclimáticos aos contextos locais e regionais. (Haddad; Lima 2024)

O IDSUS (índice de desempenho do sistema único de Saúde) é construído sobre a metodologia PROADESS (Fiocruz). Ele utiliza um conjunto de vinte e quatro indicadores,

sendo quatorze focados no acesso e dez focados na efetividade do sistema. A construção do índice leva em consideração os determinantes sociais, as condições de saúde da população e a estrutura para avaliação de desempenho do sistema de saúde. Neste sentido, o índice se estrutura como um programa para avaliação do desempenho do SUS, avaliando o cumprimento de seus princípios e diretrizes fundamentais, e seus indicadores são calculados a partir dos dados dos Sistemas de Informações Nacional. (Reis, Oliveira, Sellera, 2012)

A partir das informações extraídas dos indicadores, o IDSUS monitora as ações e estratégias adotadas no âmbito da saúde, como também o cumprimento de metas pré-estabelecidas buscando uma maior eficiência dos gastos públicos e controle da gestão dos recursos, proporcionando a identificação das fragilidades e ineficiências do sistema. Esse não se resume ao nível municipal isoladamente, mas constrói uma ampla rede pública com foco avaliativo, integrado e hierarquizado conforme os níveis de atenção à saúde. (Oliveira, Passador, 2014).

O Programa Nacional de Avaliação de Serviços de Saúde (PNASS) surge a partir de uma reformulação feita em 2004 do programa Nacional de Avaliação de Serviços Hospitalares (PNASH) que posteriormente foi descontinuado, mas constituiu um marco relevante para construção de um modelo de avaliação de serviços de saúde de forma mais ampla. O programa objetivou a criação de uma avaliação abrangente da estrutura, dos processos e dos resultados relacionados aos riscos, ao acesso e à satisfação dos pacientes com os serviços prestados e com os estabelecimentos de saúde. O PNASS difere do IDSUS. Enquanto o IDSUS constrói indicadores de desempenho com base em dados pré-existentes. O PNASS busca fundamentar a avaliação a partir de quatro dimensões distintas: Padrões de conformidade, Indicadores de produção, Pesquisa de satisfação dos usuários e Pesquisa das condições e relações de trabalho. (Reis, Oliveira, Sellera, 2012).

O Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica (PMAQ), surgiu em 2011 a partir da colaboração entre as três esferas de poder que compõem a gestão do SUS. O programa estabeleceu como meta principal a expansão do acesso e aprimoramento da qualidade da atenção básica. Para isso, foi criado um referencial comparativo em níveis nacional, regional e local, visando elaborar um plano de ação que atendesse às reais necessidades dos usuários do SUS. Além disso, o programa propôs desenvolver um modelo de avaliação de desempenho dos sistemas de saúde, abrangendo todas as esferas governamentais. Tal modelo permitiria avaliar as políticas de saúde, sua transparência e a eficácia dos esforços governamentais na atenção básica. O objetivo era subsidiar, assim, a tomada de decisões na gestão do SUS. (Brasil, 2014)

## 2.2 A MATRIZ DE INDICADORES DA FIOCRUZ

A proposta elaborada pelo grupo de trabalho responsável pelo PROADESS busca trazer uma abordagem alinhada à proposta da OMS. Essa abordagem tem como base a fixação das metas, princípios e objetivos que quer atingir e a partir destes fatores, criar uma avaliação que não se restrinja apenas a avaliar programas de saúde, mas todas as dimensões que envolvem o complexo sistema de saúde. (Viacava *et al.*, 2012)

Dessa forma, o projeto busca elaborar uma matriz de indicadores que abranja o desempenho do sistema de saúde (SS), sua estrutura e os recursos disponíveis, avaliando a capacidade de atender às necessidades da população. Essa metodologia reconhece a intersetorialidade da saúde, entendendo-a como um conceito que transcende o ambiente hospitalar. Inclui-se, portanto, os contextos social, ambiental, político e econômico como determinantes e condicionantes do sistema. Constrói-se, assim, um modelo capaz de formar uma avaliação útil sobre o desempenho do sistema de saúde. (Viacava *et al.*, 2012)

A matriz de indicadores desenvolvida pela PROADESS (Figura 1) mostra de forma multidimensional os determinantes de saúde abrangendo todos os aspectos relacionados à saúde de forma direta, além daqueles que formam as dimensões contextuais, ou seja, indiretamente relacionadas à área. A estrutura formada é dividida em quatro dimensões principais: determinantes de saúde, condições de saúde da população, sistema de saúde e desempenho dos serviços de saúde. (Viacava *et al.*, 2012)

O trabalho desenvolvido pelo PROADESS tem como função identificar os condicionantes sensíveis à saúde para classificar condições prioritárias e passíveis de intervenção. Nesse contexto, a dimensão ‘Condições de Saúde da População’ é fundamental para compreensão do sistema de saúde e das disparidades regionais. Com base no perfil de morbimortalidade, são definidas as necessidades que devem orientar a alocação de recursos, em um contexto que integre a avaliação de acesso, efetividade e eficiência. (Viacava *et al.*, 2004)

**Figura 1 – Matriz Conceitual**



**Fonte:** Viacava *et al.*, 2004.

Dentro das dimensões que compõem a matriz, cabe levantar a importância de três conceitos presentes na parte de desempenho dos serviços de saúde: Efetividade, Acesso e Eficiência. Embora façam parte da relação entre recursos e resultados, a delimitação destes conceitos é necessária. Eles frequentemente caem em “imprecisão” ao serem tratados como sinônimos. Segundo Facchini *et al.* (2008), o entendimento mais aceito é que a efetividade em saúde significa o “efeito das ações e práticas de saúde implementadas”. Ao abordar essa relação, Donabedian (1990 *apud* Viacava *et al.*, 2012, p. 60) apresenta que a eficácia relacionada a uma intervenção é primordial para estabelecer sua efetividade. Ainda, Donabedian (2003 *apud* Viacava *et al.*, 2012, p. 60) descreve a efetividade como “grau no qual as melhorias na saúde atingíveis são, de fato, atingidas”.

O acesso em serviços de saúde é compreendido como a capacidade do sistema de atender às necessidades da população provendo os cuidados necessários a ela, no momento e

no local adequado, com recursos suficientes e por um custo razoável. Dessa forma, segundo Vuori (1991 *apud* Viacava *et al.*, 2012, p. 61), a garantia do acesso à saúde está na remoção de obstáculos que impeçam a utilização dos serviços de saúde, sejam estes físicos, financeiros ou de qualquer tipo, deve-se trabalhar para a garantia igualitária do acesso ao sistema de saúde.

### **3. EFICIÊNCIA ECONÔMICA EM SAÚDE E PROPOSTA DE AVALIAÇÃO**

#### **3.1 EFICIÊNCIA ECONÔMICA EM SAÚDE**

A eficiência é um princípio basilar da administração pública, previsto na Constituição Federal de 1988. Por isso, sua concretização é essencial para o pleno funcionamento do Sistema Único de Saúde. (Brasil, 1988)

O conceito de eficiência busca avaliar a performance de um processo produtivo através da comparação, podendo ser entendida como a relação entre os insumos utilizados e o melhor resultado alcançável dentro de um grupo de unidades produtivas semelhantes. Dessa forma, a eficiência não deve ser entendida como uma medida absoluta, mas como uma avaliação relativa de quanto bem uma entidade utiliza seus recursos. Apesar da relação direta com os custos e gastos, cabe ressaltar que estes são somente representações dos fluxos monetários, não sendo diretamente confundidos com a forma com que são utilizados. (Marinho, 2023)

A área de saúde apresenta características intrínsecas que a diferenciam de outras. Dessa forma, a eficiência em saúde não pode ser dimensionada de forma simples pela relação de insumo-produto, como acontece com outros setores da economia. A eficiência em saúde deve ser entendida na relação entre custos e volume de serviços prestados à população, ou ainda na análise do impacto dos serviços prestados, mantendo-se o nível de qualidade e os custos. (Viacava *et al.* 2012)

Segundo Marinho (2023), garantir a eficiência de um setor tão complexo quanto a saúde, na forma e estrutura em que foi concebido é um desafio. Saber, que esse não pode ser representado por um modelo atomizado de competição perfeita, dificulta a aplicação dos princípios que regem o Primeiro Teorema do Bem-Estar. A existência de pesquisas que apontam para um crescimento dos custos sem a correspondente melhora nos resultados, abre espaços para uma análise mais profunda das dinâmicas que envolvem esse setor.

