

MÉTODOS DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS EM SOFTWARES DE GESTÃO DE SAÚDE PARA DADOS ESPAÇO-TEMPORAIS DE DOENÇAS INFECCIOSAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

¹GABRIEL MORAES DE OLIVEIRA, ²ELISANGELA GISELE DO CARMO,
¹ISABEL CRISTINA SIQUEIRA DA SILVA

¹Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA),

²Universidade Estadual Paulista (UNESP)

<gabriel.moraes@ufcspa.edu.br>, <elisangela.gisele@unesp.br>

<isabel.siqueira@ufcspa.edu.br>

DOI: 10.21439/conexoes.v19.3728

Resumo. A presente pesquisa tem como objetivo identificar métodos e técnicas de visualização de dados para dados espaço-temporais relacionados a doenças infecciosas, tendo, como pergunta de pesquisa, “Quais são os principais métodos de visualização de dados em *softwares* de gestão de saúde para dados espaço-temporais de doenças infecciosas?”. Realizou-se uma busca nas bases *Pubmed*, *IEEEExplore*, *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*, restringindo-se o período para os últimos 5 anos, o idioma para língua inglesa e temática relacionada a (1) doenças infecciosas, (2) dados espaço-temporais e (3) visualização de dados. As etapas dessa pesquisa foram realizadas com revisão por pares e os estudos foram sintetizados extraindo variáveis de relevância para a pergunta e para o objetivo da pesquisa. Como resultado, observou-se que as principais técnicas de visualização de dados, empregadas neste contexto, são: mapas 4D, mapas organizáveis, dashboards integrados a mapas georreferenciados, e cubos espaço-tempo.

Palavras-chave: visualização de dados; doenças infecciosas; dados espaço-temporais.

DATA VISUALIZATION METHODS IN HEALTH MANAGEMENT SOFTWARE FOR SPATIO-TEMPORAL DATA ON INFECTIOUS DISEASES: A SYSTEMATIC REVIEW

Abstract. The present research aims to identify methods and techniques of data visualization for spatio-temporal data related to infectious diseases, with the research question being, “What are the main methods of data visualization in health management software for spatio-temporal data of infectious diseases?”. A search was conducted in the *Pubmed*, *IEEEExplore*, *Scopus*, *Web of Science*, and *Science Direct* databases, restricting the period to the last 5 years, the language to English, and the theme related to (1) infectious diseases, (2) spatio-temporal data, and (3) data visualization. The stages of this research were carried out with peer review and the studies were synthesized extracting variables of relevance to the question and to the objective of the research. As a result, it was observed that the main data visualization techniques employed in this context are: 4D maps, sortable maps, dashboards integrated with georeferenced maps, and space-time cubes.

Keywords: data visualization; infectious diseases; spatio-temporal data.

1 INTRODUÇÃO

Tecnologias, como sistemas de informações geográficas e *dashboards*, auxiliam os gestores de saúde na visualização da disseminação de doenças infecciosas, apoiando assim na prevenção e controle de epidemias (Koch, 2012). A análise espaço-temporal é crucial para entender a disseminação dessas doenças, especialmente durante uma epidemia, quando o aumento de contágios ocorre em um local específico e em um período determinado (Ganesan; Subramani, 2021).

A COVID-19 impulsionou pesquisas sobre doenças infecciosas, dados espaço-temporais e visualização de dados, e os modelos de disseminação de doenças e métodos de visualização analítica foram explorados para facilitar a compreensão e aquisição de conhecimentos (Wu; Leung; Leung, 2020). Esses métodos beneficiam a saúde pública, permitindo a visualização de cenários baseados em dados de saúde populacional local e regional (Caruccio; Deufemia; Polese, 2019).

Apesar da relevância do tema, especialmente após a pandemia de Covid-19, existe uma lacuna na compilação dessas técnicas de visualização de dados. Considerando a variedade de métodos de visualização para dados espaço-temporais de doenças infecciosas, é crucial categorizá-los e avaliá-los. Desta forma, o objetivo da presente revisão foi identificar os principais métodos de visualização de dados em *softwares* de gestão de saúde para dados espaço-temporais de doenças infecciosas.

2 METODOLOGIA

Este estudo é uma revisão sistemática da literatura, seguindo o guia de Kitchenham *et al.* (2009), definido a partir do mesmo, um protocolo para estruturar a pesquisa, que inclui a seleção de estudos, avaliação de qualidade, extração de dados e síntese dos estudos. Todo o processo foi submetido a uma revisão por pares e utilizou o método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA).

Esta revisão conduziu a busca nas seguintes bases de dados: *Pubmed*, *IEEEExplore*, *Scopus*, *Web of Science* e *Science Direct*, focando em estudos dos últimos 5 anos publicados no idioma inglês sobre doenças infecciosas, dados espaço-temporais e visualização de dados. Foram excluídos livros, obras de referência, teses, dissertações e redes de *eprints*, bem como estudos não direcionados a esses três tópicos. As buscas foram realizadas no segundo semestre de 2023, com atualização das buscas no primeiro semestre de 2024. Os termos utilizados para a busca em cada base de dados estão descritos no Quadro 1 abaixo.

