

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

DISSERTAÇÃO

IMPACTO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA
ECOEPIDEMIOLOGIA DO ZIKA VÍRUS NO MUNICÍPIO
DO RIO DE JANEIRO-RJ

Irinéia Sant'anna Rosa

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**IMPACTO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA
ECOEPIDEMIOLOGIA DO ZIKA VÍRUS NO MUNICÍPIO DO RIO
DE JANEIRO-RJ**

IRINÉIA SANT'ANNA ROSA

Sob a Orientação

Ednaldo Oliveira dos Santos

E sob a coorientação

José Francisco de Oliveira Júnior

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Seropédica, RJ
Dezembro de 2018

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R788i ROSA, IRINÉIA SANT'ANNA, 1959-
IMPACTO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA
ECOEPIDEMIOLOGIA DO ZIKA VÍRUS NO MUNICÍPIO DO RIO DE
JANEIRO-RJ / IRINÉIA SANT'ANNA ROSA. - 2018.
75 f.: il.

Orientador: EDNALDO OLIVEIRA DOS SANTOS.
Coorientador: JOSÉ FRANCISCO DE OLIVEIRA JÚNIOR.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2018.

1. Arbovírus. 2. Variabilidade do Clima. 3. Saúde
Humana. 4. Sustentabilidade Ambiental. I. SANTOS,
EDNALDO OLIVEIRA DOS, 1969-, orient. II. OLIVEIRA
JÚNIOR, JOSÉ FRANCISCO DE , 1974-, coorient. III
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. PÓS
GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.
IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

IRINÉIA SANT'ANNA ROSA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 13/12/2018.

**Dr. Ednaldo Oliveira dos Santos, Dr. PPGPDS/IF/UFRRJ
(Orientador)**

Maria José Salles, Dra. ENSP/FIOCRUZ

Isabelle da Costa Ângelo, Dra. IV/UFRRJ

Dedico este trabalho aos meus pais
Irineu Sant'Anna Rosa e
Edinéia Silvério

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Quero agradecer em primeiro lugar a Deus, por me dar muito mais do que eu preciso, e por me abençoar muito mais do que eu mereço, me conduzindo até aqui na conclusão desta pesquisa.

A todos os meus amigos da Turma-6, por suas contribuições e todo o carinho dirigidos a mim, com apoio e ajuda no decorrer do curso, que me possibilitaram chegar até aqui porque vocês estavam ao meu redor e não me deixaram cair.

Ao meu Mestre querido Professor André, que sempre me incentivou e me chamou a realidade com sutileza nos momentos em que passei por uma tempestade mental (depressão), e que ainda me encontro em recuperação.

Agradeço em especial ao Professor Ednaldo pelo carinho e por aceitar ser o meu Orientador, num momento muito difícil em que eu precisei de muita ajuda, agradeço de coração, agradecendo também ao Professor José Francisco Junior que mesmo a distância sem me conhecer aceitou ser coorientador e que suas opiniões e sugestões foram de grande valia e importância na conclusão deste trabalho.

A todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a construção e conclusão deste trabalho, a Professora Isabelle da UFRRJ e as Professoras Maria José e Rosália da Fiocruz, que prontamente aceitaram participar da banca de qualificação e na de defesa e como sempre me ajudaram com sugestões valiosíssimas.

Deus abençoe vocês.

*“Somos quem podemos ser
Sonhos que podemos ter”*

(Humberto Hessinger e Paulinho Galvão
Engenheiros do Hawaii).

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	4
2. OBJETIVOS	6
2.1 Geral	6
2.2 Específicos	6
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
3.1. Arboviroses e Zika Vírus	8
3.1.1. Arbovírus	8
3.1.2. <i>Flavivirus</i>	11
3.1.3. Zika Vírus e sua Evolução	12
3.1.4 Biologia e Controle do Vetor	22
3.1.5 Levantamento Rápido de Índices para <i>Aedes aegypti</i> (LIRAA)	33
3.2. Interferência do Clima e suas Variações na Dispersão do <i>Aedes</i>	35
4. METODOLOGIA	38
4.1 Área de Estudo	38
4.2 Coleta de Dados e Informações das Arboviroses	39
4.3 Coleta e Assimilação de Dados Meteorológicos	44
4.4 Análise Estatística de Dados	45
5. RESULTADOS E ANÁLISES PRELIMINARES	46
5.1. Registros de Casos de Febre por Zika Vírus e IIP	46
5.2. Dados Meteorológicos e Climáticos	51
5.3. Estudo Comparativo da Variabilidade Climática, o Ciclo de Vida do Vetor e Casos Confirmados do Zika Vírus	54
6. CONCLUSÕES	59

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

60

ANEXOS

69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Representação gráfica de um vírus do gênero <i>flavivírus</i>	11
Figura 2– Mapa histórico da evolução de casos do Zika vírus no mundo	16
Figura 3 – Comparativo do perímetro cefálico entre recém natos normal e com microcefalia	18
Figura 4 – Arvore filogenética adaptado para o <i>Aedes aegypti</i> e <i>Aedes albopictus</i>	22
Figura 5 – Ciclo reprodutivo do mosquito do gênero <i>Aedes</i>	24
Figura 6 – Representação morfológica aproximada do <i>Aedes aegypti</i> e <i>Aedes albopictus</i>	26
Figura 7 - Casos Reportados de Zika e Dengue no Mundo no período de 01/01/2015 a 31/12/2015	27
Figura 8 – Casos Reportados de Zika no Brasil em 2014, 2015 e 2016 (Até 01/05/2016)	28
Figura 9 - Evolução do Índice de Infestação Predial (IIP) de 2008 a 2018 do município do Rio de Janeiro	34
Figura 10 – Mapa da cidade do Rio de Janeiro com sua distribuição em regiões de saúde	38
Figura 11 – Transmissão de Zika vírus até abril de 2017 no mundo	46
Figura 12 – Área mundiais de distribuição do Zika vírus observados até o ano de 2017	47
Figura 13 – Dados da Sala de Apoio à Gestão Estratégica (Ministério da Saúde) sobre o número de municípios com casos notificados e confirmados de microcefalia e/ou alteração do Sistema Nervoso Central para o Brasil	48
Figura 14 – Evolução do número de notificações de Síndrome Exantemática em Gestantes por semana de Início do Exantema no estado do Rio de Janeiro, no período de outubro de 2015 a janeiro de 2018	48
Figura 15 – Evolução do número de casos médios mensais confirmados de febre causados pelo Zika na cidade do Rio de Janeiro, no ano de 2015 (a), 2016 (b) e 2017 (c)	49
Figura 16 – Gráfico evolutivo do número de casos de febre pelo Zika vírus na cidade do Rio de Janeiro, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017	50
Figura 17 – Precipitação acumulada na cidade do Rio de Janeiro nas séries compreendidas de 2015-2017 e de 1961-1990 (Normal climatológica)	52
Figura 18 – Temperatura média na cidade do Rio de Janeiro nas séries compreendidas de 2015-2017 e de 1961-1990 (Normal climatológica)	52
Figura 19 – Umidade relativa do ar na cidade do Rio de Janeiro nas séries compreendidas de 2015-2017 e de 1961-1990 (Normal climatológica)	53
Figura 20 – Comparação sazonal entre Precipitação e Casos confirmados de ZIKV para a cidade do Rio de Janeiro no período de 2015-2017	55
Figura 21 – Comparação sazonal entre Temperatura do Ar e Casos confirmados de ZIKV para a cidade do Rio de Janeiro no período de 2015-2017	56
Figura 22 - Comparação sazonal entre Umidade Relativa do Ar (UR) e Casos confirmados de ZIKV para a cidade do Rio de Janeiro no período de 2015-2017	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição das Áreas de Planejamento, Regiões Administrativas e Bairros para casos de Zika, no Município do Rio de Janeiro	40
Tabela 2 – Estações meteorológicas da GEORIO, com suas respectivas informações geográficas, usadas no referido estudo	44
Tabela 3 – Estações meteorológicas do INMET com suas respectivas informações geográficas, usadas no referido estudo	45
Tabela 4 – Dados médios mensais, e por ano, de precipitação (mm) ao longo dos anos 2015, 2016 e 2017, e a média para o período estudado na cidade do Rio de Janeiro	51
Tabela 5 – Dados médios mensais, e por ano, de temperatura do ar (oC) ao longo dos anos 2015, 2016 e 2017, e a média para o período estudado na cidade do Rio de Janeiro	51
Tabela 6 – Dados médios mensais, e por ano, de umidade relativa do ar (%) ao longo dos anos 2015, 2016 e 2017, e a média para o período estudado na cidade do Rio de Janeiro	51
Tabela 7 – Dados das normais climatológicas (30 anos) de precipitação (mm), temperatura do ar (oC) e umidade relativa do ar (%), obtidas do INMET, no período de 1961-1990 para a cidade do Rio de Janeiro	51
Tabela 8 – Variação sazonal da precipitação, da temperatura do ar, da umidade relativa do ar, do índice de infestação predial (ciclo de vida do vetor) e da ocorrência de ZIKV no período de 2015 a 2017	54
Tabela 1A: Dados mensais, e por ano, de número de casos de ZIKV para o período de 2015 a 2017, e medidas estatísticas de tendência central para por áreas programáticas da cidade do Rio de Janeiro	70
Tabela 1B: Dados mensais, e por ano, de precipitação (mm) para o período de 2015 a 2017, e medidas estatísticas de tendência central para as estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro	71
Tabela 2B: Dados mensais, e por ano, de temperatura do ar e medidas estatísticas de tendência central para o período de 2015 a 2017 nas estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro	72
Tabela 3B: Dados mensais, e por ano, de umidade relativa do ar e medidas estatísticas de tendência central para o período de 2015 a 2017 nas estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro.	73
Tabela 4B: Dados das normais climatológicas (30 anos) de precipitação (mm), e de estatística descritiva, no período de 1961-1990 para as estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro.	74
Tabela 5B: Dados das normais climatológicas (30 anos) de temperatura do ar (oC), e de estatística descritiva, no período de 1961-1990 para as estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro	74
Tabela 6B: Dados das normais climatológicas (30 anos) de umidade relativa do ar (%), e de estatística descritiva, no período de 1961-1990 para as estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro	75

LISTA DE ABREVIATURAS

- CENEPI** – Centro Nacional de Epidemiologia.
- CNPq.** – Conselho Nacional de Pesquisa.
- FHD** – Febre Hemorrágica da Dengue.
- FPA** – Frente Polar Atlântica.
- FUNASA** – Fundação Nacional de Saúde.
- GEORIO** - Fundação Instituto de Geotécnica do Rio de Janeiro
- IIP** – Índice de Infestação Predial
- INMET** – Instituto Nacional de Estudos Meteorológicos.
- IPCC** – Intergovernmental Panel on Climate Change.
- MPA** – Massa Polar Atlântica.
- MS** – Ministério da Saúde
- MTA** – Massa Tropical Atlântica.
- MTC** – Massa Tropical Continental.
- OIE** – Organização Internacional de Epidemiologia.
- OMS** – Organização Mundial da Saúde.
- OPAS** – Organização Pan-americana da Saúde.
- PNCD** – Programa Nacional de Controle da Dengue.
- PPGPDS** – Programa de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável.
- SCD** – Síndrome de Choque da Dengue.
- SES** – Secretaria de Estado da Saúde.
- SINAN** – Sistema de Informações Nacional de Agravos Notificados.
- SUS** – Sistema Único de Saúde. UFPR – Universidade Federal do Paraná.
- UFRRJ** – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- ZIKV** – Zika Vírus.

RESUMO

ROSA, Irinéia Sant'Anna. **Impacto da Variabilidade Climática na Ecoepidemiologia do Zika Vírus no Município do Rio de Janeiro-RJ**. 2018. 75p. Dissertação (Mestrado em Práticas em Desenvolvimento Sustentável). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2018.

No presente trabalho, elaborado no âmbito da sustentabilidade ambiental e da Saúde humana, a manifestação de Zika no município do Rio de Janeiro-RJ encontra-se analisada a partir da relação de sua incidência com a infestação predial de seus vetores e com a variabilidades climática local. As relações entre as variabilidades climáticas e saúde humana, além de sua magnitude, são explicadas pelas incertezas que os envolvem e suas possíveis consequências ainda não totalmente conhecidas. Além disso, prevê-se que a saúde humana será uma das áreas que mais sofrerão com os efeitos das mudanças climáticas, a qual se destacam-se efeitos diretos (doenças e mortes causadas por ondas de calor), ou indiretos (modificação do ecossistema, dos ciclos biogeoquímicos que permitem a elevação de doenças infecciosas transmitida por vetores), mais especificamente sobre o Zika vírus, que representa um sério problema de saúde humana no Brasil e no mundo. Para tanto, o recorte temporal de análise desta pesquisa abrange o ano em que foi confirmado o primeiro caso autóctone de Zika no Rio de Janeiro (2015) até o ano de 2017 onde ocorreu um declínio dos casos desta enfermidade. A evolução sazonal da incidência da doença, infestação dos vetores e variação pluviométrica, térmica e de umidade relativa do ar foram delimitadas devido à disponibilidade dos dados e também porque o estudo da incidência desta doença em relação às condições climáticas torna-se importante quando levada em consideração a extensão territorial e suas características. Devido principalmente ao período de incubação extrínseca no vetor e ao tempo em que a doença leva para se manifestar no humano, é no final da estação de primavera (2015) que se confirma o aumento do número de casos autóctones com ápice no verão (2016) e declínio no outono e inverno. Após as análises realizadas ao longo do estudo, foi possível observar que houve relação entre o elemento clima e a incidência de Zika no Rio de Janeiro e que as variáveis estudadas são consideradas preditoras para o número de casos de Zika neste local. Além disso, as condições atmosféricas do Rio de Janeiro favorecem a ação do mosquito vetor de transmitir o ZIKV, propiciando sua proliferação mais rápida.

Palavras-Chaves: Arbovírus, Variabilidade do Clima, Saúde Humana, Sustentabilidade Ambiental.

ABSTRACT

ROSA, Irinéia Sant'Anna. **Impact of Climatic Variability on Ecoepidemiology of Zika Virus at Rio de Janeiro City-RJ**. 2018. 75p. Dissertation (Masters in Practices in Sustainable Development). Institute of Forestry, Federal Rural University of Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2018.

The present study, based on environmental sustainability and human health, the manifestation of Zika virus in Rio de Janeiro city is analyzed by comparing the incidence of its vectors with local climatic variabilities. The relationships between climate variability and human health, in addition to their magnitude, are explained by the uncertainties that surround them and their possible consequences not yet fully known. It is now expected that human health will be one of the areas most affected by the effects of climatic variability, which may include direct effects (diseases and deaths caused by heat waves) or indirect effects (modification of the ecosystem, biogeochemical cycles which allow the transmission of infectious diseases transmitted by vectors), more specifically on Zika virus, which represents a serious human health problem in Brazil and the world. The temporal analysis of this research encompasses the year in which the first autochthonous case of Zika was confirmed at Rio de Janeiro-RJ (2015) until the year 2017, where there was a decline in Zika cases. The seasonal evolution of disease incidence, vector infestation and pluviometric, thermal and relative humidity variation were delimited due to the availability of the data and also because the study of the incidence of this disease in relation to the climatic conditions becomes important when taken in territorial extent and its characteristics. Thus, due mainly to the extrinsic incubation period in the vector and to the time the disease takes to manifest in the human, it is at the end of the spring season (2015) that the increase in the number of autochthonous cases is confirmed with apex in summer (2016) and decline in autumn and winter. After the analyzes carried out throughout this study, it was possible to observe that there was a relationship between the climate and incidence of Zika at Rio de Janeiro and that studied variables are considered predictive for the number of Zika cases in this place. In addition, the atmospheric conditions of Rio de Janeiro favor the action of the vector mosquito to transmit ZIKV, favoring its faster proliferation.

Keywords: Arbovirus, Climate Variability, Human Health, Environmental Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O clima é um dos importantes elementos formadores do ambiente planetário. Os debates relativos à questão ambiental, notadamente após a década de 1960, têm evidenciado sua importância na análise ambiental, principalmente quanto aos impactos do clima sobre a sociedade na condição de saúde humana. Este campo de pesquisa – interação entre o clima e a saúde humana – volta a ser objeto de interesse na emergência e reemergência de doenças como as arboviroses, causadas pelos chamados arbovírus (BRASIL, 2017).

Para que se possa contextualizar, a Arbovírus é uma expressão inglesa “**AR**thropod **B**orne **VIRUS**es”, em que se denomina um grupo de vírus encontrados na natureza, que é mantido no ambiente através da transmissão biológica entre hospedeiros vertebrados e artrópodes hematófagos como mosquitos (*Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*) e carrapatos, entre outros (WHO, 1985; CRUZ & VASCONCELOS, 2008; CASSEB et al., 2013).

Segundo Casseb et al. (2013) as arboviroses são viroses emergentes por natureza, já que nenhuma delas é originalmente uma doença humana, são zoonoses originária em reservatório animais. Elas só se tornam importantes quando ocorre alguma modificação ecológica significativa que altere seu habitat natural, levando a modificações de reservatórios, vetores e até mesmo virulência.

Notifica-se a emergência de arboviroses em diferentes regiões do planeta em decorrência de mudanças genéticas no vírus, alteração da dinâmica populacional de hospedeiros e vetores ou por fatores ambientais de origem antropogênica. É notável a capacidade de adaptação desses vírus e a possibilidade de emergirem e se estabelecerem em novas áreas geográficas. No contexto epidemiológico brasileiro, os arbovírus de maior circulação são os vírus da Dengue (DENV), da Chikungunya (CHIKV) e da Zika (ZIKV), embora existam outros com potencial de disseminação no país. O impacto da cocirculação viral ainda é pouco conhecido, a qual teoricamente resultaria em viremias mais intensas ou outras alterações imunológicas que poderiam ser o gatilho para doenças autoimunes, como a síndrome de Guillain-Barré (DONALISIO et al., 2017).

