



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

CAIO AMÉRICO PEREIRA DE ALMEIDA

**INFLUÊNCIA CLIMÁTICA E SOCIOAMBIENTAL NA OCORRÊNCIA ESPAÇO-
TEMPORAL DA DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA NO RECIFE – PE**

Recife

2021

CAIO AMÉRICO PEREIRA DE ALMEIDA

**INFLUÊNCIA CLIMÁTICA E SOCIOAMBIENTAL NA OCORRÊNCIA ESPAÇO-
TEMPORAL DA DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA NO RECIFE – PE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Geografia na Área de Concentração Regionalização e Análise Regional.

Orientador: Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega.

Recife

2021

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB4-1291

A447i Almeida, Caio Américo Pereira de.
Influência climática e socioambiental na ocorrência espaço-temporal da dengue, zika e Chikungunya no Recife – PE / Caio Américo Pereira de Almeida. – 2021.
110 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2021.
Inclui referências e apêndices.

1. Geografia. 2. Meio ambiente. 3. Clima. 4. Arboviroses – Recife (PE). 5. Geoprocessamento. I. Nóbrega, Ranyére Silva (Orientador). II. Título.

910 CDD (22. ed.) UFPE (BCFCH2021-063)

CAIO AMÉRICO PEREIRA DE ALMEIDA

**INFLUÊNCIA CLIMÁTICA E SOCIOAMBIENTAL NA OCORRÊNCIA ESPAÇO-
TEMPORAL DA DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA NO RECIFE – PE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Geografia na Área de Concentração Regionalização e Análise Regional.

Aprovada em: 22/02/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega (Orientador – Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. Richarde Marques da Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Prof. Dra. Cristiana Coutinho Duarte (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Prof. Dr. José Yure Gomes dos Santos (Examinador Externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Prof. Dr. Fabrizio de Luiz Rosito Listo (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

Dedico esta tese à minha família que tanto me apoiou e, principalmente, a todas as famílias que sofrem com a sequela ou perda de um ente querido devido à dengue, zika ou chikungunya.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me proporcionado fé, determinação e resiliência para concluir esta tese que foi construída para mitigar os problemas da sociedade ligados às arboviroses e, com isso, salvar vidas.

A minha filha Cecília e meu filho Pedro Américo por serem as razões pelas quais me torno um homem cada vez melhor, sempre em busca de objetivos que sirvam para a melhoria da sociedade.

A minha esposa Karen por estar sempre me apoiando nos momentos mais difíceis e por ser o alicerce fundamental para a união e bem-estar da nossa família. A ela, toda minha admiração e amor.

Ao meu pai (Antônio Américo) por ter me apoiado em toda minha trajetória acadêmica e estar ao meu lado nos momentos mais difíceis.

Ao professor Ranyére Nóbrega por ter me aceitado como orientando e pela confiança, apoio e suporte técnico, intelectual e emocional durante todo o doutorado. Gratidão por tudo!

Ao professor Richarde Marques que sou eternamente grato, por ter me acompanhado da graduação ao doutorado, sempre com considerações construtivas e assertivas que me fizeram chegar até aqui.

A professora Cristiana Duarte pela excepcional contribuição na qualificação que otimizou muito esta tese. Extremamente agradecido!

Ao professor José Yure pela disposição em contribuir para a melhoria desta tese através da banca examinadora de defesa.

Ao professor Fabrizio Listo pela disponibilidade em ajudar na otimização desta tese através da banca examinadora de defesa.

Ao meu grupo de estudos em Climatologia Tropical e Eventos Extremos (TropoClima) da UFPE que ajudou muito na melhoria desta pesquisa. Um agradecimento especial a Ayobami Badiru pela maravilhosa troca de experiência científica.

Ao Núcleo de Estudos e Pesquisas (NEPEL) do Laboratório Central de Saúde Pública do Estado de Pernambuco (LACEN-PE) da Secretaria de Saúde do Estado de Pernambuco pela disponibilidade do laboratório e dos dados epidemiológicos para desenvolvimento desta pesquisa.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de doutorado que foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao projeto “Clima urbano e dengue nas cidades brasileiras: riscos e cenários em face das mudanças climáticas globais” que foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que foi essencial para o desenvolvimento do procedimento metodológicos e, conseqüentemente, resultados relevantes e significativos desta tese.

A Pró-Reitoria para Assuntos de Pesquisa e de Pós-Graduação (Propesq) pelas concessões de auxílios financeiros para apresentação de trabalhos em eventos científicos que me possibilitaram excelentes trocas de experiências científicas com pesquisadores do Brasil e de outros países.

“Acredite e não se explique
pois poucos vão entender:
só se compreende um sonho
se o sonhador for você.” (BESSA, 2018).

RESUMO

A partir do século XXI, a população mundial tornou-se hegemonicamente urbana e muitos problemas relacionados às arboviroses nas cidades se aprofundaram. Nessa perspectiva, esta pesquisa teve como objetivo analisar a influência climática e a distribuição espaço-temporal dos casos das arboviroses dengue, zika e chikungunya relacionando-os com fatores socioambientais no espaço urbano do Recife. Como procedimento metodológico foi utilizado a incidência, a prevalência, os coeficientes de correlação (r) e de determinação (R^2), a cartografia de síntese via álgebra de mapas e métodos de interpolação (Kernel e IDW) através de técnicas de geoprocessamento para a produção de mapas temáticos e análise geoespacial das arboviroses pesquisadas. Os dados das variáveis epidemiológicas (casos confirmados de dengue, zika e chikungunya entre 2016 e 2018) foram obtidos no Sistema de Informação de Agravos de Notificações (SINAN), socioambientais a partir do Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e climáticas (temperatura e precipitação) no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. A incidência das arboviroses no ano epidêmico (2016) foi maior nos bairros dos Distritos Sanitários (DS) I, II e VII, para os anos não epidêmicos (2017 e 2018) a maior incidência foi nos DS II, IV e VII, com exceção do DS I, esses DS concentram grande quantidade de residências precárias que estão na área de abrangência das Comunidades de Interesse Social (CIS) e Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS). Já o bairro de maior prevalência (300,8 casos/1.000 hab.) foi registrada no bairro Santo Antônio no DS I. As variáveis socioambientais que apresentaram os valores mais significativos da correlação foram: a) domicílio particular sem rede de esgoto ou fossa séptica e b) número de moradores por domicílio particular – essa também apresentou o R^2 mais relevante. O mapa de maior vulnerabilidade socioambiental às arboviroses apontou que os lugares mais susceptíveis à ocorrência dessas doenças estão nos DS II, VII e VIII que representam as regiões com maior concentração e abrangência de aglomerados residenciais precários que estão do lado oposto da promoção à saúde, sendo os bairros Guabiraba, Dois Irmãos, Peixinhos, Pau Ferro e Passarinho os mais vulneráveis. Já o estimador Kernel, indicou os bairros Água Fria, Bomba do Hemérito, Mangabeira, Alto José do Pinho e Alto Sta. Terezinha como os locais de maiores concentrações de casos de dengue, chikungunya por km^2 em toda área de estudo. Em relação à influência climática na ocorrência dessas doenças, os maiores registros das arboviroses (68,7%) foram no período entre janeiro e abril que teve as maiores temperaturas (acima de 27 °C) e concentrou 38,5% da precipitação média total com atuação,

principalmente, da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). As áreas de maiores distribuições do acúmulo pluviométrico foram os DS I, III, IV e VIII e as áreas de maior concentração de casos das doenças foi o DS IV, com destaque para o bairro Várzea, localizado nesse Distrito Sanitário, que concentrou a maior quantidade de casos (2.119). Nessa conjuntura, a disseminação das doenças dengue, zika e chikungunya se mostrou mais suscetível nos bairros concentradores de pessoas de baixa renda com forte adensamento populacional e péssimas condições de saneamento básico.

Palavras-chave: Dengue. Zika. Chikungunya. Influência climática. Espaço urbano. Geoprocessamento. Análise geoespacial. Vulnerabilidade socioambiental.

ABSTRACT

From the twenty-first century onwards, the world population became hegemonically urban and many problems related to arboviruses in the cities deepened. In this perspective, this research aimed to analyze the climatic influence and the spatiotemporal distribution of cases of dengue, zika and chikungunya arboviruses, relating them to socio-environmental factors in the urban space of Recife. As a methodological procedure, were used incidence, prevalence, correlation coefficients (r) and determination (R^2), synthesis cartography via map algebra and interpolation methods (Kernel and IDW) using geoprocessing techniques for production of thematic maps and geospatial analysis of the researched arboviruses. Data on epidemiological variables (confirmed cases of dengue, zika and chikungunya between 2016 and 2018) were obtained from the Notifiable Diseases Information System (SINAN), socio-environmental from the 2010 Census of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and climatic (temperature and precipitation) at the National Institute of Meteorology (INMET) and at the National Center for Monitoring and Natural Disaster Alerts. The incidence of arboviruses in the epidemic year (2016) was higher in the districts of Sanitary Districts (DS) I, II and VII, for non-epidemic years (2017 and 2018) the highest incidence was in DS II, IV and VII, with the exception of the DS I, these DS concentrate a large number of precarious residences that are in the area covered by the Communities of Social Interest (CIS) and Special Areas of Social Interest (ZEIS). The neighborhood with the highest prevalence (300.8 cases / 1,000 inhab.) Was recorded in the Santo Antônio neighborhood in DS I. The socio-environmental variables that showed the most significant values of the correlation were: a) private home without sewerage or septic tank and b) number of residents per private household - this one also presented the most relevant R^2 . The map of socioenvironmental vulnerability to arboviruses showed that the places most susceptible to the occurrence of these diseases are in DS II, VII and VIII, which represent the regions with the highest concentration and coverage of precarious residential clusters that are on the opposite side of health promotion, being the Guabiraba, Dois Irmãos, Peixinhos, Pau Ferro and Passarinho neighborhoods the most vulnerable. The Kernel estimator, on the other hand, indicated the neighborhoods Água Fria, Bomba do Hemérito, Mangabeira, Alto José do Pinho and Alto Sta. Terezinha as the places with the highest concentrations of dengue and chikungunya cases per km^2 in the entire study area. Regarding the climatic influence in the occurrence of these diseases, the highest records of arboviruses (68.7%) were in the period between January and April, which had the highest temperatures (above 27 °C) and concentrated 38.5% of the total

average precipitation, acting mainly from the Intertropical Convergence Zone (ZCIT) and the High Level Cyclonic Vortexes (VCAN). The areas with the greatest distribution of rainfall accumulation were DS I, III, IV and VIII and the areas with the highest concentration of disease cases were DS IV, with emphasis on the Várzea neighborhood, located in this Sanitary District, which concentrated the largest amount cases (2,119). At this juncture, the spread of dengue, zika and chikungunya diseases proved to be more susceptible in the neighborhoods that concentrate low-income people with a strong population density and poor basic sanitation conditions.

Keywords: Dengue. Zika. Chikungunya. Climate influence. Urban space. Geoprocessing. Geospatial analysis. Socio-environmental vulnerability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição geográfica da população do <i>Ae. aegypti</i>	22
Figura 2 – Fases de desenvolvimento do mosquito <i>Ae. aegypti</i>	24
Figura 3 – Estrutura geral de sistemas de informações geográficas.....	33
Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo	35
Figura 5 – Distritos sanitários e localização dos bairros no Recife.....	36
Figura 6 – Comunidade do Pilar no bairro do Recife no DS I.....	38
Figura 7 – Comunidades de Interesse Social (CIS) e Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) no Recife.....	41
Figura 8 – Normal climatológica mensal da umidade relativa do ar e das temperaturas médias, mínimas e máximas no Recife.....	43
Figura 9 – Precipitação média mensal entre os anos 1981 e 2010 no Recife.....	43
Figura 10 – Etapas do trabalho: levantamento, análise e síntese	45
Figura 11 – Localização geográfica das estações do Inmet e Cemaden no Recife	47
Figura 12 – Etapas para o cálculo de densidade de pontos segundo o estimador Kernel	56
Figura 13 – Incidência da dengue no Recife entre 2016 e 2018 por bairros	59
Figura 14 – Incidência da zika no Recife entre 2016 e 2018 por bairros.....	60
Figura 15 – Incidência da chikungunya no Recife entre 2016 e 2018 por bairros.....	61
Figura 16 – Prevalência dos casos de dengue, zika e chikungunya entre 2016 e 2018 no Recife por bairros	63
Figura 17 – Comunidade de Interesse Social Coque localizada no bairro Ilha Joana Bezerra no Recife	64
Figura 18 – Comparação entre o acumulado de precipitação mensal e a ocorrência das arboviroses dengue, zika e chikungunya em 2016 no Recife	65
Figura 19 – Comparação entre o acumulado de precipitação mensal e a ocorrência das arboviroses dengue, zika e chikungunya em 2017 no Recife	65
Figura 20 – Comparação entre o acumulado de precipitação mensal e a ocorrência das arboviroses dengue, zika e chikungunya em 2018 no Recife	66
Figura 21 – Imagens de satélite apresentando sistemas atmosféricos atuantes durante os meses JFM sobre o NEB: nebulosidade associada ao VCAN destacada à esquerda e, à direita, nebulosidade associada à ZCIT, para os dias 1º de janeiro e 19 de fevereiro de 2016, respectivamente.....	67

Figura 22 – a) Distribuição espacial da precipitação no Recife entre 2016 e 2018 e b) Distribuição espacial da ocorrência dos casos das arboviroses dengue, zika e chikungunya no Recife entre 2016 e 2018	68
Figura 23 – Distribuição espaço-temporal da dengue no Recife entre 2016 e 2018.....	71
Figura 24 – Distribuição espaço-temporal da zika no Recife entre 2016 e 2018.....	72
Figura 25 – Distribuição espaço-temporal da chikungunya no Recife entre 2016 e 2018.....	73
Figura 26 – Comparação entre a temperatura média mensal e a ocorrência das arboviroses dengue, zika e chikungunya no período de 2016 a 2018 no Recife	74
Figura 27 – Mapa de vulnerabilidade socioambiental às arboviroses dengue, zika e chikungunya no Recife – PE	77
Figura 28 – Correlação R^2 a partir da regressão polinomial entre os casos das arboviroses dengue, zika e chikungunya e a quantidade de habitantes por bairro na área de estudo entre 2016 e 2018.....	78
Figura 29 – Distribuição espaço-temporal dos casos de dengue entre 2016 e 2017, no Recife, a partir do estimador de densidade Kernel.....	82
Figura 30 – Distribuição espaço-temporal dos casos de zika entre 2016 e 2017, no Recife, a partir do estimador de densidade Kernel	83
Figura 31 – Distribuição espaço-temporal dos casos de chikungunya entre 2016 e 2017, no Recife, a partir do estimador de densidade Kernel.....	84
Figura 32 – Representação territorial do bairro Água Fria no Recife	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Habitantes por Distrito Sanitário no Recife, 2017	37
Tabela 2 – Assentamentos de baixa renda, assentamentos populares, áreas pobres e comunidades de interesse social no Recife.....	40
Tabela 3 – Critério de distribuição de peso a partir da significância da correlação de Pearson.....	53
Tabela 4 – Distribuição de peso por critério estatístico de aplicação.....	53
Tabela 5 – Valores da síntese cartográfica e nível de vulnerabilidade socioambiental às arboviroses.....	55
Tabela 6 – Precipitação acumulada anual e quantidade total das arboviroses dengue, zika e chikungunya entre 2016 e 2018 no Recife – PE.....	70
Tabela 7 – Os 10 bairros com maiores números de habitantes em 2010 e ocorrências das arboviroses dengue, zika e chikungunya entre 2016 e 2018 no Recife.....	80
Tabela 8 – Intervalos de classe da densidade Kernel ligada à distribuição da dengue.....	81
Tabela 9 – Intervalos de classe da densidade Kernel ligada à distribuição da zika	81
Tabela 10 – Intervalos de classe da densidade Kernel ligada à distribuição da chikungunya.....	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	21
2.1	OBJETIVO GERAL	21
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
3.1	ASPECTOS RELACIONADOS ÀS ARBOVIROSES DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA.....	22
3.2	CLIMA E ARBOVIROSES.....	25
3.3	VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL URBANA	26
3.4	ESPAÇO URBANO E ARBOVIROSES	28
3.5	GEOGRAFIA DA SAÚDE.....	30
3.6	GEOPROCESSAMENTO APLICADO À GEOGRAFIA DA SAÚDE.....	32
4	A CIDADE DO RECIFE	35
4.1	CARACTERÍSTICA SOCIOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO	37
4.2	CARACTERÍSTICA CLIMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO.....	42
5	MATERIAL E MÉTODOS	45
5.1	CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS.....	46
5.2	INCIDÊNCIA E PREVALÊNCIA	48
5.3	DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA.....	49
5.4	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO	49
5.5	ÁLGEBRA DE MAPAS PARA SÍNTESE CARTOGRÁFICA.....	51
5.5.1	Normalização dos dados	51
5.5.2	Padronização dos valores	52
5.5.3	Ponderação das variáveis socioambientais	52
5.5.4	A síntese.....	54
5.6	ESTIMADOR DE DENSIDADE KERNEL	55
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
6.1	INCIDÊNCIA E PREVALÊNCIA	57
6.2	INFLUÊNCIA CLIMÁTICA NA DISSEMINAÇÃO DAS ARBOVIROSES.....	64
6.3	VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL	75
6.4	DENSIDADE ESPACIAL DOS CASOS DE DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA .	80
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88

REFERÊNCIAS	91
APÊNDICE A – QUANTIDADE DE CASOS DAS ARBOVIROSES DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA POR BAIRRO E DISTRITO SANITÁRIO NO RECIFE ENTRE 2016 E 2018	105
APÊNDICE B – TAXAS DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL ÀS ARBOVIROSES DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA NOS BAIRROS DO RECIFE.....	108

1 INTRODUÇÃO

A população brasileira tornou-se hegemonicamente urbana a partir da década de 1960 e muitos problemas relacionados às doenças nas cidades se aprofundaram. Nesse contexto, se intensifica a problemática das arboviroses¹ dengue, zika e chikungunya, doenças transmitidas, principalmente, pelo mosquito *Ae. aegypti*, com grande circulação no território brasileiro.

Segundo Christophers (1960), há suspeitas que o *Ae. aegypti* tenha chegado ao Brasil no período colonial, entre os séculos XVI e XIX, no contexto escravagista. No entanto, a partir do século XX o combate a esse mosquito foi sistematizado e intensificado no território brasileiro devido às milhões de mortes ligadas à febre amarela que também é transmitida por esse vetor (ZARA et al., 2016).

No período entre 1958 e 1973 o *Ae. aegypti* foi erradicado no Brasil por duas vezes como resultado de medidas rígidas para controle da febre amarela, no entanto, em 1976 surgiram as primeiras ocorrências de reintrodução desse mosquito, que evidenciou falhas na vigilância epidemiológica e expôs o problema do crescimento urbano acelerado e mal planejado com reflexos em uma urbanização precária (SOPER, 1965; TAUIL, 2001; NOBRE; ANTEZANA; TAUIL, 1994; MACIEL; SIQUEIRA JÚNIOR; MARTELLI, 2008). Desde então, o *Ae. aegypti* se faz presente em todos os estados brasileiros e na grande maioria dos municípios (BRASIL, 2019).

Nessa conjuntura, ressalta-se que com o intenso processo de urbanização uma parte da população silvestre desse mosquito adaptou-se muito bem ao ambiente urbano que beneficiou sua disseminação e sobrevivência nas cidades brasileiras, principalmente àquelas localizadas no litoral, pois concentram grandes adensamentos habitacionais.

Nesse sentido, a etiologia do *Ae. aegypti* favorece sua propagação, principalmente, nas proximidades ou dentro dos domicílios no ambiente urbano. Raramente são encontrados em locais silvestres onde não há ocupação do ser humano. Consoli e Oliveira (1994) expõem que seus criadouros são preferencialmente recipientes artificiais, tanto aqueles abandonados a céu aberto (latas, pneus, garrafas e plásticos), como aqueles que servem como reservatório da água da chuva (toneis, baldes e caixas d'água). Diante disso, segundo Zara *et al.* (2016) a presença de criadouros do *Ae. aegypti* no espaço urbano favorece a rápida proliferação da

¹ São doenças causadas por vírus transmitidos por artrópodes (arbovírus) aos seres humanos, principalmente através das picadas de mosquitos infectados. A maioria dos arbovírus de importância para a saúde pública pertence a um dos três gêneros de vírus: *Flavivirus*, *Alphavirus* e *Orthobunyavirus* (CDC, 2015).

espécie, por dois motivos: condições ideais à reprodução e fontes de alimentação – o sangue humano.

É importante destacar que desde 2014, no Brasil, além da dengue, o *Ae. aegypti* transmite a zika e a chikungunya (BRASIL, 2017). Apesar de possuírem um vetor em comum, os vírus são diferentes. A dengue e a zika pertencem à família *flaviviridae* e a chikungunya é incluída na família *togaviridae*, mas os sinais e sintomas relacionados a essas arboviroses são bastante semelhantes, o que acaba interferindo no diagnóstico clínico preciso dessas doenças (RODRIGUEZ-MORALES et al., 2015).

Ainda não se tem total conhecimento das consequências da associação desses arbovírus em um mesmo paciente, fato que é possível de ocorrer por estes coabitarem, na maioria dos casos, a mesma região geográfica e serem transmitidos pelos mesmos vetores: o *Ae. albopictus* e o *Ae. aegypti* (ROTH, 2014). Mas vale salientar que o *Ae. albopictus*, transmite apenas a dengue e a zika e não houve nenhum registro de mosquitos adultos infectados com o vírus da dengue no Brasil, além disso, o potencial de transmissão desse artrópode é baixo (FONTOURA, 2008; MENEZES, 2016).

Mendonça, Souza e Dutra (2009) destacam que a partir da década de 1980, a maioria das cidades litorâneas brasileiras, apresentaram registros do *Ae. aegypti*, que também se expandiu para o interior do país. Com isso, a influência desse mosquito no território brasileiro associado às debilidades dos serviços de saúde ligados aos arbovírus e às fragilidades das ações individuais para com a proteção da saúde coletiva, vem provocando um sério problema de saúde pública que é intensificado com o aumento da produção de resíduos sólidos, que lançados a céu aberto acumulam água das chuvas e aumentam a quantidade de criadouros desse vetor.

Aleixo e Sant'Anna Neto (2011) ainda destacam que são nas cidades que se evidenciam os maiores exemplos de problemas de saúde pública ligados aos fatores socioambientais e de natureza climática que atingem diretamente a maior parte da população do planeta, principalmente por doenças de veiculação hídrica como a dengue, zika e chikungunya.

Nesse sentido, Golding *et al.* (2015) expõem que mais de 80% da população mundial está em risco de contrair arboviroses e aproximadamente 40% dessas pessoas estão em risco de contrair duas ou mais doenças transmitidas por mosquitos, sobretudo em cidades na zona intertropical, com alta variabilidade climática e densamente populosas como é o caso da área de estudo desta pesquisa.

Além disso, o processo de aquecimento global que provoca aumento das temperaturas médias globais e eventos extremos de precipitação está proporcionando o surgimento de novas áreas susceptíveis à proliferação do *Ae. aegypti*, tendo em vista sua enorme adaptação às regiões de clima quente e úmido, como bem esclarece a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) [*Pan American Health Organization (PAHO)*] (OPAS BRASIL, 2019).

Nessa conjuntura, a dinâmica populacional do *Ae. aegypti* está diretamente relacionada à influência da chuva e da temperatura. Assim, cidades como o Recife que possuem um clima caracterizado por variações sazonais, podem apresentar períodos suscetíveis à intensa disseminação de arbovírus.

Com isso, a problemática desta pesquisa pauta-se na seguinte questão central: qual a relação entre a ocorrência das arboviroses dengue, zika e chikungunya com os elementos climáticos (temperatura e precipitação) e fatores socioambientais no Recife?

Já as reflexões em torno das hipóteses surgiram a partir da revisão bibliográfica que apontaram a ocorrência de milhares de casos das referidas arboviroses em cidades de regiões tropicais, evidenciando o caráter urbano dessas doenças e a vulnerabilidade da população, com incidência e mortalidade acentuadamente maiores nos bairros periféricos e com maiores densidades populacionais. Dessa maneira, as hipóteses centrais estabelecidas foram:

- Maiores valores de precipitação e temperatura proporcionam aumento de casos de dengue, zika e chikungunya no Recife.
- A disseminação das arboviroses dengue, zika e chikungunya ocorrem em bairros com elevados problemas socioambientais, baixa infraestrutura urbana e com grandes aglomerados populacionais.

Sobreleva-se que os objetivos gerais e específicos foram elaborados para responder a questão central e comprovar ou refutar as hipóteses desta pesquisa que irão corroborar para o combate às doenças estudadas.

Também é importante ressaltar que na busca da melhor análise da problemática deste trabalho foram utilizadas diversas técnicas de geoprocessamento e (geo)estatística que permitiram resultados contundentes que servirão para o planejamento estratégico da gestão em saúde pública na área de estudo.

Portanto, a análise da relação entre os condicionantes climáticos e fatores socioambientais com os registros dos casos de dengue, zika e chikungunya, torna-se de

fundamental importância para o planejamento de ações de combate e prevenção a esses patógenos virais.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a distribuição espaço-temporal dos casos de dengue, zika e chikungunya entre 2016 e 2018, relacionando-os com os elementos climáticos e fatores socioambientais na cidade do Recife – PE.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender a distribuição espaço-temporal da dengue, zika e chikungunya no Recife a partir da incidência e prevalência dos casos.
- Compreender a influência climática na ocorrência temporal e espacial das arboviroses dengue, zika e chikungunya.
- Analisar a relação entre os fatores socioambientais e os casos de dengue, zika e chikungunya.

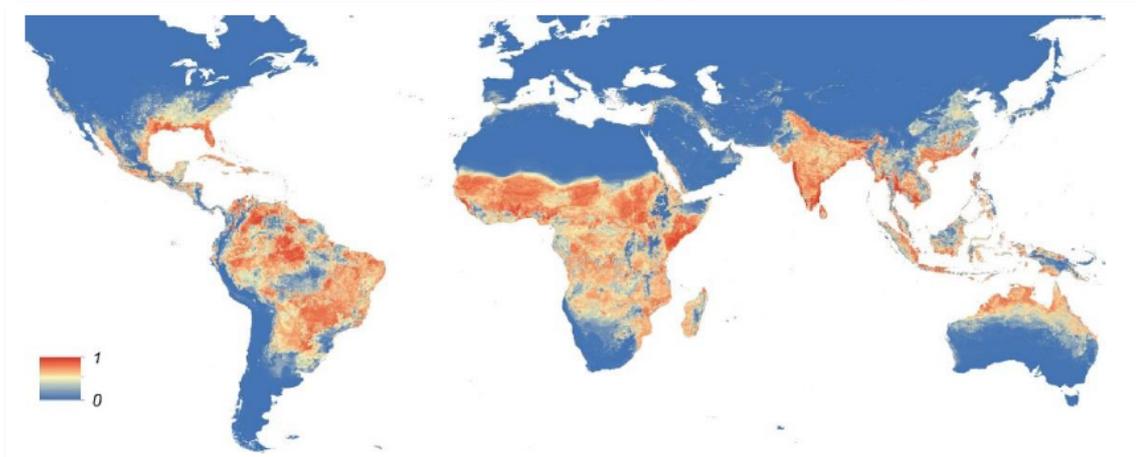
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ASPECTOS RELACIONADOS ÀS ARBOVIROSES DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA

Segundo a WHO (2020), a difusão de arboviroses como a dengue que também se aplica à zika e à chikungunya, ocorre predominantemente nos espaços urbanos localizados em regiões tropicais e subtropicais devido à adaptação do *Ae. aegypti* – principal vetor dessas doenças – a esse tipo de ambiente.

A Figura 1 expõe as regiões de maiores registros (cor vermelha) do mosquito *Ae. aegypti*, destacam-se: a) África Subsaariana, b) Sul e Sudeste da Ásia, c) Norte da Oceania e d) América Central e do Sul.

Figura 1 – Distribuição geográfica da população do *Ae. aegypti*



Fonte: Kraemer *et al.* (2015).

Diante disso, é importante destacar que a intensidade e rapidez dos fluxos de pessoas e mercadorias auxiliam na manutenção e disseminação das arboviroses. Além disso, Almeida (2016) expõe que arbovírus como a dengue têm sua circulação, principalmente, em áreas urbanas de grandes cidades com altas temperaturas e elevado índice pluviométrico.

Nesse sentido, a concentração de chuvas aliada a um ambiente com temperaturas ideais, cria uma situação ótima para dispersão do *Ae. aegypti*, e a ocorrência de casos de dengue, zika e chikungunya. Embora possa manter uma população considerável durante as estações menos chuvosas, à custa dos criadouros semipermanentes e independentes das chuvas (caixas d'água, cisternas, latões, etc.), é durante a estação chuvosa que a população do

Ae. aegypti realmente alcança níveis elevados e de importância significativa para fins de transmissão de patógenos (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

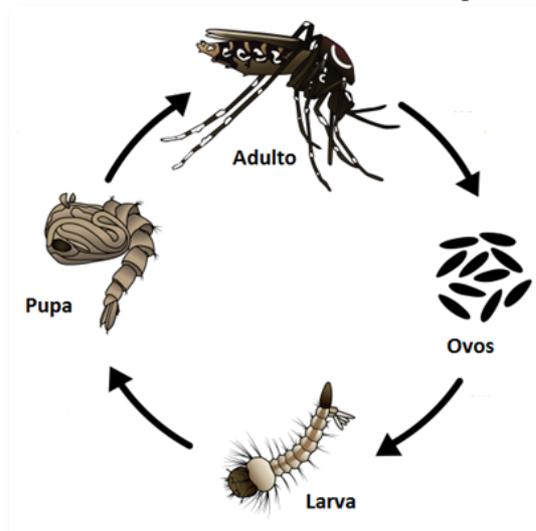
Já o período de transmissibilidade compreende dois ciclos: um intrínseco, que ocorre no homem, e outro extrínseco, que ocorre no vetor. Quando o arbovírus circulante no sangue de um humano em viremia é ingerido pela fêmea do mosquito durante o repasto, infecta o intestino médio e depois se espalha sistemicamente ao longo de um período de 8 a 12 dias. Após esse período de incubação extrínseca, o vírus pode ser transmitido para humanos durante futuros repastos. Este período de incubação é influenciado por fatores ambientais, especialmente a temperatura. Em seguida o mosquito permanece infectante até o final da sua vida, que é de 6 a 8 semanas (BRASIL, 2019).

O *Ae. aegypti* é um mosquito adaptado ao ambiente urbano de características peri e interdomiliares. Prolifera-se em diversos recipientes, geralmente introduzidos no ambiente pelo homem, a exemplo de pneus velhos abandonados, garrafas, vasos de plantas, calhas, piscinas, entre outros, cujas paredes servem à ovipostura do mosquito (ALMEIDA, 2016). Com isso, adaptações do *Ae. Aegypti* permitiram que se tornassem abundantes nas cidades e fossem facilmente levados para outras áreas pelos diversos meios de transportes, o que aumentou sua competência vetorial, ou seja, a sua habilidade em tornar-se infectado por um vírus, replicá-lo e transmiti-lo (ZARA et al., 2016).

O mosquito tem hábitos diurnos, pica o ser humano desde o amanhecer até o fim do dia e abriga-se no interior das casas para repousar em cantos sombrios, atrás de móveis, quadros, armários, entre outros refúgios. Soma-se a isso o fato de que os múltiplos e frequentes repastos sanguíneos apenas da fêmea do *Ae. aegypti*, outra especificidade da espécie, ampliam as oportunidades de inoculação viral (SILVEIRA JÚNIOR, 2010). Isso evidencia a grande capacidade de adaptação do desse mosquito ao ambiente urbano.