A ineficiência do sistema não pode ser apenas explicada pela teoria neoclássica, mas sim por um conjunto de fatores complexos. Uma análise mais atenta pode revelar que o aumento de custos, sem melhorias nos indicadores de resultados, pode decorrer de fatores como envelhecimento da população, a judicialização da saúde, problemas de risco moral (*moral hazard*) e tantos outros condicionantes externos. Tais fatores atuam como externalidades que elevam os custos e geram distorções alocativas. (Marinho, 2023)

### 3.2 METODOLOGIA

A abordagem adotada aqui é fundamentalmente multidimensional, e parte de uma perspectiva mais abrangente dos condicionantes de saúde. Sendo assim, não se propõe à criação de análise de eficiência aos moldes convencionais, mas sim formar uma análise complementar e extensiva ao conceito de eficiência em saúde pública. O presente trabalho não busca avaliar a relação gastos dos municípios e os resultados obtidos nos indicadores de saúde.

A proposta foca na influência dos determinantes sociais de saúde da população, fatores que são reconhecidamente importantes e afetam os resultados. Para isso, foram adicionados ao conjunto de avaliação indicadores como densidade populacional, acesso a serviços de água e esgotamento sanitário. Com base nos indicadores da matriz PROADESS, buscou-se incluir na avaliação questões financeiras, sociais e ambientais dos municípios e como esses fatores afetam diretamente a qualidade de vida da população.

O objetivo principal deste trabalho é gerar resultados úteis para avaliação do sistema de saúde pública a nível municipal, a partir do uso de ferramentas que compõem a análise exploratória de dados e as Redes Neurais Artificiais, trabalhado sobretudo com dados de natureza quantitativa. Ao empregar uma metodologia de análise descritiva e não inferencial dos dados, busca-se focar na utilização de um modelo de RNA específico para aplicação de análise de agrupamento, ou seja, em formar grupos semelhantes (clusters). Para formar um diagnóstico situacional dos municípios que compõem a Região Sudeste do Brasil, em relação à sua alocação de recursos, determinantes e seu nível de estrutura em saúde.

A análise de agrupamento, ou cluster, é uma técnica exploratória da estatística multivariada cujo objetivo é desenvolver subgrupos relevantes de indivíduos ou objetos. Particularmente, a técnica busca identificar, com base em uma amostra, grupos mutuamente excludentes, fundamentados na semelhança entre seus membros. (Hair Jr. *Et al.*, 2005).

Com um conjunto de dados que apresentam níveis de variabilidade, medidas e escalas distintas, foi necessário utilizar um modelo de clusterização capaz de separar os municípios analisados de forma eficaz e robusta, que compreenda as relações lineares e não lineares entre as variáveis.

Para formar grupos de municípios, com situações de saúde semelhantes entre si, foi utilizada especificamente a técnica de Mapas Auto-Organizáveis (SOMs), que pertence ao campo das redes neurais artificiais (RNA) e da aprendizagem não supervisionada. Este método apresenta grande capacidade de agrupar os dados a partir de um processo de aprendizado competitivo e cooperativo. Sua maior diferença em relação aos demais é a forma pela qual

apresenta os dados. O objetivo final do SOM não é prever um resultado específico, mas sim projetar dados multidimensionais em um mapa uni ou bidimensional, preservando a relação topológica dos dados originais (Haykin, 2001).

De forma simplificada, a definição de um mapa auto organizável, segundo Haykin (2001, p. 483), é a seguinte:

Um mapa Auto-Organizável é, portanto, caracterizado pela formação de um mapa topográfico dos padrões de entrada no qual as localizações espaciais (i.e., coordenadas) dos neurônios na grade são indicativas das características estatísticas intrínsecas contidas nos padrões de entrada.

As configurações da RNA, como sua topologia, dimensão e taxa de aprendizado utilizadas, foram determinadas a partir de um conjunto de configurações de forma a gerar os melhores resultados possíveis, ao testar essas configurações durante a elaboração deste trabalho, a versão final do Mapa Auto-Organizável apresenta um *grid* (grade) quadrado composto de 14 neurônios no eixo X e 14 neurônios no eixo Y, além de uma taxa de aprendizado variável – definida pelo parâmetro Alpha – começando com 0,5 e terminando com 0,01.

Sobre a visualização dos dados de distância entre os neurônios, que é algo primordial na utilização do modelo SOM. Esses foram representados utilizando uma matriz de distância unificada (U-Matrix). (Haykin, 2001).

Como complemento ao uso da rede neural, para formar um agrupamento preciso dos municípios analisados foi utilizado o método de clusterização hierárquica, formando uma metodologia híbrida ao juntar os resultados da RNA com um método de aprendizado estatístico.

O método hierárquico foi escolhido em detrimento do método *K-means*, por este apresentar o benefício de não ser necessário a determinação prévia de uma quantidade de clusters, ao apresentar as observações no formato de árvore a partir do dendrograma. A clusterização é formada de baixo para cima ("*bottom-up*"). A interpretação do dendrograma é fundamental para definição da quantidade de grupos a serem formados pelo método. A análise é iniciada a partir da parte inferior do dendrograma, quanto menor a altura maior será a similaridade dos grupos formados. (James *et al.*, 2021).

A partir da matriz de distância entre os neurônios - calculado a partir dos pesos do modelo SOM - como entrada para o método hierárquico, os clusters foram agrupados de forma que este apresente um menor custo em termos de “perda de informação” de dois grupos esse método denominado Método de Ward se baseia na Soma dos Quadrados dos Erros (SQR) para definir os clusters. O método permite a formação de grupos de forma a minimizar o aumento da variância, a partir do cálculo da média (ou centróide) do grupo *i* e em seguida a Soma do Quadrado do Erro do grupo deste grupo (SQE<sub>i</sub>), essa é a medida de variabilidade intra-cluster

sendo definido como a somatória dos erros de cada grupo em relação à sua média. (Johnson, Wichern 2002; Silva Neto *et al.*, 2010).

Por último, compõem as ferramentas computacionais dessa pesquisa, tanto para visualização dos dados quanto para aplicação das técnicas de análise e dos modelos, foi feita a utilização da linguagem de programação R como ferramenta analítica. As seguintes bibliotecas e suas respectivas funcionalidades:

- ***kohonen***: Foi usada para treinar o Mapa Auto-Organizável (SOM) e plotar seus resultados, como a U-Matriz e o mapa de clusters. (Wehrens; Kruisselbrink, 2018)
- ***ggplot2***: Foi usada para criar todas as visualizações de dados, incluindo os histogramas, box plots e o mapa geográfico final dos clusters. (Wickham, 2016)
- ***readxl***: Foi usada para ler o arquivo Excel e carregar os dados iniciais no R. (Wickham; Bryan, 2025)
- ***cluster***: Foi usada para realizar a clusterização hierárquica nos neurônios do SOM e “cortar” o dendrograma. (Maechler *et al.*, 2025)
- ***tidyverse***: Foi usada para a manipulação e transformação geral dos dados. (Wickham *et al.*, 2019)
- ***writexl***: Foi usada para exportar tabelas com os resultados dos clusters para um arquivo de planilha. (Ooms, 2025)
- ***tidyrr***: Foi usada para reorganizar e transformar as tabelas. (Wickham; Vaughan; Girlich, 2024)
- ***geobr***: Foi usada para carregar os dados geográficos (shapefiles) dos municípios e estados do Sudeste para criar o mapa. (Pereira; Goncalves, 2024)

### 3.3 DADOS

O presente estudo buscou, à luz das teorias que englobam o campo da saúde, principalmente em sua esfera pública, a partir de uma abordagem que não termina nas ciências médicas, mas se baseia no entendimento de que o adoecimento da população está interligado com fatores socioeconômicos e ambientais. A partir dessa concepção de DSS apresentada por BUSS e PELLEGRINI FILHO (2007), buscou-se construir uma matriz de dados utilizando como referencial teórico a matriz desenvolvida pela OMS nos anos 2000 e sua versão construída pela Fundação Oswaldo Cruz com dados do Brasil. Em busca de avaliar a situação da saúde pública, a partir dos indicadores multidimensionais em nível municipal, para o ano de 2022, foram utilizadas as seguintes fontes:

- Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS)
- Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM)
- Sistema de Informação sobre Nascidos Vivos (SINASC)
- Sistema de Informações sobre Orçamentos Públicos em Saúde (SIOPS)
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
- Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS)
- Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN)
- Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde (CNES)
- Secretaria de Atenção Primária à Saúde (SAPS)

As 15 variáveis que compõem os dados utilizados no presente trabalho, foram escolhidas e estruturadas a partir da divisão proposta pela matriz de indicadores do PROADESS da Fiocruz. Essa separa os indicadores em 4 grupos distintos que integram de forma multidimensional os determinantes da saúde, as condições de saúde da população, o sistema de saúde e o desempenho do sistema de saúde.

