

Received:
March 13, 2026

Accepted:
May 8, 2026

Published:
May 28, 2026

Graph modeling of hospitalizations due to infectious and parasitic diseases in a health macro-region of Minas Gerais

Joaquim César Santana Cruz¹ , Maryanna Soares de Santana² , Anna Cláudia Martins de Lima Braga³ , Cleya da Silva Santana Cruz³ , Leida Calegário de Oliveira⁴ 

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Divinópolis, Brazil.

² Universidade Federal de São João Del-Rei, Divinópolis, Brazil.

³ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Brazil.

⁴ Secretaria de Estado da Saúde de Minas Gerais, Diamantina Brazil

Email address

joaquimcezar930@gmail.com (Joaquim C.S. Cruz)

ssantana.maryanna@gmail.com (Maryanna S. Santana)

anna.claudia@ufvjm.edu.br (Anna C.M.L. Braga)

cleyasantana2017@gmail.com (Cleya S.S. Cruz) – Corresponding author.

leida@ufvjm.edu.br (Leida C. Oliveira)

Abstract

Brazil is undergoing a complex demographic and epidemiological transition, marked by the growing prevalence of chronic non-communicable diseases alongside persistent infectious and parasitic diseases. This study analyzes the profile of hospitalizations associated with these conditions in the municipalities of the Western Macroregion of Minas Gerais, using data from the Unified Health System's Hospital Information System (SIH/SUS) and applying graph theory to detect similarity patterns among localities. By clustering cities based on characteristics such as gender, race/ethnicity, and age group, we identified both predominant hospitalization profiles and notable outliers. The findings indicate a heterogeneous distribution of hospitalizations, underscoring the importance of targeted public health policies and interventions to address regional health disparities more effectively.

Keywords: Hospitalizations, Infectious and Parasitic Diseases, Epidemiological Transition, Graph Theory.

1. Introdução

O Brasil está vivenciando uma transição demográfica e epidemiológica, na qual as doenças crônicas não transmissíveis se destacam como as principais responsáveis pela morbimortalidade no país. No entanto, persistem também as doenças transmissíveis na composição do perfil de saúde da população brasileira (Peixoto, 2020; Mendes et al., 2012). Enquanto em outros países a transição epidemiológica é caracterizada pela diminuição das doenças infecto-parasitárias e o aumento das doenças crônico-degenerativas (Prata, 1992), no Brasil ocorre uma sobreposição dessas duas categorias de enfermidades (Nunes, 2004).

Doenças infecto-parasitárias, segundo o Capítulo I da Classificação Internacional de Doenças-10 (CID-10) são exemplificadas como

doenças infecciosas intestinais, tuberculose, doenças bacterianas zoonóticas e outras doenças bacterianas, febres por arbovírus, protozooses, entre outras (Brasil, 2008). Esse grupo de patologias compreendeu de 2013 a 2017, a quarta principal causa de internação hospitalar e a terceira principal causa de óbitos no Brasil (Gomes et al., 2017).

Neste sentido, o Sistema Único de Saúde (SUS) está voltado para o atendimento das necessidades de saúde da população, tendo em vista o desenvolvimento de ações e serviços que assegurem os cuidados às condições agudas e crônicas (Mendes et al., 2012). Dessa forma, entre outras ações, conhecer o perfil das pessoas e dos municípios nos atendimentos hospitalares é essencial para compreender a saúde da população, pois auxilia na formulação de critérios para a

tomada de decisões na assistência à saúde. Além disso, orienta e direciona a criação de políticas públicas focadas na prevenção de internações.

Este trabalho apresenta como alternativa uma metodologia de configuração das internações hospitalares do SUS em casos de doenças infecto-parasitárias, tendo como objetivo analisar o perfil das internações hospitalares por doenças infecciosas e parasitárias nos 53 municípios da macrorregião de saúde Oeste de Minas Gerais. Para tanto, foram utilizados os dados do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS) e aplicada a teoria dos grafos com base em comunidades baseadas em similaridade.

1.1. Trabalhos Relacionados

No contexto discutido, diversos estudos desempenham um papel importante, que embasam a estratégia adotada nesse trabalho. Esses estudos oferecem dados relevantes, apresentam teorias e modelos computacionais essenciais para a análise de internações hospitalares.

O trabalho de Arruda et al. (2023) reflete sobre as interlocuções com o ensino de matemática presentes na produção acadêmica e científica sobre Teoria dos Grafos nas diferentes áreas temáticas constantes no *SciELO*. O estudo mostra que dos 25 trabalhos publicados de 1993 a 2022 relacionados à Teoria dos Grafos, 04 deles estavam relacionados ao tema das Ciências da Saúde.

Na caracterização do acesso à assistência ao parto normal, a partir da teoria dos grafos, Sousa, Araújo e Miranda (2017), com o objetivo de estimar a evolução topológica da rede intermunicipal de partos normais, utilizou-se do registro de internações do Sistema de Informação Hospitalar, de pacientes residentes no Estado da Bahia. Foram aplicados os índices: grau de entrada, grau de saída, fluxo de entrada, fluxo de saída e o tamanho médio da aresta de saída. Os resultados mostraram que houve aumento de partos realizados fora do município de residência, além da permanência da concentração de partos nos municípios sede da Região de Saúde, e aumento da distância entre o município de residência e o município de ocorrência do parto.

Saldanha et al. (2019) realizaram estudo de pacientes internados de câncer de mama, em quimioterapia e radioterapia, entre 2014 e 2016. Foi feita a análise através de grafos do fluxo de pacientes oncológicos de mama que são atendidos

fora de seu domicílio de residência. Foi empregado o método de análise de redes, considerando o município de residência e de tratamento como nós de um grafo. Os resultados indicaram dificuldades de acesso aos serviços de oncologia, o que potencialmente agrava a experiência do adoecimento oncológico em termos de impacto no indivíduo e em sua família.

