
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO



TAYNÃ MARIA PINTO LINS

ANÁLISE DE LOCAIS COM POTENCIAL RISCO DE TRANSMISSÃO DE
ARBOVIROSES USANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO

Recife
2019

TAYNÃ MARIA PINTO LINS

**ANÁLISE DE LOCAIS COM POTENCIAL RISCO DE TRANSMISSÃO DE
ARBOVIROSES USANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Área de Concentração: Cartografia e Sistemas de Geoinformação.

Orientadora: Prof.^a Dr^a Ana Lúcia Bezerra Candeias.

Recife
2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

L759a Lins, Taynã Maria Pinto.
Análise de Loda compotencial risco de transmissão de arboviroses
usado técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento / Taynã
Maria Pinto Lins. – Recife, 2019.
102folhas., il., figs., tabs., abrevs. e sigls.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Lúcia Bezerra Candeias.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da
Geoinformação, 2019.

Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia Cartográfica. 2. Sensoriamento remoto. 3. Arboviroses.
4. Determinantes espaciais. I. Candeias, Ana Lúcia Bezerra (Orientadora).
II. Título.

TAYNÃ MARIA PINTO LINS

**ANÁLISE DE LOCAIS COM POTENCIAL RISCO DE TRANSMISSÃO DE
ARBOVIROSES USANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Aprovada em: 13/02/2019.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ana Lúcia Bezerra Candeias (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João Rodrigues Tavares Junior (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Wellington Pinheiro dos Santos (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

*À Deus, meus familiares e amigos,
Por me iluminarem e incentivarem à trilhar os melhores caminhos durante esta
etapa.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus pelo dom da vida e por tudo que tem me proporcionado ao longo de minha existência, nunca me deixando faltar nada, e servindo como um referencial para direcionamento da minha vida.

Agradeço a minha família, pelo amor, zelo, carinho, esforço, compreensão, estímulo, nunca me deixando desanimar frente às adversidades encontradas.

A professora Ana Lúcia, pela orientação, amizade, paciência e sabedoria na condução deste trabalho ao longo desses dois anos. Ao professor João Rodrigues e ao professor Wellington Pinheiro, pelas importantíssimas considerações e contribuições ao trabalho.

Ao Programa de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, especialmente na pessoa da professora Andrea Carneiro, onde pude usufruir de grande crescimento pessoal e profissional.

Agradeço a Fundação de Apoio a Ciência de Pernambuco (FACEPE), pelo auxílio com o projeto APQ-0549-1.03/16 intitulado A gamified m-training app for health professionals on protocols and participatory surveillance associated with Zika vírus, processo BCT-0095-1.03/17.

Aos meus colegas de turma, com quem sempre pude contar nos momentos de dúvidas, e onde encontrei acima de tudo, bons amigos.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, o mapeamento e análise através de parâmetros bioambientais, climáticos e epidemiológico no município de Recife, visando à criação de modelo de áreas susceptíveis a incidência de casos de dengue. A associação de variados métodos e usos das imagens de satélite trazem a possibilidade de enxergar o ambiente de maneira ampla. Foram analisados os determinantes demográficos e socioeconômicos para o município do Recife, e a correlação entre fatores socioeconômicos com casos de pessoas infectadas pelo o mosquito do *Aedes aegypti*. Para isso, foram utilizados dados de casos confirmados de Zika Vírus, disponibilizados gratuitamente pelo site da Prefeitura do Recife, e os dados de aglomerados subnormais adquiridos pelo o site do IBGE, pelo o censo de 2010. Depois da análise dos resultados, observou-se que os casos de Zika estão com elevada concentração de casos em áreas consideradas como aglomerados subnormais. Observou-se também que houve uma elevação em números de casos no ano de 2016, em relação ao período anterior, e que no gênero feminino foram registrados mais casos identificados. Os índices de ambientais obtidos a partir de técnicas de sensoriamento remoto, foram relevantes para identificação da variável espaço temporal, ou seja, a partir dos índices ambientais, obtidos a partir das imagens do satélite Landsat 8 (OLI), serviu de ferramenta para o monitoramento da dinâmica da superfície do município, no qual foi possível a delimitação de áreas de elevada susceptibilidade a incidência de casos de arboviroses. O NDVI, um dos índices aplicados como metodologia do estudo, permitiu informações espaciais, a partir da identificação de áreas com predisposição espacial, nesse casos do município do Recife, foram as áreas de solo exposto a vegetação de transição, apresentaram máxima probabilidade espacial a casos de arboviroses, pois estaria correlacionada a disponibilidade hídrica, ou seja, áreas submetidas ao acelerado processo de urbanização, que teria como característica principal, a mitigação de áreas verdes para a introdução da impermeabilização da superfície, sendo assim elevaria o valor de disponibilidade hídrica para o escoamento superficial, e conseqüentemente a relação entre proliferação do mosquito a partir da disponibilidade hídrica, assim como a temperatura da superfície, seria um elemento de intensificação do processo de

desenvolvimento larvário. Sendo assim a partir das técnicas de sensoriamento remoto, foi possível fornecer informações da área de estudo no referido período.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Arboviroses. Determinantes espaciais.

ABSTRACT

The present work has the objective of starting from remote sensing and geoprocessing techniques, the mapping and analysis through bioenvironmental, climatic and epidemiological parameters in the city of Recife, aiming to create a model of areas susceptible to the incidence of dengue cases. The association of various methods and uses of satellite images brings the possibility of seeing the environment in a wide way. Demographic and socioeconomic determinants were analyzed for the municipality of Recife and the correlation between socioeconomic factors and cases of people infected by the *Aedes aegypti* mosquito. For this, we used data from confirmed cases of Zika Virus, made available free of charge by the website of the City Hall of Recife, and data from sub-normal settlements acquired by the IBGE website, by the 2010 census. After analyzing the results, that the cases of Zika are with high concentration of cases in areas considered as subanorical agglomerates. It was also observed that there was an increase in the number of cases in the year 2016, in relation to the previous period, and that more cases were identified in the female gender. The environmental indexes obtained from remote sensing techniques were relevant for the identification of the temporal space variable, that is, from the environmental indexes obtained from the Landsat 8 (OLI) satellite images, it was used as a monitoring tool of the surface dynamics of the municipality, in which it was possible to delimit areas with high susceptibility to arboviruses cases. The NDVI, one of the indices applied as a methodology of the study, allowed spatial information, from the identification of areas with spatial predisposition, in these cases of the city of Recife, were the areas of soil exposed to transitional vegetation, presented maximum spatial probability to cases of arboviruses, because it would be correlated to water availability, that is, areas submitted to the accelerated urbanization process, which would have as main characteristic, the mitigation of green areas for the introduction of surface waterproofing, thus increasing the water availability value for the and consequently the relationship between mosquito proliferation from water availability, as well as surface temperature, would be an element of enhancement of the larval development process. Based on the remote sensing techniques, it was possible to provide information from the study area in this period.

Keywords: Remote sensing. Arboviruses. Spatial determinants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Processo para Mapa de risco de arboviroses.....	30
Figura 2 -	Localização da área de estudo.....	32
Figura 3 -	Etapas para o cálculo de densidade de pontos, segundo o estimador Kernel.....	34
Figura 4 -	Albedo da Superfície de Recife, nos anos de 2015 e 2016.....	41
Figura 5 -	Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada para o Município de Recife, referente aos anos de 2015 e 2016.....	41
Figura 6 -	SAVI para o município de Recife, nos anos de 2015 e 2016.....	42
Figura 7 -	NDBI para o Município do Recife, nos anos de 2015 e 2016.....	42
Figura 8 -	NDWI do município do Recife, ano de 2015 a 2016.....	44
Figura 9 -	Temperatura da Superfície do Município do Recife, no ano de 2015 a 2016.....	44
Figura 10 -	Saldo de Radiação do Município do Recife, para o ano de 2015 e 2016.....	45
Figura 11 -	NDVI do Município do Recife: Correlação com casos de arboviroses, ano de 2015.....	47
Figura 12 -	Índice de Temperatura da Superfície: Correlação de casos de Chikungunya no primeiro bimestre de 2015.....	48
Figura 13 -	NDVI do município do Recife: Correlação de casos de arboviroses no terceiro bimestre de 2015.....	49
Figura 14 -	Índice de Temperatura da Superfície: Correlação de casos de Chikungunya no terceiro bimestre de 2015.....	51
Figura 15 -	NDVI do município do Recife: Correlação de casos de arboviroses no quinto bimestre de 2015.....	52
Figura 16 -	Índice de Temperatura da Superfície: Correlação de casos de Zika no quinto bimestre de 2015.....	53
Figura 17 -	NDVI do município do Recife: Correlação de casos de arboviroses no ano de 2016.....	54
Figura 18 -	Índice de Temperatura da Superfície: Correlação de casos de arboviroses em 2016.....	55

Figura 19 - NDVI do município do Recife: Correlação de casos de arboviroses no ano de 2016.....	56
Figura 20 - Índice de Temperatura da Superfície: Correlação de casos de arboviroses em 2016.....	57
Figura 21 - Distribuição de Casos confirmados nos bairros do Recife, no ano de 2015 a 2016.....	58
Figura 22 - Distribuição de Casos de Zika, utilizando o Método de Kermel para RMR, PE.....	60
Figura 23 - Distribuição casos confirmados de Zika na RMR, a partir do método de densidade de pontos.....	60
Figura 24 - Índice de Kernel para casos de Zika para terceiro e quarto bimestre de 2015.....	62
Figura 25 - Índice de Kernel para casos de Zika para quinto e sexto bimestre de 2015.....	62
Figura 26 - Índice de Kernel para casos de Zika para 1º e 2º bimestre de 2016.....	63
Figura 27 - Índice de Kernel para casos de Zika para 3º e 4º bimestre de 2016.....	63
Figura 28 - Distribuição de Casos de Chikungunya na RMR, PE.....	65
Figura 29 - Distribuição de casos confirmados com Infecção de Chikungunya na Região Metropolitana do Recife, ano de 2015.....	65
Figura 30 - Distribuição de casos confirmados com residências de Chikungunya na Região Metropolitana do Recife, ano de 2015.....	66
Figura 31 - Índice de Kernel para casos de Chikungunya para 1º e 2º bimestre de 2015.....	67
Figura 32 - Índice de Kernel para casos de Chikungunya para 3º e 4º bimestre de 2015.....	69
Figura 33 - Índice de Kernel para casos de Chikungunya para 5º e 6º bimestre de 2015.....	69
Figura 34 - Índice de Kernel para casos de Chikungunya para 1º e 2º bimestre de 2016.....	70

Figura 35 - Índice de Kernel para casos de Chikungunya para 3º e 4º bimestre de 2016.....	70
Figura 36 - Distribuição Mensal da Precipitação do município do Recife, PE.....	72
Figura 37 - Distribuição de Domicílios nas subnormais com déficit de Rede de Esgoto.....	75
Figura 38 - Distribuição de Casos de domicílios de aglomerados subnormais, com ausência de banheiro no domicílio.....	76
Figura 39 - Distribuição de casos de Zika e correção com dados de subnormais na RMR, PE.....	77
Figura 40 - Distribuição de casos de Chikungunya e correção com dados de subnormais na RMR, PE.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
CTG	Centro de Tecnologia e Geociências
FACEPE	Fundação de Apoio a Ciência de Pernambuco
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LAI	Leaf área index
ND	Número Digital
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OLI	Operational Land Imager
SAVI	Soil-Adjusted Vegetation Index
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVO DO TRABALHO.....	19
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
2	EMBASAMENTO TEÓRICO.....	21
2.1	ESTADO DA ARTE.....	21
2.1.1	As Arboviroses a expansão no território Brasileiro.....	25
2.1.2	Arboviroses e seus Vetores.....	26
2.1.3	Dengue.....	26
2.1.4	Zika Vírus.....	27
2.1.5	Chikungunya.....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	31
3.2	DADOS CLIMÁTICOS.....	32
3.3	MÉTODOS ESTATÍSTICOS.....	32
3.3.1	Índice Kernel.....	32
3.4	PROCESSAMENTO DAS IMAGENS LANDSAT.....	34
3.4.1	LANDAST 8.....	34
3.4.1.1	Conversão dos números digitais para radiância no topo da atmosfera.....	35
3.4.1.2	Albedo Planetário (α_{toa})	35
3.4.1.3	Transmissividade Atmosférica (τ_{SW})	35
3.4.1.4	Albedo de Superfície (α).....	36
3.4.1.5	Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	36
3.4.1.6	Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	36
3.4.1.7	LAI (Leaf área index)	36
3.4.1.8	Emissividades	37
3.4.1.9	Temperatura de Superfície (T_{sup})	37
3.4.1.10	Saldo de Radiação	38

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1	ÍNDICES AMBIENTAIS: ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO TEMPORAL DA SUPERFÍCIE	40
4.2	O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE	46
4.3	ESPACIALIZAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE CASOS DE ARBOVIROSES	58
4.3.1	Casos de Zika em Recife	58
4.3.2	Casos de Chikungunya em Recife	64
4.4	DETERMINANTES CLIMÁTICOS: INFLUÊNCIA COM INCIDÊNCIA DE CASOS DE ARBOVIROSES	71
4.5	DETERMINANTE SOCIOECONÔMICOS: INFLUÊNCIA EM CASOS DE ARBOVIROSES	74
4.5.1	Aglomerados Subanormais: Arranjos Espaciais e a Influência socioeconômicas	74
5	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS	81
	ANEXO A - DISTRIBUIÇÃO DOS BAIRROS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE, PERNAMBUCO	88
	ANEXO B: DISTRIBUIÇÃO ANUAL DOS BAIRROS COM INCIDÊNCIA DE CASOS DE ZIKA NA RMR NO ANO DE 2015.....	90
	ANEXO C: DISTRIBUIÇÃO DE CASOS DE ZIKA NA RMR NO ANO DE 2016.....	91
	ANEXO D: NÚMERO DE CASOS DE CHIKUNGUNYA NA RMR NO ANO DE 2015.....	92
	ANEXO E: NÚMERO DE CASOS DE CHIKUNGUNYA NA RMR NO ANO DE 2015.....	94
	ANEXO F: NÚMERO DE CASOS DE CHIKUNGUNYA NA RMR NO ANO DE 2016.....	98

1 INTRODUÇÃO

Segundo Rochlin et al. (2013), com o desenvolvimento das atividades humanas e a expansão urbana global, as espécies de arboviroses *Ae. albopictus* e *Ae. Aegypti* se expandiram e se tornaram cada vez mais associadas a paisagens urbanas. Ambas as espécies também se tornaram cada vez mais capazes de explorar habitats de contêineres humanos e hospedeiros de sangue humano.

O conhecimento da extensão de distribuição espacial e temporal de ambos *Ae. albopictus* e *Ae. Aegypti* pode auxiliar na análise das áreas sob risco de *Aedes*, doença relacionada, especialmente durante os surtos.

Consoli e Lourenço-de-Oliveira (1994), afirmam em que os criadouros preferenciais são os recipientes artificiais, tanto os abandonados pelo homem a céu aberto e preenchidos pelas águas das chuvas, como aqueles utilizados para armazenar água para uso doméstico, sendo que grande parte desses criadouros infestados ou potenciais se encontram no interior dos domicílios domésticos ou ao seu redor (LENZI e COURA, 2004). Essa variedade de criadouros garante a manutenção de altas densidades de *Aedes. Aegypti* na área urbana, favorecendo os riscos de transmissão da dengue e outras arboviroses. É necessária uma maior participação dos moradores no combate ao vetor da dengue evitando sua proliferação.

Segundo Ministério da Saúde (2013), a metodologia de levantamento de áreas com foco, e a partir de um plano amostral determina que sejam sorteados quarteirões e dentro dos quarteirões os imóveis, durante a visita do agente. Tal procedimento permite menor concentração de imóveis nos quarteirões sorteados. A área urbana destes municípios deve ser dividida em estratos que apresentem características

socioambientais semelhantes, a fim de se obter uma homogeneidade de cada estrato e facilitar as ações de controle vetorial pós-LIRAA.

Segundo *Anthony et al.* (2016), entre as melhores medidas de prevenção contra o Zika vírus está a erradicação de criadouros do mosquito transmissor. Enquanto isso não acontece, devem-se adotar algumas medidas como telas de proteção nas janelas, remoção de recipientes e resíduos domésticos que possam acumular água e que funcionam como locais de reprodução do mosquito. Enquanto isso, a eficiente adaptação do *Aedes aegypti* em áreas urbanas faz com que seu controle seja difícil. Apenas o melhoramento do saneamento e infraestrutura municipal das cidades, uma tarefa quase impossível em áreas com urbanização progressiva, de restrições orçamentais e de baixa colaboração das populações, pode levar a um controle eficaz do *Aedes aegypti*. Desse modo, o *Aedes albopictus* é menos adaptado ao ambiente doméstico, porém está amplamente distribuído no peridomicílio dentro das cidades (*OLIVEIRA- MELO et al., 2016*).

O trabalho realizado por *Godsey et al.* (2005) e *Degroote et al.* (2007), afirmam em que os limites de distribuição e as capacidades vetoriais são grandemente influenciados pelos requisitos biológicos e ecológicos dos mosquitos. Consequentemente, seus requisitos estão relacionados a um sistema complexo integrado constituído por clima, uso do solo - cobertura do solo, topografia e variáveis socioeconômicas. Compreender as distribuições espaciais e temporais das comunidades de mosquitos e a dinâmica populacional pode ajudar a prever os ciclos de transmissão e eventualmente implementar medidas de vigilância e controle direcionadas. Segundo *Hartfield et al.* (2011), os dados de sensoriamento remoto e espaciais facilitam o estudo de vetores de doenças transmitidas por mosquitos e sua resposta ao uso da terra e à composição da cobertura no ambiente urbano.

Observando exemplos na RMR (Região Metropolitana do Recife – Pernambuco) tem-se BONAT *et al.* (2009) e Santos *et al.* (2008) mostraram resultados a partir de contagens de ovos de *Aedes aegypti*. Também, Carneiro e Candeias (2010) e Lima, Moreira e Nóbrega (2016) que fazem espacialização da dengue.

As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento podem auxiliar nos dados obtidos no campo. A análise dos planos de informação de ruas, casos observados, reservatórios de água, dados do LIRAa entre outros podem auxiliar espacialização dos casos e mostrar possíveis áreas susceptíveis a proliferação do mosquito, utilizando raio de influência (buffer), por exemplo de: 100m, 1km, etc. A espacialização de casos de arboviroses associadas ao mosquito *Aedes aegypti* na RMR, permite a percepção da distribuição de casos, e assim serviu de auxílio para a investigação de fatores espaciais determinantes a proliferação, assim evitando a homogeneização dos casos no bairros da RMR, ou seja, a partir do método por logradouros das ruas, dos presentes dados fornecidos pela Prefeitura, foi obtido uma melhor precisão de identificação de casos, assim possibilitando em que no menor prazo de tempo, o agente de saúde, possa auxiliar em medidas preventivas a proliferação, assim mitigando eventuais eventos futuros, devido a possibilidade de informação geoespacial, no qual o aplicativo possibilitará ao agente de campo de saúde.

O método de geoespacialização, atrelada a demais informações permite a correlação entre elementos (saneamento básicos, recipientes com água expostos, etc.), assim como o raio de influência de tais elementos, na proliferação do mosquito, assim servindo de análise para auxílio de medidas governamentais para a prevenção e combate de casos de arboviroses. Um dos elementos de plano de informação da categoria de subanormais para a análise de correlação de fatores. Essa categoria é

classificada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), como os recortes territoriais classificados como aglomerados subnormais, no qual a nomenclatura que engloba os diversos tipos de assentamentos irregulares existentes no País, devido as características desses aglomerados, ou seja, a estrutura desses tipos de moradias, associadas a mitigação dos recursos financeiros para saneamento básico, no qual seriam um dos elementos de “abastecimento” ao desenvolvimento e proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, entre outros fatores associados a atividades antrópicas.

Em 22 de outubro de 2015, a Secretaria Estadual de Saúde de Pernambuco notificou e solicitou apoio do Ministério da Saúde para complementar as investigações iniciais de 26 casos de microcefalia recebida de diversos serviços de saúde. Por se tratar de um fato raro e comparado com o perfil clínico e epidemiológico dessa doença no Estado, concluiu-se que se tratava de um evento de importância para a saúde pública estadual. Uma das principais hipóteses sob a investigação dos casos de microcefalia era a infecção pelo VZ (Zika Vírus) potencializando a ocorrência de microcefalias, além das demais causas conhecidas, como outras infecções virais, exposição a produtos físicos, químicos ou fatores genéticos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Segundo *Anthony et al.* (2016), a microcefalia relacionada ao VZ é uma doença nova que está sendo descrita pela primeira vez na história e com base no surto que está ocorrendo no Brasil. Este apresentou um aumento substancial de 20 vezes na incidência dos casos de microcefalia quando comparado com dados do ano anterior. A microcefalia pode apresentar-se com ou sem outras alterações no Sistema Nervoso Central (SNC) e ocorre em crianças cuja mãe tenha histórico de infecção pelo VZ durante a gestação).

A infecção pelo VZ afeta ambos os gêneros, em qualquer faixa etária caracterizada por ser uma doença febril aguda, autolimitada na maioria dos casos, com discreta necessidade de hospitalização e que, até então, não vinha sendo associada às complicações e intimamente associada aos sintomas da dengue como febre baixa (ou, eventualmente, sem febre), exantema máculopapular, artralgia, mialgia, cefaléia, hiperemia conjuntival e, menos frequentemente, edema, odinofagia, tosse seca e alterações gastrointestinais, principalmente vômitos. Formas graves e atípicas são raras, mas, quando ocorrem, podem levar o paciente à óbito (ANTHONY *et al.*, 2016).

Os agentes comunitários de saúde são os pilares do sistema de saúde pública brasileiro, tanto por seu papel como meios para dar às pessoas acesso ao nível dos cuidados de saúde primários, que lida com tratamentos de doenças de baixa complexidade e aplicação de estratégias para o controle de epidemias, quanto para adquirir informações importantes para gestores da saúde, que são responsáveis pelo planejamento de cuidados de saúde e controle de epidemias.

Essa dissertação aborda o uso das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, como ferramenta de auxílio e análise através de parâmetros bioambientais, climáticos e epidemiológico, de áreas suscetíveis a proliferação do *Aedes aegypti*.

1.1 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo geral deste estudo visa a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, o mapeamento e análise através de parâmetros bioambientais, climáticos e epidemiológico no município de Recife, visando à criação de modelo de áreas susceptíveis a incidência de casos de dengue.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Gerar mapas de susceptibilidade a partir do cálculo de vários mapas temáticos através do método de álgebra de mapas.
- Espacializar os dados Socioeconômicos, assim como os climáticos do município de Recife;
- Espacializar os dados Epidemiológicos;
- Verificar as causas do padrão atual de incidência de casos de Dengue e investigar os fatores influentes;
- Propor medidas interventivas no planejamento do município de Recife;

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Buscando dar embasamento à pesquisa, nesta seção serão abordados os temas conceituais e teóricos que servirão de alicerce para o desenvolvimento deste estudo, bem como para auxiliar na compreensão das análises e na interpretação dos dados.

2.1 ESTADO DA ARTE

Segundo Lopes et al (2014), as arboviroses são doenças virais transmitidas ao homem por insetos. Os arbovírus (*Arthropod-borne vírus*) são assim denominados por possuírem ciclo reprodutivo nos artrópodes hematófagos e por serem repassados destes para os humanos através de sua picada. O principal vetor das arboviroses tem sido o mosquito *Aedes aegypti*, podendo transmitir a Febre Amarela, Dengue, Chikungunya, Zika e outras doenças (JOHANSEN, 2014; SEGATA, 2016).

De acordo com Fauci e Mourens (2012), doenças infecciosas apresentam algumas peculiaridades que as distinguem de outras doenças humanas, tais como o caráter imprevisível e explosivo em nível global, a transmissibilidade, a relação estreita com o ambiente e o comportamento humano e a capacidade de prevenção e erradicação. Assim segundo Norris (2004), a maior parte dos patógenos responsáveis por doenças infecciosas humanas tem origem zoonótica, ou seja, são mantidos na natureza em ciclos que envolvem um vetor e um animal silvestre. Entretanto, com a modificação do ambiente causada por ações antrópicas associadas principalmente às atividades econômicas, muitos insetos vetores, como os mosquitos, tornaram-se sinantrópicos, favorecendo a transmissão dos patógenos ao homem.

Segundo Michael e Wooldruff (2008), além da interferência e da modificação dos ecossistemas pela ação humana, outros fatores também estão relacionados à emergência de arboviroses nesses países, tais como o crescimento populacional urbano desordenado, o processo de globalização e ampliação do intercâmbio internacional e as mudanças climáticas. A população desloca-se de maneira voluntária, por razões de trabalho, estudo e lazer, ou de maneira forçada, para refúgio, após um desastre natural ou durante uma guerra em seu país. De acordo com Aagaard-Hansen (2010), esses movimentos populacionais aumentam o risco de viajantes transportarem consigo patógenos ainda não detectados em outras áreas, ou mesmo novos sorotipos ou cepas mais resistentes de um determinado vírus já conhecido no local, causando a emergência ou reemergência de uma doença.

O trabalho realizado por Godsey et al. (2005) e Degroote et al. (2007), afirmam em que os limites de distribuição e as capacidades vetoriais são grandemente influenciados pelos requisitos biológicos e ecológicos dos mosquitos. Consequentemente, seus requisitos estão relacionados a um sistema complexo integrado constituído por clima, uso do solo - cobertura do solo, topografia e variáveis socioeconômicas. Compreender as distribuições espaciais e temporais das comunidades de mosquitos e a dinâmica populacional pode ajudar a prever os ciclos de transmissão e eventualmente implementar medidas de vigilância e controle direcionadas.

No trabalho realizado por Sallan et al. (2017), a variação nos efeitos de fatores influentes em *Ae. Aegypti* e *Ae. Comportamento albopictus* e ecologia e, eventualmente, suas distribuições espaciais e temporais. Essa variação na distribuição espaço-temporal de *Ae. Aegypti* e *Ae. albopictus* tornam improvável que um único sistema possa descrever a relação entre esses vetores de mosquito e suas variáveis de previsão

Os autores tais como: Cline et al. (1970); HUGH-JONES et al. (1989); Herbreteau et al. (2007)) a partir do uso de tecnologias sensoriamento remoto, vários tipos de LULC relacionados com o habitat do mosquito podem ser delineados. Por

quase 40 anos, os epidemiológicos têm defendido o uso de dados de imagem de sensoriamento remoto para avançar o estudo de fatores que influenciam a saúde das pessoas. A tecnologia de sensoriamento remoto tem sido usada para estudar a relação espacial de malária e fatores de risco, outras doenças e vetores de doenças.

No estudo realizado por Hartfield et al. (2011), os dados de sensoriamento remoto e espaciais facilitam o estudo de vetores de doenças transmitidas por mosquitos e sua resposta ao uso da terra e à composição da cobertura no ambiente urbano. Neste estudo, avaliamos a viabilidade da integração de dados de reflexão e de lidas multiespectral remotamente sensoriais (detecção de luz e variando) - informação de altura derivada para melhorar a utilização da terra e classificação da cobertura da terra na cidade de Tucson, Arizona, EUA.

Carneiro e Candeias (2010) analisaram os fatores que caracterizam um ambiente mais propício para a proliferação da dengue, utilizando bairros do Recife, no período entre 2000 e 2006, como área de estudo. Utilizaram variáveis socioeconômicas, além do índice de pluviosidade e da área verde por habitante (tais dados foram conseguidos no Atlas de Desenvolvimento Humano do Recife). Através de tabelas, foram feitos os cruzamentos dos dados para a análise da relação entre os casos de dengue e os fatores externos. A vegetação mostrou-se um importante fator, tendo relação inversa à dengue. A densidade populacional foi outro fator determinante: bairros com alta densidade populacional apresentaram maior incidência de dengue.

Freitas (2013) investigou a ocorrência da dengue e sua relação com os fatores socioeconômicos e demográficos, controlando efeitos espaciais (heterogeneidade e autocorrelação) para 3878 municípios brasileiros no ano de 2010. Foi observado que os municípios localizados nas regiões Sul e Sudeste do país, assim como na faixa litorânea do Nordeste, possuem maior notificação de dengue. Tendo em vista que essas regiões são as que apresentam maiores concentrações de habitantes por km², esse resultado comprova o fato de que a densidade populacional parece exercer papel importante para explicar as epidemias de dengue. Outro resultado encontrado foi que, independentemente do nível de desenvolvimento, os municípios estão suscetíveis à proliferação dos casos de dengue.

Mondini e Neto (2007) avaliaram a relação entre o risco de ocorrência de dengue e os níveis socioeconômicos, na cidade de São José do Rio Preto – SP, entre

setembro de 1990 e agosto de 2002. Os casos autóctones de dengue foram geocodificados e agrupados por setor censitário (por serem delimitados geograficamente e mostrarem características homogêneas) e esses foram agrupados em quartis definidos pelo nível socioeconômico. As várias escolhidas estão relacionadas a renda e anos de instrução médios das pessoas responsáveis pelo domicílio e proporção de pessoas e de mulheres analfabetas (a escolha dos dados socioeconômicos foi relativa ao ano 2000 – estratégia usada para minimizar erros que pudessem advir de dados incompletos para a análise). Na quase totalidade dos resultados, o nível socioeconômico e o risco de dengue não tiveram associação.

Flauzino e Souza-Santos (2009) analisaram a ocorrência espacial e temporal da dengue e sua associação com a heterogeneidade de características do ambiente urbano no bairro da Ilha da Conceição, em Niterói – RJ, entre 1998 e 2006. Foram classificados setores censitários (favela, estaleiro e urbano), identificando áreas homogêneas. Os casos de dengue foram estratificados segundo faixa etária e sexo, e os dados socioeconômicos foram agregados por setores censitários e foram analisados segundo tipo de abastecimento de água, coleta de lixo, população por sexo, taxa de alfabetização de maiores de cinco anos, percentual de chefes de família por faixa de rendimento, percentual de chefes de família por faixas de anos de estudo. Os resultados indicam uma maior incidência em pessoas do sexo feminino, com idades economicamente ativas e residentes em favelas (moradores com nível socioeconômico mais baixo).

2.1.1 As Arboviroses a expansão no território Brasileiro

De acordo com a Fundação Oswaldo Cruz (2008), no qual afirma em que o mosquito *Aedes aegypti* chegou ao país no período colonial através dos navios que aportavam em solo brasileiro, sendo a Febre Amarela a primeira doença a ser transmitida por ele. Do “descobrimento” até hoje, inúmeras epidemias deste e de outros arbovírus vêm ocorrendo no país.

Nos últimos cinco anos o Brasil vem apresentando tanto um aumento nos casos de Dengue quanto no aparecimento de novos tipos de arboviroses, como é o caso da Chikungunya e da Zika (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017; DONALISIO et al, 2017). A cocirculação dos vírus DENV, CHIKV e ZIKV tem dificultado o manejo clínico devido às similaridades de manifestações sintomáticas das doenças que ocasionam. Apesar do impacto da cocirculação desses vírus ainda ser pouco conhecido (DONALISIO et al, 2017), eles têm causado sérias implicações na saúde dos idosos, grávidas, crianças e bebês. As dores nas articulações, quadros de hemorragia que levam a óbito, prurido constante, má formação cerebral de fetos e redução da visão em bebês e crianças, são algumas das preocupações dos médicos no tocante às consequências da atuação destes arbovírus na saúde humana.

