

## Geotecnologias, sistemas de informação geográfica e suas aplicações na Geografia da saúde

### Geotechnologies, geographic information systems and their applications in health Geography

Jeferson Emanuel de Lemos<sup>1</sup>  
Suliman Sady de Souza<sup>2</sup>  
Renilson Pinto da Silva Ramos<sup>3</sup>  
Eduardo Rodrigues Viana de Lima<sup>4</sup>

97

**Resumo:** As geotecnologias passaram a se destacar a partir de meados do século XX, principalmente durante a Guerra Fria, e hoje têm espaço em vários campos do conhecimento científico, inclusive na área da saúde, a qual será ressaltada neste trabalho. Foi realizada uma breve revisão teórica sobre as geotecnologias, com foco na descrição dos Sistemas de Informação Geográfica, que foi o ponto central das análises e discussões realizadas ao longo do trabalho. Por se tratar de um trabalho de caráter teórico, foram realizadas discussões embasadas em vários autores, os quais tratam das geotecnologias, dos SIGs e da utilização no campo da saúde e da geografia da saúde. Os principais resultados revelam que as geotecnologias e os SIGs são poderosas ferramentas que podem e têm contribuído para a análise espacial/geográfica e para as tomadas de decisão relacionadas à saúde.

**Palavras-chave:** Geotecnologias; Sistemas de Informação Geográfica; Geografia da Saúde. Análise Espacial.

**Abstract:** Geotechnologies began to stand out from the mid-20th century, particularly during the Cold War, and today they have a presence in various fields of scientific knowledge,

<sup>1</sup>Doutorando, Universidade Estadual do Ceará (UECE), Campus Fortaleza, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Itaperi, Fortaleza - CE, 60714-903, ORCID: 0000-0001-6913-4566, E-mail: [jefersonlemos88@gmail.com](mailto:jefersonlemos88@gmail.com)

<sup>2</sup>Doutorando, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Natal, Campus Universitário - Lagoa Nova, Natal - RN, 59078-970, ORCID: 0009-0002-3702-325X, E-mail: [sulimansady@gmail.com](mailto:sulimansady@gmail.com)

<sup>3</sup>Doutorando, Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus Fortaleza, Av. da Universidade, 2853 - Benfica, Fortaleza - CE, 60020-181, ORCID: 0000-0003-3209-514X, E-mail: [renilsonramos22@gmail.com](mailto:renilsonramos22@gmail.com)

<sup>4</sup>Doutor, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus João Pessoa, Cidade Universitária - João Pessoa - PB, 58051-900, ORCID: 0000-0003-1116-9090, E-mail: [eduvianalima@gmail.com](mailto:eduvianalima@gmail.com)

Recebido em 07/03/2024

Aprovado em: 07/07/2024

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



including the health sector, which will be emphasized in this work. A brief theoretical review of geotechnologies was conducted, with a focus on the description of Geographic Information Systems (GIS), which was the central point of the analyses and discussions throughout the study. As this is a theoretical work, discussions were based on various authors who address geotechnologies, GIS, and their use in the fields of health and health geography. The main findings reveal that geotechnologies and GIS are powerful tools that can and have contributed to spatial/geographic analysis and decision-making related to health.

**Keywords:** Geotechnologies; Geographic Information Systems; Health Geography; Spatial Analysis.

## 1 Introdução

O século XX foi marcado por confrontos bélicos e ideológicos entre muitos países durante as duas grandes guerras e, também, pelas potências que surgiram após a Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos da América e União Soviética. Nesse contexto, as geotecnologias começaram a evoluir e ganhar destaque a partir de meados do século XX, pois contribuía para conhecer melhor tanto o território do país que desenvolveu determinada ferramenta/técnica e seus aliados, quanto dos países inimigos, sobretudo devido ao contexto da Guerra Fria e das corridas espacial, armamentista e tecnológica engendradas pelas duas potências supracitadas.

Com o passar das décadas as geotecnologias ganharam cada vez mais espaço no âmbito das atividades ligadas à sociedade civil e à academia, e isso fez com que atualmente, as ferramentas e os dados que são gerados a partir do uso dessas, sejam utilizados (além da Geografia) nas mais variadas áreas do conhecimento, como Ciências Ambientais, Engenharias, Marketing etc. Neste trabalho pretende-se realizar uma revisão a respeito dessas ferramentas (geotecnologias) e do seu emprego na análise espacial, sobretudo na área da saúde, a qual se convencionou chamar de Geografia da Saúde ou Geografia Médica.