Silveira e Santos (2023) em estudo de acesso a serviços de atenção hospitalar no período neonatal caracterizou internações de residentes no Paraná entre os anos de 2008 e 2019, e descreveram redes de deslocamento para o primeiro e o último biênio da série. Os resultados mostram que a comparação entre as redes obtidas para 2008-2009 e as existentes em 2018-2019 evidenciou aumento no número de destinos frequentes e na proporção de deslocamentos dentro da mesma regional de saúde. As redes de deslocamento sugerem impacto positivo da regionalização.

Nesse contexto, ao adotar uma nova abordagem metodológica, este estudo desempenha um papel fundamental na compreensão das dinâmicas envolvidas nas internações por doenças infecciosas e parasitárias nos municípios da macrorregião Oeste de Minas Gerais. A análise detalhada desses dados possibilita ainda a identificação de padrões e tendências, oferecendo subsídios para a formulação e implementação de políticas públicas que promovam a saúde, previnam o agravamento das doenças e, como resultado, reduzam o número de internações, melhorando os desfechos clínicos e a qualidade de vida dos pacientes.

2. Metodologia

Estudos anteriores investigaram internações hospitalares em diversas perspectivas e contextos (Arruda et al., 2023; Sousa, 2017; Saldanha et al., 2019; Silveira e Santos, 2023). No presente estudo, para abordar a relação internação hospitalar por doenças infecciosas e parasitárias foi empregado o conjunto de dados e variáveis do Sistema de Informação de Internação hospitalar do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS), para análise das internações dos municípios da macrorregião Oeste de Minas Gerais.

Foi utilizada a teoria dos grafos com base em comunidades baseadas em similaridade, com o intuito de identificar a distribuição de internações nos municípios da Macrorregião.

O estudo foi realizado na macrorregião de saúde Oeste de Minas Gerais, composta por 53 municípios e uma população total de 1.288.118 habitantes, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2020 (IBGE, 2020). A Figura (1a) mostra a divisão do estado de Minas Gerais por macrorregião de Saúde, e a Figura (1b) mostra a macrorregião Oeste e seus respectivos municípios.

Do ponto de vista ético, este estudo utiliza dados secundários que são de domínio público e não incluem a identificação dos participantes, sendo baseado em dados municipais agregados. Portanto, de acordo com a Resolução n.º 510 de 7 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde, são dispensadas a submissão, revisão e aprovação por um Comitê de Ética em Pesquisa.

2.1 Coleta de dados

Foram utilizados dados secundários provenientes de fontes de acesso público, disponíveis no banco de dados do Departamento de Informática do SUS (DataSUS). As informações analisadas foram extraídas da Autorização de Internação Hospitalar (AIH), documento gerado durante as internações em hospitais públicos e contratados pelo SUS, que integra o SIH/SUS.

Com base no local de residência, foi construída uma matriz de relacionamento de

informações, na qual consta a origem da internação, sendo o município de residência do paciente e as informações dos indivíduos internados, utilizando-se do software *Tabwin 4.0*. A análise foi realizada tendo como base o período de janeiro a outubro de 2024, sendo outubro o último mês com dados disponíveis no sistema. Os dados foram coletados em janeiro de 2025. Todos os dados foram obtidos junto ao DATASUS no formato de arquivo .DBC, convertidos para o formato de arquivo .DBF e tabulados no Microsoft Excel. Os dados utilizados foram referentes à "RD - AIH reduzida", processados entre os meses de abordagem definidos segundo município de residência, para os municípios da macrorregião de saúde Oeste. As variáveis utilizadas para a elaboração da base de dados foram o sexo, raça/cor e a faixa etária.

As variáveis utilizadas foram analisadas de acordo com os seguintes critérios:

- sexo: feminino e masculino;
- raça/cor: branca, parda, preta e amarela
- faixa etária: internações nas seguintes faixas etárias (em anos): < 1, 1-4, 5-14, 15-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64 e 65+.

Foram excluídos do estudo os dados das variáveis que apresentavam "ignorado" como resposta.

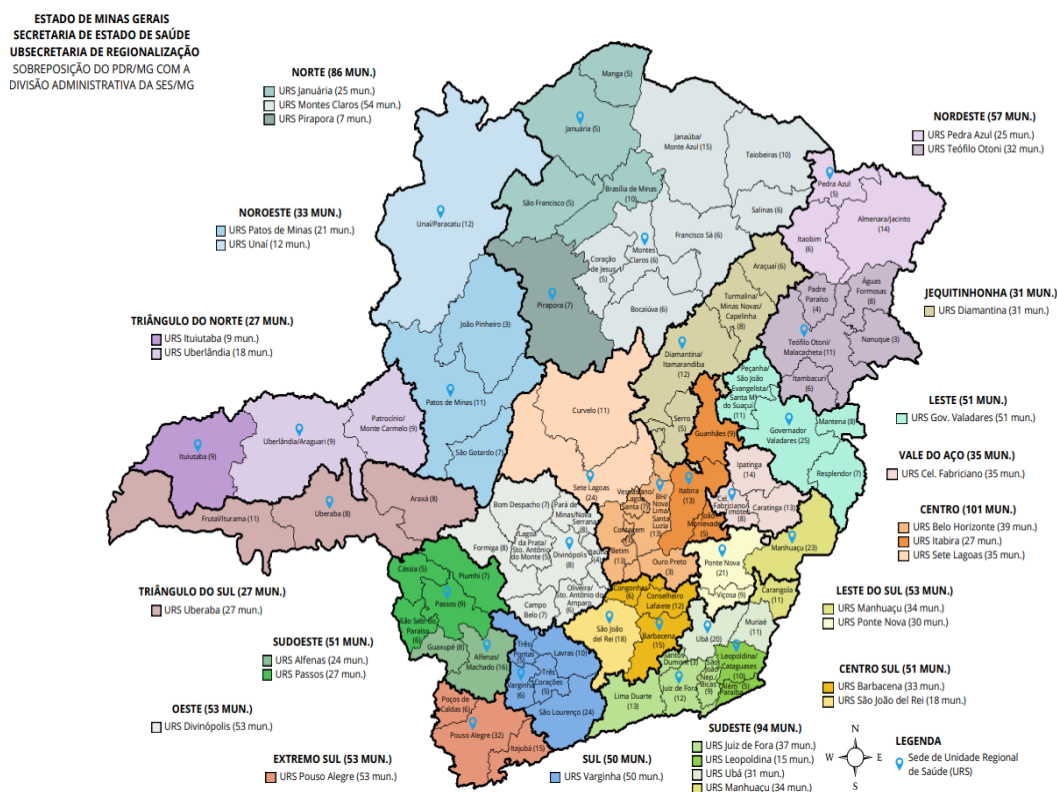


Figura 1a – Mapa de Minas Gerais e suas respectivas macrorregiões de saúde.