Esta pesquisa utilizou uma ferramenta de revisão sistemática, o *State of the Art through Systematic Review* (*StArt*), para gerenciar, selecionar e extrair dados. O processo seguiu três fases: Planejamento (registro do protocolo); Execução (identificação, seleção e extração de dados dos estudos); e Sumarização (visualização dos gráficos). Na fase *Execution* foram definidas sessões de busca com a inserção dos estudos recuperados das bases de dados em formato *Bibtex*. Os estudos foram categorizados de acordo com: (1) métodos e técnicas para a visualização de dados e (2) tipo de gráfico plotado. Na Categoria 1, foram listados os mapas 2D, 3D e 4D. Na Categoria 2, foram incluídos os *Dashboards* integrados a mapas georreferenciados. Na Categoria 3, foram destacados os cubos espaço-tempo. E na Categoria 4, foram apresentados os gráficos de séries temporais. O fluxograma PRISMA, da Figura 1, ilustra todo o processo de seleção dos estudos recuperados nas bases de dados.

3 RESULTADOS

Na busca nas bases de dados, foram recuperados 1069 estudos e 51 foram considerados elegíveis. Conforme os critérios de inclusão e exclusão, todos os estudos elegíveis se tratam do uso de visualização de dados para dados espaço-temporais de doenças infecciosas.

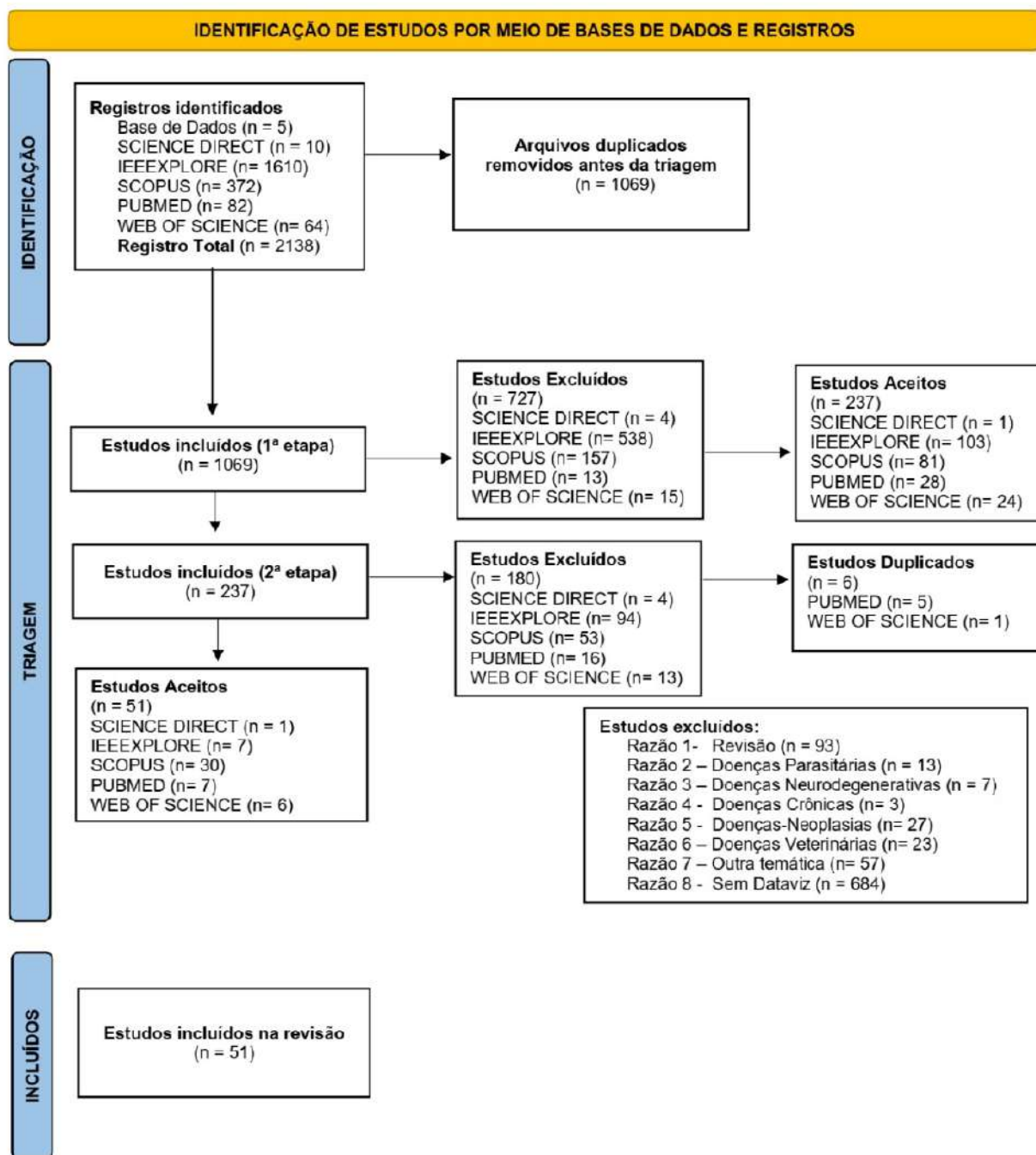
Esses estudos foram anexados à ferramenta *StArt* e refinados seguindo as etapas de seleção e extração, sendo que destes, a maioria das pesquisas foi realizada nos Estados Unidos (18) e China (13). Outros países também contribuíram, incluindo Brasil (3), Portugal (2) e outros com um estudo cada, Alemanha, Arábia Saudita, Zimbábue, Paquistão, Cazaquistão, Vietnã, Espanha, Bósnia e Herzegovina, Irã, Itália, Indonésia, Suíça, Albânia. Quanto ao ano de publicação, a maioria foi publicada em 2022 (18) e 2021 (17), com alguns em 2020 (10) e um em 2019. Dentre as doenças analisadas nos estudos, a Covid-19 (34), Hepatite C (3), HIV (2), Influenza, Dengue, Mão-pé-boca, Norovírus, Poliomielite, Sarampo, Sífilis, Tuberculose, Vírus do Nilo e outras doenças infecciosas estavam em um estudo cada.