Para tanto, o trabalho está dividido em três seções, as quais contribuem para alcançar o objetivo ora pretendido, são elas: Revisão de literatura; Procedimentos metodológicos; e Resultados e discussão.

## 2 Revisão de Literatura

As geotecnologias podem ser caracterizadas como a soma ou o conjunto de técnicas e tecnologias para coleta, processamento, armazenamento, análise e elaboração de informação com referência e conteúdo geográficos, que envolvem *hardwares*, *softwares* e *peopleware*, as

quais, trabalhando de maneira conjunta, são ferramentas importantes para auxiliar nas tomadas de decisão (ROSA, 2011).

As geotecnologias mais comuns hoje em dia, e que merecem ser destacadas justamente pelo seu alto número de “adeptos”, são: os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs); o sensoriamento remoto; a cartografia digital; o sistema de posicionamento global (GPS); e a topografia georreferenciada (NOVO, 2000; ROSA, 2011).

Essas ferramentas têm contribuído para que se realizem monitoramentos ambientais e urbanos constantes, como o acompanhamento das queimadas florestais e de áreas de risco nas pequenas e grandes cidades, bem como para a melhoria em diversas áreas, como nos serviços públicos de saneamento, saúde, energia elétrica, telefonia, telecomunicações, além de auxiliar no deslocamento das pessoas em roteiros desconhecidos, através do serviço de GPS instalados em celulares e automóveis, por exemplo – vale lembrar que o GPS (Global Positioning System), que é estadunidense, é apenas um dentre outros sistemas de posicionamento por satélite, como o Glonass (russo), o Galileu (europeu), o Compass (chinês), o QZSS (japonês) e o IRNSS (indiano), mas o mais utilizado no Brasil ainda é o GPS (RAFFO, 2011).

Para que seja atingido um dos objetivos deste trabalho, na subseção a seguir serão detalhadas as características essenciais dos sistemas de informação geográfica, o que ajudará no entendimento da relação desses sistemas e da sua contribuição para as análises espaciais relacionadas à saúde.

### **Sistemas de informação geográfica**

Os sistemas de informação geográfica (SIG) são uma das principais técnicas utilizadas pelos pesquisadores para auxiliar nas tomadas de decisão que envolvem a análise integrada do espaço. Quanto a definição, são várias as empregadas para caracterizar o que seria um SIG, isso acontece devido a diversidade de áreas do conhecimento que passaram a ter relações mais estreitas com os SIGs (KAWAKUBO; MORATO; MACHADO, 2011).

Mas, para simplificar e resumir, o SIG pode ser retratado como um conjunto de técnicas que tem por objetivo colecionar, armazenar, recuperar, transformar e apresentar dados espaciais (BURROUGH, 1986). Ou seja, uma das vantagens do SIG é que ele permite que o usuário integre no seu ambiente informações geográficas de diferentes fontes de dados, como as imagens de satélite, fotografias aéreas, mapas etc. (KAWAKUBO; MORATO; MACHADO, 2011).

Isso permite descrever e fazer prognósticos sobre os padrões e processos que ocorrem no espaço geográfico, pois a análise espacial pode contribuir, por exemplo, para as tomadas de decisão que venham a evitar a formação de padrões caóticos indesejados nos sistemas analisados (LONGLEY et al., 2007; LIMA, 2015; LEMOS; SOUZA; DINIZ, 2020).

Quanto a arquitetura geral de um SIG, suas partes constituintes são: 1) interface com o usuário; 2) entrada/*input* e integração de dados; 3) funções de processamento; 4) visualização e plotagem; 5) armazenamento e recuperação de dados (CÂMARA et al., 1996).

Com um SIG podem ser realizadas as mais variadas operações, através de linhas de comando ou do **menu de interação** do software (a interface baseada em menus é a mais utilizada atualmente devido a facilidade que oferece aos operadores).

A **entrada dos dados**, por exemplo, pode ser feita de muitas maneiras, através da digitalização de mapas analógicos, vetorização de mapas, importação de arquivos de diferentes formatos, como as fotografias aéreas e cartas topográficas etc. Para os arquivos de linhas, pontos e polígonos o formato mais comum é o *Shapefile*, que foi desenvolvido para trabalhar especificamente com SIG, e é composto por três arquivos com referências geográficas primárias, outro que armazena os atributos de cada entidade gráfica e ainda por outro que é responsável pela ligação da entidade gráfica com os atributos. Para as imagens georreferenciadas, o principal formato é o GeoTIFF, o qual permite justapor informações das coordenadas geográficas (projeções cartográficas, sistema de coordenadas, elipsoides e *datums*) em um arquivo TIFF (CÂMARA et al., 1996; KAWAKUBO; MORATO; MACHADO, 2011).