Figura 1b – Mapa da macrorregião Oeste de Saúde de Minas Gerais.

2.2 Análise de dados

Para essa análise, as causas das interações foram filtradas com base no diagnóstico principal da Classificação Internacional de Doenças (CID), capítulo I (Algumas Doenças Infecciosas e Parasitárias) (WHO, 2008).

Utilizou-se ainda a base de dados populacional do IBGE (2020) para comparação quantitativa da população e das interações quanto à variável raça/cor.

Após extração do conjunto final de dados, devido à sua complexidade interpretativa, foi proposta uma avaliação em etapas para melhor abordagem. Com isso, foram desenvolvidas matrizes de relacionamento específicas para cada característica abordada (raça/cor, sexo, faixa etária). Para cada conjunto de dados, foi calculada a similaridade de cossenos, uma métrica que avalia a proximidade ou similaridade relativa entre as distribuições das características analisadas. Para este trabalho, a similaridade de cossenos foi utilizada para quantificar o grau de semelhança entre as cidades quanto às características avaliadas. Para a formação de arestas e clusters, foi definido um limiar padrão de 0,5, garantindo que apenas conexões relevantes fossem consideradas.

Essa abordagem permitiu a atribuição de pesos às conexões entre as cidades, destacando aquelas com maior alinhamento entre si. Além

disso, foram construídas matrizes de adjacência, que representaram numericamente a profundidade das relações entre as cidades, proporcionando uma análise mais clara e detalhada das conexões entre as 53 cidades estudadas.

Após o refinamento dos dados, foi aplicada a estratégia de divisão do grafo em comunidades. Para isso, utilizou-se o algoritmo *Greedy Modularity*, um método para a detecção de comunidades em grandes grafos que considera pesos nas arestas (Blondel et al., 2008). Esse algoritmo heurístico busca maximizar a métrica de modularidade, que mede a densidade das conexões dentro das comunidades em comparação com as conexões esperadas ao acaso. Todos os grafos foram plotados e representados visualmente utilizando a biblioteca *NetworkX* do Python.

A fim de tornar a análise mais sistemática e consistente, cada comunidade foi examinada com base nas seguintes métricas: número de cidades, número de conexões, densidade e grau médio. Todas as análises foram feitas com base nessas métricas. O processo analítico foi dividido em duas partes distintas, para possibilitar uma investigação mais aprofundada de cada característica estudada. Dessa maneira, os resultados obtidos foram primeiramente analisados em separado e, depois, correlacionados.

Para validar a eficácia da abordagem utilizada, foram examinados em detalhes, na seção

seguinte, os resultados e os questionamentos obtidos a partir da modelagem computacional da base de dados, fundamentada nos conceitos da teoria dos grafos. O repositório com os códigos desenvolvidos durante o estudo está presente em (Cruz, 2025).

3. Resultados e discussão

A abordagem adotada no trabalho mostrou-se satisfatória, pois formou comunidades baseadas na similaridade, facilitando a interpretação dos dados obtidos. Em outras palavras, o uso do *Greedy Modularity* permitiu identificar agrupamentos de cidades com alta coesão interna, contribuindo para a análise de padrões e tendências regionais.

Assim, serão apresentados, respectivamente, os resultados para as comunidades de sexo, raça/cor e faixa etária.

A. Comunidade baseada em sexo

O processo dividiu as 53 cidades analisadas em duas comunidades, ilustradas pela Figura (2).

A comunidade 0, representada pelos nós roxos, é composta por 32 cidades, reunindo, segundo dados do IBGE (2020), um total de 276.002 pessoas. Durante o período analisado, houve registro nesta comunidade 990 internações, sendo 489 pessoas do sexo feminino e 501 pessoas do sexo masculino. Com os dados de internações obtidos, foi possível observar predominância de internações do sexo masculino.