Segundo o Ministério da Saúde (2017), entre 2015 e 2016, 282.019 pessoas foram confirmadas com Zika e Chikungunya no Brasil, outras 1.500.535 apresentaram quadro clínico provável de Dengue. Em 2017 já foram confirmados 182 casos de infecção e 24 mortes relacionadas ao vírus Zika e outras etiologias infecciosas. Sendo afirmado como o Nordeste a região brasileira com elevado número de casos confirmados e em investigação por arboviroses. A região Nordeste exibiu 47,97% de casos suspeitos destes tipos de doenças, assim como a região registrou um elevado número de municípios com óbitos comprovados e em monitoramento. Sendo assim os 1.794 municípios da região, apresentaram 569 registros de casos de Zika, Dengue e Chikungunya desde de 2015.

Em 22 de outubro de 2015 o Estado de Pernambuco notificou o Ministério da Saúde, solicitando apoio para investigar 26 casos de microcefalia³ que surgiram repentinamente no Estado. Como se tratava de um evento incomum, tendo em vista o perfil clínico e epidemiológico dessa doença naquele Estado, concluiu-se que se tratava de um evento que necessitava de atenção. Em virtude do agravamento no

número de casos de dengue⁴ e de microcefalia que passaram a acontecer em todo o Nordeste, e posteriormente nos demais Estados brasileiros, em 11 de novembro de 2015 o Ministério da Saúde decretou Estado de Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Dados do Ministério da Saúde (2017) apontam que em todo o Brasil foram registrados 1.688.688 casos prováveis de Dengue em 2015 e 1.500.535 em 2016, sendo confirmados 986 óbitos em 2015 e 642 em 2016. Em relação à Febre Chikungunya, em 2016 foram confirmados 151.318 casos e 196 óbitos, as mortes ocorreram nos seguintes Estados e nas seguintes proporções: Pernambuco (58), Rio Grande do Norte (37), Paraíba (34), Ceará (26), Rio de Janeiro (13), Alagoas (10), Maranhão (8), Bahia (5), Sergipe (2), Piauí (1), Amapá (1) e Distrito Federal (1). Quanto ao vírus Zika, de 2015 a 2017 foram confirmados 130.701 casos no país e notificados 13.835 casos suspeitos de alterações no crescimento e desenvolvimento de bebês possivelmente relacionados à infecção pelo vírus Zika e outras etiologias infecciosas, destes 2.753 obtiveram confirmação e 3.211 seguem em monitoramento. Ainda relacionado ao vírus Zika, de 2015 a 2017, 30 óbitos fetais e neonatais foram confirmados e outras 270 mortes de bebês e fetos seguem em investigação.

2.1.2 Arboviroses e seus Vetores

2.1.3 Dengue

A dengue é uma das mais importantes arboviroses transmitidas aos seres humanos pela picada de mosquitos infectados. A propagação do vírus dessa doença é influenciada pelas condições socioambientais de um determinado lugar que facilita a dispersão do seu principal vetor, o *Aedes aegypti*.

A transmissão da dengue ocorre pela fêmea do mosquito *Aedes aegypti* e possui cinco sorotipos distintos já identificados, sendo que os tipos virais DEN –1, 2, 3 e 4, já eram conhecidos, e em 2007, o DEN – 5 foi identificado em uma epidemia na Malásia (Normile, 2013). Com isso, a “ocorrência de novos casos do DEN – 5 pode levar a novos desafios no controle da dengue” (Mustafa *et al.*, 2015, p. 68).

O período de desenvolvimento do *Aedes aegypti* no ovo até tornar-se mosquito adulto pode variar de 5 dias em condições ideais até a semanas em locais com baixas temperaturas e alimentos insuficientes – macho e fêmea alimentam-se de seiva das

plantas. Em média, cada mosquito vive aproximadamente 30 dias e a fêmea chega a colocar em torno de 200 ovos de cada vez, sendo que um ovo pode resistir até aproximadamente 1 ano sem eclodir (Jarbas Júnior e Fernando Júnior, 2008).

2.1.4 Zika Vírus

O Zika vírus pertencente à família Flaviviridae e ao gênero Flavivirus, o ZIKV foi isolado pela primeira vez em macaco rhesus, em 1947, na Floresta Zika, em Uganda. O isolamento do ZIKV em humanos foi confirmado na Nigéria, mas algumas evidências sorológicas de infecção humana por esse arbovírus também foram reportadas em outros países africanos, como Egito, Tanzânia, Gabão e Serra Leoa, bem como em países asiáticos, como Índia, Malásia, Tailândia e Indonésia. Em 2007, uma epidemia de Zika atingiu a ilha Yap, Micronésia, no Oceano Pacífico, enquanto que a Polinésia Francesa, também na Oceania, registrou uma grande epidemia da doença em outubro de 2013. Dessa forma, a circulação e a transmissão do ZIKV fora dos continentes africano e asiático estavam confirmadas.

Em 2015, o Brasil registrou os primeiros casos humanos autóctones de Zika, confirmando a recente entrada desse arbovírus no País. Os primeiros estados brasileiros a registrar casos de infecção por ZIKV foram Bahia e Rio Grande do Norte^{3,4,32}. Porém, em nota técnica, o Governo do Estado do Rio de Janeiro também confirmou casos dessa arbovirose nas cidades de Sumaré, SP, e Rio de Janeiro, RJ, até 31 de maio de 2015^b. Atualmente, a transmissão autóctone do ZIKV ocorre em 21 unidades da federação: Alagoas, Amazonas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio de Janeiro, Rondônia, Roraima, São Paulo e Tocantins

A principal forma de infecção pelo ZIKV é pela picada de fêmeas infectadas do gênero *Aedes*, sendo *Aedes. Aegypti* o principal vetor no Brasil. Os sintomas dessa arbovirose aparecem alguns dias após a picada do mosquito, duram de três a 12 dias e incluem febre baixa, artralgia, mialgia, dor de cabeça, conjuntivite e exantema maculopapular.

2.1.5 Chikungunya

A Febre do Chikungunya é causada por um vírus pertencente à família Togaviridae e ao gênero Alphavirus. O CHIKV foi primeiramente isolado em 1952/1953, durante uma epidemia no Leste da África (Tanzânia e Moçambique). Com efeito, o termo “Chikungunya” provém do idioma Makonde, falado em algumas áreas do norte de Moçambique e sul da Tanzânia, que quer dizer “aquele que se dobra”, em referência à postura adquirida pelo paciente devido às severas artralgias. Além da forte artralgia característica, outros sintomas como febre alta, dores de cabeça, náusea e vômito também podem ocorrer.

A partir desse eventuais casos de arboviroses no Brasil, foram feitas campanhas de saúde, para informar a população, e sendo assim disponibilização da tabela 1, com as seguintes informações, para a facilitação na identificação do tipo de variável da doença, causada pelo mesmo transmissor.

Tabela 1: Classificação de Tipologia de Arboviroses, a partir dos sintomas.

Sinais/ Sintomas	Dengue	Zika	Chikungunya
<i>Febre (Duração)</i>	Acima de 38°C (4 a 7 dias)	Sem febre ou subfebril 38°C (1-2 dias subfebril)	Febre alta >38°C (2-3 dias)
<i>Manchas na Pele (Frequência)</i>	A partir do 4º dia (30-50% dos casos)	Surge no 1º ou 2º dia (90-100% dos casos)	Surge 2-5 dia (50% dos casos)
<i>Dor nos Músculos (Frequência)</i>	***/**	**/**	*/***
<i>Dor na Articulação (Frequência)</i>	*/***	**/**	***/**
<i>Intensidade da Dor Articular</i>	Leve	Leve/Moderada	Moderada/Intensa
<i>Edema da Articulação</i>	Raro	Frequente e Leve Intensidade	Frequente e de Moderada a Intensa
<i>Conjuntivite</i>	Raro	50-90% dos casos	30%
<i>Dor de Cabeça (Frequência e Intensidade)</i>	***	**	**
<i>Coceira</i>	Leve	Moderada/Intensa	Leve
<i>Hipertrofia ganglionar (Frequência)</i>	Leve	Moderada	Intensa
<i>Discrasia hemorrágica</i>	Moderada	Ausente	Leve

<i>Acontecimento Neurológico</i>	Raro	Mas frequente que Dengue e Chikungunya	Raro (Predominante em Neonatos)
----------------------------------	------	--	---------------------------------

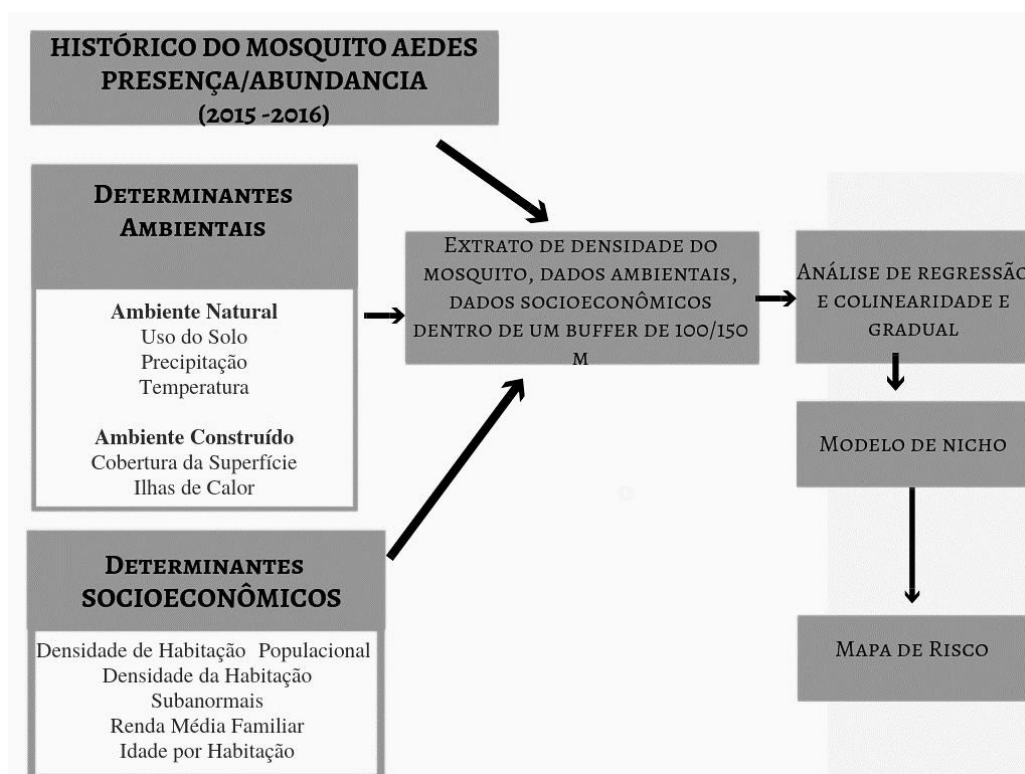
Adaptado pelo autora. Fonte: Carlos Brito (2015)

3. MATERIAL E MÉTODOS

No trabalho realizado por Sallan et al (2017), a variação nos efeitos de fatores influentes em *Ae. Aegypti* e *Ae. Comportamento albopictus* e ecologia e, eventualmente, suas distribuições espaciais e temporais. Essa variação na distribuição espaço-temporal de *Ae. Aegypti* e *Ae. albopictus* tornam improvável que um único sistema possa descrever a relação entre esses vetores de mosquito e suas variáveis de previsão. Sendo assim propondo uma metodologia integradora de fatores para geração de mapa de risco, como pode ser observada no figura 1.

- Etapas para obtenção de Mapa de Risco:

Figura 1: Diagrama de blocos com processo para Mapa de risco de arboviroses.



Adaptada pela autora Fonte: SALLAN et al (2017).

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Área de estudo

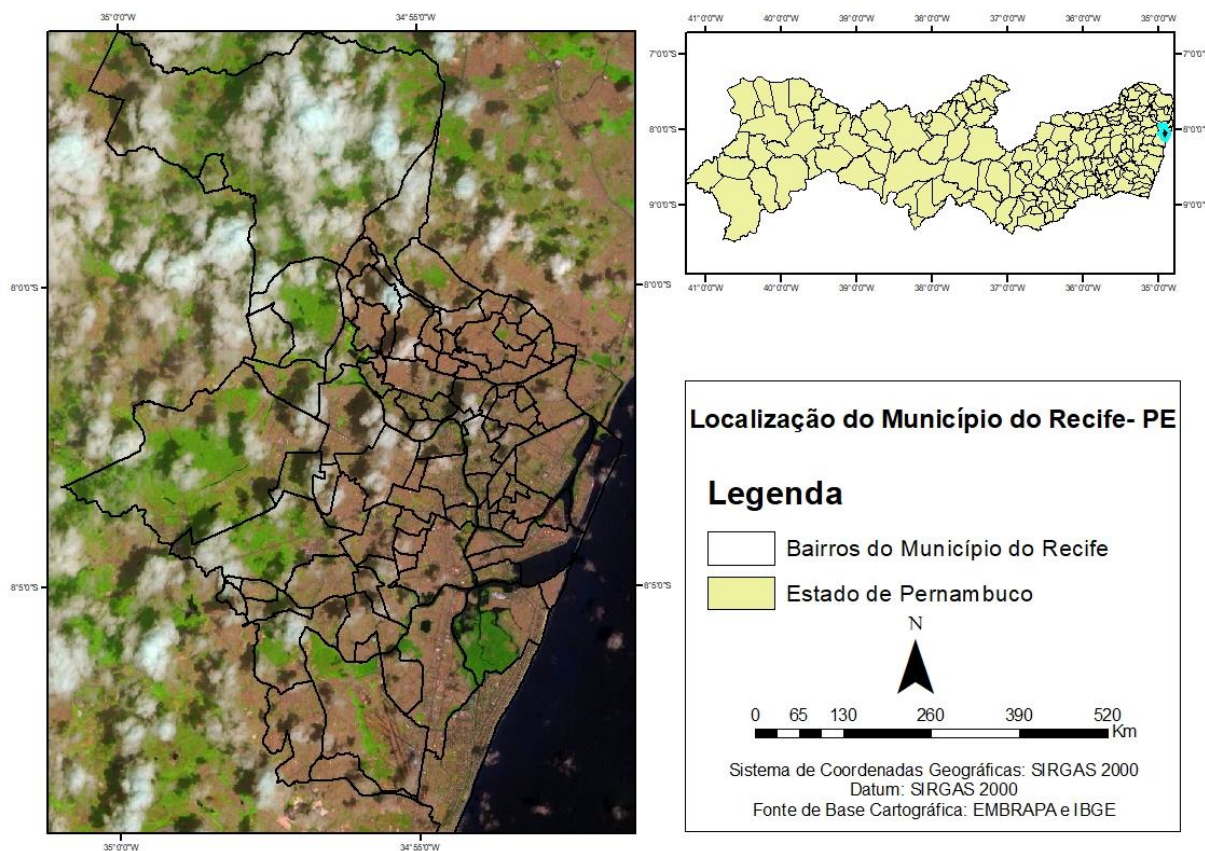
A área estudada compreende ao município de Recife, Pernambuco, Brasil, que segundo os dados do censo 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), possui uma população de 1.537.704 habitantes, com uma projeção para o ano de 2013 de 1.599.513 habitantes.

De acordo com Recife (2013), a população convive em uma área de 218,50 km², configurando uma densidade populacional de 7.037,61 hab/ km². O espaço territorial do município é caracterizado por 67,43% de morros, 23,26% de planícies, 9,31% ocupados por corpos e cursos d'água e 5,58% de zonas de interesse a conservação ambiental. Limita-se, ao norte, com os municípios de Olinda e Paulista; ao sul, Jaboatão dos Guararapes; a leste, com o Oceano Atlântico, e a oeste, com São Lourenço da Mata e Camaragibe. As coordenadas geográficas do marco zero são latitude 8° 04' 03" S e longitude 34° 55' 00" W, e altitude de 4 m. O clima, segundo a classificação de Köppen, é predominante As', (Tropical quente e úmido, com chuvas de Outono- Inverno).

O município do Recife, localizado no litoral leste do Nordeste brasileiro, cujo clima é influenciado pelas Massa Equatorial do Atlântico Sul (MEAS), Massa Tropical Atlântica (MTA) e Massa Polar Atlântica (MPA). (Figura 2)

A Lei Municipal nº 16.293 de 22/01/1997 definiu seis Regiões Político Administrativas (RPA) para cidade do Recife, sendo estas subdivididas em três Microrregiões, que reúne um ou mais dos seus 94 bairros (RECIFE, 2013), sendo: RPA 1- Centro, RPA 2-Norte, RPA 3-Nordeste, RPA 4-Oeste, RPA 5-Sudoeste e RPA 6-Sul.

Figura 2 – Localização da área de estudo.



Fonte: A autora

3.2 DADOS CLIMÁTICOS

Foi utilizado dados mensais de precipitação da área de estudo, fornecidos gratuitamente pelo o site da Agência Pernambucana de Águas e Clima, para o ano de 2015 e 2016, que serviram de análise da influência do regime pluviométricos na incidência de casos de Zika e Chikungunya, no referido período do estudo.

3.3 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

3.3.1 Índice Kernel

Segundo Barcellos *et al.* (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.

Uma das análises realizadas foi o estimador de densidade de Kernel, sendo utilizada neste estudo a função gaussiana com um raio de vizinhança de 900 m, definido de forma automática pelo *software Quantum GIS* utilizado. O Kernel de intensidade permite estimar uma quantidade de eventos por unidade de área, em cada célula de uma grade regular que recobre a região estudada.

Essa técnica não paramétrica, além de estimar a intensidade da ocorrência de casos em toda a superfície analisada, permite filtrar a variabilidade de um conjunto de dados, ao mesmo tempo que retém suas principais características locais. Através da seguinte fórmula:

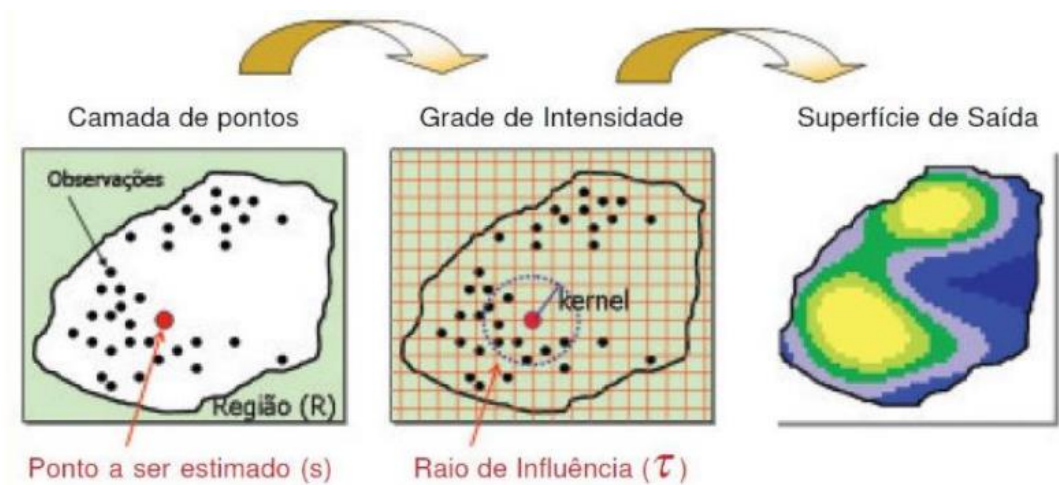
$$\hat{\lambda}(s) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau^2} k\left(\frac{(s - s_i)}{\tau}\right) \quad (1)$$

Sendo: $\lambda(s)$ – estimador de intensidade; $k()$ – função Kernel de ponderação; τ – largura de banda; s – centro da área a ser estimada; s_i – local do ponto; n – número total de pontos (eventos).

Em situações em que a população está distribuída no espaço de forma heterogênea, o mapa do estimador de densidade de Kernel pode não refletir a distribuição espacial do risco, por isso foi realizado o cálculo da razão de Kernel, utilizando o logaritmo (*log*) da população residente.

O método de estimador Kernel, a partir da densidade de pontos no espaço, utilizando como parâmetro básico a estimativa e raio de influência, ou seja, utilizando como referência os casos de arboviroses, é possível a identificação de área de elevada susceptibilidade, utilizando os parâmetros como é possível analisar na figura 3.

Figura 3: Etapas para o cálculo de densidade de pontos, segundo o estimador Kernel.



Fonte: Barcellos et al. (2007).

3.4 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS LANDSAT

Foram utilizados o seguinte satélite Landsat 8, em decorrência da disponibilidade de imagens, que permitiu a compreensão espacial da RMR, as referentes análises espaço-temporal, utilizaram como critério, imagem que fosse possível a compreensão e análise, pois em decorrência da dificuldade de imageamento, pois a área de estudo está localizado em uma área de alta nebulosidade. Sendo assim, através dos sensores de média resolução, foram possíveis a obtenção dos respectivos índices ambientais, para análise espacial do comportamento do uso do solo na RMR, sendo assim possibilitando a investigação de fatores de potencialização da proliferação do *Aedes aegypti*.

A seguir será abordado as seguintes informações, referente a obtenção e processamento dos respectivos satélites utilizados.

3.4.1 LANDAST 8

Inicialmente, foram coletadas as imagens do sensor Thematic Mapper (TM) do satélite Landsat 8 referente as datas de 08/02/2015, 16/06/2015, 22/10/2015, 18/06/2016, 06/09/2016, 25/11/2016 e 11/12/2016, ambas imagens de órbita 214, ponto 66, correspondentes ao município e disponibilizadas para download no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Para o processamento das imagens

e determinação dos índices, foi utilizado o software QGIS versão 2.14.18, sendo o mesmo de acesso livre. Além disso as imagens orbitais e os arquivos vetoriais, foram reprojetados para o Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), UTM fuso 25 Sul, considerando a legislação vigente.

3.4.1.1 Conversão dos números digitais para radiância no topo da atmosfera

Os Números Digitais (ND) da imagem foram transformados para valores de radiância, segundo recomenda a USGS (2016). Onde: (L_λ) é a radiância espectral no topo da atmosfera ($W\ m^{-2}$); (M_L) é o fator multiplicativo de redimensionamento específico para cada banda; (A_L) corresponde ao fator de redimensionamento aditivo específico para cada banda e (Q_{cal}) aos valores dos Números Digitais de cada pixel.

Conversão dos números digitais para Refletância no Topo da Atmosfera

Para a obtenção da reflectância, é realizado a seguinte processo segundo a USGS (2016). Sendo: (ρ_λ') é a refletância planetária no topo da atmosfera sem correção para o ângulo solar; (M_p) é o fator multiplicativo de redimensionamento específico para cada banda; (A_p) é o fator de redimensionamento aditivo específico para cada banda e (Q_{cal}) corresponde aos valores dos Números Digitais de cada pixel.

3.4.1.2 Albedo Planetário (α_{toa})

O cálculo do albedo planetário (α_{toa}) para cada banda, isto é, o albedo não ajustado a transmissividade atmosférica, é obtido através de combinação linear entre as reflectâncias monocromáticas, pela equação 4, obtidos em Allen et al. (2002). Onde ρ_1 é referente à banda 1 do sensor OLI, ρ_2 se refere à banda 2, ρ_3 à banda 3, ρ_4 à banda 4, ρ_5 à banda 5, e ρ_7 se refere à banda 7. Os coeficientes de peso para cada cálculo de cada banda foram obtidos em Ruhoff (2015).

3.4.1.3 Transmissividade Atmosférica (τ_{sw})

A transmissividade atmosférica para condições de céu claro no domínio da radiação solar (τ_{sw}) é determinada em função da altitude da estação hidrometeorológica por Oliveira et al. (2010).

3.4.1.4 Albedo de Superfície (α)

O albedo da superfície ou albedo corrigido os efeitos atmosféricos (α) corresponde a α_{toa} = albedo planetário; α_p = porção da radiação solar refletida pela atmosfera, considerado 0,03 conforme Bastiaanssen (2000) e τ_{sw} = transmissividade atmosférica para os dias de céu claro.

3.4.1.5 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) utiliza uma razão entre as reflectâncias das bandas do vermelho e do infravermelho próximo. Essas bandas são escolhidas pelo fato de haver diferentes comportamentos da vegetação quanto à absorção e reflexão de energia em cada uma delas.

Segundo Wagner (2004) na faixa do vermelho, a absorção de energia solar é alta, influenciada pelos pigmentos presentes na planta, onde a mesma, se utiliza dessa energia para realizar seus processos internos de nutrição, o que gera uma baixa reflectância. Em contrapartida, na faixa do infravermelho próximo, a absorção é baixa, resultado da mudança do índice de refração nas áreas frontais de ar/célula do mesófilo, gerando dessa maneira uma alta reflectância. Essa relação, possibilita a análise das características da vegetação, e a distinção das classes vegetais quanto à porte, biomassa fotossintetizante e conteúdo hídrico.

Onde ρ_{iv} significa a banda do infravermelho próximo, e ρ_v a banda do vermelho.

3.4.1.6 Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

Para o cálculo do SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) (Equação 8) que é um índice que busca amenizar os efeitos da reflectância do solo na vegetação, pode-se utilizar a expressão (Huete, 1988). Onde ρ_{iv} significa a banda do infravermelho próximo, e ρ_v a banda do vermelho e L , é a constante de correção do solo e corresponde ao valor de 0,5.

3.4.1.7 LAI (Leaf área index)

O LAI (*Leaf Area Index*) é a razão entre a área foliar da vegetação em relação à unidade de área que esta vegetação é ocorrente. Dessa forma, segundo Allen (2002), este índice é um indicador da biomassa presente em cada pixel da imagem, e pode ser obtido pela equação empírica obtida pelo mesmo,

3.4.1.8 Emissividades

Na determinação da emissividade (ϵ_{NB}), empregou-se a expressão, em que o LAI é o índice de área foliar obtido com base no índice de vegetação ajustado para efeitos do solo (SAVI) que é função da reflectância do infravermelho próximo e vermelho. Esta equação tem validade para $IAF < 3$ e, em casos que $LAI \geq 3$, considera-se $\epsilon_{NB} = 0,98$ e, para corpos de água $\epsilon_{NB} = 0,99$, (Oliveira et al, 2012). Segundo Allen et al. (2002), as emissividades ϵ_{NB} (Equação 10) e ϵ_0 (Equação 11) podem ser obtidas, para $NDVI > 0$ e $IAF < 3$, segundo, (Machado, 2010).

Para pixels com $IAF \geq 3$, ($\epsilon_{NB} = \epsilon_0 = 0,98$). Para corpos de água ($NDVI < 0$), no caso do lago de Sobradinho e do leito do Rio São Francisco, Silva & Cândido (2004) utilizaram os valores de 0,99 e 0,985, conforme Allen et al. (2002). (11)

3.4.1.9 Temperatura de Superfície (T_{sup})

Para a obtenção da temperatura da superfície (T_{sup}) são utilizadas a radiância espectral da banda termal $L_{\lambda 10}$ e a emissividade (ϵ_{NB}). Onde: T_{sup} = Temperatura da superfície (K ou Celsius); $K_1 = 607,76$ ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$) e $K_2 = 1260,56$ (K) são constantes de calibração específicas do TM Landsat 5; $L_{\lambda 6}$ = radiância espectral da banda termal, (Allen et al., 2002; Silva et al., 2005). Para o Landsat 8 são utilizadas as bandas 10 ou 11.

A temperatura é inicialmente obtida em graus Kelvin, podendo ser posteriormente transformada para graus Celsius.

3.4.1.10 Saldo de Radiação

O saldo de radiação é resultado do balanço de entrada e saída de ondas curtas e longas e é dada pela seguinte equação segundo Bastiaanssen (1995). Onde $K^{\downarrow}(x,y)$ representa a radiação de ondas curtas incidentes, $\alpha(x,y)$ é o albedo de superfície, $L^{\downarrow}(x,y)$ é a radiação de onda longa incidente e $L^{\uparrow}(x,y)$ é a radiação de onda longa emitida.

A radiação de ondas curtas incidentes são obtidas através da seguinte equação. Em que, S é a constante solar ($1367 W m^{-2}$), Z = ângulo zenital solar, $\tau_{SW} =$

transmissividade atmosférica para condições de céu claro no domínio da radiação solar e d_r = quadrado da razão entre a distância Terra-Sol em determinado dia do ano (DSA).

A radiação de onda longa incidente é dada por, Onde, ϵ_a é a emissividade atmosférica, σ = constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$) e T_{ar}^4 é a temperatura do ar. No qual a radiação de ondas longas emitidas é resultado da seguinte equação, sendo, ϵ_o = emissividade do domínio da banda larga, σ = constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$) e T_s^4 é a temperatura de superfície.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os elementos da paisagem da Região metropolitana do Recife, desde dos primórdios da colonização do município, o processo de urbanização estava delimitado aos por fatores ambientais, como por exemplo: reservas de mata atlântica, assim como os rios e riachos que “cortava” a cidade. Sendo assim, tendo em vista o processo de urbanização do município, compreende a variabilidade espaço-temporal, em qual o município está constante processo urbanização. O comportamento do uso do solo, será elemento fundamental para compreensão espacial dos fatores ambientais, e investigação de correlação entre a proliferação do transmissor *Aedes aegypti*.

Nesse contexto, a utilização de ambientes computacionais de SIG facilita o trabalho para integração de dados de sensores remotos e dados originados de outras fontes, possibilita a análise espacial, a modelagem dos ambientes e a compreensão de determinados fenômenos e projeção de cenários futuros. Portanto, o uso de imagens resultantes do sensoriamento remoto permite ter uma visão de conjunto multitemporal de diversas e extensas áreas da superfície terrestre, permitem visualizar os diferentes ambientes e suas transformações, permitindo observar os principais impactos originados por fenômenos naturais e os antrópicos (FLORENZANO, 2005).

A seguir tem-se o resultados do índices ambientais, a partir das imagens de satélite Landsat 8 (OLI). A posteriori é feita a discussão dos resultados.