De acordo com a Fiocruz (2019) e apresentado na Figura 2, o ciclo de vida do *Ae. aegypti* compreende quatro etapas, e possuem a seguinte dinâmica: a) os mosquitos fêmeas depositam seus ovos em recipientes que contêm água (criadouros), b) quando os ovos se encontram no meio aquoso, ocorre o processo de incubação que pode durar de 7 a 10 dias (período mínimo) ou até meses, c) as larvas vivem na água e se convertem em pupas em um período mínimo de 5 dias e d) as pupas vivem na água e demoram no mínimo 2 dias para se transformarem em mosquitos adultos com capacidade de transmissão da dengue, zika e chikungunya.

Figura 2 – Fases de desenvolvimento do mosquito *Ae. aegypti*



Fonte: Adaptação a partir de Fiocruz (2019).

Silva Júnior e Pimenta Júnior (2008) afirmam que, a temperatura, a umidade do ar e a precipitação média anual afetam a sobrevivência e reprodução do vetor. Esses parâmetros climáticos podem ser utilizados para estratificar as áreas em que se espera que a transmissão seja endêmica, epidêmica ou esporádica.

Em relação à temperatura, Focks *et al.* (1995) estimam que o período de incubação extrínseco do vírus é de aproximadamente 8 dias, para temperaturas de 32° C e de 16 dias para temperaturas de 22° C, comprovando que as chances das fêmeas de completar o período de incubação é maior quando submetidas às temperaturas mais altas.

No que diz respeito à umidade do ar, o *Ae. aegypti* encontra enorme potencial de desenvolvimento e difusão de doenças quando a umidade do ar é elevada (acima de 70%), pois essas condições são ideais ao desenvolvimento das fases do ciclo desse mosquito (SILVA; MARIANO; SCOPEL, 2007; SILVA *et al.*, 2015; ALMEIDA, 2016; ALMEIDA; SILVA, 2017).

Esses e outros estudos como os de Patz *et al.* (1998) indicam que as características do clima como a temperatura, umidade do ar e a precipitação induzem variações na eficiência vetorial do *Ae. aegypti*, sendo determinantes importantes no padrão cíclico anual de arboviroses.

3.2 CLIMA E ARBOVIROSES

O clima e suas variações exercem grande influência sobre a sociedade e se manifestam de diversas maneiras, sobretudo, na saúde humana. Assim, existe a possibilidade de haver uma relação, direta ou indireta, entre as irregularidades do tempo atmosférico e do clima e o agravamento do estado de saúde das coletividades.

Segundo Mendonça (2000), a saúde humana é fortemente influenciada pelo clima através das condições térmicas, de dispersão (ventos e poluição) e umidade do ar, exercendo destacada influência sobre a manifestação de muitas doenças, epidemias e endemias, criando condições favoráveis ao desenvolvimento dos transmissores de doenças.

Nesse contexto, considera-se que o clima possui grande relevância no que diz respeito à qualidade de vida da população, especialmente, no que se refere à saúde, visto que há uma forte relação entre os elementos atmosféricos e a incidência de algumas doenças em ambientes tropicais.

Diante disso, o clima desempenha papel determinante na incidência de certas doenças, uma vez que afeta a resistência do corpo humano a algumas doenças e em segundo lugar influencia o crescimento, a propagação e a difusão de alguns organismos patogênicos ou de seus hospedeiros (AYOADE, 2004). Assim, doenças como a dengue, zika e chikungunya tendem a se disseminar em áreas de clima tropical (hegemonicamente quente e úmido), pois é onde o seu principal transmissor no Brasil (*Ae. aegypti*) encontra ambiente favorável à sua reprodução.

Barcellos *et al.* (2009) ainda ressalta que o ciclo de vida dos vetores, os reservatórios e os hospedeiros estão diretamente relacionados à dinâmica dos ecossistemas onde vivem e, por conseguinte, às variáveis climáticas.

Outra questão que merece destaque em relação à disseminação de arbovírus associa-se às evidências de alterações climáticas em virtude da emissão atmosférica de Gases do Efeito Estufa (GEE). Nesse contexto, o aumento da temperatura média global, de acordo com Sousa *et al.* (2018), está influenciando a área de abrangência das arboviroses, como por exemplo, o aumento de doenças ligadas ao *Ae. aegypti* nas zonas subtropicais.

Lopes, Nozawa e Linhares (2014) ainda destaca que o único continente onde os arbovírus não são endêmicos é o Antártico, pois esses vírus tendem a ter uma distribuição geográfica e climática restrita – porém cada vez mais abrangente –, como parte de um subsistema ecológico especial representado pelos vírus, vetores, hospedeiros e reservatórios.

Aleixo e Sant'Anna Neto (2011) explicam que as principais enfermidades que se associam diretamente ao clima estão nas cidades e são as de veiculação hídrica como as arboviroses, que dependem da quantidade e da forma de disposição de água no sistema urbano, é neste que há grande concentração de recipientes (pneus, calhas garrafas, latas e baldes), que acumulam água e acabam servindo de foco para proliferação de insetos como o *Ae. aegypti* e fonte potencial de enfermidades de veiculação hídrica.

Dessa maneira, o clima, principalmente nos locais com maiores pluviosidades, desempenha papel importante na difusão de arbovírus. Roseghini (2013, p. 24) ainda expõe que:

O *Ae. aegypti* normalmente é encontrado em regiões tropicais e subtropicais compreendidas entre as latitudes 35° N e 35° S ou mesmo fora desses limites, mas bem próximo da isoterma média anual de 20°C ou das isotermas de inverno de 10°C, evidenciando a grande condição endêmica que o clima representa ao mosquito.

Nessa perspectiva, Rouquayrol (1999) esclarece que os elementos climáticos que mais influenciam o *Ae. aegypti* no processo de transmissão de arboviroses são a temperatura do ar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica, embora exista também uma pequena interferência no deslocamento do mosquito pela velocidade do vento.

Com isso, é fundamental o papel dos elementos climáticos na propagação de doenças endêmicas como as arboviroses transmitidas pelo *Ae. aegypti*, sendo de suma importância analisar a maior ou menor influência de um determinado elemento sobre os organismos patogênicos e seus hospedeiros.

3.3 VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL URBANA

O espaço ambiental, segundo Grazia e Queiroz (2001), refere-se àquele onde vive e no qual articula indissolivelmente sociedade e ambiente. Esses autores ainda esclarecem que a condição de pobreza de uma dada população está estreitamente vinculada à condição de formação de vulnerabilidade socioambiental.

Diante disso, é importante considerar que a vulnerabilidade envolve uma diversidade de implicações sociais, econômicas, tecnológicas, culturais, ambientais e políticas que estão diretamente associadas à condição de pobreza de representativa parte da sociedade moderna (MENDONÇA, 2004).

Nesse contexto, ainda segundo Mendonça (2004), a proliferação de bairros periféricos e considerável ocupações irregulares de áreas públicas ou privadas para habitação proporcionam aos residentes desses lugares diversos tipos de impactos e riscos ambientais. Assim, as franjas urbanas e aglomerados subnormais evidenciam a concentração da pobreza e, portanto, da vulnerabilidade socioambiental urbana. De acordo com Grazia e Queiroz (2001), isso mantém o padrão segregador da urbanização brasileira, revelando a impossibilidade da maior parte da população de ter acesso à infraestrutura de qualidade, o que agrava as condições de vida e vulnerabilidade.

Esse processo de urbanização desigual e excludente típico de países não desenvolvidos, Santos (1994, p. 104) denomina de urbanização corporativa que

Legitimada pela ideologia do crescimento, a prática da modernização cria, no território como um todo, em particular nas cidades, os equipamentos, mas também as normas indispensáveis à operação racional vitoriosa das grandes firmas, em detrimento das empresas menores e da população como um todo. Daí, em pouco tempo, resultados concomitantes: a extraordinária geração de riquezas, cada vez mais concentradas, não é contraditória com a enorme produção de riqueza, cada vez mais difundida, enquanto surgem novas classes médias.

Essa forma de urbanização possibilita elevada segregação socioespacial nos centros urbanos brasileiros, no qual as classes sociais médias e ricas têm acesso aos melhores serviços públicos e infraestrutura urbana, enquanto as classes mais pobres concentram-se em comunidades subnormais – 19,5% da população do Recife moram nessas áreas (Cf. IBGE (c2020b) – ou periferias que não oferecem o mínimo de condição à moradia adequada e, por consequência, intensificam a vulnerabilidade socioambiental urbana.

Isso é evidenciado por Jean-Michel Roux (1980) quando ele expõe que as transformações do território são fruto de modelos ideológicos sobre o desenvolvimento e a modernidade que se impõem aos detentores do poder, tendo o Estado como ferramenta de efetivação dessas transformações. Assim, o Estado “possui um quase monopólio das reflexões sobre o planejamento do território, controla diretamente uma parte essencial dos investimentos mais determinantes para a organização do espaço” (ROUX, 1980 apud SANTOS, 1994, p. 123), ou seja, os investimentos urbanos, que são controlados pelo Estado, beneficiam as grandes corporações e as classes sociais com boa capacidade de acumulação e produtividade que são favoráveis ao intenso desenvolvimento do sistema capitalista.

Para exemplificar essa conjuntura, vale destacar o caso da área de estudo desta pesquisa: de acordo com Recife (2015), em 2014, 60,9% das moradias do Recife eram

classificadas como Comunidades de Interesse Social (CIS) que correspondem às áreas predominantemente ocupadas por população de baixa renda e com precariedade de infraestrutura urbana, especialmente a de saneamento básico.

Assim, considerando os investimentos urbanos desiguais proporcionados pelo Estado e a rápida e mal planejada urbanização do Recife que gerou ambientes urbanos com estágios diferenciados de degradação ambiental e das condições de qualidade de vida dos habitantes, essas áreas habitacionais desassistidas pelos serviços públicos de qualidade se refletem em espaços de vulnerabilidade socioambiental, tendo em vista os diversos riscos ambientais que as populações desses bairros estão suscetíveis, dentre eles o objeto de estudo desta pesquisa: as arboviroses dengue, zika e chikungunya.

3.4 ESPAÇO URBANO E ARBOVIROSES

As arboviroses encontram nas cidades o ambiente ideal para sua disseminação, pois são nos ambientes urbanos onde há grandes concentrações populacionais e enorme quantidade de criadouros de vetores e, dentre eles, destaca-se o *Ae. aegypti* que sua etologia² favorece sua ampla dispersão no intra e no peridomicílio humano.

Dessa forma, é importante destacar que além da interferência e da modificação dos ambientes pela ação humana, outros fatores também estão relacionados à emergência de arboviroses nas cidades, tais como: o crescimento populacional urbano inadequado, o processo de globalização e as mudanças climáticas (MCMICHAEL; WOODRUFF, 2008).

Nessa perspectiva, Lima-Camara (2016) expõe que com a modificação do ambiente causada por ações antrópicas associadas, principalmente, às atividades econômicas, muitos insetos vetores, como os mosquitos, tornaram-se sinantrópicos³, favorecendo a transmissão de doenças ao ser humano.

Nesse contexto, as cidades tornam-se a maior representatividade do ambiente construído pela ação antrópica, as quais cresceram de acordo com o desenvolvimento capitalista, ou seja, de forma desigual onde se percebe forte disparidade socioeconômica. Santos (1994) ainda expõe que:

[...] a cidade em si, como relação social e materialidade, torna-se criadora de pobreza, tanto pelo modelo socioeconômico de que é o suporte, como pela sua estrutura física, que faz dos habitantes das periferias pessoas ainda mais

² Refere-se ao comportamento dos animais e insetos em seu habitat natural.

³ Adaptação de insetos vetores de doenças, como as arboviroses, às condições ambientais criadas pela interferência humana (TUNES, 2001).

pobres. A pobreza não é apenas o fato do modelo socioeconômico vigente, mas também do modelo espacial (SANTOS, 1994, p. 10).

Nessa conjuntura, principalmente nos países não desenvolvidos como o Brasil, é inevitável encontrar espaços urbanos sem que existam áreas que apresentem desigualdades de ordem estrutural. De um lado, existem bairros luxuosos com infraestrutura adequada, onde há um serviço público atuante, e de outro, bairros precários, sem saneamento básico, com moradias precárias e insalubres que favorecem à propagação das arbovirose como a dengue, zika e chikungunya.

Isso evidencia a diversidade socioespacial nos ambientes urbanos com a presença de melhores infraestruturas nos bairros onde residem pessoas de maior poder aquisitivo, que pode tornar esses habitantes menos vulneráveis à infecção por arbovírus.

Além disso, é importante ressaltar que os ambientes urbanos não estão isolados no espaço geográfico, eles se inter-relacionam uns com os outros em vários níveis escalares e, até mesmo, com os espaços rurais, com as quais estabelecem relações de troca que se intensificam no contexto da globalização.

Nessa perspectiva, o conceito de rede urbana torna-se muito pertinente para melhor compreensão da difusão dos arbovírus nas cidades. Segundo Egler *et al.* (2011), a rede urbana de um país reflete, em grande medida, o nível de integração dos sistemas produtivos, financeiro e sociocultural em seu território. Corrêa (2004) ainda expõe que a rede urbana, por sua vez, também influencia a forma como aqueles sistemas se organizam territorialmente por meio do papel das cidades enquanto polos organizadores de processos econômicos e sociais, lócus de tomada de decisão.

Esse entendimento pressupõe que a análise do sistema urbano e suas possibilidades de transformações, permitidas pela intensificação das trocas globais, podem contribuir para ações de planejamento público como àqueles ligados à saúde das coletividades.

Nesse sentido, para melhor entendimento da disseminação das doenças transmitidas por mosquitos nas cidades do Brasil, torna-se importante o conhecimento da rede urbana que abrange o conjunto de centros urbanos de diferentes posições hierárquicas que concentra os principais fluxos de bens, serviços e pessoas que se estabelecem entre os espaços urbanos e rurais (EGLER *et al.*, 2011).

Diante disso, o grau de inter-relacionamento entre as cidades está ligado a maior ou menor rapidez na disseminação das arbovirose, ou seja, cidades mais conectadas à rede urbana possuem maior vulnerabilidade no processo de difusão desses patógenos.

Assim, se houver a entrada de um novo agente infeccioso em determinado espaço urbano, provavelmente esse agente vai seguir a rede urbana, onde cidades maiores, com maior grau de conectividade, estarão mais vulneráveis (ALMEIDA; SILVA, 2018).

Destarte, a proliferação das arboviroses é um sério problema de saúde pública global, pois a maior parte da população mundial vive nas cidades e, no Brasil, essa problemática é ainda maior, tendo em vista que, de acordo com o Censo Demográfico 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) (Cf. IBGE, c2020a), a taxa de urbanização é de aproximadamente 84%. Isso pressupõe a necessidade de planejamento público ligado ao combate de arboviroses, tendo como alvo, principalmente, o combate de vetores, a prevenção e conscientização da população sobre essas doenças.

3.5 GEOGRAFIA DA SAÚDE

A análise dos problemas da saúde humana relacionados aos elementos do meio, no mundo ocidental, tem como ponto de partida o paradigma hipocrático, sendo a obra “Ares, águas e lugares” um grande exemplo. Cairus (2005) expõe que nessa obra o autor faz uma importante descrição dos efeitos ambientais na saúde de indivíduos e populações.

Diante disso, é importante destacar que ao longo da história a concepção em torno da relação saúde x ambiente refletia as questões socioculturais de cada grupo social. Mendonça, Araújo e Fogaça (2015, p. 45) expõem:

À medida que as populações criaram novas relações entre si e com o meio, gerando desequilíbrios ambientais e uma nova natureza transformada, produtora de novas enfermidades, criou-se a necessidade de estudos que levassem em consideração o ambiente como produtor dos processos de saúde e doença.

Nesse contexto e evidenciando os pressupostos mais recentes sobre essa questão, ressalta-se a concepção de saúde estabelecida em 1948 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) que a compreende como pleno estado de bem-estar físico, mental e social. Todavia, a situação de bem-estar é fortemente variável no espaço ao longo do tempo, sendo resultante da interação complexa de vários fatores geográficos e é nessa interação que, na atualidade, a Geografia da Saúde tem como um dos seus principais objetivos: o estudo das relações espaciais do processo saúde-doença nas populações.

Sobreleva-se que, no Brasil, um dos estudos mais relevantes envolvendo a Nosogeografia⁴ – vertente da Geografia da Saúde – que está ligada aos conhecimentos geográficos e de saúde, foi o de Josué de Castro na década de 1950 através da obra “Geografia da Fome”, na qual ela dá uma contribuição decisiva para a compreensão geográfica das manifestações das enfermidades. Além de Castro, a influência de Milton Santos, a partir da emergência da Geografia Crítica⁵ na década 1970, foi extremamente relevante nas pesquisas de saúde pública brasileira.

De acordo com Faria e Bortolozzi (2009), as contribuições de Milton Santos no campo da saúde ajudou a suplantar a fragilidade da ciência epidemiológica no entendimento do processo saúde-doença no contexto brasileiro de profundas mudanças sociais no período de 1970 até os dias atuais, entre elas: modificação do perfil epidemiológico, processo de urbanização e a intensificação das relações sociais, as novas possibilidades epidêmicas causadas pela globalização, a relação dos impactos ambientais com saúde, o surgimento de novas doenças e o reaparecimento de doenças potencialmente controladas.

Essas contribuições encontraram na geografia brasileira um ambiente muito propício, pois o contexto era de amplo emprego de perspectivas críticas ligadas ao marxismo. Nessa direção, a Geografia da Saúde, no Brasil, passa a focar os problemas de saúde pública associados às relações socioeconômicas desiguais proporcionadas pelo capitalismo.

Nesse contexto, as pesquisas nesse campo do conhecimento têm no seu arcabouço de análise a função socioeconômica dos elementos ambientais atrelada a outros determinantes que atuam sobre a saúde humana, pois as atividades antrópicas geram impactos ambientais, que comprometem o equilíbrio e o estado existente de um ambiente e esses impactos são gerados pelo homem de acordo com as suas necessidades, as quais variam de intensidade e velocidade no decorrer do tempo (SANTOS, 2007; MENDONÇA; ARAÚJO; FOGAÇA, 2015).

Com isso, a análise crítica da Geografia no campo da saúde revela as desigualdades socioeconômicas de grande parte da população, principalmente, nos países pobres ou subdesenvolvidos industrializados como o Brasil. Essa análise vai revelar a exclusão de parte significativa da sociedade, concentrada em um território degradado, onde pobres de todas as naturezas lutam contra todas as precariedades e desassistência em saúde. Dessa forma, se

⁴ É considerada a abordagem mais tradicional da Geografia da Saúde que se propõe à identificação e análise de padrões de distribuição espacial das questões de saúde e doença como um todo nas relações tempo-espaciais (MENDONÇA; ARAÚJO; FOGAÇA, 2015).

⁵ Essa corrente do pensamento considera o espaço geográfico como dinâmico e dialético que leva em consideração as relações existentes entre os seres humanos e o meio modificado por eles a partir do sistema capitalista (MORAES, 2003).

estabelece um debate sobre a determinação social do processo saúde-doença, que já vinha ocorrendo na geografia desde a década de 1950.

Já no final da década de 1980, de acordo com Bonfim e Medeiros (2008), iniciam-se, na conjuntura da Geografia da Saúde, as pesquisas que utilizam técnicas de geoprocessamento⁶ para localização e distribuição espacial da ocorrência dos diversos tipos de patógenos.

A partir desse contexto, é cada vez maior a utilização do processamento e análise de dados georreferenciados na compreensão da difusão de doenças no espaço geográfico. Ricketts (2003) ainda expressa que essas técnicas se mostraram fundamentais no processo de gestão dos riscos e do planejamento em saúde.

3.6 GEOPROCESSAMENTO APLICADO À GEOGRAFIA DA SAÚDE

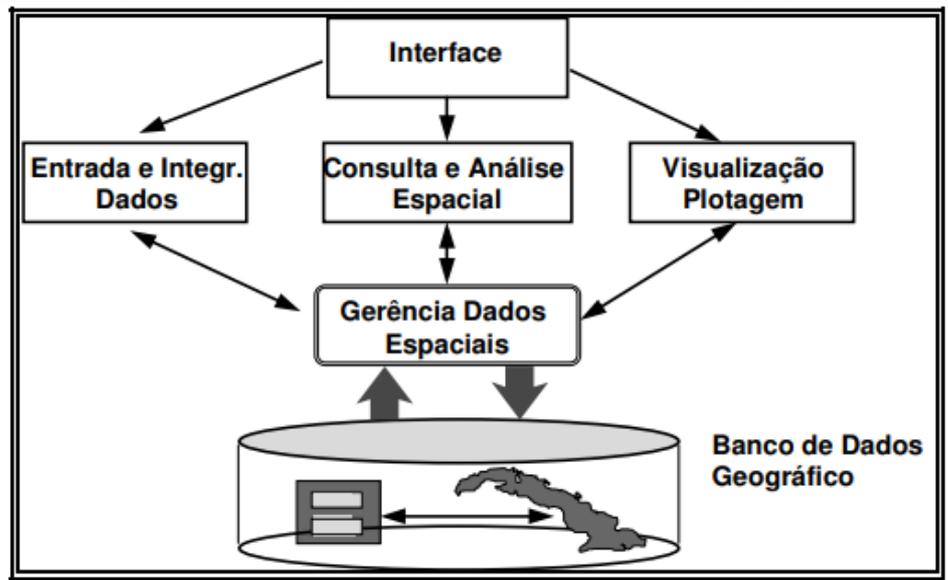
A espacialização e associação das doenças com fatores sociais, econômicos e ambientais são os alicerces da Geografia da Saúde. Nessa perspectiva, essa área do conhecimento, ao buscar a compreensão e distribuição das diferentes doenças no espaço geográfico, tem se apoiado em técnicas de geoprocessamento que, dentre outras funções, elabora produtos cartográficos através de softwares ligados aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

É importante destacar que os SIG são ferramentas computacionais que servem para análises complexas de dados, integração de dados gráficos e não gráficos, criação de banco de dados georreferenciados e automatização da produção de documentos cartográficos em ambiente digital.

Os SIG têm a capacidade de reunir grande quantidade de dados geográficos, estruturá-los e manipulá-los adequadamente. Câmara (1995) expõe que um SIG tem os seguintes componentes: a) interface com usuário, b) entrada e integração de dados, c) funções de processamento gráfico de imagem, d) visualização e plotagem e e) armazenamento e recuperação de dados que são organizados sob a forma de um banco de dados geográficos. A Figura 3 apresenta o relacionamento desses componentes.

⁶ Segundo Santos, Pina e Carvalho (2000), é o conjunto de técnicas de coleta, tratamento e exibição de informações georreferenciadas.

Figura 3 – Estrutura geral de sistemas de informações geográficas



Fonte: Câmara (1995).

Diante disso, Câmara (1995) ainda expõe que as principais características do SIG são:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de meio físico-biótico, de dados censitários, de cadastros urbanos e outras fontes de dados como imagens de satélites.
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geográficos.

Dessa forma, os SIG permitem realizar diversas operações que podem ser utilizadas conforme os objetivos da pesquisa, e assim, permitir o mapeamento de patógenos e avaliações de vulnerabilidade socioambiental às doenças.

Além disso, ressalta-se que, no âmbito da Geografia da Saúde, os softwares de SIG corroboram para uma excelente análise geoespacial das doenças, pois, segundo Carvalho *et al.* (2007) é possível identificar, localizar e visualizar a ocorrência de dados epidemiológicos que se materializam no espaço geográfico.

Segundo Barcellos, Silva e Andrade (2007), a análise geoespacial compreende: a) métodos de visualização b) métodos exploratórios e c) métodos que auxiliem na escolha de um modelo estatístico ou geostatístico e a estimação dos parâmetros desse modelo. Esses métodos utilizam os seguintes procedimentos: seleção, manipulação, análise exploratória e modelagem espacial.

Com isso, a partir de técnicas geoestatísticas, é possível modelar a ocorrência de fenômenos epidemiológicos e geográficos, incorporando fatores determinantes da estrutura de distribuição espacial ou da identificação de padrões pontuais epidemiológicos no espaço geográfico.

Almeida (2016) expõe que o estimador Kernel é um bom exemplo para a identificação de padrões pontuais epidemiológicos, pois é uma técnica exploratória que serve para analisar o comportamento de pontos e estimar a intensidade pontual do processo na área de estudo. Nogueira *et al.* (2009) ainda esclarece que essa técnica foi desenvolvida para obter uma estimativa suavizada de uma densidade de probabilidade uni ou multivariada, a partir de uma amostra de dados observados, que no caso desta pesquisa são os dados ligados aos casos das arboviroses dengue, zika e chikungunya.

Além disso, também é importante considerar a importância do georreferenciamento⁷ dos casos das doenças, que se mostra de suma importância para a análise geoespacial e avaliação de riscos à saúde coletiva, pois permite o mapeamento das enfermidades e contribui na estruturação e análise de riscos socioambientais (EICHELNERGER, 1993; RICHARDS *et al.*, 1999; SKABA *et al.*, 2004).

Nardi *et al.* (2013) expõe que esses recursos de georreferenciamento e produção de mapas através de SIG é extremamente eficaz no combate aos problemas ligados à difusão de doenças, pois podem mostrar a realidade epidemiológica, facilitar a realização de pesquisas e auxiliar no planejamento de ações em saúde pública.

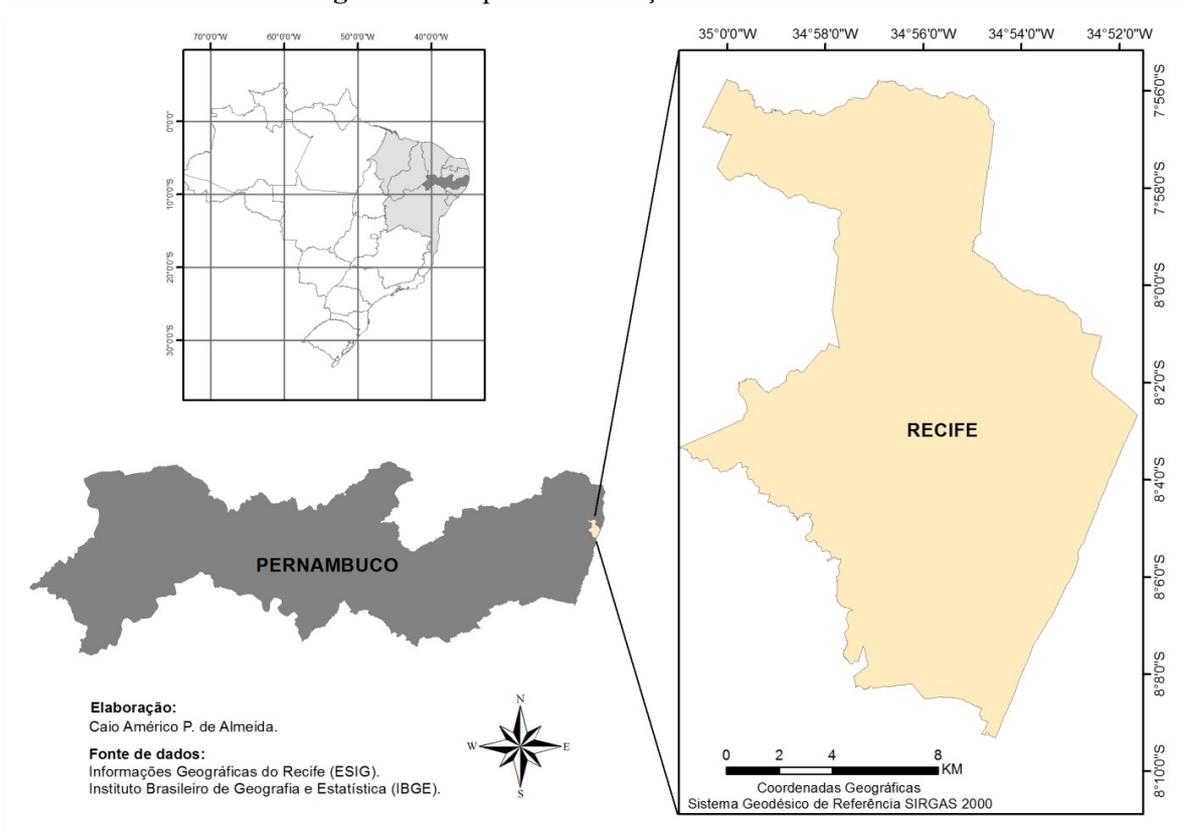
Diante do exposto, fica evidente que técnicas de geoprocessamento aliadas aos Sistemas de Informações Geográficas têm contribuído significativamente nas pesquisas que envolve a distribuição de dados epidemiológicos no espaço geográfico, tendo em vista a enorme quantidade de ferramentas (geo)estatísticas e recursos de análise geoespacial que auxiliam na otimização do mapeamento em saúde.

⁷ Localização geográfica de determinado fenômeno, a partir de técnicas de geoprocessamento.

4 A CIDADE DO RECIFE

Recife é a capital do estado de Pernambuco e está inserida no litoral da Região Nordeste do Brasil, localizada entre as latitudes $7^{\circ}55'0''S$ e $8^{\circ}9'30''S$ e as longitudes $34^{\circ}51'10''W$ e $35^{\circ}1'0''W$. A Figura 4 apresenta o mapa de localização geográfica destacando a Região Nordeste e o estado de Pernambuco à esquerda e, à direita, a cidade do Recife.

Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Adaptação a partir de ESIG (c2020b) e IBGE (c2020c).

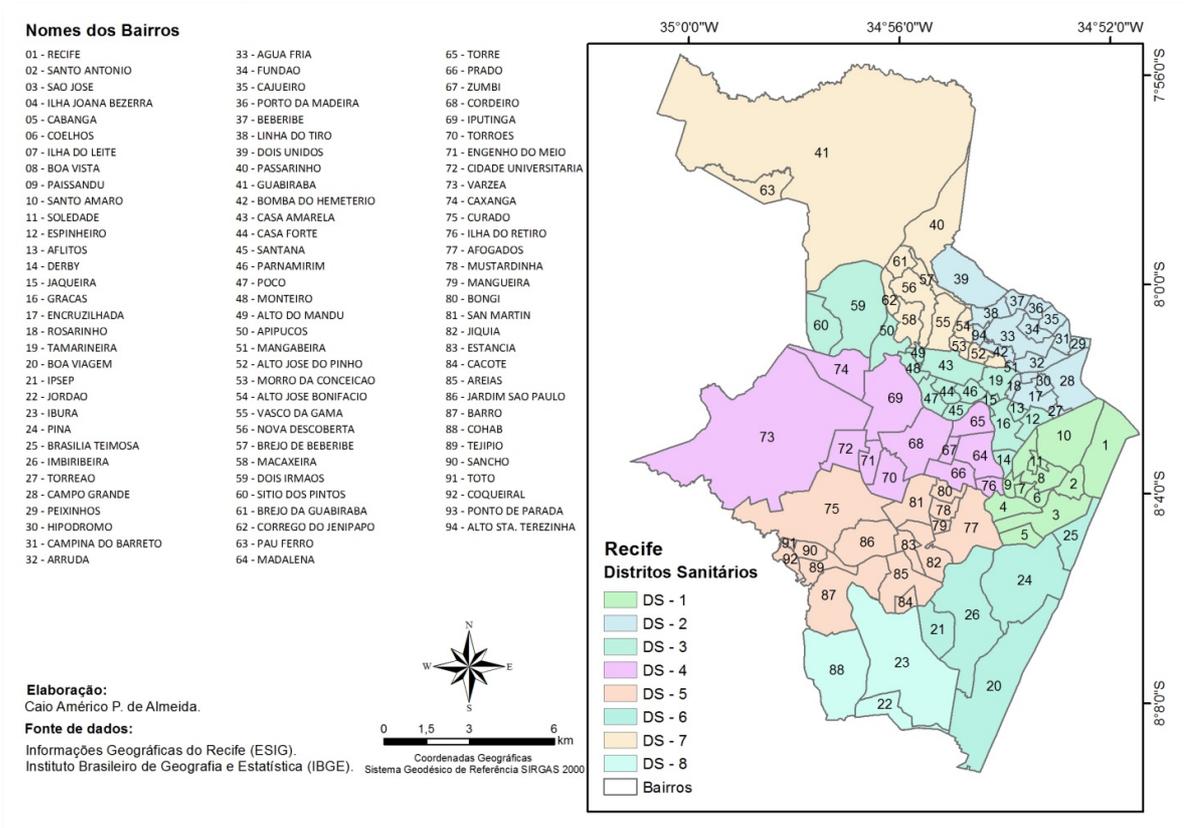
Também é importante destacar que, segundo o IBGE (Cf. IBGE, c2020c), a população estimada em 2019 do Recife foi de 1,64 milhão de habitantes, ficando na nona posição dentre as cidades do Brasil. Possui uma densidade demográfica (hab./km²) de 7.039 habitantes e sua Região Metropolitana (RM) tem 3,73 milhões de residentes que é o quinto maior quantitativo populacional dentre as RMs do Brasil de acordo com o censo do IBGE de 2010.