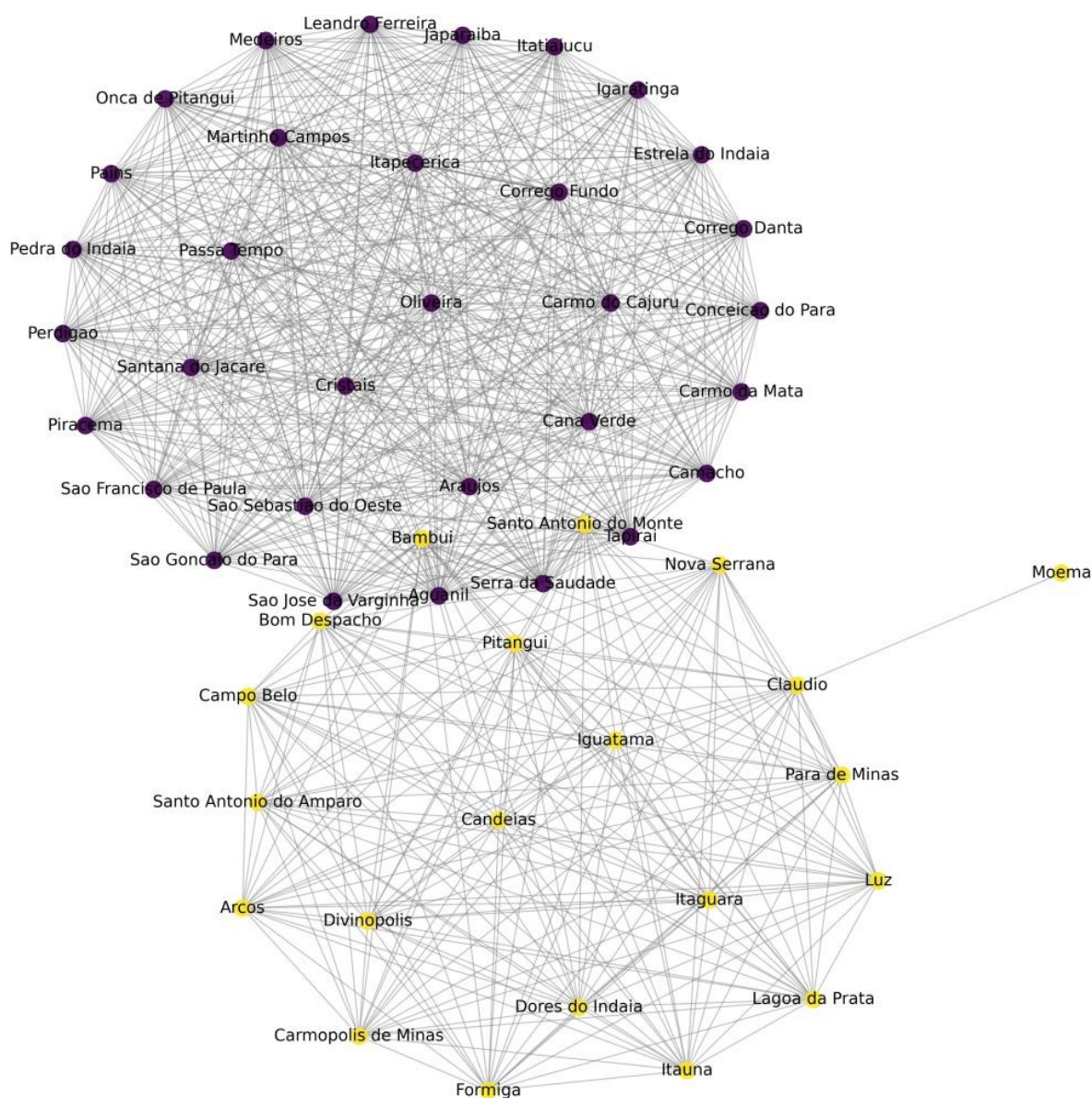


Figura 2 – Comunidades baseadas em sexo da macrorregião Oeste, Minas Gerais.

No que se refere às métricas de rede, a Comunidade 0 apresenta 496 conexões entre seus 32 nós, resultando em uma densidade de 1,0 e um grau médio de 31,0. Esses valores indicam que as cidades estão conectadas entre si, reforçando a homogeneidade do perfil de internações nessa comunidade.

A comunidade 1, por sua vez, representada pelos nós na cor amarela, é composta por 21 cidades, que, segundo o IBGE (2020), totalizaram 1.012.116 habitantes. Foram observadas 5.204 internações nesse período, sendo 2.690 do sexo feminino e 2.514 do sexo masculino. Ainda que esta comunidade possua 11 cidades a menos do que a comunidade 0, ela abrange as localidades mais populosas analisadas, incluindo Divinópolis, a cidade-núcleo da macrorregião Oeste. Neste conjunto de municípios, observa-se predominância de internações do sexo feminino.

As métricas de rede da comunidade 1 apresentam características distintas em relação à comunidade 0. Ela apresentou 190 conexões, com densidade de 0,9048 e grau médio de 18,10. Para compreender melhor a menor densidade, construiu-se uma matriz de adjacência, a qual evidenciou que algumas cidades ficaram pouco acima do limiar estabelecido. A título de exemplo, a cidade de Moema possui apenas conexão com a cidade de Cláudio, cujo grau de similaridade é de 0,5087, indicando a menor intensidade de vínculos em comparação às demais cidades dessa comunidade.

Estudos de internações por doenças infecto-parasitárias específicas apontam maior frequência em pessoas do sexo masculino por tuberculose (Villas Boas, Silva e Figueiredo, 2023) e hepatites virais (Carvalho et al., 2024). Mas um predomínio de internações em pessoas do sexo feminino para dengue em Minas Gerais (Martins et al., 2022). Considerando a variedade de doenças infecciosas e parasitárias que compõem o capítulo 1 do CID-10

(A00- B99), é necessário realizar um estudo mais aprofundado de cada patologia para analisar o perfil epidemiológico por sexo na macrorregião Oeste. Esse aprofundamento permitirá relacionar os resultados encontrados com os dados da literatura, que geralmente abordam as doenças de forma isolada.

A regionalização do Sistema Único de Saúde (SUS) é implementada por meio da criação das Regiões de Saúde, que são agrupamentos de municípios com características epidemiológicas, semelhantes social e economicamente (Brasil, 2010). Nesse contexto, destaca-se a macrorregião de saúde Oeste de Minas Gerais (Minas Gerais, 2020). Contudo, este estudo revela um perfil epidemiológico distinto para essa mesma macrorregião, especialmente no que diz respeito à variável sexo e às internações. As comunidades 0 e 1 apresentaram resultados diferenciados nas taxas de internação por sexo, o que suscita uma reflexão sobre as disparidades no padrão de adoecimento entre homens e mulheres nos municípios. Torna-se, portanto, essencial a realização de estudos mais específicos que identifiquem as principais causas de internações por sexo em cada município, com o objetivo de desenvolver estratégias de prevenção voltadas ao combate de doenças e agravos infecciosos e parasitários.

B. Comunidades baseadas em raça/cor

Ocorreu uma divisão das 53 cidades em duas comunidades analisadas, como mostrado pela Figura (3).

A comunidade 0, representada por nós da cor roxa, é composta por 31 cidades, que reúnem, segundo o IBGE (IBGE, 2020), um total de 236.740 habitantes. Os dados da Tabela (1) representam as internações hospitalares por raça/cor durante o período analisado.

Tabela 1 – Número de internações hospitalares segundo raça/cor para municípios da comunidade 0 na macrorregião Oeste, Minas Gerais.