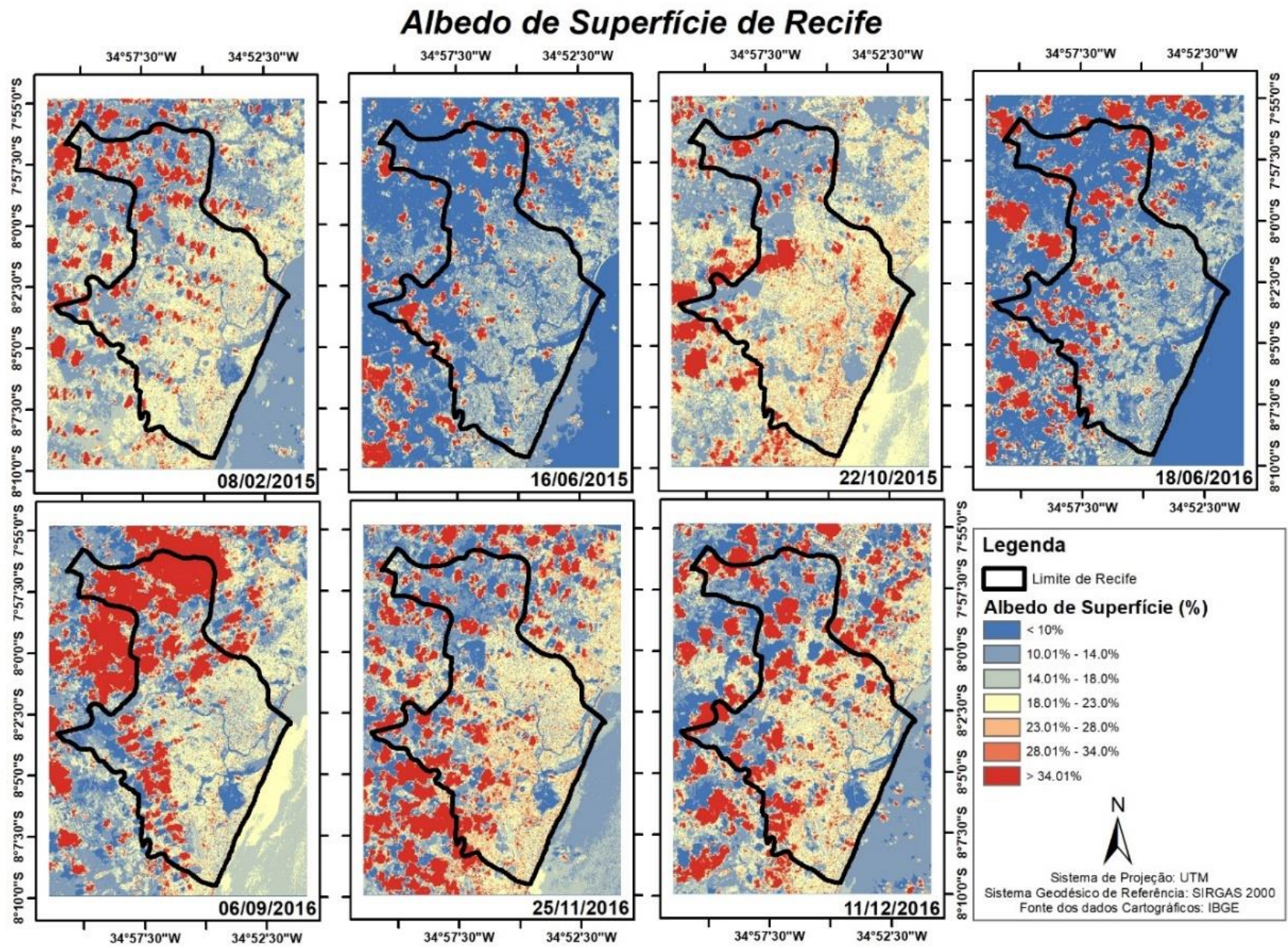
4.1 ÍNDICES AMBIENTAIS: ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPAÇO TEMPORAL DA SUPERFÍCIE

Ao analisarmos a figura 4, referente a variação espacial do albedo no município de Recife e arredores apresenta clara relação com os totais pluviométricos observados na região nos anos de 2015 e 2016. As imagens correspondentes às datas 08/02/2015, 22/10/2015, 06/09/2016, 25/11/2016 e 11/12/2016 apresentaram valores de albedo consistentemente acima de 18% na área urbanizada, e valores entre 14% e 18% em áreas com menos centrais. Essas datas foram precedidas de meses com precipitações bastante inferiores aos totais acumulados quando comparadas aos meses que precederam as imagens referentes as datas de 16/06/2015 e 18/06/2016, meses de intensas chuvas na região, onde grande parte das imagens apresentaram valores até mesmo inferiores à 10% de albedo, e áreas com valores entre 10 e 14%. Isto aponta para a importância da precipitação no controle da paisagem, onde mesmo em áreas costeiras, de elevada umidade e vegetação perenifólia, o fator climático regula a variação dos fluxos energéticos da superfície.

Segundo a figura 5, é possível através do NDVI acompanha o padrão apontado pelo albedo no sentido de que nos meses precedidos de maiores precipitações, a vegetação se mostrou mais densa, em relação aos meses onde os totais pluviométricos foram menores. Porém este índice se mostrou menos sensível às variações meteorológicas que o albedo, apresentando variação menor no período estudado. Destaca-se sobretudo a oscilação da área vegetada localizada nas porções norte e leste do município.

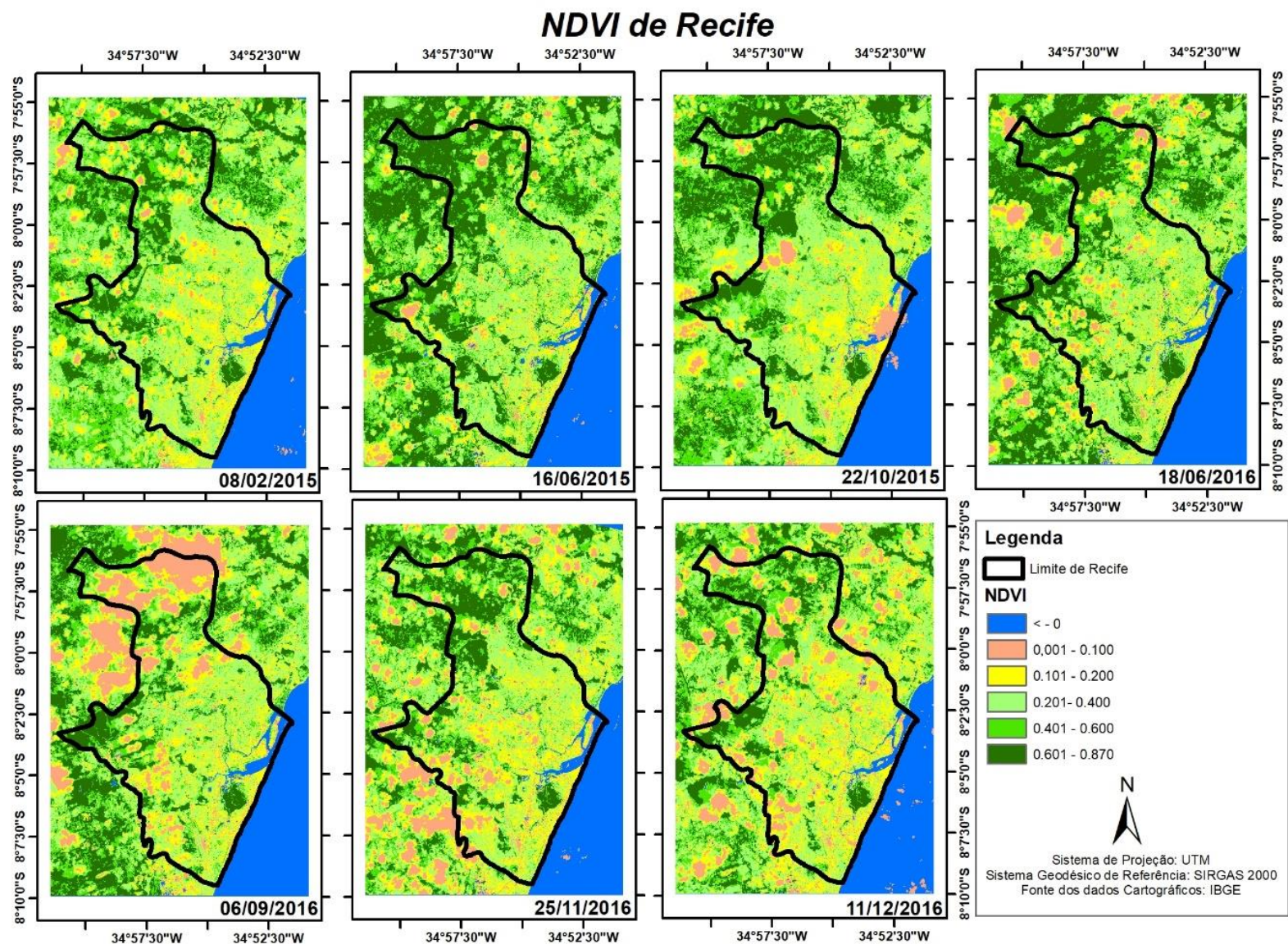
Ao analisarmos a figura 6, referente ao SAVI, índice de vegetação que conta com um fator de correção da influência da resposta espectral do solo destaca com mais clareza a presença de área vegetada no município, uma vez que grande parte do recorte estudado é referente à uma densa malha urbana. Desta forma, este índice distingue com mais eficiência a presença da vegetação no meio urbano. Seu restado aponta para também uma leve variação da superfície vegetal do município do Recife, restringindo estas mudanças às áreas periféricas.

Figura 4: Albedo da Superfície de Recife, nos anos de 2015 e 2016.



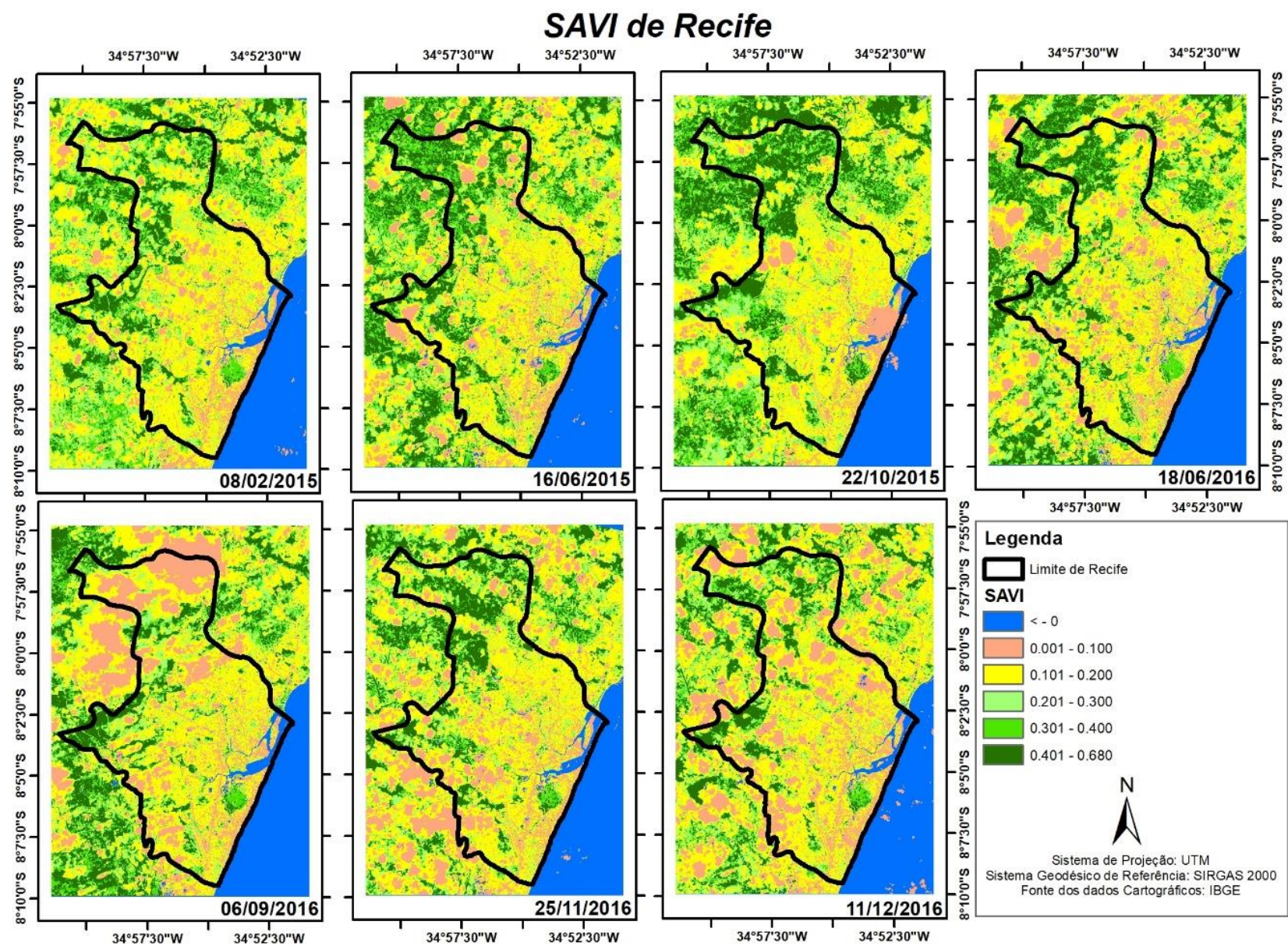
Fonte: A autora

Figura 5:Índice de Vegetação Por Diferença Normalizada para o Município de Recife, referente aos anos de 2015 e 2016.



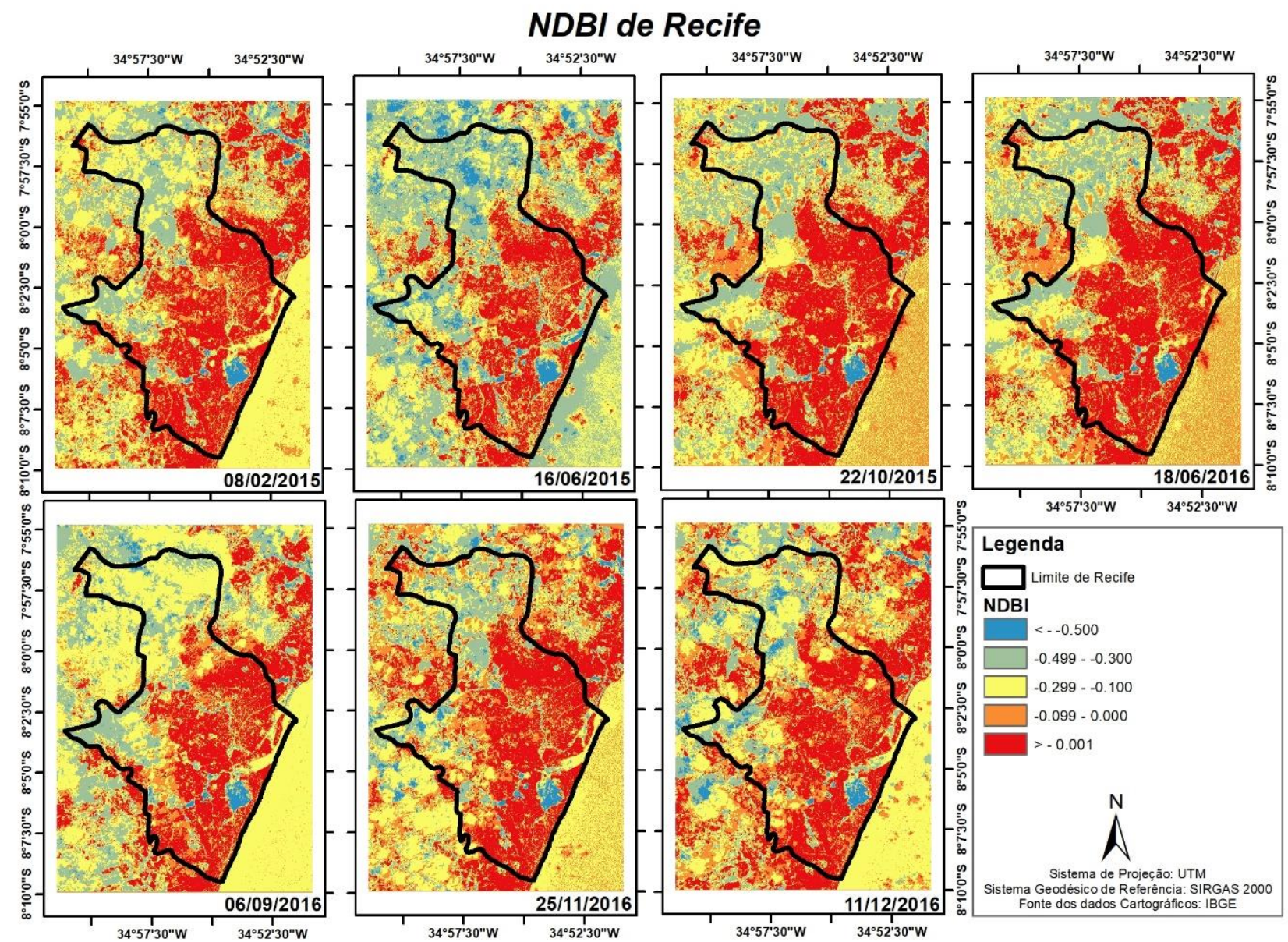
Fonte: A autora

Figura 6: SAVI para o município de Recife, nos anos de 2015 e 2016.



Fonte: A autora

Figura 7: NDBI para o Município do Recife, nos anos de 2015 e 2016.



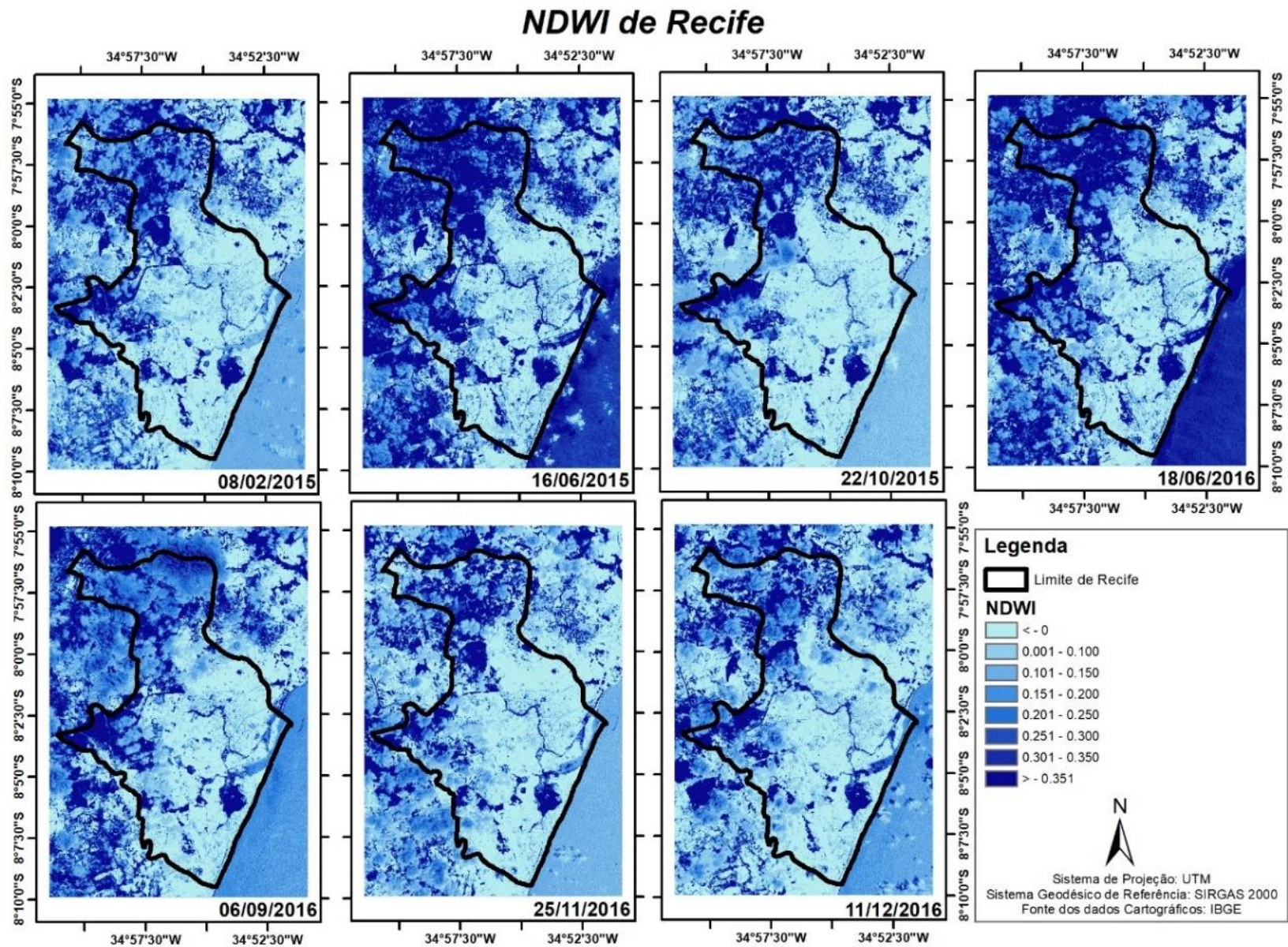
Fonte: A autora

A figura 7, referente ao NDBI, apresentou baixa variação nas áreas referentes ao solo urbano, os quais são classificados com valores positivos nesse índice. Neste caso, a oscilação é menor, pois a relação entre as reflectâncias das faixas do infravermelho médio e próximo propostas no índice, geram destaque maior para as áreas construídas, desta forma, pouco se nota a mudança ocorrida no período estudado. Os valores mais elevados coincidem com as datas dos meses menos chuvosos, uma vez que a superfície se apresentava com menos conteúdo hídrico, acentuando a resposta espectral do concreto e outros materiais presentes nas áreas urbanizadas.

Ao analisarmos a figura 8, é notável a visualização de um padrão contrário ao NDBI, o NDWI acentua a presença de áreas úmidas. Estas se destacam nas áreas periféricas do município, e nas zonas centrais os valores são menores devido à menor presença de áreas vegetadas. Destacam-se como zonas úmidas a região de predominância dos manguezais, e as áreas de reservas de florestas presentes nas porções leste e norte do município. Além disso, é possível observar a influência dos rios e riachos urbanos na manutenção de áreas úmidas no centro da cidade. Contudo na figura 9, A variação da temperatura de superfície ocorre sobretudo em função das condições meteorológicas do dia da passagem do satélite, porém, o menor nível de umidade, decréscimo da presença e da densidade da vegetação e o adensamento das edificações e áreas concretadas, impactam seus valores. Destacam-se as imagens de 22/10/2015 e sobretudo a de 11/12/2016 como sendo as que apresentaram maiores valores de temperatura de superfície.

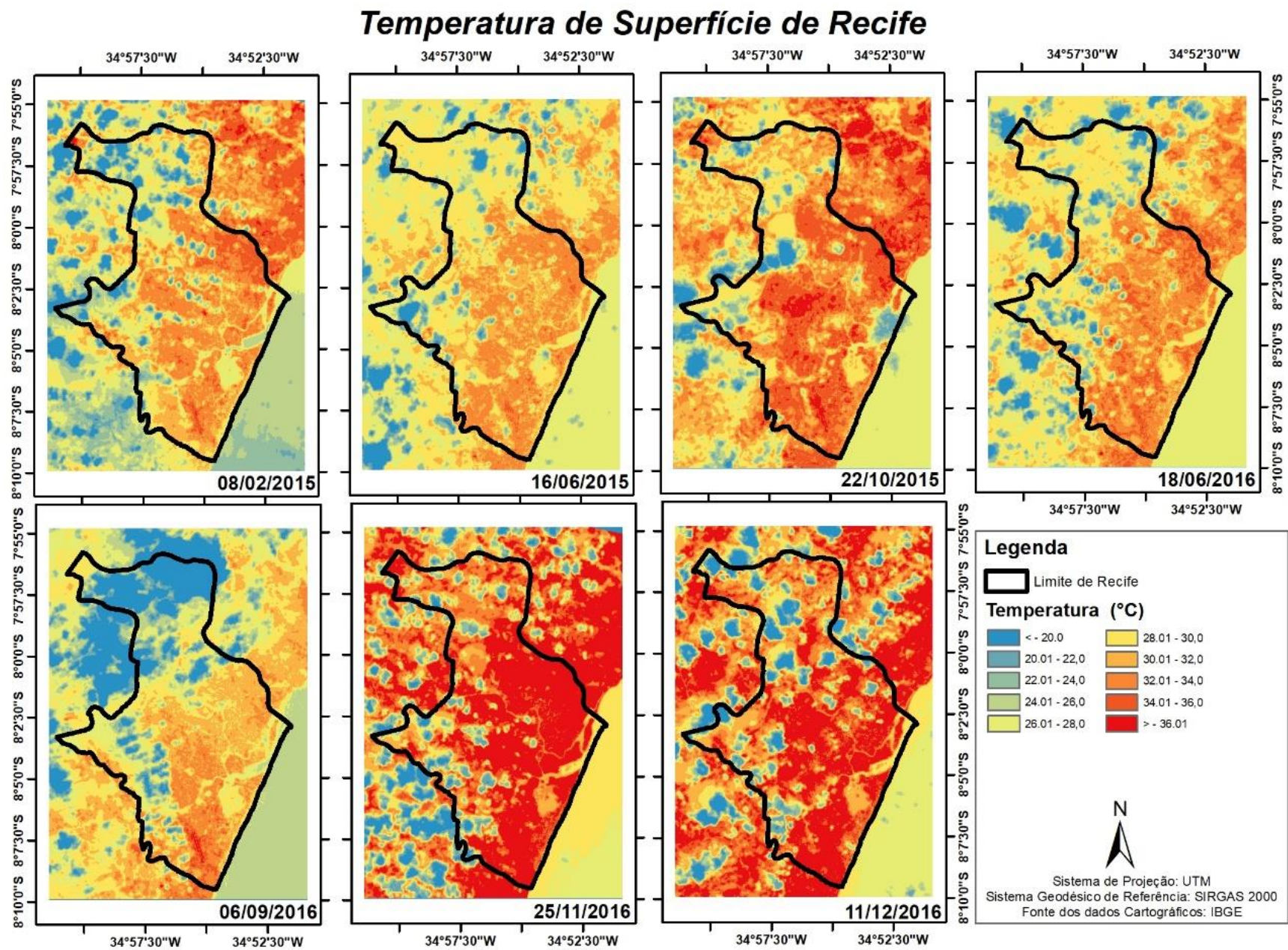
Ao analisarmos a figura 10, é notável em que o saldo de radiação, elemento fundamental para o entendimento das trocas de energia entre a superfície e atmosfera serve como um parâmetro de síntese dos processos ocorrentes no espaço. A relação entre a presença de cobertura vegetal densa, e, portanto, reservas de umidade, e altas temperaturas gera intenso processo de troca de energia no sistema superfície-atmosfera. Em contrapartida, as áreas densamente ocupadas com edificações e materiais impermeáveis produzem índices do saldo de radiação, uma vez que lhe falta o conteúdo hídrico referente à evaporação de corpos hídricos e ou de matéria orgânica vegetal.

Figura 8: NDWI do município do Recife, ano de 2015 a 2016.



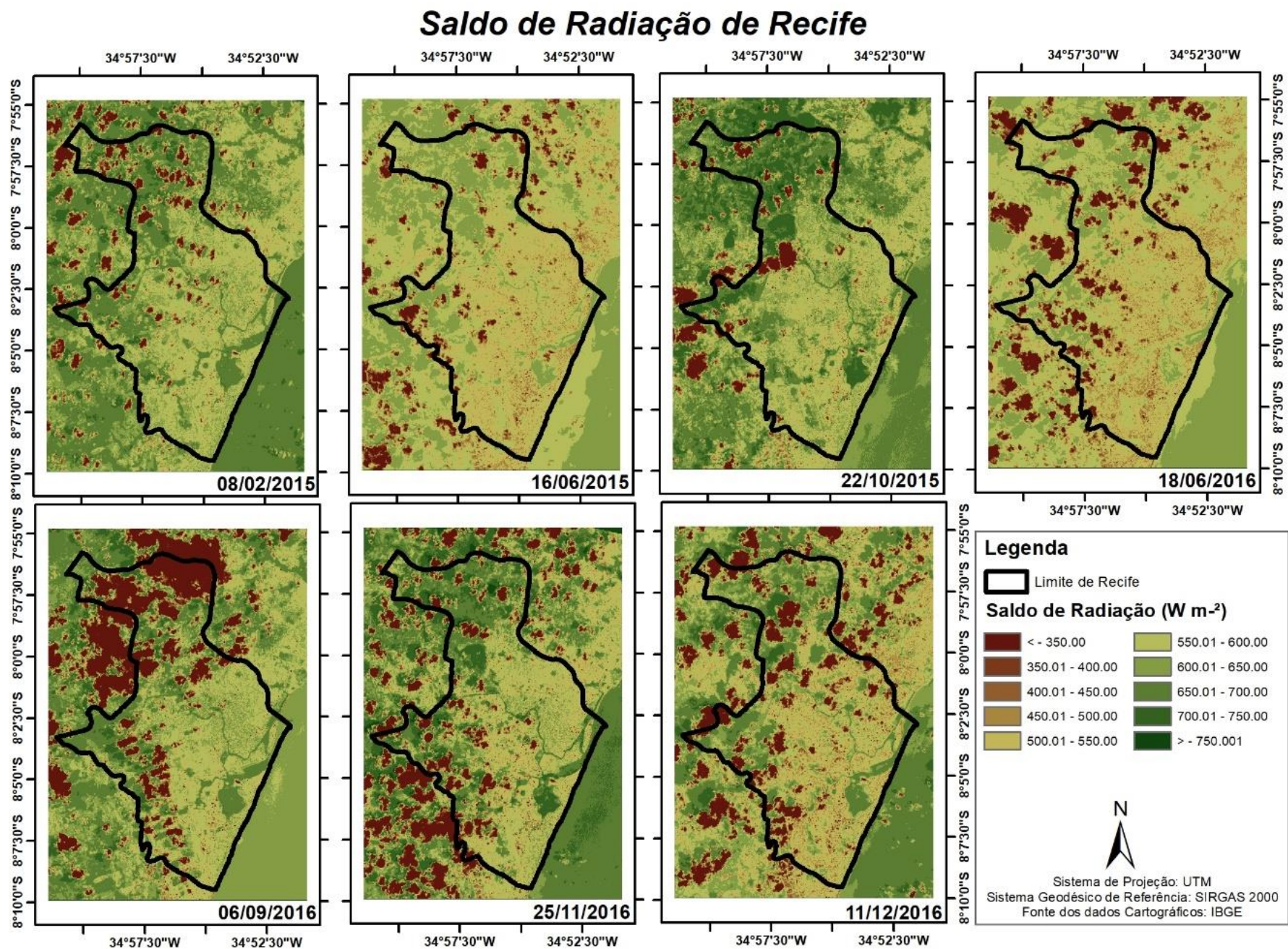
Fonte: A autora

Figura 9: Temperatura da Superfície do Município do Recife, no ano de 2015 a 2016.