Quadro 1: *Strings* e filtros utilizados nas bases de dados.

Bases	<i>String</i>	Filtros
PubMed	(infectious disease OR communicable disease OR disease transmission OR infectious disease transmission OR communicable disease transmission OR communicable disease contact tracing OR communicable disease control OR contact tracing OR emerging infectious disease) AND (data visualization) AND (space time geography OR spatio-temporal analysis OR spatiotemporal analysis OR space-time clustering OR spatial analysis OR geographic mapping OR geographic information systems)	Data: 2019-2023
IEEE Xplore	("Mesh_Terms": "infectious disease" OR "communicable disease" OR "disease transmission" OR "infectious disease transmission" OR "communicable disease transmission" OR "communicable disease contact tracing" OR "communicable disease control" OR "contact tracing" OR "emerging infectious disease" AND "data visualization" AND "space time geography" OR "spatio-temporal analysis" OR "spatiotemporal analysis" OR "space-time clustering" OR "spatial analysis" OR "geographic mapping" OR "geographic information systems")	Data: 2019-2023 Tipo: artigos
Scopus	ALL ("infectious disease" OR "communicable disease" OR "disease transmission" OR "infectious disease transmission" OR "communicable disease transmission" OR "communicable disease contact tracing" OR "communicable disease control" OR "contact tracing" OR "emerging infectious disease") AND ("data visualization") AND ("space time geography" OR "spatio-temporal analysis" OR "spatiotemporal analysis" OR "space-time clustering" OR "spatial analysis" OR "geographic mapping" OR "geographic information systems") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English"))	Data: 2019-2023 Tipo: artigos Idioma: inglês
Web of Science	TS=((infectious disease OR communicable disease OR disease transmission OR infectious disease transmission OR communicable disease transmission OR communicable disease contact tracing OR communicable disease control OR contact tracing OR emerging infectious disease) AND (data visualization) AND (space time geography OR spatio-temporal analysis OR spatiotemporal analysis OR space-time clustering OR spatial analysis OR geographic mapping OR geographic information systems))	Data: 2019-2023 Tipo: artigos
Science Direct*	("infectious disease" OR "infectious disease transmission" OR "communicable disease transmission" OR "communicable disease control" OR "emerging infectious disease") AND ("data visualization") AND ("space time geography" OR "spatio-temporal analysis" OR "space-time clustering")	Data: 2019-2023 Tipo: artigos

Fonte: Elaborado pelos autores (2024). * *String* limitada a 8 operadores (exigência da base).

Figura 1: Fluxograma de identificação de estudos e os registros das etapas no PRISMA.



Fonte: Dados coletados nas bases de dados (2024). Elaborado e adaptado a partir de PAGE et al. (2022).

3.1 Métodos e técnicas de visualização utilizados nos estudos

A Categoria 1 inclui estudos que utilizaram mapas 2D, 3D e 4D, *Choropleth map*- Mapas coropléticos e *Self-Organizing Maps*-Mapas Auto-organizáveis para analisar a propagação de doenças, como a COVID-19, considerando os fatores socioeconômicos.

Dentre os estudos desta categoria, Burkom *et al.* (2021) desenvolveu o ESSENCE, um sistema de vigilância em saúde que coleta e analisa dados epidemiológicos, assim como os de Marcílio-Jr *et al.* (2021), Ramírez e Lee (2020) e Jiang *et al.* (2020) que utilizaram visualizações de dados para gerenciar a COVID-19, destacando a importância da gestão de doenças infecciosas, complementado pelo estudo de Zhou *et al.* (2020) em que indicam os dados em tempo real como forma de ajudar na prevenção e transmissão de doenças infecciosas e auxiliar na definição de metas de saúde. Com relação a outras técnicas os estudos de Kuzdeuov *et al.* (2021) e Khaliq e Khan (2021) revelam como modelar a propagação de doenças e identificar áreas de alto risco.

Outros estudos aplicaram esta técnica de mapas para representar dados de suas pesquisas, facilitando a visualização de padrões de contaminação e disseminação de doenças infecciosas. Ahrens *et al.* (2023) e Hall *et al.* (2021) utilizaram para identificar mudanças anuais na tendência e na prevalência de Hepatite C. Jiao *et al.* (2022) usaram esses mapas para prever a transmissão da doença de mão, pé e boca na China. Burkom *et al.* (2021) monitoraram informações de saúde da comunidade, enquanto Luan e Ransome (2023) e Sullivan *et al.* (2020) analisaram novos diagnósticos de HIV nos Estados Unidos.

Medeiros *et al.* (2022) identificaram riscos de sífilis em gestantes em São Paulo, Myer e Johnston (2019) delinearam a propagação do vírus do Nilo Ocidental em Nova York e Parpia *et al.* (2020) analisaram dados sobre o sarampo em Camarões. Os estudos de Duarte *et al.* (2023), Kala, Atkinson e Tiwari (2020), Franceschi *et al.* (2021) aplicaram a técnica de *Self-Organizing Maps* (SOM) para analisar e visualizar dados complexos relacionados a doenças infecciosas. Norton *et al.* (2023) apresentaram dados relevantes da COVID-19 por meio de mapas coropléticos, incluindo detalhamento sociodemográfico dos locais pesquisados no Canadá. Segue a Tabela 1 com os respectivos estudos elegíveis deste estudo.