A seguir, apresenta-se a descrição geral das variáveis e as dimensões de saúde às quais pertencem.

- **Determinante de saúde:** Essa dimensão tem como objetivo capturar fatores sociais, econômicos e ambientais que influenciam a saúde da população. Visando capturar estes fatores, foram utilizadas as variáveis: **densidade demográfica (DENSI)**, **percentual da população atendida por serviços de água (%POPAGUA)** e **percentual da população atendida por serviços de esgoto (%POPESGOT)**. Para essas duas últimas, o percentual de atendimento foi calculado cruzando-se os dados de atendimento com os dados populacionais do último Censo
- **Condições de Saúde da População:** Aborda as questões sobre a morbidade e mortalidade da população, essa tem como objetivo apresentar o estado de saúde da população, incluindo casos de adoecimento que levaram à hospitalização no SUS e a taxa de mortalidade de determinadas doenças. Muitas das doenças presentes nessa dimensão podem ser evitadas por ações de saúde. As variáveis utilizadas se concentram na subdivisão relacionada a mortalidade devido às limitações nos dados de morbidade hospitalar a nível municipal, principalmente em relação a valores faltantes, dessa forma

a seguinte variável foi utilizada como representante dessa dimensão: **Óbitos por causas evitáveis de 5 a 74 anos (OBT)**.

- **Sistema de Saúde:** Apresenta o estado do sistema de saúde em termos de sua estrutura e de financiamento, as variáveis aqui medem questões ligadas à capacidade dos municípios em cumprir o percentual mínimo, definido por lei, de recursos aplicados em saúde, além de recursos próprios gastos por habitante. Essa dimensão também aborda questões relacionadas a seus recursos físicos de saúde como a quantidade de leitos disponíveis e a cobertura da população pela atenção básica. Foram utilizadas as seguintes variáveis: **Despesa total em saúde em Reais dos municípios, por habitante (DESPET)**, **Percentual de recursos próprios aplicados em ações e serviços públicos de saúde pelos governos municipais (PREC)**, **Médicos disponíveis ao SUS por 1000 habitantes (MED1000)**, **Leitos por 1000 habitantes (LEITOS)** e **Estabelecimentos por Tipo – Centro de Saúde/Unidade Básica (UNIB)**.
- **Desempenho dos Serviços de Saúde:** Essa dimensão reflete as condições de acesso aos serviços hospitalares como também a capacidade do serviço em relação ao tratamento e demonstra a efetividade da atenção primária. Foram utilizadas as seguintes variáveis: Percentual de internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária, **Taxa de Cobertura APS (CAPS)**, **Taxa de Cobertura da vacina BCG (CBCG)**, **Taxa de Cobertura de Planos de Saúde (TXCPS)**, **Percentual de internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária (INTERNAPRI)**, **Taxa de internação por insuficiência cardíaca padronizada por sexo por 100 mil habitantes com 40 anos ou mais (TXINTICARD)**, **Taxa de internação hospitalar no Sistema Único de Saúde (SUS) padronizada por sexo e idade por 1000 habitantes (TXINT1000)**.

As variáveis ditas padronizadas, foram escolhidas em detrimento à sua versão bruta, por causa do fator comparativo, pois a análise de variáveis em seu estado original despreza o perfil populacional de cada região analisada causando um viés em relação a interpretação dos resultados. Com isso, o PROADESS, fonte destes dados, utiliza de um método de padronização indireto, ao aplicar taxas específicas da população de referência à distribuição populacional da área analisada, gerando um número esperado de casos. Após isso, calcula-se o SMR (*Standardized Morbidity/Mortality Ratio*), que é a razão entre os valores observados e esperados de casos. O indicador final é a multiplicação do SMR pela taxa de morbidade/mortalidade da população de referência.

No presente trabalho foram obtidos dados dos 1668 municípios que compõem os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais, da Região Sudeste do Brasil. Contudo, por limitação de informações, foram retirados da análise 424 municípios. A Tabela 1 a seguir apresenta a quantidade de municípios presentes em cada ente da federação e a quantidade retirada:

**Tabela 1 – Quantidade de municípios por ente federativo da Região Sudeste**

Unidade Federativa	Total de Municípios	Municípios Excluídos	% Excluídos	Municípios Utilizados	% Utilizados
Espírito Santo (ES)	78	10	12,8%	68	87,2%
Minas Gerais (MG)	853	256	30%	597	70%
Rio de Janeiro (RJ)	92	26	28,2%	66	71,8%
São Paulo (SP)	645	132	20,4%	513	79,6%
Total Região Sudeste	1668	424	25,4%	1244	74,6%

**Fonte:** Elaboração Própria

### 3.4 ANÁLISE E TRANSFORMAÇÃO DOS DADOS

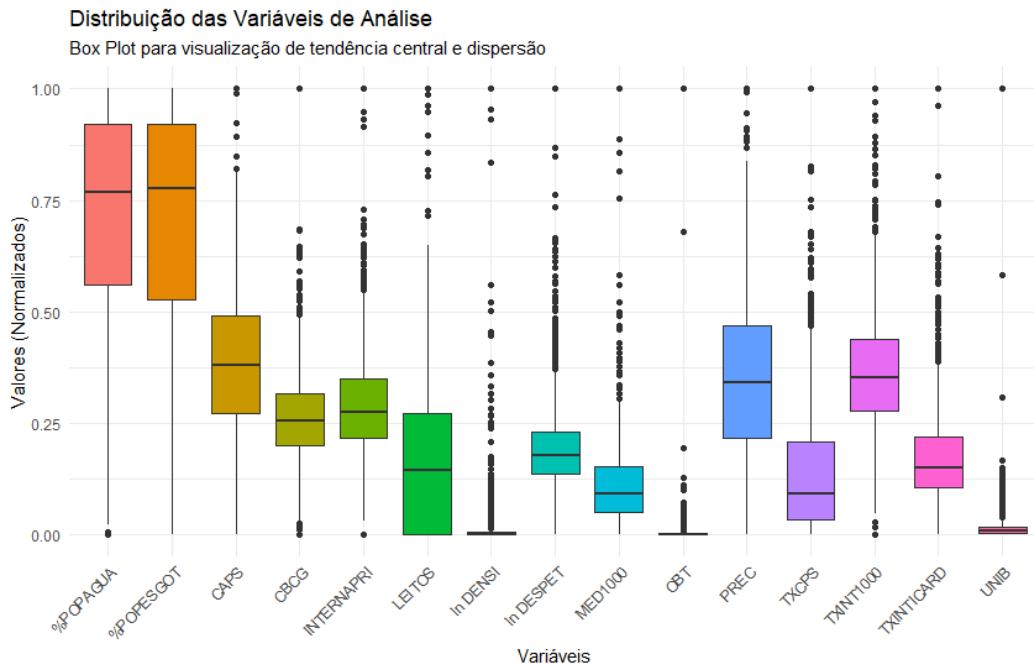
Foram computadas medidas de tendência central e de dispersão para melhor interpretação das variáveis. No entanto, como os dados apresentam padrões e escalas distintos – e o método de agrupamento escolhido é sensível a essa diferença –, foi necessário normalizá-los. O Gráfico 1 apresenta a visualização dos dados após esse tratamento.

A fim de limitar a influência de valores muito altos das variáveis DESPET - Despesa total em saúde em Reais dos municípios, por habitante e DENSI - densidade demográfica, foi aplicada transformação logarítmica nos dados dessas variáveis. A transformação logarítmica tem como objetivo penalizar os valores mais elevados, reduzindo a assimetria dos dados.

A técnica de normalização Min-Max foi utilizada para ajustar a escala das variáveis. Este procedimento realiza uma transformação linear em cada variável para mapear seus valores dentro de um intervalo que vai de 0 a 1. (Géron, 2019)

O processo de normalização dos dados é fundamental para o entendimento das distribuições das variáveis, principalmente quando se está trabalhando com dados multidimensionais com escalas completamente diferentes. Além disso, esse processo é extremamente importante para a aplicação da RNA. A partir do gráfico Boxplot apresentado na Figura 2 é possível entender as estruturas intrínsecas a cada uma das variáveis em seu formato normalizado.