Fonte: A autora

Figura 10: Saldo de Radiação do Município do Recife, para o ano de 2015 e 2016



Fonte: A autora

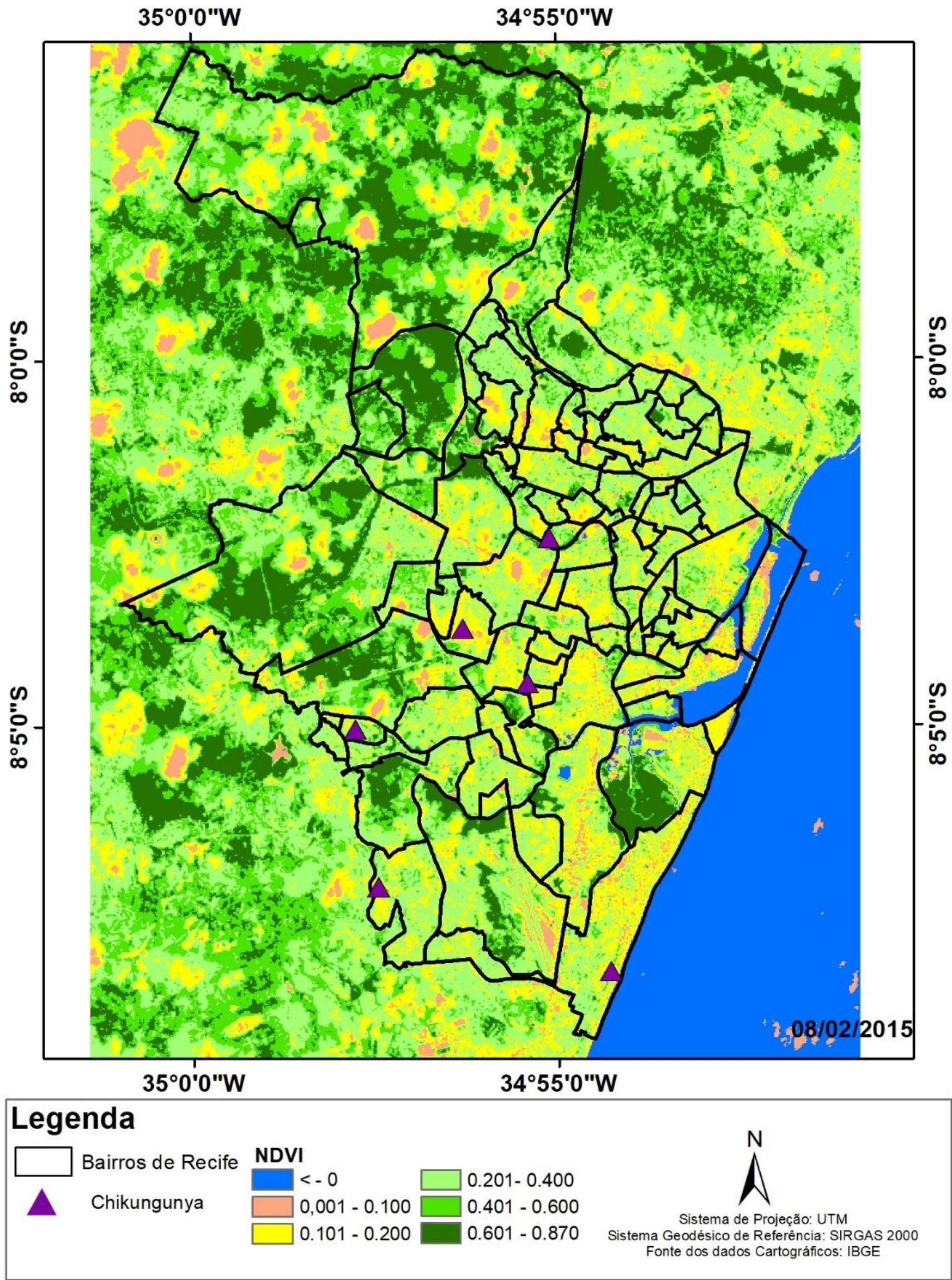
4.2 O ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE

Ao analisarmos a figura 11, referente ao NDVI do município do Recife, é notável em que o primeiro bimestre do ano de 2015, apenas casos de Chikungunya foram apresentados no município, assim como foi possível e a identificação da correlação entre o índice e a incidência de casos, ou seja, a partir da análise é possível identificar uma elevada predisposição a manifestação de casos, em áreas com valores espectrais entre 0.101-0.200 a 0.201-0.400, ou seja, áreas de solo exposto a vegetação de transição, tendo como análise o referido período.

A figura 12, é possível identificar a partir do índice de temperatura da superfície, em que alguns casos de Chikungunya no primeiro bimestre de 2015, estão localizados em áreas com valores espectrais, associado a valores $<20^{\circ}\text{C}$, essa disparidade entre os valores, estaria associados a áreas com vegetação, no qual mitigaria a temperatura da superfície, porém em incidência de casos de arboviroses, a temperatura seria primordial para o desenvolvimento larvário do mosquito, e consequentemente a incidência de casos. Na figura 13, o NDVI do município do Recife para o terceiro bimestre do ano de 2015, é notável em que os casos de Zika e Chikungunya estão inseridos em áreas de vegetação de transição entre 0,001-0,100 a 0,201-0,400

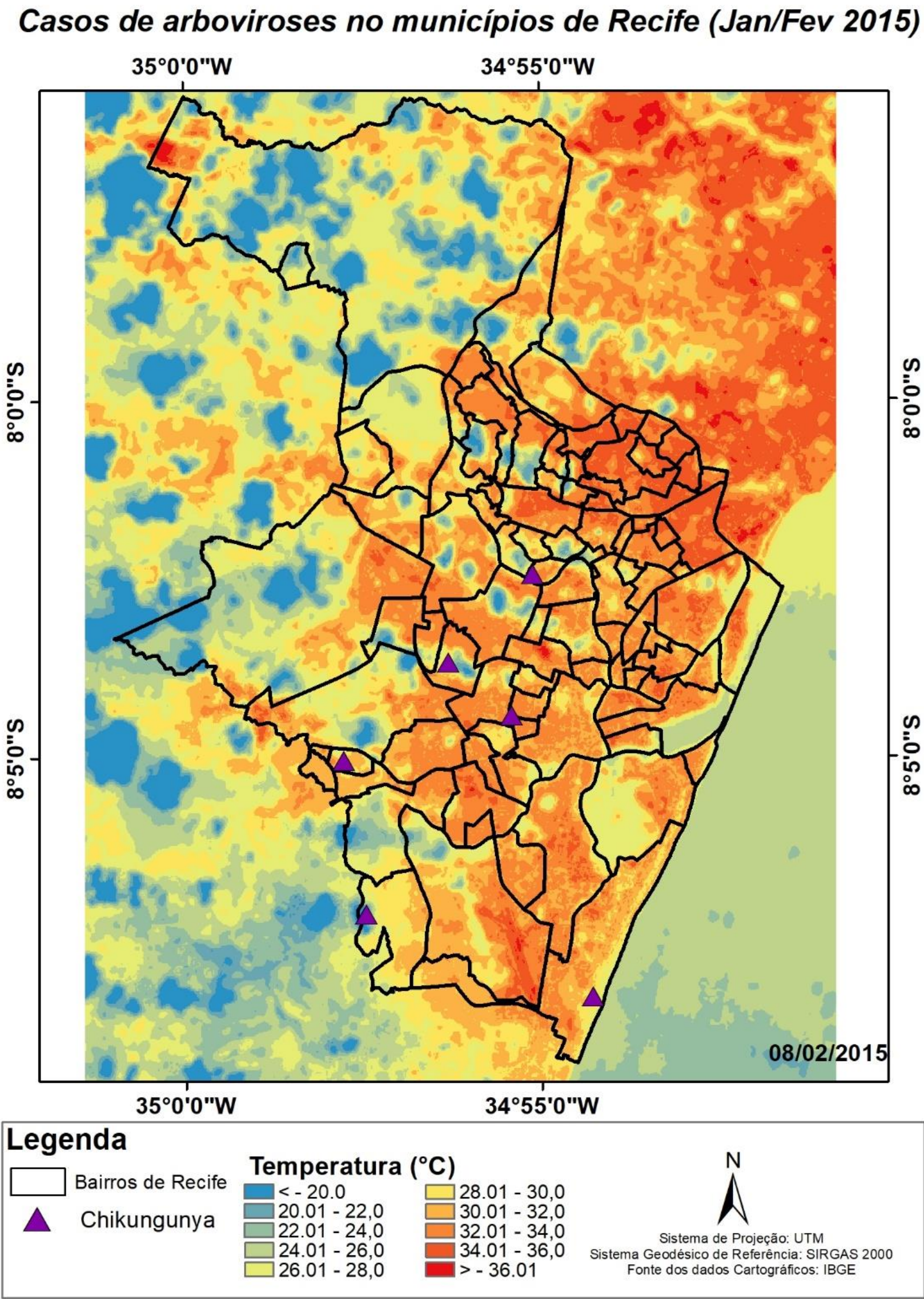
Figura 11: NDVI do Município do Recife: Correlação com casos de arboviroses, ano de 2015.

Casos de arboviroses no municípios de Recife (Jan/Fev 2015)



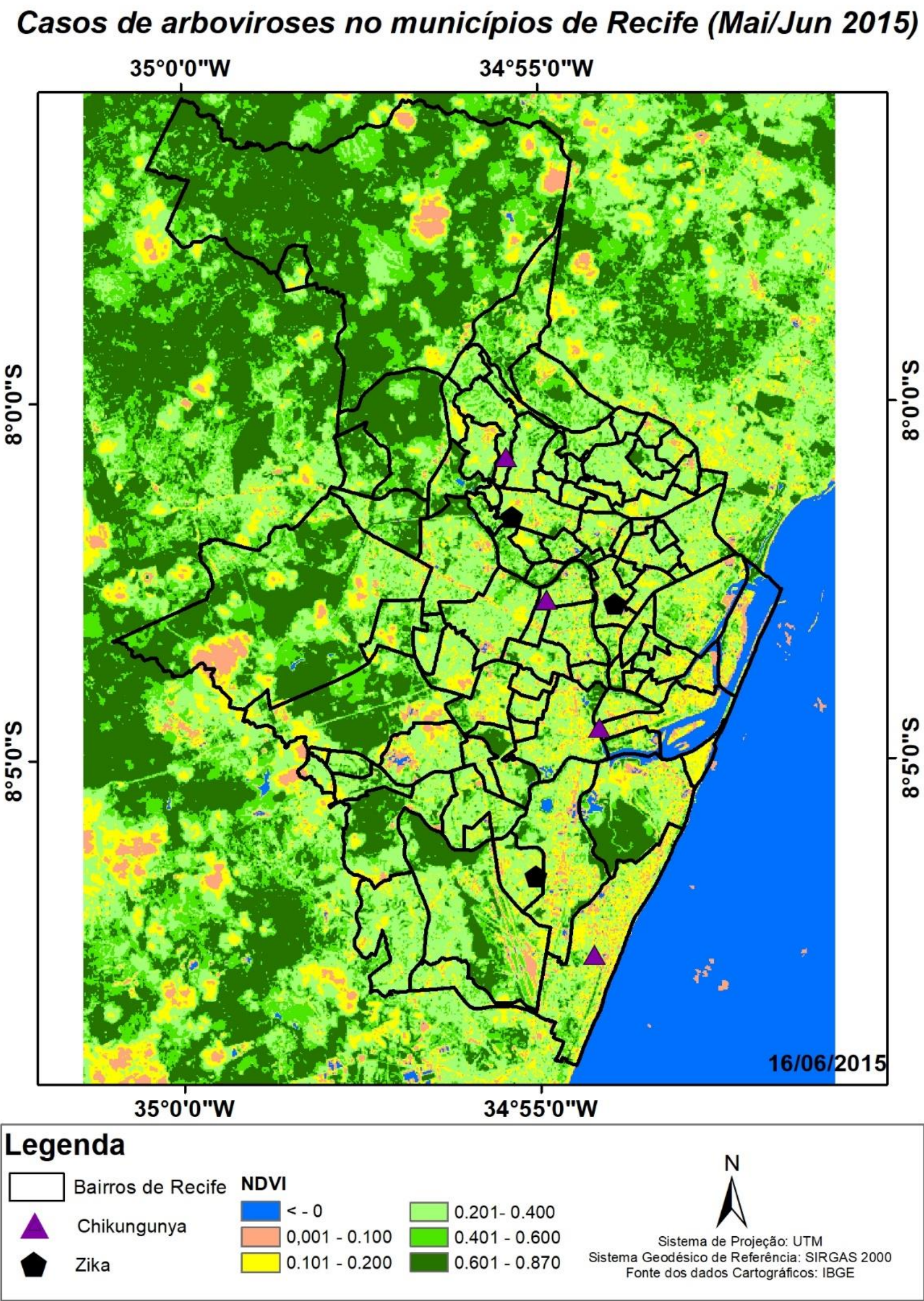
Fonte: A autora

Figura 12: Índice de Temperatura da Superfície: Correlação de casos de Chikungunya no primeiro bimestre de 2015.



Fonte: A autora

Figura 13: NDVI do município do Recife: Correlação de casos de arboviroses no terceiro bimestre de 2015.



Fonte: A autora

Ao analisamos a figura 14, referente a temperatura da superfície do município do Recife, é notável em que os casos de Chikungunya e Zika, foram identificadas em áreas com valores entre 30,1-32 a 32,1-34.

Na figura 15, o NDVI do município do Recife para o quinto bimestre do ano de 2015, é notável em que os casos de Zika estão inseridos em áreas de vegetação de transição entre 0,001-0,100 a 0,201-0,400.

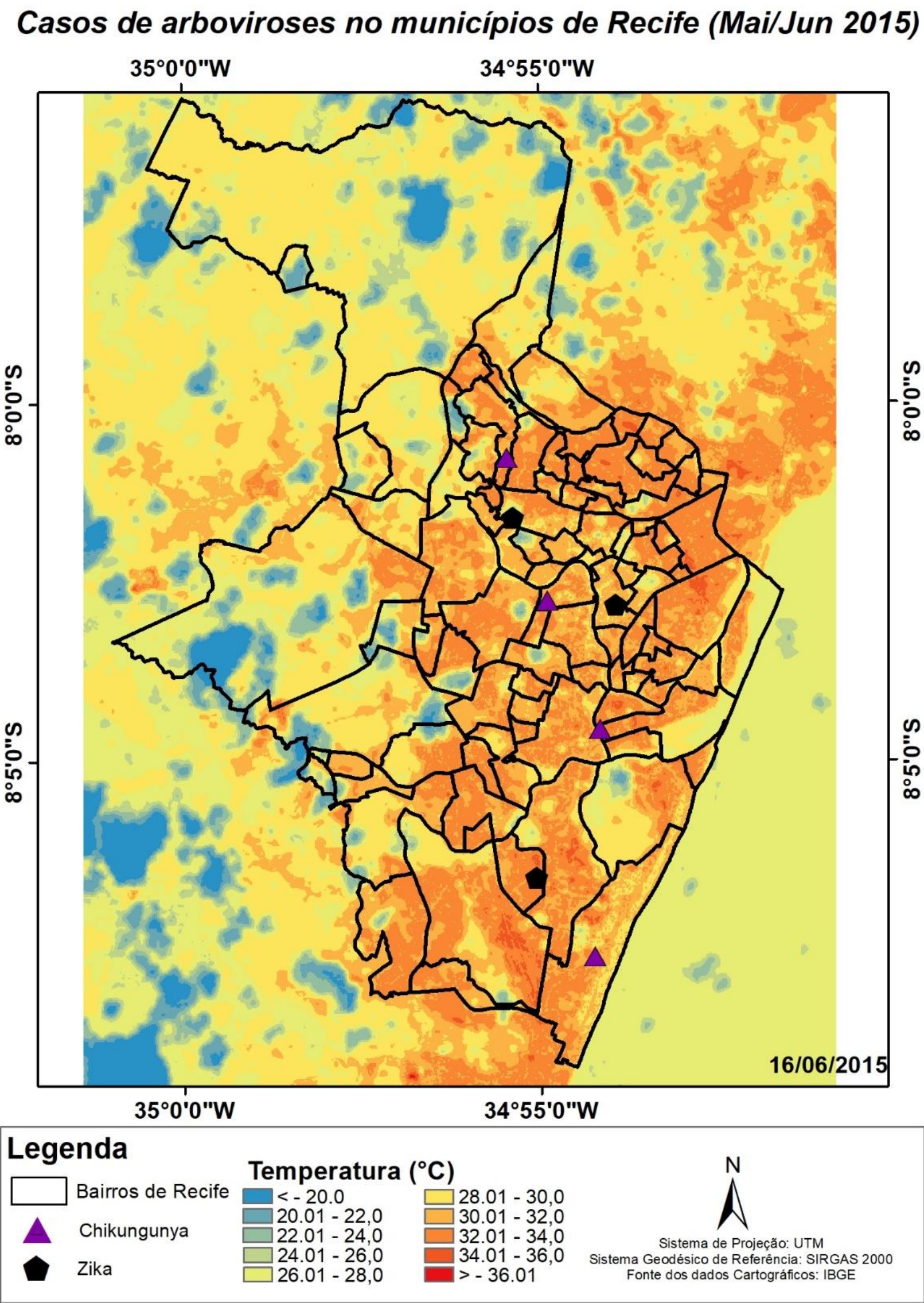
Ao analisamos a figura 16, referente a temperatura da superfície do município do Recife, é notável em que os casos de Zika, foram identificadas em áreas com valores entre 34,1°C >36°C.

Na figura 17, o NDVI do município do Recife para o terceiro bimestre do ano de 2016, é notável em que os casos de Zika e Chikungunya estão inseridos em áreas de vegetação de transição, ou seja, áreas de vegetação de solo exposto a vegetação rala, apresentando valores espectrais entre 0,001-0,100 a 0,201-0,400.

Ao analisamos a figura 18, referente a temperatura da superfície do município do Recife, é notável em que os casos de Zika e Chikungunya, foram identificadas em áreas com valores entre 34,1°C >36°C.

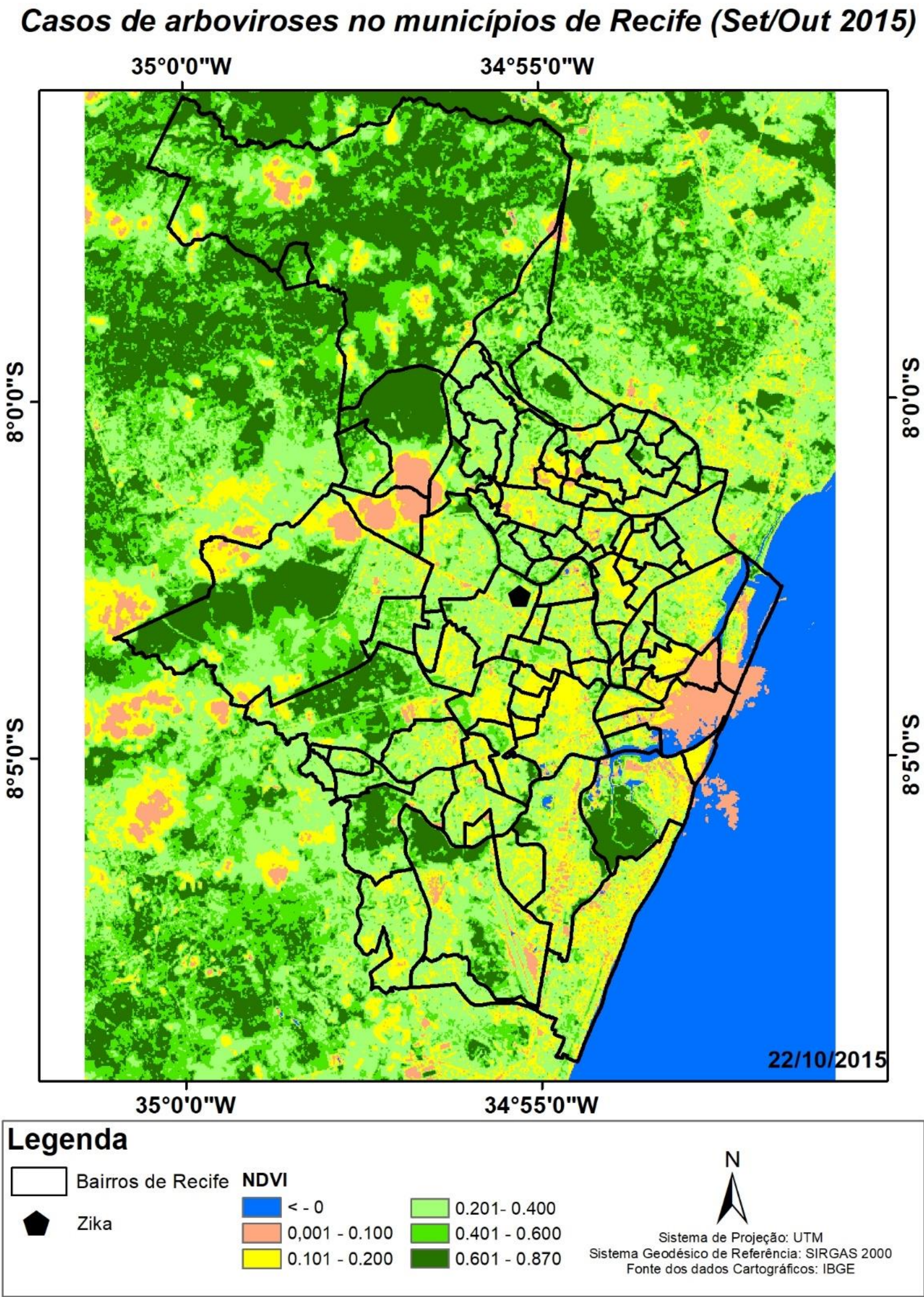
Na figura 19, o NDVI do município do Recife para o quinto bimestre do ano de 2016, é notável em que os casos de Zika estão inseridos em áreas de vegetação de transição, ou seja, áreas de vegetação de solo exposto a vegetação rala, apresentando valores espectrais entre 0,001-0,100 a 0,201-0,400. Em analogia com a figura 20, referente a temperatura da superfície é notável em que o caso de Zika no quinto bimestre de 2016, apresentou valores de temperatura 20,1°C-24°C a 30,1°C- 32°C.

Figura 14: Índice de Temperatura da Superfície: Correlação de casos de Chikungunya no terceiro bimestre de 2015.



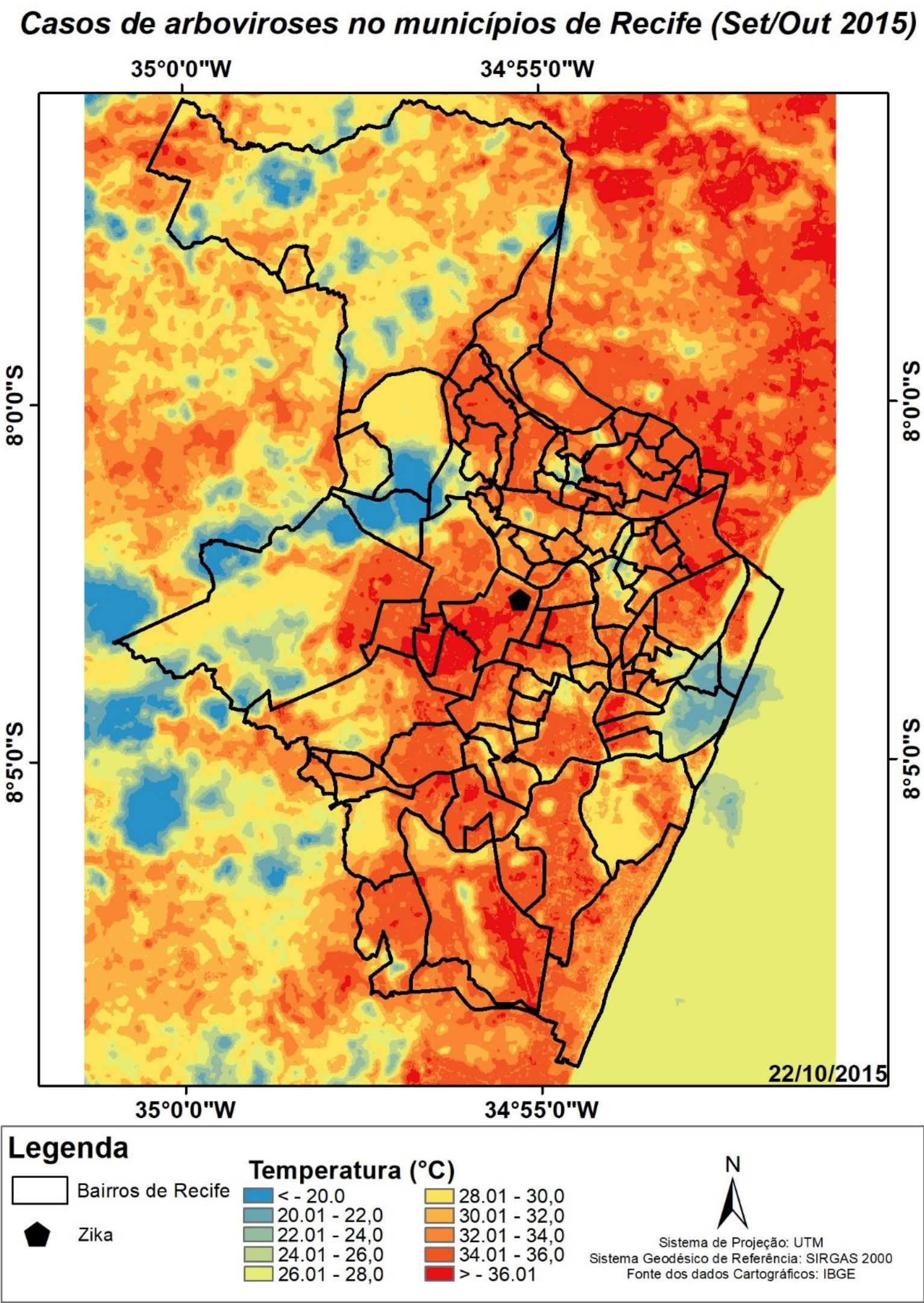
Fonte: A autora

Figura 15: NDVI do município do Recife: Correlação de casos de arboviroses no quinto bimestre de 2015.



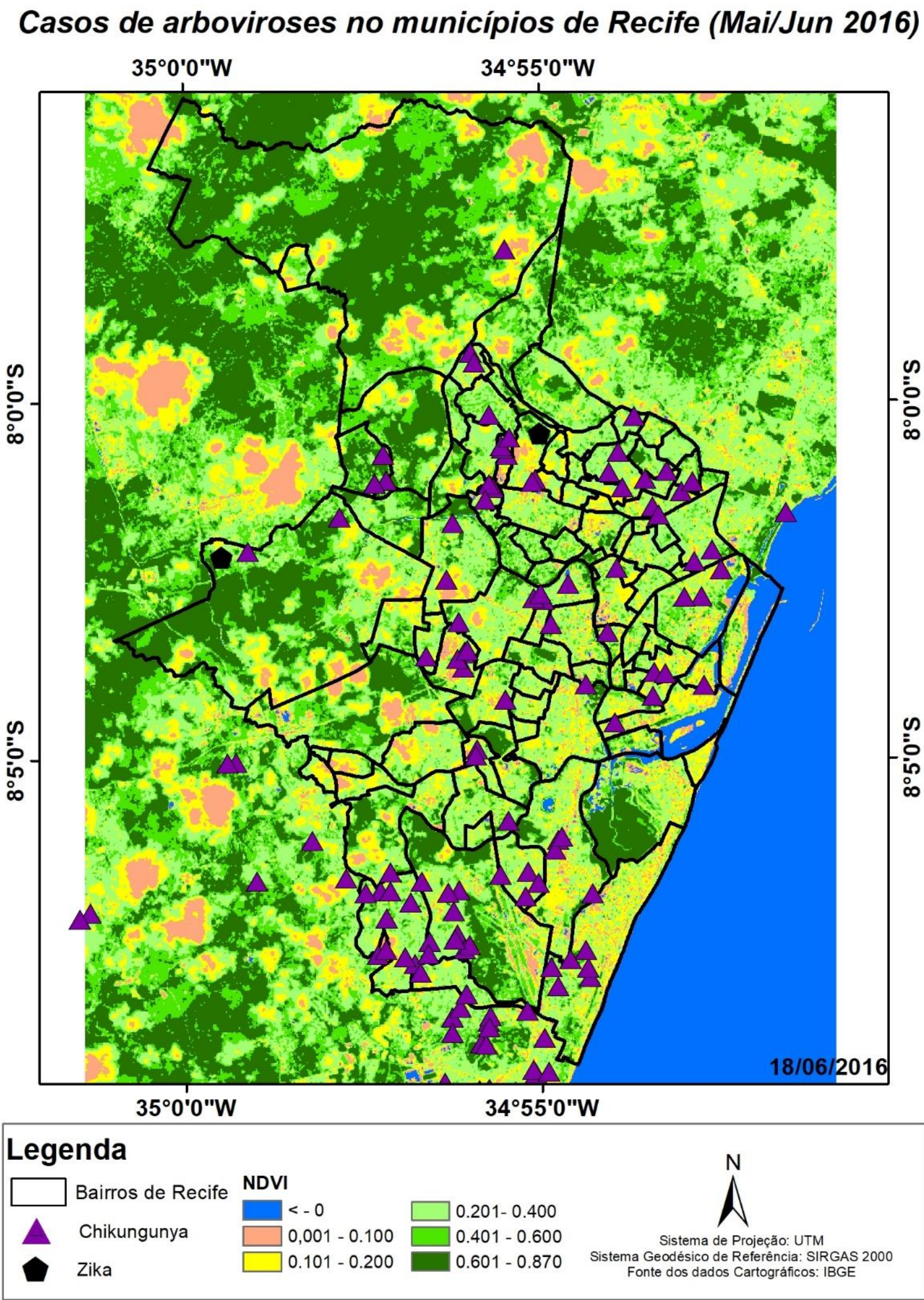
Fonte: A autora

Figura 16: Índice de Temperatura da Superfície: Correlação de casos de Zika vírus no quinto bimestre de 2015.



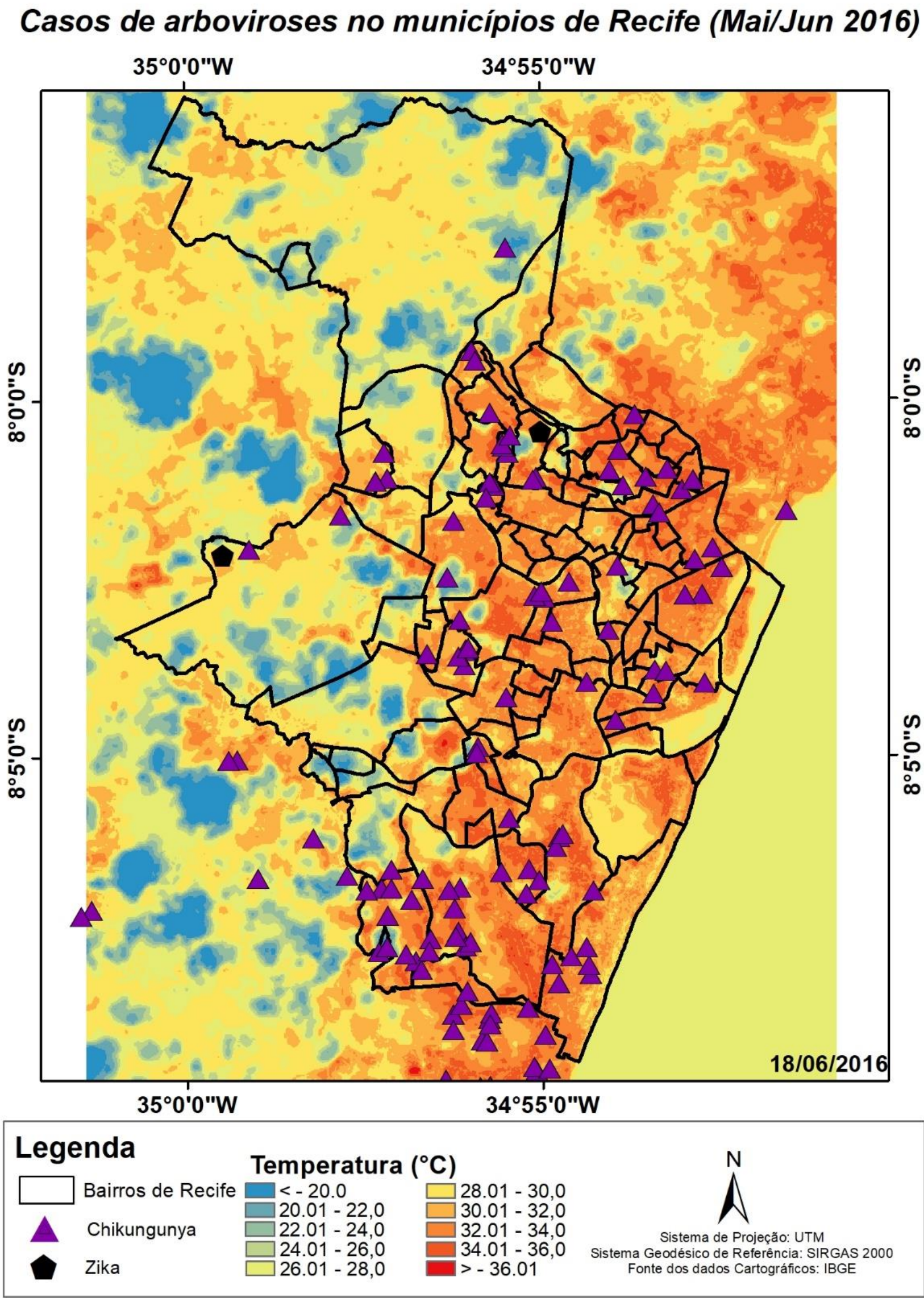
Fonte: A autora

Figura 17: NDVI do município do Recife: Correlação de casos de arboviroses no ano de 2016.