Conseqüentemente, observa-se que a discussão sobre Desenvolvimento Sustentável é rica e possui construções diversas. O Ministério da Saúde (MS) utiliza o termo “Saúde Ambiental” para uma área da saúde pública que atua junto ao conhecimento científico e à formulação de políticas públicas relacionadas à interação entre a saúde humana e os fatores do meio ambiente natural e antrópico que a influenciam, com vistas a melhorar a qualidade de vida do ser humano, sob o ponto de vista da sustentabilidade (BRASIL, 2005).

Surtos de doenças causadas por arbovírus estão relacionados às populações acessíveis aos mosquitos transmissores do gênero *Aedes*, enquanto que as epidemias estão relacionadas à proporção de indivíduos acessíveis e que ficam infectados. Como os humanos são hospedeiros terminais que não agem como elos significativos de infecção, os principais determinantes são fatores ecológicos e climáticos como umidade do ar, pluviosidade e temperatura (KNIPE & HOWLEY, 2013).

Neste sentido é esperado que a variabilidade climática tenha efeito em várias esferas sociais inter-relacionados (por exemplo, agricultura, silvicultura, saúde, energia, economia, migração etc.), o que aumentará sua complexidade (FAO, 2013 *apud* MENDES et al., 2015).

Além disso, é provável que a saúde humana seja uma das áreas que mais sofrerão com os efeitos da variabilidade climática (ORGANIZAÇÃO PAN AMERICANA DA SAÚDE - OPAS, 2009). Tais efeitos podem ser diretos, como as doenças e mortes causadas por ondas de calor e eventos extremos ligadas às doenças de veiculação hídricas e doenças respiratórias, ou indiretos, como por exemplo aqueles provocados por modificação do ecossistema e dos ciclos biogeoquímicos que permitem o aumento de doenças infecciosas transmitidas por vetores como o Zika vírus (BARCELLOS et al., 2009).

A expansão das áreas com condições climáticas quentes para latitudes e altitudes mais elevadas que as atuais far-se-á acompanhar-se pela expansão da área geográfica das doenças que têm no clima um de seus condicionantes temporais-espaciais.

Segundo Forattini (2002) a dinâmica sazonal do vetor está comumente associada à variabilidade climática, que incluem aumento da temperatura, variações no padrão de chuvas e umidade do ar, condições estas que favorecem maior número de criadouros disponíveis e consequentemente o desenvolvimento do vetor.

Além disso, nota-se que as chuvas têm efeito indireto sobre a longevidade dos vetores, pois grande parte do desenvolvimento dos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* se dá através da água parada. Esses fatores, em correlação com a falta de saneamento básico, elevam a distribuição geográfica e a abundância sazonal de doenças vetoriais (BARCELLOS et al., 2009).

Cabe ressaltar que os mosquitos apresentam duas fases distintas: (i) aquática, com as etapas de desenvolvimento de ovo, larva e pupa, e (ii) terrestre, que corresponde ao mosquito na forma adulta, estando ambas as fases sujeitas às alterações ambientais e meteorológicas (FORATTINI, 2002).

Dentre as doenças vetoriais inerentes que mais tem preocupando à sociedade na atualidade encontra-se a Zika, doença endêmica ou pandêmica emergente, que já se sabe que ocorre praticamente em todas as regiões tropicais e subtropicais do Planeta. Os países localizados nestas regiões são mais susceptíveis em função de diversos condicionantes, tais como: variabilidade e mudança do clima, mudanças globais, uso da terra, armazenamento de água e irrigação, crescimento populacional e urbanização. Tais fatores, dentre outros, contribuem expressivamente para a proliferação e desenvolvimento de *A. aegypti* - vetor do vírus (BRASIL, 2017).

De acordo com Vasconcelos et al. (2001) a variabilidade climática já impactou em um aumento de mais de 2 bilhões de pessoas expostas à Zika e as projeções para a próxima década sugerem que cerca de 5 a 6 bilhões de pessoas (50 a 60 % da população global) estarão em risco de transmissão da doença. Essa projeção eleva o Zika Vírus ao patamar de arbovirose de grande importância no Planeta, especialmente em países tropicais, devido a sua associação com a Síndrome *Guillan Barré* em pessoas que tiveram Zika e microcefalia em Recém Natos de Gestantes que contraíram Zika Vírus (BRASIL, 2016a).

Consequentemente, a prevenção e o controle da trajetória de um sistema biológico de evolução rápida como o do mosquito composto por vários agentes, entre eles parasitas, hospedeiros e vetores é algo desafiador.

Por isso que o fator climático é aqui tomado como relevante para o estudo da manifestação de Zika no município do Rio de Janeiro. Entretanto, ainda que seja considerado um importantíssimo elemento associado à ocorrência desta doença, o clima, sozinho, não possibilita uma abordagem completa da problemática que envolve a incidência desta enfermidade. Assim, se faz necessário observar também outras variáveis ambientais, as condições socioeconômicas e as políticas de saúde pública da sociedade envolvida (BRASIL, 2016a).

No presente estudo foram analisadas as condições formadas recentemente decorrentes da variabilidade do clima, e, de maneira particular, a evolução do Zika vírus no contexto do Município do Rio de Janeiro face às mudanças climáticas.

1.1 Justificativa

O estudo da ecologia de vetores, considerado como o pilar central da vigilância entomológica, visa contribuir para que tal desafio seja menor, pois busca conhecer os fatores ecológicos determinantes para que os insetos vetores sejam incapazes de atuarem como agentes de transmissão de parasitas ao ser humano. Estratégias eficientes para a prevenção de doenças vetoriais podem ser construídas a partir de um maior número de informações sobre as mudanças comportamentais dos agentes transmissores. Assim, diante das características dos vetores e de sua capacidade de adaptação às alterações ambientais e climáticas é esperado que os quadros epidemiológicos das infecções por eles transmitidas apresentem mudanças constantes (DONALISIO et al., 2017).

Adaptações de *A. aegypti* permitiram que se tornassem abundantes nas cidades e que fossem facilmente levados para outras áreas pelos meios de transporte, o que aumentou sua eficiência vetorial, ou seja, a sua habilidade em tornar-se infectado por um vírus, replicá-lo e transmiti-lo. Ou seja, a fêmea consegue fazer ingestões múltiplas de sangue durante um único ciclo gonadotrófico¹, o que amplia a sua capacidade de se infectar e de transmitir os vírus. Este comportamento torna o *A. aegypti* um vetor eficiente. A quiescência dos ovos permite a manutenção do ciclo na natureza durante as variações climáticas sazonais, uma vez que a viabilidade dos ovos de *A. aegypti* chega até 492 dias no período seco, eclodindo após contato com a água (ZARA et al., 2016).

Já o *A. albopictus*, originário da Ásia, conforme estudos realizados possui a capacidade de tolerar baixas temperaturas e demonstra preferências por ambientes rurais, semissilvestres e silvestres, e, na ausência de elementos humanos, alimenta-se de néctar e de sangue de animais silvestres e se reproduz em depósitos naturais (ZARA et al., 2016).

Sendo assim, as condições ambientais para o desenvolvimento dos vetores são especialmente determinantes frente à necessidade de controle das epidemias. Por isso, o conhecimento acerca da variabilidade climática é deveras importante para que sejam feitos trabalhos de profilaxia² quanto ao reservatório natural das arboviroses transmissíveis pelos insetos. Além disso, essas variações do clima interferem nas alterações médias de temperatura anual do ar, na duração e intensidade das precipitações, nos efeitos e impactos na

¹ Refere-se ao ciclo de hormônio segregado pela hipófise e pela placenta, em fêmeas animais, agindo sobre o desenvolvimento das glândulas sexuais (gônadas).

² Termo muito utilizado na medicina e na odontologia, que são medidas para prevenir ou atenuar doenças. O termo profilaxia é de origem grega e significa precaução.

biodiversidade, nas alterações de ecossistemas e criam condições que facilitam a expansão e disseminação dos organismos vetores de doenças (BARCELLOS et al., 2009).

Além disso, muitas doenças infecciosas cujos agentes são transmitidos por vetores – como as arboviroses, com mosquitos atuando na transmissão de seus agentes – são sensíveis a mudanças de temperatura e exposição as condições extremas. O aumento das temperaturas resulta em alterações climáticas que podem levar à emergência e expansão no espaço geográfico para maiores latitudes e altitudes e na dilatação dos períodos de tempo favoráveis as doenças (GALATI et al., 2015).

No debate das alterações climáticas e para avaliação de sua influência sobre doenças causadas pelo *A. aegypti*, como dengue e mais recentemente a Zika, e seu vetor em grandes centros urbanos, como na cidade do Rio de Janeiro, e o risco de ocorrência de grandes epidemias decorrentes da adaptação do mosquito às condições adversas a ele presentes, já nota-se intrinsecamente a existência de associação entre o maior risco de ocorrência especificamente da dengue e as ilhas urbanas de calor da cidade, as quais apresentariam condições mais adequadas para a proliferação de *A. aegypti* e a transmissão do vírus (GALATI et al., 2015).

Portanto, neste trabalho buscou-se compreender aspectos ecológicos da ocorrência de *A. aegypti* e *A. albopictus* em situações sazonais de acordo com a variabilidade climática, para desvendar os comportamentos e hábitos preferenciais desses mosquitos na natureza e no espaço habitado pelo ser humano, devido à grande capacidade de adaptação que apresentam diante das diversas características sociais, urbanas e ambientais, tais como os hábitos diurno e a preferência pelo sangue humano.

Todavia, é sabido que o controle de doenças, como a Zika, baseia-se em intervenções sobre um ou mais elos conhecidos da cadeia epidemiológica que sejam capazes de vir a interrompê-la. Isso se justifica, pois, a interação entre os humanos e o meio ambiente é muito complexa, envolvendo fatores desconhecidos ou que podem ter sido modificados no momento em que se desencadeia a ação. Assim sendo, os métodos de intervenção tendem a ser aprimorados ou substituídos, na medida em que novos conhecimentos são revelados, seja por descobertas científicas, seja pela observação sistemática do comportamento dos procedimentos de prevenção e controle estabelecidos.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o impacto da Variabilidade Climática na Ecoepidemiologia do Zika Vírus no Município do Rio de Janeiro.

2.2 Específicos

- Mapear a dispersão sazonal da infestação predial do *Aedes aegypti* e do *Aedes albopictus* no Município do Rio de Janeiro;
- Obter dados climáticos, nas escalas espacial e temporal, de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar para o Município do Rio de Janeiro;
- Relacionar as variações espaço-temporais da incidência da Zika com as variações da precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar.
- Descrever o comportamento das arboviroses no estudo da distribuição espacial da doença e dos riscos ambientais para a saúde.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No âmbito da presente pesquisa, e considerando-se o quadro ambiental, o elemento selecionado para análise foi o clima, mais especificamente a distribuição das chuvas, da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, a partir do qual se busca verificar a relação existente entre este elemento e a distribuição de Zika Vírus e de seus vetores, e conseqüentemente a ocorrência de epidemias e casos isolados desta enfermidade especificamente analisando o caso do município do Rio de Janeiro.

Para que se pudesse fundamentar teoricamente a temática foi feita uma revisão sistemática da literatura disponível através das bases de dados: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), SCIELO e LILACS.

Assim, foram selecionados artigos originais (periódicos nacionais e internacionais), estudos retrospectivos, coortes, relatos de casos e série de casos, nas línguas inglesas, e portuguesas, que abordassem a ocorrência de Zika Vírus (ZIKV) relacionando o espalhamento do vetor, a dispersão do vírus com aumento dos casos da doença e a variabilidade climática, com foco não somente no município do Rio de Janeiro. Conseqüentemente, foi concretizada uma busca sobre a produção do conhecimento referente aos casos de Zika Vírus e sua associação com microcefalia em recém natos e síndrome *Guillan Barré* em adultos, tendo como objetivo identificar as concepções sobre este modo de transmissão através do mosquito *Aedes aegypti*.

Através da busca ativa, foram identificados 51 artigos inicialmente (duplicações, bem como estudos de revisão e àqueles que não preencheram os critérios de inclusão e os objetivos supracitados do trabalho foram excluídos), e destes analisou-se 36 publicações.

Todos os estudos evidenciam as mudanças climáticas como o principal facilitador do espalhamento do vetor em conjunto com os movimentos populacionais ao redor do país e do Planeta.

3.1. Arboviroses e Zika Vírus

Para contextualizar inicialmente dar-se-á informações acerca de Vírus.

Os vírus são agentes submicroscópicos que necessitam do metabolismo de células para sua síntese energética e proteica, bem como para multiplicação. Dessa forma, são também denominados parasitas obrigatórios, já que só expressam valor biológico no meio intracelular. Em ambiente extracelular os vírus são apresentados como estruturas químicas inertes, embora possuam formação e função bem definidas (CANN, 2005; FLORES, 2007).

Todas as formas de vida celular, seja eucariota (animais vertebrados, animais invertebrados, plantas, fungos) ou procarionte (bactérias e *archaea*) podem apresentar um ou mais tipos de infecção por vírus (CARTER & SAUNDERS, 2007; KNIPE & HOWLEY, 2013). Em sua forma mais simples, a constituição viral é apenas um pequeno segmento de ácido nucleico envolto por uma cápsula proteica simples e seu tamanho muito variável, de 10 a 450 nm (CANN, 2005; CARTER & SAUNDERS, 2007; FLORES, 2007; KNIPE & HOWLEY, 2013).

Compreender a natureza dos vírus, seus mecanismos de replicação, como e por que causam doenças gerará incontáveis avanços na área da saúde, como o desenvolvimento de meios para prevenção, diagnóstico e tratamento de patologias. Além disso, a criação de vacinas, reagentes, técnicas de diagnóstico e produção de medicamentos antivirais são apenas alguns exemplos da gama de benefícios que estudos poderão trazer (CARTER & SAUNDERS, 2007).

3.1.1. Arbovírus

Em 1942, a expressão *ARthropod-BORne VIRUS* (Arbovírus) foi introduzida para descrição do grupo de vírus de animais que se propagavam em artrópodes e eram transmitidos biologicamente a hospedeiros vertebrados. Duas décadas depois, o Subcomitê Internacional para Nomenclatura Viral recomendou a adoção oficial do termo arbovírus para designação dos vírus que são mantidos em natureza em ciclos envolvendo vetores artrópodes hematófagos e hospedeiros vertebrados (SHOPE, 1994).

Os arbovírus (*ARthropod BORne VIRUS*) têm sido motivo de grande preocupação em saúde pública em todo o mundo. Esse conjunto é composto por centenas de vírus que compartilham a característica de serem transmitidos por artrópodes, em sua maioria mosquitos hematófagos, embora não tenham necessariamente relação filogenética (TAUIL, 2001). Os vírus mais importantes para a saúde humana são os transmitidos por culicídeos,

principalmente dos gêneros *Culex* e *Aedes*, embora existam arbovírus transmitidos por outros artrópodes, como flebotomíneos e carrapatos (SHOPE, 2003).

Os primatas humanos e os não humanos são reconhecidos como hospedeiros primários dos arbovírus, enquanto que os hospedeiros secundários são vertebrados como roedores, pássaros e pequenos mamíferos (CASSEB et al., 2013). Além disso, os humanos ou animais domésticos geralmente são hospedeiros acidentais (FIGUEIREDO, 2007).

Os arbovírus patológicos para humanos e outros animais de sangue quente são pertencentes a cinco famílias/gêneros: *Bunyaviridae* (*Bunyavírus*) – causadora de Febre da Sandfly (mosquito pólvora), Febre do Vale Rift, Febre hemorrágica da Criméia-Congo; *Flaviviridae* (*Flavivírus*) – causa Febre Amarela, Dengue, Zika vírus; *Togaviridae* (*Alfavírus*) – causadora de Chikungunya, Encefalites equinas (Leste, Oeste, Venezuelana); *Reoviridae* – causa Rotavírus, Febre da carraça do Colorado, Doença de Fiji; e, *Rhabdoviridae* – causadora da raiva (DUTRA et al., 2016).

De acordo com Henriques et al. (2016) a infecção destes arbovírus ocorre da seguinte maneira:

- Concomitante à picada pelo vetor, é realizada a inoculação do vírus, presente nas glândulas salivar,
- O vírus é transportado por redes complexas de vasos e nódulos linfáticos, onde a replicação local acontece.
- Os vasos linfáticos transportam o fluido dos tecidos para o sistema circulatório, a partir do qual órgãos alvos serão atingidos e também infectados.

Com algumas exceções, os arbovírus são causadores de zoonoses, pois são mantidos na natureza em um ciclo de vertebrados não humanos e artrópodes. O risco de infecção pelos arbovírus em animais depende da distribuição geográfica do vírus, pois essa distribuição pode ser limitada a um pequeno nicho ecológico ou se estender a uma região ou mesmo a diversas regiões geográficas; em geral, essa distribuição é determinada pela presença do vetor e hospedeiro envolvidos na transmissão no caso da *Zika* o *Aedes aegypti* ou *Aedes albopictus* (CASSEB et al., 2013).

Para o surgimento de uma arbovirose, a mesma deve preencher um ou mais requisitos que podem estar associados: (i) ter o surgimento de vírus desconhecido pela evolução de nova variante viral; ter introdução no hospedeiro de um vírus existente em outra espécie (transposição da barreira de espécie); e, (ii) fazer disseminação de determinado vírus a partir de uma pequena população humana ou animal, na qual este vírus surgiu ou em que foi originalmente introduzido (LIMA-CAMARA, 2016).