As **funções de processamento** vão desde operações mais simples, como a consulta a bancos de dados, até as mais complexas, com uso de modelos matemáticos de simulação, e por técnicas de processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, que servem, por exemplo, para classificar, modelar digitalmente o terreno, analisar fluxos, realizar álgebra de mapas etc. (CÂMARA et al., 1996; KAWAKUBO; MORATO; MACHADO, 2011).

A **visualização e a plotagem** servem para visualizar os resultados e para elaborar o *layout* do mapa a ser impresso, com informações que são indispensáveis para que seja devidamente compreendido, como a escala, a legenda, as coordenadas etc. (CÂMARA et al., 1996; KAWAKUBO; MORATO; MACHADO, 2011).

Todas essas fases que foram descritas nos parágrafos acima se relacionam e os dados são mantidos no banco de dados geográficos, o que facilita o processo de **armazenamento e recuperação de dados**. O mais comum é que o SIG conserve os dados geográficos em arquivos dentro do próprio software, mas é cada vez maior o uso de Sistemas Gerenciadores de Bancos

de Dados, conhecidos como SGBD (CÂMARA et al., 1996; KAWAKUBO; MORATO; MACHADO, 2011).

Dessa forma, pode-se notar que os SIGs são sistemas que possibilitam e permitem a manipulação de dados e entidades geométricas, os quais detêm conteúdos espaciais, ou seja, geográficos, o que viabiliza que se realizem operações geométricas e estatístico-matemáticas para identificar e analisar os mais variados fenômenos espaciais/geográficos (LIMA, 2015).

Contudo, para o uso dos SIGs e das técnicas de análise espacial, é importante que o pesquisador possua algumas habilidades: 1) dominar conceitos espaciais básicos como distribuição, localização, padrão, associação, hierarquia, redes e forma; 2) orientar espacialmente o pensamento, com o objetivo de intuir, observar, definir, associar, comparar e interpolar eventos espaciais; 3) entender de que maneira os eventos espaciais ocorrem ou arranjam-se no espaço; 4) decifrar as relações espaciais existentes entre pessoas, lugares e ambientes (NYERGES; GOLLEDGE, 1987; FERREIRA, 2014). Para tanto, essas habilidades devem ser empregadas em estudos que envolvam fenômenos com características geográficas e espaciais.

Mais recentemente, com o crescimento do poder computacional dos processadores, assim como o da disponibilidade de dados alfanuméricos e espaciais, foi possível realizar a aplicação do chamado Aprendizado de Máquina, no uso do geoprocessamento. O aprendizado de máquina seria a capacidade de máquinas aprenderem a partir de dados previamente inseridos no sistema (MERGHADI et al., 2020; GRESSE VON WANGENHEIM et al., 2021).

### 3 Procedimentos Metodológicos

Por ser um artigo de cunho teórico e de revisão de literatura, a primeira etapa do trabalho constou de pesquisa bibliográfica a respeito dos temas elencados; Foi realizada uma pesquisa bibliométrica dos trabalhos envolvidos ao estudo de mapeamento da saúde com o uso de geoprocessamento; Após isso foi realizada a criação de um banco de dados com os textos analisados, nele estão contidos: Artigos publicados em periódicos, Livros, Dissertações, teses e notas técnicas a respeito da temática; Se exigiu que fosse realizada uma triagem desses textos, nos quais os que mais tinham conexão com a ideia proposta foram mantidos como possíveis referências.

Logo após se realizou o estudo do material, algumas imagens e dados foram separadas e posteriormente, a partir das reflexões realizadas após a leitura dos materiais, foram feitas algumas considerações sobre aplicações, com base em alguns autores selecionados, presentes

nas reflexões e nas referências ao longo de todo o texto, os quais têm abordado e debatido sobre os temas em destaque com maior profundidade e há bastante tempo. Seguindo assim uma sequência de procedimentos semelhantes o realizados por Hino et al., (2006) e Flauzino, Santos e Oliveira (2009).

