

AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL DOS CASOS DE DENGUE, CHIKUNGUNYA E ZIKA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE: UMA ANÁLISE BASEADA EM UNIDADES REGIONAIS DE SAÚDE

Diogo Felipe Santos de Moura ¹
Marcos César Ferreira ²

RESUMO

O objetivo deste artigo é avaliar a autocorrelação espacial das taxas de incidência de dengue, chikungunya e zika vírus nos 167 municípios do estado do Rio Grande do Norte, e distribuição dos aglomerados espaciais dos casos destas doenças em relação aos territórios das Unidades Regionais de Saúde Pública (URSAP) do estado. Foram utilizados dados sobre o número de casos prováveis da dengue, chikungunya e zika por município, população total do município, dados sobre saneamento e os arquivos vetoriais dos limites dos municípios. A análise espacial foi realizada com base em técnicas de matriz de vizinhança, taxa de suavização bayesiana empírica (EBS) e autocorrelação espacial, utilizando-se o software GeoDa v.1.20. Os resultados mostraram que as três arboviroses apresentaram autocorrelação positiva, com destaque para a dengue, que apresentou maior valor do Índice de Moran Local ($I=0,245$; $p=0,001$), seguida por zika ($I=0,151$, $p=0,01$) e chikungunya ($I=0,074$, $p=0,048$). As unidades regionais onde foram detectados aglomerados de municípios com altas taxas de incidência foram: URSAP III, IV e V (dengue) e URSAP V (chikungunya e zika).

Palavras-chave: Análise Espacial, Autocorrelação Espacial, Arbovirose, Rio Grande do Norte, Unidades Regionais de Saúde

ABSTRACT

The aim of this paper is to evaluate the spatial autocorrelation of dengue fever, chikungunya and zika virus incidence rates in the 167 municipalities of the state of Rio Grande do Norte, and the distribution of the spatial clusters of cases in relation to the State Regional Public Health Units territories (URSAP). Data on the number of probable cases of dengue, chikungunya and Zika per municipality, total population of the municipality, data on sanitation and vector files of the municipal boundaries were used. The spatial analysis was performed based on neighborhood matrix techniques, empirical Bayesian smoothing rate (EBS) and spatial autocorrelation, using the GeoDa v.1.20 software. The results showed that the three diseases presented positive autocorrelation. Local Moran Index values for dengue fever, zika and chikungunya were, respectively, $I=0.245$, $p=0.001$; $I=0,151$, $p=0,01$ and $I=0,074$, $p=0,048$. Clusters of municipalities with high incidence rates were detected in URSAP III, IV and V (dengue fever) and URSAP V (chikungunya and zika).

Keywords: Spatial Analysis, Moran Index, Autocorrelation, Arbovirus, Rio Grande do Norte.

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP-SP, d203561@dac.unicamp.br;

² Professo Livre-Docente, Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP-SP, macferre@unicamp.br;

A relação homem, natureza e doença pode ser pensada e pesquisada a luz da Geografia e Saúde - uma especialidade da ciência geográfica que utiliza seus arcabouços teóricos, conceituais e metodológicos, para análises espaciais que servem como instrumentos para a compreensão do processo saúde, doença e ambiente, para a administração da saúde pública, (BACELLOS, DUZAI e HANDSCHUMACHER, 2018). Entre os fenômenos geográficos relacionados à saúde, que merecem serem analisados sob esta abordagem estão as epidemias de dengue, chikungunya e zika. De acordo com Elmec, Bataiero e Cruz (2016), essas doenças são consideradas como arboviroses (*Arthropodborne vírus*); isto é, enfermidades transmitidas pela picada de artrópodes (insetos) hematófagos, como o *Aedes Aegypti* (KRYSTOSIK et al., 2017; MOCELIN et al., 2020). A transmissão da dengue no Brasil ocorreu a partir de 1986; já a zika e a chikungunya foram diagnosticadas somente a partir de 2014, tornando o país um epicentro destas doenças, com casos registrados em todas as regiões, inclusive no Rio Grande do Norte (RN) (SILVA, et al. 2021; BRASIL, 2017). Essas doenças estão presentes no Brasil e no mundo por causa do fator locacional zona climática intertropical e por conta das mudanças ambientais, climáticas, sociais, econômicas, urbanização desordenada, condições precárias do saneamento (CHIARAVALLLOTI, BARBOSA et al., 2006). Um outro fator é a habilidade de o vetor se adaptar e migrar para outras áreas (GUSMÃO, PATRIOTA e CARVALHO, 2019).

Existem três técnicas de análise espacial que podem ser utilizadas para a análise exploratória da autocorrelação espacial entre os casos de arboviroses. A primeira, é a construção de uma matriz de vizinhança de 1ª ordem. Conforme Anselin (2020a), esse tipo de matriz representa a contiguidade de unidades espaciais, ou seja, quando municípios compartilham um mesmo limite territorial (bordas e vértices em comum). A segunda técnica é a taxa de Suavização Bayesiana Empírica (EBS) (ANSELIN, 2018). A terceira é o Índice de Moran Local (LISA) univariado, que estima a autocorrelação espacial de uma única variável, em múltiplas áreas aglomeradas. (ANSELIN, 2020b; FERREIRA, 2014). Portanto, o LISA junto com a aplicação do EBS pode ser utilizado para mapear aglomerados com incidência de algum tipo de doença que apresentam autocorrelação espacial com unidades espaciais contíguas. Segundo Vieira (2009), a autocorrelação ocorre quando altos ou baixos valores de uma determinada variável aleatória tendem a se agrupar em determinadas áreas, gerando o processo de autocorrelação espacial positiva. Essa informação combinada, permite a classificação de locais significativos ($p < 0,05$ ou 95% de confiança), que apresentam aglomerados espaciais (*clusters*)

do tipo *High-High* (H-H), *Low-Low* (L-L), *High-Low* (H-L) e valores atípicos espaciais, como o *Low-High* (L-H) (ANSELIN, 2020b).

Com base no exposto acima, o objetivo deste trabalho é avaliar a existência de autocorrelação espacial das taxas de incidência de dengue, chikungunya e zika vírus, nos 167 municípios do Rio Grande do Norte, considerando-se a relação entre os aglomerados espaciais dos casos destas doenças e a territorialização das Unidades Regionais de Saúde Pública (URSAP) do mesmo estado. Feitosa e Dantas (2017) apontam que essa regionalização, dividida em sete unidades, foi criada em 2001 para supervisionar, coordenar e assessorar as políticas e os serviços de saúde pertencentes à Secretaria Estadual de Saúde e municípios sob sua jurisdição.