Raça/cor	Número de internações	Percentual (%)
Branca	509	56,68
Parda	339	37,75
Preta	41	4,57
Amarela	9	1,00

Fonte: SIH/SUS 2025

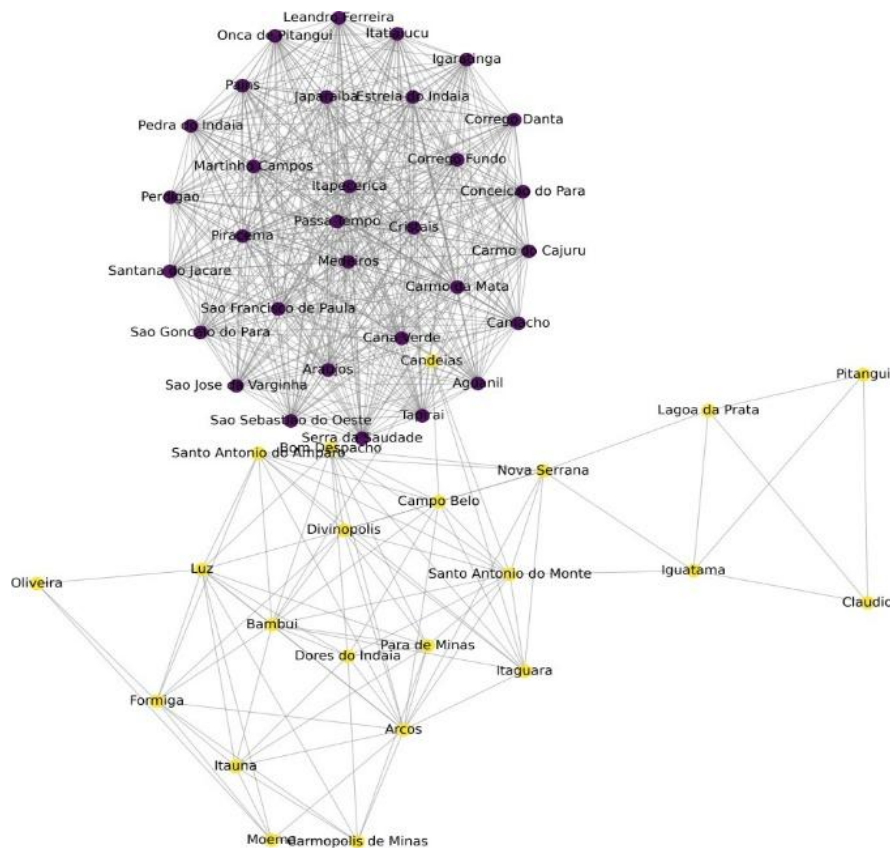


Figura 3 – Comunidades baseadas em raça/cor na macrorregião Oeste, Minas Gerais.

Esses números mostraram-se coincidentes com as populações, segundo dados do IBGE (IBGE, 2020).

Um ponto interessante a se notar é que a forte semelhança entre a Comunidade 0 definida pelo critério raça/cor e a Comunidade 0 - definida pelo critério sexo. Das 32 cidades que compunham essa última, 31 aparecem na Comunidade 0 de raça/cor, com exceção da cidade de Oliveira. Assim, parece haver um padrão consistente de interações para esses dois conjuntos de características (sexo e raça/cor): a predominância de interações de homens brancos em ambos os casos, se considerarmos o perfil da região.

No que se refere às métricas de rede, a Comunidade 0 (raça/cor) apresentou 464 conexões, diferindo em apenas 32 arestas em relação à

Comunidade 0 do grafo de sexo (que possui 496). Essa variação se deve, em grande parte, à remoção da cidade de Oliveira, que tinha 31 conexões no grafo sexo (grau médio de 31,0). Ao excluí-la desta comunidade, foram reduzidas as conexões que esse nó mantinha, afetando o total de arestas. Além disso, a comunidade 0 (raça/cor) apresenta densidade de 0,9978 e grau médio de 29,94, valores ainda elevados, indicando um subgrafo quase totalmente conectado.

A comunidade 1, representada pelos nós amarelos, é composta por 22 cidades, que somam uma população total de 1.051.378 habitantes, segundo IBGE (2020). Os dados da Tabela (2) mostram as interações hospitalares para a característica na comunidade.

Tabela 2 – Número de interações hospitalares segundo raça/cor para municípios da comunidade 1, macrorregião Oeste, Minas Gerais.

Raça/cor	Número de interações	Percentual (%)
Branca	2.513	47,45
Parda	2.469	46,62
Preta	246	4,65
Amarela	68	1,28

Fonte: SIH/SUS 2025

Os dados indicam que 47,45% das internações ocorreram entre indivíduos brancos, enquanto 46,62% referem-se a indivíduos pardos. Esse padrão é coerente com a composição populacional predominante na região, assim como observado na Comunidade 0. No entanto, a alta porcentagem de internações entre pessoas pardas, que se aproxima e quase supera a de pessoas

brancas, motivou uma investigação mais profunda sobre as causas de internações nestas populações das cidades analisadas.

A Tabela (3) apresenta os dados populacionais das 22 cidades pertencentes à comunidade 1, com informações extraídas do IBGE (2020).

Tabela 3 – Municípios da comunidade 1 e suas respectivas populações na macrorregião Oeste, Minas Gerais.

Município	PB	PP	IRB	IRP	ID
Arcos	22.249	15.510	131	105	B
BambuÍ	12.310	9.577	314	91	B
Bom Despacho	26.139	21.899	152	144	B
Campo Belo	28.863	17.847	127	75	B
Candeias	8.809	3.982	97	29	B
Carmópolis	8.874	7.805	117	52	B
Cláudio	15.450	11.960	35	98	P
Divinópolis	124.563	84.066	121	152	P
Dores do Indaiá	6.934	4.819	111	92	B
Formiga	40.753	22.535	194	36	B
Iguatama	2.894	3.002	19	139	P
Itaguara	8.232	4.072	126	98	B
Lagoa da Prata	24.966	21.196	24	515	P
Itaúna	49.690	39.948	146	71	B
Luz	8.264	8.001	217	169	B
Moema	4.005	2.959	84	21	B
Nova Serrana	35.784	59.243	55	144	P
Oliveira	19.658	13.599	34	39	P
Pará de Minas	44.421	44.067	135	108	B
Pitangui	13.127	10.602	49	77	P
Santo Antônio do Amparo	5.841	8.618	114	89	B
Santo Antônio do Monte	16.965	8.542	111	125	P

Fonte: IBGE, 2020

Legenda: **MU** = Município; **PB** = População Branca;

PP= População Parda; **IRB** = Internações – raça Branca; **IRP** = Internações – raça Parda; **ID** = Internações Dominantes (**B** = Brancas, **P** = Pardas).