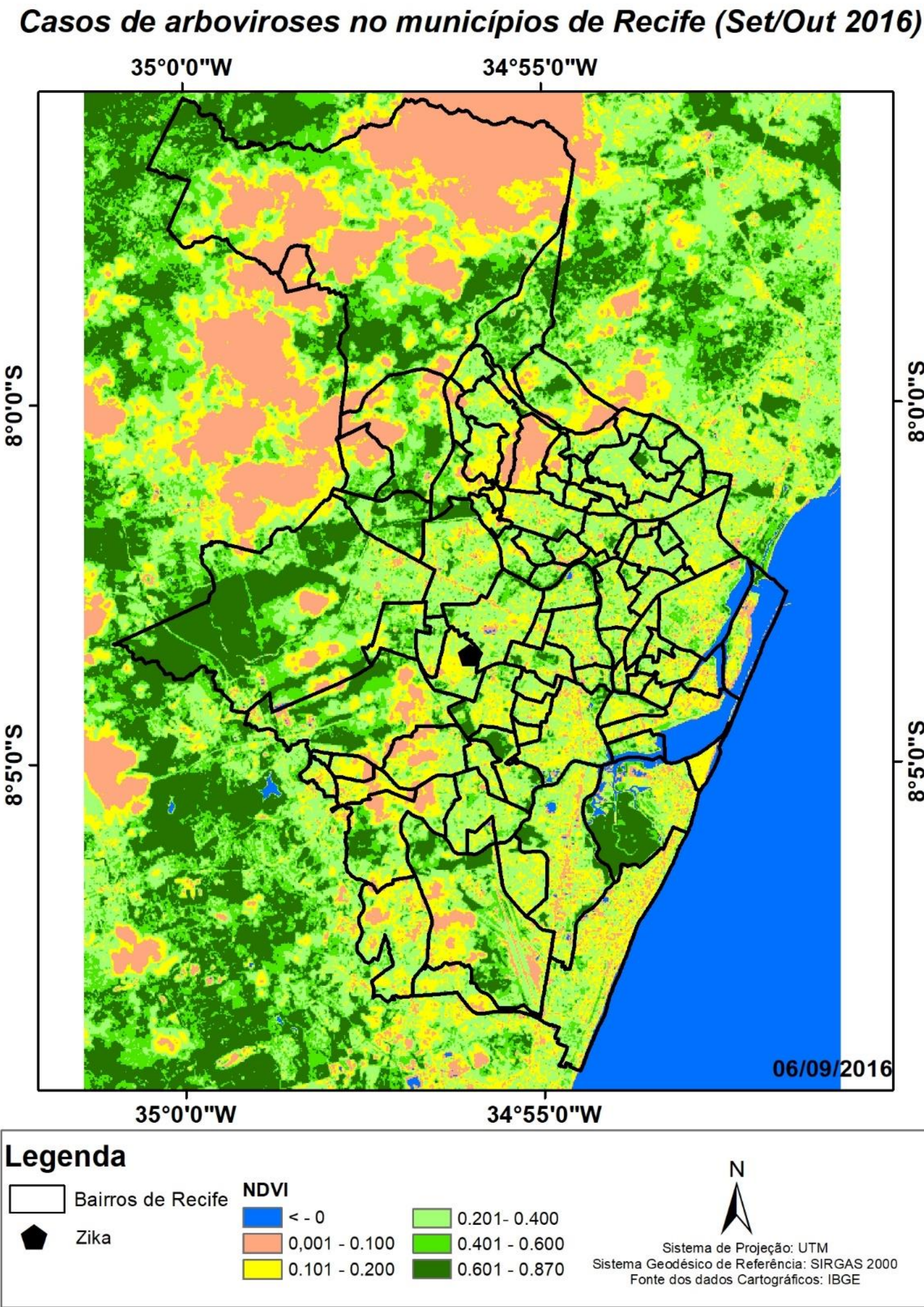
Fonte: A autora

Figura 18: Índice de Temperatura da Superfície: Correlação de casos de arboviroses em 2016.



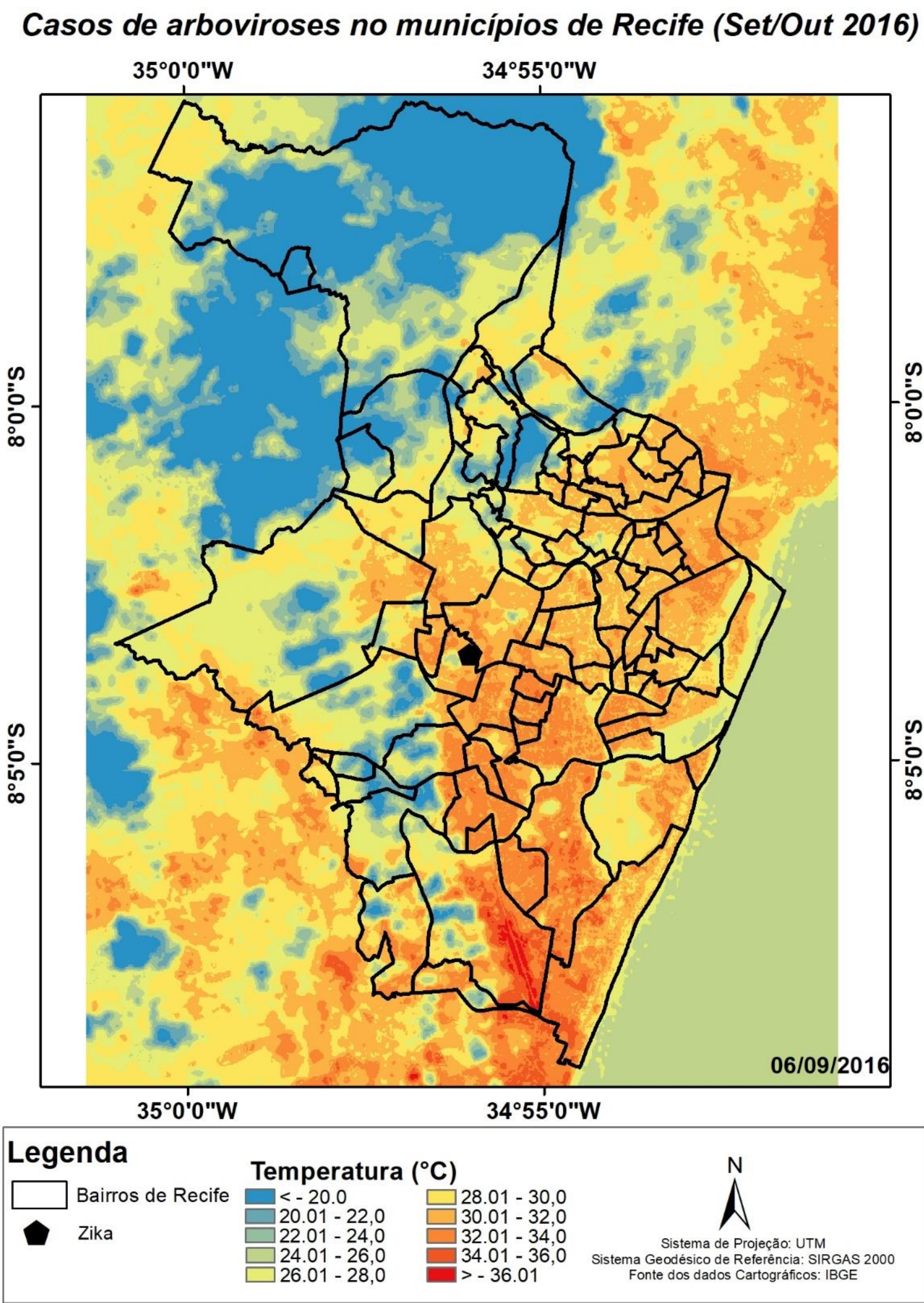
Fonte: A autora

Figura 19: NDVI do município do Recife: Correlação de casos de arboviroses no ano de 2016.



Fonte: A autora

Figura 20: Índice de Temperatura da Superfície: Correlação de casos de arboviroses em 2016.



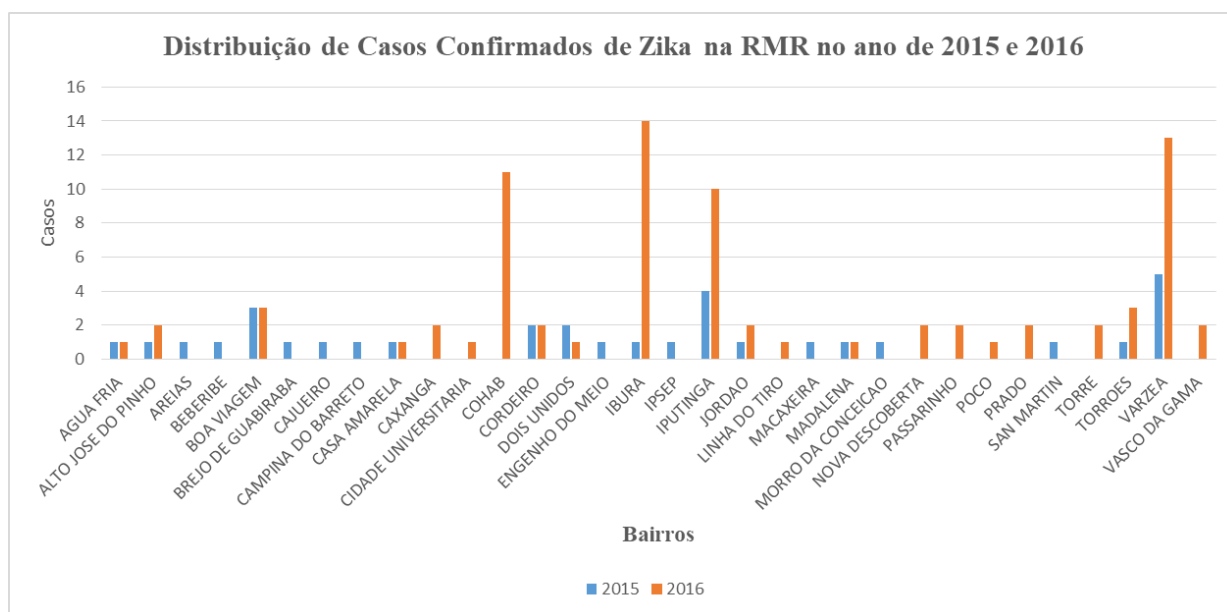
Fonte: A autora

4.3 ESPACIALIZAÇÃO DA INCIDÊNCIA DE CASOS DE ARBOVIROSES

4.3.1 Casos de Zika em Recife

Segundo Lins e Candeias (2018), elevada concentração de casos confirmados no município, através da análise dos anos de 2015-2016, em qual a partir das amostras é perceptível o destaque de alguns bairros da RMR. Como é apontado os bairros, como por exemplo: Cohab, Ibura, Iputinga e Várzea, sendo considerados bairros de concentração de população de baixa renda econômica. Como pode ser observado na figura 21 através do estudo de Lins e Candeias (2018).

Figura 21 – Distribuição de Casos confirmados nos bairros do Recife, no ano de 2015 a 2016.



Fonte: LINS E CANDEIAS (2018)

Ao analisar a Tabela 3, referente aos casos de Zika por gênero, é perceptível em que a concentração de casos confirmados, estão concentrados primordialmente no gênero feminino, apresentando cerca de 57,6% no ano de 2015, e no ano seguinte

69,6%. No qual ao se fazer uma analogia no referido período do estudo, o gênero populacional mais afetado pelo Zika vírus, são do gênero feminino.

Tabela 3: Distribuição de Casos de Zika por gênero no município de Recife, no período de 2015 a 2016.

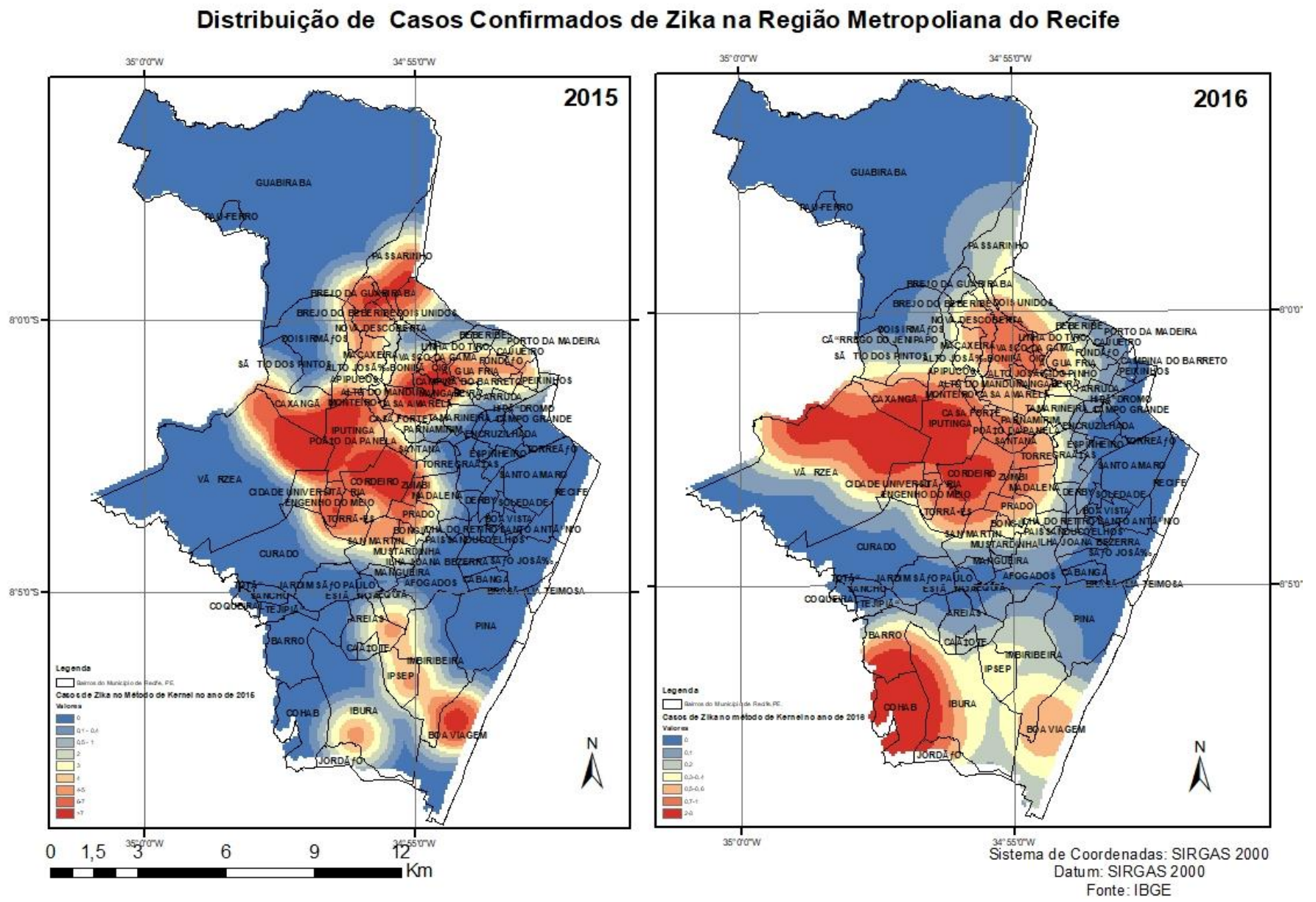
Gênero	Ano de 2015	Ano de 2016
Feminino	19	55
Masculino	9	24
Indefinido	5	-
Total de Casos	33	79

Fonte: LINS e CANDEIAS (2018)

Na figura 22, referente a distribuição de casos de Zika, utilizando o método não paramétrico de concentração de pontos, como critério a ser utilizado o de casos confirmados de Zika, é notável em através desse método de espacialização, a distribuição de casos não generaliza espacialmente a quantidade de casos de casos por bairro, sendo assim de fundamental relevância para a identificação de “áreas” susceptíveis a proliferação e desenvolvimento do mosquito, sendo de auxilio em medidas de prevenção e combate.

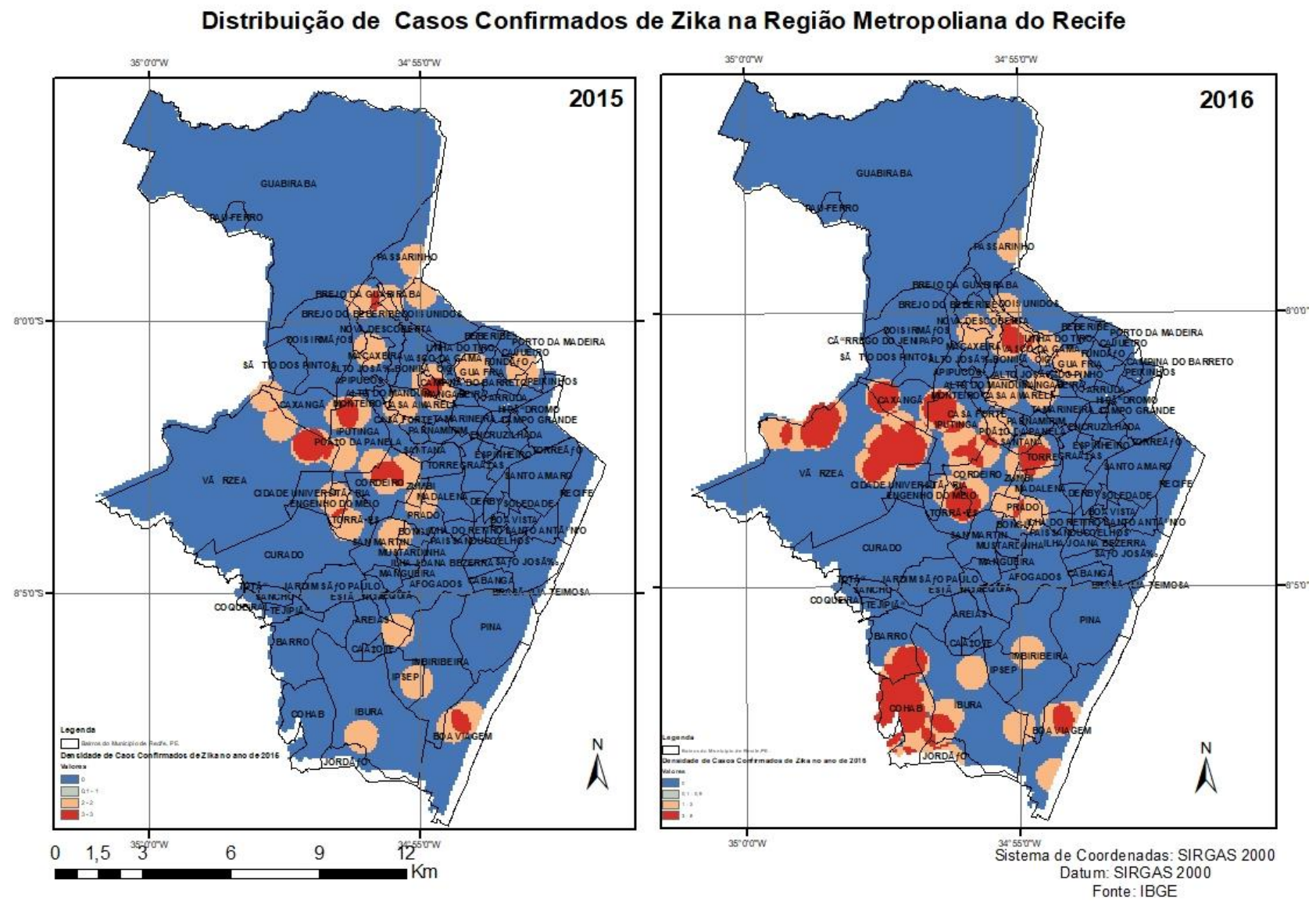
Ao analisar a figura 23, referente a distribuição de casos confirmados de Zika vírus no município do Recife, é notável a variação do comportamento espacial dos casos na RMR, em analogia aos anos de 2015-2016. O ano de 2016 apresentou um crescimento em número de casos, em relação ao ano anterior. Em analogia a figura 22, no qual utiliza o método de Kernel, é perceptível em que o método de Kernel, a partir da densidade de casos (Pontos), proporciona a partir de áreas mais “quentes”, a identificação de áreas com maior susceptibilidade a risco de incidências de casos de Zika. Sendo assim de importante relevância para implementação de políticas públicas de planejamento da secretária de saúde, assim com menor tempo de implementação de ações de mitigação de proliferação do mosquito, a partir da atuação dos agentes de saúde.

Figura 22- Distribuição de Casos de Zika, utilizando o Método de Kermel para RMR, PE.



Fonte: A autora

Figura 23: Distribuição casos confirmados de Zika na RMR, a partir do método de densidade de pontos.



Fonte: A autora

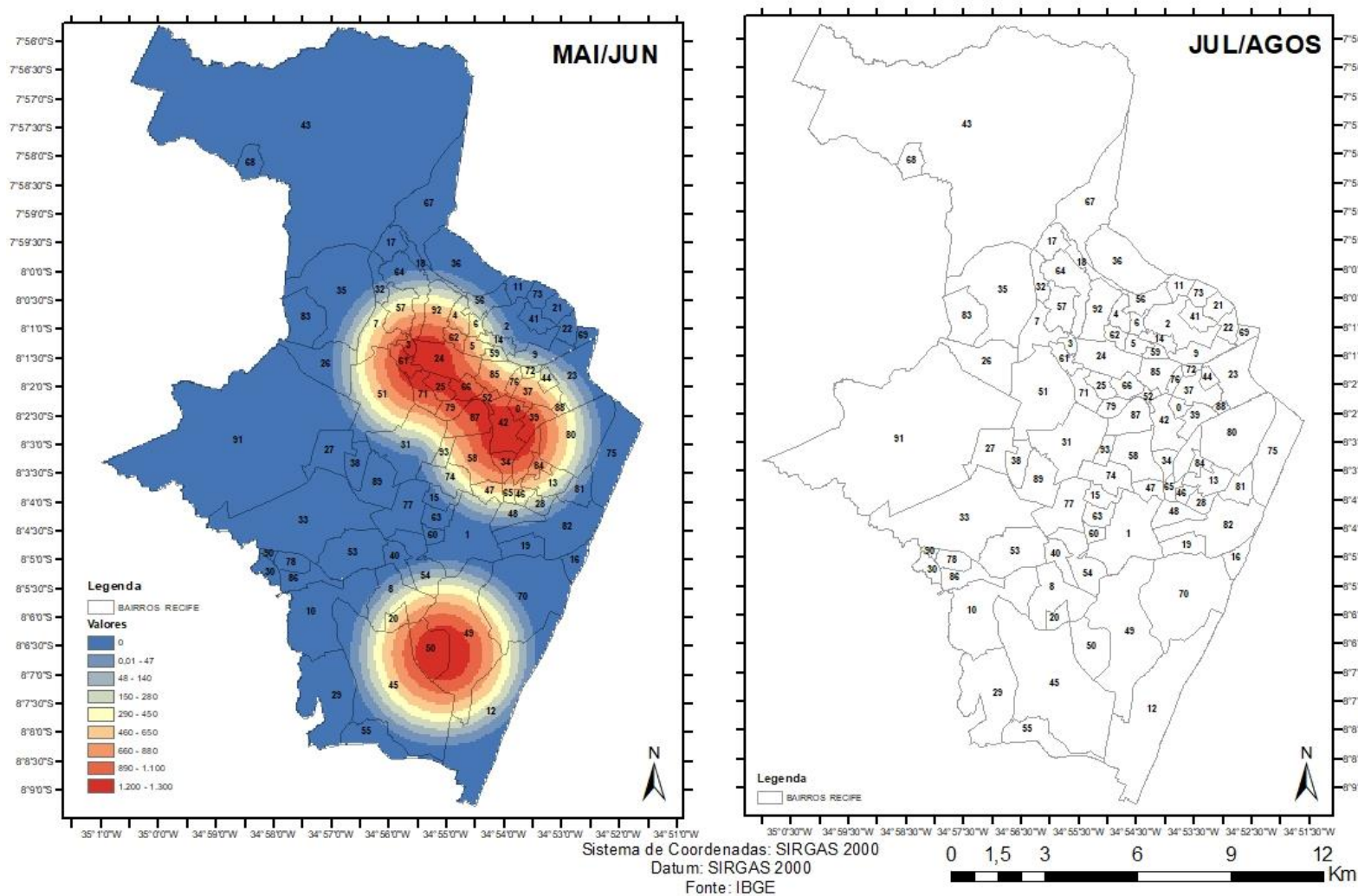
A seguir será exposto a distribuição de casos de Zika no período bimensal para o ano de 2015:

No primeiro e segundo bimestre do ano de 2015, apresentou a ausência de dados referente a incidência de casos de Zika Vírus no município do Recife. Contudo ao analisar a figura 24, referente a distribuição de casos de Zika, utilizando como método de espacialização para incidência, o de kernel, sendo assim através das características de do método, é possível identificar áreas de elevada incidências, sendo assim áreas com potencial susceptibilidade a casos de Zika, como o método, é possível verificar em que os bairros com elevada probabilidade de acordo com o mês de Maio-Junho de 2015, foram o bairros correspondentes ao referidos código (FID): 24,34,39,50,49,52,61,66,71, que pode ser conferidos no anexo A. Ainda analisando a figura 25, o referido período de Julho-Agosto, não apresentou casos de Zika aceitáveis a aplicação do método de kernel, em decorrência da ausência de dados.

Ao analisamos a figura 25, referente a distribuição de casos de Zika no município, é notável a ausência de casos no período de setembro-Outubro de 2015, assim como o período de Julho a Agosto de 2015 (figura 24), contudo a figura 25, é possível identificar alguns bairros de elevada concentração de casos de Zika, com a presença de alguns núcleos espaciais de concentração, como por exemplo os bairros que pertence ao FID: 26,51e 89 a 2,5,6,41 e 62.