No período de 2016 e 2021 foram registrados 131.242 casos prováveis de dengue, 62.086 casos de chikungunya e 10.465 casos da zika vírus (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2022). Este artigo pretende identificar as URSAP e municípios do estado que apresentam maiores índices de autocorrelação espacial risco excessivo para estas três arboviroses com maiores, com base em dados do período de 2016 e 2021.

REVISÃO DA LITERATURA

Desde o início do século XXI a Geografia vem produzindo diversas pesquisas no âmbito da análise espacial dos casos das doenças dengue, chikungunya e zika. O objetivo desses estudos geográficos e epidemiológicos é entender o processo saúde-doença e suas relações com os fatores geográficos que estão distribuídos no espaço (KRYSTOSIK et al., 2017; WHITEMAN et al., 2018, CAUSA et al., 2020, MOCELIN et al., 2020).

Esse espaço geográfico - um conjunto indissociável, solidário e também contraditório - de sistemas de objetos naturais e antrópicos, e sistemas de ações (SANTOS, 2008), é estudado pela Geografia e Saúde através de conceitos e métodos que contribuem, justamente, na compreensão dos fenômenos espaciais que atuam sobre nos seguintes processos: saúde-doença-ambiente e doença-atenção básico à Saúde Pública (BACELLOS, DUZAI E HANDSCHUMACHER, 2018, P. 14-15). Com isso, entende-se que tanto a ciência geográfica quanto a sua abordagem da saúde, lidam com situações conflituosas, decorrentes da interferência na vida tanto do homem e da natureza quanto das interferências do homem na natureza (MENDONÇA. 2002, p. 134).

Nesse sentido, estudar as complexidades espaciais das relações sociedade-natureza através da Geografia e Saúde, é conseguir explicitar os problemas sociais, econômicos e de

urbana e rural (saneamento) que impactam diretamente na qualidade de vida e na saúde humana em uma determinada unidade espacial de análise. Segundo Moura (2020), através da aplicação conjunta dos métodos científicos da ciência geográfica e da saúde-epidemiológica, torna-se possível espacializar os hábitos de alimentação e higiênicos que uma pessoa pode ter no seu espaço de vivência (lugar); e as relações entre doença e ambiente, pelo fato da condição dos objetos técnicos do saneamento e de saúde pública que estão ou não distribuídos pelo território e nas regionais da saúde.

Com o advento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e um maior domínio dos métodos e técnicas de análise espacial por parte dos geógrafos que utilizam os softwares de geoprocessamento (FERREIRA, 2014), ficou mais simples montar grandes bases de dados para gerar informações e conseguir analisar e cartografar os dados não espaciais (por exemplo, renda, desemprego, notas, sexo) e os dados com localização espacial, como por exemplo, países, cidades, bairros, casas e doenças (GREKOUSIS, 2020a).

A análise espacial é uma coleção de métodos e técnicas que integra conceitos de localização, área e distância, que ajudam a analisar, investigar e explicar um contexto geográfico de padrões, ações ou comportamentos dos fenômenos no espaço (GREKOUSIS, 2020a). Para Anselin, a análise espacial é o estudo quantitativo dos fenômenos que se manifestam no espaço (ANSELIN, 1989).

Nesse estudo, será utilizada a unidades de área municipal para fazer as análises espaciais dos casos prováveis de dengue, chikungunya e zika, através da aplicação da taxa de incidência suavizada *Empirical Bayes* (EB), e do método de autocorrelação espacial denominado Índice de Moran Local Univariado. Segundo Grekousis (2020a), com a utilização dos dados de áreas, é possível agregar seus valores em unidades espaciais predefinidas (setores censitários ou municípios), que se comportam e interagem como os seus vizinhos mais próximos.

De acordo com Anselin (2018), a taxa suavizada EB consiste em calcular uma média ponderada entre a taxa bruta para cada município e a média do estado, com pesos proporcionais à população subjacente em risco. Para o autor, isso significa que pequenos municípios (ou seja, com uma pequena população em risco) tendem a ter suas taxas ajustadas consideravelmente, enquanto, para municípios maiores, os valores das taxas pouco serão alterados.

Após a descoberta, para cada unidade municipal, dos valores espaciais da taxa suavizada EB, é realizado uma análise dos eventos geográficos através da autocorrelação, o qual é definido por Ferreira (2014) como sendo o grau de organização espacial de uma variável geográfica em uma área ou região. Ou pode ser considerado também o grau de associação, correlação ou dependência espacial (objetos que em uma vizinhança tendem a ter mais semelhanças e

interações do que aqueles que estão mais longe) entre o valor de observação de uma entidade espacial e os valores de observações vizinhas da mesma variável (GREKOUSIS, 2020c).

Dessa maneira, o Índice de Moran é um método estatístico de análise exploratória de dados espaciais mais comumente utilizado nos estudos que aplicam a autocorrelação espacial global e local (ANSELIN, 2020b). A técnica de autocorreção utilizada nesta pesquisa foi o Indicador Local de Associação Espacial (LISA) ou Moran Local, que segundo Anselin (1995), é uma forma de identificar aglomerados e outliers espaciais locais, fornecendo uma estatística para cada local com uma avaliação de significância e, também, estabelecendo uma relação proporcional entre a soma das estatísticas locais e global correspondente.

Anselin (2020b) afirma que o LISA gera como resultado os aglomerados espaciais, os quais deverão apresentar um nível de significância menor ou igual a 0,05 (5%) para ter uma autocorrelação espacial positiva.

Portanto, os aglomerados identificados pela técnica LISA apresentam autocorrelação espacial significativa quando unidades vizinhas estiverem próximas de unidades vizinhas que apresentam valores muito próximos de indicadores ou determinantes geográficos. E indicadores, ou elementos naturais e antrópicos, podem ser analisados pelos geógrafos em uma técnica estatística são: “os homens, as firmas, as instituições, o meio ecológico e as infraestruturas” (SANTOS, 1985, p.6).