A área de estudo ocupa lugar de destaque no desenho das redes regionais de saúde de Pernambuco, sendo sede da Macrorregional I do estado que agrega as Regiões I, II, III e IV de Saúde, com objetivo de organizar, entre si, ações e serviços de média e alta densidade

tecnológica. Além disso, o município é sede da I Região de Saúde que se destaca pela forte concentração econômica e demográfica com relação ao restante do estado (RECIFE, 2018).

Como exposto na Figura 5, Recife está dividida em 94 bairros aglutinados em 8 Distritos Sanitários (DS). Nesse sentido, é fundamental ressaltar que, segundo Recife (2018), a partir do ano de 2013, estruturou-se uma nova divisão político administrativa da saúde, com criação de dois novos DS – antes eram apenas 06 – que atenderam as solicitações dos usuários(as), trabalhadores(as) e gestores(as) do SUS e, principalmente, objetivou maior eficiência da gestão em saúde pública.

Figura 5 – Distritos sanitários e localização dos bairros no Recife



Fonte: Adaptação a partir de ESIG (c2020b) e IBGE (c2020c).

Nessa conjuntura, os novos distritos reforçam o desafio de fortalecer as ações de saúde desenvolvidas nos territórios intramunicipais, respeitando os princípios da regionalização e hierarquização, prezando pela maior eficiência econômica e social (RECIFE, 2018).

No que se refere aos aspectos demográficos dos Distritos Sanitários (Tabela 1), ressalta-se que a maior concentração populacional está no DS IV que compreende 18,24% da população e a menor concentração está no DS I, correspondendo a 5,10% dos residentes recifenses (RECIFE, 2018).

Tabela 1 – Habitantes dos Distritos Sanitários no Recife, 2017

Distrito Sanitário	Homens	Mulheres	Estimativa 2017	Percentual DS
I	37.588	45.263	82.850	5,10
II	108.710	126.335	235.045	14,48
III	61.137	76.446	137.583	8,48
IV	135.992	160.083	296.075	18,24
V	127.781	148.732	276.513	17,04
VI	117.539	141.664	259.203	15,97
VII	89.398	99.140	188.538	11,62
VIII	69.231	78.103	147.334	9,08

Fonte: Adaptação a partir de Recife (2018).

4.1 CARACTERÍSTICA SOCIOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

Recife foi fundada em 1537 e atualmente sua composição territorial é bem diversificada, sendo constituída de: morros (67,43%); planície flúvio-marinha (23,26%); massas d'água (9,31%); e Zonas Especiais de Preservação Ambiental – ZEPA (5,58%) (RECIFE, 2014).

A mancha urbana recifense, de acordo com Gomes (2007), é resultado do seu processo de metropolização efetivado na década de 1950. Isso foi reflexo das transformações que ocorreram no Brasil a partir da década de 1940, onde houve a mudança de uma sociedade hegemonicamente agrícola para uma sociedade urbano-industrial consolidada a partir da década de 1960, fortemente marcada pela desigualdade social e por sérios problemas ambientais.

Já na década de 1990 ficou claro que o resultado do intenso processo de urbanização não planejada, segundo Brandão (2011), gerou elevada densidade demográfica nos centros urbanos, problemas de infraestrutura nas cidades, moradias precárias, aumento da pobreza e da população favelada que ainda acarreta sérios prejuízos à saúde humana.

Destaca-se que o ambiente urbano do Recife é fruto dessa expansão inadequada e mal planejada, proporcionando diversos ambientes insalubres (Figura 6) e com grande vulnerabilidade à ocorrência de várias doenças, com destaque para as arboviroses estudadas nesta pesquisa.

Figura 6 – Comunidade do Pilar no bairro do Recife no DS I



Fonte: Burgos e TV Globo (2019).

Nessa conjuntura é importante ressaltar que Recife tem longa tradição em levantamentos e cadastros dos espaços onde reside a população pobre. Segundo os dados do Atlas das Infraestruturas Públicas em Comunidades de Interesse Social do Recife referentes ao ano de 2014 (RECIFE, 2015), já na primeira década do século XX, foram identificados mais de 40% dos domicílios em mocambos.

No entanto, a partir do final da década de 1970 foram realizados três levantamentos gerais que abrangeram todas as comunidades identificadas sob promoção de instituições públicas (RECIFE, 2015). A seguir a caracterização de cada levantamento:

- 1978 Assentamentos de Baixa Renda: considerou como “assentamentos de baixa renda” aqueles que se caracterizavam por “acentuada desordenação espacial, elevada densidade habitacional, deficientes dimensões de habitações, reduzida frequência de acessos e pela inexistência ou precariedade dos serviços de infraestrutura básica e social” (AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO, 1978, p. 17).
- 1988 Assentamentos Populares: estabeleceu aqueles com mais de 10 imóveis concentrados que apresentam baixo padrão construtivo das edificações, morfologia urbana densa, diferenciada do seu entorno, com traçado viário irregular e/ou pouco permeável (RECIFE, 2015).

- 1998 Áreas Pobres: adotou o critério que consiste em “mais de 10 imóveis aglutinados com tipologia habitacional de baixo padrão construtivo, morfologia urbana densa com tecido predominantemente irregular e pouco permeável, resultando em espaços insalubres e/ou descontextualizados de seu entorno (LIMA; LEITE, 2000).

Segundo Cavalcanti *et al.* (2016), todas essas denominações se referem aos assentamentos precários. São áreas que estão localizadas em terrenos particulares ou públicos com padrão construtivo majoritariamente de baixa qualidade ou precário, cujo padrão urbanístico resulte em espaços insalubres, promíscuos e descontextualizados (PERNAMBUCO, 2002).

Assim, ressalta-se que todas essas tipologias já citadas estão associadas à morfologia desigual do traçado urbano, às características físico-naturais do sítio, à precariedade dos materiais de construção das edificações, à irregularidade fundiária, à precariedade das condições de renda da família e à precariedade da infraestrutura básica e social (CAVALCANTI *et al.*, 2016).

Já a partir dos anos 2000 o Sistema de Informações Geográficas dos Assentamentos Populares da Região Metropolitana do Recife (SIGAP-RMR) consolida uma única base de dados que englobou os três cadastros (1978, 1988 e 1998). Esse sistema serviu de base para o estabelecimento do mapeamento das Comunidades de Interesse Social (CIS) que

Parte do entendimento da cidade como um conjunto de infraestruturas públicas distribuídas de forma equânime no espaço urbano e, portanto, tem como objetivo central o levantamento das infraestruturas públicas de saneamento, urbanísticas e sociais, considerando as características naturais, econômicas e viárias do Recife e demonstrando que essas áreas são partes integrantes da dinâmica urbana (RECIFE, 2015, p. 24).

Nessa conjuntura, é importante destacar que os assentamentos precários aumentaram significativamente ao longo dos anos como apresentado na Tabela 2. Em aproximadamente 36 anos houve um aumento de 472 desses assentamentos que atualmente abrange uma área de 20,4% do território de Recife. Em relação às moradias nesses lugares, em 1978 eram 103.700 e atualmente são 286.756, ou seja, um aumento de 183.053 que corresponde a 60,9% do total de moradias da cidade recifense. Já a população estimada registrou um aumento de 298.939 entre 1978 e 2014 que, atualmente, representa mais da metade (53,2%) da população total da área de estudo.

Tabela 2 – Assentamentos de baixa renda, assentamentos populares, áreas pobres e comunidades de interesse social no Recife

Itens	Assentamentos de Baixa Renda	Assentamentos Populares	Áreas Pobres	Comunidades de Interesse Social
Quantidade	73	489	420	545
% sobre Recife	17,71	33,10	34,16	45,13
Moradias	103.700	166.170	191.450	286.756
% sobre Recife	42	54,3	50,9	60,9
População estimada	518.600	630.850	727.510	817.538
% sobre Recife	43,1	48,6	51,1	53,2

Fonte: Adaptação a partir de Recife (2015).

Sobreleva-se que essas 545 Comunidades de Interesse Social ocupam 20% da área total do município e cerca de 30% de sua área construída, no qual 74 são Zonas Especiais de Interesse Social⁸ (ZEIS) que ocupam 12% da área total e 22% da área construída do Recife (ROCHA; NOGUEIRA, 2018).

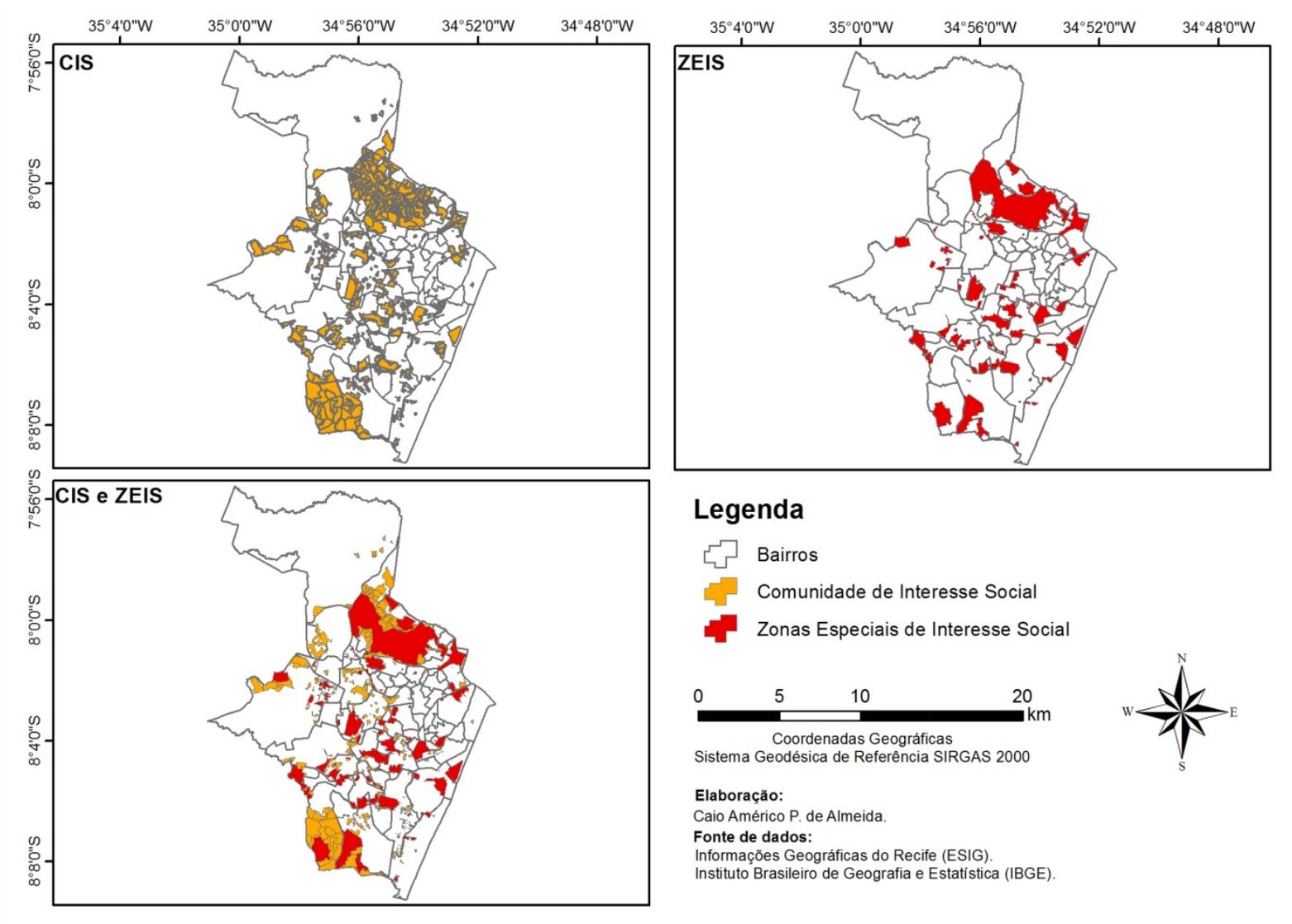
Dessa forma, a maioria dos domicílios em condições de precariedade estão localizados em ZEIS e CIS, apresentadas na Figura 7, onde são registrados os piores índices de saneamento, saúde, educação e habitabilidade.

No entanto, o Plano de Regularização da Zonas Especiais de Interesse Social (PREZEIS) está em consonância com os novos padrões de articulação entre movimentos sociais e Estado. Assim, o PREZEIS atende aos interesses dos habitantes em assentamentos precários, além de estabelecer orientações para regularização urbanística e fundiária das ZEIS (ROCHA; NOGUEIRA, 2018).

Ainda Segundo Rocha e Nogueira (2018), o reconhecimento da prioridade do direito social à moradia sobre o direito à propriedade estabelecida na Lei do PREZEIS representa um marco referencial nas conquistas sociais ligadas ao direito à cidade e que serve para enfrentar a marginalização e pobreza, na qual vive a maior parte dos cidadãos recifenses que são excluídos do mercado imobiliário formal.

⁸ “A Lei 14.947/1987 foi substituída pela Lei do PREZEIS, nº 16.113/1995 (atual) definindo as ZEIS como ‘áreas de assentamentos habitacionais de população de baixa renda, surgidos espontaneamente, existentes, consolidados ou propostos pelo Poder Público, onde haja possibilidade de urbanização e regularização fundiária’” (ROCHA; NOGUEIRA, 2018, p. 4).

Figura 7 – Comunidades de Interesse Social (CIS) e Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) no Recife



Fonte: Elaboração própria.

O direito à cidade consiste no direito de todos à moradia digna, aos meios de subsistência, ao saneamento ambiental, à saúde, à educação, ao transporte público, à alimentação, ao trabalho, ao lazer e à informação (SANTOS JUNIOR, 2009).

Diante dessa conjuntura, as CIS e ZEIS representam lugares de habitação precária com forte desigualdade socioespacial no Recife, mas são marcos referenciais importantes para a conquista do direito à moradia e à cidade.

Também é importante considerar que na área de estudo existem bairros com boa infraestrutura e residentes com alto poder aquisitivo, onde os serviços urbanos são prestados de forma adequada. Isso é evidenciado, principalmente, nos seguintes lugares: a) orla de Boa Viagem/Pina, b) agregado dos bairros Graça, Aflitos, Derby e Espinheiro e c) área contígua ao Shopping Recife em Boa Viagem (RECIFE, 2005).

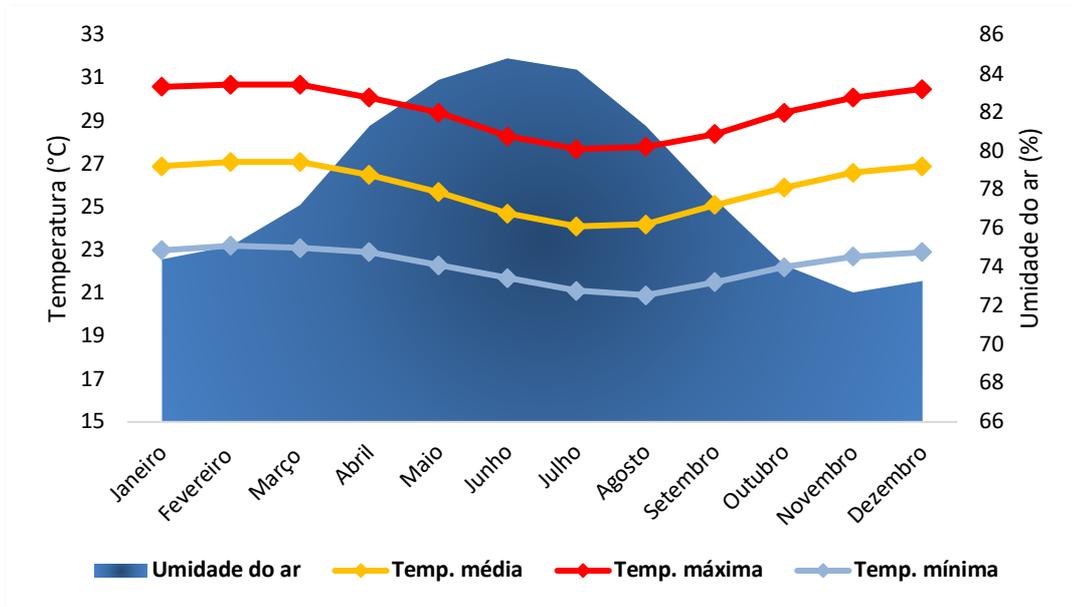
Nessa perspectiva, a cidade do Recife apresenta lugares com desigualdade de ordem estrutural: de um lado, existem bairros com renda *per capita* alta e infraestrutura adequada, onde há um serviço público atuante, e de outro, bairros com a presença de aglomerações subnormais, sem saneamento básico, com moradias que estão do lado oposto da promoção à saúde, os quais estão associados à maior problemática das arboviroses na área pesquisada. Essa desigualdade é evidenciada pelos dados do Atlas de Vulnerabilidade Social do Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (Ipea) correspondente ao ano de 2010, no qual o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) foi de 0.319.

4.2 CARACTERÍSTICA CLIMÁTICA DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade do Recife, de acordo com a normal climatológica (1981-2010) da estação 82900 do INMET e apresentado na Figura 8, possui temperaturas médias mensais em torno de 25,9 °C, amplitude térmica anual de 9,8 °C e valores médios da umidade relativa do ar de 78,3%. Além disso, a radiação solar é alta e as variações mais significativas estão associadas à nebulosidade, principalmente, no inverno.

De acordo com Mendonça e Dani-Oliveira (2007), o clima da área de estudo é classificado como Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental que é diferente dos demais climas secos do interior da região Nordeste. Wanderley *et al.* (2018) ainda expõe que a cidade do Recife está inserida em um contexto climático tropical úmido, com chuvas concentradas durante o outono e o inverno.

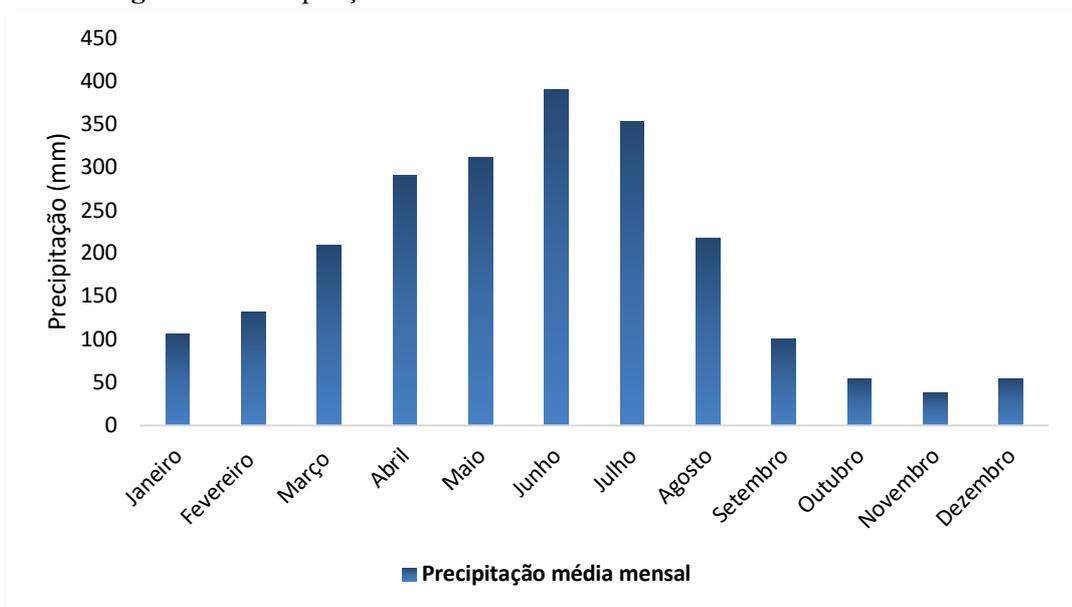
Figura 8 – Normal climatológica mensal da umidade relativa do ar e das temperaturas médias, mínimas e máximas no Recife



Fonte: Adaptação a partir de INMET (c2020b).

Corroborando com a classificação climática citada e considerando a mesma escala temporal e estação do INMET, a normal da média pluviométrica anual do Recife foi de 2263 mm. A Figura 9 apresenta a distribuição média mensal, na qual é verificado maior concentração de precipitação entre os meses de abril a agosto com índice pluviométrico de 1565 mm (69% do total), sendo os meses de maio a julho os mais representativos.

Figura 9 – Precipitação média mensal entre os anos 1981 e 2010 no Recife



Fonte: Adaptação a partir de INMET (c2020b).

Nesse sentido, Molion e Bernardo (2002) apontam que os regimes de chuvas do Nordeste Brasileiro (NEB) estão associados às variações dos centros de ações climáticas que se expandem ou diminuem de acordo com a variação sazonal do gradiente térmico latitudinal.

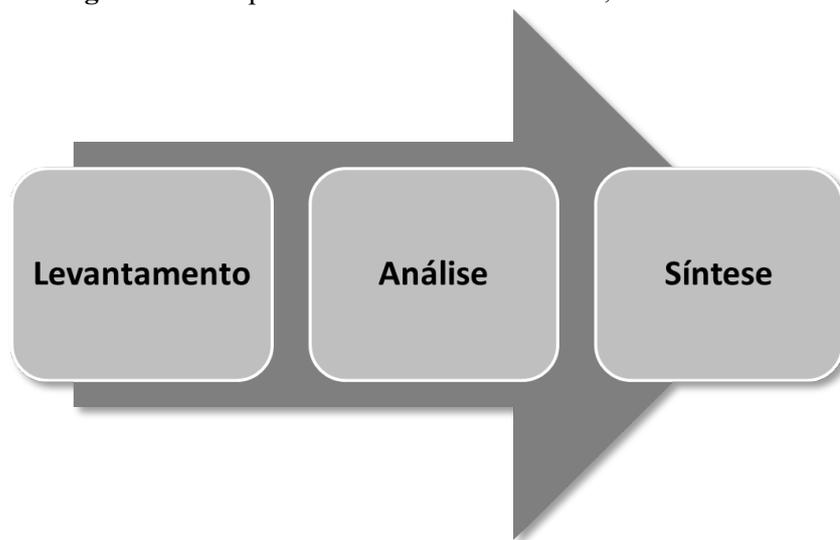
Assim, um dos principais sistemas atmosféricos atuantes no Recife durante o verão, segundo Nóbrega e Lemos (2011), são os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). De acordo com Anjos *et al.* (2020), esse sistema, quando posicionado sobre o continente no NEB, ocasiona dois tipos de tempo atmosférico: estabilidade em sua área central e instabilidade nas bordas que pode ocasionar chuvas muito concentradas na região de atuação. Em relação às precipitações que ocorrem no outono e inverno, os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) se destacam na modulação das chuvas, eles se propagam do oceano em direção ao continente. A gênese dos DOLs se relaciona às variações de pressões atmosféricas, no campo de propagação dos ventos alísios, geradas pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ou por frentes frias que atingem latitudes mais baixas (MOLION; BERNARDO, 2002; ANJOS *et al.*, 2020).

Considerando a escala local, as Brisas Marítimas e Terrestres também possuem considerável influência na dinâmica climática do Recife, tendo em vista a localização geográfica litorânea dessa cidade. Segundo Mendonça (2010), elas resultam do aquecimento e resfriamento diferenciais que se estabelecem entre o continente e a água. Ferreira e Mello (2005) apontam que as precipitações desse sistema possuem curta duração.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Buscando alcançar os objetivos deste trabalho, a Figura 10 apresenta 3 etapas que foram desenvolvidas durante esta tese: I) levantamento que corresponde a coleta dos dados epidemiológicos, socioambientais, climáticos e cartográficos, II) análise que está ligada ao processamento dos dados e elaboração dos mapas temáticos preliminares e III) síntese que se associa à integração dos mapas e produção cartográfica final.

Figura 10 – Etapas do trabalho: levantamento, análise e síntese



Fonte: Elaboração própria.

Nesse conjuntura, foram utilizados as seguintes técnicas: a) incidência e prevalência que são procedimentos estatísticos muito utilizados para o entendimento da evolução das doenças em determinado território, b) *Inverse Distance Weighting* (IDW) para entender a comparação entre a espacialização das chuvas e das arboviroses, c) coeficientes de correlação r e R^2 para melhor entendimento da relação dos casos das arboviroses com os fatores socioambientais, d) álgebra de mapas para analisar a influência da combinação de fatores socioambientais determinantes na disseminação da dengue, zika e chikungunya e e) estimador Kernel para ajudar na análise da densidade espacial das arboviroses (casos/km²) pesquisadas na área de estudo.

É importante frisar que a aplicação da técnica de álgebra de mapas proporcionou a elaboração do mapa de vulnerabilidade socioambiental às arboviroses através da síntese cartográfica que foi fundamental para uma análise geográfica mais complexa da dengue, zika e chikungunya no Recife. Essa técnica foi desenvolvida a partir dos estudos ligados ao projeto

“Clima urbano e dengue nas cidades brasileiras: riscos e cenários em face das mudanças climáticas globais” que foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e envolveu pesquisadores de vários estados do Brasil.

Já o estimador Kernel vem sendo utilizado em diversas pesquisas ligadas às arboviroses, tais como nos estudos de: a) Horta *et al.* (2013) que constataram agrupamento de casos de dengue em bairros do município Coronel Fabriciano (MG) devido aos problemas urbanos, em especial, ao acúmulo de lixo em determinados locais; b) Almeida e Silva (2018) evidenciaram concentração de casos em bairros com alta densidade populacional e problemas de saneamento básico nos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux localizados na Paraíba; e c) Lins (2019) que apresentou as áreas de maior ocorrência por km² de casos de zika e chikungunya no Recife (PE). Ressalta-se que, mais recentemente, o Kernel foi utilizado para estabelecer a densidade de casos suspeitos de Covid-19 em Presidente Prudente (SP) através das pesquisas de Matsumoto *et al.* (2020).

5.1 CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS

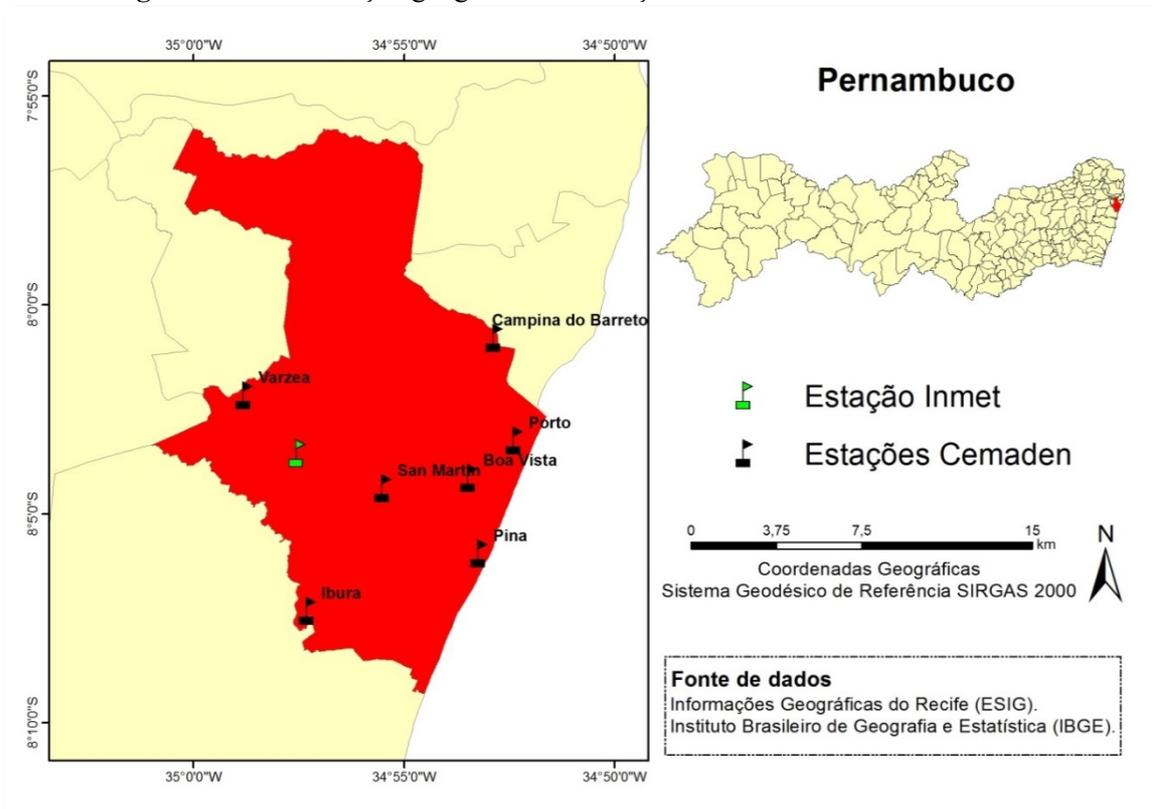
Os dados epidemiológicos (arboviroses dengue, zika e chikungunya) foram obtidos pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) (Cf. SINAN, 2019) e pela Secretaria de Saúde do Estado de Pernambuco – foram considerados apenas os casos confirmados no período entre 2016 e 2018. Essa escala temporal foi utilizada pelos seguintes motivos: 1) o ano completo de chikungunya só foi registrado a partir de 2016 e 2) tempo inviável para coleta, geocodificação e produção dos resultados para os casos de 2019, tendo em vista que esses dados são disponibilizados apenas no começo do ano subsequente, ou seja, em 2020.

É importante ressaltar que os registros das ocorrências de dengue, zika e chikungunya foram geocodificados, a partir do software *Google Earth Pro*, com base no endereço dos pacientes. Dessa forma, cada ocorrência foi localizada geograficamente na base cartográfica da malha de lotes do Recife. No entanto, em 2016, 446 casos de dengue (1,1% do total das arboviroses) não foram geocodificados devido à inconsistência de endereço no registro do indivíduo enfermo à época.

Os dados dos elementos climáticos (temperatura e precipitação) entre 2016 e 2019 foram obtidos no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) a partir das estações automáticas localizadas no bairro da Várzea, Guabiraba, Campina do Barreto, Ibura, Pina, San Martin, Porto e Boa Vista e no Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET) por meio da estação convencional 82900 localizada no bairro Curado. A Figura 11 expõe a localização dessas estações.

Figura 11 – Localização geográfica das estações do Inmet e Cemaden no Recife



Fonte: Adaptação a partir de Esig (c2020b) e IBGE (c2020c).

Para análise da atuação dos sistemas atmosféricos nos meses de maiores ocorrências das doenças, utilizou-se imagens de satélites meteorológicos de órbita geostacionária GOES-13, disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Os dados socioambientais foram obtidos do Censo Demográfico 2010 do IBGE, são eles: (a) moradores em domicílio particular permanente, (b) domicílio particular permanente sem esgoto ou foça séptica, (c) domicílio particular permanente com abastecimento de água de poço ou nascente, (d) domicílio particular permanente com abastecimento de água da chuva, (e) domicílio particular permanente com outras formas de abastecimento de água, (f) lixo jogado em terreno baldio ou logradouro e (g) lixo jogado em rio, lago ou mar. Esses dados foram obtidos por setor censitário e agrupados por bairros que foi uma importante escala de análise desta tese.

Esses dados socioambientais foram escolhidos como possíveis determinantes da disseminação da dengue, zika e chikungunya com base em alguns critérios descritos pela *Pan*

American Health Organization (PAHO) [Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS)] (PAHO, 1997) e nos informes do Ministério da Saúde e Organização Mundial da Saúde sobre os fatores susceptíveis ao desenvolvimento do *Ae. aegypti*.