Alguns arbovírus utilizam mecanismo alternativo para sua multiplicação, sendo mantidos nos artrópodes por passagem viral pelos ovos, chamada de transmissão transovariana, a fêmea infectada produz ovos infectados, e posteriormente os vetores podem transmitir esses vírus para humanos ou outros vertebrados quando fazem seu primeiro repasto sanguíneo. Uma vez infectado o artrópode permanece infectado pelo vírus por toda sua vida (VASCONCELOS et al., 2001).

De acordo com Weaver et al. (2010) existe grande probabilidade de um aumento na diversidade genética dos vírus que podem gerar grandes problemas no sistema de saúde pública, haja vista que essa escalada de diversidade genética gera novas patologias, aumento de transmissão, viremia e virulência.

A transmissão de arboviroses é aumentada quando mosquito habita o mesmo ambiente do hospedeiro vertebrado ocasionando maior contato entre as espécies gerando maior longevidade ao mosquito, pois quanto maior o tempo de vida, mais vezes ocorrerão o repasto e oviposição (GADELHA & TODA, 1985).

Os ambientes florestais (floresta amazônica e florestas africanas) são uma das maiores reservas de arbovírus do mundo, não só devido às condições climáticas favoráveis, como também devido à grande diversidade de fauna, com abundante variedade de artrópodes hematófagos e vertebrados silvestres, que constituem os elementos fundamentais para a manutenção desses vírus (CASSEB et al., 2013). No Brasil já foram isolados pelo menos 210 tipos de arbovírus, dos quais 196 foram identificados inicialmente na Amazônia brasileira, e muitos deles inclusive jamais foram encontrados fora dessa região (CAMPBELL-LENDRUM & CORVALÁN, 2007).

Consequentemente, o desequilíbrio desses ecossistemas pode levar ao surgimento de um maior número de doenças que estão relacionadas com o inadequado manejo dos ecossistemas naturais, contribuindo para o aparecimento de diversos arbovírus, alguns deles responsáveis por importantes problemas de saúde pública regional, nacional e até mesmo mundial como é o caso do Zika vírus (LOPES et al., 2014).

Portanto, as arboviroses são de grande relevância na saúde pública, devido a uma série de fatores, que vão desde a diversidade de agentes infecciosos envolvidos e a pluralidade de manifestações clínicas, até a inexistência de apoio laboratorial eficiente, a inexistência de medidas imunoproláticas para a maioria das infecções correntes e a dificuldade na implementação e manutenção de medidas educativas e sanitárias. Na mesma proporção de importância estão os fatores impactantes socioeconômicos, pelo enorme ônus na manutenção da cadeia produtiva, pela debilitação dos pacientes e o elevado grau de absentismo às

atividades essenciais, ocasionando um grande prejuízo às regiões afetadas. Aliado à estas dificuldades inerentes às infecções virais, está a falta de terapia específica, relegando o tratamento das arboviroses ao controle sintomático das manifestações clínicas (LOPES et al., 2014).

Em vista disso, as arboviroses é um crescente problema de saúde pública no mundo principalmente pelo potencial de dispersão, pela capacidade de adaptação a novos ambientes e hospedeiros (vertebrados e invertebrados), pela possibilidade de causar epidemias extensas, pela susceptibilidade universal e pela ocorrência de grande número de casos graves, com acometimento neurológico, articular e hemorrágico. A introdução de qualquer arbovírus em área indene ou com a presença do vetor jamais deve ser negligenciada (LOPES et al., 2014).

Portanto, o enfrentamento de arboviroses emergentes exige políticas e intervenções de amplo espectro, envolvendo vários setores da sociedade, não somente da área da saúde (LOPES et al., 2014).

3.1.2. *Flavivirus*

Os arbovírus apresentados a partir do gênero *Flavivirus* (família *Flaviridae*) mais conhecidos são: Febre Amarela (YFV), Dengue tipos 1 ao 4 (DENV), Encefalite Japonesa (JEV), *Kokobera* (KOKV), *West Nile* (WNV) e Zika (ZIKV). Eles medem de 40 a 60nm, são esféricos e possuem envoltório lipídico (Figura 1). Os vírus são recobertos por um capsídeo, e no seu interior uma simples fita de RNA com polaridade positiva e seus RNAs correspondem aproximadamente a 11 quilobases (CANN, 2005; CARTER & SAUNDERS, 2007; FIGUEIREDO, 2007; FLORES, 2007; TEVA et al., 2009; KORSMAN et al., 2012; KNIPE & HOWLEY, 2013).

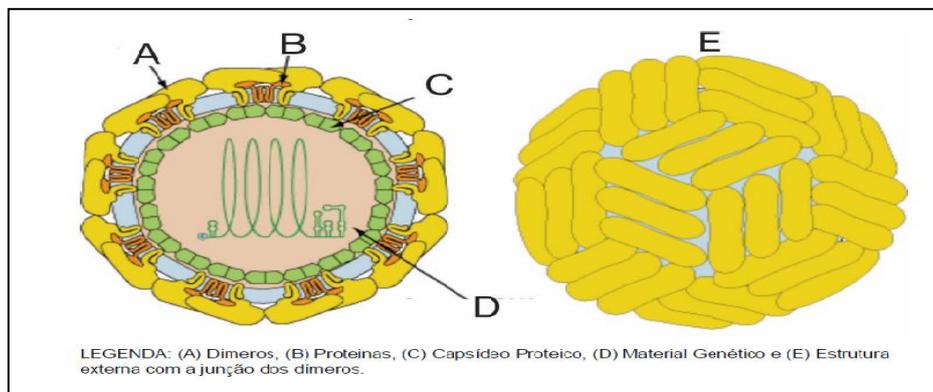


Figura 1: Representação de um Vírus do Gênero *Flavivirus*. Fonte: Adaptado de Viral Zone (<https://viralzone.expasy.org/>).

O mecanismo de ação dos *flavivírus* em termos gerais ocorre após o repasto do mosquito quando o vírus é transferido para humanos, a partir deste ponto é iniciada a infecção, os principais alvos dos vírus são monócitos, macrófagos e células dendríticas. A infecção por *flavivírus* é promovida com a interação da partícula viral com o receptor celular, após há endocitose e desnudamento, onde é feita a liberação do capsídeo e a liberação do RNA no citoplasma celular. Nos ribossomos é feita a tradução das proteínas virais, formação de novas fitas de RNA onde se encerra a replicação. Após a montagem de novas partículas virais estas são liberadas da célula por exocitose (CANN, 2005).

Nos humanos, infecções causadas por *flavivirus* em geral apresentam sintomas iniciais inespecíficos, similar aos sintomas de outros arbovírus como: febre, dores articulares severas, dor de cabeça, dores musculares, dor retroocular, calafrios, tonturas, náuseas, fotofobia, erupção na pele, dor abdominal, leucopenia e trombocitopenia; em casos específicos é registrado a presença de diarreia, dor garganta, congestão nasal, tosse e manifestações hemorrágicas (PINHEIRO et al., 1981; PINHEIRO & LEDUC, 1988; TAYLOR et al., 2005; BRASIL, 2014; WHO, 2015).

Segundo a literatura a reemergência de *Flavivirus* é um dos maiores problemas de saúde pública mundial. As razões para isto são complexas e não totalmente compreendidas. É destacado que a grande aquisição bens e descarte de rejeitos podem gerar fatores de risco para proliferação e para a disseminação passiva dos agentes transmissores, sob a forma de ovos ou larvas em recipientes contendo água. Seu período de transmissibilidade (ou viremia) é prolongado, pois o vírus pode ser detectado no sangue desde um a dois dias antes do aparecimento dos sintomas, até oito dias após o seu início, facilitando assim sua disseminação pelo mosquito vetor (GUBLER, 1998; TAUIL, 2001).

Na ausência de vacina eficaz e tratamento específico, são importantes a manutenção e integração de uma vigilância entomológica e epidemiológica contínua, a fim de direcionarmos métodos de controle e prevenção contra essas arboviroses no país (LIMA-CAMARA, 2016).

3.1.3. Zika Vírus e sua Evolução

O Zika Vírus (ZIKV) é uma arbovirose da família *Flaviviridae* e gênero *Flavivirus* transmitida pelos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Ele é um vírus RNA de fita simples transmitido por mosquitos que causam uma doença febril aguda leve semelhante a dengue.

A origem de seu nome remonta ao ano de 1947, onde cientistas estavam pesquisando sobre febre amarela na Floresta de Zika, uma área estreita e densa de grandes árvores com copas descontínuas, à margem do Lago Victoria, a 25km da capital de Kampala (Uganda/África), onde foi encontrada em um macaco *rhesus* uma febre diferente. A partir do seu isolamento, os pesquisadores chegaram à conclusão que se tratava de uma nova espécie de vírus e a chamaram de Zika Vírus que significa “coberto” no idioma local. Desde a sua descoberta até 2007, os casos confirmados de infecção pelo Zika vírus eram raros (HAYES, 2009; RASMUSSEN et al., 2016).

Ele se apresenta na forma exantemáticas que tem como via de transmissão mosquitos hematófagos como o *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (GÓIS, 2017). O ZIKV é capaz de sofrer mutações e/ou adaptar-se a novos ciclos zoonóticos e, assim, adquirir um maior potencial para emergir. Esta arbovirose pode surgir como resultado de um ambiente em degradação e distúrbios sócio econômicos (WEAVER et al., 2010).

Isso acontece porque a população desloca-se de maneira voluntária, por razões de trabalho, estudo e lazer, ou de maneira forçada, após um desastre natural (deslizamentos, enchentes, refugiados). 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 (AAGAARD-HANSEN et al., 2010).

A transmissão do Zika vírus normalmente ocorre durante o repasto de mosquitos *Aedes*, mas há evidências de transmissão do vírus por via congênita (OLIVEIRA MELO et al., 2016), via perinatal (BESNARD et al., 2014). Também há relatos de transmissão via sexual (MUSSO et al., 2015), via transfusão sanguínea (MUSSO et al., 2014), mordida de macacos (LEUNG et al., 2015), saliva e urina (BONALDO et al., 2016), suor e lágrimas (SWAMINATHAN et al., 2016).

O diagnóstico diferencial é feito principalmente para dengue e *chikungunya* (IOOS et al., 2014), onde após o descarte das mesmas é incluído um teste para Zika.

Assim, muitas pessoas infectadas com o ZIKV não manifestam sintomas ou são de uma forma branda, e seus sintomas mais comuns são: febre, exantemas, artralgias, conjuntivite, mialgia e dor cefaleias com duração máxima de uma semana. Em geral, os sintomas não incomodam o suficiente para se buscar atendimento médico (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION - CDC/EUA, 2015).

O primeiro caso de Zika vírus foi identificado em humanos em 1952 e descrito até o ano de 2007 como causador de infecções esporádicas em humanos na África e na Ásia. Ele é considerado endêmico (doença infecciosa que ocorre habitualmente e com incidência significativa em dada população e/ou região) no Leste e Oeste do continente africano. Evidências sorológicas em humanos sugerem que a partir de 1966 o vírus tenha se disseminado para o continente asiático. Em 2007, foi relatado um surto a partir dos Estados Federados da Micronésia, correspondendo ao primeiro diagnóstico por ZIKV para além da África e Ásia.

Entre 1951 a 2013, evidências sorológicas em humanos foram notificadas em países da África (Uganda, Tanzânia, Egito, República da África Central, Serra Leoa e Gabão), Ásia (Índia, Malásia, Filipinas, Tailândia, Vietnã e Indonésia) e Oceania (Micronésia e Polinésia Francesa). Desde então, a infecção se espalhou para outras ilhas do Pacífico, atingindo, posteriormente, as Américas, principalmente do Sul e Central.

Nas Américas, o Zika Vírus foi identificado pela primeira vez, no início de 2014, na Ilha de Páscoa, território chileno localizado no Oceano Pacífico, a 3.500 km do continente. Outros países das Américas também foram atingidos pelo ZIKV. Em 17 de janeiro de 2016, a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) lançou uma atualização epidemiológica, informando que 18 países e territórios haviam confirmado sua transmissão local: Brasil, Barbados, Colômbia, El Salvador, Equador, Guatemala, Guiana, Guiana Francesa, Haiti, Honduras, Martinica, México, Panamá, Paraguai, Porto Rico, Saint Martin, Suriname e Venezuela (BRASIL, 2016a).

Segundo Marcondes (2015), o ZIKV provavelmente foi introduzido no Brasil durante a Copa do Mundo de Futebol em 2014, quando muitos turistas visitaram a cidade do Rio de Janeiro e outras capitais brasileiras, possivelmente contribuindo para a infecção de mosquitos *Aedes (Stegomyia)*. Como a dengue ocorreu em várias cidades onde ocorreram os jogos, os turistas também poderiam ter adquirido os vírus, possivelmente transportando-os quando voltaram para suas respectivas casas.

Na Figura 2 está apresentado um mapa com a linha do tempo da evolução de casos do Zika vírus desde a sua origem (1947) até 2016.

Embora a doença, causada pelo Zika vírus, tenda a evoluir de forma favorável, há relatos de complicações neurológicas tardias, provavelmente imunomediadas, como a síndrome de *Guillain-Barré* (SGB), relatada tanto nos surtos ocorridos na Polinésia Francesa (na última década) como nas epidemias recentes no Rio Grande do Norte e na Bahia, ambos no Brasil. Portanto, os clínicos devem estar atentos para quadros de fraqueza nos membros inferiores, observados em pacientes com quadro sugestivo de ZIKV (LUZ et al., 2015).

Cabe ressaltar que em outubro de 2015, foi observado aumento inesperado no nascimento de crianças com microcefalia, inicialmente em Pernambuco, e posteriormente em outros estados da região Nordeste, meses depois da confirmação da transmissão autóctone da febre pelo Zika Vírus no Brasil, em abril do mesmo ano. Até 20 de fevereiro de 2016, haviam sido registrados 5.640 casos suspeitos de microcefalia e 583 confirmados (BRASIL, 2016a).

Segundo a Superintendência de Vigilância Epidemiológica da Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro, desde 18 de novembro de 2015, foi dado início as notificações de gestantes com manchas vermelhas na pele, a partir deste momento as notificações tornaram-se obrigatória e imediata e um protocolo foi sendo construído para atender o Recém nato com microcefalia (BRASIL, 2016b).

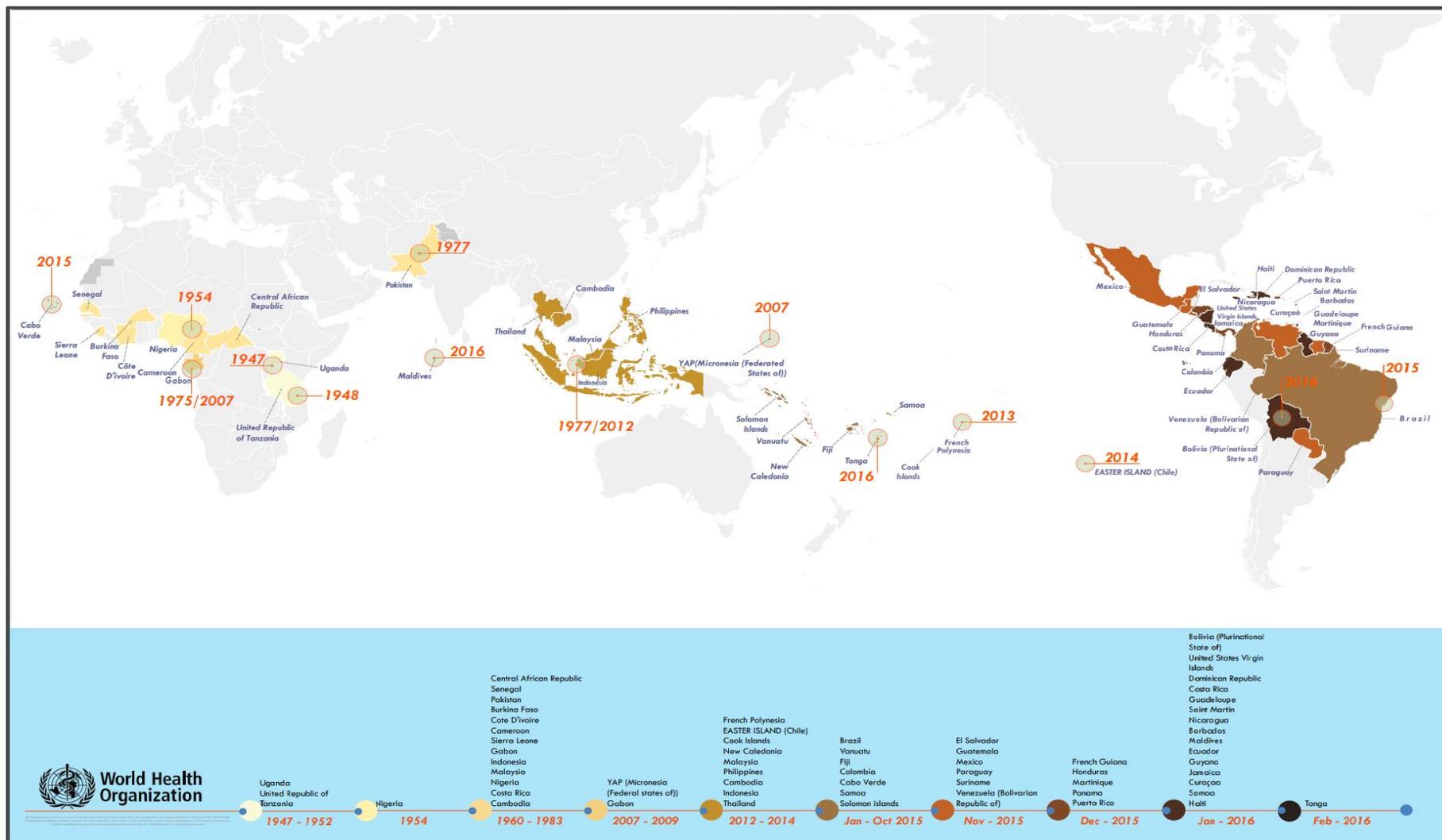


Figura 2: Mapa histórico da evolução de casos do Zika vírus no mundo. Fonte: Extraído da OMS (2016).