Essas categorias de análise do espaço geográfico, de acordo com Moura (2020), são definidas da seguinte maneira: os homens, são as pessoas que adquirem as doenças, geram os resíduos sólidos e os esgotos presentes no lugar, como também, utilizam e gerenciam os serviços de saúde e de saneamento básico. As firmas consistem nas empresas e concessionárias que prestam e gerenciam os serviços do saneamento, como as Companhia de Água e Esgoto, e as Secretarias Municipais de Saúde. O meio ecológico engloba a água consumida pela população e que também está presente nos esgotos gerados nas residências, e os demais elementos da natureza; e a infraestrutura, refere-se aos objetos técnicos que compõem os sistemas de esgotamento sanitário (rede coletora de esgoto), abastecimento de água (Estação de Tratamento de Esgoto), coleta de resíduos sólidos (residências produtoras de lixo), drenagem urbana (lagoas de captação de água), às residências (as quais podem apresentar materiais e condições que podem interferir na saúde humana), e o sistema de saúde (que contém as unidades de saúde).

Diante disso, todos esses indicadores geográficos podem ser pesquisados através da análise de dados espaciais, o qual ajuda os gestores públicos da saúde a compreenderem os processos de saúde, doença e ambiente. Porém, deve-se deixar claro que os elementos

arranjados no espaço são uno e múltiplo, aberto a múltiplas conexões que podem ser observados pelos geógrafos por meio de diferentes conceitos da ciência geográfica (SUERTEGARAY, 2005), tais como o de região, por exemplo (GUIMARÃES, 2015).

A Geografia clássica concebeu região como síntese das relações entre homem e natureza, cabendo à ciência geográfica estudar as diferenças regionais (sendo ela própria o objeto da Geografia), ou regionalizar (delimitar) espaços através da diferenciação dos fenômenos (SUERTEGARAY, 2005).

A concepção de região adquire significados múltiplos. O conceito de região pode ser compreendido no espaço como proposição política, expressão de uma forma de espacialização do trabalho e espaço identitário dos grupos sociais que se consolida nos regionalismos, e que se expressa pelo hibridismo político, econômico e cultural (SUERTEGARAY, 2005).

Guimarães (2015) traz a discussão do conceito de região na concepção político-administrativa e cultural. A primeira compreende a região como unidade de planejamento ou um recorte territorial estabelecido pelos gestores para a intervenção na realidade local. A segunda aborda esse conceito geográfico como sendo histórico, resultado das múltiplas determinações da vida social.

Nessa pesquisa de autocorrelação espacial das arboviroses nas regionais da saúde, será considerado o conceito de região como uma unidade de planejamento regional para a gestão da saúde pública do estado do Rio Grande do Norte. Esse conceito está em consonância com as proposições teóricas de regionalização descritas na Portaria Nº 373, de 27 de fevereiro de 2002, que discute a Norma Operacional da Assistência à Saúde 01/2002 - NOAS-SUS 01/02 (BRASIL, 2002). Essa norma está baseada no Artigo 198 da Constituição Federal de 1988, o qual afirma que as ações e serviços públicos de saúde integram uma rede regionalizada e hierarquizada que segue as diretrizes de descentralização com direção única em cada esfera de governo (BRASIL, 1988).

A partir disso, no campo do planejamento das políticas brasileiras de saúde, a regionalização é um processo de delimitação que deverá contemplar uma lógica de planejamento integrado, compreendendo as noções de territorialidade, na identificação de prioridades de intervenção e de conformação de sistemas funcionais de saúde, não necessariamente restritos à abrangência municipal, mas respeitando seus limites como unidade indivisível, de forma a garantir o acesso dos cidadãos a todas as ações e serviços necessários para a resolução de seus problemas de saúde, otimizando os recursos disponíveis (BRASIL, 2002).



Uma análise espacial regionalização é o agrupamento de muitos objetos espaciais em um menor número de aglomerados homogêneos que também ocupam regiões contíguas no espaço (ASSUNÇÃO et al, 2006).

Do ponto de vista do ordenamento do território e da política, a regionalização é um processo importante, onde bairros, setores censitários, códigos postais, distritos ou municípios são agrupados para formar regiões homogêneas mais amplas que as políticas relacionadas a questões sociais, educacionais, de saúde, ambientais ou financeiras são aplicadas (GREKOUSIS, 2020).

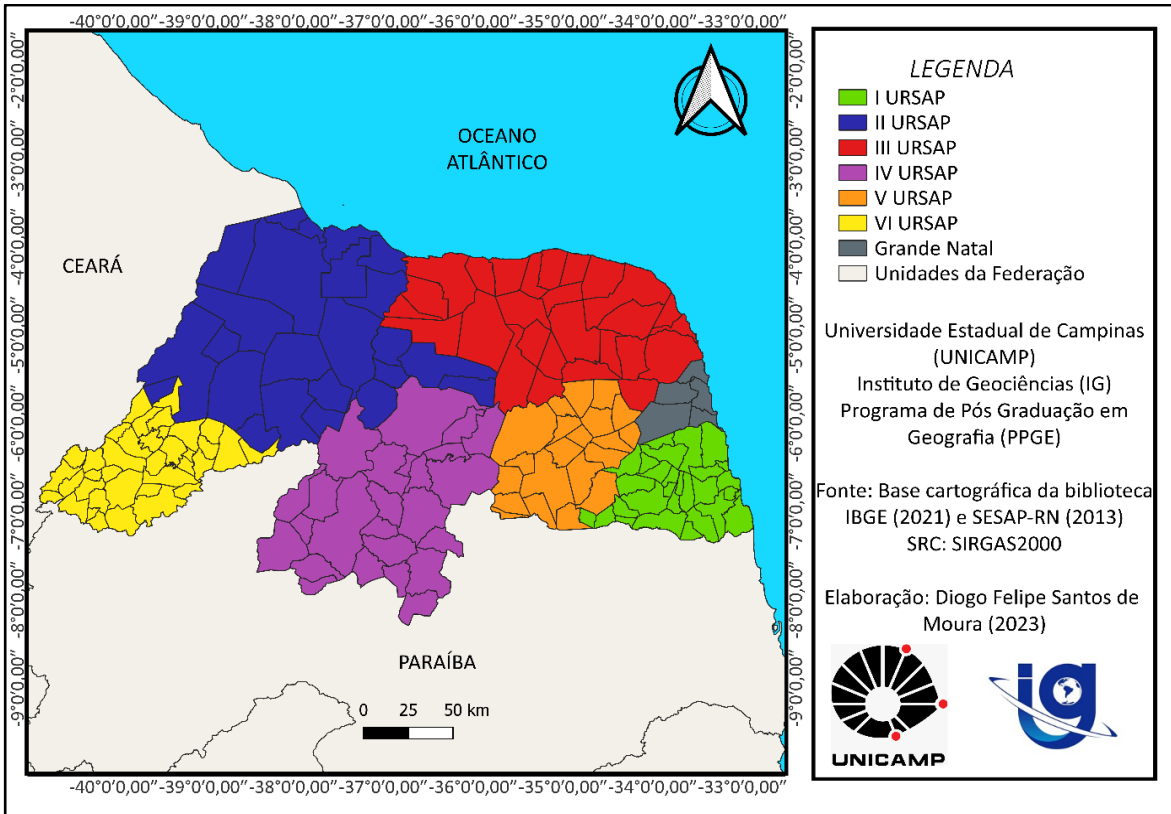
Com isso, regionalizar a gestão e atenção à saúde é delimitar os objetos geográficos (elementos naturais e antrópicos) agrupados em bases territoriais de uma escala regional composta por municípios com realidades homogêneas. Logo, é dessa maneira que surge na organização da assistência no âmbito estadual o conceito de Região de Saúde, definido como base territorial de planejamento da atenção à saúde, não necessariamente coincidente com a divisão administrativa do estado, a ser definida pela Secretaria Estadual de Saúde, de acordo com as especificidades e estratégias de regionalização da saúde em cada estado (BRASIL, 2002)