As bases planialtimétricas, utilizados na produção dos mapas, foram adquiridos através do IBGE (c2013) e da prefeitura do Recife por meio do serviço [eletrônico/virtual] de Informações Geográficas do Recife (ESIG) (Cf. RECIFE, c2020b).

5.2 INCIDÊNCIA E PREVALÊNCIA

Incidência e prevalência são ferramentas estatísticas importantíssimas na área da saúde e, é claro, para Geografia da Saúde. Segundo Granados (1995), esses indicadores são fundamentais para uma boa compreensão da evolução e distribuição de determinadas doenças nas populações.

Segundo Bonita, Beaglehole e Kjellstrom (2010), incidência indica o número de casos novos ocorridos em um certo período em uma população específica, enquanto prevalência refere-se ao número de casos (novos e velhos) encontrados em uma população definida em uma determinada escala temporal. A equação da incidência é:

$$Incidência = \frac{\text{número de casos novos da doença em determinado período}}{\text{número de pessoas expostas à doença no mesmo período}} \times Constante \quad (\text{Eq. 01})$$

Já a equação da prevalência é:

$$Prevalência = \frac{\text{número de casos novos e pré-existentes da doença em determinado período}}{\text{número de pessoas expostas à doença no mesmo período}} \times Constante \quad (\text{Eq. 02})$$

No caso desta pesquisa, o numerador corresponde ao agrupamento de ocorrência dos casos de dengue, zika e chikungunya e o denominador a quantidade de habitantes em cada bairro. A constante utilizada foi 1000 habitantes, ou seja, os mapas de incidência e prevalência correspondem a quantidade de casos dessas doenças a cada mil habitantes por bairro e em determinados recortes temporais. O método estatístico utilizado para agrupar as classes de incidência no mapa temático foi o quintil.

5.3 DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA

A espacialização dos dados de precipitação acumulada foi realizada através do método de interpolação *Inverse Distance Weighting* (IDW), este método determina os valores dos pontos usando uma combinação linear, ponderando pelo inverso da distância os pontos amostrados – no caso desta pesquisa, as estações do Cemaden. O cálculo da interpolação do valor de um ponto através desse método é dado pela seguinte equação:

$$Z_{(x)} = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i Z_{(x_i)}}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (\text{Eq. 03})$$

em que, Z_x é o valor do ponto que se pretende interpolar, n sendo a quantidade de pontos distantes entre si utilizados na interpolação do ponto x , $Z_{(x_i)}$ corresponde ao valor do ponto x_i , e ω_i é o peso do valor x_i sobre o ponto x . Para determinar ω_i utiliza-se a equação 04.

$$\omega_i = \frac{1}{h(x, x_i)^p} \quad (\text{Eq. 04})$$

sendo, $h(x, x_i)$ a distância entre o ponto x e o ponto x_i ; e p o parâmetro de potência, neste trabalho foi utilizado o parâmetro 2, tendo em vista a distância dos pontos e a suavização do resultado.

De acordo com Chen e Liu (2012), o método IDW é bastante vantajoso para caracterização da distribuição espacial da chuva, desde que exista uma rede espacial significativa de distribuição de coleta pluviométrica – como é o caso da rede desta pesquisa.

5.4 COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO

Para a correlação entre os fatores socioambientais e os casos das arboviroses dengue, zika e chikungunya aplicou-se o coeficiente de determinação (R^2) e o coeficiente de correlação de Pearson (r). Com isso, deve-se considerar que o coeficiente de determinação fornece uma equação que descreve o relacionamento em termos matemáticos e o coeficiente de Pearson mede a intensidade de relacionamento entre duas variáveis ou mais.

Desse modo, o R quadrado fornece uma função que relaciona as variáveis e serve para avaliar a qualidade de uma regressão exponencial, linear, logarítmica polinomial ou de potência. A equação do R^2 é dada por:

$$R^2 = \frac{\beta_1 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) Y_i}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) Y_i \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) Y_i}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (\text{Eq. 05})$$

em que n é o número de observações, x a variável independente (dados socioambientais) e Y a variável dependente (casos das arboviroses). Com isso, o R^2 expõe quanto a variação de Y pode ser explicada pela variação de x .

Assim, esse coeficiente indica quanto o modelo foi capaz de explicar os dados, sendo que o valor de R quadrado demonstra o grau de colinearidade entre valores observados e simulados que expõe proporção da variância entre esses valores. O R^2 varia entre 0 e 1, em que valores mais próximos a 1 indicam menor variância do erro.

Já o coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1 e calcula o valor de r com uso de dados amostrais. Esse coeficiente constitui uma estatística usada para medir a intensidade da correlação entre as variáveis x e y .

O coeficiente de correlação de Pearson é representado pela equação:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (\text{Eq. 06})$$

sendo n o número de observações, x a variável independente (dados socioambientais) e y a variável dependente (casos das arboviroses). Com isso, Crespo (2009) expõe:

- a) se $r = +1$, há uma correlação perfeita positiva entre as variáveis;
- b) se $r = -1$, há uma correlação perfeita e negativa entre as variáveis;
- c) se $r = 0$, não há correlação entre as variáveis.

Foi utilizada a ferramenta estatística *Excel 2016* para gerar os resultados ligados às variáveis socioambientais e às arboviroses pesquisadas, além do gráfico do coeficiente de determinação R^2 .

5.5 ÁLGEBRA DE MAPAS PARA SÍNTESE CARTOGRÁFICA

A cartografia de síntese busca a combinação de duas ou mais variáveis para gerar uma nova informação capaz de ofertar uma perspectiva diferenciada do conjunto de atributos envolvidos. Nesse sentido, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem a combinação de múltiplas variáveis através de álgebra de mapas diretamente sobre bancos de dados (SAMPAIO, 2012).

Para aplicação desta técnica foi utilizado as variáveis epidemiológicas (casos de dengue, zika e chikungunya) e as socioambientais: (a) moradores em domicílio particular permanente, (b) domicílio particular permanente sem esgoto ou foça séptica, (c) domicílio particular permanente com abastecimento de água de poço ou nascente, (d) domicílio particular permanente com abastecimento de água da chuva, (e) domicílio particular permanente com outras formas de abastecimento de água, (f) lixo jogado em terreno baldio ou logradouro e (g) lixo jogado em rio, lago ou mar.

5.5.1 Normalização dos dados

A síntese cartográfica pode envolver duas variáveis através do processo de normalização e três ou mais por meio do processo de síntese como apresentado por Martinelli (2003).

O processo de normalização é estabelecido a partir da relação entre duas variáveis, sendo:

$$V_n = \frac{V_1}{V_2} \quad (\text{Eq. 07})$$

V_n corresponde à variável normalizada, V_1 a variável a ser normalizada e V_2 a variável normalizadora. Nesse caso, a variável normalizadora foi a quantidade de domicílio em cada bairro e as variáveis normalizadas foram os fatores socioambientais a, b, c, d, e, f e g já citados anteriormente.

5.5.2 Padronização dos valores

É importante destacar que o processo de síntese pode ser desenvolvido a partir da combinação de diversas variáveis normalizadas que resulta em uma ampla e complexa associação de variáveis empregadas. Assim, o intuito da padronização dos valores é criar um índice que varia entre 0 e 1 para todas as variáveis.

Segundo Umbelino (2007), a técnica usual para a padronização dos valores, também utilizada para geração do Índice de Qualidade de Vida Humana (IQVH) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), efetua o enquadramento desses índices em uma escala com variação de 0 a 1.

Segundo Sampaio (2012), a síntese de diferentes variáveis requer a padronização dos valores obtidos pela normalização, objetivando evitar a discrepância entre as grandezas envolvidas.

Dessa forma, considerando as variáveis normalizadas V_n desse estudo, a padronização resultará no surgimento da variável normalizada padronizada V_{np} , sendo 0 e 1 equivalentes ao menor e maior valor possíveis da padronização.

A variável normalizada padronizada pode ser obtida pela aplicação da seguinte fórmula:

$$V_{np} = \frac{V_n - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (\text{Eq. 08})$$

em que V_{np} é a variável normalizada padronizada, V_n a variável a ser padronizada, V_{min} o menor valor da série de dados e V_{max} o maior valor da série de dados, sendo portanto $V_{max} - V_{min}$ igual a amplitude (h).

Com isso, a padronização das variáveis normalizadas permitiu estabelecer relações de grandeza entre as distintas variáveis socioambientais, tendo em vista que os valores finais se enquadraram em uma escala com variações de 0 a 1.

5.5.3 Ponderação das variáveis socioambientais

A atribuição de pesos às variáveis normalizadas e ponderadas (V_{np}) resulta na geração da variável denominada normalizada padronizada ponderada (V_{npp}). Nesse processo de

síntese com múltiplos critérios foi atribuído diferentes pesos de acordo com a correlação estatística entre os fatores socioambientais e os casos de dengue, zika e chikungunya. Para isso, aplicou-se o coeficiente de correlação r .

Para considerar que há uma boa correlação entre as variáveis analisadas, utilizando o coeficiente de Pearson, é necessário que o resultado esteja entre 0,6 e 1,0. Caso o resultado esteja no intervalo entre 0,3 e 0,6 há uma correlação relativamente fraca entre as variáveis, e se estiver entre 0 e 0,3 a correlação é muito fraca (CRESPO, 2009). Com isso, foi atribuído os pesos as variáveis socioambientais a partir da significância da correlação de Pearson como expõe a Tabela 3.

Tabela 3 – Critério distribuição de peso a partir da significância da correlação de Pearson

Valores Correlação	Nível de Importância	Peso
0,1 I -- 0,3	Menos Importante	1
0,3 I -- 0,6	Intermediário	2
0,6 I -- 1 1	Mais Importante	3

Fonte: Adaptação a partir de Crespo (2009).

Destaca-se que o peso atribuído a cada categoria é igual a soma dos pesos atribuídos as sub-categorias. No presente estudo a categoria “características dos domicílios” corresponde por 80% e a categoria “características da população” 20% do valor total da distribuição de peso. Para definir o peso relativo foi aplicada a equação abaixo com base nas variáveis de interesse desta pesquisa.

$$P_r = \frac{P_b}{P_d} . C \quad (\text{Eq.09})$$

sendo, P_r peso relativo, P_b peso bruto, P_d peso distribuído e C porcentagem correspondente a cada categoria. De acordo com o Quadro 01 o peso relativo possui variação de 0,067 a 0,200, o peso bruto de 1 a 3 e a porcentagem da categoria 1 e 2 sendo 0,8 e 0,2, respectivamente, do total.

Tabela 4 – Distribuição de peso por critério estatístico de aplicação

Categoria	Sub-categoria (variável)	Nível de Importância	Peso Bruto	Peso Relativo
1. Característica do domicílio (80%)	V01 – DPP* Sem rede de esgoto ou fossa séptica.	Mais importante	3	0,200
	V02 – DPP Abastecimento de água da chuva.	Intermediário	2	0,133
	V03 – DPP Abastecimento de água de poço ou nascente.	Intermediário	2	0,133
	V04 – DPP Abastecimento de água de outra forma.	Intermediário	2	0,133
	V05 – DPP Lixo jogado em terreno baldio ou logradouro.	Intermediário	2	0,133
	V06 – DPP lixo jogado em rio, lago ou mar.	Menos Importante	1	0,067
	PESO DISTRIBUÍDO			12
2. Característica da população (20%)	V07 – Moradores em domicílio particular permanente	Mais importante	3	0,200
	PESO DISTRIBUÍDO			3

Fonte: Adaptação a partir de IBGE (2010).

*DPP = Domicílio Particular Permanente.

Diante disso, nesta pesquisa os valores da V_{npp} foram obtidos a partir da seguinte lógica: $V_{npp1} = V_{np1} * 0,2$; $V_{npp2} = V_{np2} * 0,13$; $V_{npp3} = V_{np3} * 0,13$; $V_{npp4} = V_{np4} * 0,13$; $V_{npp5} = V_{np5} * 0,13$; $V_{npp6} = V_{np6} * 0,06$; $V_{npp7} = V_{np7} * 0,20$. Essa atribuição de pesos serviu de base para o mapeamento de áreas vulneráveis à contaminação da dengue, zika e chikungunya por bairros no Recife.

5.5.4 A síntese

A etapa final da síntese refere-se à aplicação das regras definidas nas etapas anteriores. Esta pode ser expressa pelas equações que resumem os procedimentos de normalização, padronização e ponderação (SAMPAIO, 2012), sendo sua concepção exposta pela equação:

$$Síntese = \sum_{i=1}^n V_{nppi} \quad (\text{Eq. 10})$$

em que, V_{nppi} representa cada uma das variáveis normalizadas padronizadas e ponderadas empregadas no processo de síntese e i varia de 1 (primeira V_{npp}) até n (última V_{npp}).

Com isso, a síntese proposta caracterizou a vulnerabilidade socioambiental à dengue, zika e chikungunya no Recife a partir da combinação de 7 variáveis quantitativas via análise

de seus valores normalizados e ponderados. É importante ressaltar que esses valores foram agrupados de acordo com a análise estatística quartil (Tabela 4), que separa os dados em quatro partes – os valores dessa síntese para cada bairro estão no Apêndice B.

Tabela 5 – Valores da síntese cartográfica e nível de vulnerabilidade socioambiental às arboviroses

Classes	Valores da síntese cartográfica	Vulnerabilidade socioambiental
Q1	0,047 -- 0,167	Baixa
Q2	0,167 -- 0,217	Média
Q3	0,217 -- 0,276	Alta
Q4	0,276 -- 0,556	Muito Alta

Fonte dos dados: Adaptação a partir de IBGE (2010) e SINAN (2019).

Dessa forma, o primeiro quartil (Q1) separa a sequência ordenada ficando com 25% de seus valores e 75% são distribuídos pelos demais quartis, na ordem de 25% para cada um. Segundo Ramos *et al.* (2016), as características positivas desse método são enfatizar diferenças no meio da faixa de valores e não gerar classes vazias.

5.6 ESTIMADOR DE DENSIDADE KERNEL

Para analisar a espacialização dos casos de dengue, zika e chikungunya foi utilizado o estimador Kernel. Segundo Barcellos, Silva e Andrade (2007), o estimador Kernel é uma técnica de interpolação exploratória que gera uma superfície de densidade para a identificação visual de áreas quentes, as quais apresentam-se com concentração de eventos que indicam a aglomeração em uma distribuição espacial.

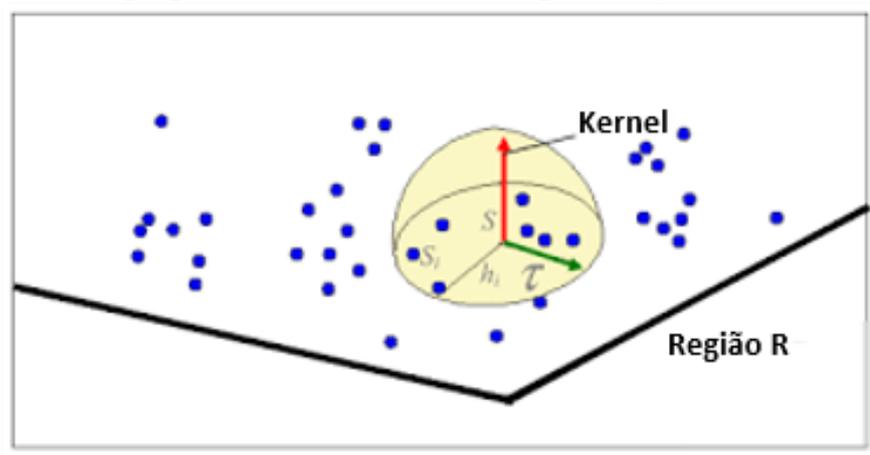
Também é importante frisar que a técnica Kernel realiza uma contagem de todos os pontos dentro de um raio de influência, sendo ponderada pela distância de cada um a localização de interesse. O estimador Kernel é dado por:

$$f(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau} K \left(\frac{S - S_i}{\tau} \right) \quad (\text{Eq. 11})$$

em que $f(x)$ a função de intensidade, n os eventos observados, τ o raio de influência ($\tau \geq 0$) que define a vizinhança do ponto a ser interpolado e que controla o alisamento da superfície gerada, K a função de interpolação do Kernel, S o centro da célula a ser estimada e S_i o local do ponto que coincide com o centroide das áreas dentro do raio.

A Figura 12 apresenta dois parâmetros básicos, ponto a ser estimado e raio de influência, utilizado pelo estimador Kernel.

Figura 12 – Etapas para o cálculo de densidade de pontos segundo o estimador Kernel



Fonte: Adaptação a partir de Bailey e Gatrell (1995).

Percebe-se que o raio de influência (τ) é um disco centrado em S , que é uma localização na região R , na qual os pontos S_i vão contribuir para a estimativa da função de intensidade Kernel (BARCELLOS; SILVA; ANDRADE, 2007). Para aplicação do estimador Kernel foi utilizado raio de influência (τ) de 1000 metros e célula de saída (S) de 50 m, tendo em vista o ajustamento dos valores de acordo com o tamanho territorial da área de estudo (218 km²) e, com isso, a produção de mapas com boa representação de superfícies contínuas de ocorrência das arboviroses estudadas.

No caso desta pesquisa, cada caso das arboviroses associa-se à função Kernel, e o alisamento dessa função consiste em cobrir a área de estudo de acordo com as faixas de intensidade calculadas. O resultado desse alisamento permite a detecção de áreas com maior e menor intensidade de ocorrência – maior intensidade corresponde às áreas quentes e de transição entre elas.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 INCIDÊNCIA E PREVALÊNCIA

As Figuras 13, 14 e 15 apresentam a incidência das arboviroses dengue, zika e chikungunya, respectivamente. Segundo Almeida (2016), para melhor compreensão desses dados de incidência, é preciso considerar a circulação viral a partir do entendimento do sistema imunológico do corpo humano, tendo em vista que quem já teve dengue causada por um tipo de vírus não registra um novo episódio da doença com o mesmo tipo, e quem já teve zika e chikungunya não registra reinfeção, pois há apenas um tipo viral para essas doenças.

Percebe-se claramente que em 2016 foi o ano epidêmico para todas as doenças, com reflexos em elevada incidência. A área mais afetada foi a correspondente aos DS I, II, III que abriga aproximadamente 28,6% da população e concentra – com exceção da DS I – grande quantidade de CIS e ZEIS, ou seja, grande concentração de habitações precárias. Nesse sentido, Magalhães (2014) expõe que essas áreas precárias possuem infraestruturas urbanas deficientes propícias à proliferação de arboviroses como a dengue.

Nessa perspectiva, Rodrigues, Costa e Lima (2019) apontam que a maior difusão da dengue, zika e chikungunya ocorre nos bairros de maior vulnerabilidade social e com péssimos indicadores sociais. Já Rezende (2018) expõe que os municípios em Minas Gerais de maiores riscos a essas arboviroses são àqueles que apresentam grande déficit de saneamento básico, principalmente, os problemas de coleta de lixo que potencializam o surgimento de criadouros do *Ae. aegypti*.

Outra discussão extremamente relevante está relacionada à microcefalia – doença associada ao zika vírus. Nesse sentido, Souza *et al.* (2018) expõe que o risco à microcefalia é maior em locais com deficiência no sistema de esgoto e coleta de lixo, ou seja, lugares de habitação precária. Ainda de acordo com esses autores, as maiores proporções de recém-nascidos com microcefalia vieram de mães negras ou pardas que, segundo o Censo de 2010 do IBGE, correspondem a maioria dos residentes em aglomerados subnormais.

Ainda considerando a incidência de 2016, os bairros mais atingidos foram: Porto da Madeira, Fudão, Beberibe, Ilha do Tiro, Dois Unidos, Santo Antônio, Alto Santa Terezinha, Bomba do Hemerito, Alto Jose do Pinho, Morro da Conceição, Mangabeira, Água Fria, Ponta de Parada, Recife, Paissandu, Cidade Universitária, Areias e Caçote, sendo o bairro Santo Antônio o de maior destaque, pois apresentou a maior taxa de incidência para as três doenças: 89,4 para dengue, 20,3 para zika e 126 para chikungunya.

No entanto, é muito importante considerar que o bairro Santo Antônio não está na área de abrangência das CIS ou ZEIS, ou seja, seus 285 habitantes não residem em assentamentos precários, além disso, apresentou a menor vulnerabilidade socioambiental à dengue, zika e chikungunya em toda área de estudo. Esse fato evidencia que as arboviroses podem atingir muito intensamente as pessoas de classes sociais mais elevadas, como exposto nos estudos de Machado, Oliveira e Souza-Santos (2009) na cidade de Nova Iguaçu – RJ e de Mondini et al. (2005) em São José do Rio Preto – SP.

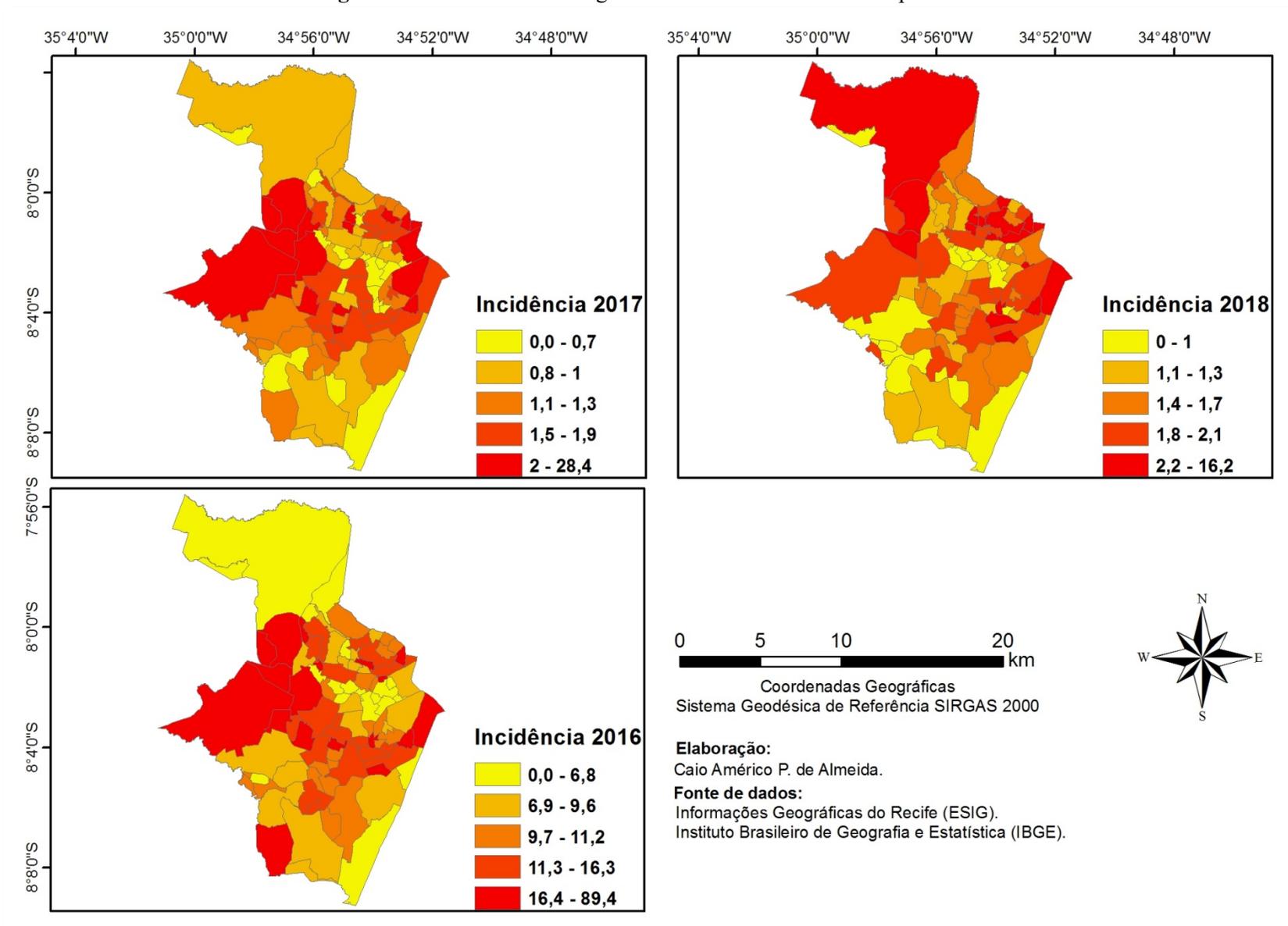
Essas considerações trazem à tona também outros fatores determinantes para a proliferação dessas doenças: a falta de educação em saúde ligada às arboviroses. Nesse sentido, Almeida (2017) destaca a importância da conscientização da população associada ao armazenamento inadequado de determinados objetos que podem servir de criadouros para o *Ae. aegypti*.

No que se refere à incidência das arboviroses para os anos não epidêmicos 2017 e 2018, os DS II, IV e VII que representam 44,34% (719,658 habitantes) de toda população e concentram a maior quantidade de CIS e ZEIS em toda área de estudo, tiveram a maior concentração de casos. O que evidencia, novamente, grande incidência em áreas que estão do lado oposto da promoção à saúde e do bem-estar.

Também merece destaque a elevada concentração de habitantes dos bairros desses DS que totalizaram quase a metade de toda a área de estudo, isso deixa claro a grande relação entre número de habitantes e de casos dessas doenças. Nessa perspectiva, Almeida, Cota e Rodrigues (2020) expõem que o adensamento populacional, típico de regiões metropolitanas, é um fator determinante para maior propagação da dengue, zika e chikungunya.

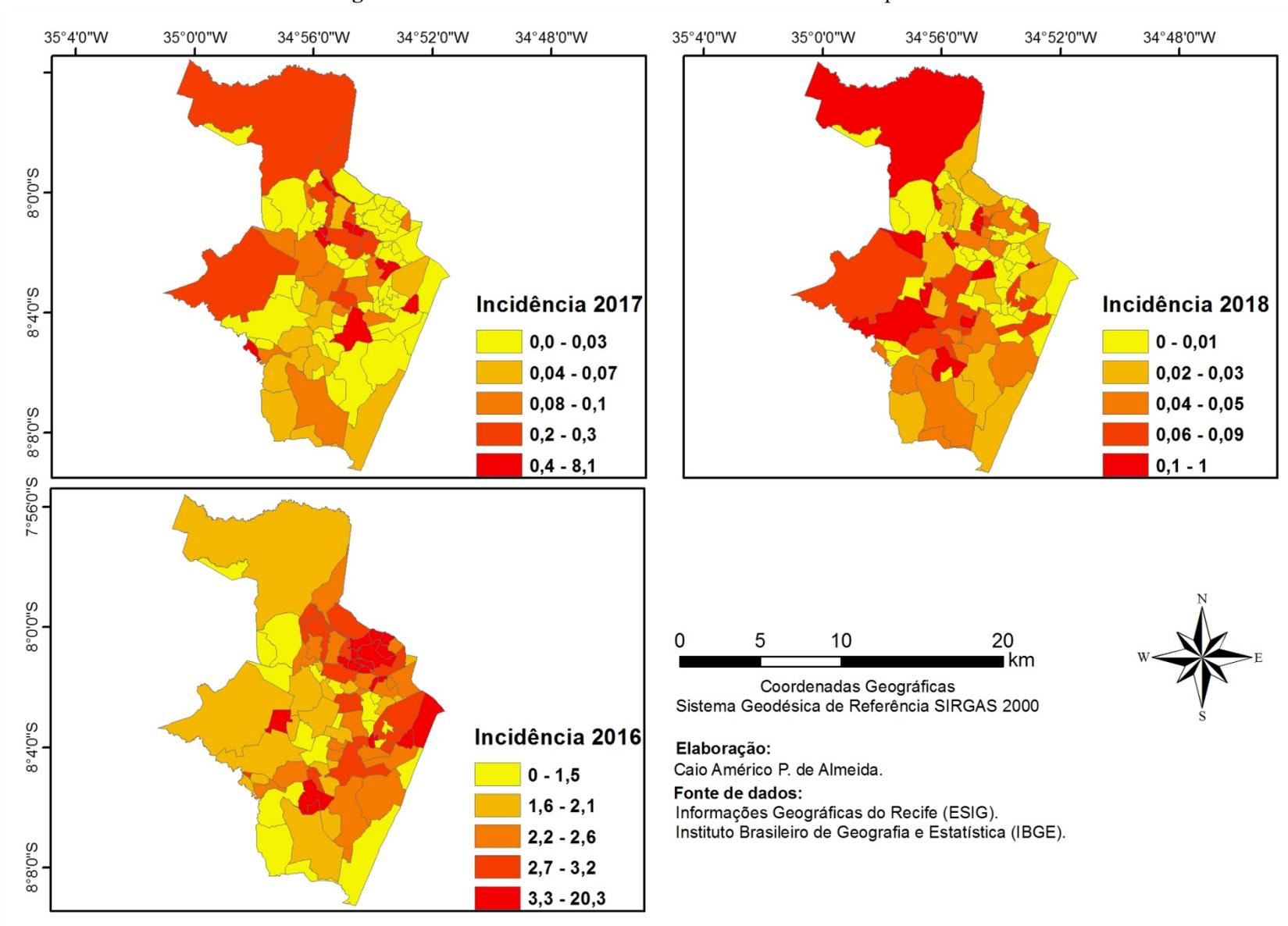
Dessa forma, se torna essencial considerar que o ser humano é o hospedeiro dos vírus dessas doenças, isso pressupõe que enquanto mais hospedeiros, maiores as chances de propagação viral. Corroborando com essa afirmativa destaca-se o estudo de Gonçalves (2018) que constatou aumento da incidência da zika em lugares com alta densidade populacional em Campina Grande – PB ou na pesquisa de Costa (2019) que encontrou essa mesma relação nos municípios do Maranhão (MA) e que envolveu também os casos de dengue e chikungunya.

Figura 13 – Incidência da dengue no Recife entre 2016 e 2018 por bairros



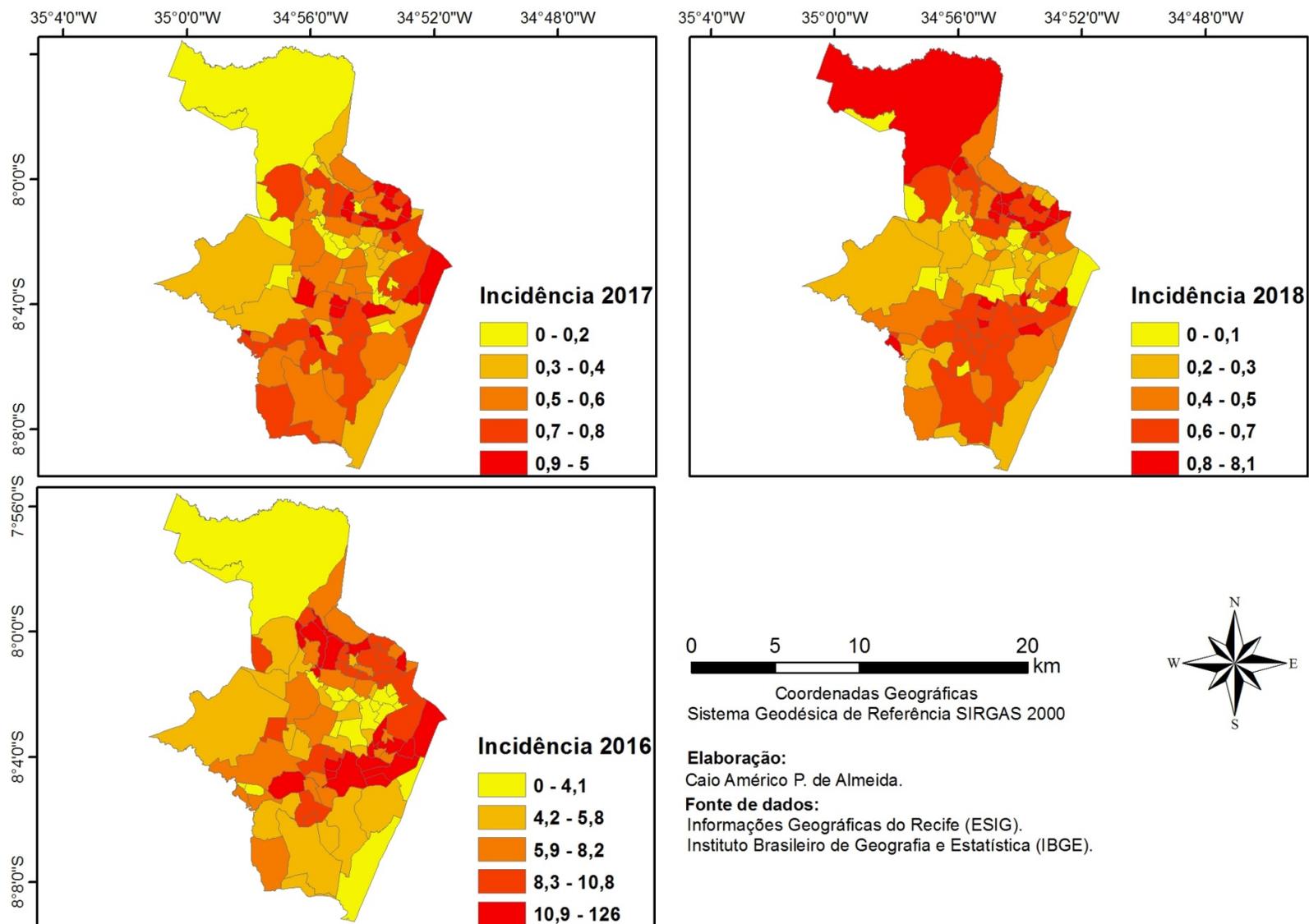
Fonte: Elaboração própria.