3.1.3.2 Microcefalia e Síndrome Congênita do Zika Vírus

i. Microcefalia

O Brasil foi o primeiro país a identificar uma possível relação entre a infecção pelo Zika vírus na gestação e a ocorrência de microcefalia em recém-nascidos (RN). A partir do estabelecimento de uma força tarefa nacional, dentre os primeiros 35 casos de RN com microcefalia notificada em oito estados do país (agosto e outubro de 2015), verificou-se que todas as mães residiam ou visitaram áreas infectadas pelo vírus durante a gestação. Além disso, 25 (71%) dos RN tiveram microcefalia severa (perímetro cefálico com mais de três desvios-padrões abaixo da média para idade e sexo), 17 (49%) apresentaram uma anormalidade neurológica, e todos os 27 RN que realizaram exames de neuroimagem apresentaram anormalidades (SALGE et al., 2016).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a microcefalia é caracterizada pela medida do crânio realizada, pelo menos, 24 horas após o nascimento e dentro da primeira semana de vida (até 6 dias e 23 horas), por meio de técnica e equipamentos padronizados, em que o Perímetro Cefálico (PC) apresente medida menor que menos dois (- 2) desvios-padrões abaixo da média específica para o sexo e idade gestacional. Além disso, a OMS considera que a medida menor que menos três (-3) desvios-padrões são definidos como microcefalia grave (BRASIL, 2016a,b), conforme pode ser observado na Figura 3.

A medição do perímetro cefálico deve ser feita com fita métrica não-extensível, na altura das arcadas supraorbitárias, anteriormente, e da maior proeminência do osso occipital, posteriormente. Os valores obtidos devem ser registrados em gráficos de crescimento craniano, o que permite a construção da curva de cada criança e a comparação com os valores de referência. Mudanças súbitas no padrão de crescimento e valores anormalmente pequenos para a idade e o peso (menor que dois desvios-padrão) devem ser investigados. A medida do PC é importante nos primeiros dois anos de vida, refletindo, até certo ponto, o crescimento cerebral (BRASIL, 2016b).

RECEM-NASCIDO (RN) COM MICROCEFALIA SUGESTIVA DE INFECÇÃO CONGÊNITA

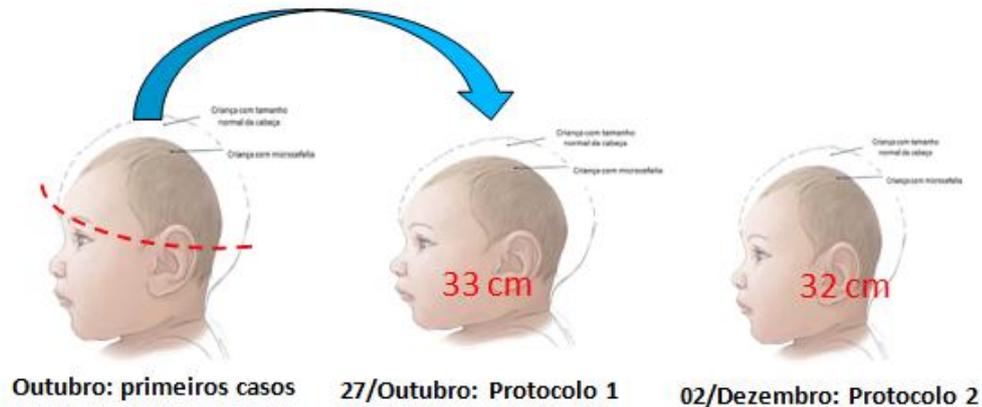


Figura 3: Comparativo do Perímetro Cefálico entre Recém-Nascido normal e com Microcefalia. Fonte: Adaptado de CDC/EUA (2016).

A relação entre ocorrência de microcefalia, associada ou não a alterações do Sistema Nervoso Central (SNC), e a infecção pelo vírus Zika na gestação está sendo descrita pela primeira vez na história, com base no surto que está ocorrendo no Brasil. Apesar do período embrionário ser considerado o de maior risco para múltiplas complicações decorrentes de processo infeccioso, sabe-se que o sistema nervoso central permanece suscetível a complicações durante toda a gestação (BRASIL, 2016b).

O CDC/EUA testou, no ano de 2015, amostras do Brasil de gestantes que apresentaram sintomas de infecção pelo vírus Zika, sendo que duas gestações terminaram em abortamento e dois RN com microcefalia que morreram logo após nascer. Os quatro casos obtiveram resultado positivo para infecção pelo vírus Zika, indicando que os fetos e RN foram infectados durante a gestação. Adicionalmente, os testes identificaram a presença do vírus em amostras cerebrais dos RN e análise de sequenciamento genético mostrou que há similaridade com o vírus circulante no Brasil (CDC/EUA, 2016). Desde outubro de 2015, o número de casos de microcefalia neonatal, possivelmente relacionados ao Zika vírus, cresceu significativamente no Brasil, incluindo casos detectados em aproximadamente 724 municípios do país.

Em 04 de março de 2016, a OMS atualizou as orientações preliminares voltadas para os profissionais de saúde que prestam cuidados diretamente aos recém-nascidos e suas famílias, bem como aos responsáveis pelo desenvolvimento de protocolos e políticas de saúde nacionais e locais, especialmente nas regiões afetadas pelo Zika vírus (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS, 2018). A OMS recomenda que o perímetro cefálico seja medido utilizando técnica e equipamentos padronizados, entre 24 horas após o nascimento e

até 6 dias e 23 horas (dentro da primeira semana de vida). A medida deve ser comparada com valores de referência e interpretada a partir dos desvios-padrão específicos para sexo e idade gestacional. Para os recém-nascidos a termo, com 37 a 42 semanas de gestação, recomenda-se utilizar os padrões cuja referência é a idade da criança (conforme descrita na Tabela da OMS). Para recém-nascidos prematuros, deve-se utilizar como referência a idade gestacional segundo a tabela do Estudo Internacional de Crescimento Fetal e do Recém-Nascido: Padrões para o Século 21 (*Intergrowth*).

Nesse documento, a OMS (OMS, 2018) padroniza as definições segundo os seguintes pontos de corte, sendo:

- **Microcefalia:** recém-nascidos com um perímetro cefálico inferior a -2 desvios-padrão (DP), ou seja, mais de 2 desvios-padrão (DP) abaixo da média para idade gestacional e sexo.
- **Microcefalia grave:** recém-nascidos com um perímetro cefálico inferior a -3 desvios-padrão, ou seja, mais de 3 desvios-padrão abaixo da média para idade gestacional e sexo.

ii. **Síndrome Congênita de Zika**

A síndrome congênita associada à infecção pelo Zika vírus (SCZ) compreende um conjunto de sinais e sintomas apresentados por crianças nascidas de mães infectadas por esse vírus durante a gestação. A microcefalia, definida como ‘perímetro cefálico (PC) abaixo de -2 desvios-padrão para idade e sexo de acordo com curvas de referência é a manifestação mais marcante dessa síndrome. A SCZ também pode incluir alterações oculares, desproporção craniofacial e algumas deformidades articulares e de membros, mesmo que na ausência de microcefalia. Ainda não se conhecem completamente o espectro e as consequências da SCZ para a saúde e a esperança de vida das crianças acometidas, embora seja notável a gravidade dos casos, com evidência de prejuízos ao crescimento e desenvolvimento infantil.

Segundo a OMS (OMS, 2018) a Síndrome Congênita do Zika é um padrão único de defeitos congênitos encontrados entre fetos e bebês infectados com o Zika vírus durante a gravidez. A síndrome congênita de Zika é descrita pelas cinco características seguintes:

- Microcefalia grave, onde o crânio está parcialmente afundado;
- Tecido cerebral reduzido com padrão específico de danos ao cérebro;
- Lesão (isto é, cicatrização ou alterações de pigmento) na parte de trás do olho;

- Juntas com movimento de alcance limitado, como pé torto;
- Excesso de tônus muscular, limitando os movimentos corporais após nascimento.

Para finalidade de vigilância, a triagem de recém-nascidos, entre as semanas epidemiológicas 50/2015 e 10/2016 (13 de dezembro de 2015 a 12 de março de 2016) vigorou como ponto de corte para definição de casos o valor de 32cm de perímetro cefálico para ambos os sexos. Esse valor de referência corresponde ao percentil 2,6 (-1,94 DP) para meninos e ao percentil 5,6 (-1,59 DP) para meninas (BRASIL, 2016b).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) um nascido vivo possui microcefalia, quando o perímetro cefálico é menor que dois ou mais desvios-padrão do que a referência para o sexo, a idade ou tempo de gestação. Atualmente, o Ministério de Saúde considera microcefalia em crianças com perímetro cefálico igual ou inferior a 32 cm (BRASIL, 2016a).

Em aproximadamente 90% dos casos, a microcefalia está associada a alterações neurológicas. Os casos analisados até o momento por exames de tomografia computadorizada e ultrassom transfontanela demonstram alterações semelhantes com calcificações espalhadas pelo cérebro, principalmente nas regiões periventricular, parenquimal, e talâmica, e na ganglia basal. Tais alterações podem repercutir significativamente no desenvolvimento desses RN (BRASIL, 2016a).

A vigilância e a atenção adequada às crianças com síndrome congênita de Zika devem continuar sendo priorizadas. Em vista disso, o Ministério da Saúde (MS) lançou os protocolos de vigilância e de atenção à saúde e resposta à ocorrência de alterações neurológica e visuais com ou sem microcefalia relacionada à infecção pelo Zika Vírus, além do protocolo de estimulação precoce de crianças com síndrome congênita de Zika tem empenhado esforços e recursos para esta finalidade. O Governo Federal divulgou as estratégias para o enfrentamento à síndrome congênita de Zika, divididos em três eixos: (i) combate ao mosquito; (ii) atendimento às pessoas; e (iii) desenvolvimento tecnológico, educação e pesquisa (BRASIL, 2016b).

De acordo com documento do Ministério da Saúde (BRASIL, 2016b) se durante o pré-natal a gestante for diagnosticada com exantema, independentemente da idade gestacional, o caso deverá ser notificado e ela deverá continuar o acompanhamento no serviço de saúde que vinha sendo acompanhada, exceto se apresentar alterações que modifiquem a classificação do risco obstétrico.

Ressalta-se que a identificação precoce de uma circunferência craniana menor que o esperado para a idade gestacional durante o pré-natal pode proporcionar maior êxito nas ações de esclarecimento das suspeitas epidemiológicas relacionadas à microcefalia, bem como, preparar melhor e orientar de maneira adequada a família para o nascimento de um RN com malformação. Desta forma, os serviços de saúde locais são orientados pelo Ministério da Saúde a realizar a notificação imediata na plataforma do Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde (CIEVS) de todos os casos de fetos que apresentem sinais sugestivos de infecção intrauterina pelo ZIKV. O protocolo do Ministério da Saúde, citado anteriormente, define que as notificações devem atender ao critério de diagnóstico fetal, por meio de ultrassom ou outro método de imagem disponível, que identifique circunferência craniana com dois desvios padrão abaixo da média para a idade gestacional e sexo.

Além disso, o protocolo recomenda que sejam registrados no formulário de Registro de Eventos de Saúde Pública (RESP-Microcefalias) todos os casos suspeitos de microcefalia relacionados ao vírus Zika. Este formulário é disponível online pelos serviços públicos e privados. Portanto, é importante ressaltar que a suspeita precoce, notificação propícia e o registro adequado são essenciais para iniciar o processo de investigação, confirmando ou descartando os casos de síndrome congênita de Zika relacionados a Zika, bem como contribuir para descrição dessa nova doença e atenção à saúde do RN (BRASIL, 2015).

A equipe de saúde deve estar preparada para acolher a gestante com caso suspeito de síndrome congênita de Zika com suas angústias, medos e dúvidas, através de uma escuta atenta e qualificada, sem realizar julgamento nem preconceitos, permitindo que a gestante possa se expressar livremente, incluindo vigilância e controle de mosquitos, promoção de medidas de proteção pessoal com a orientação do uso de repelente e telas nas janelas, apoio a mulheres grávidas que vivem ou retornam de Países com a circulação do Zika (BRASIL, 2015).

O protocolo do Ministério da Saúde recomenda ainda realizar coleta de amostras de sangue do cordão umbilical, líquido cefalorraquidiano (LCR) e urina do RN no momento do nascimento para realização de sorologias específicas para arboviroses e outras doenças do protocolo de investigação (TORSCH- toxoplasmose, rubéola, citomegalovírus, herpes vírus e sífilis) (BRASIL, 2015).

No momento do nascimento o RN deve ser assistido de acordo com as rotinas preconizadas pelo Ministério da Saúde, e em caso de necessidade de reanimação neonatal seguir os cuidados propostos pela Portaria SAS/MS nº 371, de 7 de maio de 2014, e da Nota Técnica nº 16, de 16 de junho de 2014 (16,33). Portanto, ao RN será garantido o direito do

contato pele-a-pele precoce, clampeamento do cordão umbilical em momento oportuno, amamentação na primeira hora de vida e somente ser submetido aos procedimentos de rotina após esses preparos iniciais (BRASIL, 2015).

3.1.4. Biologia e Controle do Vetor *Aedes*

3.1.4.1 Biologia do Vetor

Os mosquitos são insetos classificados dentro do reino *Animalia*, filo *Arthropoda*, classe *Insecta*, ordem *Diptera*, Subordem *Nematocera* e família *Culicidae*, possuindo mais de 3.200 espécies descritas, sendo subdividida em três subfamílias: *Anophelinae*, *Culicinae* e *Toxorhynchitina*. Na subfamília *Culicinae*, que detém mais de 1.200 espécies, tem-se em destaque o gênero *Aedes* (ALMEIDA, 2011). Como mencionado antes o Zika Vírus é transmitido pelos mosquitos *Aedes Aegypti* e *Albopictus* (Figura 4).

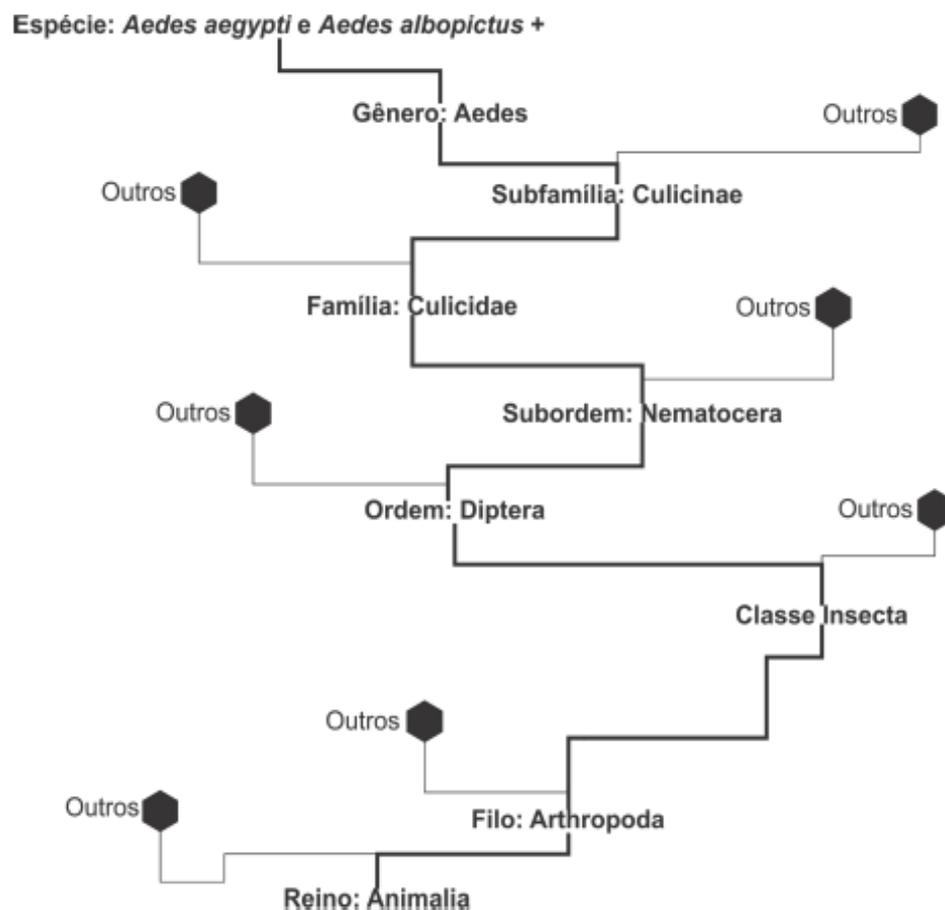


Figura 4: Arvore Filogenética adaptada para o *Aedes Aegypti* e *Aedes Albopictus*. Fonte: Baseado em ALMEIDA (2011) e DA SILVA et al. (2013). Nota: Ramo **em negrito** representa apenas o destaque dos vírus do presente trabalho, o sinal + foi utilizando para representar que existem mais espécies *Aedes* no ramo.

Aedes (Stegomyia) aegypti (L.) é um artrópode (possui patas articuladas) holometábolos (metamorfose completa) de tamanho pequeno, possuindo, em média, 0,5 cm de comprimento, além de possui cor preta com manchas (riscos) brancos no dorso, pernas e cabeça. Tem uma parte do desenvolvimento na água e outra parte no ar e foi observado que o ovo leva de 7 a 10 dias para se desenvolver e se tornar um mosquito adulto.