**Figura 2 – Gráfico Boxplot**



Fonte: Elaboração própria.

O gráfico do tipo Boxplot foi escolhido por sua capacidade em expressar informações importantes de forma descritiva sobre a distribuição dos dados e por sua facilidade de interpretação. Segundo Valladares Neto *et al.*, 2017, p. 2 e 3, a interpretação funciona da seguinte forma:

A medida de tendência central, representada graficamente pela linha que dentro da caixa, é a mediana. Por definição, a mediana divide o tamanho da amostra na metade. [...] A posição simétrica da mediana dentro da caixa aproxima da média aritmética; e a posição assimétrica simboliza a aproximação com dados não-paramétricos, os quais podem estar mais próximos do quartil inferior (Q1) ou do quartil superior (Q3). As medidas de dispersão ou variabilidade são simbolizadas pelas alturas da caixa e da haste. O tamanho da caixa representa o intervalo interquartílico [...]

Para a interpretação do gráfico, as variáveis foram organizadas em três grupos distintos, com base na mediana e na distribuição dos dados:

- **Grupo 1 - %POPAGUA e %POPESGOT:** Apresentam as medianas mais altas entre todas as variáveis analisadas, significando que a prevalência de valores elevados, mas também apresenta uma alta variabilidade na qual a maior parte dos valores está contida no intervalo próximo de 0,55 e 0,90. Isso demonstra que boa parte dos municípios analisados tem mais da metade de sua população atendida por serviços de água e esgoto.

- **Grupo 2** - CAPS, CBCG, INTERNAPRI, LEITOS, LNDESPET, MED1000, PREC, TXCPS, TXINT1000 e TXINTCARD: Essas variáveis apresentam valores mediana e variabilidade de forma intermediária. Outra conclusão importante acerca dessas variáveis é a presença de valores elevados em todas, e de em alguns valores muito pequenos comparados à média. Isso confirma a presença de outliers.
- **Grupo 3** - LNDENSI, OBT e UNIB: Apresentam medianas muito baixas, próximas de zero, além baixa variabilidade, representado pelas caixas achatadas. Ainda assim, essas variáveis apresentam outliers. Isso confirma que, apesar da maioria dos municípios estar concentrada com valores baixos, existe um grupo de municípios com valores muito altos para essas variáveis.

#### 4. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS E RESULTADOS PRELIMINARES

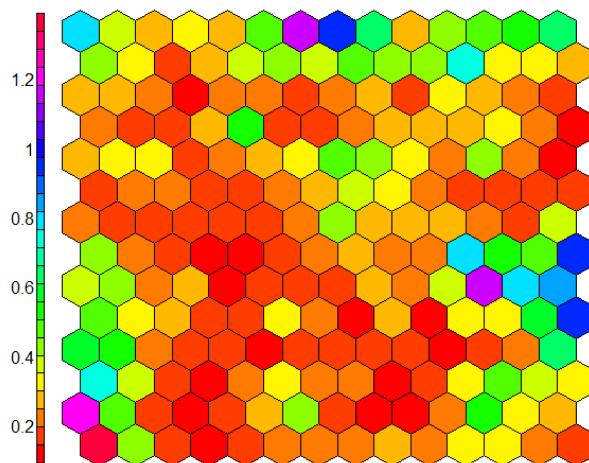
A rede neural foi configurada de forma a gerar os melhores resultados possíveis. Foram testadas diferentes configurações de grade e taxa de aprendizado durante a elaboração desse trabalho, o Mapa Auto-Organizável final apresenta uma grade quadrada composta de 14 neurônios no eixo X e 14 neurônios no eixo Y, além de uma taxa de aprendizado variável com o parâmetro Alpha começando com 0,5 e terminando com 0,01.

A forma como a rede neural capturou os clusters indica uma conclusão importante sobre os dados, ao observar a Figura 2 contendo a distância calculada entre os neurônios, é possível concluir que a predominância de cores mais quentes no mapa significa uma predominância de valores baixos dentro da matriz de dados, e que esses tendem a se aglomerar naturalmente. Ainda analisando a U-Matrix nota-se a presença de outliers com valores elevados representados pelas cores azul, roxo e rosa, além da aglomeração de valores intermediários representados pelos tons da cor verde.

Como análise preliminar, a partir da Figura 3, tem-se que há uma variação considerável nos dados, representada pela diferença entre as cores dos neurônios. Nota-se ainda que o uso de redes neurais, foi eficaz em formar clusters naturais dentro do mapa.

**Figura 3 – U-Matrix**

**U-Matrix (Distâncias entre Neurônios)**



**Fonte:** Elaboração Própria

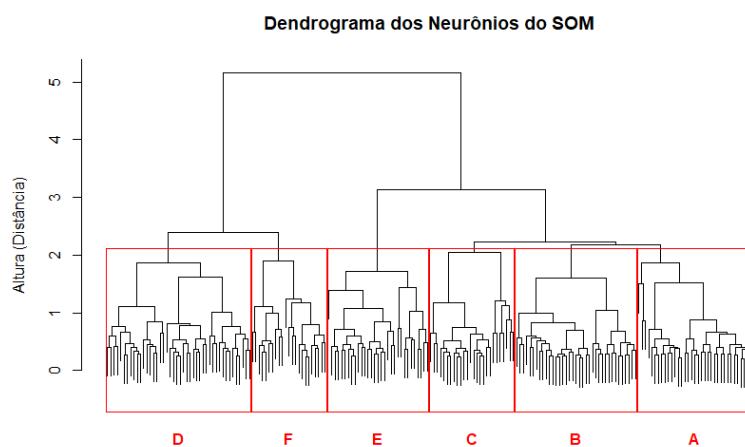
Em complemento ao modelo SOM, e por esse characteristicamente não ter a capacidade de definir com exatidão quais municípios pertencem a quais clusters, como forma de cumprir a

proposta inicial deste trabalho — avaliar a situação de saúde dos municípios que compõem a região Sudeste do Brasil — propôs-se uma abordagem híbrida.

Nessa metodologia, o conjunto de neurônios e os seus respectivos pesos (calculados pelo modelo SOM) foram utilizados como entrada para um modelo hierárquico de aprendizado estatístico. Essa técnica permite delimitar os clusters sem perder a robustez da divisão criada pela rede neural.

A partir da análise do Dendrograma (Figura 4), aplicando o Método de Ward, definiu-se a quantidade de grupos. Ao delimitar a distância de corte próximo ao valor de 2, o número ideal de clusters escolhido foi 6. Os clusters foram nomeados em escala alfabética para melhor identificação.

**Figura 4 – Dendrograma do Método Hierárquico**

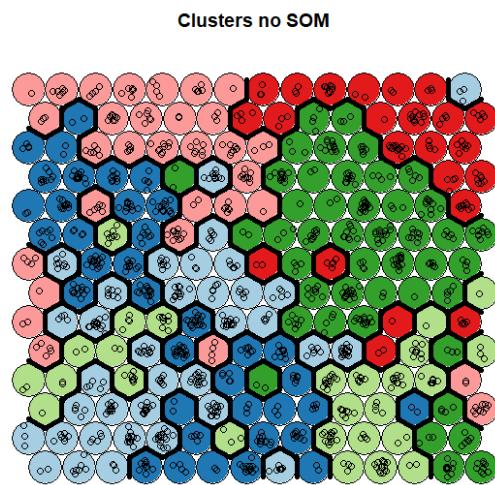


**Fonte:** Elaboração Própria

Notam-se os seguintes resultados a partir da análise do dendrograma, de forma geral, a combinação entre os métodos foi capaz de gerar grupos de tamanhos próximos. Os grupos F, E e C contém a menor quantidade de neurônios, já os grupos A, B e D são grupos maiores. Cabe ressaltar, ainda, que os grupos são formados a partir da combinação que leva à menor variância.

Como complemento à análise visual da divisão dos clusters, foi elaborada a Figura 5 que demonstra a divisão hierárquica dos clusters dentro do mapa Auto-Organizável. Ao combinar a divisão feita a partir do dendrograma com a forma de visualização fornecida pelo método SOM, formam-se visualmente as divisões dos clusters, revelando os padrões de agrupamento.