Figura 14 – Incidência da zika no Recife entre 2016 e 2018 por bairros



Fonte: Elaboração própria.

Figura 15 – Incidência da chikungunya no Recife entre 2016 e 2018 por bairros



Fonte: Elaboração própria.

Destaca-se que em 2016 e 2017 a incidência da dengue se concentrou mais na porção leste e oeste e em 2018 houve um deslocamento significativo para as regiões a norte e noroeste. Em relação à zika, em 2016, a maior concentração foi a leste e norte, em 2017 e 2018 houve uma movimentação expressiva para oeste e parte central da área de estudo. A chikungunya, em 2016, apresentou concentração na porção norte e leste e, em 2017, leste, norte e sul, já em 2018, além de grande incidência a norte e sul, também foi percebido maior aglomerado nas áreas a noroeste do Recife.

Diante dessa conjuntura, é importante considerar os pressupostos de Acosta *et al.* (2006) que apontam que as oscilações na área de concentração da incidência de arboviroses como a dengue ocorre devido à imunização das pessoas em relação aos vírus circulantes. Assim, ao longo dos anos as áreas de maior concentração de incidência podem mudar consideravelmente.

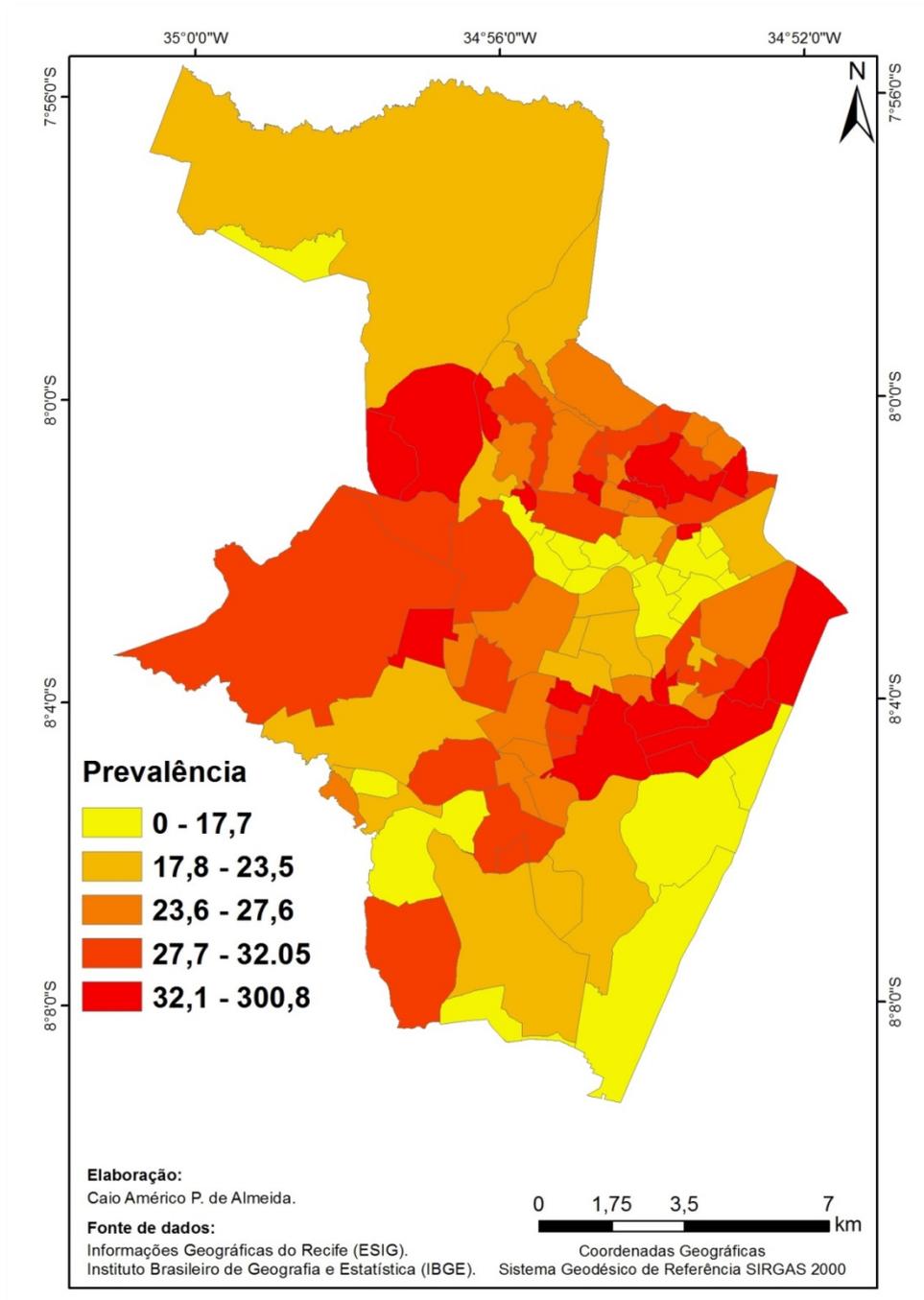
A Figura 16 apresenta o mapa de prevalência para toda escala temporal analisada (2016-2018) e corresponde ao agrupamento da dengue, zika e chikungunya. Destaca-se que o bairro de maior prevalência (300,8) foi o de Santo Antônio – o mesmo que teve as maiores taxas de incidência para as três arboviroses.

Esse resultado traz novamente a reflexão de que nem sempre os bairros de moradias mais precárias são os de maiores ocorrências, pois é necessário considerar outros fatores como densidade populacional, educação em saúde associada às arboviroses e a circulação viral que pode deixar bairros mais ou menos vulneráveis.

Os outros bairros de maiores prevalência foram: Recife, São José, Cabanga, Ilha Joana Bezerra, Paissandu, Bongü, Afogados, Cidade Universitária, Ponto de Parada, Campina do Barreto, Água Fria, Bomba do Hemerito, Morro da Conceição, Alto do Mandu, Córrego de Jenipapo, Dois Irmãos, Sítio dos pintos. Os DS I, II e VII apresentaram os bairros com as taxas mais altas de prevalência.

Os DS II e VII concentram enorme quantidade de CIS e a maior área de abrangência de ZEIS, isso implica considerar que as moradias precárias são fatores determinantes na maior propagação dessas doenças, pois o *Ae. aegypti* encontra ambiente muito favorável à sua proliferação. Corroborando com isso destaca-se o estudo de Lunardon (2017) que evidenciou maior concentração de criadouros do *Ae. aegypti* nos bairros periféricos e com deficiência de infraestrutura urbana que estão do lado oposto do bem-estar social e que acabam se tornando ambientes urbanos de vulnerabilidade socioambiental às arboviroses.

Figura 16 – Prevalência dos casos de dengue, zika e chikungunya entre 2016 e 2018 no Recife por bairros



Fonte: Elaboração própria.

Já o DS I possui apenas 82.859 habitantes (5,1%) que representa a menor concentração populacional de todas os Distritos Sanitários. Além disso, concentra relativamente aos DS II e VII poucos aglomerados precários, são eles: Coque (maior de todos e pior IDH do Recife), Vila do Papel, Rua Nova da Cabanga, Vila dos Motoristas, Avenida Sul 1, Vila Brasil, Coelho 1 e 2, Beco do Esparadrapo, Roque Santeiro, Comunidade do Pilar, Frei Cassimiro, João de Barros, Santo Amaro, Ilha de Santa Terezinha e Beco dos

Casados. Obviamente é uma quantidade considerável de aglomerados precários que podem estar ligados à alta prevalência desses DS, mas, possivelmente, o fato mais relevante está vinculado à circulação viral na escala temporal estudada que pode ter deixado os habitantes mais vulneráveis a esses patógenos devido à falta de imunidade aos vírus da dengue, zika e chikungunya.

Figura 17 – Comunidade de Interesse Social Coque localizada no bairro Ilha Joana Bezerra no Recife



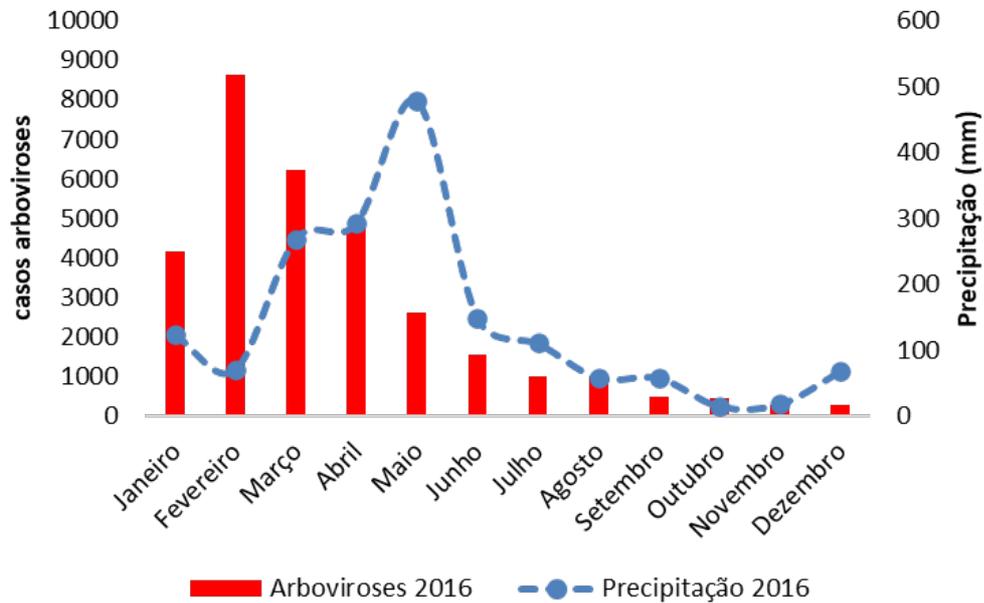
Fonte: Google Earth Pro / Street View (2020).

Com isso, para melhor análise da incidência e prevalência dessas arboviroses se faz necessário a identificação da circulação dos tipos de vírus e a compreensão das características socioambientais de cada bairro.

6.2 INFLUÊNCIA CLIMÁTICA NA DISSEMINAÇÃO DAS ARBOVIROSES

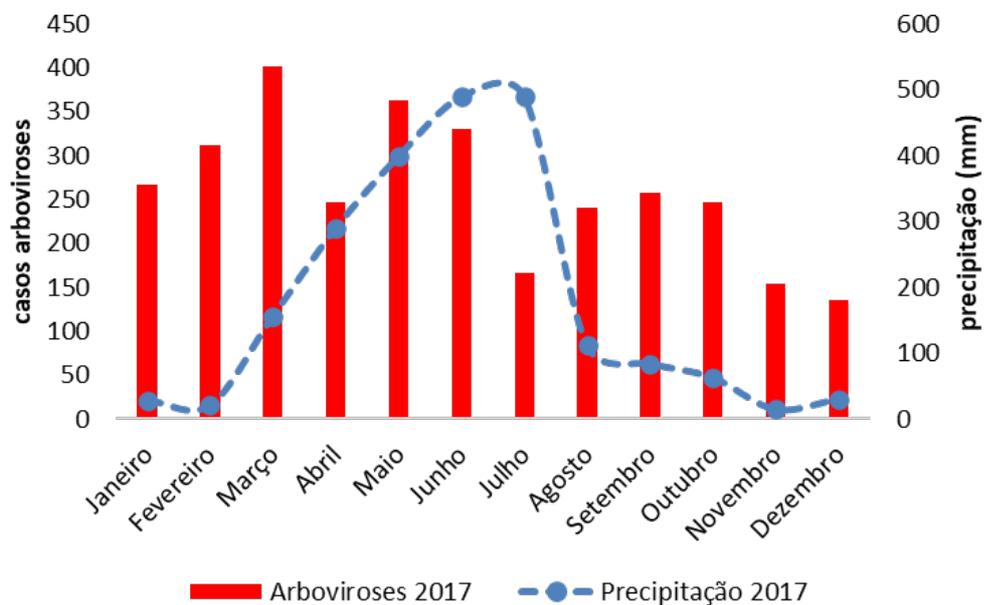
Em 2016 a maior ocorrência ficou entre janeiro e abril que registrou 23.748 casos (75,8% do total) e 755,1 mm de chuva (44,2% do total). Já em 2017 a maior quantidade de casos foi de março a junho com 1.342 casos que representou 43% do total e 58,2% (1335,3 mm) do total de chuva. Em 2018 a concentração de casos aconteceu de abril a julho registrando 1.584 (51,6% do total) casos de arboviroses e 58,2% (993,9 mm) do total de precipitação.

Figura 18 – Comparação entre o acumulado de precipitação mensal e a ocorrência das arboviroses dengue, zika e chikungunya em 2016 no Recife



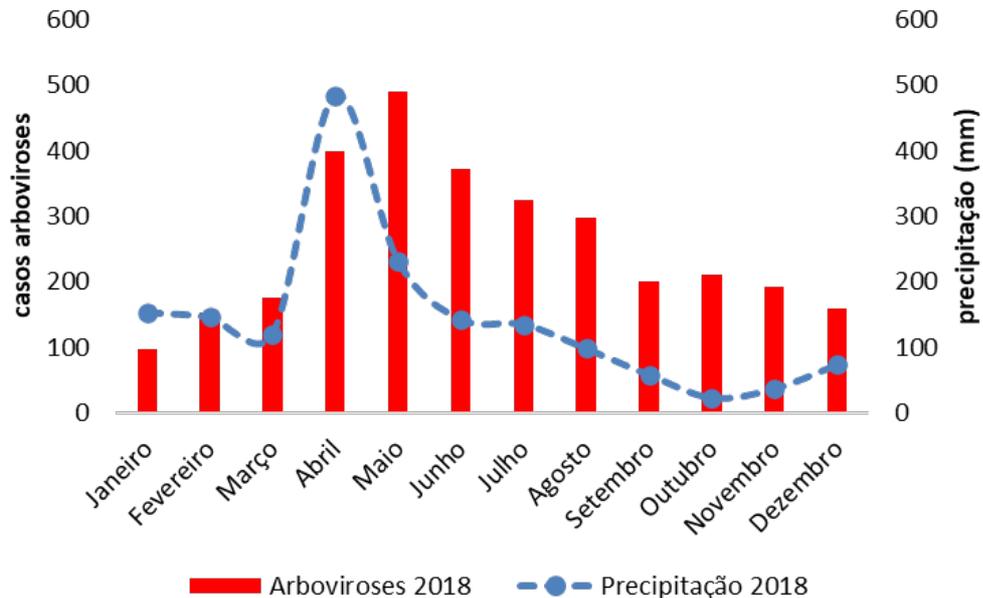
Fonte: Adaptação a partir de CPTEC/INPE (c2020) e SINAN (2019).

Figura 19 – Comparação entre o acumulado de precipitação mensal e a ocorrência das arboviroses dengue, zika e chikungunya em 2017 no Recife



Fonte: Adaptação a partir de CPTEC/INPE (c2020) e SINAN (2019).

Figura 20 – Comparação entre o acumulado de precipitação mensal e a ocorrência das arboviroses dengue, zika e chikungunya em 2018 no Recife



Fonte: Adaptação a partir de INMET (c2020b) e SINAN (2019).

Destaca-se que, com exceção do ano 2018, em 2016 e 2017 os meses de janeiro e fevereiro obtiveram grande ocorrência de casos, mas baixo índice pluviométrico. Isso pode estar associado ao período do verão que possibilita grande fluxo de turistas no Recife e, conseqüentemente, maior número de hospedeiros que podem estar infectados com os arbovírus. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Hotéis em Pernambuco (ABIH-PE)⁹, de novembro de 2016 até o fim de abril de 2017, 20 navios atracaram nesse porto e trouxeram cerca de 40 mil passageiros.

Essas evidências podem comprovar a fraca comparação entre a ocorrência das arboviroses e as chuvas nos meses de janeiro e fevereiro. Nesse sentido, ressalta-se que em toda escala temporal pesquisada a maior ocorrência de casos, 25.800 (68,7% do total), foi no período entre janeiro, fevereiro, março e abril (JFMA) que concentrou 38,5% da precipitação média total.

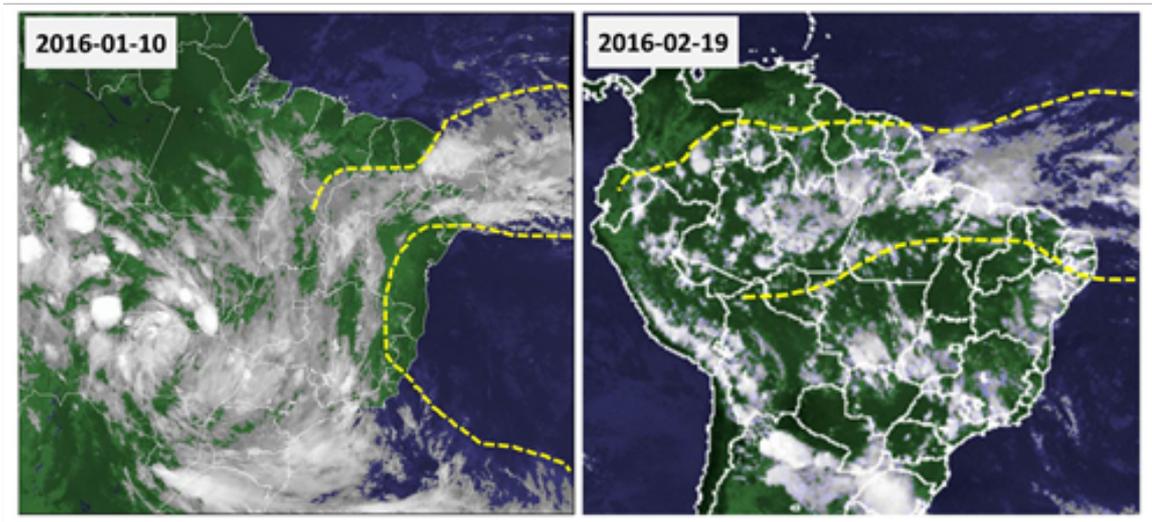
Com exceção de abril (período que inicia a quadra chuvosa) os meses entre janeiro e março não apresentaram os maiores índices pluviométricos do ano, os quais aconteceram na quadra chuvosa que vai de abril a julho – período de menores temperaturas. Porém, os valores da pré-estação chuvosa (363 mm, 19,5% do total) já são bastante significativos para o surgimento de criadouros naturais (poços d'água em ruas, calçadas e plantas como bromélias)

⁹ Essa informação foi retirada da Folha de Pernambuco através de matéria digital: <https://www.folhape.com.br/noticias/verao-atrai-turistas-a-pernambuco-e-deixa-o-recife-mais-movimentado>.

e artificiais (baldes, caixas d'água, pneus, sacos) do *Ae. aegypti* e, conseqüentemente, difusão das referidas doenças.

De acordo com Mendonça e Dani-Oliveira (2007) e evidenciado pelas imagens de satélites do CPTEC (Figura 21), os principais sistemas atmosféricos atuantes nos meses JFMA, são: a) Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), devido, principalmente, ao aumento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Sul e b) Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), devido à intensificação simultânea da crista associada à Alta da Bolívia e o cavado corrente abaixo sobre o Oceano Atlântico.

Figura 21 – Imagens de satélite apresentando sistemas atmosféricos atuantes durante os meses JFM sobre o NEB: nebulosidade associada ao VCAN destacada à esquerda e, à direita, nebulosidade associada à ZCIT, para os dias 1º de janeiro e 19 de fevereiro de 2016, respectivamente

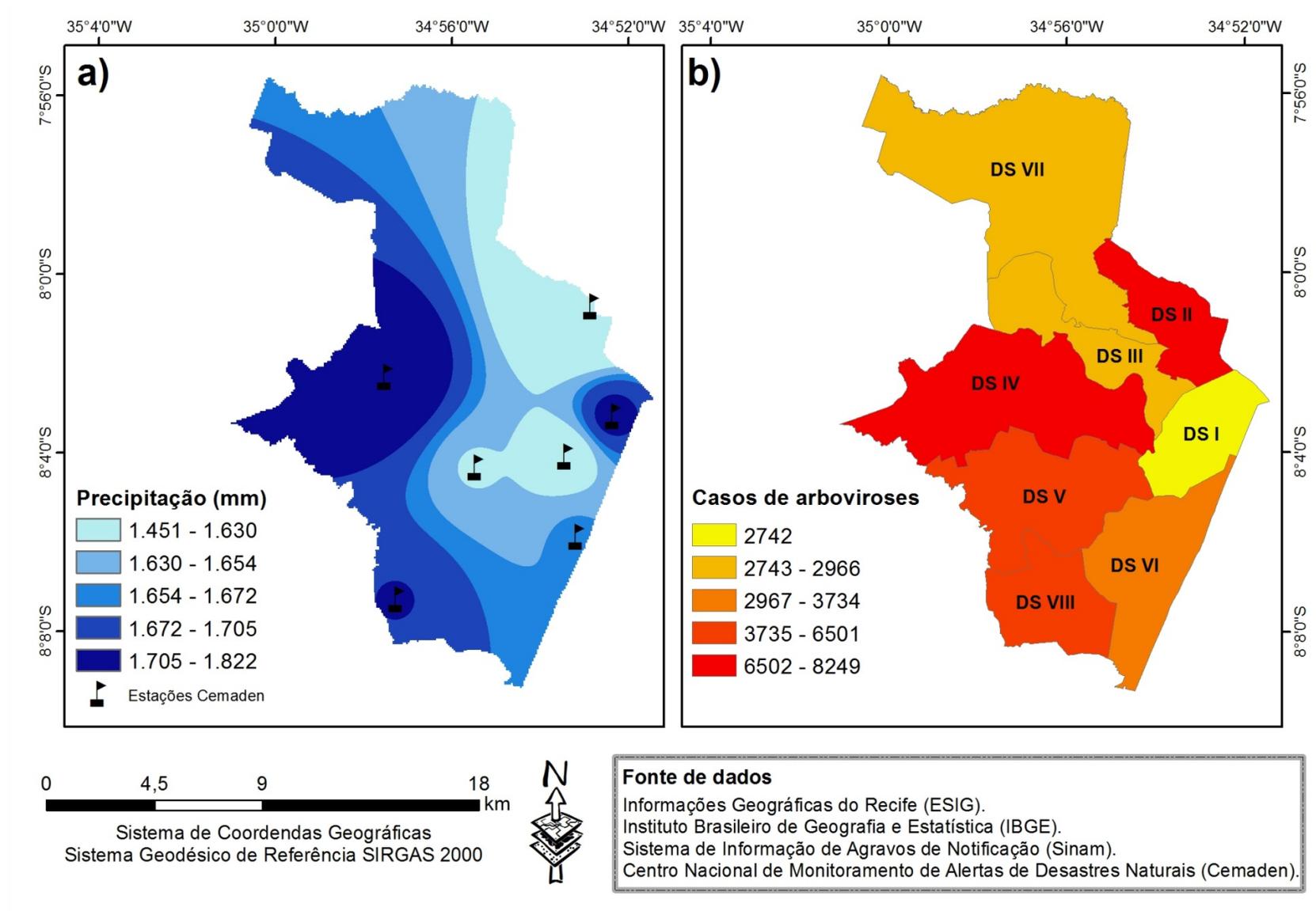


Fonte: Adaptação a partir de CPTEC/INPE (c2020).

Para melhor análise da relação das chuvas com a ocorrência da dengue, zika e chikungunya foi elaborado a Figura 22 que apresenta a comparação da espacialização das chuvas e das referidas arboviroses na cidade do Recife. Nesse caso, as unidades de análises foram os Distritos Sanitários que a Secretária de Saúde do Estado de Pernambuco utiliza para gestão pública ligada à saúde coletiva¹⁰

¹⁰ “[...] é uma área de conhecimento multidisciplinar” que “tem como objetivo investigar os determinantes da produção social das doenças com o fito de planejar a organização dos serviços de saúde” (FIOCRUZ, c2014).

Figura 22 – a) Distribuição espacial da precipitação no Recife entre 2016 e 2018 e b) Distribuição espacial da ocorrência dos casos das arboviroses dengue, zika e chikungunya no Recife entre 2016 e 2018



Fonte: Elaboração própria.

As áreas de maiores distribuições do acúmulo pluviométrico foram os DS I, III, IV e VIII e a área de maior concentração de ocorrência das doenças foi o DS IV, representando 20,7% (8.249) do total de casos. Nesse contexto, é importante considerar que o DS I, que concentrou um dos maiores índices de chuva, não registrou muitos casos, esse fato por estar ligada à boa infraestrutura dos bairros dessas regiões que, de acordo com o Atlas de Desenvolvimento Humano no Recife, estão no topo do ranking das áreas mais ricas da capital pernambucana (RECIFE, 2005).

A comparação da espacialização da chuva com a ocorrência da dengue, zika e chikungunya no DS IV foi muito positiva. No entanto, deve-se levar em consideração que esse distrito possui a maior concentração populacional (18,24%) da área de estudo o que torna essa região propícia à propagação dessas doenças tendo em vista a enorme quantidade de hospedeiros dos arbovírus e a maior concentração de chuvas.

Já a comparação com o DS II não se mostrou relevante porque esse distrito registrou menor índice pluviométrico e grande concentração das arboviroses. Isso pode estar associado à baixa infraestrutura urbana dos bairros dessa região que concentra grande quantidade de ZEIS e CEIS que potencializam a difusão de arbovírus na cidade do Recife. Ratificando isso, em matéria publicada no site da Fiocruz, Castro (2017) expõe que o problema das arboviroses no Brasil ocorre devido à ausência de políticas ambientais e de saneamento básico.

Em relação ao DS VIII, mesmo possuindo enorme quantidade de aglomerados precários e maiores registros do índice pluviométrico, não concentrou a maior ocorrência das arboviroses na escala temporal estudada. Esse fato pode estar associado à circulação viral para o período que tornou outros DS mais vulneráveis.

Diante disso, é importante considerar a influência da chuva na difusão das arborivoses estudadas, pois o principal vetor dessas doenças, o *Ae. aegypti*, é um mosquito de veiculação hídrica. No entanto, outros fatores devem ser levados em consideração para o melhor entendimento sobre a propagação dos vírus da dengue, zika e chikungunya.

Segundo o que Cruz (2017) apresenta, em matéria divulgada no site da Fiocruz, o *Ae. aegypti* possui comportamento oportunista que o beneficia bastante e possibilita aproveitar todas as oportunidades para se proliferar, por exemplo, sabe-se que o inseto prefere água limpa, mas, se não houver, ele poderá colocar os ovos em água com um pouco mais de matéria orgânica, ou seja, em locais de esgoto à céu aberto.

Considerando os aspectos gerais desse mosquito, a WHO (2020) expõe que o *Ae. aegypti* desenvolve-se em ambientes com temperaturas elevadas – principalmente na zona

tropical –, e em habitats com boa disponibilidade de água nos recipientes artificiais associados às habitações humanas, encontrados principalmente nos espaços urbanos.

A Tabela 6 demonstra o acumulado de precipitação anual e a ocorrência total das arboviroses estudadas. Diante do exposto, percebe-se que o aumento total anual de chuva não provocou aumento de ocorrência dos casos das doenças, embora o principal transmissor das referidas doenças seja de veiculação hídrica. A principal hipótese para essa justificativa é que a circulação dos arbovírus estava muito baixa, isso corrobora com a OPAS (2020) que afirma, em seu relatório sobre estratégias para prevenção e controle das arboviroses, que houve uma acentuada queda de casos em 2017 e 2018 na Região das Américas e nos estados brasileiros.

Para entender essa hipótese é preciso considerar a circulação viral a partir da compreensão do sistema imunológico humano, pois, de acordo com o Brasil (2019), quem já teve um dos tipos virais dessas doenças não registra um novo episódio da doença com o mesmo tipo de vírus. Isso corrobora com a atribuição já citada anteriormente de ano epidêmico em 2016 e anos não epidêmicos em 2017 e 2018. As Figuras 23, 24 e 25 deixa claro essa evidência.

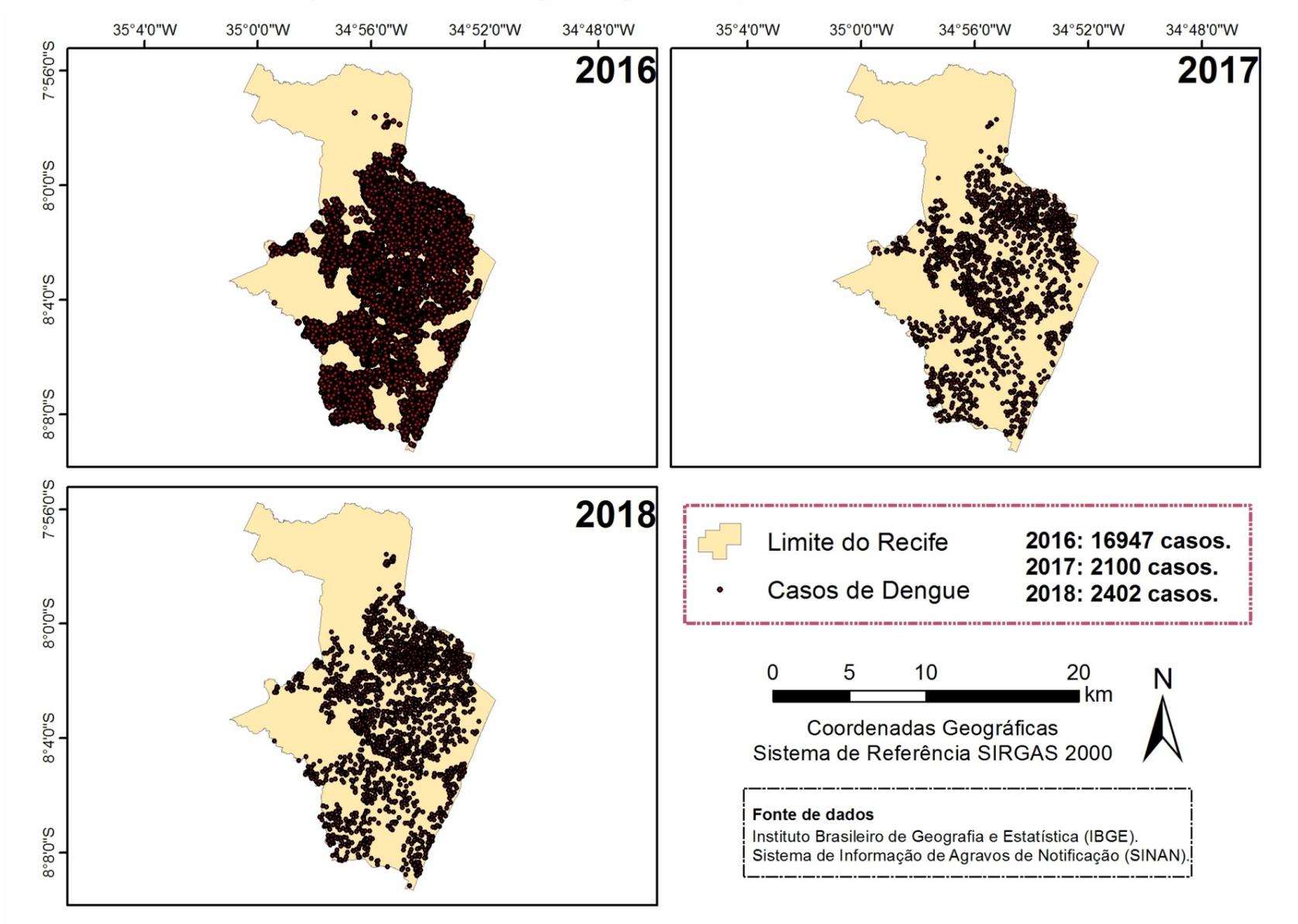
Tabela 6 – Precipitação acumulada anual e quantidade total das arboviroses dengue, zika e chikungunya entre 2016 e 2018 no Recife – PE

Ano	Precipitação (mm)	Arboviroses total
2016	1707,6	31345
2017	2180	3119
2018	1707,3	3071

Fonte: Adaptação a partir de INMET (c2020b) e SINAN (2019).