#### 4 Resultados e Discussão

A relação entre SIG e Medicina é antiga e remonta a meados do século XIX, inclusive, é provável que a primeira análise espacial tenha sido realizada pelo Dr. John Snow (1999), em 1854, que ligou os casos de cólera em Londres com a distribuição dos poços de água ao redor da cidade. Naquele período, a causa da morte por essa doença ainda era desconhecida. Através da análise de um mapa categorizado que localizava as residências das pessoas que haviam morrido em decorrência da patologia e os poços de água que abasteciam a cidade, o Dr. Snow constatou que a maior parte dos óbitos ocorria nos arredores do poço da *Broad Street* (Figura 1) (KAWAKUBO; MORATO; MACHADO, 2011).

Figura 1 - Mapa de Londres com mortes por cólera (▬▬▬▬) e poços de água (●).



Fonte: adaptado de Tufte (1997).

Esse mapa revelou uma forte ligação/associação entre os casos de cólera e a proximidade com a bomba d'água da *Broad Street* se comparada com as demais fontes dos arredores, que não possuíam casos da doença. Além disso, contribuiu para futuras pesquisas que ajudaram a aprimorar a análise de dados espaciais relacionados à saúde pública.

Ainda hoje, uma das aplicações mais relevantes das geotecnologias é na relação entre ambiente e saúde, visto que essas ferramentas condicionam a criação e o desenvolvimento de técnicas de análise nas quais a localização geográfica é aspecto primordial para caracterização do quadro de saúde (CARVALHO, 1997; BORGES; MORAES, 2001; SOUZA; UBERTI; TASSINARI, 2020; SANTOS; RIBEIRO, 2022). Isso tem sido feito ao longo dos anos, pois as pesquisas de ocorrência de doenças tendo como referência sua localização espacial, são bastante difundidas, sobretudo quando as possíveis causas estão relacionadas ao ambiente, à utilização de serviços de saúde ou à análise comportamental dos usuários dos sistemas de saúde (STIMSON, 1980; BORGES; MORAES, 2001; OLIVEIRA et al., 2023).

Para demonstrar as afirmações acima, nos parágrafos a seguir serão destacados alguns trabalhos nos quais foram realizadas análises espaciais relacionadas à saúde com o apoio de SIGs.

Dias, Dias e Nobre (2005), por exemplo, serviram-se da ajuda do SIG para determinar a localização/distribuição espacial da hanseníase nos bairros de Mossoró-RN, para buscar entender melhor a endemia nessa cidade. Posteriormente ao mapeamento e à identificação das localidades com maior número de casos, foram realizadas campanhas para diagnosticar as pessoas e chegar a um número o mais fidedigno possível da realidade. Com essa ação, foram diagnosticados 30 novos casos em apenas uma semana de campanha.

Almeida et al. (2009) utilizaram em conjunto dados sobre a notificação da malária, contidos no Sistema de Informação sobre Agravos Notificados (SINAN), e as tecnologias dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com o intuito de evidenciar a empregabilidade do SIG como gerador de informações em saúde. A partir dos dados referentes à malária, do período de 1999 a 2005 no Município de Vitória-ES, foram gerados mapas com números de casos para os períodos seco e chuvoso, visto que essa doença possui veiculação hídrica. Dessa forma, foi possível conhecer a distribuição espacial da malária, analisar, discutir, apontar as possíveis causas para as situações apresentadas.

Abreu e Leite (2010) analisaram as características e as especificidades da dengue na microrregião de Pirapora-MG, e, com o auxílio do SIG, identificaram as áreas com maior incidência, avaliaram e explicaram suas principais causas, e elaboraram mapas temáticos,

principalmente mapas coropléticos, através do cruzamento dos dados alfanuméricos cedidos pela Gerência Regional de Saúde da Macrorregião do Norte de Minas, com enfoque na Microrregião de Pirapora. Isso permitiu a obtenção de informações novas quanto à disseminação espacial da doença, e constatou-se que houve uma alteração no número de ocorrência de dengue.

Dominkovics et al., (2011) analisou a distribuição espacial de casos de tuberculose em Barcelona na Espanha, avaliando que dentro do recorte temporal aplicado (2009-2010) a maioria dos indivíduos identificados com essa doença eram portadores do Vírus HIV. Identificando no processo as áreas de concentração de disseminação dessa doença infecciosa e auxiliando o serviço público em aplicações de políticas de saúde.