**Figura 5** – Representação da divisão hierárquica das distâncias na U-Matrix



**Fonte:** Elaboração Própria

## 5. RESULTADOS

Para análise dos resultados, foram utilizadas como medida estatística a mediana e a média de cada variável. Ainda assim, foi tomado cuidado ao reconhecer que, em alguns casos, a média sofre influência de valores extremos na interpretação dos grupos formados. As Tabelas 2 e 3 mostram os respectivos resultados dos 6 clusters. A análise dos resultados utiliza a combinação de 3 componentes, a Tabela 2 com resultados normalizados, utilizada para fazer as comparações das dimensões entre os *clusters*.

**Tabela 2 – Resultados Normalizados**

Variáveis	Clusters											
	1 (n=279)		2 (n=285)		3 (n=146)		4 (n=274)		5 (n=151)		6 (n=109)	
Variáveis	Média	Med										
DENSI	0,057	0,007	0,007	0,003	0,006	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	0,012	0,001
TXCPS	0,269	0,260	0,158	0,135	0,124	0,085	0,067	0,033	0,076	0,052	0,109	0,058
CAPS	0,260	0,250	0,330	0,318	0,482	0,471	0,468	0,480	0,418	0,425	0,455	0,462
CBCG	0,245	0,243	0,264	0,254	0,305	0,293	0,278	0,272	0,253	0,249	0,244	0,245
INTERNAPRI	0,240	0,234	0,285	0,279	0,276	0,274	0,281	0,260	0,403	0,398	0,352	0,329
DESPET	0,169	0,160	0,189	0,179	0,269	0,225	0,216	0,187	0,188	0,161	0,199	0,162
PREC	0,363	0,376	0,502	0,494	0,264	0,251	0,328	0,315	0,273	0,266	0,239	0,218
OBT	0,017	0,004	0,004	0,002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,003	0,001	0,006	0,001
UNIB	0,031	0,017	0,017	0,011	0,005	0,002	0,007	0,005	0,012	0,008	0,015	0,010
LEITOS	0,140	0,143	0,223	0,234	0,017	0,000	0,073	0,000	0,420	0,390	0,096	0,000
%POPAGUA	0,830	0,827	0,889	0,917	0,843	0,856	0,391	0,410	0,706	0,695	0,630	0,612
%POPESGOT	0,777	0,786	0,896	0,918	0,846	0,868	0,496	0,478	0,755	0,765	0,255	0,236
TXINTICARD	0,125	0,114	0,168	0,155	0,192	0,185	0,161	0,140	0,249	0,223	0,254	0,184
MED1000	0,124	0,102	0,125	0,102	0,129	0,082	0,089	0,071	0,141	0,102	0,090	0,071
TXINT1000	0,279	0,284	0,397	0,382	0,385	0,365	0,347	0,347	0,471	0,437	0,375	0,354

**Fonte:** Elaboração Própria

A Tabela 3, que contém os resultados em sua escala real e sem nenhum tipo de transformação, tem como objetivo entender as reais diferenças entre os indicadores e evidenciar as discrepâncias entre *clusters* analisados. Ambas as tabelas descrevem as quantidades de municípios presentes em cada grupo, as variáveis utilizadas no modelo e as respectivas médias e medianas (Med), a fim de gerar uma análise fundamentada dos resultados.

A legenda a seguir detalha as siglas e os nomes das variáveis utilizadas na análise:

- DENSI: Densidade demográfica hab/km<sup>2</sup>.
- TXCPS: Taxa de Cobertura de Planos de Saúde (%)
- CAPS: Cobertura APS (%)

- CBCG: Cobertura Vacina (BCG) (%)
- INTERNAPRI: Percentual de internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária
- DESPET: Despesa total em saúde (em R\$) dos municípios, por habitante
- PREC: Percentual de recursos próprios aplicados em ações e serviços públicos de saúde pelos governos municipais
- OBT: Óbitos por causas evitáveis de 5 a 74 anos
- UNIB: Centro de saúde/Unidade básica
- LEITOS: Leitos por 1000 habitantes
- %POPAGUA: Percentual da população total atendida com abastecimento de água
- %POPESGOT: Percentual da população total atendida com esgotamento sanitário
- TXINTICARD: Taxa de internação por insuficiência cardíaca padronizada por sexo por 100 mil habitantes com 40 anos ou mais
- MED1000: Médicos disponíveis ao SUS por 1000 habitantes
- TXINT1000: Taxa de internação hospitalar no Sistema Único de Saúde (SUS) padronizada por sexo e idade por 1000 habitantes

**Tabela 3 – Resultados na Escala Real**

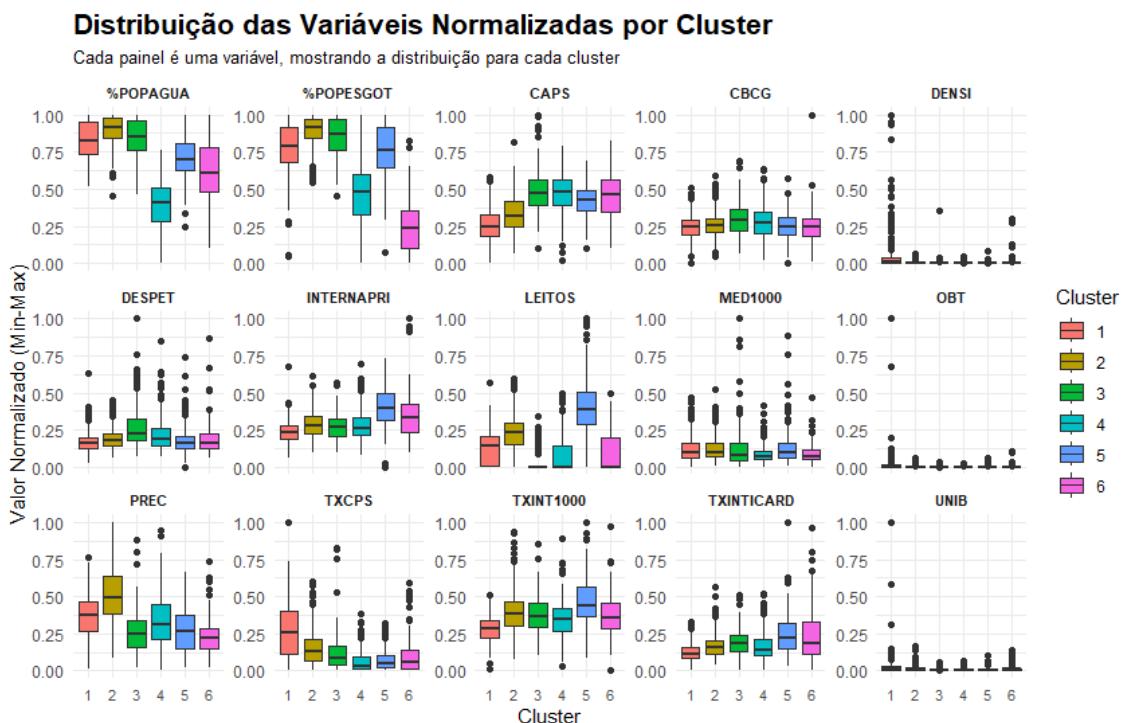
Variáveis	Clusters											
	1 (n=279)		2 (n=285)		3 (n=146)		4 (n=274)		5 (n=151)		6 (n=109)	
Variáveis	Média	Med										
DENSI	771,2	101,2	92,6	47,5	84,2	26,9	43,2	23,0	49,3	26,8	160,0	21,8
TXCPS	13,6%	13,1%	8,0%	6,9%	6,4%	4,4%	3,5%	1,9%	4,0%	2,8%	5,6%	3,1%
CAPS	79,6%	76,6%	101,2%	97,3%	147,8%	144,4%	143,3%	147,3%	128,1%	130,2%	139,4%	141,5%
CBCG	87,4%	86,6%	94,0%	90,7%	108,2%	104,1%	99,1%	96,8%	90,2%	88,9%	87,1%	87,5%
INTERNAPRI	16,0%	15,7%	18,4%	18,1%	17,9%	17,9%	18,2%	17,1%	24,8%	24,5%	22,1%	20,8%
DESPET	1290	1232,5	1413,9	1349,3	1911,4	1639,9	1580,7	1402,4	1410,8	1237,1	1479,2	1244,3
PREC	24,8%	25,2%	28,6%	28,4%	22,2%	21,8%	23,9%	23,6%	22,4%	22,2%	21,5%	20,9%
OBT	771,8	176,0	197,0	101,0	49,5	24,0	67,3	36,0	133,5	64,0	251,2	49,0
UNIB	17,33	10,00	9,78	7,00	3,47	2,00	4,82	3,50	7,42	5,00	8,99	6,00
LEITOS	1,08	1,10	1,72	1,80	0,13	0,00	0,56	0,00	3,23	3,00	0,74	0,00
%POPAGUA	86,4%	86,1%	91,1%	93,4%	87,4%	88,4%	51,0%	52,6%	76,4%	75,4%	70,2%	68,8%
%POPESGOT	77,9%	78,8%	89,7%	91,8%	84,7%	86,9%	50,0%	48,2%	75,7%	76,7%	26,0%	24,1%
TXINTICARD	232,0	212,2	312,1	287,7	356,4	343,9	299,1	259,4	462,7	413,1	471,2	341,2
MED1000	1,219	1,000	1,225	1,000	1,265	0,800	0,870	0,700	1,381	1,000	0,882	0,700
TXINT1000	53,71	54,40	68,49	66,50	66,92	64,45	62,21	62,20	77,58	73,40	65,69	63,10