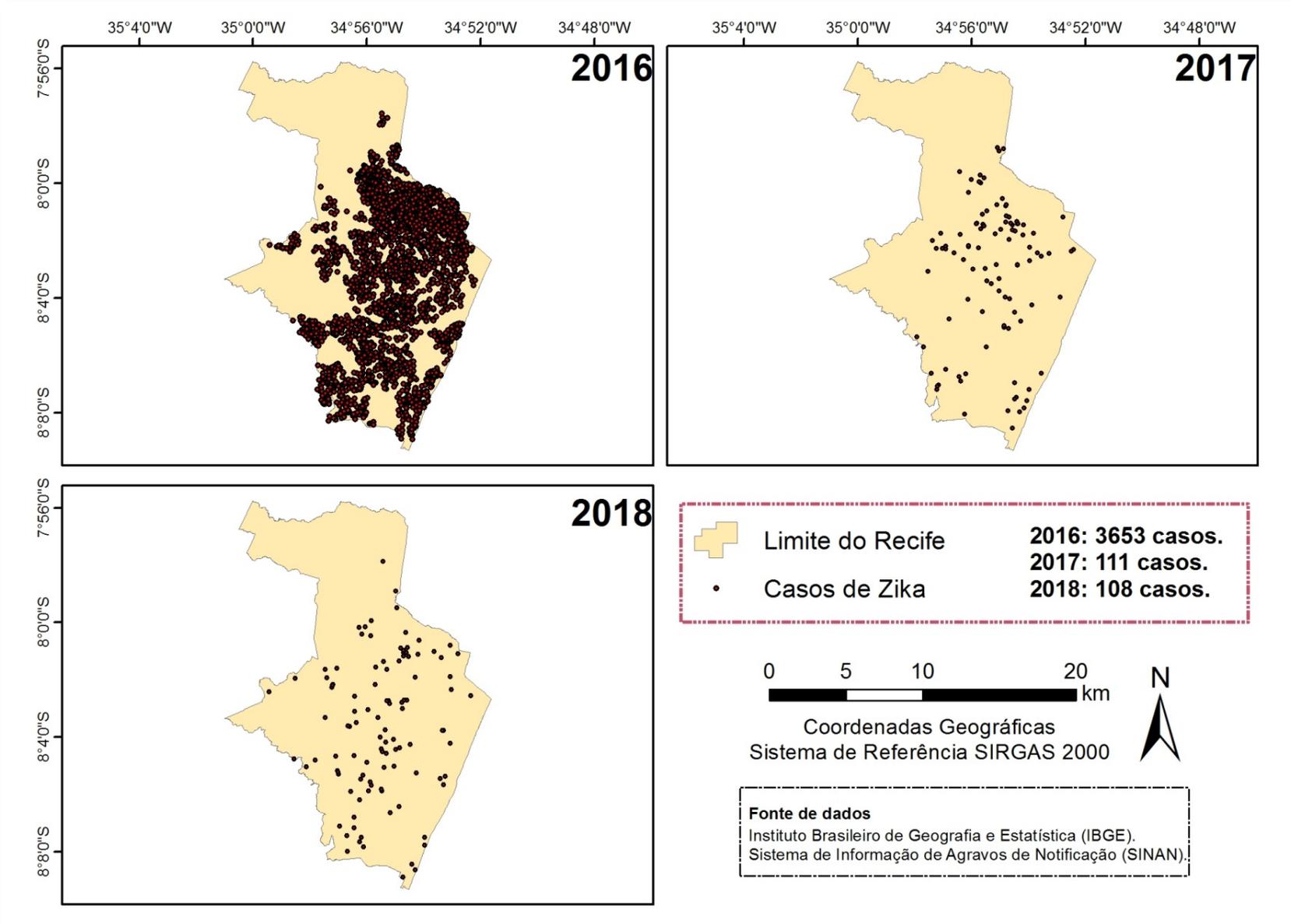
Outro ponto relevante é colocado por Faull e Williams (2016) que esclarecem que o tempo de sobrevivência dos ovos do mosquito *Ae. aegypti* depende da umidade relativa do ar, mais especificamente, do déficit de saturação do ar ambiente, no qual a temperatura e a umidade se combinam para proporcionar um déficit de saturação particular. Esses autores ainda demonstram que, com o aumento no déficit de saturação, as chances de desenvolvimento do embrião no ovo do *Ae. aegypti* diminuem consideravelmente.

Figura 23 – Distribuição espaço-temporal da dengue no Recife entre 2016 e 2018



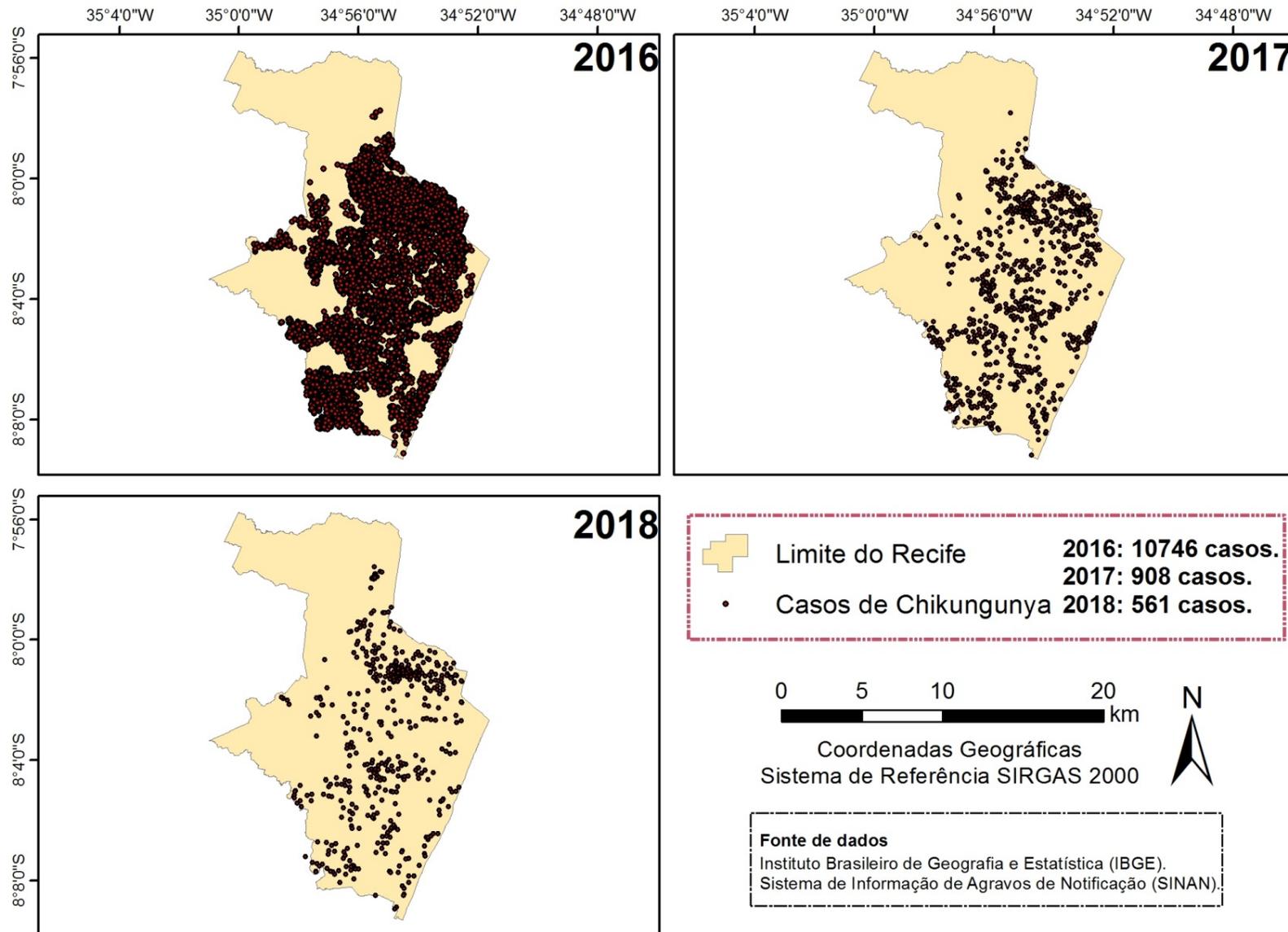
Fonte: Elaboração própria.

Figura 24 – Distribuição espaço-temporal da zika no Recife entre 2016 e 2018



Fonte: Elaboração própria.

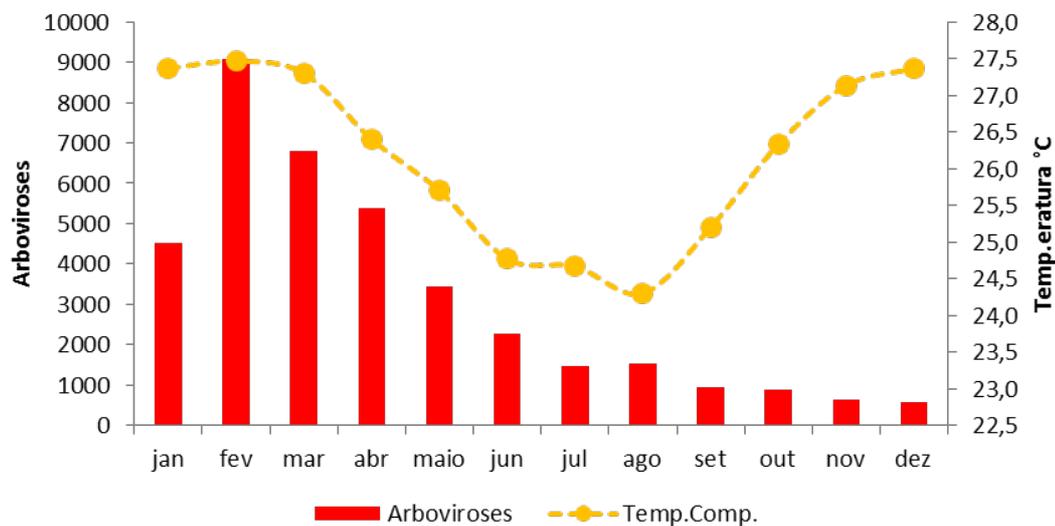
Figura 25 – Distribuição espaço-temporal da chikungunya no Recife entre 2016 e 2018



Fonte: Elaboração própria.

Nesse contexto, a Figura 26 expõe a comparação entre a temperatura média compensada – a qual associa-se ao déficit de saturação – e a distribuição temporal das arboviroses estudadas. Percebe-se que os meses de maiores registros de temperatura corresponderam aos maiores casos das arboviroses, que foram janeiro, fevereiro, março e abril (JFMA), representando um média de 27,25 °C e 54,3% (20405) do total de casos de notificações, sendo 61%, 24,1% e 14,9% para dengue, chikungunya e zika, respectivamente.

Figura 26 – Comparação entre a temperatura média mensal e a ocorrência das arboviroses dengue, zika e chikungunya no período de 2016 a 2018 no Recife



Fonte: Adaptação a partir de INMET (c2020b) e SINAN (2019).

Outro ponto que merece destaque é que o *Ae. aegypti* encontra grande potencialidade de desenvolvimento quando a umidade do ar apresenta-se na faixa entre 70% e 100%, essas condições tornam-se satisfatórias para o desenvolvimento de todas as fases que compreende o ciclo do mosquito. Diante disso, a área de estudo possui condições de umidade relativa do ar ideais ao desenvolvimento desse mosquito, pois em todos os meses da escala temporal analisada ficou acima de 70% (SILVA; MARIANO; SCOPEL, 2007).

Salienta-se que outubro, novembro e dezembro também apresentaram temperaturas bastante elevadas, porém estão fora da pré-estação chuvosa e do período chuvoso, registrando apenas 114,7 mm (6,1%) do total pluviométrico. Esse fato pode estar associado à baixa ocorrência das arboviroses nesse período o que corrobora com os pressupostos da OPAS BRASIL (2019) que expõe a influência da variação do tempo atmosférico com maior ou menor incidência da dengue.

Destaca-se que no Recife as temperaturas são sempre favoráveis à propagação do *Ae. aegypti*. Ratificando isso, Beserra *et al.* (2006) afirmam que a temperatura favorável ao desenvolvimento desse mosquito encontra-se entre 21 °C e 29 °C. Almeida e Silva (2017) ainda destacam que a baixa amplitude térmica sazonal dessa variável climática proporciona ao *Ae. aegypti* temperaturas sempre ideais ao seu desenvolvimento ao longo do ano.

Além disso, segundo Nóbrega e Lemos (2011), durante o verão é comum a ocorrência de chuvas devido à influência de VCAN associados à massa de ar tropical marítima. Isso contribui para o surgimento de criadouros do *Ae. aegypti* nessa estação do ano.

Diante do exposto, os maiores registros de casos de dengue, zika e chikungunya, nos meses JFMA pode ser explicado pela combinação do considerável índice pluviométrico com elevadas temperaturas nesse período do ano.

6.3 VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL

A análise da correlação de Pearson entre os fatores socioambientais com os casos de dengue, zika e chikungunya, expõe que algumas variáveis se destacaram mais que outras. Os fatores que obtiveram as maiores significâncias estatísticas foi o domicílio particular sem rede de esgoto ou fossa séptica e o número de moradores por domicílio particular, sendo as variáveis V01 e V07, respectivamente.

Nesse sentido, infere-se que os bairros que apresentaram maior número de domicílios sem rede de esgoto ou fossa séptica e grande densidade habitacional por domicílio, apresentou quantidade relevante de pessoas infectadas pelas arboviroses estudadas.

Corroborando com esses resultados, Mendonça, Souza e Dutra (2009) expõem que a difusão de arbovírus como a dengue ocorre predominantemente em cidades, especialmente àquelas de países não desenvolvidos, onde a urbanização acelerada e não planejada, aliada à fragilidade do ambiente urbano, devido aos problemas como falta de saneamento básico adequado, tornam-se condicionantes favoráveis à propagação dessas doenças, pois de acordo com Lima Neto *et al.* (2016) são ambientes ideais ao desenvolvimento do *Ae. aegypti* e, conseqüentemente, proporcionam aumento de infecções por arbovírus.

Além disso, Almeida e Silva (2018) enfatizam que os bairros que possuem alta concentração populacional favorece a grande quantidade de hospedeiros, tendo em vista que o *Ae. aegypti* é o vetor e o ser humano o hospedeiro de arbovírus como a dengue.

Dentre os fatores que apresentaram correlações estatísticas intermediárias, destacam-se as seguintes variáveis: V02 (abastecimento de água da chuva), V03 (abastecimento de água

de poço ou nascente), V04 (abastecimento de água de outra forma) e V05 (lixo jogado em terreno baldio ou logradouro).

Nesse contexto, Almeida e Silva (2017) esclarecem que a disposição inadequada de resíduos sólidos (pneus, sacos, lonas, garrafas e latas) e o armazenamento de água em recipientes dos mais variados tamanhos, favorecem o surgimento de criadouros do *Ae. aegypti* e, com isso, podem estar ligados à disseminação de arboviroses.

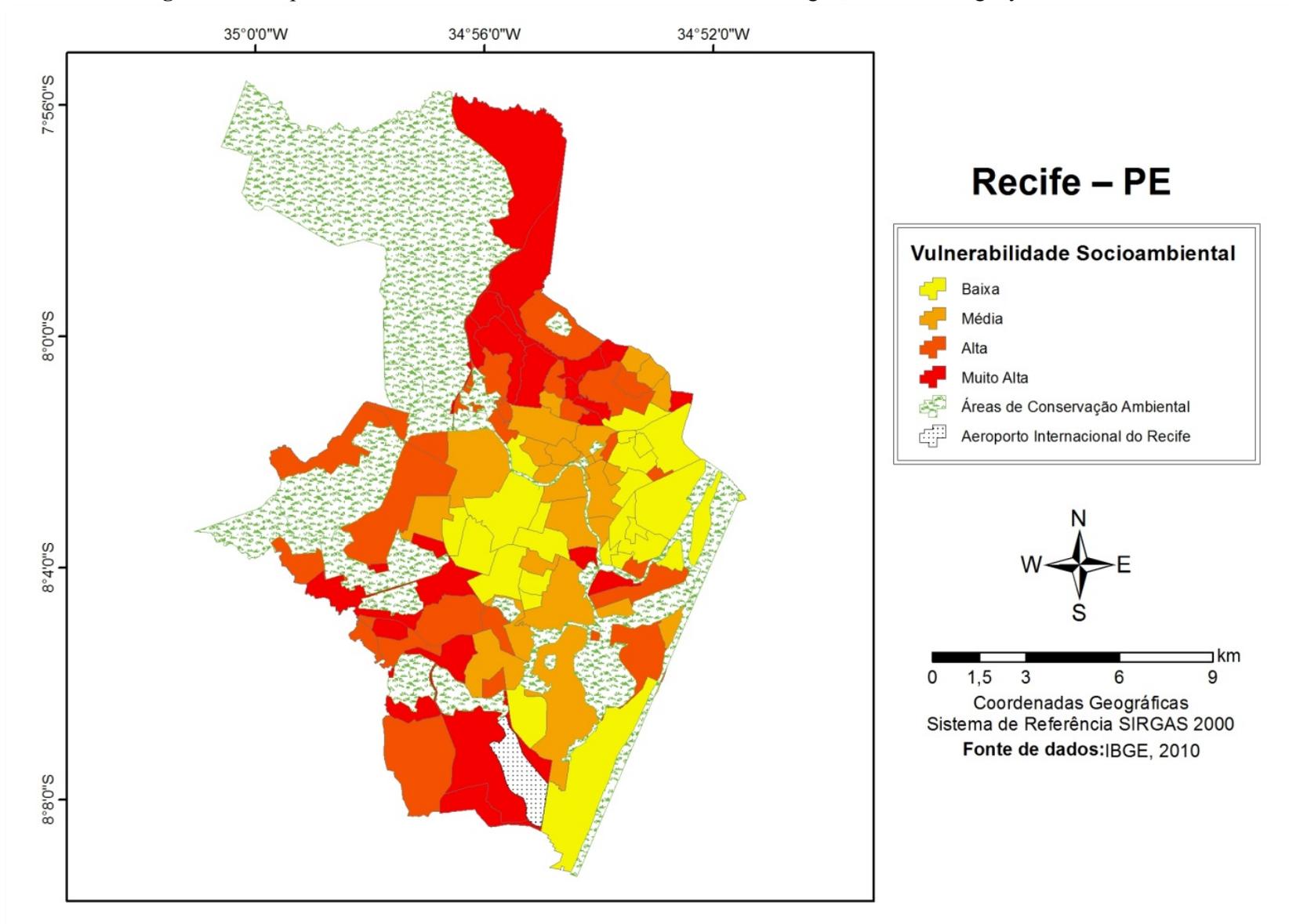
Dessa forma, a falta de abastecimento de água de alguns domicílios junto à ineficácia do órgão público responsável pela coleta de lixo são fatores de grande relevância para difusão das doenças estudadas nesta pesquisa.

A menor correlação estatística se deu com a variável V06 (lixo jogado em rio, lago ou mar), que pode ser explicada através da dinâmica dos recursos hídricos que transportam os resíduos descartados para locais mais afastados e pode ocasionar afundamento desses objetos – isso impossibilita, em alguns casos, o surgimento de criadouros do *Ae. aegypti*.

De acordo com o mapa de vulnerabilidade socioambiental às doenças da dengue, zika e chikungunya (Figura 27), os bairros Ibura, Jordão, COHAB [Caixa alta mesmo?], Barro, Jardim São Paulo, Curado, Sancho, Coqueiral, Ilha do Retiro, Ilha Joana Bezerra, Torrões, Peixinhos, Agua Fria, Bomba do Hemérito, Mangabeira, Alto Jose do Pinho, Alto Sta. Terezinha, Linha do Tiro, Beberibe, Alto José Bonifácio, Vasco da Gama, Nova Descoberta, Dois Unidos, Brejo de Beberibe, Brejo de Guabiraba, Córrego de Jenipapo, Passarinho, Guabiraba e Várzea apresentaram alta e muito alta vulnerabilidade socioambiental às arboviroses, mas não os maiores registros de ocorrência de casos dessas doenças (47,4% do total), esse fato esclarece que outros fatores – por exemplo, climáticos e circulação viral – podem ser determinantes para maior ou menor ocorrência da dengue, zika e chikungunya.

No entanto, é fundamental ressaltar que a circulação de arbovírus em áreas onde o mosquito transmissor é endêmico, o saneamento precário e a população totalmente vulnerável devido aos problemas de infraestrutura e de serviços públicos básicos, acentuam a problemática da difusão dessas doenças nos bairros do Recife.

Figura 27 – Mapa de vulnerabilidade socioambiental às arboviroses dengue, zika e chikungunya no Recife – PE



Fonte: Elaboração própria.

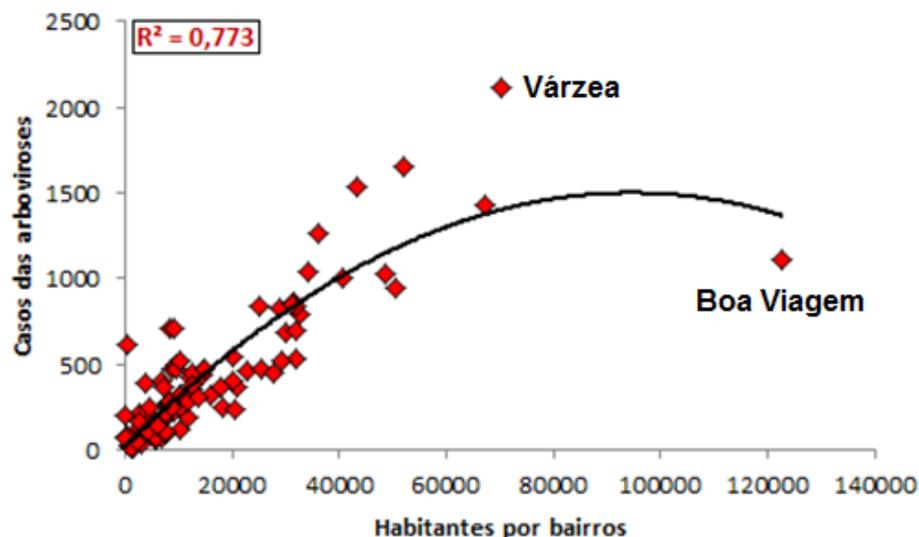
Diante disso, um ponto que também merece destaque associa-se aos investimentos nas campanhas de combate a essas endemias, tendo em vista que a falta de investimento em saúde pública no contexto da dengue, zika e chikungunya pode potencializar muito o aumento de casos.

Nessa concepção, pensar em ações de controle do *Ae. aegypti* e combate aos arbovírus associados a esse vetor, perpassa, impreterivelmente, ações de informações e comunicação em saúde que sejam educativas. Isso exige dos gestores e profissionais de saúde a elaboração de estratégias dialógicas que fomentem o agir comunicativo e a transformação das práticas cotidianas, além de uma visão holística do problema ligado às arboviroses (ANDRADE et al., 2020).

Nessa perspectiva, as péssimas condições de infraestrutura de certas localidades, próprias dos grandes centros urbanos como o Recife, proporcionam condições socioambientais favoráveis à transmissão da dengue, zika e chikungunya.

Destaca-se que os bairros com elevado número de habitantes apresentaram boa correlação de R^2 com a ocorrência dessas doenças, a Figura 28 apresenta que 77% da variação da quantidade de casos das arboviroses em questão têm relação com a variação do número de habitantes por bairro na escala temporal analisada (2016-2018).

Figura 28 – Correlação R^2 a partir da regressão polinomial entre os casos das arboviroses dengue, zika e chikungunya e a quantidade de habitantes por bairro na área de estudo entre 2016 e 2018



Fonte: Adaptação a partir de IBGE (c2020b) e SINAN (2019).

Ressalta-se que o bairro Várzea, que tem a segunda maior população da área de estudo (70.283), apresentou a maior ocorrência de casos (2.119), isso corrobora com os estudos de

Resendes *et al.* (2010) que expõe maior registro da dengue em áreas com alto incremento populacional. Já o bairro Boa Viagem mesmo com a maior população absoluta (122.689) do Recife e superando em muito o número de moradores da Várzea, obteve a sexta maior quantidade de casos (1.112). Isso pode estar ligado ao seguinte fato: em Boa Viagem, de acordo com a Tabela 3, o número de arboviroses foi proporcionalmente menor em relação à Várzea porque, possivelmente, aquele bairro apresenta condições de infraestrutura urbana mais adequadas se comparadas a este.

Dessa forma, deve-se levar em consideração não apenas a quantidade de habitantes, mas também as condições dos bairros que as pessoas residem. Além disso, a seguinte hipótese deve ser considerada: Boa Viagem, de acordo com Recife (2005), está entre os 10 bairros com maior concentração de pessoas com alto poder aquisitivo, como a rede hospitalar privada é muito ampla, isso pode ocasionar subnotificações nesse bairro, mas essa hipótese é difícil de ser investigada devido à dificuldade de obtenção de dados na rede privada de assistência à saúde.

Nessa perspectiva, pesquisas como a de Souza (2009), expõem que as áreas mais valorizadas pelo mercado imobiliário se concentram nos bairros cujas áreas são mais bem atendidas pelas redes de infraestrutura e serviços urbanos, contribuindo com processos de segregação socioespacial. Isso contribui para o aumento de casos de arboviroses em bairros mais precários e onde residem pessoas de menor poder aquisitivo.

Além disso, é importante ressaltar que, como apresentado na Tabela 7, em toda escala temporal analisada, os 10 bairros mais populosos que concentram 566.200 habitantes (37% do total) apresentaram as 10 maiores ocorrências de dengue, zika e chikungunya que totalizaram 13.124 casos (33% do total), evidenciando a forte relação entre a quantidade populacional e o número de casos dessas doenças.

Nessa conjuntura, Almeida (2016) expõe que nas áreas mais adensadas tende a ocorrer maior número de casos de dengue e o maior número de domicílios vai proporcionar maior número de recipientes favoráveis ao desenvolvimento do *Ae. aegypti* que também é o vetor da chikungunya e zika.

Tabela 7 – Os 10 bairros com maiores números de habitantes em 2010 e ocorrências das arboviroses dengue, zika e chikungunya entre 2016 e 2018 no Recife

Bairros	Habitantes	Arboviroses
Boa Viagem	122689	1112
Várzea	70283	2119
COHAB	67260	1425
Iputinga	52143	1658
Ibura	50533	944
Imbiribeira	48488	1030
Água Fria	43523	1530
Cordeiro	40872	1001
Afogados	36205	1265
Nova Descoberta	34204	1040

Fonte: Adaptação a partir de IBGE (c2020a) e SINAN (2019).

Além disso, Terra *et al.* (2017) afirmam que a distribuição do *Ae. aegypti* também está relacionada com a atividade humana partilhando o mesmo âmbito e os mesmos horários. Assim, a disponibilidade de criadouros artificiais que são encontrados no ambiente urbano é essencial para a perpetuação dessa espécie de artrópode e, em consequência disso, difusão de arbovírus.

Nessa conjuntura, o resultado do cruzamento entre as variáveis pesquisadas e as arboviroses, pôde evidenciar os fatores socioambientais e as áreas que merecem maior atenção de políticas públicas no combate à dengue, à zika e à chikungunya.

6.4 DENSIDADE ESPACIAL DOS CASOS DE DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA

Objetivando melhor análise da distribuição espaço-temporal da dengue, zika e chikungunya, foi elaborado os mapas de densidade Kernel, os quais ficaram organizados em 4 classes – apresentadas nas Tabelas 8, 09 e 10 – de intensidade de distribuição dessas arboviroses.

As classes foram definidas pelo método estatístico *natural breaks* que as separa de acordo com a mudança de comportamento dos dados. Os intervalos de classe foram diferentes entre o ano epidêmico (2016) e os anos não epidêmicos (2017 e 2018), pois, dessa maneira, os resultados ficam mais precisos para cada ano de registro dos casos de dengue, zika e chikungunya, possibilitando analisar a alta concentração de casos em todos os anos da escala temporal estudada.

Tabela 8 – Intervalos de classe da densidade Kernel ligada à distribuição da dengue

Classes da dengue	<i>Intervalos de Classe (casos/km²)</i>	
	2016**	2017/2018*
Baixa	1 -- 88	1 -- 14
Média	88 -- 151	14 -- 25
Alta	151 -- 224	25 -- 47
Muito Alta	224 -- 357	47 -- 84

Fonte: Elaboração própria.

(*) Ano epidêmico. (**) Anos não epidêmicos.

Tabela 9 – Intervalos de classe da densidade Kernel ligada à distribuição da zika

Classes da zika	<i>Intervalos de Classe (casos/km²)</i>	
	2016**	2017/2018*
Baixa	1 -- 24	1 -- 2
Média	24 -- 43	2 -- 3
Alta	43 -- 89	3 -- 4
Muito Alta	89 -- 174	4 -- 8

Fonte: Elaboração própria.

(*) Ano epidêmico. (**) Anos não epidêmicos.