A fêmea do *Aedes aegypti*, ao picar um hospedeiro vertebrado infectado, ingere junto com o sangue o agente etiológico de determinada doença. Uma vez no intestino do vetor, esse agente, que pode ser um vírus ou um protozoário, precisa estar adaptado a resistir a barreiras físicas e imunológicas do inseto, possibilitando alcançar o órgão-alvo (glândula salivar ou uma parte específica do intestino) a partir do qual será transmitido. Quando o agente alcança o órgão-alvo do vetor, este está apto para transmiti-lo a outro hospedeiro vertebrado suscetível (GALATI et al., 2015). Ela é a principal responsável pela transmissão do Zika Vírus aos hospedeiros humanos, pois somente a fêmea do mosquito é capaz de propagar a doença porque precisa do sangue para o desenvolvimento de seus ovos.

A oviposição se faz nas paredes dos criadouros pouco acima da superfície da água. Os ovos não chegam a 1mm de comprimento. Para um bom desenvolvimento os embriões demoram cerca de 48 horas em boas condições de umidade e temperatura, assim os ovos se tornam resistentes a dessecação e podem sobreviver por até 450 dias sem o contato com a água (GADELHA, 1985; BRASIL, 2001).

Na fase de larva, ocorre a absorção de material orgânico acumulado aos redores do criadouro para elevar seu tamanho. O crescimento é dependente da temperatura, disponibilidade de alimento e densidade das larvas no criadouro. Em condições favoráveis a fase de larva dura 5 dias, já em condições adversas pode durar semanas. Nessa fase a larva já responde a estímulos de movimentos na água e a feixes de luz, utilizando manobras evasivas (BRASIL, 2001).

Já na fase de pupa, é onde ocorre a transformação de larva para mosquito adulto, nessa fase as pupas não se alimentam e a movimentação é limitada, essa fase dura entre 2 a 3 dias (BRASIL, 2001; EISEN et al., 2009; WHO, 2015), Na sequência, ocorre o aparecimento de características próprias dos mosquitos adultos como asas, probóscito e patas (GADELHA & TODA, 1985) (Figura 5).

O tempo entre o repasto sanguíneo realizado pelo vetor e o momento em que este se encontra apto para transmitir o agente infectante é denominado de Período de Incubação Extrínseco (PIE), que é sensível à temperatura, sendo um importante componente na dinâmica de transmissão de um patógeno. Com efeito, em condições de laboratório, foi demonstrado

que o aumento de 2°C na temperatura reduz em até quatro dias o PIE do vírus na fêmea. Dessa forma, quanto mais alta é a temperatura (até certos limites), menor é o PIE, resultando em mosquitos infectantes mais jovens e com tempo maior de vida na condição de transmissor (GALATI et al., 2015).

O *Aedes aegypti*, devido a sua estreita relação com o ser humano, é encontrado preferencialmente próximo as habitações humanas (SILVA et al., 2012). Ele é um mosquito de hábitos diurnos, seu controle é árduo, pois o mosquito é muito versátil na escolha dos criadouros quase predominantemente domésticos (CONSOLI & OLIVEIRA, 1994 *apud* GÓIS, 2017).

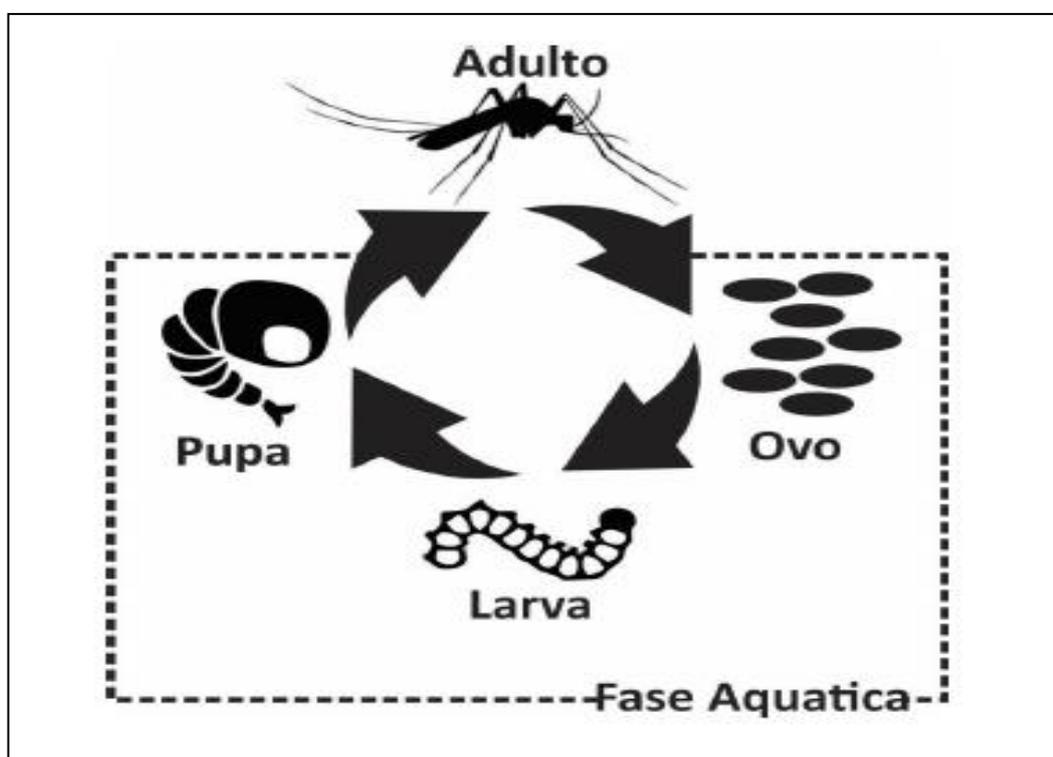


Figura 5: Ciclo Reprodutivo dos Mosquitos *Aedes*. Fonte: GÓIS (2017).

Estudo realizado pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) constatou que as picadas do *Aedes Aegypti* acontecem, geralmente, entre 7h30min. e 10h e entre 15h30min. e 19h, o que não impede a picada do mosquito em outro horário; a fêmea precisa do repasto sanguíneo para amadurecer seus ovos, e garantir a preservação da espécie, com isso pode picar em outros horários, saindo de sua rotina (ALMEIDA, 2011). Além disso, verificou que a capacidade de dispersão do mosquito *Aedes aegypti* pelo voo é pequena, poucas vezes excede os 100 metros. Porém, já foi confirmado que uma fêmea consegue voar até três km de distância para realizar oviposição, quando não há recipientes apropriados nos arredores

Com a recente associação do Zika vírus com os casos de microcefalia e Síndrome Congênita de Zika desencadeou uma preocupação mundial em Saúde Pública e mostrou a necessidade de desenvolver uma estratégia para combater o mosquito *Aedes aegypti*.

Já *Aedes albopictus* também conhecido como “tigre asiático” apresenta como características fenotípicas a coloração negra; com uma faixa estreita, longitudinal, mediana, possuem hábitos antropofílicos e zoofílicos diurnos e fora dos domicílios humanos. Ele tem expectativa de vida de meses se mantidos em laboratório, mas na natureza, vivem em média 33 dias. Metade dos mosquitos morre durante a primeira semana de vida, do restante 95% durante o primeiro mês (GÓIS, 2017).

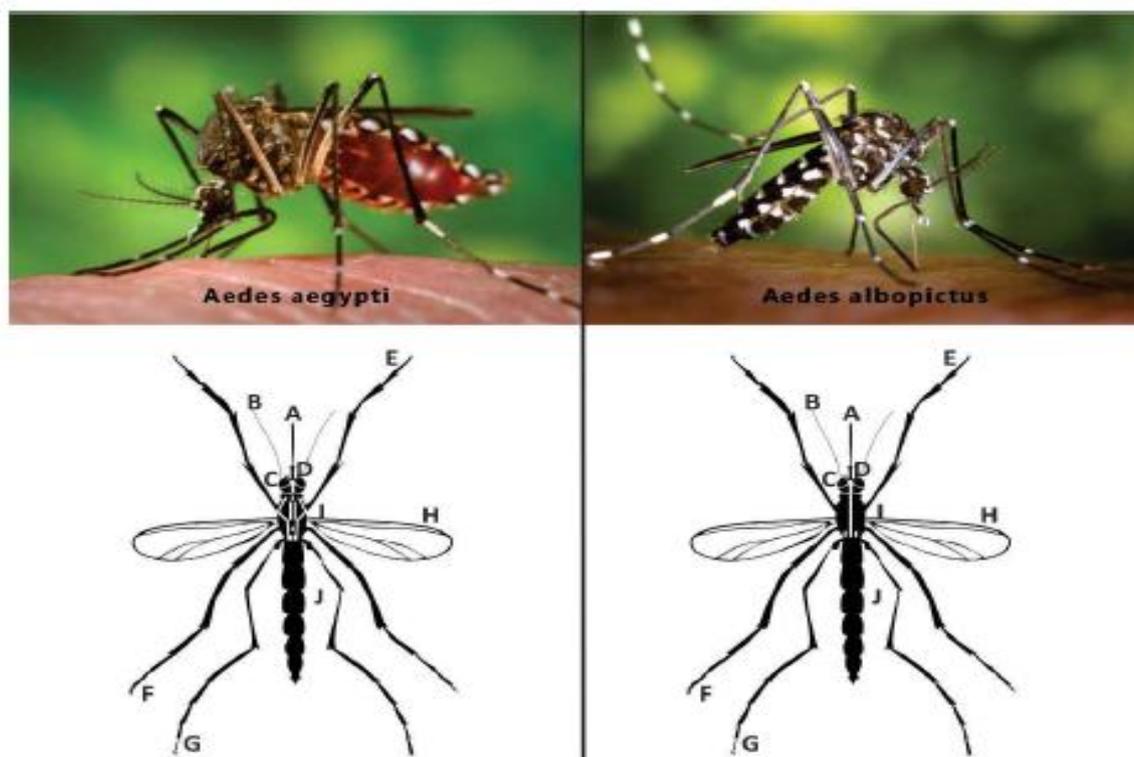
Os mosquitos *Aedes aegypti* e *albopictus* são espécies que habitam em climas tropicais e subtropicais. Essas faixas compreendem entre as latitudes 35°N e 35°S, com relatos de mosquitos encontrados fora dessa faixa, quase sempre em virtude a estação quente, pois o mesmo não sobrevive a invernos rigorosos, e não é encontrado com facilidade acima dos 1.000 metros do nível do mar, porém há registros de presença do mosquitos em locais com 2.200 metros acima do mar (BRASIL, 2001). Por apresentar grande capacidade de adaptação a criadouros artificiais, possibilitar o aumento de sua população e, por conseguinte, o aparecimento de epidemias de arboviroses, por isso é dito ser um importante vetor em saúde pública devido ao seu papel como transmissor de arboviroses.

A olho nu a diferenciação entre os *Aedes Aegypti* e *albopictus* é difícil, porém a morfologia das espécies é similares e pode ser visualizada como na Figura 6.

O número de ovos depositados por cada fêmea é relativamente ligado a quantidade de sangue ingerido, em média de 3,0 a 3,5 mg, o que corresponde aproximadamente a 120 ovos. Mas sua postura é feita parceladamente em ocasiões sucessivas, em um ciclo de oviposição a fêmea poderá visitar ao menos 200 habitações. Esse tipo de comportamento é chamado de “oviposição em saltos”.

Embora o mosquito tenha o aparato fisiológico para percorrer grandes distâncias, ele não tenderá a sair do raio de 800 metros de onde iniciou suas atividades, salvo se seu deslocamento for por intermédio de transportes passivos (GÓIS, 2017). Além disso, foi evidenciado que uma fêmea pode voar até 3 km em busca de local adequado para a ooposição, quando não há criadouros apropriados nas proximidades (BRASIL, 2001).

Acredita-se que devido a isso os mosquitos *Aedes*, implantaram-se com facilidade em quase todo o Brasil. Uma vez infectado, o artrópode permanecerá infectado pelo vírus por toda sua vida (CASSEB et al., 2013).



LEGENDA: A (Proboscido), B (Antena), C (Olho), D (Palpo), E (Pata Anterior), F (Pata Média), G (Pata Posterior), H (Asa), I (Tórax) e J (Abdômen).

Nota: O macho se distingue essencialmente da fêmea por possuir antenas plumosas e palpos mais longos. Pode ser diferenciado a presença de uma listra no torax do *Aedes albopictus* e um formato de lira no *Aedes aegypti*.

Figura 6: Representação Morfológica Aproximada de Mosquitos *Aedes Aegypti* e *Aedes Albopictus*. Fonte: Baseado em BRASIL (2001) e BENCHIMOL (2006) *apud* GÓIS (2017).

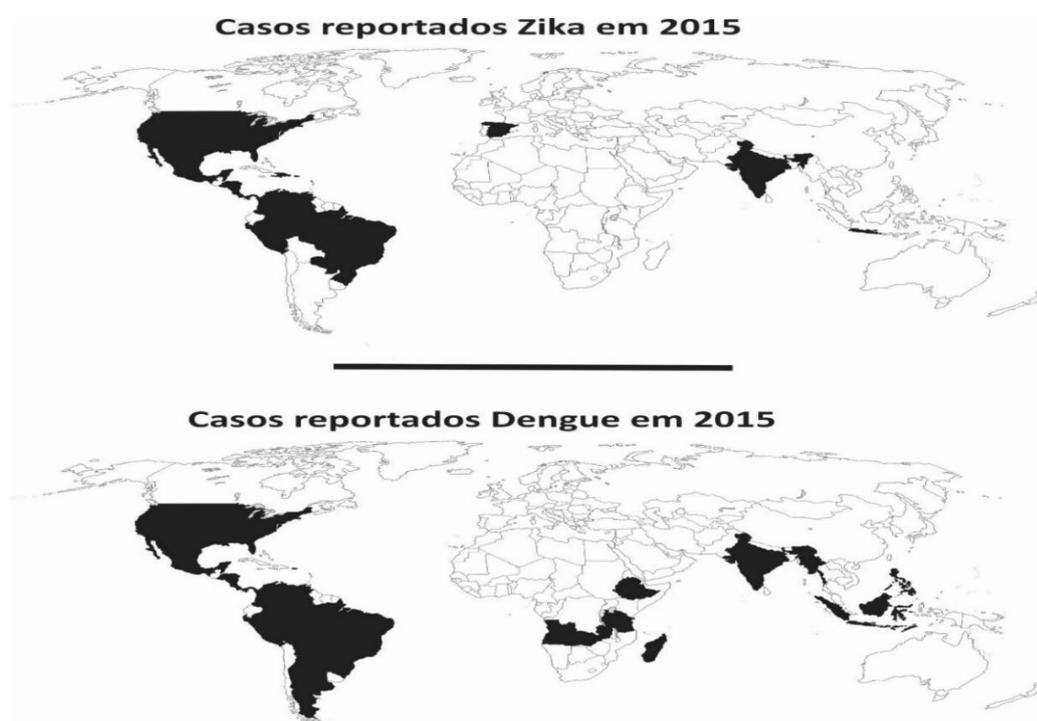
De acordo com Bohbot et al. (2014) os mosquitos são atraídos por substâncias encontradas nos seres humanos como o dióxido de carbono (CO_2), ácido lático e amônia (SMALLEGANGE et al., 2009). Os palpos maxilares dos insetos indicam os níveis de CO_2 exalados pelos hospedeiros, e as antenas os odores mais complexos.

A propagação do mosquito *Aedes aegypti* no Brasil são oriundos provavelmente do período colonial, na época do tráfico de escravos, onde navios que aportavam em portos brasileiros, desencadeavam inúmeras epidemias (CONSOLI & OLIVEIRA, 1994 *apud* GÓIS, 2017). Utilizando o mesmo mecanismo ou acrescido pelo uso de aviões, o *Aedes albopictus* espalhou-se do Sudeste Asiático para todo o mundo tropical, foi descrito pela primeira vez no Brasil em 1987 em regiões próximas do Rio de Janeiro (SCHATZMAYR, 2001 e TSETSARKIN et al., 2014 *apud* GÓIS, 2017).

Com novas possibilidades de deslocamento tanto para viagens como para comercio a nível mundial em velocidade e frequência mais rápidas com o uso do transporte aéreo, é exercido um fator que viabiliza o deslocamento de vetores para áreas onde o mesmo não era conhecido, bem como o contato direto do homem com áreas inexploradas, onde existe a

possibilidade de haver agentes até então desconhecidos. No mesmo fluxo podemos citar a importação e exportação de animais como uma forma de trazer novos agentes a diversificar áreas, ou até mesmo reintroduzir vetores em regiões controladas (SCHATZMAYR, 2001 e LUNA, 2002 *apud* GÓIS, 2017).

Um exemplo clássico da disseminação de mosquitos *Aedes* vem da comercialização de pneus usados, onde ovos dos mosquitos são transportados juntos aos pneus e difundidos por todo mundo, ocasionando novos focos do mosquito e causando a emergência e reemergência de doenças (MORSE, 1995). A Figura 7 mostra os casos reportados de Zika e dengue no ano de 2015 no mundo.



Nota: Os países com preenchimento são com alertas confirmados.