**Fonte:** Elaboração Própria

O terceiro componente (Figura 6) apresenta um gráfico do tipo Boxplot para cada uma das variáveis, a partir dos dados normalizados, para apoiar o entendimento da distribuição das variáveis, bem como dos outliers presentes em cada um dos 6 clusters analisados. Dessa forma,

a partir desse conjunto de informações, foram caracterizados os grupos de forma a evidenciar suas características.

**Figura 6 – Gráficos Boxplot dos Clusters**



**Fonte:** Elaboração Própria

Foram formadas as seguintes interpretações em relação aos clusters:

### 5.1 CLUSTER 1 - POLOS URBANOS

Esse cluster apresenta a maior densidade demográfica em comparação com os demais. Cabe lembrar que essa variável sofreu transformação para rodar os modelos – aplicação de logaritmo natural – em busca de se ter uma redução da influência das grandes cidades sobre as menores. Ademais, fazem parte desse grupo as capitais de cada Estado.

Esses municípios apresentam em média 86,4% e 77,9% das suas populações sendo atendidas por serviços de água e esgoto respectivamente. Em conjunto com a análise da Figura 6, pode-se afirmar que pelo menos 50% dos municípios desse grupo conseguem atender boa parte de sua população com esses serviços.

Um ponto de atenção em relação a esse grupo, especificamente, é que esse contém a menor cobertura da atenção básica à saúde, ou seja, este é o grupo com a pior capacidade estimada de atendimento em nível de atenção básica da população. Esse fator pode ser um

reflexo dos baixos investimentos em saúde. Isso é percebido ao comparar a despesa total por habitante. Nesse quesito, este cluster apresenta a pior média em comparação aos demais. Um possível reflexo dessa situação é a alta taxa de cobertura dos planos de saúde, possivelmente refletindo a necessidade da população ter que recorrer à saúde suplementar.

Em relação à estrutura de saúde, esse grupo apresenta uma quantidade de médicos por 1000 habitantes com os valores próximos aos clusters 2, 3 e 5, sendo um ponto de destaque por ter um valor maior em comparação aos demais, chegando a ter pelo menos 50% dos municípios com 1 médico por habitante, mas ainda está longe da meta ideal apresentada por estudo da OCDE sobre o sistema de saúde brasileiro realizado em 2021. Nesse estudo, o valor ideal é de 3,5 médicos por habitante.

Em relação à efetividade do SS nesses municípios, apesar de apresentarem claramente deficiências na atenção básica, esses apresentam as menores taxas de internações por 1000 habitantes e internação por insuficiência cardíaca por 100 mil habitantes, o que está relacionado a estrutura e a capacidade dos serviços de saúde prestados para efetivamente evitar a evolução de determinados casos, essa conclusão fica clara quando se observa que os municípios que fazem parte deste grupo contêm a menor média do percentual de internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária.

## 5.2 CLUSTER 2- MUNICÍPIOS MÉDIOS

Esse grupo de municípios apresenta densidades demográficas intermediárias em comparação aos demais. Ademais, apresentam a melhor estrutura ambiental, com médias de 91,1% e 89,7% da população atendida por serviços de água e esgoto. Com maior mediana e maior concentração de variáveis com valores mais elevados, como pode-se observar na Figura 6 em conjunto com a Tabela 3. Esses municípios têm mais capacidade de atender suas populações em comparação aos demais.

Esses municípios estruturalmente apresentam uma condição intermediária em relação à saúde, apresentando uma cobertura APS um pouco menor em comparação a maior parte dos grupos, mas já com taxas que apontam para uma capacidade em atender toda população. Com isso, apresentam a segunda maior mediana das variáveis: unidades básicas de saúde e de leitos, consequentemente o segundo maior número absoluto dessas. Além disso, em média, esse grupo apresenta uma quantidade intermediária de médicos por 1000 habitantes em comparação com as demais.

Em relação à quantidade de recursos financeiros, esse *cluster* se destaca por conter o maior percentual de recursos próprios aplicados em ações e serviços públicos de saúde pelos governos municipais (PREC). Esse resultado pode ser conectado diretamente aos recursos disponíveis em termos de unidades básicas de saúde, médicos e leitos, o que leva a uma situação intermediária em comparação com os demais municípios em relação à efetividade dos sistemas de saúde.

### 5.3 CLUSTER 3 - MUNICÍPIOS COM BAIXA ESTRUTURA DE SAÚDE.

A característica principal desse cluster está contida na sua falta de estrutura de saúde no geral. Essa conclusão inicia a partir da análise da Tabela 3 na qual esse apresenta a menor média e mediana em comparação aos demais, em relação às variáveis Leitos por 1000 habitantes e Unidades/Centros de saúde com valores próximos de zero, com o auxílio do Boxplot nota-se a presença de outliers em ambas as variáveis, mas esses ainda assim contêm valores relativamente baixos.

Ainda sobre esse aspecto estrutural ao analisar a Tabela 4, como conclusão final tem-se que pelo menos 50% dos municípios que fazem parte desse grupo não contêm nenhum leito disponível a cada mil habitantes, e em média esses têm 0,13 leitos por habitante, esses valores são os piores em comparação aos demais. Além disso, esses apresentam aproximadamente 3 unidades básicas de saúde por município, com pelo menos a maior parte deles contendo 2 ou mais.

Cabe ressaltar que esse grupo apresenta uma densidade demográfica dos municípios ampla, abrangendo municípios de diferentes tamanhos e com diferentes populações, o que com certeza influencia essas variáveis, mas ao fazer a análise abrangendo a média e a mediana pretende-se apontar que apesar das diferenças esses apresentam no geral uma falta nesses recursos em específico.

Ainda sobre os recursos, esses municípios apresentam no geral uma quantidade de médicos por 1000 habitantes comparável aos dois primeiros clusters, que contêm valores mais elevados dessas variáveis. Nesse contexto, este apresenta uma cobertura relativamente alta, mostrando que apesar de não conter muitos recursos físicos, esses municípios têm capacidade de atender sua população no nível de atenção primária.

Outro ponto a se ressaltar são valores relativamente altos da Taxa de internação hospitalar no Sistema Único de Saúde (SUS) padronizada por sexo e idade por 1000 habitantes e Taxa de internação por insuficiência cardíaca padronizada por sexo por 100 mil habitantes

com 40 anos ou mais, em um primeiro momento pode-se levar ao questionamento de porque locais com tão pouca estrutura apresentam taxas elevadas de internação. A questão é na verdade que essas variáveis levam em conta o local de residência das pessoas internadas e não o local onde foram internadas. Essa possível situação é só um reflexo do funcionamento atual do sistema de saúde no qual municípios menores muitas vezes dependem da estrutura de saúde de um vizinho ou de um polo regional.

#### **5.4 CLUSTER 4 - MUNICÍPIOS COM POUCA ESTRUTURA AMBIENTAL E DE MÉDIA/ALTA COMPLEXIDADE EM SAÚDE:**

Esse agrupamento de municípios se destaca por conter a menor densidade demográfica média em relação aos demais. Uma clara consequência dessa observação está relacionada à pior condição Ambiental em relação aos demais, ou seja, esses municípios enfrentam certa dificuldade em atender a população com serviços de fornecimento de água e tratamento de esgoto, situação na qual pelo menos metade das cidades presentes nesse cluster tem somente capacidade para atender aproximadamente 50% da população com esses serviços.