Tabela 10 – Intervalos de classe da densidade Kernel ligada à distribuição da chikungunya

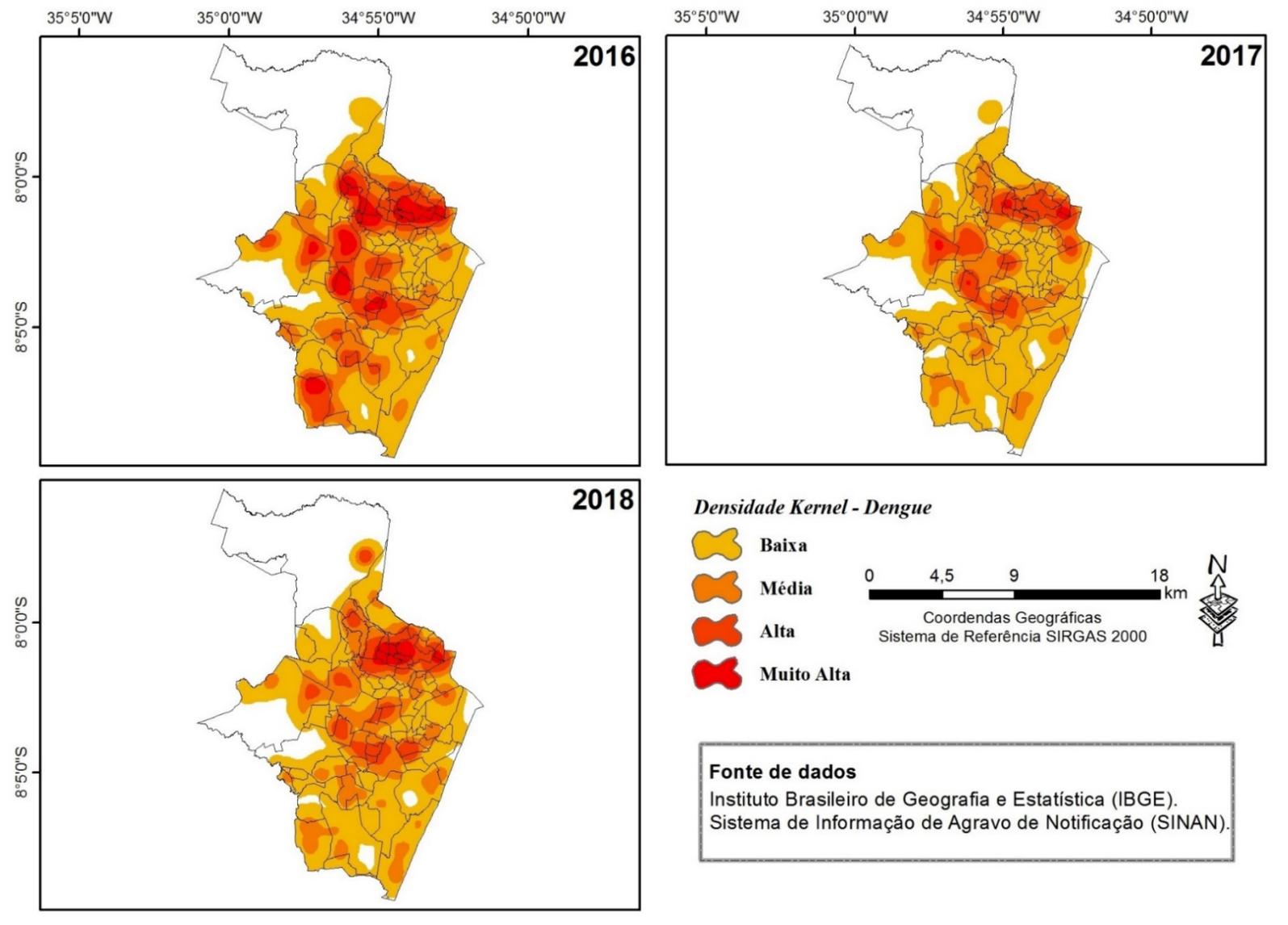
Classes da chikungunya	<i>Intervalos de Classe (casos/km²)</i>	
	2016**	2017/2018*
Baixa	1 -- 59	1 -- 7
Média	59 -- 108	7 -- 14
Alta	108 -- 170	14 -- 34
Muito Alta	170 -- 254	34 -- 68

Fonte: Elaboração própria.

(*) Ano epidêmico. (**) Anos não epidêmicos.

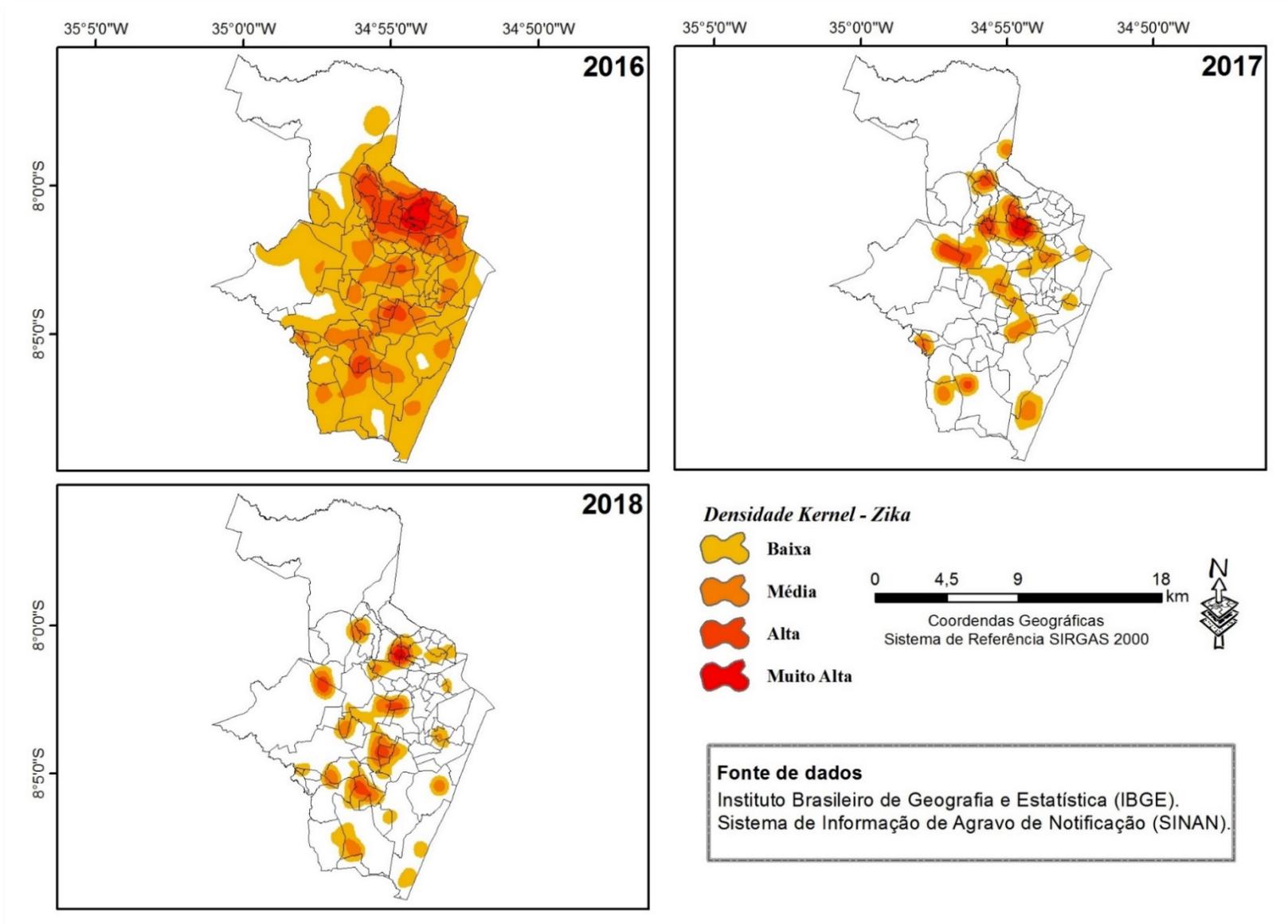
As Figuras 29, 30 e 31, apresentam mapas da distribuição temporal e da espacialização da densidade Kernel referentes aos casos de dengue, zika e chikungunya, respectivamente. É importante destacar que esses mapas expõem locais com alta concentração de ocorrência dessas doenças, representadas por manchas vermelhas que são conhecidas como *hot spots* (pontos quentes).

Figura 29 – Distribuição espaço-temporal dos casos de dengue entre 2016 e 2017, no Recife, a partir do estimador de densidade Kernel



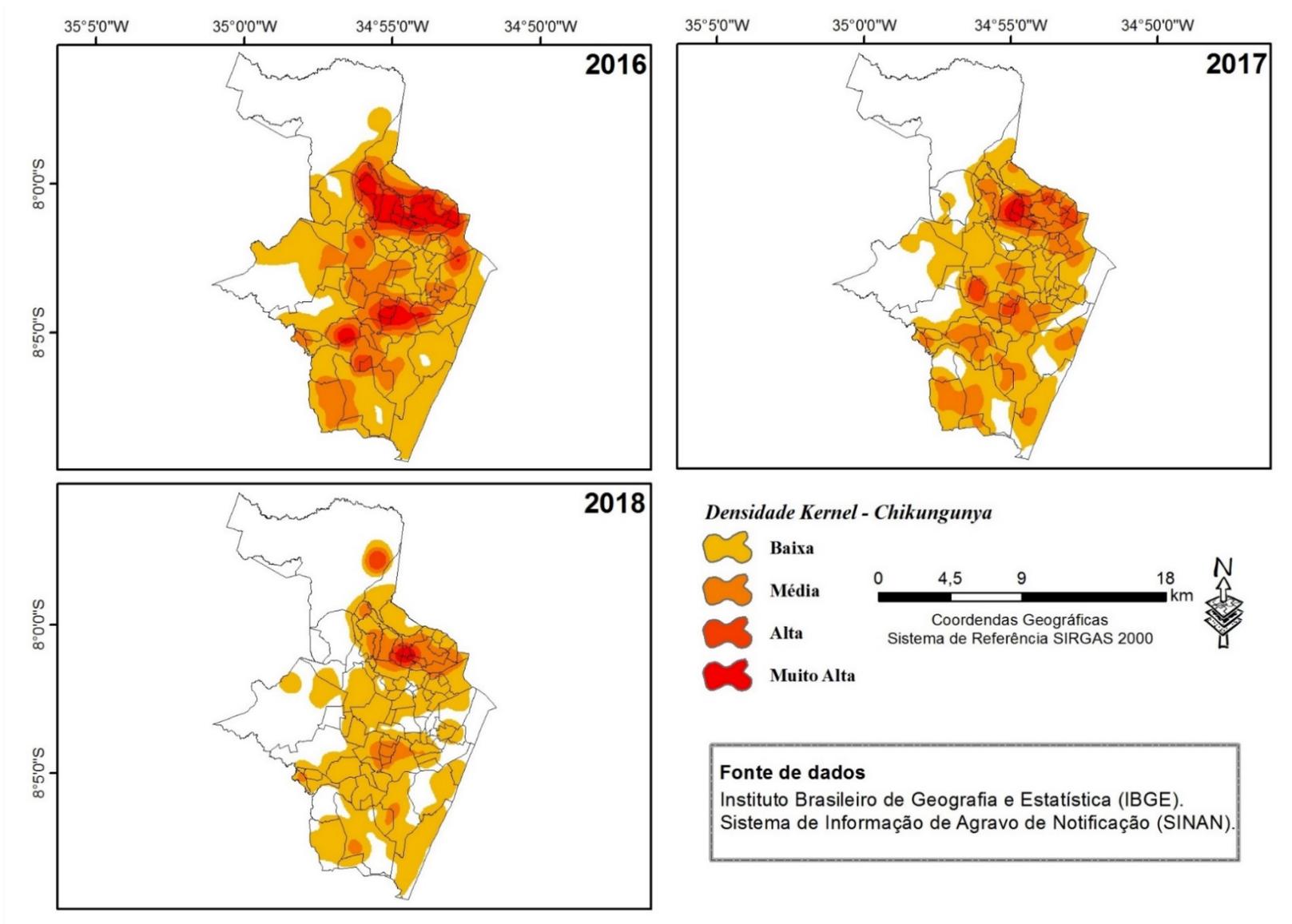
Fonte: Elaboração própria.

Figura 30 – Distribuição espaço-temporal dos casos de zika entre 2016 e 2017, no Recife, a partir do estimador de densidade Kernel



Fonte: Elaboração própria.

Figura 31 – Distribuição espaço-temporal dos casos de chikungunya entre 2016 e 2017, no Recife, a partir do estimador de densidade Kernel



Fonte: Elaboração própria.

No ano epidêmico, a classe muito alta (maior densidade de casos) das três arboviroses foi localizada, principalmente, nos morros da zona norte do Recife que abrangem os Distritos Sanitários 2 e 7, as quais possuem as maiores concentrações de aglomerados precários que são áreas com péssimas condições de habitação, isso indica que pessoas de baixa renda que ocupam residências com saneamento básico inadequado possuem maior vulnerabilidade a essas doenças. Esse fato também é corroborado por Ferreira (2017) a partir da epidemiologia espacial da dengue em Araraquara (SP) e Rodrigues, Costa e Lima (2019) através das pesquisas sobre a dengue, zika e chikungunya em Uberlândia (MG).

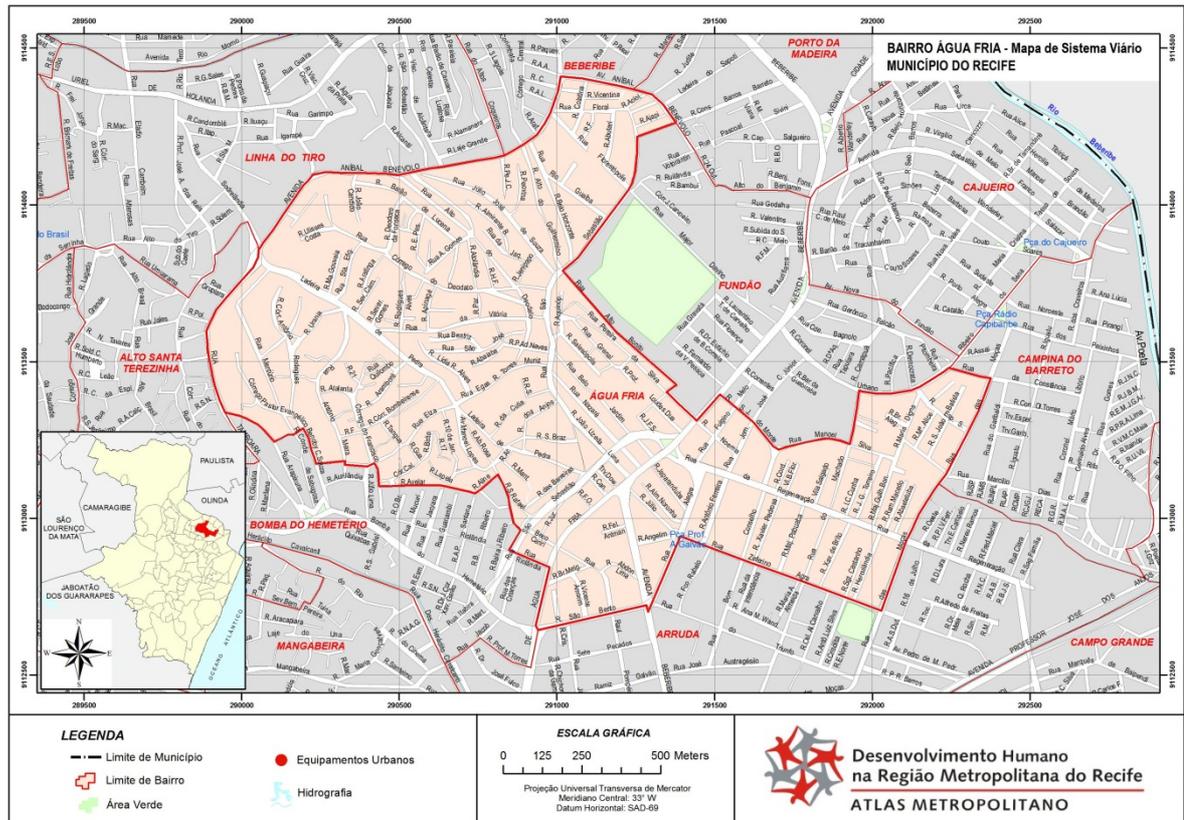
Os bairros de ocorrência de *hot spots* da dengue foram: Campina do Barreto, Arruda, Bomba do Hemérito, Água Fria, Nova Descoberta, Macaxeira, Córrego de Jenipapo, Vasco da Gama, Alto do Mandu, Alto Sta. Terezinha, Mangabeira e Alto José do Pinho; já os da zika foram: Água Fria, Mangabeira, Bomba do Hemérito, Alto José do Pinho e Alto Sta. Terezinha; e os bairros da chikungunya foram: Nova Descoberta, Vasco da Gama, Ilha do Tiro, Morro da Conceição, Alto José Bonifácio, Alto Santa Terezinha, Alto José do Pinho, Bomba do Hemérito, Mangabeira, Água Fria, Linha do Tiro, Fundão e Campina do Barreto.

No entanto, apenas os bairros Água Fria, Bomba do Hemérito, Alto Sta. Terezinha (localizados no DS II), Mangabeira e Alto José do Pinho (localizados no DS VII) apresentaram *hot spots* em todos os mapas, com destaque para o primeiro bairro que apresentou a maior densidade Kernel para todas as doenças, ou seja, a maior concentração de casos por km² em toda área de estudo no ano de 2016. Ressalta-se que os Distritos Sanitários desses bairros possuem enorme quantidade de habitações precárias com grande déficit na infraestrutura urbana que estão do lado oposto da promoção à saúde.

Esse resultado aponta para a necessidade de maior e melhor gestão pública de saúde nesses lugares, especialmente em Água Fria (Figura 32) que, de acordo com Recife (c2020a), possui alta densidade populacional (225,3 habitantes/hectare) com aproximadamente 3,5 habitantes por domicílio e rendimento nominal mensal por domicílios de 1.189 reais evidenciando o baixo nível socioeconômico dos habitantes. Além disso, esse bairro possui mais da metade de sua área territorial com aglomerados precários associados às CIS.

Nessa perspectiva, Morais, Valentim e Costa (2018) expõem que a concentração de pessoas nos espaços urbanos contribuiu para o aumento de problemas socioambientais nas cidades que evidenciam problemáticas sociais de renda e ambientais ligadas ao saneamento básico. Esses problemas acabam impactando de forma negativa a saúde das pessoas e potencializam a difusão de arboviroses como dengue, zika e chikungunya.

Figura 32 – Representação territorial do bairro Água Fria no Recife



Fonte: Portal da Prefeitura da Cidade do Recife (c2020a).

Ainda em 2016 foram registrados mais *hot spots*, os da dengue localizados nos bairros Iputinga, Torrões, Várzea localizados no DS IV, Mustardinha na DS V e COHAB na DS VIII e os da chikungunya nos bairros Jardim São Paulo, Mustardinha, Mangueira e Afogados, todos na DS V. Já nos anos não epidêmicos e considerando as três arboviroses, os bairros que apresentaram os pontos quentes mais relevantes foram: Campina do Barreto, Vasco da Gama, Alto José Bonifácio, Morro da Conceição, Alto José do Pinho, Bomba do Hemérito, Alta Santa Terezinha e Várzea. Nessa conjuntura, é importante salientar que todos os pontos quentes estavam situados nos mesmos locais e/ou vizinhos às ZEIS e às CIS, o que ressalta a relação entre condições inadequadas de habitação e disseminação de arboviroses.

Essa relação é corroborada por Carvalho, Magalhães e Medronho (2017) que utilizou o estimador de densidade Kernel para analisar a distribuição espacial de dengue na cidade do Rio de Janeiro, onde foi possível verificar que as áreas com maiores densidades de ocorrência estavam em aglomerados subnormais ou próximos a eles, evidenciando a difusão da dengue relacionada à vulnerabilidade social das populações que também corrobora com o mapa de vulnerabilidade socioambiental apresentado nesta pesquisa.

Dessa forma, a distribuição dos *hot spots* das arboviroses estudadas, enfatizou as condições desiguais da infraestrutura urbana proporcionada pelo sistema capitalista, essa ideia corrobora com o estudo de Silva (2016), ligado à desigualdade socioespacial urbana em Salvador, no qual ele afirma que as cidades contemporâneas são resultados de uma sociedade estruturada em classes de renda que leva à produção de espaços urbanos organizados em áreas residências com marcas de segregação e desassistidas de políticas públicas adequadas.

Nessa perspectiva e tendo em vista o caráter antropofílico do *Ae. aegypti*, essas áreas de ocupação inadequado que estão do lado oposto da promoção à saúde, de acordo com Maia *et al.* (2019), possuem também alta densidade populacional e condições sociodemográficas que garante ao *Ae. aegypti* alimentação e depósitos suficientes para sua perpetuação, favorecendo a disseminação de arboviroses.

Com isso, fica claro a difusão de arbovírus em locais com saneamento básico precário e alta densidade populacional, pois são lugares propícios à proliferação do principal vetor, em ambientes urbanos, da dengue, zika e chikungunya. Já a ineficiência de políticas públicas ligadas à saúde coletiva pode potencializar essa problemática.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da incidência e prevalência das arboviroses dengue, zika e chikungunya na cidade do Recife mostrou que os habitantes mais pobres que residem em moradias precárias nas áreas de abrangência das Comunidades de Interesse Social (CIS) e Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) são os mais afetados.

No entanto, bairros mais desenvolvidos localizados no DS I também apresentaram alta incidência e prevalência. Esse fato pode estar associado à circulação viral que pode ter deixado os habitantes mais vulneráveis às arboviroses pesquisadas devido à falta de imunidade desses habitantes.

Nessa conjuntura, para uma melhor análise da incidência e prevalência seria necessário dados ligados ao tipo de vírus circulante da dengue, que não foi possível por causa de questões burocráticas, e dados numa escala temporal maior, que não ocorreu porque o ano completo de chikungunya no Recife só foi registrado a partir de 2016.

Já a análise climática relacionada às arboviroses dengue, zika e chikungunya, apontou que a cidade do Recife possui elementos climáticos favoráveis a propagação dessas doenças durante todo o ano. No entanto, os meses de maiores ocorrência de casos foram entre janeiro e abril, período de maiores temperaturas com média de 27,25 °C e considerável índice pluviométrico (38,5% da precipitação média total).

Esse fato é corroborado pelos pressupostos das principais instituições de saúde pública nacionais (Fiocruz e Ministério da Saúde) e internacionais (Organização Mundial de Saúde e Organização Pan Americana de Saúde) que indicam que essas arboviroses são mais atuantes em regiões de clima quente e úmido na zona tropical.

Ainda considerando a abordagem climática, os sistemas atmosféricos que mais atuaram para o considerável índice pluviométrico no período de maior ocorrência foram a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN). Isso evidencia a importância da previsão atmosférica para que a gestão pública em saúde fique em alerta para a possibilidade de aumento de casos quando esses sistemas atuam, tendo em vista que a dengue, zika e chikungunya são patógenos de veiculação hídrica.

Já a comparação dos registros dos casos com a espacialização das chuvas mostrou-se positiva, pois o Distrito Sanitário (DS) de maior concentração dos patógenos pesquisados apresentou a maior concentração e abrangência espacial das chuvas. No entanto, os DS I e II,

não apresentaram comparação positiva, isso evidencia que apenas a variável precipitação não é suficiente para uma boa análise da disseminação dos arbovírus dessas doenças.

Em relação à vulnerabilidade socioambiental às arboviroses dengue, zika e chikungunya, os bairros que apresentaram os maiores valores dessa vulnerabilidade foram àqueles que possuem grande quantidade de moradias precárias que corresponde às áreas de abrangência das CIS e ZEIS. Os fatores mais determinantes para essa vulnerabilidade foram: a) domicílios sem rede de esgoto ou fossa séptica e b) número de moradores por domicílio. Isso corrobora com as evidências encontradas na revisão bibliográfica ligada à disseminação das arboviroses que expõem que a propagação da dengue, zika e chikungunya ocorre, principalmente, por causa do saneamento precário e elevada densidade populacional.

Assim, ressalta-se que o déficit de saneamento básico proporciona ambiente favorável ao desenvolvimento do *Ae. aegypti* e a elevada densidade populacional favorece a difusão dos arbovírus dessas doenças.

Os Distritos Sanitários que apresentaram a maior concentração de bairros com alta taxa de vulnerabilidade socioambiental foram os DS II, VII e VIII que são os que concentram a maior área de abrangência e maior quantidade de aglomerados residências com enorme déficit de infraestrutura urbana que estão associados às favelas e às áreas de periferia. Mas é importante considerar que o mapa de vulnerabilidade considerou fatores socioambientais que são mais inerentes à população mais pobre, por isso esse resultado.

Com isso, destaca-se que áreas mais ricas também podem ser vulneráveis às arboviroses e outros fatores ligados à educação e comunicação em saúde, à circulação dos tipos de arbovírus, à educação ambiental e às políticas públicas de combate à dengue, zika e chikungunya são importantíssimos na análise ampla sobre essas doenças.

O mapa temático da densidade Kernel corroborou com o mapa de vulnerabilidade socioambiental às arboviroses, pois indicou que as áreas de maior concentração de casos são àquelas que possuem residências que divergem da promoção à saúde e do bem-estar social. Sendo os bairros nos DS II e VII que registraram as maiores densidades de casos por km².

Dessa forma, a disseminação das doenças dengue, zika e chikungunya se mostrou mais suscetível nos bairros concentradores de pessoas de baixa renda com forte adensamento populacional, péssimas condições de saneamento básico e com baixa atuação dos serviços públicos ligados à gestão em saúde pública.

É importante destacar que a metodologia de vulnerabilidade socioambiental às arboviroses mostrou-se uma técnica de extrema importância para análise geoespacial da dengue, zika e chikungunya que pode ser aplicada em outros municípios brasileiros e levar em

considerações outras enfermidades, desde que as variáveis socioambientais aplicadas sejam adequadas.

Destaca-se que essas conclusões só foram possíveis devido à comparação, à relação e ao cruzamento dos diversos dados climáticos, epidemiológicos e socioambientais através do geoprocessamento que permitiu produzir mapas temáticos de comparação e outros de sobreposição de camadas associadas aos diversos fatores socioambientais que possibilitou uma análise abrangente das arboviroses na área de estudo.

Diante do exposto, a pesquisa atingiu seus objetivos almejados e comprovou/refutou as hipóteses estabelecidas a partir de uma ampla revisão bibliográfica, técnicas de geoprocessamento e métodos estatísticos e geoestatísticos que produziram resultados significativos que servirão para auxiliar, de forma oportuna e qualificada, a gestão em saúde pública ligada às arboviroses dengue, zika e chikungunya no Recife.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, P. O. A. et al. *Dengue infection in Boa Vista, Roraima, Brazil, 1999-2002*. [XVII National Meeting of Virology, 2006, Campos do Jordão, São Paulo]. **Virus Review&Research**, Campos dos Jordão, SP: Sociedade Brasileira de Virologia, 2006.
- AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO (CONDEPE/FIDEM). **Ficha de qualificação de variáveis físicas e demográficas dos assentamentos sociais de baixa renda da RMR**. Recife: Condepe/Fidem, 1978. Mimeografado.
- ALEIXO, N. C. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Percepções e riscos: abordagem socioambiental do processo saúde-doença. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 191-208, maio-ago. 2011. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/622>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- ALMEIDA, C. A. P. de. **Análise geoespacial dos casos de dengue e sua relação com fatores socioambientais nos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux**. 2016. 105f; il. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/9808?locale=pt_BR. Acesso em: 10 jun. 2020.
- _____. Análise geoespacial dos casos de dengue e sua relação com fatores socioambientais em Bayeux – PB. **Hygeia**, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, v. 13, n. 26, p. 71-86, dez. 2017. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/39726>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 10, p. 3857-3868, out. 2020. Disponível em: <https://www.cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/saneamento-arboviroses-e-determinantes-ambientais-impactos-na-saude-urbana/17113>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- ALMEIDA, C. A. P. de; SILVA, R. M. da. Modelagem espacial dos casos de dengue e variáveis socioambientais em João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 10, n. 5, p. 1455-1470, set.-out. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/234113>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- _____. Análise da ocorrência dos casos de dengue e sua relação com as condições socioambientais em espaços urbanos: os casos de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, no Estado da Paraíba – Brasil. **Hygeia**, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, v. 14, n. 27, p. 56-79, mar. 2018. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/38370>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- ANDRADE, N. F. et al. Análise das campanhas de prevenção às arboviroses dengue, zika e chikungunya do Ministério da Saúde na perspectiva da educação e comunicação em saúde. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 126, p. 871-880, jul.-set. 2020. Disponível em: <https://saudeemdebate.org.br/sed/issue/view/40>. Acesso em: 10 jun. 2020.

ANJOS, R. S.; WANDERLEY, L. S. de A.; NÓBREGA, R. S. Análise espacial da precipitação e possíveis fatores que contribuem para sua espacialização em Recife – PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 1, p. 18-34, jan.-fev. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/242040>. Acesso em: 10 jun. 2020.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Tradução de Maria Juraci dos Santos. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

AYRES, C. F. J. *Indentification of zika virus vectors and implications for control*. **Lancet Infectious Diseases**, v. 16, n. 3, p. 278-9, 2016.

BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. **Interactive spatial analysis**. London: Longman Scientific and Technical, 1995.

BARCELLOS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALÁN, C.; GURGEL, H. C.; CARVALHO, M. S.; Artaxo P. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285-304, jul.-set. 2009. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?pid=S1679-49742009000300011&script=sci_abstract. Acesso em: 10 jun. 2020.

BARCELLOS, C.; SILVA, A. S.; ANDRADE, A. L. Análise de Dados em Forma de Pontos. In: SANTOS, S. M., SOUZA, W. V. (org.). **Introdução à Estatística Espacial para Saúde Pública**. Brasília: Editora MS, 2007.

BARRERA, R., DELGADO, N., JIMÉNEZ, M., VILLALOBOS, I., ROMERO, I. *Estratificación de una ciudad hiperendémica em dengue hemorrágico*. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 8, p. 225-233, 2000.

BESERRA, E. B. et al. Biologia e exigências térmicas de *Ae. aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. **Neotrop. Entomol.**, [S.l.], v. 35, n. 6, p. 853-860, nov.-dez. 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1519-566X2006000600021&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em: 10 jan. 2020.

BESSA, Bráulio. Acredite. In: _____. Poesia que transforma. 1. ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2018. il. *E-book*. Disponível em: <https://lelivros.love/book/baixar-livro-poesia-que-transforma-braulio-bessa-em-pdf-epub-e-mobi-ou-ler-online/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

BONFIM, C.; MEDEIROS, Z. Epidemiologia e Geografia: dos primórdios ao geoprocessamento. **Revista Espaço para Saúde**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 53-62, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284699707_Epidemiologia_e_geografia_dos_primordios_ao_geoprocessamento. Acesso em: 10 jun. 2020.

BONITA, R.; BEAGLEHOLE, R.; KJELLSTROM, T. **Epidemiologia básica**. 2. ed. São Paulo: Editora Santos, 2010.

BRANDÃO, A. M. de P. M. O Clima Urbano na Cidade do Rio de Janeiro. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (org.). **Clima Urbano**. Rio de Janeiro: Contexto, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus zika até a Semana Epidemiológica 45.

Boletins Epidemiológicos, v. 48, n. 7, 2017. Disponível em:

<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/marco/23/2017-V-48-N-8-Indicadores-priorit-rios-para-o-monitoramento-do-Plano-Nacional-pelo-Fim-da-Tuberculose-como-Problema-de-Sa--de-P--blica-no-Brasil.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços: volume único. **Guia de Vigilância em Saúde**. 3. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2019. Disponível em:

<https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/junho/25/guia-vigilancia-saude-volume-unico-3ed.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

BURGOS, Léo; TV Globo. Revisão do Plano Diretor do Recife Amplia Zona Especial de Interesse Social e Propõe Inclusão do Pilar. **G1 Pernambuco**, Recife, 26 ago. 2019.

Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2019/08/26/revisao-do-plano-diretor-do-recife-amplia-zona-especial-de-interesse-social-e-propoe-inclusao-do-pilar.ghtml>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CAIRUS, H. F. Ares, águas e lugares. *In*: CAIRUS, H. F.; RIBEIRO JR., W. A. **Textos Hipocráticos: o doente, o médico e a doença**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2005. p. 91-129. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/9n2wg>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CARVALHO, M. S. et al. **Conceitos Básicos em Análise de dados Espaciais em Saúde**. *In*: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Introdução à Estatística Espacial para Saúde Pública. 1. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

CARVALHO, S.; MAGALHÃES, M. de A. F. M.; MEDRONHO, R. de A. Análise da distribuição espacial de casos de dengue no município do Rio de Janeiro, 2011 e 2012.

Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 51, n. 79, 2017. Disponível em:

<https://www.revistas.usp.br/rsp/article/view/138329>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CAVALCANTI, H. et al. Tipologia e caracterização dos assentamentos precários: Região Metropolitana do Recife. *In*: MORAIS, M. P.; KRAUSE, C.; LIMA NETO, V. C. (org.).

Caracterização e tipologia de assentamentos precários. Brasília: Ipea, 2016.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**.