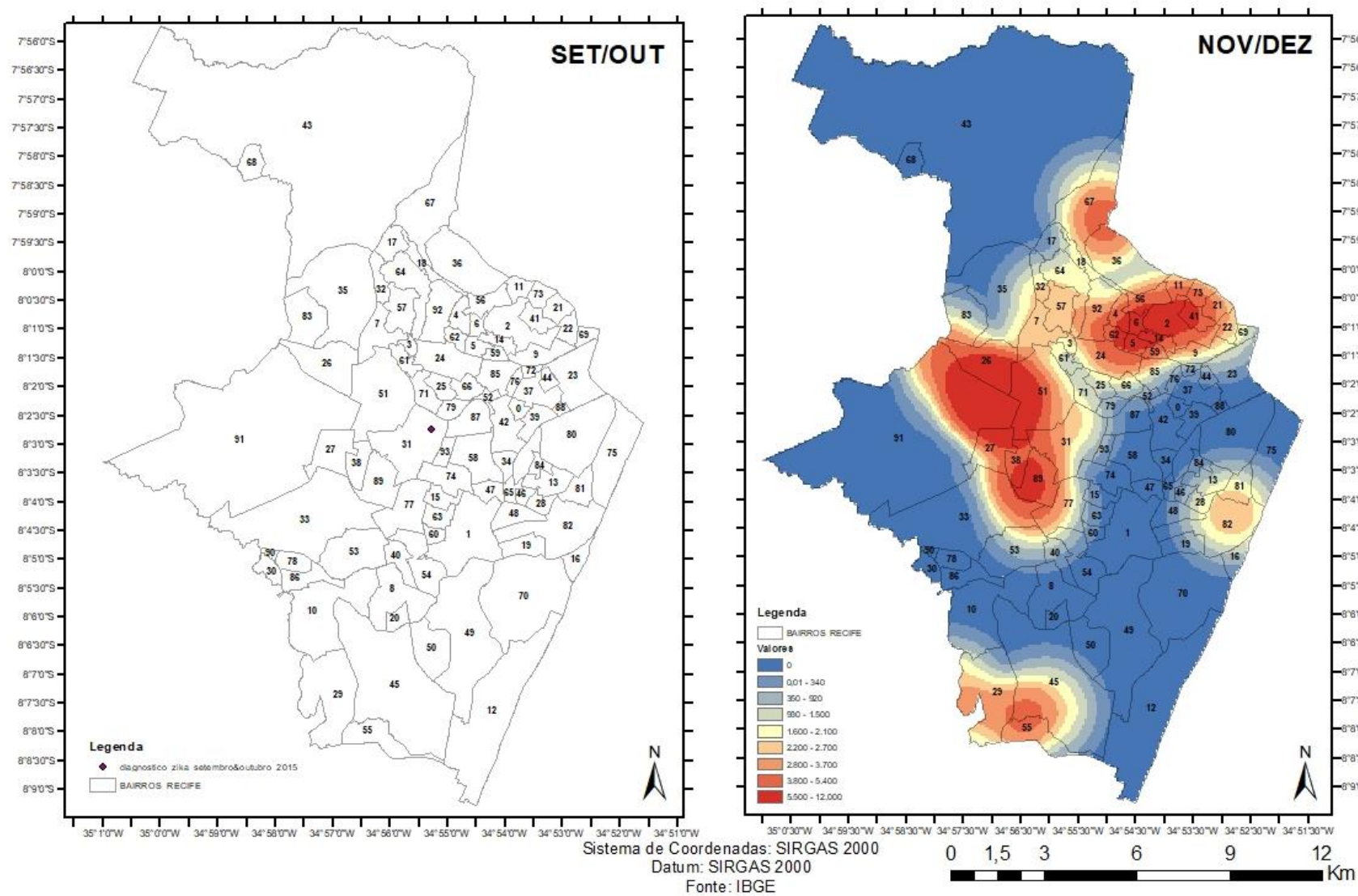
Na figura 26, referente a distribuição de casos bimensais de Zika Vírus, é possível identificar que o período de Janeiro- Fevereiro, apresentaram alguns núcleos de elevada concentração de casos, ou seja, os bairros inseridos no município como, seria o caso do Barro (FID 10), Cohab (FID 29), Caxangá (FID 26), Cidade Universitária (FID 27), Iputinga (FID51) e Várzea (FID 91)

Figura 24: índice de Kernel para casos de Zika para terceiro e quarto bimestre de 2015

Índice de Kernel para Casos Bimensais de Zika na RMR no ano de 2015

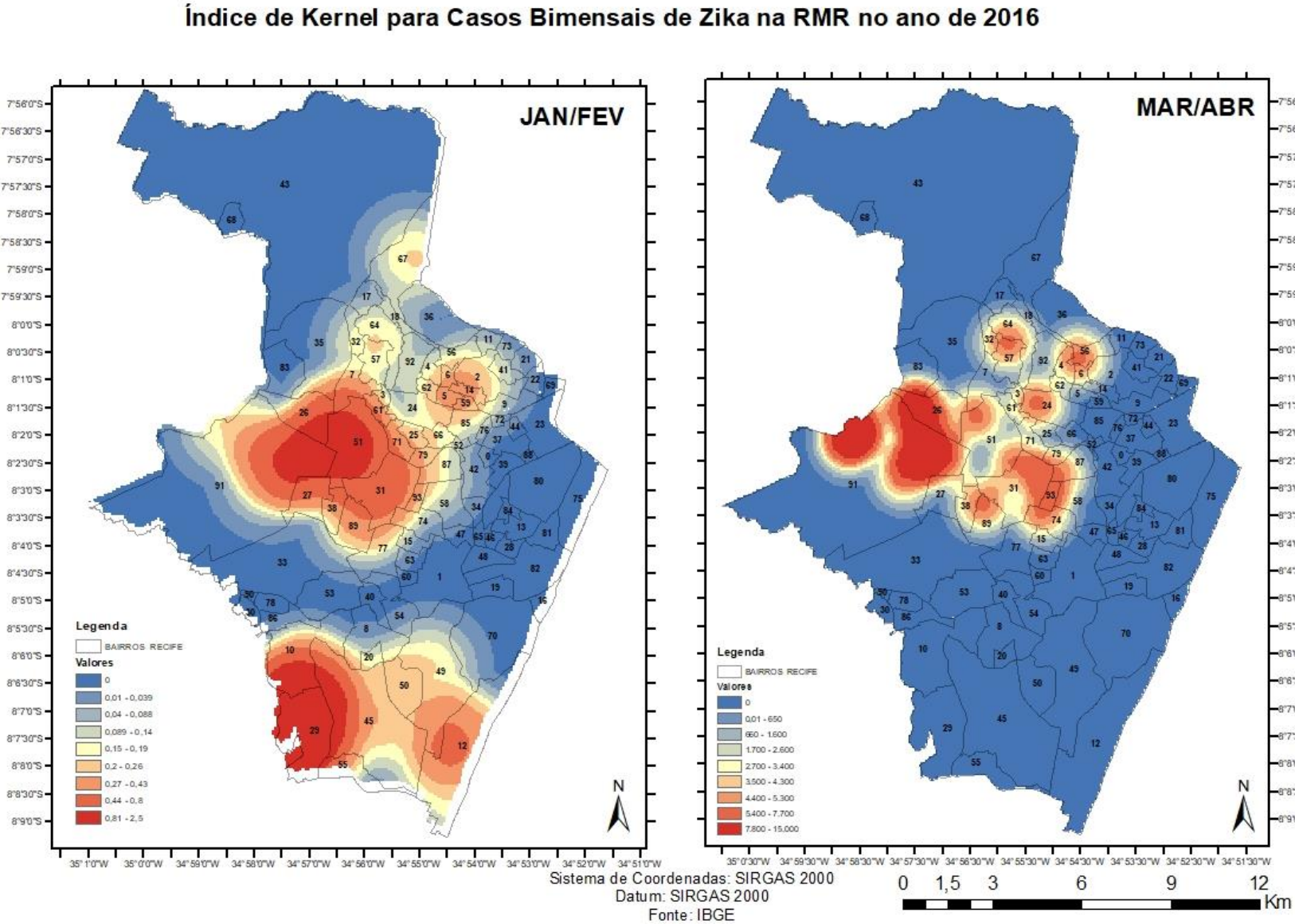
Fonte: A autora

Figura 25: índice de Kernel para casos de Zika para quinto e sexto bimestre de 2015.

Índice de Kernel para Casos Bimensais de Zika na RMR no ano de 2015

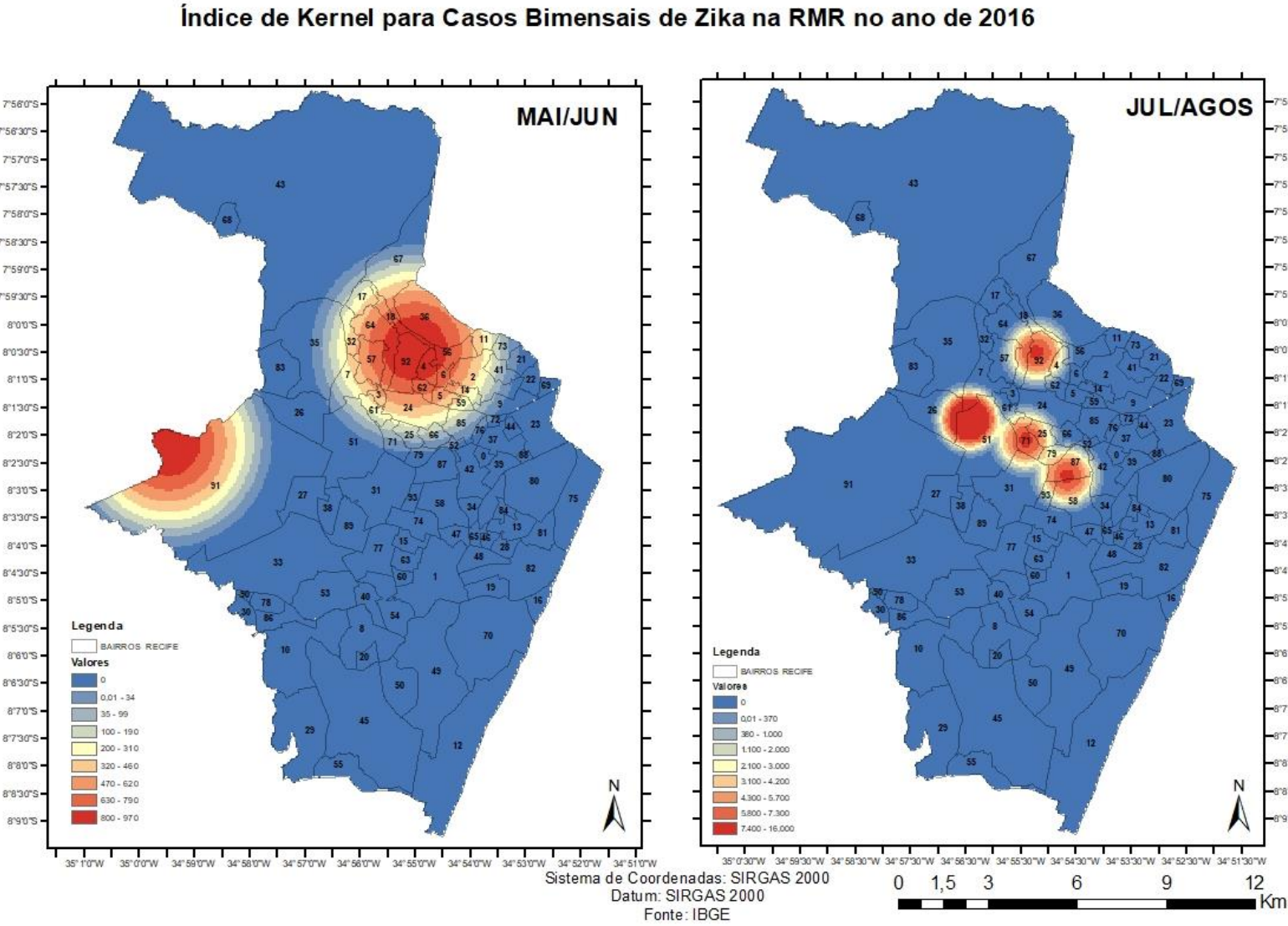
Fonte: A autora

Figura 26: índice de Kernel para casos de Zika vírus para 1º e 2º bimestre de 2016.



Fonte: A Autora

Figura 27: índice de Kernel para casos de Zika para 3º e 4º bimestre de 2016.



Fonte: A autora

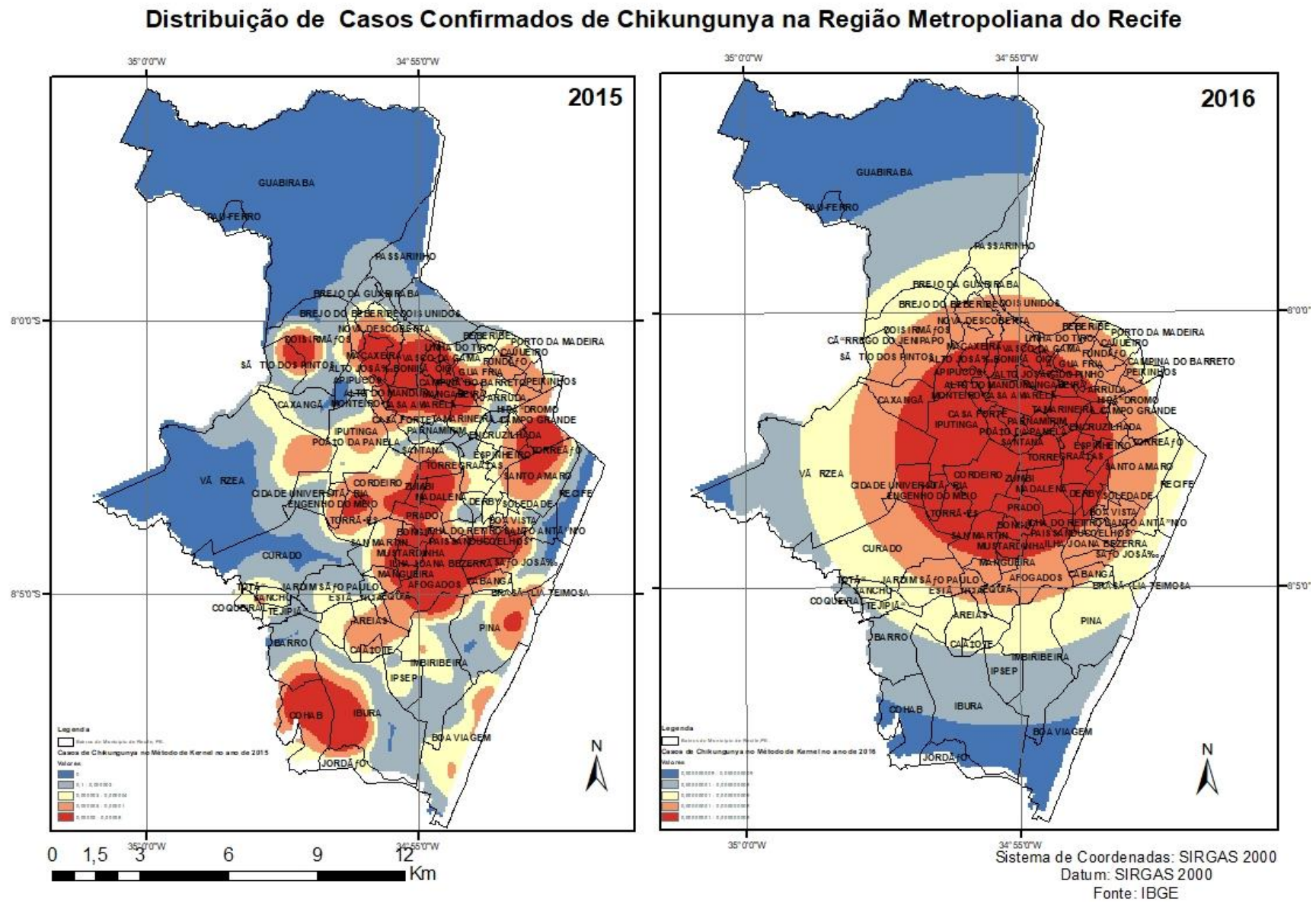
Ao analisarmos a figura 27, referente a distribuição de casos de Zika para o período de Maio-Junho e Julho-Agosto, é possível identificar a variabilidade espacial do comportamento de incidência, como no 3º bimestre o bairro da Várzea apresenta casos de zika, porém no mês de Julho-Agosto, não apresenta casos incidentes. No mês de Julho a Agosto, a distribuição espacial de casos no município apresenta 4 núcleos espaciais de casos, como por exemplo: Iputinga (FID 51), Poço da Panela (FID71), Torre (FID 87) e Vasco da Gama (FID 92). No referido período de Setembro-Outubro e Novembro-Dezembro do ano de 2016, não apresentou incidência de casos de zika no município.

4.3.2 Casos de Chikungunya em Recife

Ao analisarmos a figura 28, referente a distribuição de casos confirmados de Chikungunya, a partir do método de Kernel, é notável em que o referido ano de 2015, exibe alguns bairros com áreas de risco segundo os critérios de método de Kernel, como por exemplo de núcleos próximos: Cohab-Ibura; Pina-Brasília Teimosa; Dois Irmãos- Sítio dos Pinto; Madalena-Zumbi-Prado-Torre; Santo Amaro-Espinheiro-Encruzilhada; Afogados-Mustardinha- Ilha de Joana Bezerra-Mangueira; Alto José Bonifácio- Vasco da Gama- Casa Amarela-Macaxeira-Linha do tiro. Contudo o referido ano de 2016, exibiu uma área de risco que engloba vários bairros, diferente do ano anterior que exibiu várias “ilhas de risco”, o que pode ser observado no ano de 2016, os bairros de: Cordeiro, Prado, Madalena, Casa Forte, Iputinga, Derby, Cidade Universitária, Engenho do Meio, Alto José do Pinho, Tamarineira, Alto do Mandu, San Martim, Ilha do Retiro, Apipucos, Monteiro, Poço da Panela e Macaxeira.

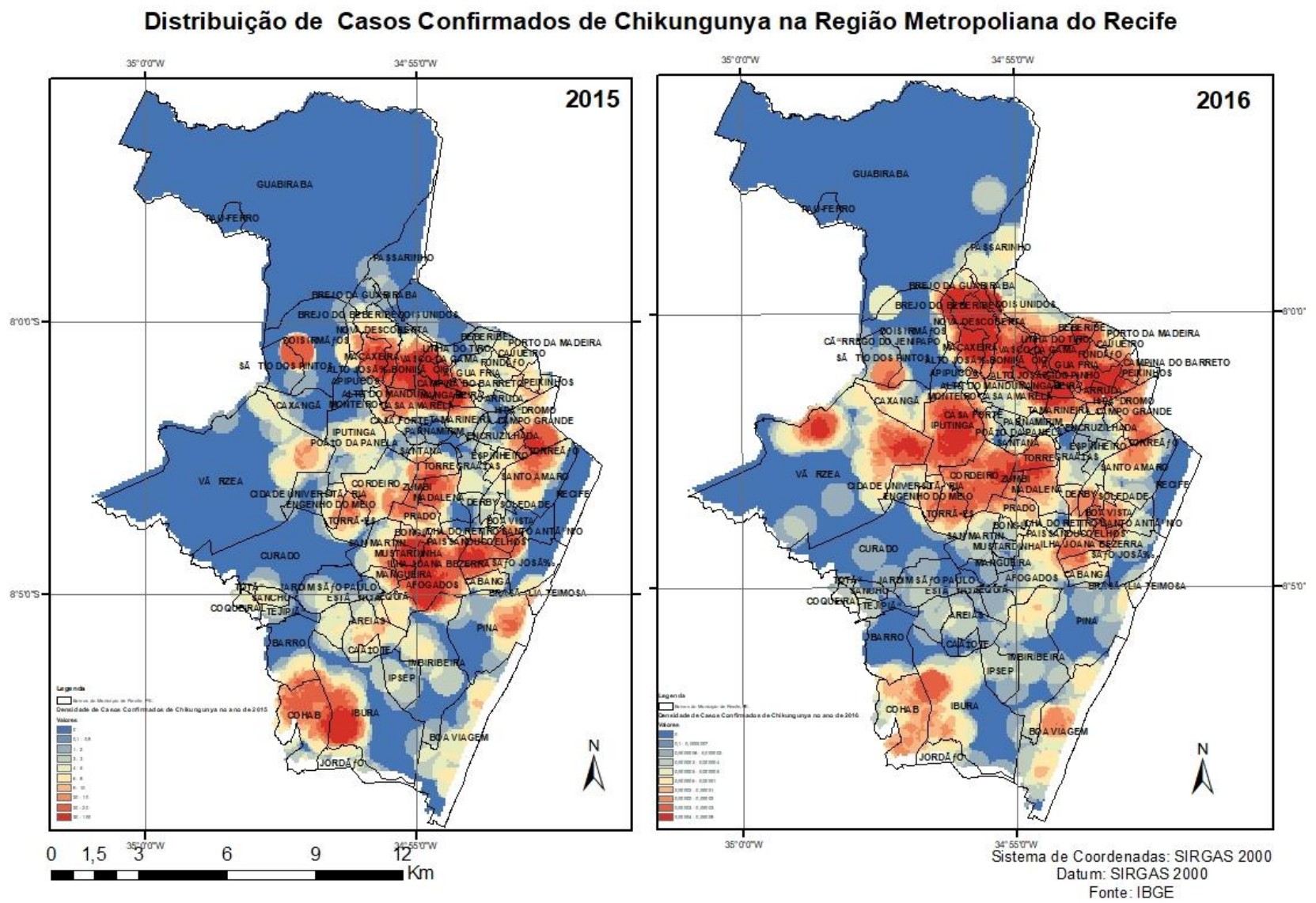
Ao analisarmos a figura 29, referente a distribuição de casos de Chikungunya, é possível identificar ao se fazer uma analogia com a figura 17, é notável em alguns núcleos de bairros, no ano de 2015 é possível verificar alguns bairros como por exemplo: Cohab-Ibura; Mangueira- Ilha de Joana Bezerra-Afogados-Mustardinha; Vasco da Gama-Alto José Bonifácio-Macaxeira; Dois Irmãos-Sítio dos Pinto; Torreão-Santo Amaro. No ano de 2016, é possível identificar alguns extensos núcleos que incluir alguns bairros da RMR, assim como por exemplo: Casa Forte-Iputinga-Cordeiro-Zumbi-Madalena-Cidade Universitária-Engenho do Meio; Boa Vista-Derby.

Figura 28- Distribuição de Casos de Chikungunya através do método de Kernel na RMR, PE.



Fonte: A autora

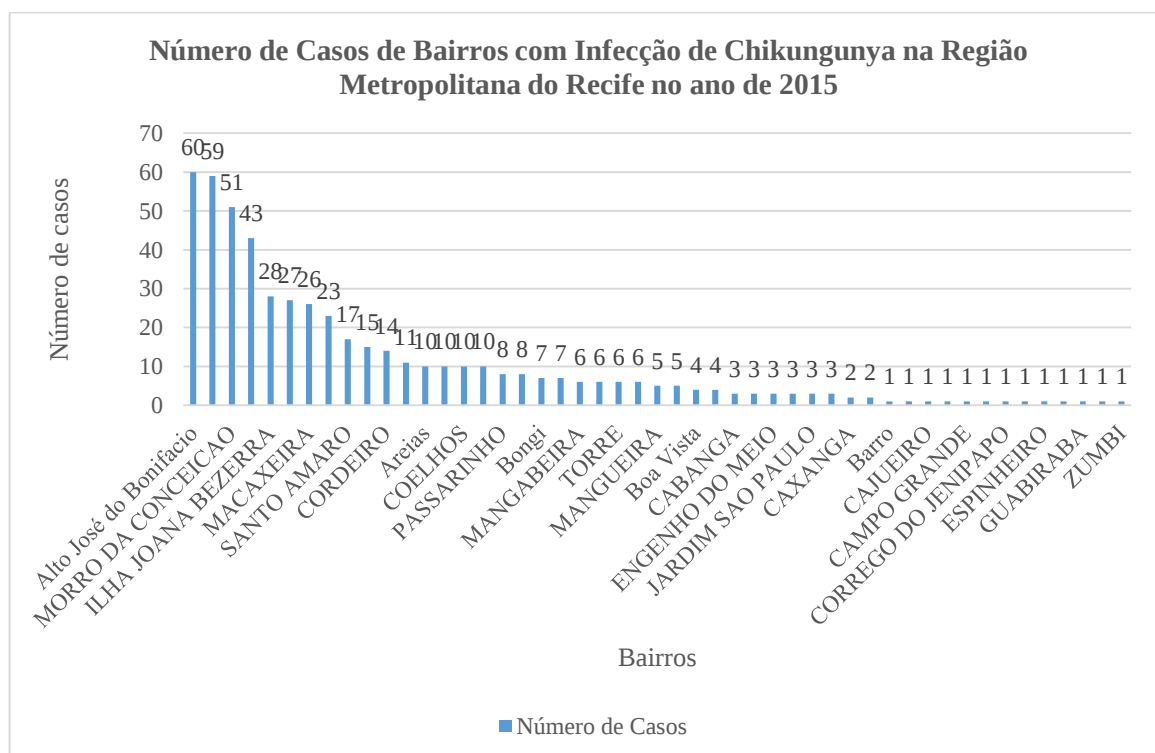
Figura 29- Distribuição de Casos de Chikungunya na RMR, PE.



Fonte: A autora

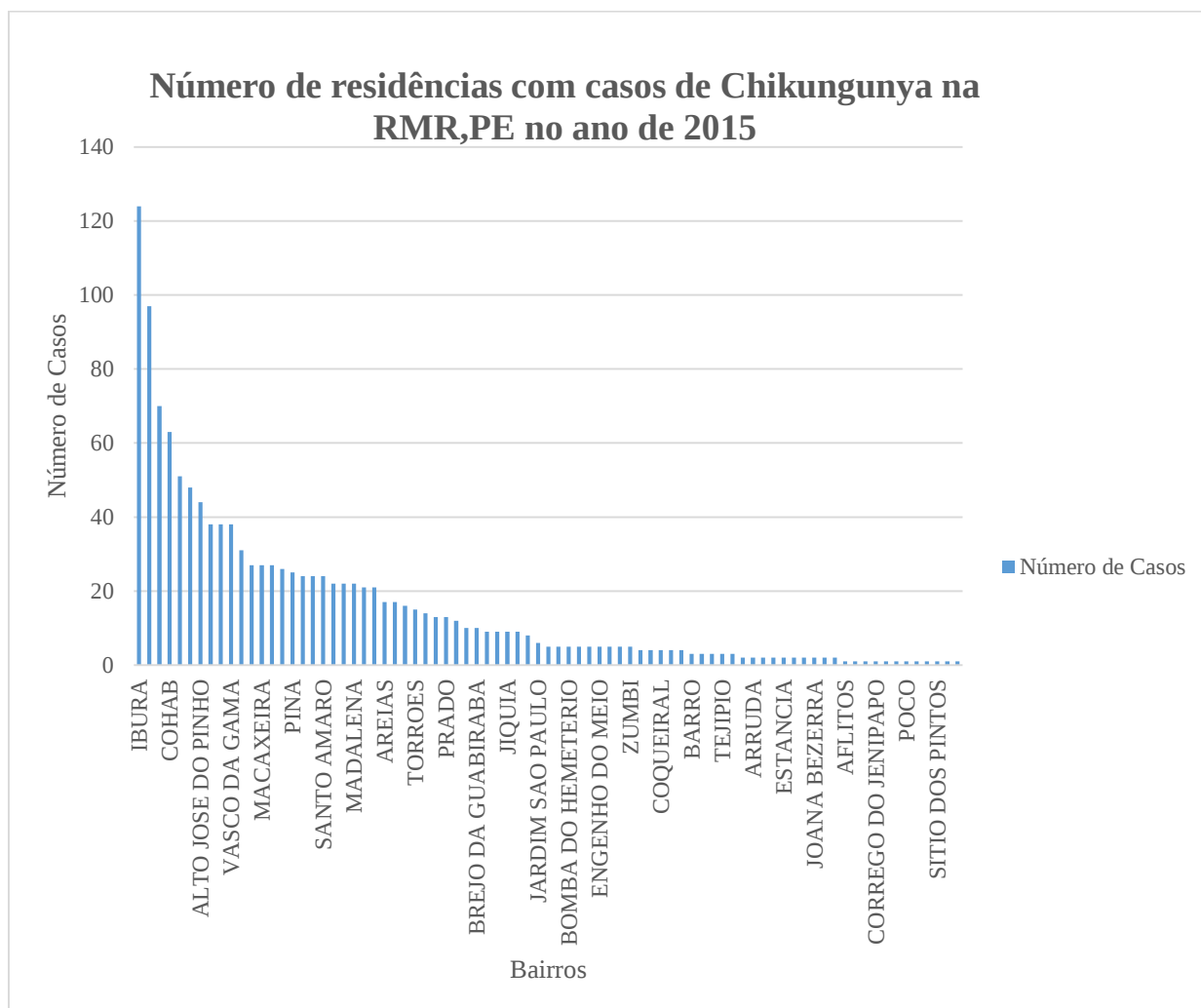
Ao analisarmos a figura 30, referente a distribuição de casos confirmados de Chikungunya em 2015, é notável a espacialização dos casos na Região Metropolitana do Recife, sendo considerado dois critérios para casos confirmados de Chikungunya. No que se refere ao número de casos confirmados no qual inseridos em critério de bairros infectados, é possível identificar casos como por exemplo: Alto José Bonifácio, Afogados, Morro da Conceição, Alto José do Pinho, Ilha de Joana Bezerra, Vasco da Gama, entre outros bairros da RMR, que apresentaram casos confirmados da doença.

Figura 30- Distribuição de casos confirmados com Infecção de Chikungunya na Região Metropolitana do Recife, ano de 2015.



Ao analisar a figura 31, referente a distribuição de casos confirmados de residências com casos de Chikungunya e 2015, é notável em que os bairros como por exemplo: Ibura, Afogados, Alto José Bonifácio, Cohab, Morro de Conceição, Campo Grande, entre outros bairros.

Figura 31- Distribuição de casos confirmados com residências de Chikungunya na Região Metropolitana do Recife, ano de 2015.



Fonte: A autora

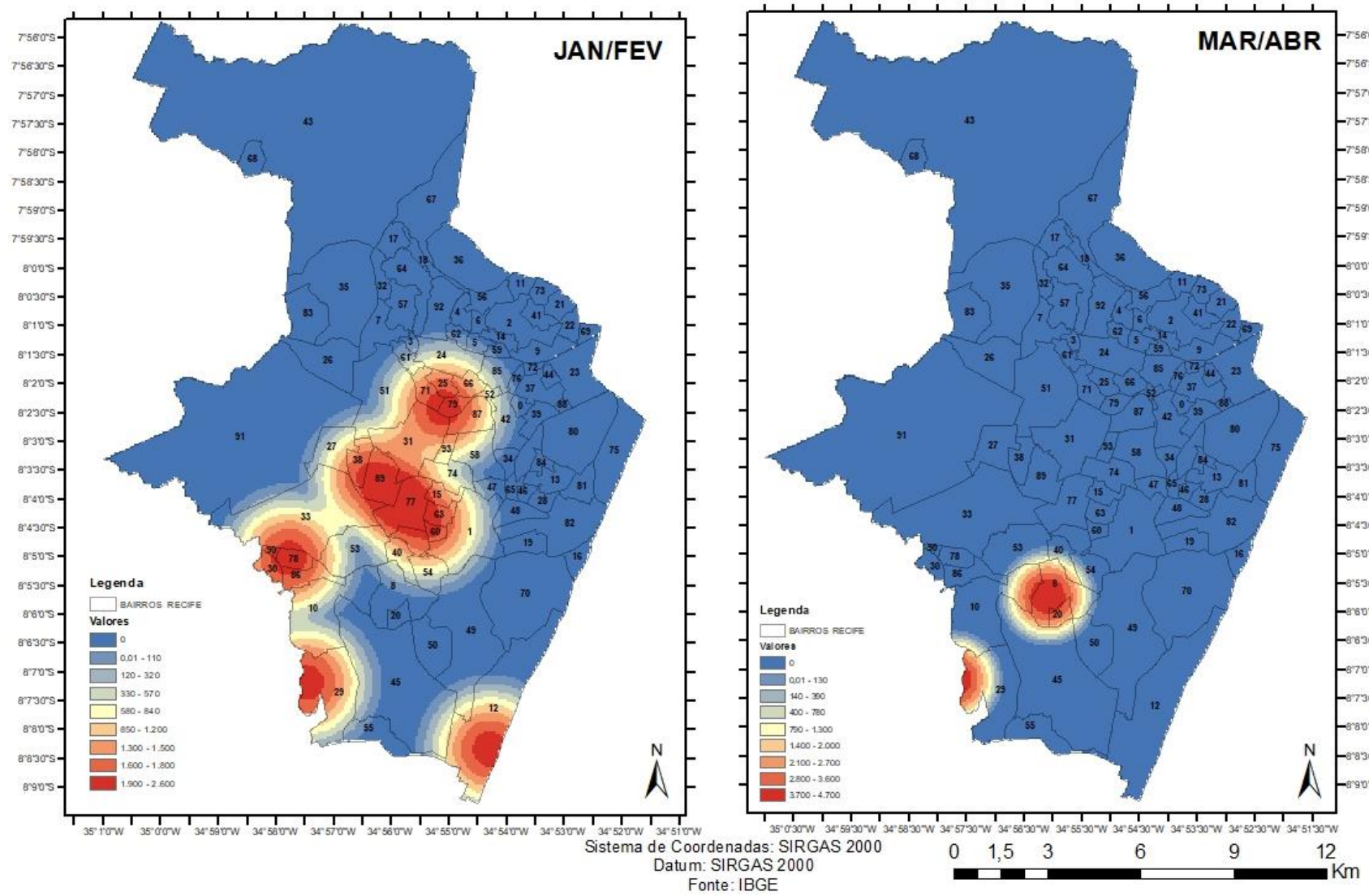
Ao analisamos a figura 32, referente a distribuição de casos de Chikungunya na Região Metropolitana do Recife, é possível identificar no primeiro bimestre do ano de 2015, a presença de 5 núcleos de elevada densidade de casos de Chikungunya no município do Recife, os referidos bairros do município, em resalta ao bairro de San Martim, Torrões, Mustardinha, Mangueira, em analogia aos bairros do município, apresentaram maior raio de vulnerabilidade a incidência, se for referido como critério de número de casos para a correlação espacial. Contudo ao analisar o período de

Março-Abril de 2016, é notável a mitigação espacial de casos de Chikungunya, com uma concentração de casos no bairro de Areias e Caçote. Em analogia entre ao período de janeiro-fevereiro ao período de março-abril, é notável espacialmente o “deslocamento” de casos, ou seja, no primeiro bimestre o bairro de Areias e Caçote, não apresentava valores expressivos de incidência de casos, porém no bimestre de março-abril, configurou como principal núcleo expressivo de incidência de casos de Chikungunya. Ao analisamos a figura 33, referente a distribuição de casos de Chikungunya na Região Metropolitana do Recife, é possível identificar no terceiro bimestre do ano de 2015, a presença de 4 núcleos de elevada densidade de casos de Chikungunya no município do Recife, os referidos bairros do município, em resalta ao bairro de Casa Forte, Santana, Torre, Madalena, entre outros, no qual apresentaram maior raio de vulnerabilidade a incidência, se for referido como critério de número de casos para a correlação espacial.