A Categoria 2 define todos os estudos que aplicaram o método de visualização de *Dashboards* integrados a mapas georreferenciados para demonstrar os níveis de transmissão de doenças infecciosas dentro de uma comunidade, sendo que apenas um estudo não objetivou a COVID-19. Antweiler *et al.* (2022) e Baxter *et al.* (2022) utilizaram de Dashboard para rastrear e visualizar a evolução da COVID-19, exibindo a incidência da doença, sintomas, testes, capacidade dos leitos de UTI, taxas de internação e número de vacinados e a rede de contatos dos pacientes, para monitorar a transmissão.

Com relação a informações geográficas, Chu *et al.* (2021) estudaram as informações sobre mobilidade urbana durante a pandemia da COVID-19, visualizando as estatísticas de deslocamentos entre os municípios com gráficos e mapas espaço-temporais. Ngai *et al.* (2022) desenvolveram um *Dashboard* com dados das disparidades geográficas dos casos da COVID-19, permitindo que a equipe de saúde acompanhasse todos os relatórios semanalmente. Shi *et al.* (2022), Costa, Mileu e Alves (2021) e Field, Dyda e Lau (2021) desenvolveram um *Dashboard* com dados sociodemográficos e econômicos e de saúde dos municípios para avaliar e identificar os focos e a propagação da COVID-19 em tempo real.

Supriatna *et al.* (2022) e Zaçaj *et al.* (2022) detalharam em um Dashboard casos confirmados da COVID-19, servindo de base para identificação de locais com mais possibilidade de alastramento do vírus e dados sobre a situação epidemiológica. O estudo de Bello *et al.* (2021) não teve como foco a Covid-19, criando um Dashboard em tempo real com dados sobre o vírus da poliomielite, auxiliando no planejamento de ações de saúde para combater a doença.

A Categoria 3 define todos os estudos que aplicaram como método de visualização os cubos espaço-tempo. Os estudos de Mo *et al.* (2020) e Zhou *et al.* (2020) demonstraram os níveis de transmissão de doenças infecciosas.

Mohammadebrahimi *et al.* (2021) selecionaram contextos epidemiológicos, destacando a importância da abordagem na identificação de tendências, padrões e focos de doenças infecciosas, auxiliando na tomada de decisões. Zhou *et al.* (2020) mapearam dinamicamente os pontos focais de contaminação por COVID-19, estimativas de atendimentos médicos e fluxos de mobilidade.

A Categoria 4 compreende os estudos com as visualizações analisadas com os dados por meio de gráficos de séries temporais para analisar a transmissão de doenças infecciosas.

MÉTODOS DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS EM *SOFTWARES* DE GESTÃO DE SAÚDE PARA DADOS ESPAÇO-TEMPORAIS DE DOENÇAS INFECCIOSAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Quadro 2: Classificação dos artigos

#	Amostra (N)	Objetivo(s)	Técnicas	Gráfico Plotado	Doença	Principais Resultados e Conclusão
1	32.555.153 nascidos	Incidência de Hepatite C	MC	GL	Hepatite C	Mapas são eficazes, identificam áreas
2	18.905.314 nascidos	Incidência de Hepatite C	MC	GBA	Hepatite C	Evolução e mapas eficazes
3	551.900 tweets	Prever doenças via Tweets	GST	MC0, CR, EM, GBO	Influenza	94% de precisão, detecção eficaz
4	44.634 entrevistas	Criar métodos eficazes	DIMGE	GBA, D	Dengue	Visualização do vírus, previsão e controle
5	120 locais de saúde	Avaliar áreas de saúde	DIMGE	GBA, GL, GP	COVID-19	Estatísticas/vacinação, visualização de risco
6	285 equipes de saúde	Identificar dados	DIMGE	GBA, GS, GBO	Poliomielite	Acessos aos dados, otimiza vacinação
7	Casos aleatórios	Desenvolver biovigilância	MC	DF, GL	DI	Sistema adaptável, vigilância em saúde
8	Mobilidade COVID-19	Visualizar em tempo real	DIMGE	GM	COVID-19	Útil na mobilidade, controle em tempo real
9	Casos de COVID-19	Visualizar a propagação	DIMGE	GL	COVID-19	Visualização/mapas, temporalidade
10	193 cidades 2019-2020	Analisar dados e viagens	DIMGE	GL	COVID-19	Padrões de viagens, integração com dados
11	Casos de Portugal	Propagar a informação	MC, DIMG	GL, GP, GB0	COVID-19	Variáveis úteis, dados confiáveis
12	Vietnã 2016-2020	Visualizar a plataforma	DIMG	GBA	Tuberculose	Controle dos casos, dados úteis
13	278 cidades Portugal	Self-Organizing Maps	MAO	GL, M	COVID-19	Útil na identificação, análise propagação

MÉTODOS DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS EM *SOFTWARES* DE GESTÃO DE SAÚDE PARA DADOS ESPAÇO-TEMPORAIS DE DOENÇAS INFECCIOSAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