Já Lopes et al., (2015) recorreram ao SIG para analisar a ocorrência de câncer em todo o estado de Santa Catarina por dois anos, entre dezembro de 2009 e dezembro de 2012. No SIG foi feita a integração de dados socioambientais com dados de câncer para todos os municípios do estado, o que permitiu a criação de um instrumento para análises espaciais. Através de mapas temáticos, foi possível visualizar diversas relações entre fatores geográficos e epidemiológicos do câncer. E, dessa maneira, a utilização do SIG permitiu a criação de uma ferramenta de apoio para a avaliação de riscos e tomadas de decisão na saúde pública do estado.

Souza, Uberti e Tassinari (2020), desenvolveu um estudo de áreas de risco à Leptospirose no mundo, no qual (com os dados disponíveis) o Brasil foi o local com mais nível de propensão a essa doença. Ferronato et al., (2021) mapeou o perfil genético dos portadores de hepatite C no estado do Paraná no Brasil, enquanto que Viana et al., (2022) usou o geoprocessamento para analisar a distribuição de casos de dengue no Brasil.

Santos (2020) avaliou que o geoprocessamento aliado a questões de saúde vai além unicamente de identificar e mapear doenças, mas também pode estar no cuidado prévio com a saúde do indivíduo. Ao desenvolver um estudo da distribuição espacial dos exercícios físicos em Dubai, mediante aos locais onde estão os principais espaços para que as pessoas executassem exercícios.

Recentemente, iniciando no final de 2019 na China, se iniciou a Pandemia do vírus SARS-CoV-2, que deu origem a doença respiratória Covid 19 (SANTOS JÚNIOR et al., 2020; MELIN et al., 2020). Sua alta taxa de transmissibilidade, unido com o peso das conexões internacionais proporcionadas pela globalização e por rápidas viagens internacionais resultou em uma intensa contaminação planetária da doença (QUINTELLA et al., 2020). Logo a utilização de geoprocessamento para tentar realizar o mapeamento e previsões de disseminação

do Covid 19 foi fortemente empregada nos anos seguintes, como em 2020, 2021 e 2022, ocorrendo o fim da crise internacional de saúde pública ocasionada por esse vírus apenas em 2023. Não apenas o mapeamento de casos da doença foi realizado, mas também o de recuperação, falecimentos e nível de aceitação da vacinação contra o SARS-CoV-2, como pode ser observado nas figuras 2, 3, 4 e 5, para a confecção dos mapas aqui supracitados foram utilizadas técnicas de aprendizagem de máquina para sua aplicação (SALLAM; SANAFI; SALLAM, 2022). Outros autores durante o pico da pandemia de covid 19 realizou projeções da distribuição espacial da doença por meio de diferentes territórios, nos EUA esse estudo foi realizado por Mollalo et al., (2020) e na Índia por Khan et al., (2021).

Figura 2 - Mapa de Confirmação de Casos de Covid 19.



Fonte: MELIN et al., 2020.

Figura 3 – Mapa de Recuperação de Covid 19.



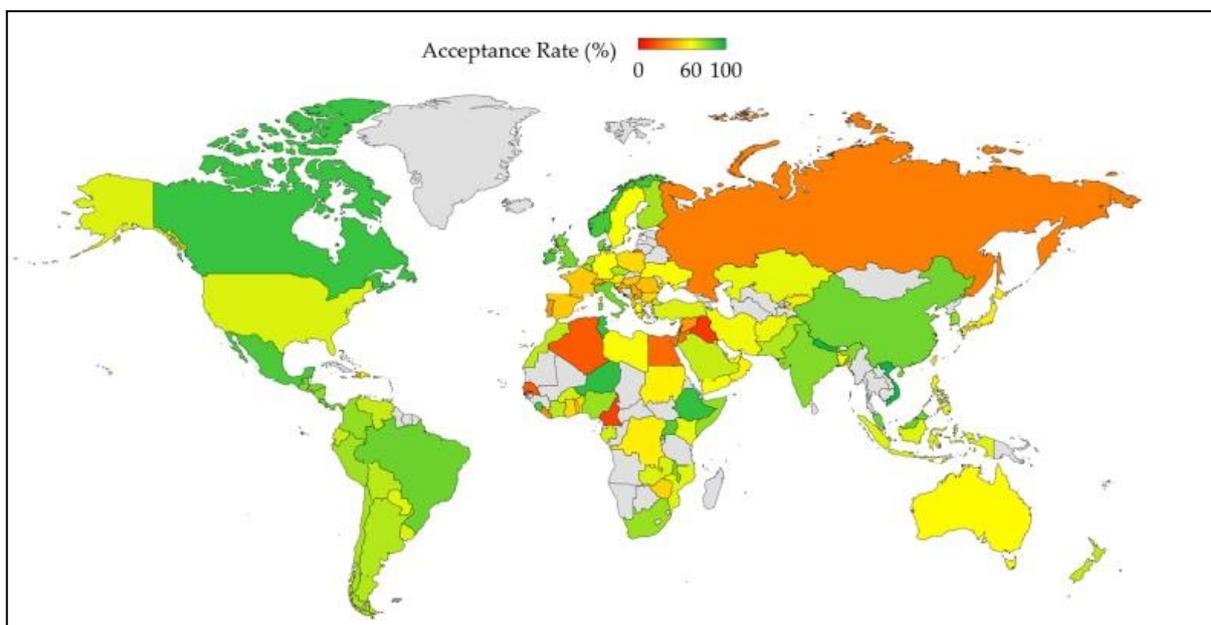
Fonte: MELIN et al., 2020.