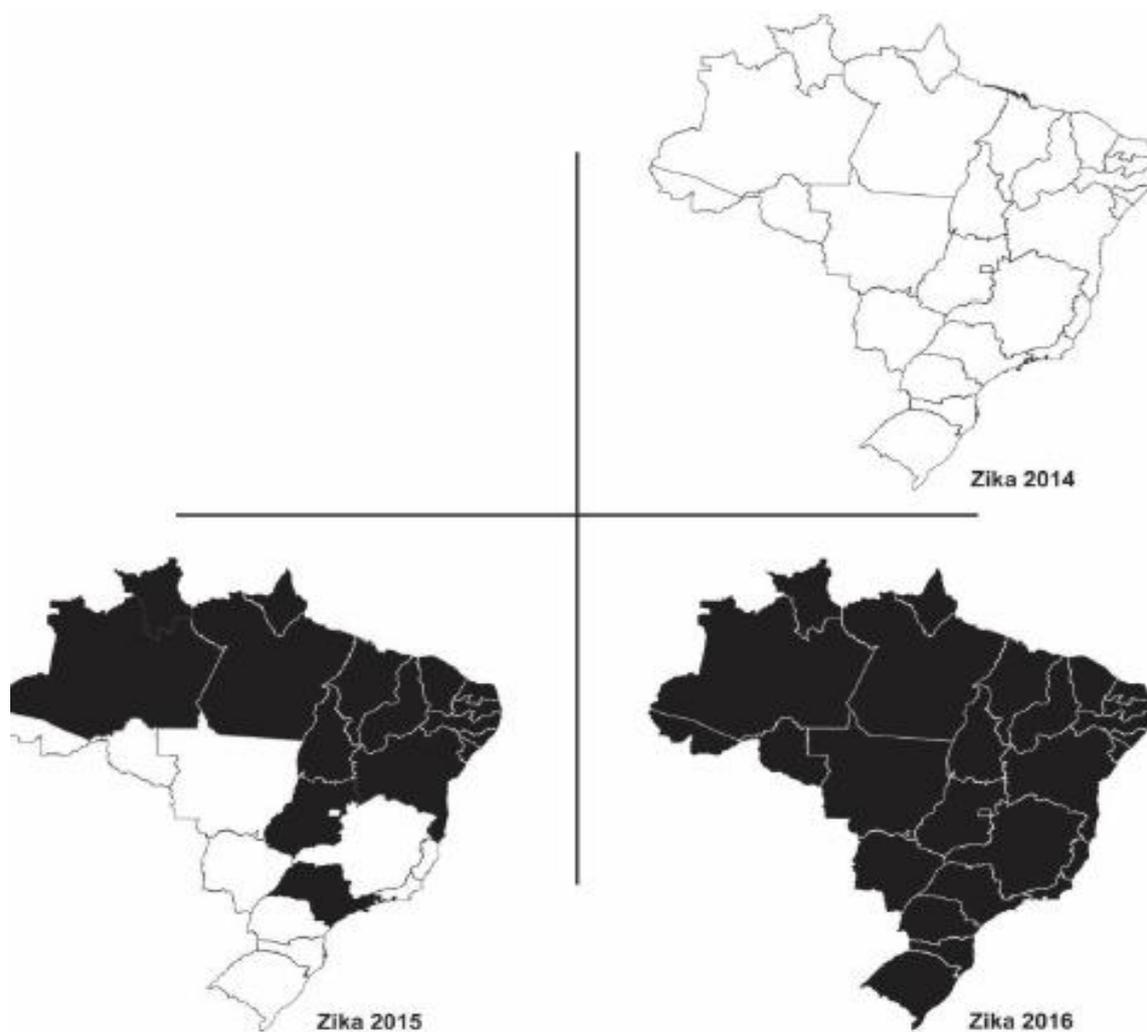
Figura 7: Casos reportados de Zika e Dengue no Mundo no período de 01/01/2015 a 31/12/2015. Fonte: Adaptado de CDC (2016), HeartMap.org (2016) e WHO (2016).

A vigilância dos mosquitos pode ser vista como a ininterrupta observação e ponderamento de dados recebidos nos níveis de influência mútua entre hospedeiros humanos e animais reservatórios, com influência direta de fatores ambientais que detecte de forma direta qualquer mudança na transmissão de doenças. Já a vigilância virológica em humanos ocorre de forma apática, ou quase inexistente, pois os sorotipos ativos são detectados apenas quando o arsenal viral já está instalado, dias após a infecção (GOMES, 2002 e BRASIL, 2007 *apud* GÓIS, 2017).

No Brasil, as modificações, a longo prazo, dos padrões de morbidade, invalidez e morte que caracterizam uma população específica e que, em geral, ocorrem em conjunto com outras transformações demográficas, sociais e econômicas nunca foi aplicável com perfeição, isso pode ser constatado pelas marcantes desigualdades regionais e sociais, com a existência de aglomerados populacionais nos quais os perfis de mortalidade pouco se alteraram nas últimas décadas (LUNA, 2002 *apud* GÓIS, 2017).

A dengue já faz parte das arboviroses instaladas no Brasil há décadas. Entretanto o Zika é bem mais recente com o surgimento dos primeiros casos da doença no Brasil no início de 2015 (ZANLUCA et al., 2015).

Na Figura 8 é possível observar a circulação da ZIKV de dados reportados em todos os estados do Brasil nos anos de 2014, 2015 e 2016.



NOTA: Os estados com preenchimento são os com alertas confirmados.

Figura 8: Casos Reportados de Zika no Brasil em 2014, 2015 e 2016 (Até 01/05/2016). Fonte: Baseado em dados do CDC (2016) e HeartMap.org (2016).

O estabelecimento definitivo do *Aedes* nas Américas vem sendo observado principalmente associado às mudanças climáticas, desmatamentos, urbanização desorganizada e desordenada das cidades, ausência de água potável e saneamento básico, deslocamentos populacionais, entre outros. Esses fatores definem os caminhos das doenças, influenciados pela pressão da mutação viral e de adaptações genéticas de vírus a hospedeiros, vetores e novos ambientes. Mesmo diante de dificuldades na atuação sobre fatores socioeconômicos e ambientais, a área da saúde tem responsabilidades, como investimentos na prevenção, no diagnóstico e no tratamento de infecções, por exemplo no caso, particularmente crítico, do acometimento de grávidas pelo ZIKV (BRASIL, 2016a).

Além da interferência e da modificação dos ecossistemas pela ação humana, outros fatores também estão relacionados à emergência de arboviroses no Brasil, tais como o crescimento populacional urbano desordenado, o processo de globalização e ampliação do intercâmbio internacional e as mudanças climáticas (MCMICHAEL & WOODRUFF, 2008).

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2016a) a perplexidade diante da disseminação de ZIKV e seu impacto no Brasil foram suficientes para se estabelecer situação de emergência em saúde pública tanto pelo próprio Ministério da Saúde como também pela Organização Mundial da Saúde (OMS), quase dois anos após a entrada dos vírus no país.

3.1.4.2 Controle de Vetores

O controle de mosquitos *Aedes* é de grande importância, entretanto não foi muito bem-sucedido em muitas partes do país. Sua fácil adaptabilidade a meios urbanos, como também a sua variedade de vírus que pode carregar torna um risco para saúde pública brasileira (FIGUEIREDO, 2007; MOURAO et al., 2015).

As medidas de controle concentram-se em eliminar os focos ou berçários do mosquito, reduzir ou tratar a água parada em recipientes onde os ovos são depositados (e posteriormente as larvas se desenvolvem), medidas como eliminar populações do mosquito através de técnicas tradicionais como aplicações de larvicidas e inseticidas tem sucesso limitado no controle dos mosquitos, pois o mecanismo de aplicação não são projetadas para penetrar no interior das residências, onde uma boa parte dos mosquitos descansa e se alimenta (EISEN et al., 2009; WEAVER & LECUIT, 2015).

O controle do *Aedes* tem constituído um importante desafio, especialmente nos países em desenvolvimento. Mesmo considerando-se situações em que os recursos destinados ao controle do vetor sejam apropriados para a implementação de programas, muitas vezes não se tem alcançado sucesso. Aspectos relacionados a problemas de infraestrutura das cidades, tais como baixas coberturas na coleta de lixo e intermitência no abastecimento de água, são fatores que comprometem a efetividade dos métodos tradicionais de controle do *Aedes* (ZARA, 2016).

A partir de 1996, o Ministério da Saúde colocou em prática o Plano de Erradicação do *Aedes aegypti* (PEAa), que preconizava a atuação multisetorial e previa um modelo descentralizado com a participação das três esferas de governo, cujo principal objetivo se concentrava na redução dos casos de dengue hemorrágica. Mesmo com esforços para a estruturação do combate ao vetor nos municípios, o PEAa não conseguiu a necessária atuação multisetorial, o que pode ser apontado como um dos fatores responsáveis pelo insucesso na contenção do aumento do número de casos de dengue e pelo avanço da infestação do *Aedes Aegypti* (BRASIL, 2010).

O uso indiscriminado de produtos químicos para controle do *Aedes aegypti* pode induzir populações de mosquitos a se tornarem resistentes aos inseticidas, reduzindo a eficácia destes produtos (PAIVA, 2013) e ocasionar impactos ambientais: contaminação da água, do ar, do solo, eliminação da flora e de outras populações de seres vivos. Existe também o risco de intoxicação humana causada aos manipuladores, agentes de endemias, que estão em contato diário com os inseticidas, na maioria das vezes, sem proteção adequada (JERONIMO et al., 2012).

No entanto, as medidas de controle de mosquitos não têm surtido efeito devido principalmente a grande capacidade do mosquito de reprodução e flexibilidade genômica, que pode ser mostrada por dois aspectos. Primeiro, pela rápida seleção de linhagens resistentes a inseticidas químicos e biológicos utilizados no controle ou ainda a resistência a diversas condições ambientais. E segundo, pela existência de variedade de espécies intimamente relacionadas, formando complexos de espécies crípticas, algumas das quais parecem estar sofrendo especiação no processo de adaptação ao ambiente modificado pelo ser humano. A resistência aos inseticidas tem levado a sérios problemas de saúde pública, contribuindo para A emergência e reemergência de arboviroses transmitidas (MILKE et al., 2009). Em vista disso, formas químicas de controle de mosquitos vetores tem se apresentado ineficazes, levando ao desenvolvimento de novas estratégias.

Assim, Agentes Comunitários de Saúde (ACS) e Agentes de Combate a Endemias (ACE), em parceria com a população, devem ser estimulados pois são responsáveis por promover o controle mecânico e químico do vetor, cujas ações são centradas em detectar, destruir ou destinar adequadamente reservatórios naturais ou artificiais de água que possam servir de depósito para os ovos do *Aedes*.

Outra estratégia complementar preconizada pelo Ministério da Saúde é a promoção de ações educativas durante a visita domiciliar pelos Agentes de Combate as Endemias e Agentes Comunitários de Saúde, com o objetivo de garantir a sustentabilidade da eliminação dos criadouros pelos proprietários dos imóveis, na tentativa de romper a cadeia de transmissão das doenças (ZARA et al., 2016). Nessa tarefa, é possível a utilização de basicamente quatro tipos de mecanismos de controle: mecânico, biológico, educativo e químico, como segue.

- Controle mecânico: consiste na adoção de práticas capazes de eliminar o vetor e os criadouros ou reduzir o contato do mosquito com o humano. As principais atividades de controle mecânico envolvem a proteção, a destruição ou a destinação adequada de criadouros, drenagem de reservatórios e instalação de telas em portas e janelas.
- Controle biológico: é baseado na utilização de predadores ou patógenos com potencial para reduzir a população vetorial. Entre as alternativas disponíveis de predadores estão os peixes e os invertebrados aquáticos, que comem as larvas e pupas, e os patógenos que liberam toxinas, como bactérias, fungos e parasitas. Outra alternativa é a utilização do *Bacillus thuringiensis israelenses* (BTI), um bacilo com potente ação larvicida, por sua produção de endotoxinas proteicas. Entretanto, apesar de o BTI ser eficaz na redução do número de *Aedes* na fase imatura nos recipientes tratados em curto prazo, não há evidências de que esse método isolado possa impactar na redução da morbidade da dengue em longo prazo.
- Educativo: é baseado em palestras e orientações de educação em saúde ambiental sobre o ambiente, a doença e o mosquito e a importância do controle mecânico em cada residência simplesmente uma vez por semana monitorar o quintal e eliminar qualquer inservível que possa vir a se tornar um foco de mosquito irá salvar vidas.
- Controle químico: consiste no uso de produtos químicos, que podem ser neurotóxicos, análogos de hormônio juvenil e inibidores de síntese de quitina, para matar larvas e insetos adultos. É um tipo de controle recomendado mediante uso racional e seguro para o meio ambiente e para a população, complementar às ações de vigilância e

manejo ambiental, devido à possibilidade de seleção de vetores resistentes aos produtos e da geração de impactos ambientais.

O uso de inseticidas para controle de populações de mosquitos adultos (adulticidas) e na sua forma larvária (larvicidas) pode ser feito por meio do tratamento focal e perifocal e da aspersão aeroespacial de inseticidas em Ultra Baixo Volume (UBV). O tratamento focal ocorre com a aplicação de um produto larvicida (químico ou biológico) nos depósitos positivos para formas imaturas de mosquitos que não possam ser eliminados mecanicamente. O tratamento perifocal consiste na aplicação de uma camada de adulticida de ação residual nas paredes externas dos criadouros situados em pontos estratégicos, por meio de aspersor manual, e está indicado para localidades recém-infestadas como medida complementar ao tratamento focal em pontos estratégicos (ZARA et al., 2016).

O tratamento de aspersão aeroespacial de inseticidas em UBV, feito com equipamento portátil costal ou acoplado a veículos, tem como função específica eliminar formas adultas de *Aedes aegypti*, e deve ser utilizado somente para bloqueio de transmissão e para controle de surtos ou epidemias. Essa nebulização não é seletiva, promovendo a eliminação de qualquer mosquito que esteja no ambiente, e seu uso indiscriminado para combate de outros insetos não é recomendado (ZARA et al., 2016).

Em razão da ocorrência de resistência em amostras de populações de *Aedes aegypti* aos inseticidas em uso, o PNCD vem, ao longo dos anos, promovendo a sua substituição. Os organofosforados (malationa, fenitrothion e temefós) foram os primeiros a substituir os organoclorados. Por sua vez, os piretroides (cipermetrina e deltametrina) têm sido usados como alternativa para substituição dos organofosforados, por sua alta eficiência contra mosquitos adultos, sendo necessárias menores quantidades de produto ativo. Além do impacto ambiental, a desvantagem está no alto custo dos piretroides. O monitoramento da susceptibilidade a inseticidas em diferentes áreas do país é uma estratégia racional importante para ampliar o conhecimento sobre os mecanismos de resistência e para o controle dos níveis de infestação vetorial em âmbito local (ZARA, et al., 2016).

3.1.4.3 Biotecnologias Inovadoras de Controle Vetorial

Diversas tecnologias têm sido desenvolvidas como alternativas no controle do *Aedes aegypti*, utilizando-se diferentes mecanismos de ação, tais como medidas sociais, monitoramento seletivo da infestação, dispersão de inseticidas, novos agentes de controle químico e biológico e procedimentos moleculares para controle populacional dos mosquitos, inclusive considerando-se combinações entre técnicas.

O controle genético de populações de mosquitos vetores é baseada na técnica do inseto estéril. Uma delas consiste na liberação de machos esterilizados por radiação, a outra, na integração de um gene letal dominante associado a um promotor específico de fêmeas imaturas. Entre as vantagens sobre outras técnicas biológicas e químicas de controle de vetores estão: alta especificidade, não prejudicial ao meio ambiente, baixo custo de produção e alta eficácia. O uso desta técnica de modificação genética pode vir a ser uma importante ferramenta do manejo integrado de vetores (MILKE et al., 2009).

Testes em laboratório estão sendo realizados com objetivo de criar estratégias mais viáveis ao controle do mosquito, através da manipulação genética. A manipulação genética tem sido introduzida na tentativa de redução da população do *Aedes aegypti* usando a técnica *Release of Insect carrying a Dominant Lethal gene* (RIDL), em português, liberação de machos carregando gene letal, que consiste na modificação de um gene, produzindo a proteína tTAV, causadora da morte nos descendentes entre os mosquitos machos transgênicos com as fêmeas selvagens, antes da fase adulta do mosquito (OLIVEIRA et al., 2013).

Diante desta inovação biotecnológica, os mosquitos *Aedes aegypti* geneticamente modificados, e conseqüentemente pelo seu uso no Brasil, surgem indagações e receios sobre a nova tecnologia. É necessário o conhecimento de estudos que apontem as características específicas, vantagens e impactos causados pela utilização dos mosquitos transgênicos para o controle das arboviroses circulantes no Brasil, no caso do nosso estudo especificamente para o Zika vírus.

3.1.5. Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAa)

O Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAa) é um instrumento utilizado pelo Ministro da Saúde (MS) para orientar ações de controle da dengue, Chikungunya e Zika. O levantamento identifica as áreas com maior número de focos de reprodução do mosquito transmissor das doenças (*Aedes aegypti*) fornecendo o Índice de

Infestação Predial – IIP (% de imóveis que possuem criadouro com a larva do vetor) e os tipos de recipientes que caracterizam os criadouros. Os indicadores resultantes da pesquisa fornecem informações qualificadas para atuação das prefeituras nas ações de prevenção e controle da dengue, Chikungunya e Zika, permitindo uma abordagem de enfrentamento multisetorial (BRASIL, 2013).

Para a realização do LIRAA, o município é dividido em grupos de 8.200 a 12 mil imóveis com características semelhantes. Em cada grupo, também chamado estrato, são pesquisados 15 (20%) imóveis de um conjunto de quarteirões sorteados aleatoriamente pelo programa LIRA-LIA. Os estratos com índices de infestação predial são:

- Inferiores a 1%: estão em condições satisfatórias;
- De 1% a 3,9%: estão em situação de alerta;
- Superior a 4%: há risco de surto.

Abaixo apresenta-se a evolução do IIP para o município do Rio de Janeiro, área deste estudo, para o período de 2008 a 2018 (Figura 9).