#	Amostra (N)	Objetivo(s)	Técnicas	Gráfico Plotado	Doença	Principais Resultados e Conclusão
14	COVIDSafe, Austrália	Desenvolver CRISPR	DIMGE	GL	COVID-19	Sistema em 3 partes, integra várias fontes
15	21 casos feição-RS	Rastrear feições	21 MAO	GL, GBA, GB, GP	COVID-19	Sistema automatizado, dados úteis
16	40 países	Prever surtos	MC	GL, GBA, GP	COVID-19	Sistema robusto, dados integrados
17	21 estados dos EUA	Ajustar o modelo Bassil	MC	G0, GL, GP	COVID-19	Modelos eficazes, avalia transmissões
18	2015-2022, Arkansas	Associar dados	MC	GL	COVID-19	Mapas eficazes, identifica fatores
19	Dados COVID-19	Analisar casos	MD	GBO	COVID-19	Útil na análise, reduz o risco
20	Dados de 2011-2018	Prever incidências	MC	GP	COVID-19	Sistema útil e eficaz
21	112 profissionais	Utilizar software ELIS	DIMG	GL	Vírus Não conhecido	Integra fontes, previsão
22	22 profissionais	Analisar dados	DIMG	GL, GBO, GP	COVID-19	Resultados úteis, fonte preeminente
23	Casos na Itália	Desenvolver um simulador	GST	GL	COVID-19	Rastrear a disseminação, apoio a gestores
24	27 países	Estimar a mortalidade	MC	GL	DIR	Resultados simulados, apoio a gestores
25	142 países	Desenvolver métodos	MC	GL, GBA, GD, GE, G	DIR	Maioria era influenza, viagens = vigilância
26	HIV 2014-2018	Analisar o HIV	MC	GL	HIV	Modelo estima o HIV, eficaz no diagnóstico
27	Dados globais	Estimar a mortalidade	MC	GL	Diversas	Resultados simulados, apoio a gestores

MÉTODOS DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS EM *SOFTWARES* DE GESTÃO DE SAÚDE PARA DADOS ESPAÇO-TEMPORAIS DE DOENÇAS INFECCIOSAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

#	Amostra (N)	Objetivo(s)	Técnicas	Gráfico Plotado	Doença	Principais Resultados e Conclusão
28	COVID-19 na Itália	Análise de dados	GST	Matriz	COVID-19	O clima influencia, método pelas variáveis
29	COVID-19 na China	Análise de padrões	CET, MC	GL, GBO	COVID-19	Identifica surtos, incidência diminuiu
30	4.000 casos 2020, Irã	Mapeamento de tendências	MC	GBA, GC, GL	COVID-19	Subúrbios afetados, identificam riscos
31	49 locais 2001-2015	Aprimorar a gestão	MC	GBA, GL, GC	Febre Nilo	Identifica vírus no EUA, facilita previsões
32	COVID-19/demografia	Dashboard monitora	DIMGe	GBA, GL	COVID-19	Dashboard identifica, otimiza a análise
33	COVID-19, Hong Kong	Rastrear a COVID-19	GST	GL, GP	COVID-19	Mostra intervenções, identifica os surtos
34	896.248 casos, Ontário	Análise de casos	MC	GL	COVID-19	Padrões variam, identificação de risco
35	Norovírus, RU	Prever o Norovírus	GST	GE, GL	Norovírus	Wikipedia não é viável, previsão do Norovírus
36	Óbitos em 2020	Visualizar os casos	GST	GC, GBO	COVID-19	Visualização foi útil, noção das epidemias
37	2011-2012, Camarões	Analisar o sarampo	MC	GC	Sarampo	Mobilidade aumenta, mobilidade dissemina
38	COVID-19 no Colorado	Analisar a doença	MC, MI	GP	COVID-19	Visualiza a incidência, comorbidade é padrão
39	COVID-19 2020-2021	Descrever B.1.1.7-B.1.526	MC	GP, AF	COVID-19	B.1.526 passa B.1.1.7, B.1.1.7 causou o avanço
40	COVID-19 na Europa	Analisar dados	MC	GB, GL, MP	COVID-19	Correlação de dados, estimar casos

MÉTODOS DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS EM *SOFTWARES* DE GESTÃO DE SAÚDE PARA DADOS ESPAÇO-TEMPORAIS DE DOENÇAS INFECCIOSAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

#	Amostra (N)	Objetivo(s)	Técnicas	Gráfico Plotado	Doença	Principais Resultados e Conclusão
41	5.000 casos EUA	Criar um Dashboard	DIMGe	GS	COVID-19	Útil na análise, rastreia variantes
42	48 estados EUA	Rastrear HIV	MC, I	GBA, GL	HIV	Fornece vigilância HIV, orienta programas
43	COVID-19, Indonésia	Criar dados no Dashboard	DIMGe	GL, GC	COVID-19	Desafios Dashboard, Dashboard orienta
44	COVID-19 na Suíça	Desenvolver modelo	MC	GL, GC	COVID-19	Estima epidemias, identifica padrões
45	COVID-19 na China	Analisar a COVID-19	MC, MGP	GBA, GP	COVID-19	Estima a disseminação, controle de ações
46	11 países dos Balcãs	Criar um Dashboard	DIMGe	GL, GBA	COVID-19	Indicadores tempo real, auxilia políticas
47	175 regiões globais	Investigar pacientes	GST	GBA, GL, GC	COVID-19	Confirma casos, estima dados doença
48	300 cidades da China	Mapear o espaço-temporal	MC	GBA, GL, GBO	COVID-19	Orienta decisões, auxilia decisões
49	Dados COVID-19	Analisar casos	MD	GBO	COVID-19	Útil na análise, reduz o risco
50	Dados de 2011-2018	Prever incidências	MC	GP	COVID-19	Sistema útil e eficaz
51	112 profissionais	Utilizar software ELIS	DIMG	GL	Vírus Não conhecido	Integra fontes, previsão

EUA: Estados Unidos; RU: Reino Unido; AF: Análise Filogeográficas; CET: Cubos espaço tempo; DIR: Doenças Infecciosas Respiratórias; DI: Doenças Infecciosas; DIMGe: Dashboards Integrados a Mapas Georreferenciados; DV: Diagrama de Voronoy; DF: Diagrama de Fluxo; EM: Elbow method; G: Gráficos; GA: Gráfico de Ajuste; GST: Gráficos de séries temporais; GBA: Gráfico de Barras; GD: Gráfico de Dispersão; GE: Gráfico de espiral; GL: Gráfico de linhas; GBO: Gráficos de Bolhas; GM: Gráficos Mapper; GS: Gráficos de Setores; GC: Gráficos de Curvas; GCP: Gráfico de Coordenadas Paralelas; GP: Gráfico de Pontos; I: Infográficos; MC: Mapas Coropléticos; MGP: Mapas de Grade de Pontos; MP: Matriz Ponderada; MI: Mapas de Incidência; MAO: Mapas Auto-Organizáveis; MCo: Matriz de confusão; MD: Mapas de distribuição 4D; MH: Hexamapa; M: Matrizes.