Outro ponto de destaque é que esse como o grupo anterior apresenta uma estrutura de saúde relativamente pior em comparação com a maioria dos clusters. Com isso, esse apresenta também uma baixa quantidade de leitos por 1000 habitantes. Comparativamente esse grupo contém uma situação um pouco melhor que o cluster 3 com a ajuda da Figura 6 pode-se notar que aproximadamente 50% dos municípios têm uma quantidade de leitos superior a zero, além de conter uma distribuição de valores mais elevados e a presença de outliers com valores relativamente maiores do que o do cluster anterior. Além disso, um ponto de atenção é a baixa quantidade de médicos por 1000 habitantes, menor valor em comparação aos demais.

Por último, em relação ao componente de efetividade do sistema de saúde, esse grupo apresenta uma das menores taxas de internação tanto de forma geral quanto por insuficiência cardíaca, além de um baixo percentual de internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária e uma boa cobertura APS, o que traz indícios de uma boa efetividade no SS no tocante a esses municípios.

#### **5.5 CLUSTER 5 - MUNICÍPIOS COM POSSÍVEL PROBLEMA DE EFETIVIDADE:**

Esse Cluster se destaca por apresentar o pior percentual de internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária em comparação aos demais, em média 24,8% dos casos poderiam ser resolvidos em nível de atenção básica, mas evoluíram para casos de internação. Ainda sobre

efetividade, os municípios desse grupo apresentam as piores taxas de internação por 1000 habitantes, com cerca de 50% dos municípios com 73,4 internações a cada 1000 habitantes, e com uma média de 77,58, além disso, esses também a pior taxa de internação por insuficiência cardíaca por 100 mil habitantes.

Em relação à estrutura de saúde, este apresenta uma quantidade intermediária de unidades básicas de saúde, médicos por 1000 habitantes, além da maior quantidade de leitos em comparação com todos os outros clusters analisados.

## 5.6 CLUSTER 6 – MUNICÍPIOS COM BAIXA ESTRUTURA SANITÁRIA

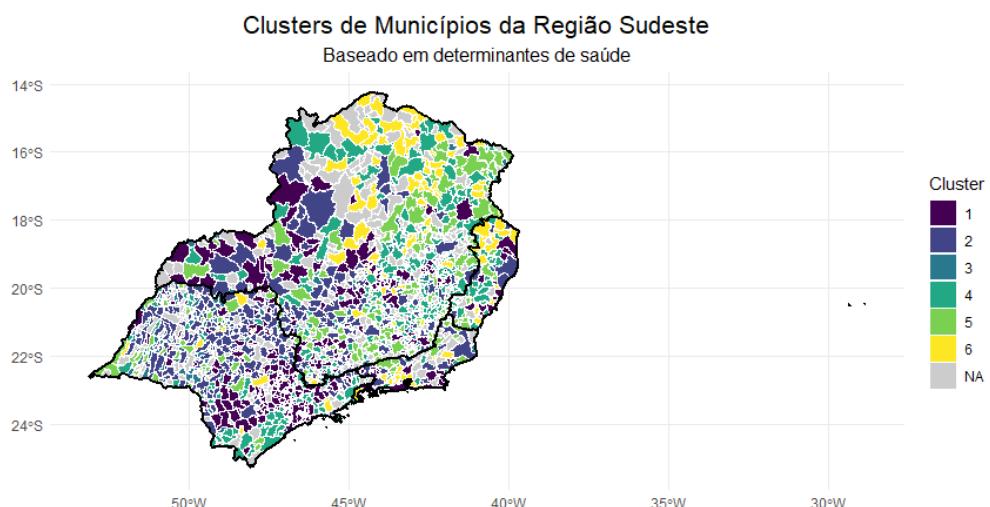
O menor cluster, contendo apenas 109 municípios, esse se destaca por sua baixa infraestrutura sanitária, ou seja, além de em média só conseguir atender aproximadamente 70% de sua população com serviço de fornecimento de água, esse grupo de cidades não apresenta estrutura de esgotamento sanitário, na qual pelo menos 50% dos municípios conseguem atender 24,1% da população.

Outros pontos de destaque deste cluster são sua baixa quantidade de leitos e médicos por 1000 habitantes, além de um alto percentual de internações por Condições Sensíveis à Atenção Primária e Taxa de internação por insuficiência cardíaca.

## 5.7 ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CLUSTERS

Como análise complementar e para agregar um componente espacial ao trabalho, foi elaborada a Figura 7 com um mapa com a distribuição dos clusters da Região Sudeste do Brasil.

**Figura 7** – Representação dos Clusters no Mapa



**Fonte:** Elaboração própria

Algumas conclusões adicionais foram elaboradas com base na distribuição dos clusters no mapa, a principal delas é que há a formação de regiões com clusters do grupo 6. Dessa forma, essas regiões apresentam um cenário que deve ser analisado com mais cuidado, a presença de grupos de municípios com baixa capacidade estrutural em relação a leitos acompanhada de vizinhos também com baixa ou nenhuma estrutura adequada pode levar a agravamentos severos na saúde das populações residentes nesses espaços.

## 6. CONCLUSÃO

Ao longo desse trabalho, buscou-se concentrar os esforços em levantar a questão sobre a necessidade de se ampliar os métodos e ferramentas utilizadas na avaliação a fim de fornecer material útil à tomada de decisão e avaliação das condições do sistema de saúde no âmbito do SUS. Para isso, foi utilizado o cabedal teórico e informacional desenvolvido pela Fiocruz no Projeto de Avaliação do Desempenho do Sistema de Saúde (PROADESS), que busca contribuir para avaliação e monitoramento, fornecendo subsídios para planejamento e gestão de políticas públicas no Sistema Único de Saúde.

Não coube a este trabalho julgar as causas das deficiências estruturais presentes em cada município presentes na Região Sudeste no ano de 2022. Mas sim, apontar resultados e ferramentas que possam servir de base para uma análise mais focalizada dos municípios e suas regiões em relação às situações de saúde, ambientes, recursos e as demais dimensões que são determinantes para esse setor. Esse trabalho é completamente fundamentado na análise exploratória de dados e se propõe a funcionar como uma lupa para evidenciar problemas que posteriormente possam ser analisados de forma mais específica utilizando outros métodos e teorias.

Em relação aos resultados apresentados, é fácil notar que muitos dos clusters têm características comuns entre si, mas todos eles se destacam em algum aspecto, seja positivo ou negativo em relação aos determinantes sociais de saúde. Os polos urbanos (Cluster 1), são marcados pela alta densidade demográfica e presença de capitais, destacam-se negativamente pela pior cobertura de Atenção Básica e menor despesa pública per capita. Já o grupo de municípios médios (Cluster 2) representa um cenário positivo de infraestrutura, caracterizando-se pela ampla cobertura de água e esgoto e pelo maior volume de recursos próprios investidos em saúde.

Em contraste, o Cluster 3 é definido pela carência estrutural, com ausência quase total de leitos e poucas unidades de saúde. Além disso, suas altas taxas de internação revelam uma forte dependência de municípios vizinhos. O Cluster 4 combina fragilidade ambiental e escassez de profissionais, apresentando déficit em saneamento e a pior relação de médicos por habitantes.

O Cluster 5 evidencia um problema de efetividade: mesmo possuindo a maior oferta de leitos, apresenta os piores indicadores de internação evitáveis. Por fim, o Cluster 6 agrupa municípios com baixa estrutura sanitária, sendo o grupo mais crítico em relação ao tratamento de esgoto, somado a uma escassez de recursos médicos e leitos.

O objetivo, de usar rede neural artificial para encontrar e evidenciar situações especiais com base em agrupamento de municípios, funcionou para apresentar algumas situações estruturais de determinadas cidades, para além de um panorama geral da situação de saúde na região, foram evidenciadas questões já conhecidas e desafiantes em relação a estrutura não só de saúde, mas sanitária de determinados municípios.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se o aprofundamento da investigação dos determinantes sociais de saúde, através de métodos econométricos espaciais, a fim de capturar a dependência espacial e os efeitos de transbordamento (*spillovers*) entre os municípios vizinhos. Adicionalmente, sugere-se a aplicação de modelos de regressão com dados em painel – utilizando abordagens de efeitos fixos ou aleatórios – para identificar, com maior robustez estatística, os determinantes da efetividade e da qualidade em saúde pública.