Ao analisamos a figura 34, referente a distribuição de casos de Chikungunya para o 4º e 45º bimestre do ano de 2015, é notável a ausência de incidência de casos no período de Setembro a Dezembro. Contudo ao analisar a figura 33, referente a distribuição de casos utilizando o método de Kernel, é notável uma concentração de casos no município do Recife no ano de 2016, em áreas centrais da RMR, sendo assim em analogia com os dois bimestres da figura 35.

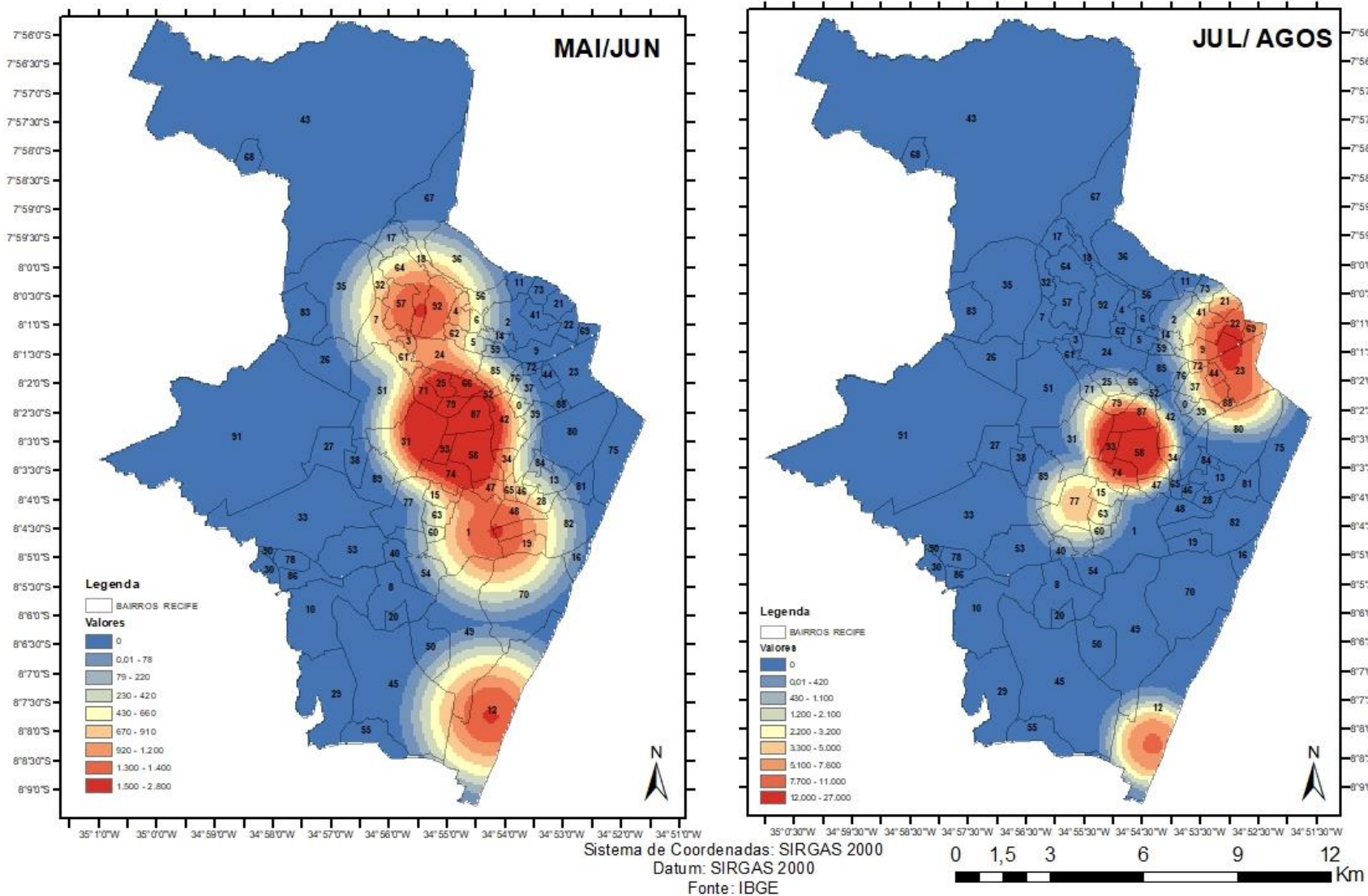
A figura 35, referente a distribuição de casos de Chikungunya para o referido período de Maio- Junho e Julho Agosto, é notável a disparidade espaço temporal da incidência de casos, ou seja, a mudança do comportamento de casos, e consequentemente uma nova configuração espacial de concentração de casos em analogia dos períodos. Contudo ao analisar a figura 40, é notável a ausência de casos bimensais no período de Setembro a Dezembro no ano de 2016.

Figura 32: índice de Kernel para casos de Chikungunya para 1º e 2º bimestre de 2015

Índice de Kernel para Casos Bimensais de Chikungunya na RMR no ano de 2015

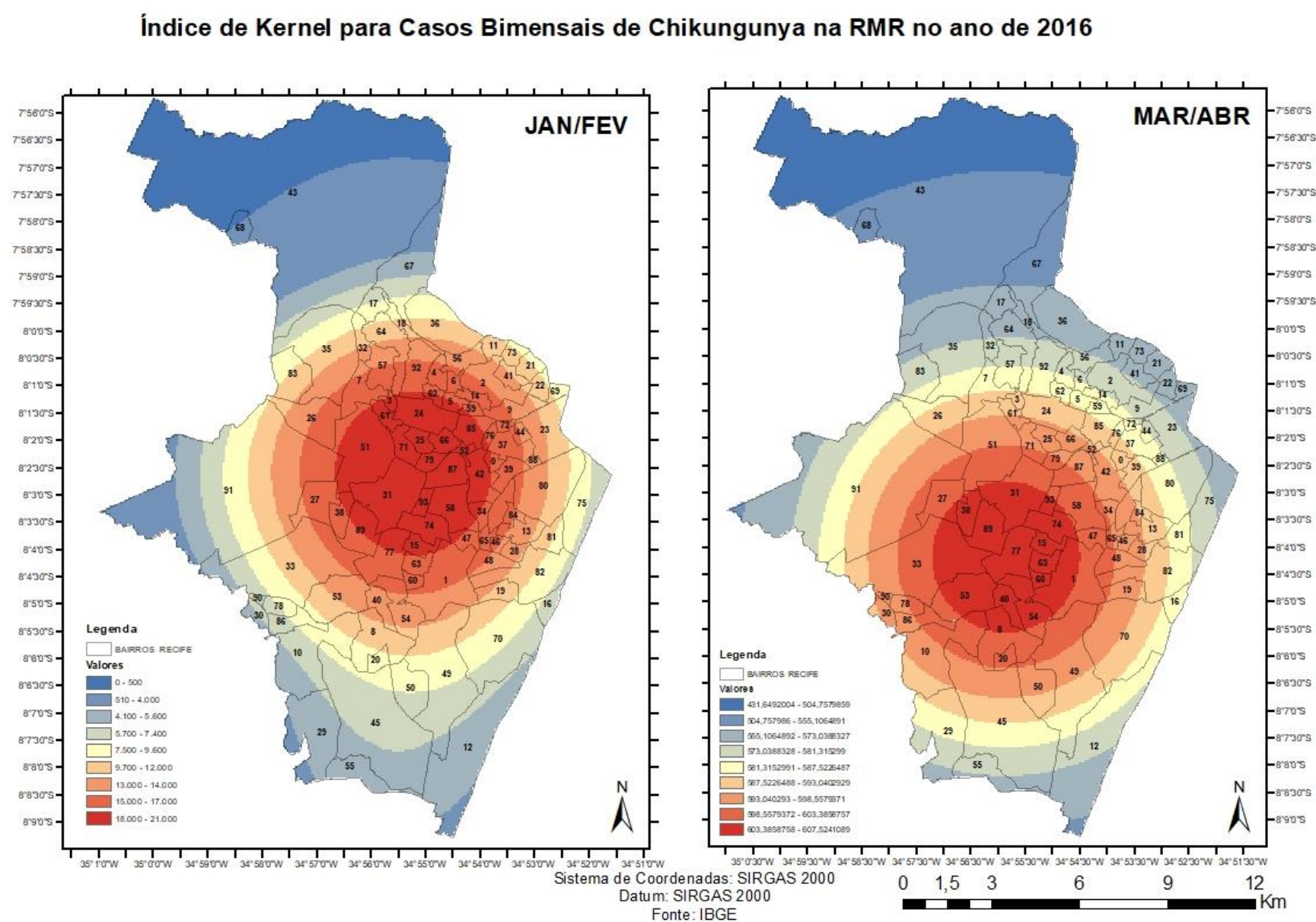
Fonte: A autora

Figura 33: índice de Kernel para casos de Chikungunya para 3º e 4º bimestre de 2015.

Índice de Kernel para Casos Bimensais de Chikungunya na RMR no ano de 2015

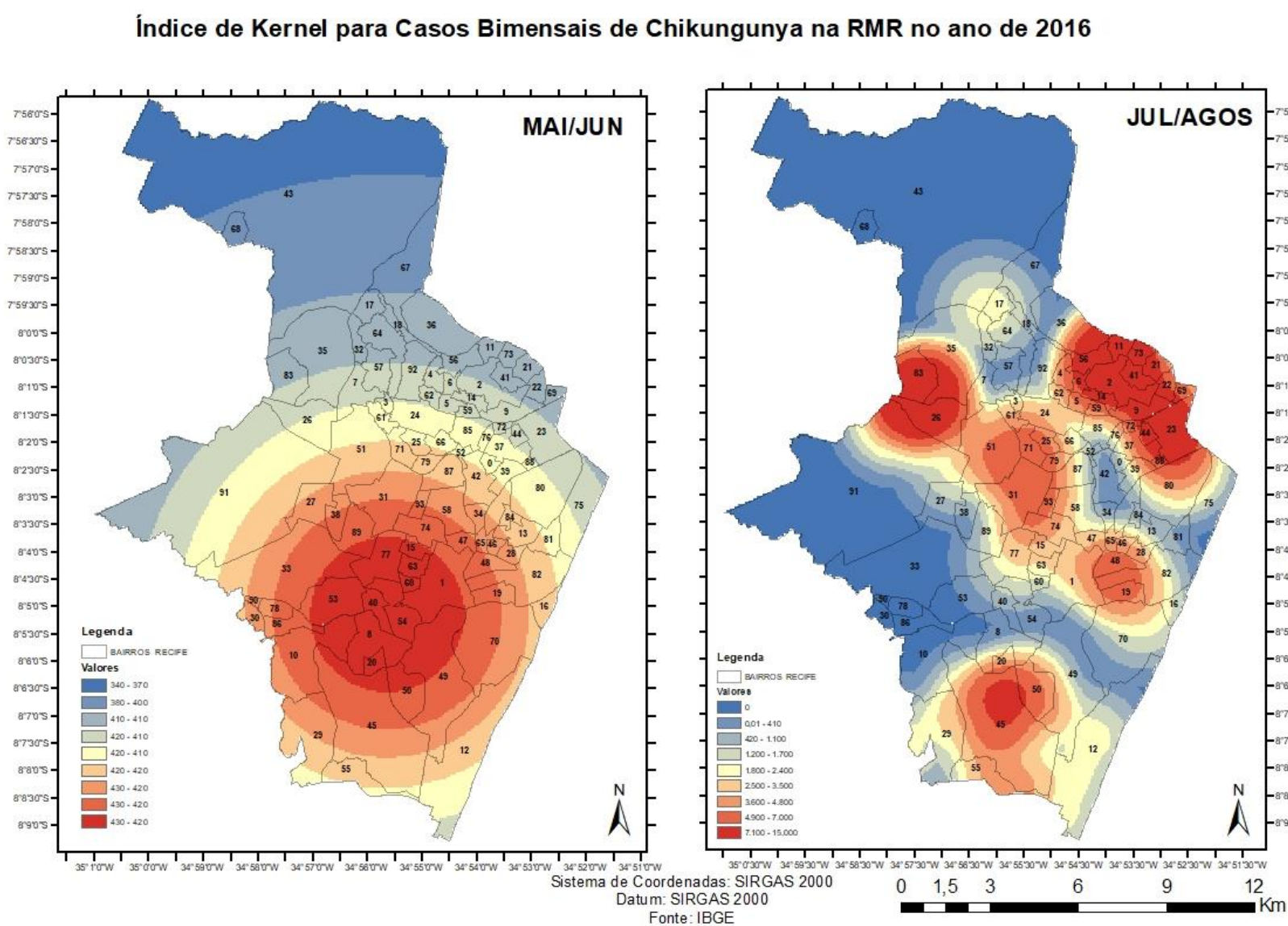
Fonte: A autora

Figura 34: índice de Kernel para casos de Chikungunya para 1º e 2º bimestre de 2016.



Fonte: A autora

Figura 35: índice de Kernel para casos de Chikungunya para 3º e 4º bimestre de 2016.



Fonte: A autora

4.4 DETERMINANTES CLIMÁTICOS: INFLUÊNCIA COM INCIDÊNCIA DE CASOS DE ARBOVIROSES

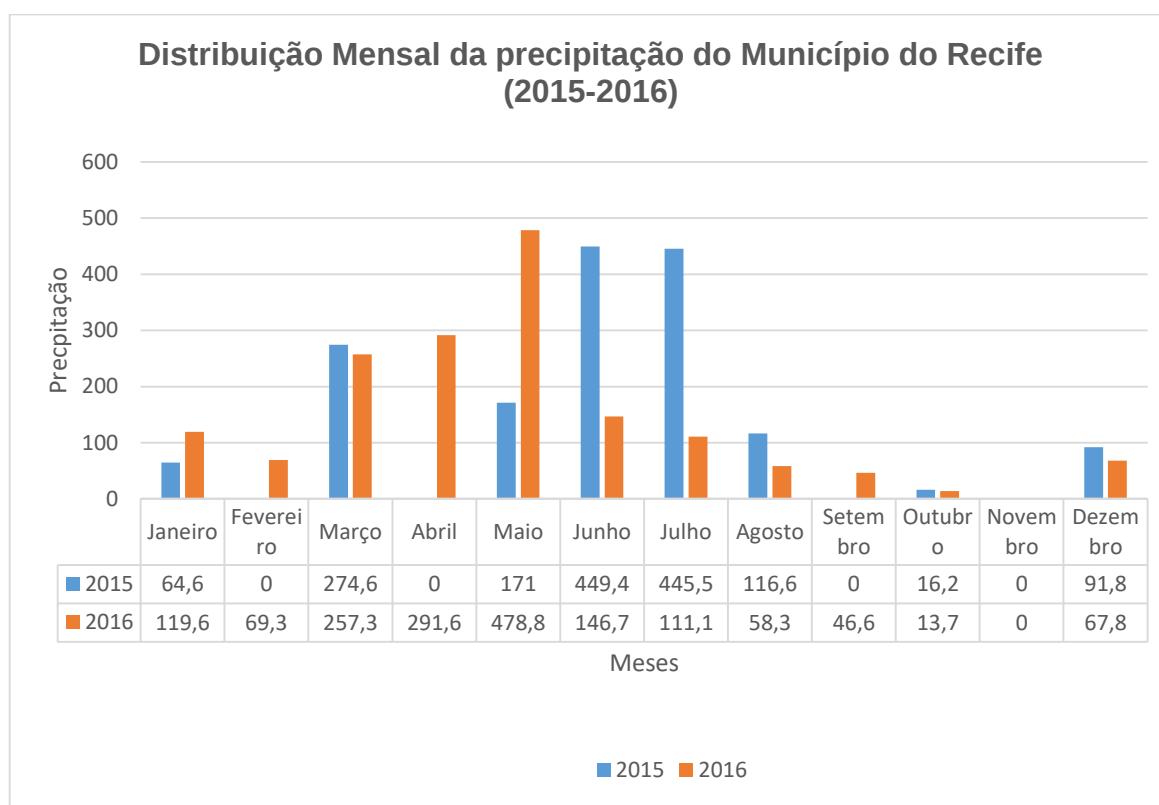
De acordo com Rai (1984), A influência do clima na distribuição e abundância dos insetos e na epidemiologia das doenças por eles veiculadas é bastante conhecida. *Ae. Aegypti* tem ampla distribuição na região tropical e subtropical limitada por isoterma do mês mais frio de 10°C, enquanto *Ae. albopictus* é uma espécie adaptada ao frio da Ásia setentrional, existindo registros de sua presença em cidades com temperatura média de até -4,8°C no mês mais frio.^{14,15} São cada vez maiores as evidências de que a ampliação das áreas de ocorrência de doenças transmitidas por vetores em vários continentes e seu agravamento tiveram, entre outros determinantes, o aumento da temperatura do planeta, especialmente nos últimos 100 anos (0,8oC na Europa; 0,3oC a 0,8oC na Ásia). Outro fator climático importante na abundância de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* é a precipitação pluviométrica, a qual influi principalmente na densidade de criadouros devido ao aumento de recipientes artificiais e naturais com acúmulo de água no extra domicílio, nos períodos e locais com mais frequência e intensidade de chuva.

Segundo Lins & Nóbrega (2015), A distribuição da precipitação na Região Metropolitana do Recife (RMR), apresenta uma variabilidade anual no municípios, em que está associada aos eventos condicionantes de precipitação, assim como o fator de urbanização da região, pois com a introdução da impermeabilização, no qual ocasiona o armazenamento de energia na superfície, causando a mitigação da influência dos alísios, elevação da temperatura, distúrbios na precipitação. É notável em os municípios de São Lourenço da Mata, Camaragibe, Abreu e Lima, Jaboatão dos Guararapes, Recife e Olinda, apresentam núcleos de precipitação superiores, ao se fazer uma analogia com os demais municípios da região, em relação a precipitação dos anos: 1999 a 2005 e 2008 a 2009, 2011 e 2013, porém os demais municípios da região, apresentaram nos anos de 2006, 2007, 2010, 2012 e 2014.

De acordo com Lins e Nóbrega (2015), O elevado número de ocorrências de dengue no mundo ocorre em regiões tropicais, devido ao fato das grandes variações de precipitação, temperatura do ar e umidade do ar durante o ano. O comportamentos dessas variáveis climáticas, estão intimamente relacionados com a ocorrência da

dengue. Nesse contexto o vetor condicionante de precipitação associado a influência antrópica, ocasionou incidências de casos dengue, pois assim como o fator da ausência de planejamento urbano, elementos climáticos são definitivos para a elevação dos casos em decorrência da precipitação que é um dos vetores. A pesquisa não abrangia o ano de 2015 porém plausível se discutir em que o ano sob influência do El Niño, contribuiu para que os vetores climatológicos ocasionasse um elevado índice de casos de dengue no início do ano, em decorrência das elevadas temperaturas e altos índices precipitação.

Figura 36: Distribuição Mensal da Precipitação do município do Recife, PE.



Fonte de dados: APAC.

Ao analisarmos a figura 36, referente a distribuição mensal de precipitação do município do Recife apresentou um acumulado anual de precipitação de 1.629,7 mm no ano de 2015, porém o ano de 2016 apresentou em torno de 1.660,8mm de precipitação. Em correlação com os casos de incidência de arboviroses, é notável em que o primeiro bimestre (Jan-Fev) foi o referido ano de 2016, que apresentou maior

regime de chuva em relação ao ano anterior, período esse que os casos de Zika e Chikungunya apresentou elevados casos no município de Recife, o bimestre desse ano, apresentou 188,9 mm de precipitação, na figura 28 e figura 38, e possível visualizar a analogia dos índices de kernel para incidência de casos de arboviroses em relação ao primeiro bimestre de precipitação acumulada no ano de 2016. O segundo bimestre (Março-Abril), do referido ano de 2016, a presença de casos de arboviroses, assim como é possível a identificação de casos de Chikungunya no ano de 2015 para o segundo bimestre, porém ausência de casos de Zika nesse bimestre para o ano de 2015. Ainda analisando a figura 41, é notável em o terceiro bimestre o mês de Maio de 2016 apresentou elevado índice de precipitação em relação ao ano de 2015, porém o mês de Junho de 2015, apresentou uma maior variabilidade, ocasionando em o terceiro bimestre dos anos de 2015 e 2016, apresentassem respectivos casos de Zika e Chikungunya no município do Recife. Concluindo a correlação entre total pluviométrico e incidência de casos de arboviroses.

4.5 DETERMINANTE SOCIOECONÔMICOS: INFLUÊNCIA EM CASOS DE ARBOVIROSES

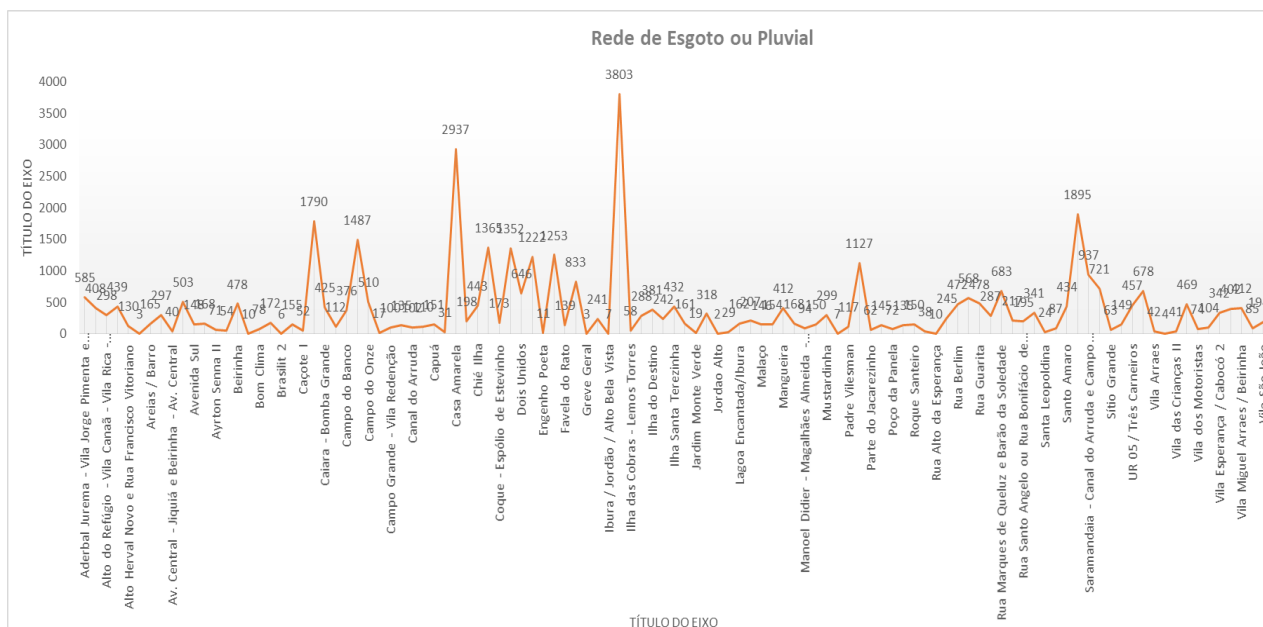
4.5.1 Aglomerados Subnormais: Arranjos Espaciais e a Influência socioeconômicas

Os aglomerados subnormais, são caracterizados espacialmente como os recortes territoriais classificados como aglomerados subnormais, no qual a nomenclatura que engloba os diversos tipos de assentamentos irregulares existentes no País, como favelas, invasões, grotas, baixadas, comunidades, vila.

Segundo o Censo demográfico de 2010 do IBGE, o município do Recife apresenta uma população de entorno de 1.531.394 milhões de habitantes. No qual cerca de 22,8% está concentrada em área classificadas como subnormais. No município apresenta cerca de 109 aglomerados segundo os dados fornecidos pelo o órgão.

Ao analisarmos a figura 37, referente a distribuição de domicílios permanente em áreas classificadas como aglomerados subnormais, utilizando o critério de rede de esgoto ou pluvial, e perceptível em existe alguns bairros com uma mitigação de domicílios com rede de esgoto em domicílios, no qual alguns aglomerados apresentam elevadas concentrações de ausência, como por exemplo: Casa Amarela, Ilhas das cobras, Ibura e Santo Amaro. Sendo assim apresentando características de infraestrutura precária, em relação aos demais aglomerados de análise.

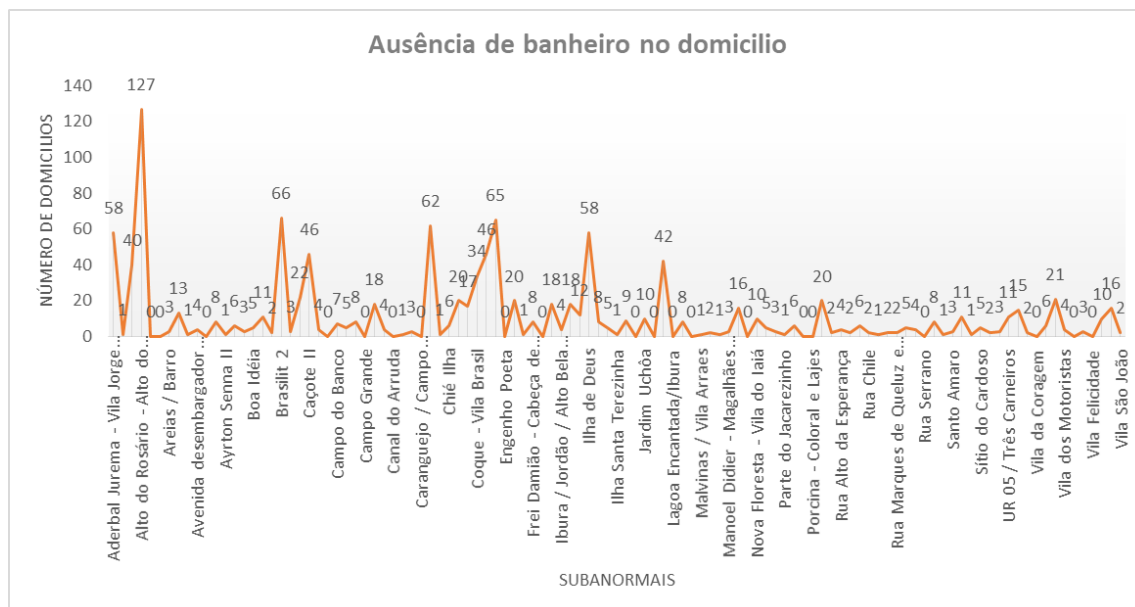
Figura 37 – Distribuição de Domicílios nas subnormais com déficit de Rede de Esgoto.



Fonte: LINS e CANDEIAS (2018)

Ao analisarmos a figura 38, referente aos domicílios permanentes com a ausência de banheiro, é perceptível em que o aglomerado do Alto do Rosarinho, apresentou cerca de 127 domicílios com ausência de sanitários no domicílio, assim como o aglomerado do Coque, assim utilizando o critério do índice do IBGE, no qual podemos avaliar em que o parâmetro utilizando, pode ser visto como um “reflexo” da ausência de uma “básica” infraestrutura, no qual tem características de saneamento básico.

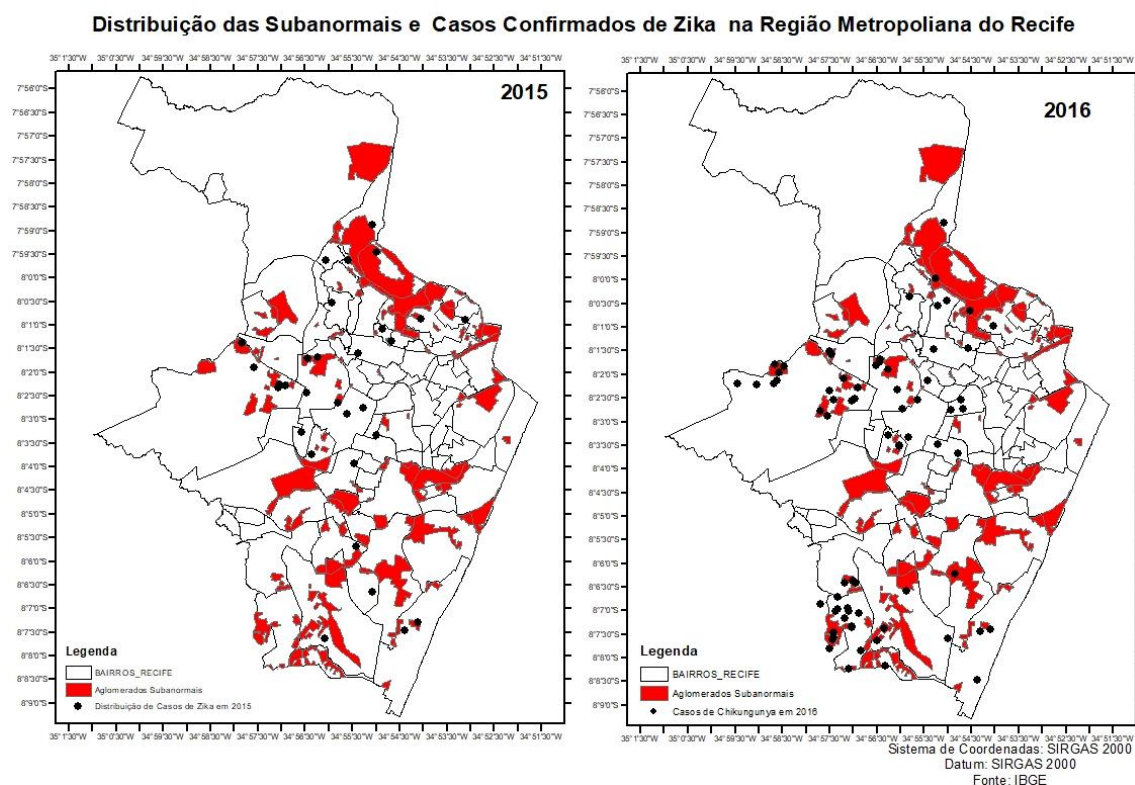
Figura 38 – Distribuição de Casos de domicílios de aglomerados subnormais, com ausência de banheiro no domicílio.



Fonte: LINS e Candeias (2018)

Ao analisar a figura 39, refere-se aos casos de Zika confirmados, porém com utilizando como auxílio a categoria de subnormais para a análise de correlação de fatores Assim como parte da análise de elementos dos arranjos urbanos da paisagem, foi utilizado desse parâmetro, devido as características desses aglomerados, ou seja, a estrutura desses tipos de moradias, associadas a mitigação dos recursos financeiros para saneamento básico, no qual seriam um dos elementos de “abastecimento” ao desenvolvimento e proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, entre outros fatores associados a atividades antrópicas. No ano de 2015 a 2016, nas referidas analogias espaciais de casos de Zika, é perceptível em que os casos estão concentrados em distâncias próximas ou até mesmo localizadas nas áreas sob critério de subnormais.