Essa estratégia de regionalização ou delimitação de regiões de saúde considera, ainda de acordo com Brasil (2002), características demográficas, socioeconômicas, geográficas, sanitárias, epidemiológicas, oferta de serviços, relações entre municípios, entre outras. Dependendo do modelo de regionalização adotado, um estado pode se dividir em macrorregiões, regiões e microrregiões de saúde. Por sua vez, a menor base territorial de planejamento regionalizado, seja uma região ou uma microrregião de saúde, pode compreender um ou mais módulos assistenciais.

Com base nas Normas Operacionais de Assistência à Saúde – NOAS, entre os anos de 2002 e 2004 o estado do Rio Grande do Norte elaborou e revisou seu primeiro Plano Diretor de Regionalização da Saúde (PDR). O território estadual foi dividido em quatro macrorregiões, 15 microrregiões e 26 módulos assistenciais.

De acordo com Feitosa e Dantas (2017), existe no estado do Rio Grande do Norte uma duplicidade de organização administrativa e de governabilidade das políticas regionais de saúde no estado, pois coexistem na estrutura institucional da Secretaria Estadual de Saúde o modelo regional definido pelo Plano Diretor de Regionalização de 2008 e as URSAP, criadas no ano de 2001, responsáveis por supervisionar, coordenar e assessorar as políticas e os serviços de saúde pertencentes à Secretaria Estadual de Saúde e/ou municípios sob sua jurisdição, 06

Figura 01 - Unidades Regionais de Saúde Pública do estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: Elaborado pelos autores, com base no IBGE (2022b) e SESAP-RN (2013).

Essa pesquisa utilizou a URSAP criada em 2001 para analisar a distribuição espacial das arboviroses no RN, baseada em instâncias administrativas da Secretaria de Saúde que possuem sede e pessoal próprios (FEITOSA E DANTAS, 2017).

Entretanto, as formas de regionalização da saúde do RN podem gerar desarticulação institucional entre os gestores, interferindo assim, no planejamento da rede de saúde, principalmente, no tocante à vigilância epidemiológica das arboviroses dengue, chikungunya e zika, doenças transmissíveis que devem ser controladas e monitoradas pela gestão pública de saúde (BRASIL, 2009).

No Brasil, a dengue e zika são causados pelo vírus do gênero *Flavivírus*, e a chikungunya por meio do *Flavivírus* (BRASIL, 2017a). Os seus sintomas na população são similares com relação à fase febril (dura aproximadamente 7 dias); porém, se diferenciam nos seguintes sintomas: a chikungunya se difere da dengue, pois a fase febril é caracterizada, principalmente, por febre de início súbito, acompanhada de dores nas costas e manchas

avermelhadas; já a manifestação clínica da zika é diferente das demais, pela presença de microcefalia transmitida pelas gestantes infectadas (BRASIL, 2017a, P. 393-408; RAYMUNDO E MEDRONHO, 2021; MOCELIN et al., 2020; SLAVO et al., 2016).

A transmissão das três arboviroses no Brasil iniciou na seguinte ordem cronológica: a dengue ocorreu no território brasileiro a partir do ano de 1986, já os casos de zika vírus e chikungunya foram diagnosticadas no país a partir de 2014, tornando o país um epicentro com casos registrados em todas as regiões brasileiras, e no estado do Rio Grande do Norte-RN (SILVA, et al., 2021; BRASIL, 2017b; ELMEC, BATAIERO e CRUZ, 2016).

Com isso, essas doenças estão presentes no Brasil e no mundo por causa do fator locacional zona climática intertropical e também por conta das mudanças ambientais, climáticas, sociais, econômicas, urbanização desordenada, condições precárias do saneamento (MOURA, 2022, CHIARAVALLOTI, BARBOSA et al., 2006) que devido a essas condições elencadas pelos autores dos fatores geográficos, pode influenciar na qualidade de vida da população que vive nos municípios que estão regionalizados em URSAP que apresentam aglomerados de autocorrelação espacial.

METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa está dividida em duas etapas: teórica-conceitual e operacional. Na primeira etapa, foi realizado, nos indexadores *Google Scholar* e *Scopus*, um levantamento bibliográfico de dissertações, teses e artigos científicos (nacionais e internacionais), através da combinação entre as seguintes palavras-chave: "Arbovírus", "Hotspot", "Spatial Distribution", "Spatial Analysis", "Spatial Epidemiology", "Spatial Autocorrelation", "Determinant", "Factor", "Scale", "Zika" "Dengue", e "Chikungunya".

Esse levantamento auxiliou na definição dos principais autores que discutem os temas da Geografia, Saúde e arboviroses, tais como, Krystosik et al. (2017); Mocelin et al. (2020); Silva et al. (2021); Guimarães (2015); Bacellos, Duzai e Handschumacher (2018), Moura (2020) e Manual do Saneamento Básico da Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (BRASIL, 2019).

Na etapa operacional os dados epidemiológicos dos casos prováveis de dengue, chikungunya e zika vírus nos 167 municípios do RN, entre os anos de 2016 a 2021, foram obtidos respectivamente do Sistema de Informação de Agravos e Notificação – SINAN, pertencente ao Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil - DATASUS (BRASIL, 2023). Os dados relativos à população total para o mesmo período foram coletados



através da estimativa populacional por município, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022a).