## 7. REFERÊNCIAS

- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 20 jul. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretrizes operacionais dos Pactos pela Vida, em Defesa do SUS e de Gestão.** Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Saúde mais perto de você – acesso e qualidade:** Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica (PMAQ): manual instrutivo. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.
- BUSS, P. M.; PELLEGRINI FILHO, A. A Saúde e seus Determinantes Sociais. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 77-93, 2007
- CARDOSO JR., José Celso; JACCOUD, Luciana de Barros. Políticas sociais no Brasil: organização, abrangência e tensões da ação estatal. In: JACCOUD, Luciana de Barros (Org.). **Questão social e políticas sociais no Brasil contemporâneo.** Brasília: Ipea, 2009. cap. 5, p. 181-260. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/8435>. Acesso em: 30 set. 2025.
- EVANS, R. G.; STODDART, G. L. Producing health, consuming health care. **Social Science & Medicine**, v. 31, n. 12, p. 1347-1363, 1990. DOI: 10.1016/0277-9536(90)90074-3.
- FACCHINI, Luiz Augusto et al. Avaliação de efetividade da Atenção Básica à Saúde em municípios das regiões Sul e Nordeste do Brasil: contribuições metodológicas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 159-172, jan. 2008.
- FUNCIA, Francisco Rózsa. Subfinanciamento e orçamento federal do SUS: referências preliminares para a alocação adicional de recursos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 12, p. 4405-4414, 2019.
- GÉRON, Aurélien. **Mãos à obra: aprendizado de máquina com Scikit-Learn, Keras e TensorFlow.** Rio de Janeiro: Alta Books, 2019.
- HADDAD, A. E.; LIMA, N. T. Saúde Digital no Sistema Único de Saúde (SUS). **Interface (Botucatu)**, v. 28, e230597, 2024. DOI: 10.1590/interface.230597.
- HAIR JR., J.F; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L; BLACK, W.C. **Análise Multivariada de Dados.** 5 ed. Bookman, 2005.
- HAYKIN, Simon. **Redes neurais: princípios e prática.** Tradução de Paulo Martins Engel. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022: População e domicílios - Primeiros resultados.** Rio de Janeiro: IBGE, 2023.
- INSTITUTO DE ESTUDOS PARA POLÍTICAS DE SAÚDE (IEPS). Orçamento da Saúde cresceu apenas 2,5% em 10 anos, revela pesquisa do IEPS e Umann. [S.l.]: IEPS, 2023.

Disponível em: <https://ieps.org.br/orcamento-da-saude-cresceu-apenas-25-em-10-anos-revela-pesquisa-do-ieps-e-umane/>. Acesso em: 05 nov. 2025.

JAMES, Gareth; WITTEN, Daniela; HASTIE, Trevor; TIBHIRANI, Robert. **An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R**. 2. ed. New York: Springer, 2021.

JOHNSON, Richard A.; WICHERN, Dean W. **Applied multivariate statistical analysis**. 5. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002.

MAECHLER, Martin et al. **cluster**: Cluster Analysis Basics and Extensions. Versão 2.1.8.1. [S.I.], 2025. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=cluster>. Acesso em: 4 dez. 2025.

MARINHO, Alexandre. Entendendo os conceitos de eficiência em saúde. In: OCKÉ-REIS, Carlos Octávio (Org.). **SUS: avaliação da eficiência do gasto público em saúde**. Brasília, DF: Ipea: CONASS: OPAS, 2023. p. 62-84.

NOBRE, V.; FARIA, M. **O Orçamento da Saúde para 2023: o que mudou nos últimos dez anos?** São Paulo: Instituto de Estudos para Políticas de Saúde, 2023. (Nota Técnica n. 29)

OECD (2021), Estudos da OCDE sobre os Sistemas de Saúde: Brasil 2021, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/f2b7ee85-pt>.

OLIVEIRA, Lilian Ribeiro de; PASSADOR, Cláudia Souza. Saúde pública no Brasil: a utilização do índice de desempenho do SUS na avaliação da alocação dos recursos dos municípios. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, v. 5, n. 4, p. 2387-2405, 2014

OOMS, Jeroen. **writexl**: Export Data Frames to Excel 'xlsx' Format. Versão 1.5.4. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.writexl>. Acesso em: 4 dez. 2025.

PEREIRA, Rafael H. M.; GONCALVES, Caio Nogueira. **geobr**: Download Official Spatial Data Sets of Brazil. Versão 1.9.1. [S. l.], 2024. DOI: 10.32614/CRAN.package.geobr. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=geobr>. Acesso em: 4 dez. 2025.

REIS, Afonso Teixeira dos; OLIVEIRA, Paulo de Tarso Ribeiro de; SELLERA, Paulo Eduardo. Sistema de Avaliação para a Qualificação do Sistema Único de Saúde (SUS). **RECIIS – R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, sup., ago. 2012. DOI: 10.3395/reciis.v6i2.Sup1.622pt.

SILVA NETO, Marco Aurélio et al. Técnicas de mineração visual de dados aplicadas aos dados de instrumentação da barragem de Itaipu. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 17, n. 4, p. 721-734, 2010.

SMITH, Peter C.; MOSSIALOS, Elias; PAPANICOLAS, Irene; LEATHERMAN, Sheila (Org.). **Performance measurement for health system improvement: Experiences, challenges and prospects**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

TAMAKI, E. M. et al. Metodologia de construção de um painel de indicadores para o monitoramento e a avaliação da gestão no SUS. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 839-850, 2012.

TANAKA, O. Y.; TAMAKI, E. M. O papel da avaliação para a tomada de decisão na gestão de serviços de saúde. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 821-828, 2012.

TANAKA, Oswaldo Yoshimi *et al.* Uso da análise de clusters como ferramenta de apoio à gestão no SUS. **Saúde e Sociedade** v. 24, n. 1, p. 34–45, 2015.

TASCA, Renato; BENEVIDES, Rodrigo Pucci de Sá e. SUS: desafios para tornar eficiente um sistema universal e subfinanciado. In: OCKÉ-REIS, Carlos Octávio (Org.). **SUS: avaliação da eficiência do gasto público em saúde**. Brasília, DF: Ipea: CONASS: OPAS, 2023. p. 41-61.

VALLADARES NETO, J.; SANTOS, C. B. dos; TORRES, É. M.; ESTRELA, C. Boxplot: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativos. **Revista Odontológica do Brasil Central**, Goiânia, v. 26, n. 76, p. 1-6, jan./mar. 2017.

VIACAVA, F.; LAGUARDIA, J.; UGÁ, M. A. D.; PORTO, S. M. PROADESS - Avaliação de Desempenho do Sistema de Saúde Brasileiro: indicadores para monitoramento (**Relatório**). Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2012. Disponível em: <[https://www.proadess.icict.fiocruz.br/SGDP-RELATORIO\\_FINAL%20\\_com\\_sumario\\_atualizadorev%202014.pdf](https://www.proadess.icict.fiocruz.br/SGDP-RELATORIO_FINAL%20_com_sumario_atualizadorev%202014.pdf)>. Acesso em: Mar. 2025.

VIACAVA, Francisco et al. Uma metodologia de avaliação do desempenho do sistema de saúde brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 711-724, 2004.

WEHRENS, R.; KRUISSELBRINK, J. Flexible Self-Organising Maps in kohonen 3.0. **Journal of Statistical Software**, v. 87, n. 7, p. 1-18, 2018.

WICKHAM, Hadley et al. Welcome to the tidyverse. **Journal of Open Source Software**, v. 4, n. 43, p. 1686, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21105/joss.01686>. Acesso em: 4 dez. 2025.

WICKHAM, Hadley. **ggplot2**: elegant graphics for data analysis. 2. ed. New York: Springer, 2016.

WICKHAM, Hadley; BRYAN, Jennifer. **readxl**: Read Excel Files. Versão 1.4.5. [S.l.], 2025. Disponível em: <https://readxl.tidyverse.org>. Acesso em: 4 dez. 2025.

WICKHAM, Hadley; VAUGHAN, Davis; GIRLICH, Maximilian. **tidyr**: Tidy Messy Data. Versão 1.3.1. [S.l.], 2024. DOI: 10.32614/CRAN.package.tidyr. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=tidyr>. Acesso em: 4 dez. 2025.