Figura 39-Distribuição de casos de Zika e correção com dados de subnormais na RMR, PE

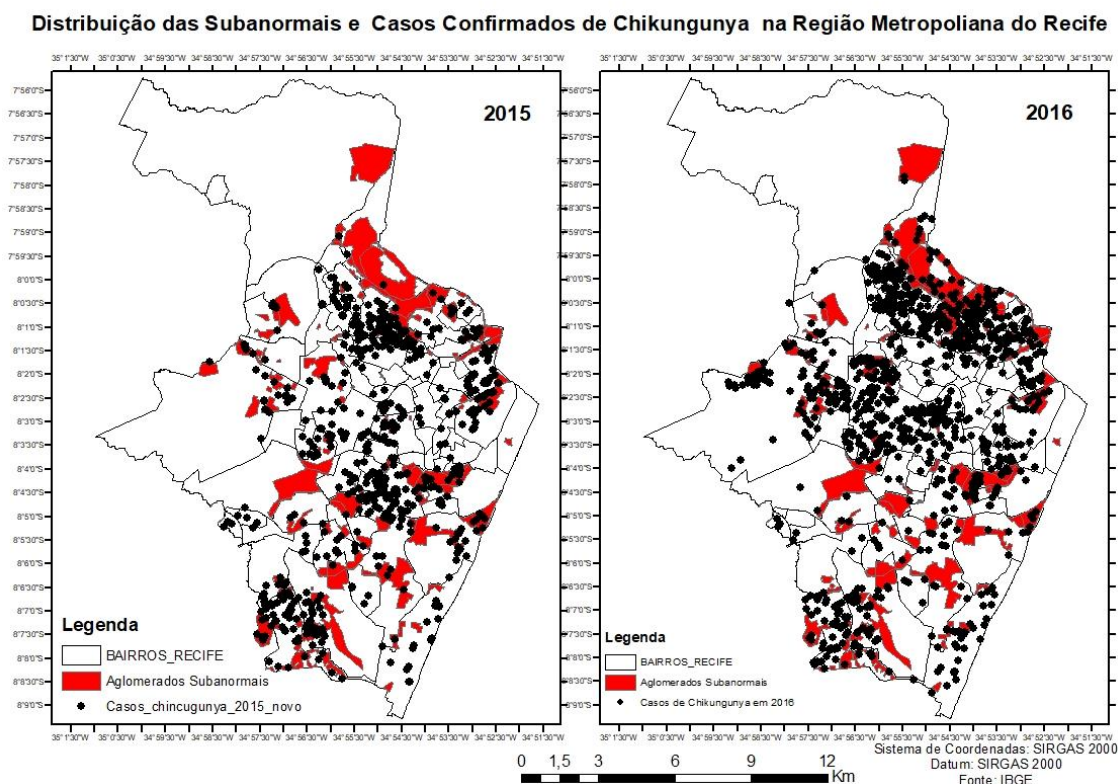


Fonte: LINS e Candeias (2018)

Ao analisarmos a figura 40, referente a distribuição de aglomerados subnormais em analogia aos casos de Chikungunya no período de 2015 a 2016, é notável índices representativos no curto período de amostras, ou seja, o ano de 2016 exibiu um superior acréscimo de casos confirmados de Chikungunya em analogia ao ano anterior. Nas amostras de casos, é notável em que os bairros de: Cohab, Ibura, Alto do Mandu, Alto do José do Pinho; entre outros bairros da RMR, apresentaram uma concentração de casos confirmados em respectivos bairros, assim como ampla permanência espacial de concentração em áreas classificadas como aglomerados subnormais. O surto de casos de Chikungunya na RMR, estaria atrelado a alguns fatores, porém a expansão espacial de casos entre bairros de limites territoriais, seria representada no ano de 2016, como é visto no bairro da Várzea, no qual o ano de 2015 apresentou alguns casos confirmados, porém os bairros que fazem limite como o bairro da Iputinga, Cidade Universitária, Caxangá e Cordeiro, apresentaram índices representativos, em condição ao ano anterior. No ano de 2016, sendo mencionado anteriormente como um ano de “surto de casos”, apresentou condição peculiar a análise geoespacial de casos, pois o bairro de Afogados, Ilha da Joana Bezerra, Sam

Martin e Mustardinha, apresentaram um mitigação de casos em analogia ao ano de 2016. Tendo em vista a análise geoespacial, é relevante ser mencionado em as amostras, são referidas a casos confirmados pela Prefeitura do Recife, assim como a mitigação ou ausência de casos, não está atrelada ao órgão, pois existe em contrapartida condições de mobilidade e registros de casos, mas tendo em vista os casos confirmados foi perceptível as variáveis espaciais de registros, ou seja, as variações na distribuição espacial de casos, sendo assim relevante questionamento em relação aos fatores e determinantes espaciais, para criação de um “padrão” de comportamento de casos.

Figura 40- Distribuição de casos de Chikungunya e correção com dados de subnormais na RMR, PE



5 CONCLUSÕES

As técnicas de Sensoriamento remoto e Geoprocessamento podem auxiliar nos dados obtidos no campo. A análise dos planos de informação de ruas, casos observados, reservatórios de água, dados do LIRAA entre outros podem auxiliar espacialização dos casos e mostrar possíveis áreas susceptíveis a proliferação do mosquito, utilizando raio de influência (buffer), por exemplo de: 100m, 1km, etc. A espacialização de casos de arboviroses associadas ao mosquito *Aedes aegypti* na RMR, permite a percepção da distribuição de casos, e assim serviu de auxílio para a investigação de fatores espaciais determinantes a proliferação, assim evitando a homogeneização dos casos no bairros da RMR, ou seja, a partir do método por logradouros das ruas, dos presentes dados fornecidos pela Prefeitura, foi obtido uma melhor precisão de identificação de casos, assim possibilitando em que no menor prazo de tempo, o agente de saúde, possa auxiliar em medidas preventivas a proliferação, assim mitigando eventuais eventos futuros, devido a possibilidade de informação geoespacial.

O método de geoespacialização, atrelada a demais informações permite a correlação entre elementos (saneamento básicos, recipientes com água expostos, etc.), assim como o raio de influência de tais elementos, na proliferação do mosquito, assim servindo de análise para auxílio de medidas governamentais para a prevenção e combate de casos de arboviroses. Um dos elementos de plano de informação da categoria de subnormais para a análise de correlação de fatores. Essa categoria é classificada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), como os recortes territoriais classificados como aglomerados subnormais, no qual a nomenclatura que engloba os diversos tipos de assentamentos irregulares existentes no País, devido as características desses aglomerados, ou seja, a estrutura desses tipos de moradias, associadas a mitigação dos recursos financeiros para saneamento básico, no qual seriam um dos elementos de “abastecimento” ao desenvolvimento e proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, entre outros fatores associados a atividades antrópicas.

A análise dos resultados para os índices físicos permite concluir que albedo de superfície e o saldo de radiação apresentaram alta correlação entre si, e que ambos

são influenciados diretamente pelas condições meteorológicas do momento da passagem do sensor. As imagens dos índices apresentaram correlação entre a incidência de casos de arboviroses, sobretudo os índices do NDVI e o de temperatura da superfície, assim como a influência da precipitação na distribuição bimensal dos casos de Zika e Chikunguya nos anos de 2015 e 2016.

REFERÊNCIAS

- AAGAARD-HANSEN J, NOMBELAN, Alvar J. **Population movement: a key factor in the epidemiology of neglected tropical diseases**. Trop Med Int Health. 2010;15(11):1281-8.DOI:10.1111/j.1365-3156.2010.02629.x
- ADRIOTTI, L.S.J. **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. São Leopoldo – RS: Unisinos, 2005.
- ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC)—Model**. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.133, n.4, p. 380-394, 2007.
- ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; BASTIAANSSEN, W.G.M. **Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL)—Advanced Training and User’s Manual**, University of Idaho: Kimberly, EUA, 98 p, 2002.
- BARCELLOS, C., SILVA, A. S., ANDRADE, A. L., 2007. **Análise de Dados em Forma de Pontos**, in: Santos, S. M., Souza, W. V. (Org.), Introdução à Estatística Espacial para Saúde Pública. Editora MS, Brasília, pp. 29-56.
- BASTIAANSSE, W. G. M. **SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey**. Journal of Hydrology, v. 229, p. 87-100, 2000.
- BONAT W H, RIBEIRO JUNIOR P J, DALLAZUANNA H S, REGIS L N, MONTEIRO A M V, SILVEIRA J C, et al. **Investigando fatores associados a contagens de ovos de Aedes aegypti coletados em ovitrampas em Recife/PE**. Rev Bras Biometria. 2009; 27(4):519-37.
- BOWKER D. E.; DAVIS, R.E.; MYRICK, D.L.; STACY, k.; JONES, W.|T. **Spectral atmospheric correction in multitemporal studies**. International Journal of remot Sensing 10 (6): 1127-1134, 1989.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Controle da Dengue – PNCD**. Brasília: MS, 2002.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **Levantamento rápido de índices para Aedes Aegypti – LIRAa – Para vigilância entomológica do Aedes Aegypti no Brasil metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial e tipos de recipientes**. 2013.

CARNEIRO, L. I. S.; CANDEIAS, A. L. B. **Análise de Dados Sócio-Econômicos e Ambientais na Cidade do Recife e a Dengue no Período: 2000-2006.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife. Anais do III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010. v. 1. p. 1-9.

CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. DE. **Principais mosquitos de importância Sanitária no Brasil.** 1ª Edição. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1999. 228p.

CLINE, B.L. **New eyes for epidemiologists: Aerial photography and other remote sensing techniques.** Am. J. Epidemiol. 1970, 92, 85-89.

CHANDER, G.; MARKHAM, B.L.; HELDER, D.L. **Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors.** Remote Sensing of Environment, v. 113, p. 893-903, 2009.

DEGROOTE, J.; MERCER, DR; FISHER, J.; SUGUMARAN, R. **Investigação Spatiotemporal de populações Adultas de Mosquitos (Diptera: Culicidae) em um Condado de Iowa Oriental, EUA.** J. Med. Entomol. 2007 , 44 , 1139-1150.

DONALISIO, M.R.; FREITAS, A. R; Ricardo Ribas; VON ZUBEN, Andrea Paula Bruno. **Arboviroses emergentes no Brasil: desafios para a clínica e implicações para a saúde pública.** Revista de Saúde Pública. 2017; 51: 30.

FAUCI AS, MORENS DM. **The perpetual challenge of infectious diseases.** *N Engl J Med.* 2012;366(5):454-61. DOI:10.1056/NEJMr1108296

FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz. **A dengue em números.** 2008. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/ioc/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=573&sid=32>>. Acesso em 19 jul. 2017.

GAO, X.; HUETE, A. R.; NI, W.; MIURA, T. **Optical–Biophysical Relationships of Vegetation Spectra without Background Contamination.** Remote Sensing of Environment, n. 74, p. 609–620, 2000.

GARRISON, J.D., ADLER, G.P. **Estimation of precipitable water over the United States for application to the division of solar radiation into its direct and diffuse components.** Solar Energy, v. 44, n. 4, p. 225–241, 1990.

GODSEY, MS; BLACKMORE, MS; PANELLA, NA; BURKHALTER, K .; GOTTFRIED, K .; HALSEY, LA; RUTLEDGE, R .; LANGEVIN, SA; GATES, R .; Lamonte, KM West **Nile epizootiology no sudeste dos Estados Unidos**, 2001. Vector-Borne Zoonotic Dis. 2005 , 5 , 82-89.

GOMES, A.F.; NOBRE, A.A.; CRUZ, O.G. **Temporal analysis of the relationship between dengue and meteorological variables in the city of Rio de Janeiro, Brasil**, 2001- 2009. Cadernos de Saúde Pública, 28(11), 2189-2197, 2012. 8

GITHEKO AK, LINDSAY EW, CONFALONIERI EU, PATZ JA. **Climate change and vector-borne diseases: a regional analysis**. *Bull World Health Organ* 2000;78:1136-47.

GUBLER DJ. **Dengue**. In: Monath TP. *The arboviruses epidemiology and ecology*. Boca Raton, Florida: CRC Press; 1988. v. 2 p. 223-60.

HARTFIELD, K. A., LANDAU, K.I., AND WILLEM J. D. VAN LEEUWEN. **Fusion of High Resolution Aerial Multispectral and LiDAR Data: Land Cover in the Context of Urban Mosquito Habitat**. *Remote Sens*. 2011, 3, 2364-2383; doi:10.3390/rs3112364.

HERBRETEAU, V.; SALEM, G.; SOURIS, M.; HUGOT, J.-P.; Gonzalez, J.-P. **Thirty years of use and improvement of remote sensing, applied to epidemiology: From early promises to lasting frustration**. *Health Place* 2007, 13, 400-403

HUGH - JONES, M. **Applications of remote sensing to the identification of the habitats of parasites and disease vectors**. *Parasitol. Today* 1989, 5, 244-251.

HUETE, A. R., JACKSON, R. D., POST, D. F. **Spectral response of plant canopy with different sou backgrounds**. *Remote Sensing of Environment*, v. 17, n. 1, p. 37-53, 1985.

HUETE, A. R. **Adjusting vegetation indices for soil influences**. *International Agrophysics*, v.4, n.4, p.367-376, 1988.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. P.; GAO, X.; FERREIRA, L. G. **Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices**. *Remote Sensing of Environment*, n. 83, p. 195- 213, 2002.

JESEN, J. R. 1949. **Sensoriamento Remoto: uma perspectiva em recursos terrestre**. Tradução José Carlos Neves Epiphânio...[et. al]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

JOHANSEN, I.; **Urbanização e saúde da população: o caso da dengue em Caraguatatuba (SP)**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Demografia. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, UNICAMP. Campinas-SP, 2014.

LENZI, M. F.; COURA, L. C. **Prevenção da dengue: a informação em foco**. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 37, n.4, p. 343-350, 2004.

LIMA, R. C.; MOREIRA, E.B.; NÓBREGA, R. S. **A influência climática sobre a epidemia dengue na cidade do Recife por Sistema de Informações Geográficas**. Revista Brasileira de Geografia Física v.09, n.02 (2016) 384-398

LOPES, N.; NOZAWA, C.; LINHARES, R.E.C.**Características gerais e epidemiologia dos arbovírus emergentes no Brasil**. Ver. Pan. Amaz. Saúde. 2014.

LINS, T.M.P., NÓBREGA, R. S. **Climatologia de precipitação na Região Metropolitana do Recife através do TRMM**. Anais do CONIC XXIII da UFPE. (2015).

LINS, T.M.P., CANDEIAS, A.L.B. **Estudo da Influência de Variáveis Socioeconômicas em Casos Confirmados de Zika em Recife, Pernambuco**. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v.4, n.1. 085-096 (2018)

MENDONÇA, F.A; SOUZA, A.V; DUTRA, D. A. **Saúde Pública, Urbanização e Dengue no Brasil**. Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia, 21 (3): 257-269, dez. 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretária de Vigilância em Saúde. **Boletim epidemiológico. Vol. 48, Nº 6, Brasil, 2017**. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/leia-mais-o-ministerio/1255-secretaria-svs/boletim-epidemiologico/23310-numeros-anteriores>>. Acesso em 19 jul. 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretária de Vigilância em Saúde. **Boletim epidemiológico. Vol. 48, Nº 19, Brasil, 2017**. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/leia-mais-o>

ministerio/1255-secretaria-svs/boletim-epidemiologico/23310-numeros-anteriores>.

Acesso em 19 jul. 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos Não Transmissíveis e Promoção da Saúde. **Resumo Executivo 2015/2016: uma análise da situação de saúde e da epidemia pelo vírus Zika e por outras doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti***. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2017/julho/17/2017-0146-SBREXC-online-final.pdf>>. Acesso em 19 jul. 2017.

MCMICHAEL AJ, WOODRUFF RE. **Climate change and infectious diseases**. In: Mayer KH, Pizer HF, editors. *The social ecology of infectious diseases*. Amsterdam: Elsevier; 2008. p.378-407.

MEASON B, PATERSON R. **Chikungunya, climate change, and human rights**. *Health Hum Rights*.2014;16(1):105-12.

NORRIS, DE. **Mosquito-borne diseases as a consequence of land use change**. *EcoHealth*.2004;1(1):19-24. DOI:10.1007/s10393-004-0008-7

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. ***Dengue y dengue hemorrágico en las Américas: guías para suprevencion y control***. Washington (DC); 1995. (OPSPublicacion Científica, 548).

OLIVEIRA, E.S. **A Ocorrência de Casos de Dengue e Infestação do *Aedes (Stegomyia) Aegypti* (Linnaeus,1762) Diptera Culicidae em Bairros do município de Assis Chateaubrinad –PR**. *Revista UNIABEU Belford Roxo* V.5 Número 10 maio-agosto 2012.

PAULA, E.V. **Evolução espaço-temporal da dengue e variação termopluviométrica no Paraná: uma abordagem geográfica**. *Revista RA'E GA*, 10, 33-48, 2005.

PEREHOUEI, N. A.; BENADUCHE, G. M. C. **Geografia da saúde e as concepções sobre o território**. *Revista Gestão & Regionalidade*, v. 23, n. 68, set-dez, p. 44, 2007.

PETTA, R. A; CAMPOS, T.; NASCIMENTO, P.S.R. **Geoprocessamento e a análise espacial da distribuição da dengue na região da Grande Natal**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 22. 2007, Natal. Resumos... Natal: SBGEO; 2007. p.124.

PIMENTA, D.N; CUNHA, R. V. **Dengue: teorias e práticas**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2015, p. 75-92.

PORTAL ACTION. **Estimativa não Paramétrica de Densidade de Núcleo**. <http://www.portalaction.com.br/analise-de-capacidade/431-estimacao-nao-parametrica-de-densidades-metodo-do-nucleo> Acesso: 20 de Novembro de 2017.

RAI KS. ***Aedes albopictus* in the Americas**. *Annu Ver Entomol* 1991;36:459-84.

ROCHLIN, I.; NINIVAGGI, D.V.; HUTCHINSON, M.L.; FARAJOLLAHI, A. **Climate Change and Range Expansion of the Asian Tiger Mosquito (*Aedes albopictus*) in Northeastern USA**: Implications for Public Health Practitioners. PLoS ONE 2013, 8, e60874.

RUHOFF, A. L., SILVA, B. B., ROCHA, H. R.; **Determinação da irradiância solar no topo da atmosfera para cálculo do albedo e balanço de energia a partir de imagens LANDSAT 8 OLI**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

SALLAM, M. F., FIZER, C., PILANT, A. N. and PAI-YEI WHUNG. **Systematic Review: Land Cover, Meteorological, and Socioeconomic Determinants of Aedes Mosquito Habitat for Risk Mapping**. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14(10), 1230; doi:10.3390/ijerph14101230. <[Http://www.mdpi.com/1660-4601/14/10/1230/htm](http://www.mdpi.com/1660-4601/14/10/1230/htm)> Acesso: <15 de Outubro de 2017>.

SANTOS, W. P.; MELLO, C. A. B. ; MESQUITA, R. G. ; RODRIGUES, M. A. B. ; CANDEIAS, A. L. B. ; GUSMÃO, C. M. G. . **Um algoritmo para contagem automática de ovos do mosquito *Aedes aegypti* em ovitrampas para controle da dengue**. In: XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2008, Salvador. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica. Rio de Janeiro: SBEB, 2008. p. 1507-1510.

SAXENA, R.; NAGPAL, B.N.; SRIVASTAVA, A.; GUPTA, S.K.; DASH, A.P. **Application of spatial technology in malaria research & control: Some new insights**. *Indian J. Med. Res.* 2009, 130, 125-132.

SEGATA, J. **A doença socialista e o mosquito dos pobres**. *Illuminuras*, Porto Alegre, v. 17, n. 42, p. 372-389, ago/dez, 2016.

STARKS, P.J., NORMAN, J.M., BLAD, B.L., WALTER-SHEA, E.A., WALTHALL, C.L. **Estimation of shortwave hemispherical reflectance albedo from bi-directionally reflected radiance data.** Remote Sensing of Environment, v. 38, p. 123–134, 1991.

TASUMI, M.; ALLEN, R.G.; TREZZA, R. **At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance.** Journal of Hydrologic Engineering, v. 13, n. 2, p. 51-63, 2008.

ZHA, Y.; GAO, J.; 2003.NI, S. **Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery.** International Journal of Remote Sensing. v. 24, n. 3, p. 583-659.

WHO. World Health Organization. **Dengue and severe dengue.** Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>>. Acesso em: 24 de Novembro de 2017.

ANEXOS

**ANEXO A: DISTRIBUIÇÃO DOS BAIRROS DA REGIÃO METROPOLITANA DO
RECIFE, PERNAMBUCO.**

FID	BAIRROS	FID	BAIRROS
0	AFLITOS	47	ILHA DO RETIRO
1	AFOGADOS	48	ILHA JOANA BEZERRA
2	ÁGUA FRIA	49	IMBIRIBEIRA
3	ALTO DO MANDU	50	IPSEP
4	ALTO JOSÉ BONIFÁCIO	51	IPUTINGA
5	ALTO JOSÉ DO PINHO	52	JAQUEIRA
6	ALTO SANTA TEREZINHA	53	JARDIM SÃO PAULO
7	APIPUCOS	54	JEQUIÃO
8	AREIAS	55	JORDÃO
9	ARRUDA	56	LINHA DO TIRO
10	BARRO	57	MACAXEIRA
11	BEBERIBE	58	MADALENA
12	BOA VIAGEM	59	MANGABEIRA
13	BOA VISTA	60	MANGUEIRA
14	BOMBA DO HEMETÉRIO	61	MONTEIRO
15	BONGI	62	MORRO DA CONCEIÇÃO
16	BRASÍLIA TEIMOSA	63	MUSTARDINHA
17	BREJO DA GUABIRABA	64	NOVA DESCOBERTA
18	BREJO DO BEBERIBE	65	PAISSANDU
19	CABANGA	66	PARNAMIRIM
20	CAÇOTE	67	PASSARINHO

21	CAJUEIRO	68	PAU-FERRO
22	CAMPINA DO BARRETO	69	PEIXINHOS
23	CAMPO GRANDE	70	PINA
24	CASA AMARELA	71	POÇO DA PANELA
25	CASA FORTE	72	PONTO DE PARADA
26	CAXANGÁ	73	PORTO DA MADEIRA
27	CIDADE UNIVERSITÁRIA	74	PRADO
28	COELHOS	75	RECIFE
29	COHAB	76	ROSARINHO
30	COQUEIRAL	77	SAN MARTIN
31	CORDEIRO	78	SANCHO
32	CÓRREGO DO JENIPAPO	79	SANTANA
33	CURADO	80	SANTO AMARO
34	DERBY	81	SANTO ANTÔNIO
35	DOIS IRMÃOS	82	SÃO JOSÉ
36	DOIS UNIDOS	83	SÍTIO DOS PINTOS
37	ENCRUZILHADA	84	SOLEDADE
38	ENGENHO DO MEIO	85	TAMARINEIRA
39	ESPINHEIRO	86	TEJIPIÓ
40	ESTÂNCIA	87	TORRE
41	FUNDÃO	88	TORREÃO
42	GRAÇAS	89	TORRÕES
43	GUABIRABA	90	TOTÓ
44	HIPÓDROMO	91	VÁRZEA
45	IBURA	92	VASCO DA GAMA
46	ILHA DO LEITE	93	ZUMBI

Anexo B: Distribuição anual dos bairros com incidência de Casos de Zika na RMR no ano de 2015

Bairros	Número de Casos de Zika na RMR em 2015
VARZEA	5
IPUTINGA	4
BOA VIAGEM	3
CORDEIRO	2
DOIS UNIDOS	2
AGUA FRIA	1
ALTO JOSE DO PINHO	1
AREIAS	1
BEBERIBE	1
BREJO DE GUABIRABA	1
CAJUEIRO	1
CAMPINA DO BARRETO	1
CASA AMARELA	1
ENGENHO DO MEIO	1
IBURA	1
IPSEP	1
JORDAO	1
MACAXEIRA	1
MADALENA	1

MORRO DA CONCEICAO	1
SAN MARTIN	1
TORROES	1

ANEXO C: DISTRIBUIÇÃO DE CASOS DE ZIKA NA RMR NO ANO DE 2016

Bairros	Número de Casos de Zika na RMR em 2016
IBURA	14
VARZEA	13
COHAB	11
IPUTINGA	10
BOA VIAGEM	3
TORROES	3
ALTO JOSE DO PINHO	2
CAXANGA	2
CORDEIRO	2
JORDAO	2
NOVA DESCOBERTA	2
PASSARINHO	2
PRADO	2
TORRE	2
VASCO DA GAMA	2
AGUA FRIA	1
CASA AMARELA	1
CIDADE UNIVERSITARIA	1

DOIS UNIDOS	1
LINHA DO TIRO	1
MADALENA	1

ANEXO D: NÚMERO DE CASOS DE CHIKUNGUNYA NA RMR NO ANO DE 2015

Bairros com Infecção de Chikungunya na RMR em 2015	Número de Casos
Alto José do Bonifácio	60
Afogados	59
MORRO DA CONCEICAO	51
ALTO JOSE DO PINHO	43
ILHA JOANA BEZERRA	28
VASCO DA GAMA	27
MACAXEIRA	26
NOVA DESCOBERTA	23
SANTO AMARO	17
SAO JOSE	15
CORDEIRO	14
MUSTARDINHA	11
Areias	10
BREJO DA GUABIRABA	10
COELHOS	10
MADALENA	10
PASSARINHO	8
PRADO	8
BONGI	7

JIQUEIA	7
MANGABEIRA	6
SAN MARTIN	6
TORRE	6
TORROES	6
MANGUEIRA	5
VARZEA	5
Boa Vista	4
IPUTINGA	4
CABANGA	3
COQUEIRAL	3
ENGENHO DO MEIO	3
ILHA DO RETIRO	3
JARDIM SAO PAULO	3
TEJIPIO	3
CAXANGA	2
SANCHO	2
Barro	1
BREJO DE BEBERIBE	1
CAJUEIRO	1
CAMPINA DO BARRETO	1
CAMPO GRANDE	1
CASA AMARELA	1
CORREGO DO JENIPAPO	1
DOIS UNIDOS	1
ESPINHEIRO	1

ESTANCIA	1
GUABIRABA	1
TOTO	1
ZUMBI	1

ANEXO E: NÚMERO DE CASOS DE CHIKUNGUNYA NA RMR NO ANO DE 2015

Bairros Residência com Casos de Chikungunya em 2015	Número de Casos
IBURA	124
AFOGADOS	97
ALTO JOSE BONIFACIO	70
COHAB	63
MORRO DA CONCEICAO	51
CAMPO GRANDE	48
ALTO JOSE DO PINHO	44
ILHA JOANA BEZERRA	38
MUSTARDINHA	38
VASCO DA GAMA	38
NOVA DESCOBERTA	31
CORDEIRO	27
MACAXEIRA	27
SAO JOSE	27
VARZEA	26
PINA	25

DOIS IRMAOS	24
IMBIRIBEIRA	24
SANTO AMARO	24
CASA AMARELA	22
JORDAO	22
MADALENA	22
BOA VIAGEM	21
IPUITNGA	21
AREIAS	17
COELHOS	17
TORRE	16
TORROES	15
SAN MARTIN	14
MANGABEIRA	13
PRADO	13
MANGUEIRA	12
BONGI	10
BREJO DA GUABIRABA	10
BRASILIA TEIMOSA	9
CAMPINA DO BARRETO	9
JIQUIA	9
MONTEIRO	9
PASSARINHO	8
JARDIM SAO PAULO	6
AGUA FRIA	5
BOA VISTA	5

BOMBA DO HEMETERIO	5
CABANGA	5
ENCRUZILHADA	5
ENGENHO DO MEIO	5
IPSEP	5
TAMARINEIRA	5
ZUMBI	5
CAJUEIRO	4
CAXANGA	4
COQUEIRAL	4
GRACAS	4
ILHA DO RETIRO	4
BARRO	3
ESPINHEIRO	3
SANCHO	3
TEJIPIO	3
TORREAO	3
ALTO DO MANDU	2
ARRUDA	2
BEBERIBE	2
CASA FORTE	2
ESTANCIA	2
FUNDAO	2
I.JOANA BEZERRA	4
LINHA DO TIRO	2
SANTO ANTONIO	2

AFLITOS	1
APIPUCOS	1
BREJO DE BEBERIBE	1
CORREGO DO JENIPAPO	1
GUABIRABA	1
ILHA DO LEITE	1
POÇO	1
SANTANA	1
SITIO DOS PINTOS	1
SOLEDADE	1
TOTO	1

Anexo F: Número de Casos de Chikungunya na RMR no ano de 2016

Bairros com Casos Confirmados de Chikungunya em 2016	Número de Casos
NOVA DESCOBERTA	224
VARZEA	202
IPUTINGA	192
VASCO DA GAMA	147
CORDEIRO	126
AGUA FRIA	118
IMBIRIBEIRA	108
IBURA	92
ALTO JOSE BONIFACIO	69
COHAB	69
BREJO DE BEBERIBE	66
MACAXEIRA	60
BOA VIAGEM	55
ILHA JOANA BEZERRA	55
TORRE	53
SANTO AMARO	52
DOIS UNIDOS	51
CAMPO GRANDE	49
TORROES	49
GUABIRABA	46
MADALENA	46
ALTO JOSE DO PINHO	44
LINHA DO TIRO	37

BOA VISTA	34
BREJO DA GUABIRABA	34
PASSARINHO	33
CAMPINA DO BARRETO	31
ARRUDA	27
ENGENHO DO MEIO	27
MORRO DA CONCEIÇÃO	27
PRADO	27
BOMBA DO HEMETERIO	24
IPISEP	24
JORDAO	24
PINA	24
BEBERIBE	23
PORTO DA MADEIRA	19
CAXANGA	18
COELHOS	18
SAO JOSE	17
SITIO DOS PINTOS	17
CORREGO DO JENIPAPO	15
AFOGADOS	14
FUNDAO	14
CASA AMARELA	13
JARDIM SAO PAULO	13
MANGABEIRA	12
TAMARINEIRA	12
DOIS IRMAOS	10

AREIAS	9
BRASILIA TEIMOSA	9
CIDADE UNIVERSITARIA	9
CAJUEIRO	8
SAN MARTIN	8
ZUMBI	8
ALTO DO MANDU	7
ALTO SANTA TEREZINHA	6
ENCRUZILHADA	6
ILHA DO RETIRO	6
CURADO	5
ESTANCIA	5
CABANGA	4
CASA FORTE	4
ESPINHEIRO	4
GRACAS	4
PAISSANDU	4
SANTO ANTONIO	4
TEJIPIO	4
COQUEIRAL	3
JOANA BEZERRA	3
MUSTARDINHA	3
PEIXINHOS	3
ROSARINHO	3
APIPUCOS	2
CHAO DE ESTRELA	2

ILHA DO LEITE	2
JIQUEIA	2
JORDAO BAIXO	2
PONTO DE PARADA	2
SANCHO	2
ALTO DA BONDADE	1
BAIRRO NOVO	1
BARRO	1
BREJO	1
CAETES I	1
CANDEIAS	1
DERBY	1
HIPODROMO	1
IGARASSU	1
MURIBARA	1
NOSSA SENHORA DO O	1
NOVA DO CARMO	1
PACHECO	1
PARNAMIRIM	1
PIEIDADE	1
PONTE DOS CARVALHO	1
SANTANA	1
SAPUCAIA	1
SOLEDADE	1
TIMBI	1
TOTO	1