Os dados cartográficos foram adquiridos em formato vetorial *shapefile* através da malha territorial dos 167 municípios do RN pertencentes ao IBGE (2022b). Para a elaboração dos mapas foi utilizado o software de análise exploratória de dados espaciais GeoDa v.1.20 (ANSELIN, 2023). Neste *software* foi construída a matriz de vizinhança de primeira ordem; calculada a taxa de incidência de dengue, chikungunya e zika, considerando-se a média populacional do período de 2016 a 2021, utilizando-se a técnica de Suavização Empírica Bayes (SEB). A SEB remove a instabilidade de variância dos dados demográficos que ocorre em pequenas áreas, ao suavizar as taxas brutas já calculadas. Neste mesmo *software* foi calculado o Índice de Moran Local Univariado, para identificar, através das taxas de incidência suavizadas, a existência de autocorreção espacial das arboviroses e os aglomerados formados por municípios vizinhos *High-High* (H-H), *Low-Low* (L-L), *High-Low* (H-L) e *Low-High* (L-H). Em seguida os resultados destas análises foram exportados para o SIG QGIS 3.32.2, para a finalização dos mapas temáticos.

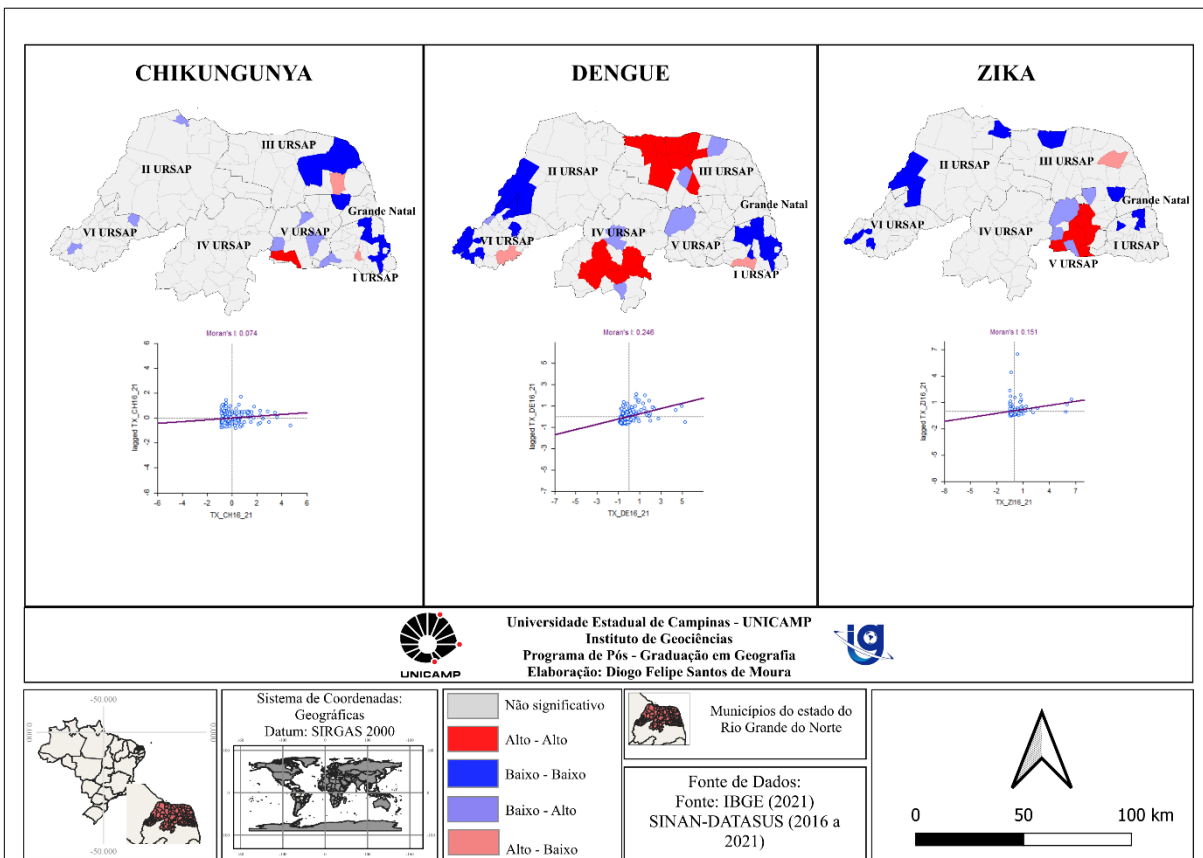
Os dados sobre o saneamento básico e as unidades regionais de saúde do RN foram obtidos em SESAP-RN (2013), Rodrigues et al. (2018) e Feitosa e Dantas (2017), e complementados com as seguintes variáveis dos indicadores de diagnósticos de água e esgoto, resíduos sólidos e águas pluviais (2021 e 2022) do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS): índice de atendimento total de água, índice de coleta de esgoto, taxa de cobertura regular do serviço de coleta de resíduos domiciliar em relação à população urbana, tipos de unidades de tratamento do lixo e taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana do município (BRASIL, 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados destacam que no período de 2016 a 2021 as três arboviroses apresentaram autocorrelação positiva, mostrando que os municípios que apresentaram maior incidência estavam vizinhos a outros municípios com alta incidência. Porém, a dengue apresentou maior valor do Índice de Moran Local ($I=0,245$; $p=0,001$), quando comparado à zika ($I=0,151$; $p=0,01$) e a chikungunya ($I=0,074$; $p=0,048$), conforme mostra a figura 02.



Figura 02 – Mapas de autocorrelação espacial das arboviroses dengue, chikungunya e zika no estado do Rio Grande do Norte, e respectivos diagramas.