Figura 4 – Mapa de Mortes Notificadas de Covid 19.



Fonte: MELIN et al., 2020.

Figura 5 – Mapa do Aceitamento da Vacina Contra Covid 19.



Fonte: SALLAM; SANAFI; SALLAM, 2022.

Recentemente outros autores foram além da predição de possíveis doenças com o uso de aprendizagem de máquina e SIG e se utilizaram dessas técnicas para prever como pode ocorrer a espacialização e distribuição da saúde pública em diferentes ambientes. Se utilizando

dados de acesso à saúde pública e alimentação das populações escolhidas (FLASH et al., 2021; BAO; LI, 2021; ALMALKI et al., 2021).

Através desta breve exposição de trabalhos onde SIGs foram utilizados, pode-se visualizar como essa ferramenta tem potencial, e é capaz de auxiliar nas análises geográficas/espaciais referentes à saúde e – a partir das análises realizadas – nas tomadas de decisão dos órgãos e gestores competentes.

## 5 Considerações Finais

A difusão de pesquisas que contam com o auxílio das geotecnologias para que sejam realizadas análises nas mais variadas temáticas e áreas do conhecimento, como a saúde, tem crescido consideravelmente. Isso ocorre devido a versatilidade que essas ferramentas possuem. Incluído nessa lista estão os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), os quais visam promover e facilitar o trabalho dos pesquisadores da saúde que têm o objetivo de realizar análises espaciais/geográficas para compreender melhor funcionam alguns fenômenos (uma doença, por exemplo) no recorte territorial selecionado, o qual pode ir do nível local, um determinado bairro ou município, até a escala global, vários países, continentes etc.

Estudos futuros, pautados em Sistemas de Informação Geográfica e outras geotecnologias, podem obter um melhor entendimento do funcionamento e das carências dos sistemas de saúde em determinado recorte territorial (independentemente da escala de análise), para que as medidas necessárias sejam adotadas e que se possa atender de forma adequada a população acometida ou suscetível ao acometimento de alguma doença ou moléstia. Atualmente, por exemplo, esforços estão sendo realizados diariamente no mundo inteiro para mapear, monitorar e disseminar as informações geográfico-epidemiológicas para entender a distribuição espacial e a contaminação pelo coronavírus (COVID-19) com o auxílio dos SIGs e das geotecnologias, como demonstram Santos Júnior et al. (2020), que realizaram um levantamento das principais geotecnologias aplicadas para o estudo dessa doença, a qual se tornou uma pandemia por se propagar por todas as regiões e países do mundo.

Para tanto, no contexto das ciências da saúde, a contribuição das geotecnologias, dentre elas os SIGs, torna-se fundamental, visto que a visualização da distribuição espacial/geográfica das doenças (que muitas vezes possuem relação com o quadro ambiental da localidade, como a falta de saneamento básico, por exemplo) auxilia nas tomadas de decisão para amenizar ou solucionar os problemas em questão.