Amin *et al.* (2020) rastrearam surtos de dengue e influenza por meio de tweets publicados em redes sociais pela população. Outro estudo que teve por objetivo mapear a dengue foi o de Khaliq e Khan (2021) que acompanharam a distribuição de casos no Paquistão. Gómez-Expósito, Rosendo-Macias e González-Cagigal (2021), Guo *et al.* (2022), Milano, Zucco e Cannataro (2021), Pang *et al.* (2021) e Zhan *et al.* (2021) monitoraram a disseminação e casos da COVID-19.

Já, Kuzdeuov *et al.* (2021) usaram de um simulador para identificar indivíduos infectados por COVID-19, enquanto que Niu *et al.* (2020) analisaram o impacto da COVID-19 na mobilidade urbana em Hong Kong. Ondrikova *et al.* (2023) previram a atividade do norovírus em determinados locais e Wang *et al.* (2022) mostraram a distribuição de doenças respiratórias derivadas de vírus aleatórios na China.

4 DISCUSSÃO

Os resultados da presente revisão mostraram que os métodos e técnicas de visualização por serem diversificadas, oferecem variadas maneiras de apresentar os dados, no entanto tem suas particularidades e vantagens (Narayan; Nayak, 2021). Mesmo com o avanço dos mais diversos *softwares* que geram estas visualizações, Narayan e Nayak (2021) observam que todo o processo de desenvolvimento destes métodos requer a necessidade de simulações experimentais dos tipos de técnicas para testar qual a melhor selecionada para determinado contexto que for aplicada a técnica de visualização.

A variedade de métodos e técnicas aplicados pelos pesquisadores nos seus respectivos estudos demonstram como análises geoespaciais e de dados espaço-temporais são necessárias e importantes dentro de um contexto pandêmico. Dentre os métodos utilizados, o que mais teve adesão de metodologia pelos pesquisadores, baseado na N da amostra desta revisão, foram os mapas coropléticos, seguido pelos *Dashboards* integrados a mapas georreferenciados. Os dois métodos delineiam toda uma amostra que se deseja identificar, mostrando os principais pontos a serem considerados e conseguem enquadrá-los sem perdas de informações (Kronenfeld; Yoo, 2024). No que tange as ações a serem planejadas e implementadas pelos gestores em saúde, tanto os mapas coropléticos quanto os *Dashboards* são ferramentas que fornecem um conteúdo informativo por meio do conjunto de dados disponíveis colaborando para que cenários pandêmicos sejam melhor interpretados.

Em seguida, o gráfico de série temporal. Este tipo de método mostra, conforme Narayan e Nayak (2021) citam uma visualização por gráficos, sendo uma forma de demonstrar os dados de incidência das doenças infecciosas de maneira a representar as informações como um padrão. Nos estudos apresentados nesta revisão, estes gráficos foram apresentados para rastreamento e análise dos dados de contágio e para a visualização do panorama da propagação de casos de doenças infecciosas.

Os estudos de Amin *et al.* (2020) e de Guo *et al.* (2022) aplicaram junto aos gráficos de séries temporais dados geoespaciais. Por conseguinte, aos métodos aplicados pelos estudos da revisão, apresenta-se os mapas 2D, 3D e 4D. O mapa 2D, de acordo com He *et al.* (2019) é a abordagem em que os pesquisadores selecionam para representar informações espaciais com grande quantidade de dados de rastreamento e monitoramento de dados espaço-temporais, principalmente quando há muitas informações juntas e coligadas em um mapa 4D. Os mapas 3D são selecionados para permitir a exibição de um conjunto de dados com configurações espaço-temporais e possam ser distribuídos geograficamente de forma mais uniforme (Vögtle *et al.*, 2022). Já os mapas 4D é uma alternativa para visualizar os dados espaço-temporais.

Os cubos espaço-tempo foi o outro método utilizado para visualização de dados desenvolvido por Leduc, Tourre e Servières (2019). Essa técnica é aplicada, porque a análise espacial dos dados é organizada de forma uniforme, o que se torna útil para encontrar padrões espaço-temporais. Os cubos espaço-tempo são compostos, conforme Leduc, Tourre e Servières (2019) citam por células tridimensionais, sendo uma técnica de geovisualização 3D com mapeamento de dimensões espaciais e temporais em um cubo. Os mapas auto organizáveis ou *Self-Organizing Maps* (SOM), se tratam de mapas que são utilizados para uma análise exploratória e uma melhor visualização de dados de alta dimensão.