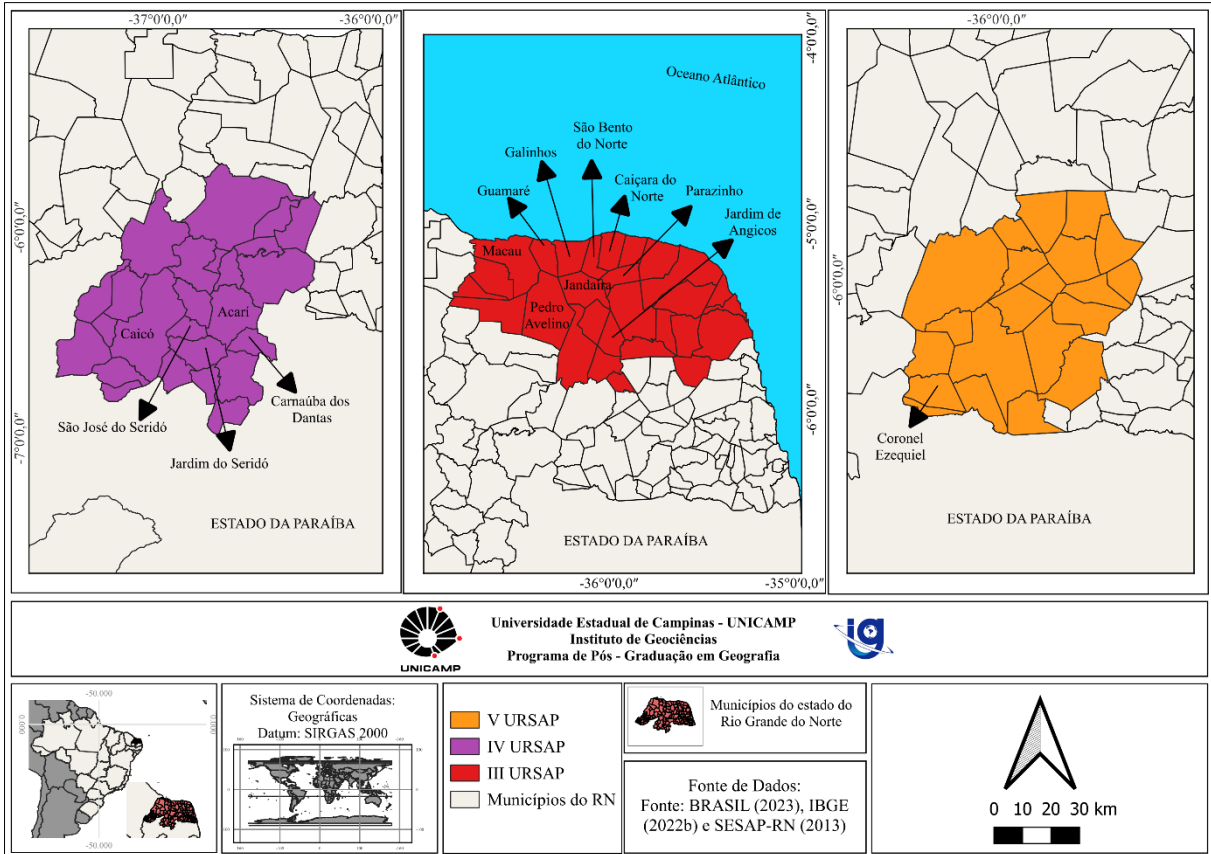


Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do BRASIL (2023) e IBGE (2022b).

Os mapas dos aglomerados da figura 2 mostraram municípios com altas taxas de incidência de dengue contíguos a municípios que também apresentaram altas taxas de incidência da dengue. De acordo com a figura 03, esses municípios estão localizados nas seguintes unidades regionais de saúde pública e respectivos municípios do estado: URSAP IV (sudoeste de Natal, formado por Caicó, São José do Seridó, Jardim do Seridó, Acari e Carnaúba dos Dantas); URSAP III (à noroeste da capital, agrupando os municípios de Macau, Guamaré, Galinhos, Parazinho, São Bento do Norte, Caiçara do Norte, Jandaíra, Jardim de Angicos e Pedro Avelino). Identificamos também aglomerados com taxa de incidência dos casos da zika e chikungunya, na URSAP V localizada no extremo sul da região do Trairi, com destaque para o município de Coronel Ezequiel, conforme mostra a figura 03.



Figura 03 – Mapa de localização dos municípios das Unidades Regionais de Saúde Pública (URSAP) com altas taxas de incidência das arboviroses dengue, chikungunya e zika.



Fonte: Elaborado pelos autores, com base em dados do BRASIL (2023), IBGE (2022b) e SESAP-RN (2013).

Os mapas de autocorrelação espacial local (Figura 02), também mostraram que as taxas de incidência da dengue, chikungunya e zika, apresentaram autocorrelação positiva nos aglomerados L-L, ou seja, municípios que apresentam baixa taxa de incidência das arboviroses, vizinhos a municípios onde a taxa de incidência também foi baixa. Esses resultados mostraram que as regiões com taxas de incidência L-L da dengue estavam localizadas nas regionais da saúde URSAP I, II e VI, que abrangem municípios da região do Litoral Oriental Sul (Monte Alegre e Tibau do Sul) e Alto Oeste Potiguar (Luiz Gomes, Venha-Ver e Apodi). As maiores taxas de incidência de zika estão localizadas nas URSAP I, II, III e VI, e as maiores taxas de incidência de chikungunya estão presentes na URSAP I e III.

Um dos fatores geográficos que contribui diretamente para o aumento de casos da dengue, chikungunya e zika, são os problemas ou ausência dos sistemas de engenharia

denominado saneamento básico, o qual compreende um “conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública” (BRASIL, 2007).

Diante disso, ao comparar as variáveis do saneamento básico obtidos de Brasil (2022) com o resultado da espacialização da autocorrelação das arboviroses, identificou-se que na URSAP V, região onde teve os aglomerados H-H dos casos de chikungunya e zika, predominam municípios com a seguinte característica de saneamento: coleta de esgoto muito baixa (menor que 15%); presença de lixão como forma de tratamento de lixo; territórios municipais com cobertura de pavimentação e meio fio na área urbana variando entre 29% (baixa) a 76 % (alta); e coleta dos resíduos sólidos variando entre 31% a 71% nas residências.

Essas informações podem significar que no período de 2016 a 2021, os moradores desses territórios municipais da URSAP V conviveram em um ambiente favorável à proliferação do mosquito *Aedes Aegypti* contaminado com o vírus da chikungunya e zika. De acordo com os dados da SNIS (BRASIL, 2022), a ineficiência de alguns serviços do saneamento faz com que existam nestes municípios, locais onde o lixo estaria concentrado em terrenos baldios; ambientes com acúmulo de esgoto e de água nas ruas; além da presença do lixão como forma de tratamento dos resíduos sólidos pela prefeitura.