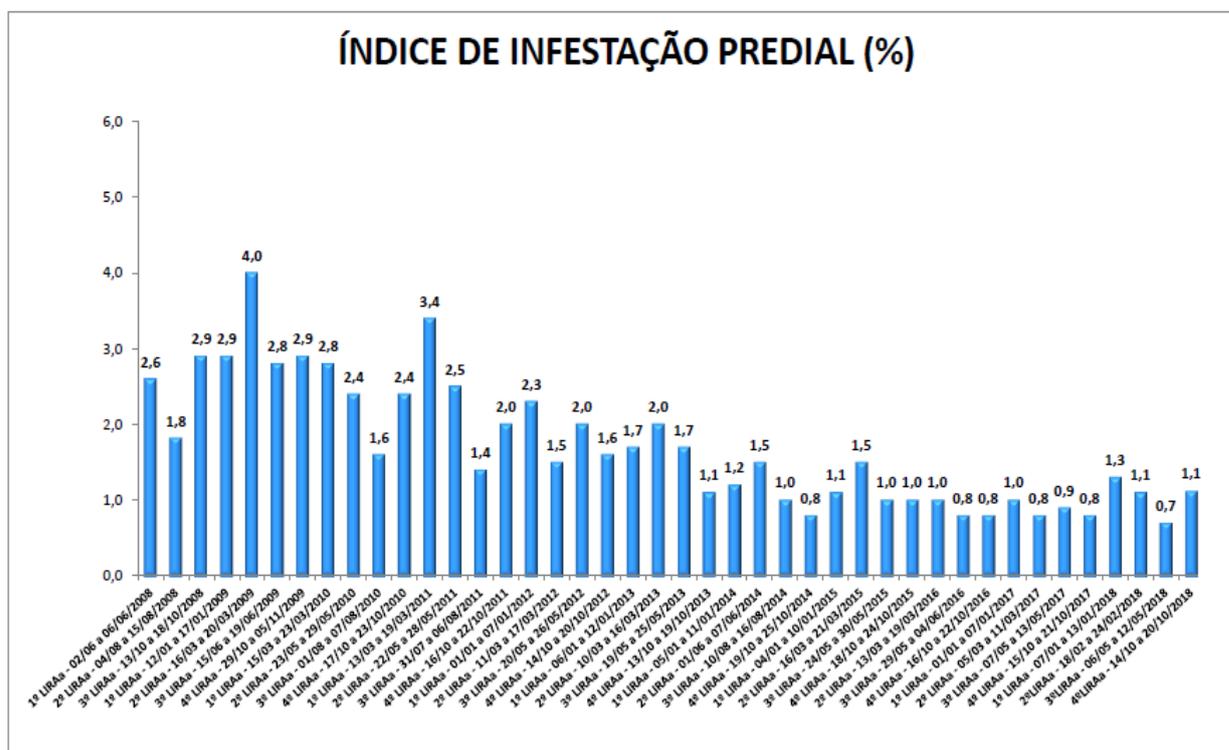


Figura 9: Evolução do Índice de Infestação Predial (IIP) de 2008 a 2018 do município do Rio de Janeiro. Fonte: SMS/PMRJ.

Conforme gráfico acima, os maiores índices foram registrados em janeiro de 2009 (4%) e em março de 2011 (3,4%). No período deste estudo (2015 a 2017) os valores ficaram em torno de 1%.

3.2. Interferência do Clima e suas variações na Dispersão do *Aedes*

Diversas doenças, principalmente as transmitidas por vetores, são limitadas por variáveis ambientais como, temperatura e umidade do ar, precipitação, padrões de uso do solo e de vegetação. Observa-se que as doenças transmitidas por vetores constituem, ainda hoje, importante causa de morbidade e mortalidade no Brasil e no mundo. Sendo assim, na atualidade o Zika Vírus vem sendo considerada a principal doença emergente nos países tropicais e subtropicais com relevante importância na Saúde Pública (OPAS, 2009).

Para McMichael & Woodruff (2008) os pesquisadores e profissionais ligados à saúde devem ter uma visão ampla dos determinantes e, de fato, da sustentabilidade da saúde humana. Isto é, uma visão ecológica da saúde e uma consciência que muda na ecologia da vida humana, em relação ao ambiente natural e ambientes sociais que representam grande parte do refluxo e fluxo de doenças ao longo do tempo.

Vários autores também demonstraram os efeitos da temperatura sobre o ciclo de vida dos insetos e de como este fator ecológico pode ser utilizado para se entender a dinâmica populacional de vetores e com isto desenvolver estratégias adequadas para o seu controle. Segundo Silveira Neto et al. (1976 apud SILVEIRA NETO et al., 1995) a temperatura é um dos principais fatores ecológicos que influi tanto direta como indiretamente sobre os insetos, seja no seu desenvolvimento como na sua alimentação.

Bezerra et al. (2006) estudaram desde 1994 a influência da temperatura, com variação entre 5°C e 45°C, sobre o ciclo aquático de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) e verificaram que a faixa ótima para o desenvolvimento encontra-se entre 20°C e 30°C. Além disso, estes autores relataram que a atividade hematofágica e a oviposição do gênero *Aedes*, sofrem influência da temperatura, e que as baixas temperaturas de 15°C e 20°C atuam como fator limitante ao crescimento populacional do inseto. Para esses pesquisadores, a eliminação dos criadouros artificiais nos meses mais frios, pode ser uma forma de diminuição da população de fêmeas aptas a realizar o repasto sanguíneo.

De acordo como o IPCC (2014) a variabilidade climática e as alterações de temperaturas mais recentes e futuras estariam diretamente relacionadas com o aquecimento global, haja vista que estas alterações envolvem questões de ordem ecológica e, conseqüentemente, com o equilíbrio dos microclimas e das populações de insetos artrópodes, cujo desequilíbrio nas infestações irá atingir a saúde humana.

Os riscos futuros decorrentes das mudanças climáticas dependem fortemente da quantidade de futuras alterações climáticas. Magnitudes crescentes de aquecimento aumentam a probabilidade de impactos graves e generalizados que podem ser surpreendentes ou irreversíveis. Com níveis elevados de aquecimento, que resultam de um crescimento contínuo das emissões de gases de efeito estufa (GEE), será um desafio gerenciar os riscos e mesmo investimentos contínuos em adaptação pois enfrentarão limites. Impactos observados da mudança climática já estão afetando a agricultura, a saúde humana, os ecossistemas terrestres e marítimos, abastecimento de água e a vida de pessoas. O relatório conclui que as pessoas, sociedades e ecossistemas são vulneráveis em todo o mundo, mas com vulnerabilidades diferentes em lugares diferentes (IPCC, 2014).

Sendo assim, o aquecimento global pode gerar epidemias de doenças tropicais, afetar os padrões das chuvas e o equilíbrio entre as estações do ano. Dentre outros impactos, pode afetar o próprio clima da Terra. Mudanças climáticas são justamente alterações no sistema climático terrestre, que podem advir do aquecimento global, de alterações na circulação oceânica ou de outros fatores (TILIO NETO, 2010).

Contudo, os problemas de saúde humana associados à mudança climática podem não ter sua origem necessariamente nas alterações climáticas, mas sim, nas alterações que a Terra pode sofrer a partir dela. Citam-se como exemplos as variações nos regimes de chuvas, tanto em quantidade quanto em intensidade, provocando diversos desastres naturais como enchentes e secas, mudanças no ambiente como a alteração de ecossistemas e de ciclos de biológicos, geográficos, e químicos, que podem aumentar a incidência de doenças infecciosas, doenças transmitidas por vetores, mas também doenças não-transmissíveis, que incluem a desnutrição e enfermidades mentais. Além disso, mudanças climáticas têm um impacto desproporcional sobre as populações pobres e vulneráveis, que não dispõem de meios para se protegerem (OPAS, 2009).

Portanto, se relacionarmos clima e as doenças tropicais, observaremos que as variabilidades do clima³ interferem diretamente no ecossistema e modificam as condições de dispersão da proliferação de insetos artrópodes. Assim, isso nos leva a relacionar clima e doenças tropicais, podendo alterar ciclos de doenças, agravando focos isolados de doenças transmitidas por vetores, além de causar o aumento e a migração de vetores, aumento de epidemias, redução da produtividade e o aumento dos gastos com medicamentos e cuidados à saúde (CONRADO et al., 2007 *apud* GÓIS, 2017).

³ Variabilidade climática é definida como sendo qualquer mudança no clima ao longo dos anos, devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana (IPCC, 2007b).

De acordo com pesquisa elaborada por O'Gorman & Schneider (2008) as simulações usadas no estudo sugerem que a precipitação, em termos de eventos extremos, vai aumentar em cerca de 5 a 6% para cada um grau Celsius de aumento na temperatura, o que pode ser muito significativo, considerando que já é esperado um aumento de 2°C, com grande possibilidade de superar esta marca. Adicionalmente, a elevação de temperaturas em zonas centrais das cidades, comparando com as áreas periféricas ou rurais, que ocorre basicamente devido a diferença de irradiação de calor (albedo) entre regiões edificadas e as áreas com cobertura vegetal (BARROS et al., 2016), poderá intensificar a proliferação de artrópodes nestas áreas.

Segundo Oliveira (2013) o desenvolvimento favorável da proliferação dos mosquitos está ligado a muitos fatores. O fator físico em primeiro lugar, como por exemplo o fenômeno planetário *El Niño/La Niña*, que influencia a intensidade e a duração da estação chuvosa ou, pelo contrário, causa seca intensa; resultaria em danos à biodiversidade, alterando ecossistemas e criando condições que facilitam a expansão e a propagação de organismos e vetores patogênicos. Neste contexto, também se faz presente fatores biológicos, porém, são os fatores socioeconômicos e políticos que desempenham um papel fundamental, haja vista que o crescimento da população leva à constituição de grandes populações suscetíveis à infecção, a migração e a urbanização descontrolada levam a "cintos de pobreza", e que por conseguinte leva a falta de serviços básicos (acesso aos cuidados, abastecimento de água, eliminação de resíduos líquidos e sólidos) transformando-se em locais privilegiados de surto epidêmico.

Consequentemente, as evidências apresentam diversos riscos associados às variações climáticas, como a mortalidade e morbidade por eventos extremos, deslocamentos de populações e aumento da incidência de agravos transmitidos por vetores (CORREA & COMIM, 2008).

4. METODOLOGIA

Elaborado no campo da climatopatologia, este trabalho não se restringiu apenas à identificação da influência da variabilidade do clima na incidência da Zika bem como no índice de infestação predial dos vetores na cidade do Rio de Janeiro, porém, buscou evidenciar e compreender relações entre estas variáveis. Entretanto, é pertinente salientar que o ciclo de vida dos vetores e sua capacidade de ação estão na dependência dos elementos climáticos supramencionados, o que justifica a análise detalhada dos mesmos.

4.1. Área de Estudo

A pesquisa concentrou-se em analisar a dispersão do *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* e a epidemia do Zika Vírus na cidade do Rio de Janeiro (Figura 10), bem como a sua incidência em determinados períodos de tempo. Além disso, para compreender esta dinâmica, elaborou-se uma análise da dispersão do mosquito versus a epidemia de Zika Vírus nesta região entre os anos de 2015 e 2017, que se justifica por ser este o período de maior incidência detectada. Cabe ressaltar que o foco desta pesquisa se limitou a cidade do Rio de Janeiro porque mais de 65% de casos observados de ZKV no estado do Rio de Janeiro ocorreram na capital fluminense, conforme dados do Centro de Informações Estratégicas de Vigilância em Saúde (CIEVS) do governo federal.

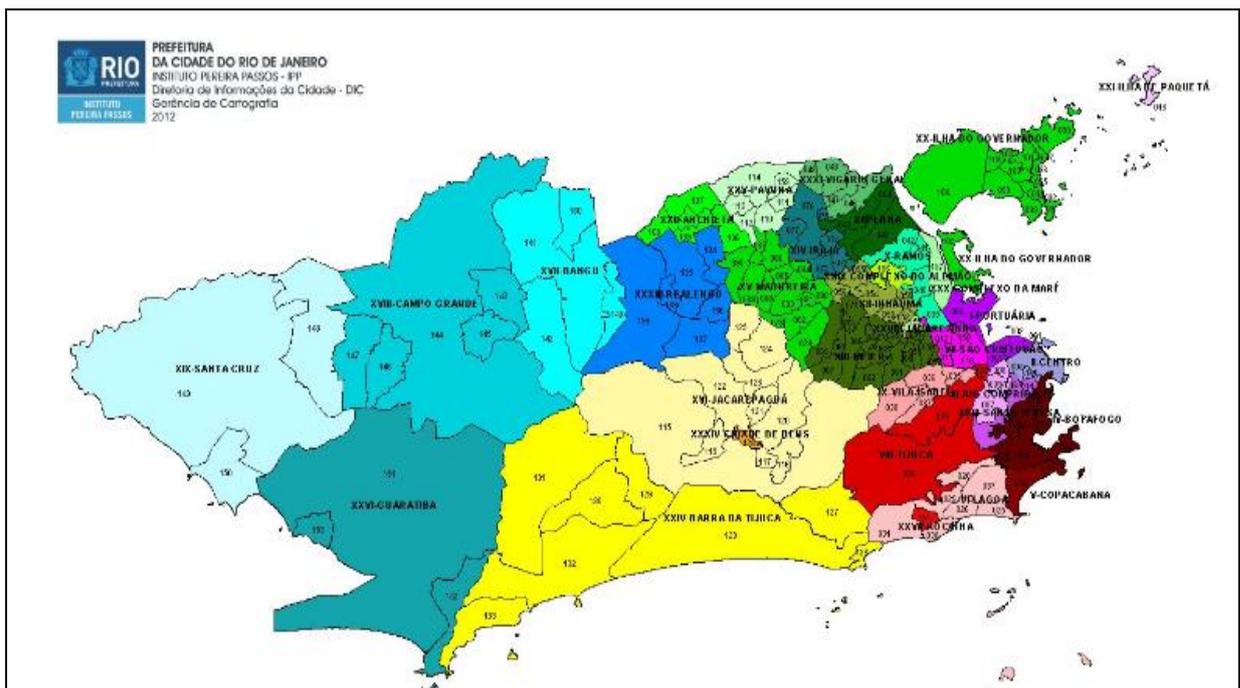


Figura 10: Mapa da cidade do Rio de Janeiro com sua distribuição em regiões de saúde. Fonte: IPP/PMRJ.

No âmbito da presente pesquisa, e considerando-se o quadro ambiental, o fator selecionado para análise relacional foi o clima, mais especificamente da precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar, a partir do qual se busca verificar a relação existente entre este fator (clima) e a distribuição do Zika vírus e de seus vetores, e consequentemente a ocorrência de epidemias desta enfermidade na cidade do Rio de Janeiro.

Isso é justificado porquê de acordo com Rouquayrol e Goldbaum (1990) os aspectos do clima que mais influenciam os seres vivos implicados no processo de transmissão de doenças, seriam as justamente as variáveis meteorológicas ora estudadas. Segundo autor estes elementos climáticos afetam a capacidade de reprodução e sobrevivência de agentes patogênicos no meio ambiente e, principalmente, dos chamados vetores de agentes infecciosos, tais como os mosquitos envolvidos na transmissão da Zika.

A cidade do Rio de Janeiro no decorrer do tempo passou por algumas transformações urbanas e políticas. No século XVI, houve disputa pelo território entre lusos e franceses, obrigando os portugueses a fundar uma povoação permanente nessa área. Com as descobertas das minas em Minas Gerais e a proximidade da cidade do Rio de Janeiro com essa região, a capital do Estado do Brasil foi transferida de Salvador para o Rio, em 1763. Com a transferência da corte portuguesa para o Rio de Janeiro, a cidade sofreu uma mudança radical. A partir dessa data, surgiram novas classes sociais, que antes eram compostas somente de militares, mercadores e escravos. A cidade deixa de ser colônia para ser sede do Reino Unido, Brasil, Portugal e Algarves, oficializando a entrada do capital estrangeiro.

Com a independência em 1822, Rio de Janeiro tornou-se capital do Brasil até 1960, quando Brasília passou a ser a sede do governo brasileiro. Do século XVIII até o presente momento, a cidade atravessou diversas transformações urbanas.

4.2. Coleta de dados e informações das Arboviroses

As primeiras confirmações de Zika vírus no município do Rio de Janeiro datam de abril de 2015, com isso o período de análise do presente trabalho refere-se aos anos de 2015 (anos de ocorrência do primeiro caso autóctone no Estado) até 2017. Quanto à análise dos vetores, a abordagem compreendeu na mesma temporalidade.

Os dados e informações sobre a epidemia de Zika vírus e o índice vetorial foram obtidos junto ao banco de dados da Gerência de Vigilância de Doenças e Agravos Transmissíveis Agudos (GVDATA), pertencente a Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. De acordo com a GVDATA a cidade do Rio de Janeiro está classificada em 10 áreas programáticas, 32 regiões administrativas e 150 bairros, conforme visualizadas na Tabela 1.

Para tanto, foram coletados o número de casos de febre pelo *Zika vírus* por mês nas respectivas áreas de planejamento, já que englobam também os casos das regiões administrativas e bairros, para o município do Rio de Janeiro ao longo do período de 2015 a 2017. O número total de amostras (N) obtidas foram de 1.896 para cada um dos anos analisados (2015, 2016 e 2017). No Anexo A encontram-se todos os dados usados.

Tabela 1: Distribuição das Áreas de Planejamento, Regiões Administrativas e Bairros para casos de Zika, no Município do Rio de Janeiro.