Os resultados apresentados averiguaram os métodos e técnicas de visualização de dados espaço-temporais, mostrando com uma alternativa para que os dados possam ser melhor interpretados e assim os gestores em saúde acionarem todos os meios para que as respostas às ações aplicadas na comunidade sejam positivas. Como limitações deste estudo cita-se a não inclusão de outras publicações, o que poderia ampliar a pesquisa. Sugere-se a possibilidades de novos estudos na área de visualização de dados para a análise comparativa entre as técnicas e um ranqueamento das suas usabilidades.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão investigou os principais métodos de visualização que exploraram as representações espaço-temporais de doenças infecciosas. As ferramentas de visualização contribuem significativamente para que os cenários epidemiológicos sejam melhor interpretados, e os gestores de saúde, assim como os profissionais de saúde consigam, por meio destas visualizações propor ações mais efetivas para minimizar impactos de pandemias, ou ainda de prevenção das mesmas. Ademais, obtendo informações mais precisas e em tempo real, estes profissionais conseguem gerenciar os dados diários de disseminação e propagação de doenças infecciosas, reduzindo o impacto que estas doenças apresentam no contexto da saúde.

REFERÊNCIAS

- AHRENS, K. A. *et al.* Maternal hepatitis c prevalence and trends by county, us: 2016–2020. **Paediatric and Perinatal Epidemiology**, v. 37, n. 2, p. 134–142, 2023.
- AMIN, S. *et al.* Detecting dengue/flu infections based on tweets using lstm and word embedding. **IEEE Access**, v. 8, p. 189054–189068, 2020.
- ANTWEILER, D. *et al.* Uncovering chains of infections through spatio-temporal and visual analysis of covid-19 contact traces. **Computers & Graphics**, v. 106, p. 1–8, 2022.
- BAXTER, L. *et al.* Development of the united states environmental protection agency's facilities status dashboard for the covid-19 pandemic: Approach and challenges. **International Journal of Public Health**, v. 67, p. 1604761, 2022.
- BELLO, I. M. *et al.* Real-time monitoring of a circulating vaccine-derived poliovirus outbreak immunization campaign using digital health technologies in south sudan. **Pan African Medical Journal**, v. 40, n. 1, 2021.
- BURKOM, H. *et al.* Electronic surveillance system for the early notification of community-based epidemics (essence): overview, components, and public health applications. **JMIR Public Health and Surveillance**, v. 7, n. 6, p. e26303, 2021.
- CARUCCIO, L.; DEUFEMIA, V.; POLESE, G. Visualization of (multimedia) dependencies from big data. **Multimedia Tools and Applications**, v. 78, p. 33151–33167, 2019.
- CHU, A. M. Y. *et al.* Analyzing cross-country pandemic connectedness during covid-19 using a spatial-temporal database: Network analysis. **JMIR Public Health and Surveillance**, v. 7, n. 3, p. e27317, 2021.
- COSTA, M. N.; MILEU, N.; ALVES, A. Multiscalar spatio-temporal monitoring of the covid-19 pandemic in portugal. **Future Internet**, v. 13, n. 2, p. 45, 2021.
- DUARTE, I. *et al.* Spatiotemporal evolution of covid-19 in portugal's mainland with self-organizing maps. **International Journal of Health Geographics**, v. 22, n. 1, p. 1–18, 2023.
- FIELD, E.; DYDA, A.; LAU, C. L. Covid-19 real-time information system for preparedness and epidemic response (crisper). **The Medical Journal of Australia**, v. 214, n. 8, p. 386–386.e1, 2021.
- FRANCESCHI, V. B. *et al.* Genomic epidemiology of sars-cov-2 in esteio, rio grande do sul, brazil. **BMC Genomics**, v. 22, n. 1, p. 371, 2021.
- GANESAN, S.; SUBRAMANI, D. Spatio-temporal predictive modeling framework for infectious disease spread. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 6741, 2021.
- GÓMEZ-EXPÓSITO, A.; ROSENDO-MACÍAS, J. A.; GONZÁLEZ-CAGIGAL, M. A. Monitoring and tracking the evolution of a viral epidemic through nonlinear kalman filtering: Application to the covid-19 case. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, v. 26, n. 4, p. 1441–1452, 2021.
- GUO, X. *et al.* Modeling the external, internal, and multi-center transmission of infectious diseases: the covid-19 case. **Journal of Social Computing**, v. 3, n. 2, p. 171–181, 2022.
- HALL, E. W. *et al.* County-level variation in hepatitis c virus mortality and trends in the united states, 2005–2017. **Hepatology**, v. 74, n. 2, p. 582–590, 2021.
- HE, J. *et al.* Variable-based spatiotemporal trajectory data visualization illustrated. **IEEE Access**, v. 7, p. 143646–143672, 2019.
- JIANG, B. *et al.* Interactive analysis of epidemic situations based on a spatiotemporal information knowledge graph of covid-19. **IEEE ACCESS**, v. 10, p. 46782–46795, 2020.
- JIAO, J. T. I. *et al.* A novel early warning model for hand, foot and mouth disease prediction based on a graph convolutional network. **Biomedical and Environmental Sciences**, v. 35, n. 6, p. 494–503, 2022.
- KALA, A. K.; ATKINSON, S. F.; TIWARI, C. Exploring the socio-economic and environmental components of infectious diseases using multivariate geovisualization: West nile virus. **PeerJ**, v. 8, p. e9577, 2020.
- KHALIQUE, F.; KHAN, S. A. Multiple disease hotspot mining for public health informatics in resource starved settings: study of communicable diseases in punjab, pakistan. **IEEE Access**, v. 9, p. 89989–89998, 2021.
- KITCHENHAM, B. *et al.* Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. **Information and Software Technology**, v. 51, n. 1, p. 7–15, 2009.
- KOCH, T. Knowing its place: mapping as medical investigation. **The Lancet**, v. 379, n. 9819, p. 887–888, 2012.
- KRONENFELD, B. J.; YOO, K. i. Effectiveness of animated choropleth and proportional symbol cartograms for epidemiological dashboards. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 51, n. 2, p. 330–346, 2024.
- KUZDEUOV, A. *et al.* A particle-based covid-19 simulator with contact tracing and testing. **IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology**, v. 2, p. 111–117, 2021.
- LEDUC, T.; TOURRE, V.; SERVIÈRES, M. The space-time cube as an effective way of representing and analysing the streetscape along a pedestrian route in an urban environment. *In: SHS Web of Conferences*. Online: EDP Sciences, 2019. p. 03005.
- LUAN, H.; RANSOME, Y. County-level spatiotemporal patterns of new hiv diagnoses and pre-exposure prophylaxis (prep) use in mississippi, 2014–2018: A bayesian analysis of publicly accessible censored data. **Annals of the American Association of Geographers**, v. 113, n. 1, p. 129–148, 2023.
- MARCILIO-JR, W. E. *et al.* Visual analytics of covid-19 dissemination in são paulo state, brazil. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 117, p. 103753, 2021.
- MEDEIROS, J. A. R. *et al.* Spatiotemporal dynamics of syphilis in pregnant women and congenital syphilis in the state of são paulo, brazil. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 585, 2022.
- MILANO, M.; ZUCCO, C.; CANNATARO, M. Covid-19 community temporal visualizer: A new methodology for the network-based analysis and visualization of covid-19 data. **Network Modeling Analysis in Health Informatics and Bioinformatics**, v. 10, p. 1–38, 2021.
- MO, C. *et al.* An analysis of spatiotemporal pattern for covid-19 in china based on space-time cube. **Journal of Medical Virology**, v. 92, n. 9, p. 1587–1595, 2020.
- MOHAMMADEBRAHIMI, S. *et al.* Epidemiological characteristics and initial spatiotemporal visualisation of covid-19 in a major city in the middle east. **BMC Public Health**, v. 21, n. 1, p. 1–18, 2021.
- MYER, M. H.; JOHNSTON, J. M. Spatiotemporal bayesian modeling of west nile virus: Identifying risk of infection in mosquitoes with local-scale predictors. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 2818–2829, 2019.
- NARAYAN, K. A.; NAYAK, M. S. D. P. Need for interactive data visualization in public health practice: examples from india. **International Journal of Preventive Medicine**, v. 12, n. 1, p. 16, 2021.