A URSAP IV, em detrimento da URSAP III, apresentou nas áreas com aglomerados dos casos de dengue, melhor condição nos serviços de saneamento básico. Com base em Rodrigues et al. (2018) e Brasil (2022), no quesito resíduo sólidos, a unidade regional IV apresenta mais serviços de unidades triagem (galpão ou usina), aterro sanitário e controlado. Já na URSAP III há maior predomínio de lixões como forma de tratamento do lixo. A presença de lixão nos municípios da URSAP III pode impactar na vida dos moradores que convivem com esse ponto de difusão do vetor das arboviroses.

Existe nos seus aglomerados Alto-Alto da URSAP III, municípios onde predominam as seguintes características do saneamento básico: bom atendimento no serviço de abastecimento de água, apresentando entre 55% a 88% da população abastecida; baixo índice de coleta de esgoto nas residências; taxa de cobertura regular do serviço de coleta de resíduos domiciliar em relação à população urbana, variando entre 31% e 88,90%; e uma baixa taxa de Cobertura de pavimentação e meio-fio na área urbana dos municípios (BRASIL, 2022).

Outra questão é que nas URSAP III e IV predominam o manancial superficial como forma de abastecimento hídrico dos municípios. Essas unidades regionais da saúde estão localizadas na região semiárida do RN, onde, segundo Rodrigues et al. (2018), ocorrem os menores índices pluviométricos anuais. Nesta região a população depende das várias formas de

abastecimento de água, como o uso de caminhão pipa para abastecer as redes de cisternas, adutoras, poços e reservatórios, para enfrentar os períodos de estiagem do estado. Mas esse processo de acúmulo de água no seminário do RN pode estar, também, contribuindo para a proliferação do *Aedes Aegypti* e potencializando os casos da dengue, chikungunya e zika tanto no ambiente urbana quanto na rural.

Portanto, o ser humano tem que viver em lugares onde não existam problemas nos serviços de saneamento, pois isso influencia diretamente na sua saúde e na condição de salubridade do ambiente (MOURA, 2020). Assim, a forma do ser humano conseguir viver de forma saudável é ter a sua disposição infraestruturas de saneamento para que possa conquistar uma situação de bem-estar que seja favorável para a sua participação econômica e social nas cidades. (GALVÃO JUNIOR, 2009, p. 549).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo analisou a autocorrelação espacial de casos da doença dengue, chikungunya e zika, durante o período de 2016 e 2021, no estado do Rio Grande do Norte. A dengue apresentou o maior índice de autocorrelação espacial, seguida pela zika e chikungunya. Estas constatações merecem atenção no que se refere à infestação vetorial e ao acompanhamento das taxas de incidência e letalidade pelas regionais da saúde pública do estado, pois os municípios dessas regiões podem estar apresentando impactos clínicos, econômicos, sociais e ambientais negativos.

A hipótese para a autocorrelação positiva e formação dos aglomerados espaciais de municípios com alta taxa de incidência foi confirmada nas unidades regionais URSAP III e IV, para dengue, e, na URSAP V, para chikungunya e zika. Além de fatores socioeconômicos e ambientais locais, outros fatores geográficos podem explicar a existência destes aglomerados de alto risco, tais como, a circulação regional vetor *Aedes Aegypti* pelas rodovias do estado, que ligam as principais cidades das unidades regionais de saúde aos principais centros urbanos do estado (Natal, Mossoró e Caicó); como também, fatores associados ao saneamento, como abastecimento hídrico, capacidade nula e ilimitada de diluição do esgoto e a presença de lixões em terrenos, como forma de depósito de tratamento dos resíduos sólidos.

Portanto, realizar uma associação espacial bivariada entre as variáveis do saneamento básico e a taxa de incidência das arboviroses, é uma proposta de continuação para futuras pesquisas científicas que necessitam ser produzidas, com o intuito de auxiliar os sete gestores

das Unidades Regionais de Saúde Pública do Rio Grande do Norte, na compreensão da correlação entre os fatores geográficos e o aumento dos casos da dengue, chikungunya e zika.

REFERÊNCIAS

ANSELIN, L. **What Is Special about Spatial Data**. Technical Report 8-4. Santa Barbara: University of California, National Center for Geographic Information and Analysis, 1989.

ANSELIN, L. **Local Space Association Indicators – LISA**. *Geographic Analysis* 27:93–115, 1995.

ANSELIN, L. **Maps for Rates or Proportions**. University of Chicago, Center for Spatial Data Science, 2018. Available from: <https://geodacenter.github.io/documentation.html>.

ANSELIN, L. **Contiguity-Based Spatial Weights**. University of Chicago, Center for Spatial Data Science, 2020a. Available from: <https://geodacenter.github.io/documentation.html>.

ANSELIN, L. **Local Spatial Autocorrelation**. University of Chicago, Center for Spatial Data Science, 2020b. Available from: <https://geodacenter.github.io/documentation.html>.

ANSELIN, L. **GeoDa v. 1.20**. University of Chicago, Center for Spatial Data Science, 2023. Available from: <https://geodacenter.github.io/index.html>.

ASSUNÇÃO, R.M.; NEVES, M.C.; CÂMARA, G.; DA COSTA FREITAS, C. Efficient regionalization techniques for socio-economic geographical units using minimum spanning trees. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 797–811, 2006.

BARCELLOS, C.; BUZAI, G. D.; HANDSCHUMACHER, P. Geografia e saúde: o que está em jogo? História, temas e desafios. *Revista Confins*, Rio de Janeiro, número 37, jun. 2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: <https://conselho.saude.gov.br/14cns/docs/constituicaofederal.pdf>. Acesso em: 18 de outubro de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 373, de 27 de fevereiro de 2002**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2002. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2002/prt0373_27_02_2002.html. Acesso em: 18 de outubro de 2023.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico. Acompanhamento dos casos de dengue, febre chikungunya e febre Zika vírus até a Semana Epidemiológica 52, 2016**. Brasília, 2017a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico. Acompanhamento dos casos de dengue, febre chikungunya e febre Zika vírus até a Semana Epidemiológica 52, 2016.** 2017b. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/abril/06/2017-002-Monitoramento-dos-casos-de-dengue-febre-dechikungunya-efebre-pelo-virus-Zika-ate-a-Semana>.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: diagnóstico 2022.** Brasília; 2022. Disponível em: < https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos_snis >. Acesso em: 12 de novembro de 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Doença e Agravos de Notificação – 2007 em diante: notificações registradas no sistema de informação de agravos de notificação – Rio Grande do Norte.** Brasília: Ministério da Saúde; 2023. Disponível em: < <https://datasus.saude.gov.br/aceso-a-informacao/doencas-e-agravos-de-notificacao-de-2007-em-diante-sinan/> >. Acesso em: 12 de novembro de 2023.