A análise da Tabela (3) permite identificar um grupo de cidades onde, mesmo com uma população predominantemente branca, o número de internações entre indivíduos pardos supera ou se aproxima das internações de indivíduos brancos. As cidades que apresentam esse comportamento

são: Cláudio, Divinópolis, Lagoa da Prata, Oliveira, Pitangui e Santo Antônio do Monte.

Dentre essas cidades, destacam-se dois casos específicos:

- Cláudio: onde as internações de indivíduos pardos corresponderam a 71,01% do total de internações registradas na cidade. Na

cidade em questão a população branca é 29% maior que a população parda.

- Lagoa da Prata: onde as interações de indivíduos pardos representaram 94,14% indicando um fenômeno atípico, considerando que a população branca é 17,78% maior que a parda.

Diante dos resultados encontrados, é evidente o predomínio de interações entre indivíduos pardos nessas cidades. Esse padrão suscita questionamentos sobre as possíveis causas desse comportamento, que podem estar relacionadas tanto às desigualdades socioeconômicas na região quanto a fatores ocupacionais específicos da população parda.

Por outro lado, a Portaria nº 344 publicada em 1º de fevereiro de 2017, que estabelece diretrizes sobre o preenchimento do quesito raça/cor nos formulários dos sistemas de informação em saúde, reforça a importância dessa variável para o estudo do perfil epidemiológico e para o planejamento de políticas públicas. Em seu artigo 1º, a Portaria traz que a coleta do quesito cor e o preenchimento do campo denominado raça/cor

serão obrigatórios para os profissionais atuantes nos serviços de saúde, de forma a respeitar o critério de autodeclaração do usuário de saúde, dentro dos padrões utilizados pelo IBGE e que constam nos formulários dos sistemas de informações da saúde como branca, preta, amarela, parda ou indígena (Brasil, 2017). Assim, é necessário garantir o cumprimento da legislação para que possamos obter dados de internação fidedignos e coincidentes com os do IBGE.

Assim, a análise dos dados apresentados sugere a necessidade de uma investigação mais aprofundada para compreender os determinantes desse fenômeno.

C. Comunidade baseada em faixa etária

As 53 cidades analisadas foram divididas em três comunidades, como mostrado pela Figura (4). Foi possível identificar que a faixa etária predominante para internações em ambas as comunidades foi a de pessoas com mais de 65 anos.

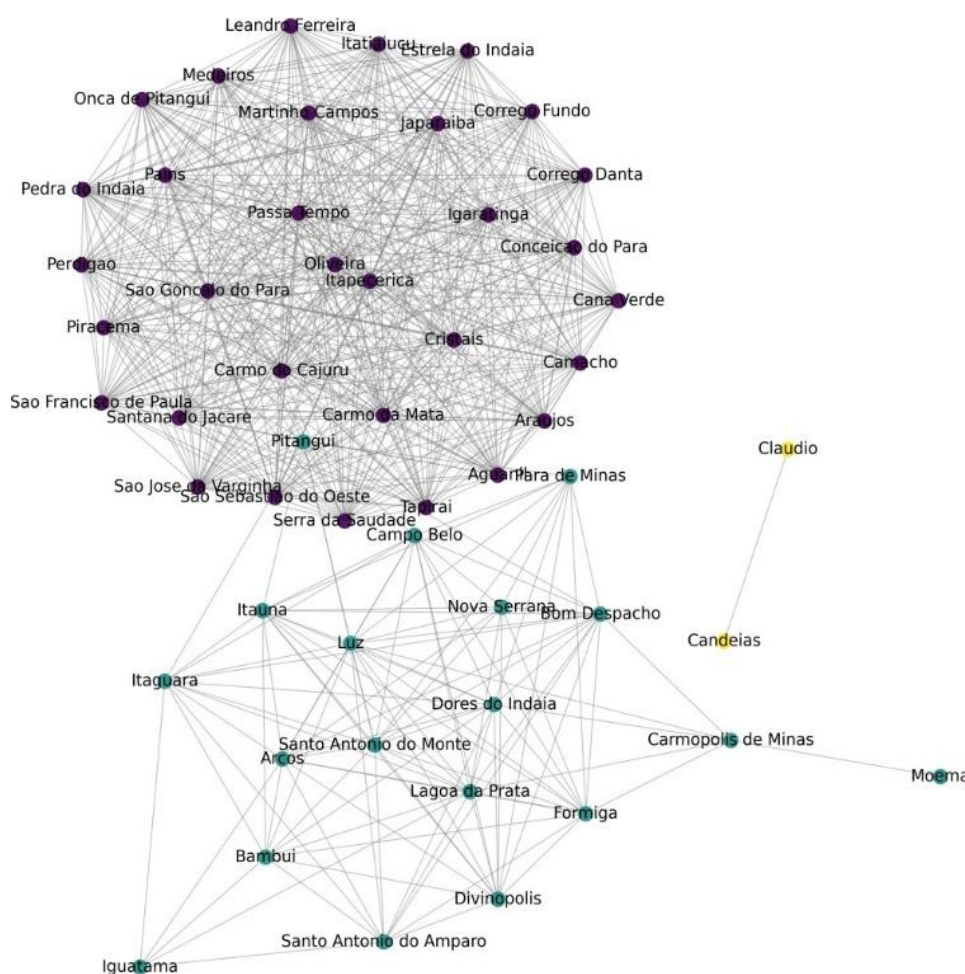


Figura 4 – Comunidade baseada em faixa etária da macrorregião Oeste, Minas Gerais.

A comunidade 0, representada pelos nós roxos, é composta por 32 municípios. Foram registradas 990 internações no período analisado. A Tabela (4) apresenta as internações hospitalares por faixas etárias.