1995. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/43653652_Modelos_linguagens_e_arquiteturas_para_bancos_de_dados_geograficos/link/00b495378f2a7cf3a6000000/download. Acesso em: 10 jun. 2020.

CASTRO, Regina. Aedes aegypti: combate pode ser mais eficiente durante o frio. **Fiocruz**, Rede Dengue, Zika e Chikungunya, 16 maio 2017. Disponível em:

<https://rededengue.fiocruz.br/noticias/583-aedes-aegypti-combate-pode-ser-mais-eficiente-durante-o-frio>. Acesso em: 27 set. 2020.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). Portal. São José dos Campos-SP: Cemaden, c2020. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). *Arboviral diseases, neuroinvasive and non-neuroinvasive 2015 case definition*. Atlanta: CDC, 2015. Disponível em: <https://www.cdc.gov/nndss/conditions/arboviral-diseases-neuroinvasive-and-non-neuroinvasive/case-definition/2015/>. Acesso em: 13 jun. 2017.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). Portal. Brasília: CPTEC, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, c2020. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CHEN, F.-W.; LIU, C.-W. *Estimation of the spatial rainfall distribution using inverse distance weighting (IDW) in the middle of Taiwan*. **Paddy and Water Environment**, v. 10, p. 209-222, fev. 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10333-012-0319-1>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CHRISTOPHERS, S. R. *Aedes aegypti (L.): the yellow fever mosquito: its life history, bionomics and structure*. London: Cambridge University, 1960. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/geocxnets/wiki/lib/exe/fetch.php?media=wiki:christophers_1960.pdf. Acesso em: 10 jun. 2020.

CONSOLI, R.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1994.

CORRÊA, R. L. Rede urbana: reflexões, hipóteses e questionamentos sobre um tema negligenciado. **Revista Cidades**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 65-78, 2004.

COSTA, M. A.; MARGUITI, B. (org.) **Atlas de vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Brasília: Ipea, 2015.

COSTA, S. S. B. **Análise espacial de casos prováveis de dengue, chikungunya e zika no Maranhão, Brasil**. 2019. 117f. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) – UFMA, São Luís, 2019. Disponível em: <http://tedebc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/2946>. Acesso em: 10 jun. 2020.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

CRUZ, M. C. da. Fiocruz combate arboviroses na Ilha do Governador. **Fiocruz**, Rede Dengue, Zika e Chikungunya, 31 ago. 2017. Disponível em: <https://rededengue.fiocruz.br/noticias/621-fiocruz-combate-arboviroses-na-ilha-do-governador>. Acesso em: 27 set. 2020.

DONALISIO, M. R.; FREITAS, A. R. R. Chikungunya no Brasil: um desafio emergente. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [S.l.], v. 18, n. 1, 2015.

EICHELBERGER P. The importance of addresses – The locus of GIS. *In: Proceedings of the URISA 1993*. Annual Conference. Park Ridge: Urban and Regional Information Systems Association, 1993.

EGLER, C. A. G. et al. Bases conceituais da rede urbana brasileira: análise dos estudos de referência. In: PEREIRA, R. H. M.; FURTADO, B. A. (org.). **Dinâmica urbano-regional: rede urbana e suas interfaces**. Brasília: Ipea, 2011.

FARIA, R. M.; BORTOLOZZI, A. Espaço, território e saúde: contribuições de Milton Santos para o tema de Geografia da Saúde no Brasil. **Revista RA'EGA**, O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, n. 17, p. 31-41, jan.-jun. 2009. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/11995>. Acesso em: 10 jun. 2020.

FAULL, K. J., WILLIAMS, C. R. *Intraspecific variation in desiccation survival time of Aedes aegypti (L.) mosquito eggs of Australian origin*. **Journal of Vector Ecology**, [S.l.], v. 40, n. 2, p. 55-62, dez. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26611964/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

FERREIRA, A. C. Epidemiologia espacial da dengue em Araraquara, São Paulo, 2008 a 2015. 2017. 127f.; il. Tese (Doutorado Biociências e Biotecnologia Aplicadas à Farmacêutica) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara – SP, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/149844>. Acesso em: 10 jun. 2020.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 15-28, dez. 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215>. Acesso em: 10 jun. 2020.

SANTOS JUNIOR, Orlando Alves dos. **O Fórum Nacional de Reforma Urbana: incidência e exigibilidade pelo direito à cidade**. Rio de Janeiro: FASE, 2009. 56 p.; il. (Cadernos do FNUR, 1). Disponível em: <https://polis.org.br/publicacoes/o-forum-nacional-de-reforma-urbana-incidencia-e-exigibilidade-pelo-direito-a-cidade/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

FOCKS, D. A.; DANIELS E.; HAILE, D. G.; KEESLING, J. E. *A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: literature analysis, model development, preliminary validation and samples of simulation results*. **The American Journal of Tropical Medicine Hygiene**, Arlington, VA, v. 53, n. 5, p. 489-506, nov. 1995.

FONTOURA, Renata. Vetor da dengue na Ásia, A. albopictus é alvo de estudos. **Fiocruz**, IOC, Rio de Janeiro, 18 dez. 2008. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=576&sid=32>. Acesso em: 21 mar. 2020.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ). O que é saúde coletiva? **Fiocruz**, Observatório Juventude C&T, sessão Saúde Coletiva, c2014. Disponível em: <http://www.juventudect.fiocruz.br/saude-coletiva>. Acesso em: 21 mar. 2020.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ). Como é o ciclo de vida do mosquito Aedes aegypti? **Fiocruz**, 19 dez. 2019. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/pergunta/como-e-o-ciclo-de-vida-do-mosquito-aedes-aegypti>. Acesso em: 20 fev. 2020.

GOLDING, N. et al. *Integrating vector control across diseases*. **BMC Medicine**, [S.l.], v. 13, n. 249, out. 2015. Disponível em: <https://bmcmmedicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12916-015-0491-4>. Acesso em: 10 jun. 2020.

GOMES, E. T. A. **Recortes de paisagens na cidade do Recife: uma abordagem geográfica.** Recife: Massangana, 2007.

GONÇALVES, N. A. L. **Arbovirose Zika: Uma análise dos determinantes socioambientais a partir do modelo Força Motriz Pressão-Situação-Exposição-Efeito-Ação (FPSEEA).** 2018. 150f.; il. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3744>. Acesso em: 10 jun. 2020.

GRANADOS, J. A. T. *Medidas de prevalência y relación incidencia-prevalencia.* **Med. Clin (Barc)**, v. 105, p. 216-218, 1995.

GRAZIA, G.; QUEIROZ, L. L. **O desafio da sustentabilidade urbana.** Rio de Janeiro: Fase: Ibase, 2001. (Série Cadernos Temáticos, n. 5).

HORTA, M. A. P. et al. Os efeitos do crescimento urbano sobre a dengue. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, Fortaleza, v. 26, n. 4, p. 539-547, out.-dez. 2013. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/RBPS/article/view/3121>. Acesso em: 10 jun. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Downloads.** Estatísticas. Geociências. Rio de Janeiro: IBGE, c2013. Disponível em: <https://downloads.ibge.gov.br>. Acesso em: 16 nov. 2020.

_____. **Censo Demográfico 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, c2020a. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 1 mar. 2020.

_____. **Aglomerados Subnormais 2019.** Rio de Janeiro: IBGE, c2020b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html?edicao=27720&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 16 nov. 2020.

_____. **Cidades e Estados.** Recife (PE). Rio de Janeiro: IBGE, c2020c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>. Acesso em: 14 maio 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Portal.** Brasília: INMET, c2020a. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>. Acesso em: 10 maio. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais climatológicas. Brasília: INMET, c2020b. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 14 maio 2020.

LIMA, M. F. da C.; LEITE, M. de J. B. **Estudo Detalhado Caracterizando a Pobreza Urbana na RMR.** Versão Final. Recife: GTZ/FADE, 2000.

LIMA NETO, A. S. et al. Dengue, zika e chikungunya – desafios do controle vetorial frente à ocorrência das três arboviroses. **Revista Brasileira de Promoção da Saúde**, Fortaleza, v. 29, n. 3, p. 305-308, jul.-set. 2016. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/RBPS/article/view/5782>. Acesso em: 10 jun. 2020.

LIMA-CAMARA, T. N. Arboviroses emergentes e novos desafios para a saúde pública no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 50, n. 36, jun. 2016. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102016000100602&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 10 jun. 2020.

LINS, T. M. P. **Análise de locais com potencial risco de transmissão de arboviroses usando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 2019. 102f.; il. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/34639>. Acesso em: 10 jun. 2020.

LOPES, N.; NOZAWA, C.; LINHARES, R. E. C. Características gerais e epidemiologia dos arbovírus emergentes no Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, Ananindeua, v. 5, n. 3, p. 55-64, set. 2014. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2176-62232014000300007&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 10 jun. 2020.

LUNARDON, K. A. F. Aplicação da análise multicritério para espacialização de condicionantes de focos de *Aedes aegypti* em Curitiba/PR. **Hygeia**, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, v. 13, n. 26, p. 87-97, dez. 2017. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/39727>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MACIEL, I. J., SIQUEIRA JÚNIOR, J. B., MARTELLI, C. M. T. Epidemiologia e desafios no controle do dengue. **Rev. Patol. Trop.**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 111-30, out. 2008. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/index.php/iptsp/article/view/4998>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MACHADO, P. J.; OLIVEIRA, R. M.; SOUZA-SANTOS, R. Análise espacial da ocorrência de dengue e condições de vida na cidade de Nova Iguaçu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 5, p. 1025-1034, 2009.

MAGALHÃES, G. B. **Comportamento espaço-temporal da dengue e sua relação com os elementos atmosféricos e socioeconômicos em Fortaleza/CE**. 2014. 264f.; il. Tese (Doutorado em Geografia) – UFC, Fortaleza – CE, 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/17636>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MAIA, C. V. de A. et al. Distribuição espacial de criadouros de *Aedes aegypti* em Jaguaruna – CE – Brasil e suas correlações com indicadores sociodemográficos. **Hygeia**, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, v. 15, n. 31, p. 71-81, 2019. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/46811>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. 6. ed. São Paulo: Contexto, 2003.

MATSUMOTO, P. S. S. et al. Mapeamento de covid-19 e isolamento social: ferramentas de monitoramento e vigilância em saúde pública. **Hygeia**, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, Edição Especial: COVID-19, p. 298-311, jun. 2020. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/54553>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MCMICHAEL, A. J.; WOODRUFF, R. E. *Climate change and infectious diseases*. In: MAYER, K. H.; PIZER, H. F. (Ed.). *The social ecology of infectious diseases*. Amsterdam: Elsevier, 2008. p. 378-407.

MENDONÇA, F. Aspectos da interação clima-ambiente-saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental. **Revista RA'EGA**, O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, v. 4, p. 85-99, 2000. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3341>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MENDONÇA, F. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 10, p. 139-148, 2004. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/3102>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MENDONÇA, F. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos - a contingência climática. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 1, Número Especial, p. 153-163, dez. 2010. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/538>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MENDONÇA, F.; ARAÚJO, W. M.; FOGAÇA, T. K. A Geografia da Saúde no Brasil: estado de arte e alguns desafios. **Investigaciones Geográficas**, Universidade do Chile, Santiago, v. 48, p. 41-52, jun. 2015. Disponível em: <https://investigacionesgeograficas.uchile.cl/index.php/IG/article/view/36675>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MENDONÇA, F. A., DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, F. A.; SOUZA, A. V.; DUTRA, D. A. Saúde Pública, Urbanização e Dengue no Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21 n. 3, p. 257-269, 2009. Acesso em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/9606>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MENEZES, Maíra. Mosquito *Aedes aegypti* e *albopitcus* são diferentes na competência para transmitir zika. **Fiocruz**, IOC, Rio de Janeiro, 7 mar. 2016. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/mosquitos-aedes-aegypti-e-albopictus-sao-diferentes-na-competencia-para-transmitir-zika>. Acesso em: 21 mar. 2020.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 1-10, 2002.

MONDINI, A. et al. Análise espacial da transmissão de dengue em cidade de porte médio do interior paulista. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 444-451, jun. 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102005000300016. Acesso em: 10 jun. 2020.

MORAES, A. C. R. **Geografia**: pequena história crítica. São Paulo: Annablume, 2003.

MORAIS, I. R. D.; VALENTIM, R. A. de M.; COSTA, S. M. da. Produção do espaço urbano e políticas públicas: a operacionalização do observatório do *Aedes aegypti* no Rio Grande do Norte/RN. **Hygeia**, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, v. 14, n.

30, p. 17-28, fev. 2018. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/42904>. Acesso em: 10 jun. 2020.

KRAEMER, M. U. G. et al. *The global distribution of the arbovirus vector *Ae. aegypti* and *Ae. Albopictus**. **eLife**, Cambridge, v. 4, jun. 2015. Disponível em:

<https://elifesciences.org/articles/08347>. Acesso em: 10 jun. 2020.

MUSTAFA, M. S. et al. *Discovery of fifth serotype of dengue virus (DENGUEV-5): A new public health dilemma in dengue control*. **Medical Journal Armed Forces India**, [S.l.], v. 71 n. 1, p. 67-70, 2015.

NARDI, S. M. T. et al. Geoprocessamento em saúde pública: fundamentos e aplicações. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 72, n. 3, p. 185-191, 2013. Disponível em:

<https://periodicos.saude.sp.gov.br/index.php/RIAL/article/view/32916>. Acesso em: 10 jun. 2020.

NEVES, D. P. et al. **Parasitologia humana**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1998.

NOBRE, A.; ANTEZANA, D.; TAUIL, P. L. Febre amarela e dengue no Brasil: epidemiologia e controle. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, Uberaba, v. 27, n. 3, p. 59-66, 1994.

NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. da S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia (UFPE)**, Recife, v. 28, n. 1, p. 93-109, abr. 2011. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/228942>. Acesso em: 10 jun. 2020.

NOGUEIRA, M. J. et al. Análise da distribuição espacial da gravidez adolescente no município de Belo Horizonte – MG. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 297-312, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-790X2009000300002&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 10 jun. 2020.

NORMILE, D. *First New Dengue Virus Type in 50 Years*. **Science**, Washington DC, 21 out. 2013. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/news/2013/10/first-new-dengue-virus-type-50-years>. Acesso em: 7 jun. 2017.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Estratégias para prevenção e controle das arboviroses**: relatório final [CD58/INF/11]. 58º Conselho Diretor. 74ª Sessão do Comitê Regional da OMS para as Américas. OPAS, Washington, D.C., 12 ago. 2020.

Disponível em: <https://www.paho.org/pt/documentos/cd58infl1-estrategia-para-prevencao-e-controle-das-arboviroses-relatorio-final>. Acesso em: 10 jan. 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS BRASIL). OPAS recomenda que países da América Latina e do Caribe se preparem para possíveis surtos de dengue. OPAS BRASIL, Brasília, 28 fev. 2019. Disponível em:

https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5880:opas-recomenda-que-paises-da-america-latina-e-do-caribe-se-preparem-para-possiveis-surtos-de-dengue&Itemid=812. Acesso em: 17 mar. 2020.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO). *Dengue and Dengue Haemorrhagic Fever in the Americas: guidelines for prevention and control*. Washington, D.C.: PAHO, 1997. 98 p. (Scientific Publication, 548).

PATZ, J. A. et al. Dengue Fever Epidemic Potential as Projected by General Circulation Models of Global Climate Change. *Environmental Health Perspectives*, [S.l.], v. 106, n. 3, p. 147-153, mar. 1998. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9452414/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

PERNAMBUCO. **Programa de infraestrutura em área de baixa renda na Região Metropolitana do Recife (Prometrópole)**: banco de dados georreferenciado (BD SIG) sobre a pobreza urbana na RMR. Recife: Condepe/Fidem, 2002.

PERNAMBUCO. Fundação de Desenvolvimento Municipal. **Manual de Ocupação dos Morros da Região Metropolitana do Recife**. Coordenação de Margareth Mascarenhas Alheiros et al. Recife: Ensol, 2004.

PINA, M. F.; SANTOS, S. M. **Conceitos básicos de Sistemas de Informações Geográficas e Cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização Panamericana de Saúde/Ministério da Saúde, 2000.

RAMOS, A. P. M. et al. Avaliação qualitativa e quantitativa de métodos de classificação de dados para o mapeamento coroplético. *Revista Brasileira de Cartografia*, Monte Carmelo, v. 68, n. 3, p. 609-629, abr. 2016. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44418>. Acesso em: 17 mar. 2020.

RECIFE. **Altas Municipal 2005**: desenvolvimento humano no Recife. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife, 2005.

_____. Governo Municipal, Secretaria de Saúde do Recife, Secretaria Executiva de Coordenação Geral, Gerência Geral de Planejamento. **Plano Municipal de Saúde 2014 – 2017**. Governo Municipal, Secretaria de Saúde do Recife, Recife. Secretaria Executiva de Coordenação Geral, Diretoria Executiva de Planejamento, Orçamento e Gestão da Informação. 1. ed. Recife: Secretaria de Saúde do Recife, 2014. 84 p.; il. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/plano-municipal-de-saude-pms-2014-2017>. Acesso em: 10 jun. 2020.

_____. Governo Municipal. Autarquia de Saneamento Básico do Recife (SANEAR). **ATLAS das Infraestruturas Públicas em Comunidades de Interesse Social do Recife**. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife, 2015. Disponível em: <https://observatoriosar.wordpress.com/2017/07/21/o-mapeamento-das-areas-pobres-do-recife-e-o-drama-sanitario/>. Acesso em: 16 nov. 2020.

_____. Governo Municipal, Secretaria de Saúde do Recife, Secretaria Executiva de Coordenação Geral. **Plano Municipal de Saúde 2018 – 2021**. Governo Municipal, Secretaria de Saúde do Recife, Recife. Secretaria Executiva de Coordenação Geral, Diretoria Executiva de Planejamento, Orçamento e Gestão da Informação. 1. ed. Recife: Secretaria de Saúde do Recife, 2018. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/taxonomy/term/16627?op=MTMz>. Acesso em: 10 jun. 2020.

_____. **Água Fria [Perfil dos Bairros]**. Recife: Prefeitura da Cidade do Recife, c2020a. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/agua-fria?op=NTI4Mg==>. Acesso em: 28 abr. 2020.

_____. Serviço de Informações Geográficas do Recife (ESIG). Recife: Prefeitura da Cidade do Recife, c2020b. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/informacoes-geograficas-do-recife-esig>. Acesso em: 10 jun. 2020.

RESENDES, A. P. da C. et al. Determinação de áreas prioritárias para ações de controle da dengue. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 274-282, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102010000200007&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 10 jun. 2020.

REY, L. **Bases da parasitologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

REZENDE, K. E. H. **Vigilância comunitária em saúde visando o fortalecimento da mobilização social para o enfrentamento da dengue, zika e chikungunya, no estado de Minas Gerais**: análises de contextos socioeconômicos e sanitários de territórios com comitês populares cadastrados na proposta. 2018. 74f; il. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva) – Fundação Oswaldo Cruz, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/39474>. Acesso em: 10 jun. 2020.

RICHARDS T. B. et al. *Geographic information and public health: mapping the future*. **Public Health Rep.**, v. 114, n. 4, p. 359-373, jul.-ago. 1999. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10501137/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

RICKETTS, T. C. *Geographic Information System and Public Health*. **Annual Review of Public Health**, n. 24, p. 1-6, maio 2003. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.publhealth.24.100901.140924>. Acesso em: 10 jun. 2020.

ROCHA, D. de M.; NOGUEIRA, G. F. F. L. Desigualdades socioespaciais e direito à cidade: A ZEI Campo Grande e o PREZEIS (RECIFE). In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE URBANIZAÇÃO DE FAVELAS (URBFAVELAS), 3., 2018, Salvador. **Anais...** Salvador: UFSAL, 2018. Disponível em: <http://www.sisgeenco.com.br/sistema/urbfavelas/anais2018a/ARQUIVOS/GT1-367-173-20180820204950.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

RODRIGUES, E. A. S.; COSTA, M. I.; LIMA, S. C. Epidemiologia da dengue, zika e chikungunya, entre 2014 a 2016, em Urberlândia (MG). **Hygeia**, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, v. 14, n. 30, p. 62-81, fev. 2019. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/45125>. Acesso em: 10 jun. 2020.

RODRIGUEZ-MORALES, A. J. et al. *How many patients with post-chikungunya chronic inflammatory rheumatism can we expect in the new endemic areas of Latin America?* **Rheumatol Int.**, [S.l.], v. 35, n. 12, p. 2091-2094, jun. 2015. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00296-015-3302-5>. Acesso em: 10 jun. 2020.

ROSEGHINI, W. F. F. **Clima urbano e dengue no centro-sudoeste do Brasil**. 2013. 151f.; il. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/32043>. Acesso em: 10 jun. 2020.

- ROTH, A. et al. *Concurrent outbreaks of dengue, chikungunya and zika virus infections - an unprecedented epidemic wave of mosquito-borne viruses in the Pacific 2012-2014*. **Euro Surveill**, [S.l.], v. 19, n. 41, p. 209-229, out. 2014. Disponível em: ROTH, A. et al. *Concurrent outbreaks of dengue, chikungunya and zika virus infections - an unprecedented epidemic wave of mosquito-borne viruses in the Pacific 2012-2014*. Acesso em: 10 jun. 2020.
- ROUQUAYROL, M. Z. **Epidemiologia e saúde**. Rio de Janeiro: MEDSI, 1999.
- SAMPAIO, T. V. M. Diretrizes e procedimentos metodológicos para a cartografia de síntese com atributos quantitativos via álgebra de mapas e análise multicritério. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 121-131, jun. 2012. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/9701>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 1994.
- SANTOS, S. M.; PINA, M. F.; CARVALHO, M. S. **Conceitos básicos de sistema de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização Panamericana de Saúde; Ministério da Saúde, 2000.
- SANTOS, R. dos F. (org.). **Vulnerabilidade socioambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007. 192 p.: il. Disponível em: https://fld.com.br/wp-content/uploads/2019/07/Vulnerabilidade_Ambiental_Desastres_Naturais_ou_Fenomenos_Induzidos.pdf. Acesso em: 10 jun. 2020.
- SILVA, A. M. et al. Modelagem geoestatística dos casos de dengue e da variação termopluviométrica em João Pessoa, Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 157-169, maio 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/22526>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- SILVA, J. C. da. **Infraestrutura urbana e desigualdade socioespacial na cidade de Salvador – Bahia**. 2016. 239f.; il. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/139454>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- SILVA, J. S.; MARIANO, Z. de F.; SCOPEL, I. *The influence of the urban climate in the proliferation of the mosquito *Ae. aegypti* in Jataí (GO) in the perspective of the medical geography*. **Hygeia**, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, Uberlândia, v. 3, n. 5, p. 33-49, dez. 2007. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/16883>. Acesso em: 10 jun. 2020.
- SILVA JÚNIOR, J. B. da; PIMENTA JÚNIOR, F. G. Epidemiologia da Dengue. In: SOUZA, L. J. de. **Dengue: diagnóstico, tratamento e prevenção**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2008.
- SILVEIRA JÚNIOR, J. C. **Pontos e linhas, pontes e retalhos: as experiências de implantação de tecnologias no domínio geográfico na vigilância vetorial para a dengue, em Recife e Santa Cruz do Capibaribe – PE**. 2010. 114f.; il. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Fundação Oswaldo Cruz. Centro de Pesquisa Ageu Magalhães. 2010. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/10892/1/343.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO (SINAN). O Sinan. **Sinan**, Brasília, 7 mar. 2016 [Atualizado em 2019]. Disponível em: <http://portalsinan.saude.gov.br/o-sinan>. Acesso em: 10 jun. 2020.

SKABA, D. A. et al. Geoprocessamento dos dados em saúde: o tratamento dos endereços. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 6, p. 1753-1756, nov.-dez. 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2004000600037. Acesso em: 10 jun. 2020.

SOPER, F. L. *The 1964 status of Aedes aegypti eradication and yellow fever in the Americas*. **The American Journal of Tropical Medicine Hygiene**, Arlington, VA, v. 14, n. 6, p. 887-891, 1965. DOI: 10.4269/ajtmh.1965.14.887

SOUSA, T. C. M. et al. Doenças sensíveis ao clima no Brasil e no mundo: revisão sistemática. **Rev. Panam Salud Publica**, Washington, D.C., v. 42, jun. 2018. Disponível em: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/49128>. Acesso em: 10 jun. 2020.

SOUZA, A. I. et al. Geografia da microcefalia na era Zika: um estudo de distribuição de recém-nascidos e indicadores socioambientais em Recife, Brasil, 2015 – 2016. **Rev. de Saúde Pública**, v. 133, n. 4, p. 461-471, 2018.

SOUZA, M. S. de. Análise da estrutura urbana. In: DANTAS, E. W. C., SILVA, J. B., Costa, M. C. L. (org.). **De cidade à metrópole: (trans)formações urbanas em Fortaleza**. Fortaleza: Editora Universitária da UFC, 2009. p. 13-86.

TAUIL, P. L. Urbanização e ecologia do dengue. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, suppl., p. 99-102, 2001. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-311X2001000700018&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 10 jun 2020.

TERRA, M. R. et al. *Aedes aegypti* e as arboviroses emergentes no Brasil. **Revista UNINGÁ Review**, Maringá, v. 30, n. 3, p. 52-60, abr.-jun. 2017. Disponível em: <http://revista.uninga.br/index.php/uningareviews/article/view/2028>. Acesso em: 10 jun. 2020.

TUNES, S. Mosquitos: o perigo avança. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 64, maio 2001. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/mosquitos-o-perigo-avanca/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

UMBELINO, G. J. M. Aplicação do índice de qualidade de vida humana (IQVH) nas regiões metropolitanas do Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de População (REBEP)**, Belo Horizonte, v. 24, n. 2, p. 339-340, ago. 2007. Disponível em: <https://rebep.org.br/revista/article/view/194>. Acesso em: 10 jun. 2020.

VASCONCELOS P. F. D. C. Doença pelo vírus zika: um novo problema emergente nas Américas? **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, Ananindeua, v. 6, n. 2, jun. 2015. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-62232015000200001&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 10 jun. 2020.

WANDERLEY, L. S. de A. et al. As chuvas na cidade do Recife: uma climatologia de extremos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 22, p. 149-164, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/56034>. Acesso em: 10 jun. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Dengue and severe dengue**. WHO, Suíça, 23 jun. 2020. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>. Acesso em: 4 fev. 2020.

ZARA, A. L. S. A. et al. Estratégias de controle do *aedes aegypti*: uma revisão. **Epidemiologia e Serviços de Saúde [Revista do Sistema Único de saúde do Brasil]**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 391-404, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2237-96222016000200391&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 10 jun. 2020.

**APÊNDICE A – QUANTIDADE DE CASOS DAS ARBOVIROSES DENGUE, ZIKA E
CHIKUNGUNYA POR BAIRRO E DISTRITO SANITÁRIO NO RECIFE ENTRE
2016 E 2018**

Bairros	Casos das Arboviroses	Distritos Sanitários (DS)
Boa Vista	441	DS I
Cabanga	87	
Coelhos	202	
Ilha do leite	19	
Ilha Joana Bezerra	450	
Paissandu	610	
Recife	79	
Santo Amaro	449	
Santo Antonio	74	
Sao Jose	281	
Soledade	50	
Alto Santa Terezinha	188	DS II
Agua Fria	1530	
Arruda	464	
Beberibe	467	
Bomba do Hemerito	712	
Campo Grande	691	
Cajueiro	162	
Dois Unidos	789	
Fundao	256	
Campina do Barreto	497	
Hipodromo	167	
Linha do Tiro	472	
Ponta de Parada	55	
Porto da Madeira	209	
Peixinhos	142	
Rosarinho	107	
Torreao	12	
Encruzilhada	184	DS III
Aflitos	57	
Alto do Mandu	204	
Apipucos	69	
Casa Amarela	821	
Casa Forte	72	
Derby	38	
Dois Irmaos	206	
Graças	232	
Monteiro	70	
Espinheiro	120	
Poco	250	
Santana	33	

Sítio dos Pintos	362	
Tamarineira	302	
Jaqueira	10	
Parnamirim	93	
Caxanga	466	
Cidade Universitaria	27	
Varzea	2119	
Cordeiro	1001	
Engenho do Meio	513	
Ilha do Retiro	391	
Iputinga	1658	DS IV
Prado	283	
Torre	364	
Madalena	457	
Torreões	835	
Zumbi	135	
Afogados	1265	
Arcias	684	
Barro	535	
Bongi	271	
Cacote	322	
Coqueiral	269	
Curado	314	
Jardim Sao Paulo	858	DS V
Jiquia	245	
Estancia	224	
Mangueira	264	
Mustardinha	371	
Sancho	110	
San Martin	476	
Tejipio	242	
Toto	51	
Boa Viagem	1112	
Brasilia Teimosa	243	
Imbiribeira	1030	DS VI
IPSEP	836	
Pina	513	
COHAB	1425	
IBURA	944	DS VII
Jordao	368	
Brejo de Beberibe	229	
Alto Jose Bonifacio	358	
Alto Jose do Pinho	420	
Brejo de Guabiraba	309	
Corrego de Jenipapo	709	DS VIII
Guabiraba	146	
Macaxeira	536	
Mangabeira	403	

Nova Descoberta	1040
Passarinho	394
Morro da Conceicao	320
Pau Ferro	195
Vasco da Gama	846

Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE B – TAXAS DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL ÀS
ARBOVIROSES DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA NOS BAIRROS DO RECIFE**

Bairros	Vulnerabilidade socioambiental às arboviroses
Aflitos	0,211
Afogados	0,185
Água Fria	0,272
Alto do Mandú	0,245
Alto Jose Bonifácio	0,272
Alto José do Pinho	0,270
Alto Santa Terezinha	0,278
Apipucos	0,239
Areias	0,180
Arruda	0,165
Barro	0,346
Beberibe	0,298
Boa Viagem	0,147
Boa Vista	0,114
Bomba do Heméterio	0,295
Bongi	0,182
Brasilia Teimosa	0,200
Brejo de Beberibe	0,293
Brejo de Guabiraba	0,293
Cabanga	0,184
Cacote	0,236
Cajueiro	0,210
Campina do Barreto	0,217
Campo Grande	0,160
Casa Amarela	0,170
Casa Forte	0,172
Caxangá	0,241
Cidade Universitária	0,175
Coelhos	0,228
COHAB	0,267
Coqueiral	0,257
Cordeiro	0,165
Corrego de Jenipapo	0,326
Curado	0,282
Derby	0,216
Dois Irmãos	0,456
Dois Unidos	0,256
Encruzilhada	0,132

Engenho do Meio	0,127
Espinheiro	0,166
Estância	0,251
Fundão	0,222
Graças	0,193
Guabiraba	0,557
Hipódromo	0,167
Ibura	0,356
Ilha do Leite	0,082
Ilha do Retiro	0,287
Ilha Joana Bezerra	0,387
Imbiribeira	0,218
IPSEP	0,157
Iputinga	0,200
Jaqueira	0,207
Jardim São Paulo	0,275
Jiquiá	0,171
Jordão	0,351
Linha do Tiro	0,317
Macaxeira	0,225
Madalena	0,186
Mangabeira	0,299
Mangueira	0,124
Monteiro	0,228
Morro da Conceição	0,182
Mustardinha	0,148
Nova Descoberta	0,285
Paissandu	0,160
Parnamirim	0,208
Passarinho	0,418
Pau Ferro	0,429
Peixinhos	0,454
Pina	0,229
Poco	0,159
Ponta de Parada	0,160
Porto da Madeira	0,185
Prado	0,134
Recife	0,091
Rosarinho	0,220
San Martin	0,154
Sancho	0,342
Santana	0,178
Santo Amaro	0,142

Santo Antônio	0,048
Sao Jose	0,254
Sítio dos Pintos	0,324
Soledade	0,167
Tamarineira	0,173
Tejipió	0,229
Torre	0,204
Torreão	0,277
Torreões	0,157
Totó	0,239
Várzea	0,232
Vasco da Gama	0,328
Zumbi	0,156

Fonte: Elaboração própria.