## 6 Referências

- ABREU, K. K. R. C. DE; LEITE, M. E. Sistema de informação geográfica aplicado à distribuição do caso de dengue na microrregião de Pirapora - MG / GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM APPLIED TO THE DISTRIBUTION OF THE AFFECTION CASE IN MICRO REGION OF PIRAPORA - MG. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 5, n. 9, 2 fev. 2010.
- ALMALKI, A; GOKARAJU, B; MEHTA, N; DOSS, D A. Geospatial and Machine Learning Regression Techniques for Analyzing Food Access Impact on Health Issues in Sustainable Communities. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 10, n. 11, p. 745, 2021.
- ALMEIDA, R. D. DE; SANTOS, A. R. DOS; LOUZADA, F. L. R. DE O.; SANTOS, G. M. A. D. A. DOS. O uso de geotecnologias para o mapeamento da malária no município de Vitória - ES / THE USE OF GEOTECHNOLOGY FOR MAPPING OF THE MALARIA IN THE MUNICIPAL DISTRICT OF VITORIA - BRAZIL. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 5, n. 8, 4 out. 2009.
- BAO, Y; LI, H. Machine learning paradigm for structural health monitoring. **Structural Health Monitoring**, v. 20, n. 4, p. 1353-1372, 2021.
- BORGES, M. P. C.; MORAES, R. M. Análise espacial de dados de saúde pública. **Memórias II Congresso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica**, Habana, 2001, Mayo 23 al 25, 2001.
- BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon, 1986.
- CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação da UNICAMP, 1996.
- CARVALHO, M. S. Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco à saúde. – Rio de Janeiro: **Tese (doutorado)** – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Programa de Engenharia Biomédica, 1997.
- DOMINKOVICS, P.; GRANELL, C.; PÉREZ-NAVARRO, A.; CASALS, M.; ORCAU, À.; CAYLÀ, J. A. Development of spatial density maps based on geoprocessing web services: application to tuberculosis incidence in Barcelona, Spain. **International Journal of Health Geographics**, v. 10, n. 1, p. 1-14, 2011.
- DIAS, M. C. F. S; DIAS, G. H.; NOBRE, M. L. Distribuição espacial da hanseníase no município de Mossoró/RN, utilizando o Sistema de Informação Geográfica - SIG. **An. Bras. Dermatol.**, Rio de Janeiro, v. 80, supl. 3, p. S289-S294, Dec. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-05962005001000005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-05962005001000005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 26 jul. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0365-05962005001000005>.
- FERREIRA, M. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento**. São Paulo: Editora Unesp, 2014.

FERRONATTO, G. F.; DARONCO, A.; DA SILVA RIGON, B. G.; DAGA, M. A.; DOS SANTOS, E. B. Caracterização clínica, geoprocessamento e perfil genotípico dos pacientes portadores de hepatite C admitidos na 20ª Regional de Saúde do Estado do Paraná. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, 2021.

FLAH, M.; NUNEZ, I.; BEN, W. C.; NEHDI, M. L. Machine learning algorithms in civil structural health monitoring: A systematic review. **Archives of Computational Methods in Engineering**, v. 28, p. 2621-2643, 2021.

FLAUZINO, R. F.; SOUZA-SANTOS, R.; OLIVEIRA, R. M. Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais: um estudo de revisão. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 25, n. 5, p. 456-461, 2009.

GRESSE VON WANGENHEIM, C.; HAUCK, J. C.; PACHECO, F. S.; BERTONCELI BUENO, M. F. Visual tools for teaching machine learning in K-12: A ten-year systematic mapping. **Education and Information Technologies**, v. 26, n. 5, p. 5733-5778, 2021.

HINO, P.; VILLA, T. C. S.; SASSAKI, C. M.; NOGUEIRA, J. D. A.; SANTOS, C. B. Geoprocessing in health area. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 14, p. 939-943, 2006.

KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; MACHADO, R. P. P. Sistema de Informação Geográfica. In: VENTURI, L. A. B. (organizador). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. – São Paulo: Editora Sarandi, 2011. p. 271-286.

KHAN, F. M.; KUMAR, A.; PUPPALA, H.; KUMAR, G.; GUPTA, R. Projecting the criticality of COVID-19 transmission in India using GIS and machine learning methods. **Journal of Safety Science and Resilience**, v. 2, n. 2, p. 50-62, 2021.

LEMOES, J. E. DE; SOUZA, B. I. DE; DINIZ, M. T. M. Sistemas, caos e o processo de desertificação no Semiárido Brasileiro: complexidade e interações. **Ateliê Geográfico**, v. 14, n. 1, p. 136-154, 21 abr. 2020.

LIMA, E. R. V. Análise espacial e sistemas de informação geográfica na Geografia. **Revista Equador**, v. 4, p. 29-47, 2015.

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographic information systems and science**. Chichester: John Wiley & Sons, 2007.

LOPES, V. B. D. B.; SILVA, E. DA; VOLC, S. M.; SEFRIN, S. R. G.; PERUCHI, J. A. M. UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA ANÁLISE DO CÂNCER EM SANTA CATARINA. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 11, n. 21, p. 153 - 173, 28 dez. 2015.