CAUSA, Roberta et al. Emerging arboviruses (dengue, chikungunya, and Zika) in Southeastern Mexico: influence of socio-environmental determinants on knowledge and practices. **Cadernos de Saúde Pública [online]**. v. 36, n. 6, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00110519>.

CHIARAVALLOTI, N. F.; BARBOSA, A. A. C.; CESARINO, M. B.; FAVARO, E. A.; MONDINI, A.; FERRAZ, A. A, et al. Controle da dengue em uma área urbana do Brasil: avaliação do impacto do Programa Saúde da Família com relação ao programa tradicional de controle. **Caderno Saúde Pública**. Rio de Janeiro, v. 22, n.5. p. 987-997, maio. 2006.

ELMEC, A. M.; BATAIERO, M. O.; CRUZ, G. B. D. Saneamento do meio, arboviroses e as estratégias de vigilância sanitária para combate aos vetores no Estado de São Paulo. **BEPA**, São Paulo, v.13, p. 63-68, mar. 2016.

FERREIRA, M. C. Spatial association between the incidence rate of COVID-19 and poverty in the São Paulo municipality, Brazil. **Geospatial Health**, Campinas, p. 191-200. v. 15:921, jul. 2020.

FEITOSA, L. D. C.; DANTAS, A. Território e federação: a dimensão institucional da política regional da saúde no Rio Grande do Norte. **Confin** [Online], Natal, número 32, set, 2017.

GALVÃO JÚNIOR, Alceu Castro. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Revista Panam Salud Publica**, n. 25, v. 6, 2009, p. 548-556.

GREKOUSIS, G. **Think Spatial: Basic Concepts of Spatial Analysis and Conceptualization of Space.** In Spatial Analysis Methods and Practices: Describe – Explore – Explain through GIS. Cambridge: Cambridge University Press, 2020a.

GREKOUSIS, G. **Multivariate Data in Geography: Data Reduction and Grouping.** In Spatial Analysis Methods and Practices: Describe – Explore – Explain through GIS. Cambridge: Cambridge University Press, 2020b.



GREKOUSIS, G. **Spatial Autocorrelation**. In Spatial Analysis Methods and Practices: Describe – Explore – Explain through GIS. Cambridge: Cambridge University Press, 2020c.

GUIMARÃES, Raul Borges. **Saúde: Fundamentos de Geografia humana**. São Paulo: Editora UNESP Digital, 2015.

GUSMÃO, C. M. G.; PATRIOTA, A. C. D.; CARVALHO, I. D. L. *Aedes aegypti* e arboviroses no Brasil: uma revisão bibliográfica focada no zika vírus. **Revista Brasileira De Inovação Tecnológica Em Saúde**, Natal, v.8, número 3, abr. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa da população**. Brasília, 2022a, Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>>. Acesso em: 12 maio 2023

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal**. Brasília, 2022b, Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>. Acesso em: 12 maio 2023

KRYSTOSIK, A. R.; CURTIS, A.; BURITICA, P.; AJAYAKUMAR, J.; SQUIRES, R.; DÁVALOS, D.; et al. Community context and sub-neighborhood scale detail to explain dengue, chikungunya and zika patterns in Cali, Colombia. **Plos One**, San Francisco, California, v.12(8), p. 1-25, ago. 2017.

MOCELIN, H. J. S.; CATÃO, R. C.; FREITAS, P. S. S.; PRADO, T. N.; BERTOLDE, A. I.; CASTROS, M. C.; MACIEL, E. L. N. Analysis of the spatial distribution of cases of zika virus infection and congenital zika virus syndrome in a state in the southeastern region of Brazil: Sociodemographic factors and implications for public health. **International Journal of Gynecology and Obstetrics**, ;148 Suppl 2(Suppl 2):61-69, jan 2020. doi: 10.1002/ijgo.13049.

MOURA, D. F. S. de. **Salubridade e saneamento ambiental: uma análise espacial das áreas com concentração de doença no Distrito Sanitário Oeste de Natal-RN**. Dissertação (mestrado), Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020.

RAYMUNDO, C. E; MEDRONHO; R. A. de. Associação entre fatores socioambientais, cobertura por equipes de saúde da família e chuvas na distribuição espacial da infecção pelo vírus Zika na cidade do Rio de Janeiro, Brasil, em 2015 e 2016. **BMC Saúde Pública**, v. 21, 1199, jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11249-y>.

RODRIGUES, L. C.; JUNIOR, J. D. S.; SILVA, I. C. D. L.; DANTA, A. Cartografia do saneamento básico do Rio Grande do Norte. **Confins** [Online], Natal, número 34, abr. 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE PÚBLICA DO RIO GRANDE DO NORTE (SESAP-RN). **Unidades Regionais de Saúde Pública (URSAP) do Rio Grande do Norte**. Governo do Rio Grande do Norte, Natal, 2013. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/docannexe/image/12371/img-4.png>. Acesso em: 17 de novembro de 2023.



SILVA, G. F.; BEZERRA, H.; ARAÚJO, A.; CARVALHO, L.; SILVA, J. Temporal study of arboviroses: a space analysis. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista v.10, n. 7, jul. 2021.

SLAVOV, S. N.; OTAGUIRI, K. K.; KASHIMA, S.; COVAS, D. T. Panorama da infecção pelo vírus Zika (ZIKV) em relação à epidemia brasileira. **Revista brasileira de pesquisas médicas e biológicas**, vol. 49,5, apr. 2016.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Notas sobre a epistemologia da Geografia**. Cadernos Geográficos, Florianópolis: Imprensa Universitária, nº 12, 2005.

VIEIRA, R. S. **Crescimento econômico no estado de São Paulo: uma análise espacial**. Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 103 p.

WHITEMAN, A.; DELMELLE, E.; RAPP, T.; CHEN, S.; CHEN, G.; DULIN, M. A Novel Sampling Method to Measure Socioeconomic Drivers of Aedes albopictus Distribution in Mecklenburg County, North Carolina. **International Journal of Environmental. Research Public Health**, 15, 2179, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph15102179>.