Como dito anteriormente, as internações predominaram na faixa etária de acima dos 65 anos. No que se refere às métricas de rede, a comunidade 0 apresentou 493 conexões, com densidade de 0,9940 e grau médio de 30,81.

Após a análise da comunidade, é de suma importância ressaltar que se trata das mesmas cidades que compõem a comunidade 0 da distribuição feita baseada em sexo, e da comunidade 0 da distribuição feita baseada em

raça. Assim, é possível determinar um padrão consistente de internações para esses três conjuntos de características (sexo, raça e faixa etária): a predominância de internações de homens brancos com mais de 65 anos, nas 31 cidades.

A comunidade 1, representada pelos nós verdes, é composta por 19 municípios. Foram observadas 4.931 internações durante o período analisado. Em relação às suas métricas de rede, a comunidade apresentou 108 conexões, uma densidade de 0,6316 e um grau médio de 11,37. A Tabela (5) mostra as internações hospitalares por faixas etárias: As internações predominaram novamente na faixa etária acima dos 65 anos.

Tabela 4 – Registro de internações da comunidade 0 por faixa etária na macrorregião Oeste, Minas Gerais.

Faixa etária (anos)	Número de internações	Percentual (%)
< 1	39	3,94
1-4	29	2,93
5-14	57	5,76
15-24	64	6,46
28-34	63	6,36
35-44	91	9,19
45-54	97	9,80
55-64	123	12,42
65 +	427	43,13

Fonte: SIH/SUS 2025

Tabela 5 – Registro de internações da comunidade 1 por faixa etária na macrorregião Oeste, Minas Gerais

Faixa etária (anos)	Número de internações	Percentual (%)
< 1	232	4,70
1-4	213	4,32
5-14	341	6,92
15-24	372	7,54
28-34	374	7,58
35-44	499	10,12
45-54	510	10,34
55-64	690	13,99
65+	1.700	34,48

Fonte: SIH/SUS 2025

Ao analisar a comunidade e suas cidades, é notória a semelhança entre ela e a comunidade 1 definida pelo critério de sexo. Das 21 cidades presentes na comunidade de sexo, estão presentes na comunidade de faixa etária, a excluir as cidades de Cláudio e Candeias, que fazem parte da comunidade 2 de faixa etária. Assim, é possível afirmar que ocorre um padrão consistente de internações para esses dois conjuntos de características (sexo e faixa etária): a predominância de internações do sexo feminino com mais de 65 anos de idade.

Ademais, para melhor interpretação das internações por faixas etárias, foi plotado um gráfico box plot, utilizando também a biblioteca *networkX*.

Ao analisar o box plot, da Figura (5), é possível identificar vários *outliers* em cada faixa

etária. Seguindo essa linha, um desses se destaca por ser um *outlier* da faixa etária dominante de internações dentro das comunidades presentes. Dessa maneira, a cidade de Bambuí destoou negativamente no número de internações, sendo a cidade com o maior número de pessoas com +65 anos internadas (253). Esse comportamento anômalo levanta o questionamento sobre o motivo de tais números, considerando que esse dado representa 58,98% do total de internações hospitalares municipais para as doenças abordadas.

Dessa maneira, a análise do gráfico apresentado sugere a necessidade de uma investigação mais aprofundada para compreender os determinantes desse fenômeno na cidade de Bambuí.

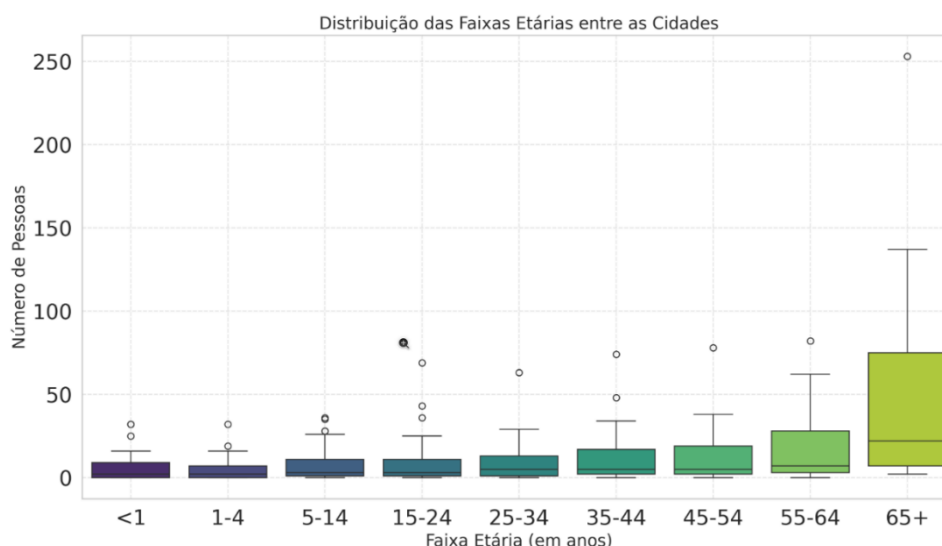


Figura 5 – Box plot das internações por faixas etárias.

6. Conclusão

Este estudo analisou as internações hospitalares na macrorregião Oeste de Minas Gerais, relacionando variáveis como sexo, raça/cor e faixa etária para formar agrupamentos com perfis de internação semelhantes. Essa abordagem propiciou uma compreensão mais aprofundada dos padrões epidemiológicos e demonstrou potenciais subsídios para políticas públicas e intervenções em saúde. Destaca-se que não há registro na literatura de trabalhos que estudem internações por doenças infecciosas e parasitárias utilizando a metodologia de grafos, sendo este o primeiro estudo com essa temática, utilizando esta abordagem.

Entre os principais achados, observaram-se comunidades de cidades com perfis semelhantes, bem como municípios que se configuraram como *outliers*, indicando possíveis influências de fatores socioeconômicos ou ocupacionais específicos. Tais discrepâncias levantam questionamentos importantes e sugerem a necessidade de futuras investigações sobre determinantes sociais e ambientais que possam impactar o padrão de hospitalizações na região.