MERGHADI, A.; YUNUS, A. P.; DOU, J.; WHITELEY, J.; PHAM, B. T.; BUI, D. T.; AVTAR, R.; ABDERRAHMANE, B. Machine learning methods for landslide susceptibility studies: A comparative overview of algorithm performance. **Earth-Science Reviews**, v. 207, p. 103225, 2020.

MELIN, P.; MONICA, J. C.; SANCHEZ, D.; CASTILLO, O. Analysis of spatial spread relationships of coronavirus (COVID-19) pandemic in the world using self organizing maps. **Chaos, Solitons & Fractals**, v. 138, p. 109917, 2020.

MOLLALO, A.; VAHEDI, B.; BHATTARAI, S.; HOPKINS, L. C.; BANIK, S.; VAHEDI, B. Predicting the hotspots of age-adjusted mortality rates of lower respiratory infection across the

continental United States: Integration of GIS, spatial statistics and machine learning algorithms. **International Journal of Medical Informatics**, v. 142, p. 104248, 2020.

NYERGES, T. L.; GOLLEDGE, R. G. **Asking Geographic Questions**. NCGIA Core Curriculum in GIScience, Department of Geography, University of Santa Barbara, 1987.

NOVO, E. M. L. de M. Ambientes fluviais. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 219-247.

OLIVEIRA, M. E L; MELO, E. C; FAGUNDES, T. R; CRUZ, C. F. R; CREMER, E; SCHOLZE, A. R. Geoprocessing and spatial analysis related to tuberculosis/human immunodeficiency virus coinfection: an integrative review. **Advances in Nursing and Health**, v. 5, p. 1-18, 2023.

QUINTELLA, C. M.; DA MATA QUINTELLA, H.; PALMA, G. B.; DA SILVA, S. C. R.; SILVA, G. H. R. Coronavírus (SARS-COV-2) e COVID-19: mapeamento de testes clínicos. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 2, p. 397-397, 2020.

RAFFO, J. G. G. Técnicas de Localização e Georreferenciamento. In: VENTURI, L. A. B. (organizador). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. – São Paulo: Editora Sarandi, 2011. p. 255-270.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 30 abr. 2011.

SANTOS, L. J. M; AHMED, M. A. H. S; AL SHIBINI, A; MILLA, J. C; MILLA, A. C. Geoprocessing of grand parks in Dubai: managing Wellbeing from the urban public spaces to the leisure and sport environments. **Preprints**, 2020.

SALLAM, M; SANAFI, M; SALLAM, M. A global map of COVID-19 vaccine acceptance rates per country: an updated concise narrative review. **Journal of Multidisciplinary Healthcare**, p. 21-45, 2022.

SANTOS JÚNIOR, C. J. DOS; COSTA, P. J. M. DE S.; SILVA, J. V. DOS S.; SOUZA, A. K. P.; SILVA, J. P.; ROCHA, T. J. M. TECNOLOGIAS DIGITAIS E DE GEOPROCESSAMENTO APLICADAS AO MONITORAMENTO DA DOENÇA DE CORONAVÍRUS 2019 (COVID-19). **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, p. 1 - 10, 15 jun. 2020.

SANTOS SILVA, Y.; RODRIGUES, Z. M. R. Uso de Geoprocessamento nas análises de Geografia da Saúde. **Geoconexões Online**, v. 1, p. 189-199, 2022.

SNOW, J. **Sobre a maneira de transmissão do cólera**. São Paulo: Hucitec, 1999.

SOUZA, I. P. D. O.; UBERTI, M. S.; TASSINARI, W. D. S. Geoprocessing and spatial analysis for identifying leptospirosis risk areas: a systematic review. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 62, 2020.

STIMSON, R. J. Spatial aspects of epidemiological phenomena and of the provision and utilization of health care services in Australia: a review of methodological problems and empirical analysis. **Environment and Planning A**, v. 12, pp. 881-907, 1980.

TUFTE, E. R. **Visual and statistical thinking: Displays of evidence for making decisions**. Cheshire, CT: Graphics Press, 1997.

VIANA, A. M. A; GOMES, L. M. Q; CASTRO, S. P; PEREIRA, C. T. M; FEITOSA, A. L. P. M. Avaliação prospectiva sobre o uso de geoprocessamento no estudo de casos de dengue. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, 2022.