- NGAI, S. *et al.* Built by epidemiologists for epidemiologists: an internal covid-19 dashboard for real-time situational awareness in new york city. **JAMIA Open**, v. 5, n. 2, p. ooac029, 2022.
- NIU, R. *et al.* Modeling the covid-19 pandemic using an seihir model with human migration. **IEEE Access**, v. 8, p. 195503–195514, 2020.
- NORTON, A. *et al.* Are at-risk sociodemographic attributes stable across covid-19 transmission waves? **Spatial and Spatio-temporal Epidemiology**, v. 45, p. 100586, 2023.
- ONDRIKOVA, N. *et al.* Predicting norovirus in england using existing and emerging syndromic data: Infodemiology study. **Journal of Medical Internet Research**, v. 25, p. e37540, 2023.
- PANG, M.-F. *et al.* Spatiotemporal visualization for the global covid-19 surveillance by balloon chart. **Infectious Diseases of Poverty**, v. 10, p. 1–8, 2021.
- PARPIA, A. S. *et al.* Spatio-temporal dynamics of measles outbreaks in cameroon. **Annals of Epidemiology**, v. 42, p. 64–72.e3, 2020.
- RAMÍREZ, I. J.; LEE, J. Covid-19 emergence and social and health determinants in colorado: a rapid spatial analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 11, p. 3856, 2020.
- SHI, Q. *et al.* Covid-19 variant surveillance and social determinants in central massachusetts: Development study. **JMIR Formative Research**, v. 6, n. 6, p. e37858, 2022.
- SULLIVAN, P. S. *et al.* A data visualization and dissemination resource to support hiv prevention and care at the local level: analysis and uses of the aidsvu public data resource. **Journal of Medical Internet Research**, v. 22, n. 10, p. e23173, 2020.
- SUPRIATNA, F. Z. *et al.* Communicating the high susceptible zone of covid-19 and its exposure to population number through a web-gis dashboard for indonesia cases. **International Journal of Technology**, v. 13, n. 4, p. 706–716, 2022.
- VÖGTLE, F. *et al.* A collaborative platform supporting distributed teams in visualization and analysis of infectious disease data. In: **2022 IEEE 10th International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)**. [S.l.]: IEEE, 2022. p. 226–232.
- WANG, J.-L. *et al.* Epidemiological characteristics of imported respiratory infectious diseases in china, 2014–2018. **Infectious Diseases of Poverty**, v. 11, n. 2, p. 63–71, 2022.
- WU, J. T.; LEUNG, K.; LEUNG, G. M. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-ncov outbreak originating in wuhan, china: a modelling study. **The Lancet**, v. 395, n. 10225, p. 689–697, 2020.
- ZAÇAJ, O. *et al.* Comparative approach of tracking covid-19 in balkan countries using interactive web-based dashboard. **Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases**, v. 2022, n. 6, 2022.
- ZHAN, C. *et al.* Comparative study of covid-19 pandemic progressions in 175 regions in australia, canada, italy, japan, spain, uk and usa using a novel model that considers testing capacity and deficiency in confirming infected cases. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, v. 25, n. 8, p. 2836–2847, 2021.
- ZHOU, C. *et al.* Covid-19: challenges to gis with big data. **Geography and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 77–87, 2020.