Os resultados evidenciam, portanto, a utilidade da análise baseada em grafos para o planejamento em saúde, mostrando como a formação de agrupamentos pode orientar medidas de intervenção mais direcionadas. Espera-se que este modelo estimule análises semelhantes em outras regiões, contribuindo para a elaboração de estratégias de prevenção e promoção da saúde mais eficazes.

7. Agradecimentos

Somos gratos ao Programa de Educação Tutorial (MEC/FNDE) pelo apoio para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

- Arruda, K., Lopes, L., Silva, L., Dantas, E. and Gobbi, C., 2023. *Teoria dos Grafos nas áreas temáticas de pesquisa do Scielo: em busca de interlocuções com o ensino de matemática*. Ensino da Matemática em Debate, 10(3), pp.117–134. <https://doi.org/10.23925/2358-4122.2023v10i362408>
- Blondel, V.D., Guillaume, J.L., Lambiotte, R. and Lefebvre, E., 2008. *Fast unfolding of communities in large networks*. Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, 2008(10), p.10008. <https://doi.org/10.1088/1742-5468/2008/10/P10008>
- Brasil – República Federativa do Brasil, 2008. *Portaria nº 221, de 17 de abril de 2008*. Ministério da Saúde.
- Brasil – República Federativa do Brasil, 2010. *Portaria nº 4.279, de 30 de dezembro de 2010*. Estabelece as diretrizes para a organização da Rede de Atenção à Saúde no âmbito do SUS. Ministério da Saúde. Available at: <<https://www.gov.br/saude>> [Accessed 27 January 2025].
- Brasil – República Federativa do Brasil, 2017. *Portaria nº 344, de 1º de fevereiro de 2017*. Dispõe sobre o preenchimento do quesito raça/cor nos formulários dos sistemas de informação em saúde. Ministério da Saúde.

- Carvalho, J.L.G. de, Mazzardo, V., Duarte, L.R.A. and Gasperin, M.V., 2024. *Hepatites virais no Brasil: perfil epidemiológico de 2018 e 2023 e estratégias de controle*. Brazilian Journal of Health Review, 7(5), p.e73080. <https://doi.org/10.34119/bjhrv7n5-251>.
- Cruz, J.C.S., 2025. *Analysis of Hospital Admissions for Infectious and Parasitic Diseases Based on Graphs*. GitHub Repository. Available at: <<https://github.com/JoaquimCruz/Analysis-of-Hospital-Admissions-for-Infectious-and-Parasitic-Diseases-Based-on-Graphs>> [Accessed 1 February 2025].
- Gomes, H.G., Dias, S.M., Gomes, M.S., Medeiros, J.S.N., Ferraz, L.P. and Pontes, F.L., 2017. *Perfil das internações hospitalares no Brasil no período de 2013 a 2017*. Revista Interdisciplinar, 9(4), pp.96-104. Available at: <<https://revistainterdisciplinar.uninovafapi.edu.br/revinter/article/view/1322>> [Accessed 28 January 2025].
- IBGE – Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. *Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da Federação brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2020*. Rio de Janeiro. Available at: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>> [Accessed 24 February 2025].
- IBGE – Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. *Censo*. Rio de Janeiro. Available at: <<http://www.ibge.gov.br>> [Accessed 1 February 2025].
- Martins, Y.P., Niji, G.M., Caetano, L.B. and Oliveira, S.V., 2022. *Perfil epidemiológico das internações por dengue no estado de Minas Gerais*. Revista Saúde e Meio Ambiente - UFMS - Campus Três Lagoas, 14(2), pp.189-202. Available at: <<https://periodicos.ufms.br/index.php/samea/mb/article/view/17596>> [Accessed 28 January 2025].
- Mendes, A.C.G., Sá, D.A.D., Miranda, G.M.D., Lyra, T.M. and Tavares, R.A.W., 2012. *Assistência pública de saúde no contexto da transição demográfica brasileira: exigências atuais e futuras*. Cad Saúde Pública, 28(5), pp.955-964. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2012000500014>
- Minas Gerais. Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais. Subsecretaria de Gestão Regional, 2020. *Ajuste do Plano Diretor de Regionalização de Saúde de Minas Gerais (PDR/MG)*. 1st. ed. Belo Horizonte: SES-MG. Available at: <www.saude.mg.gov.br> [Accessed 01 February 2025].
- Nunes, A., 2004. O envelhecimento populacional e as despesas do Sistema Único de Saúde. In: Camarano, A.A. *Os novos idosos brasileiros: muito além dos 60?*. Rio de Janeiro: IPEA, pp.1-24.
- Peixoto, S.V., 2020. *The triple burden of health problems and the challenges for the Unified Health System*. Ciênc. saúde coletiva, 25(8), p.2913. <https://doi.org/10.1590/1413-81232020258.14672020>
- Prata, P.R., 1992. *The epidemiologic transition in Brazil*. Cad Saúde Pública, 8(2), pp.168-175. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X1992000200008>
- Saldanha R.F., Xavier D.R., Carnavalli K.M., Lerner K. and Barcellos C., 2019. *Estudo de análise de rede do fluxo de pacientes de câncer de mama no Brasil entre 2014 e 2016*. Cadernos de Saúde Pública. 35(7), p.e00090918. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00090918>
- Silveira, D.M. and Santos, H.G., 2023. *Acesso a serviços de atenção hospitalar no período neonatal: análise de redes de deslocamento entre municípios do Estado do Paraná, Brasil*. Cadernos de Saúde Pública, 39(6), p.e00244422. <https://doi.org/10.1590/0102-311XPT244422>
- Sousa, L.R. Araújo, E.M. and Miranda, J.G., 2017. *Caracterização do acesso à assistência ao parto normal na Bahia: uma análise a partir da teoria dos grafos*. Cadernos de Saúde Pública, 33(12). <https://doi.org/10.1590/0102-311X00101616>
- Villas Boas, R.R.S., Silva, N.T.V. and Figueiredo, R.G., 2023. *Perfil das internações por tuberculose entre os anos de 2013 e 2022 no Brasil*. Braz J Infect Dis., 27(S1), p.102812. <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2023.103647>
- WHO – World Health Organization, 2008. *International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems: 10th Revision (ICD-10)*. 2nd ed. Geneva: World Health Organization.