Área Programática	Regiões	Bairros	População*	
1.0	I - Portuária	Saúde	2.749	
		Gamboa	13.108	
		Santo Cristo	12.330	
		Caju	20.477	
	II – Centro	Centro	41.142	
	III - Rio Comprido	Catumbi	12.556	
		Rio Comprido	43.764	
		Cidade Nova	5.466	
		Estácio	17.189	
	VII - São Cristóvão	São Cristóvão	26.510	
		Mangueira	17.835	
		Benfica	25.081	
		Vasco da Gama **	15.482	
		XXI - Paquetá	Paquetá	3.361
		XXIII Santa Teresa	Santa Teresa	40.926
2.1	IV Botafogo	Flamengo	50.043	
		Glória	9.661	
		Laranjeiras	45.554	
		Catete	24.057	
		Cosme Velho	7.178	
		Botafogo	82.890	
		Humaitá	13.285	
		Urca	7.061	
	V - Copacabana	Leme	14.799	
		Copacabana	146.392	
	VI – Lagoa	Ipanema	42.743	
		Leblon	46.044	
		Lagoa	21.198	
		Jardim Botânico	18.009	
		Gávea	16.003	
		Vidigal	12.797	
		São Conrado	10.980	
	XXVII - Rocinha	Rocinha	69.356	
2.2	VIII - Tijuca	Praça da Bandeira	8.662	

		Tijuca	163.805
		Alto da Boa Vista	9.343
	IX - Vila Isabel	Maracanã	25.256
		Vila Isabel	86.018
		Andaraí	39.365
		Grajaú	38.671
3.1	X – Ramos	Manguinhos	36.160
		Bonsucesso	18.711
		Ramos	40.792
		Olaria	57.514
	XI – Penha	Penha	78.678
		Penha Circular	47.816
		Brás de Pina	59.222
		Cordovil	45.202
		Parada de Lucas	23.923
		Vigário Geral	41.820
		Jardim América	25.226
	XX - Ilha do Governador	Ribeira	3.528
		Zumbi	2.016
		Cacuaia	11.013
		Pitangueiras	11.756
		Praia da Bandeira	5.948
		Cocotá	4.877
		Bancários	12.512
		Freguesia (Ilha do Governador)	19.437
		Jardim Guanabara	32.213
		Jardim Carioca	24.848
		Tauá	29.567
		Moneró	6.476
	Portuguesa	23.856	
	Galeão	22.971	
	Cidade Universitária	1.556	
	XXIX - Complexo do Alemão	Complexo do Alemão	69.143
	XXX - Maré	Maré	129.770
3.2	XII - Inhaúma	Higienópolis	15.734
		Maria da Graça	7.972
		Del Castilho	15.610
		Inhaúma	45.698
		Engenho da Rainha	26.659
		Tomas Coelho	22.676
	XIII - Méier	Jacaré	9.276

		São Francisco Xavier	8.343
		Rocha	8.766
		Riachuelo	12.653
		Sampaio	10.895
		Engenho Novo	42.172
		Lins de Vasconcelos	37.487
		Méier	49.828
		Todos dos Santos	24.646
		Cachambi	42.415
		Engenho de Dentro	45.540
		Água Santa	8.756
		Encantado	15.021
		Piedade	43.378
		Abolição	11.356
		Pilares	27.250
	XVIII - Jacarezinho	Jacarezinho	37.839
3.3	XIV – Irajá	Vila Kosmos	18.274
		Vicente de Carvalho	24.964
		Vila da Penha	25.465
		Vista Alegre	8.622
		Irajá	96.382
		Colégio	29.245
	XV - Madureira	Campinho	10.156
		Quintino Bocaiúva	31.185
		Cavalcanti	16.141
		Engenheiro Leal	6.113
		Cascadura	34.456
		Madureira	50.106
		Vaz Lobo	15.167
		Turiaçu	17.246
		Rocha Miranda	44.188
		Honório Gurgel	21.989
		Oswaldo Cruz	34.040
		Bento Ribeiro	43.707
		Marechal Hermes	48.061
	XXII - Anchieta	Guadalupe	47.144
		Anchieta	55.652
		Parque Anchieta	26.212
		Ricardo de Albuquerque	29.310
	XXV - Pavuna	Coelho Neto	32.423
		Acari	27.347
		Barros Filho	14.049
	Costa Barros	28.442	
	Pavuna	97.350	

		Parque Columbia	9.202
4.0	XVI - Jacarepaguá	Jacarepaguá	157.326
		Anil	24.172
		Gardênia Azul	17.715
		Curicica	31.189
		Freguesia (Jacarepaguá)	70.511
		Pechincha	34.709
		Taquara	102.126
		Tanque	37.856
		Praça Seca	64.147
		Vila Valqueire	32.279
	XXXIV - Cidade de Deus	Cidade de Deus	36.515
	XXIV - Barra da Tijuca	Joá	818
		Itanhangá	38.415
		Barra da Tijuca	135.924
		Camorim	1.970
		Vargem Pequena	27.250
		Vargem Grande	14.039
	Recreio dos Bandeirantes	82.240	
	Grumari	167	
5.1	XXXIII - Realengo	Deodoro	10.842
		Vila Militar	13.184
		Campos dos Afonsos	1.365
		Jardim Sulacap	13.062
		MagalhãesBPastos	24.430
		Realengo	80.123
	XVII - Bangu	Padre Miguel	64.228
		Bangu	243.125
		Senador Camara	5.515
	Gericinó**	15.167	
5.2	XVIII - Campo Grande	Santíssimo	41.458
		Campo Grande	328.370
		Senador Vasconcelos	30.600
		Inhoaíba	64.649
		Cosmos	77.007
	XXVI - Guaratiba	Guaratiba	110.049
		Barra de Guaratiba	3.577
	Pedra de Guaratiba	9.488	
5.3	XIX - Santa Cruz	Paciência	94.626
		Santa Cruz	217.333
		Sepeitiba	56.575

*Censo populacional do IBGE, 2010.

** Sem informação de Bairro e/ou Distrito de Residência

Fonte de Informação Epidemiológica: S/SUBPAV/COORDENAÇÃO DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA-SINAN-MRJ.

4.3 Coleta e assimilação de dados Meteorológicos

As séries de dados dos elementos meteorológicos precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar para análise microclimática, foram obtidas através das redes de estações da Fundação Instituto de Geotécnica (GeoRio), porque possui uma ampla rede meteorológica que abrange toda a cidade do Rio de Janeiro, para o período de 2015 a 2017. Ressalta-se que o período temporal acima é o mesmo das análises das arboviroses, especificamente para *Zika vírus*.

Ao todo foram identificadas 7 estações meteorológicas da GeoRio que abrangem a área de estudo (Tabela 2). Os dados destas estações estão disponíveis a cada 15 minutos, o que foi necessário inicialmente fazer médias diárias. Em seguida, foram elaboradas médias mensais de cada variável e período estudados.

Além disso, foram usados dados climatológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para construção de normais climatológicas (Tabela 3) e serem comparadas com os dados avaliados, importantes no sentido de se avaliar o quanto os dados desta pesquisa estariam abaixo ou acima do valor normal esperado. As normais climatológicas são médias históricas compreendidas no período de primeiro de janeiro de 1961 a 31 de dezembro de 1990, correspondentes a 8 estações meteorológicas de superfície do INMET localizadas na cidade do Rio de Janeiro.

As tabelas contendo todos os dados meteorológicos e climáticos usados encontram-se no Anexo B.

Tabela 2: Estações meteorológicas da GEORIO, com suas respectivas informações geográficas, usadas no referido estudo.

Nome Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Alto da Boa Vista	22°57'57''S	43°16'42''W	355,0
Guaratiba	23°03'01''S	43°35'41''W	0,0
Irajá	22°49'37''S	43°20'13''W	20,0
Jardim Botânico	22°58'22''S	43°43'26''W	0,0
Rio Centro	22°58'38''S	43°23'30''W	0,0
Santa Cruz	22°54'34''S	43°41'04''W	15,0
São Cristovão	22°53'48''S	43°13'18''W	25,0

Tabela 3: Estações meteorológicas do INMET com suas respectivas informações geográficas, usadas no referido estudo.

Nome Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Alto da Boa Vista	22°57'S	43°16'W	347,1
Bangu	22°52'S	43°27'W	40,3
Engenho de Dentro	22°53'S	43°18'W	30,0
Jacarepaguá	22°59'S	43°22'W	12,0
Jardim Botânico	22°58'S	43°13'W	5,0
Penha	22°49'S	43°13'W	65,0
Rio de Janeiro	22°53'S	43°11'W	11,1
Santa Teresa	22°55'S	43°11'W	180,0

Por fim, uma das etapas do trabalho correspondeu ao estabelecimento das relações sazonais entre os dados climáticos, a incidência de Zika vírus e o índice dos vetores. Em vista disso, considerou-se para o verão os meses de dezembro, janeiro e fevereiro; o outono compreendeu de março a maio; inverno entre os meses de junho, julho e agosto; enquanto que na primavera abrangeram os meses de setembro, outubro e novembro.

4.4 Análise Estatística de Dados

A partir das informações coletadas, foram realizadas análises estatísticas descritivas de cada variável estudada (Precipitação, Temperatura e Umidade Relativa do Ar, e Número de casos de febre por Zika Vírus) como medidas de tendência central ou medidas de posição (média aritmética, mediana, máximo e mínimo), e medidas de dispersão (desvio padrão – DP, e coeficiente de variação - CV) no período avaliado.

Para o caso dos dados das normais climatológicas foram concebidas conforme o INMET. Para maiores informações acerca das análises estatísticas destes dados ver a publicação INMET (2009).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Registros de Casos de Febre por Zika Vírus e IIP

Desde o ano de 2007 até 2017 73 países registraram a transmissão do Zika Vírus, e desses, 67 países foram alvo do surto da ZIKV desde 2015, mas em pelo menos 7 destes países a situação aponta para uma crise endêmica (Figura 11).

A OMS admite não ter respostas para quase todos os aspectos da doença, mas recomenda mudança de estratégia em que os governos em sua própria estrutura terão de alterar a atual estratégia de emergência contra a microcefalia por uma resposta de longo prazo para ajudar as famílias afetadas (BRASIL, 2016a).

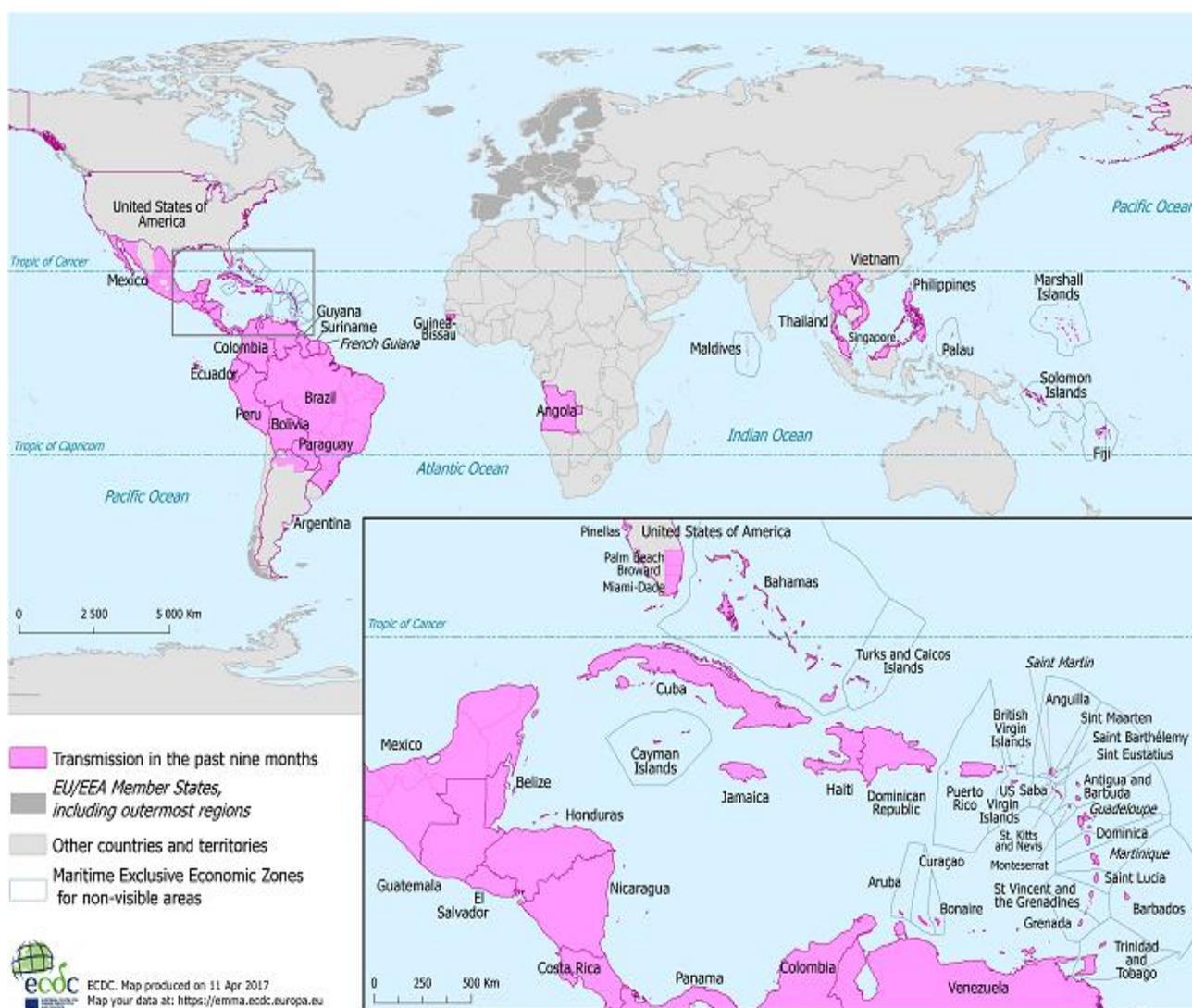


Figura 11: Transmissão do Zika vírus até abril de 2017 no mundo. Fonte: *European Centre for Disease Prevention and Control*.

Segundo Monika Gehner, porta voz da OMS, ocorrerá nos próximos anos casos de ZIKV em todos os países que registrarem a presença do mosquito *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, espécies vetoras em potencial, conforme Figura 11. Ela considera que falta instrumentos para parar a doença e que os produtos utilizados no controle do mosquito não estão sendo suficientes. Em vista disso, laboratórios da França em parceria com o Brasil e EUA estão pesquisando meios para esse controle, onde duas vacinas já estão em testes, porém a comercialização deverá demorar e estima que possa ser liberada até 2020.

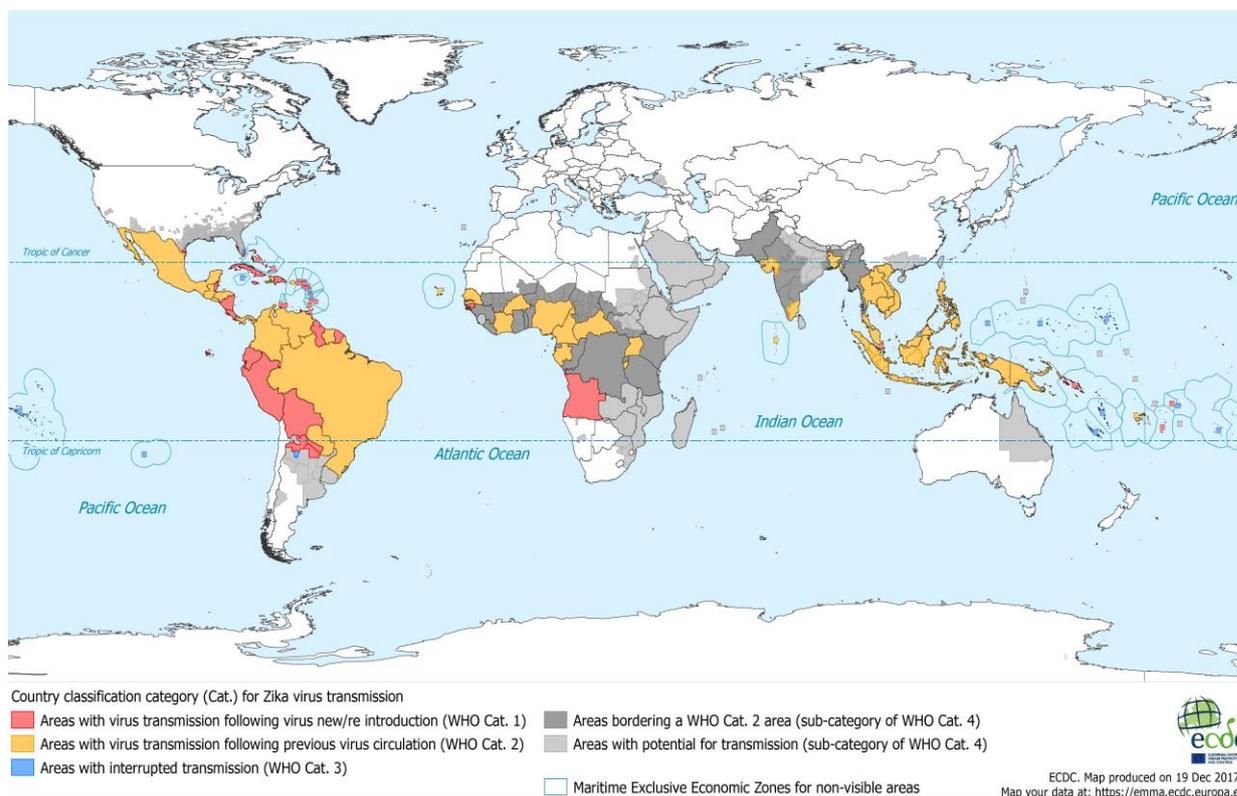


Figura 11: Área mundiais de distribuição do Zika vírus observados até o ano de 2017. Fonte: *European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC)*.

No Brasil, o monitoramento dos casos de Síndrome Congênita de Zika vírus ou alteração do Sistema Nervoso Central causados pelo Zika vírus tem sido feito através das notificações compulsórias no FORMSUS e nas análises foram considerados os casos de óbitos suspeitos de alterações no crescimento e desenvolvimento relacionados à infecção pelo ZIKV e outras etiologias infecciosas.

As notificações referentes aos anos 2015 e 2016 obtidas na vigência do Protocolo de vigilância e resposta à ocorrência de microcefalia e/ou alterações do sistema nervoso central estão apresentados na Figura 13.

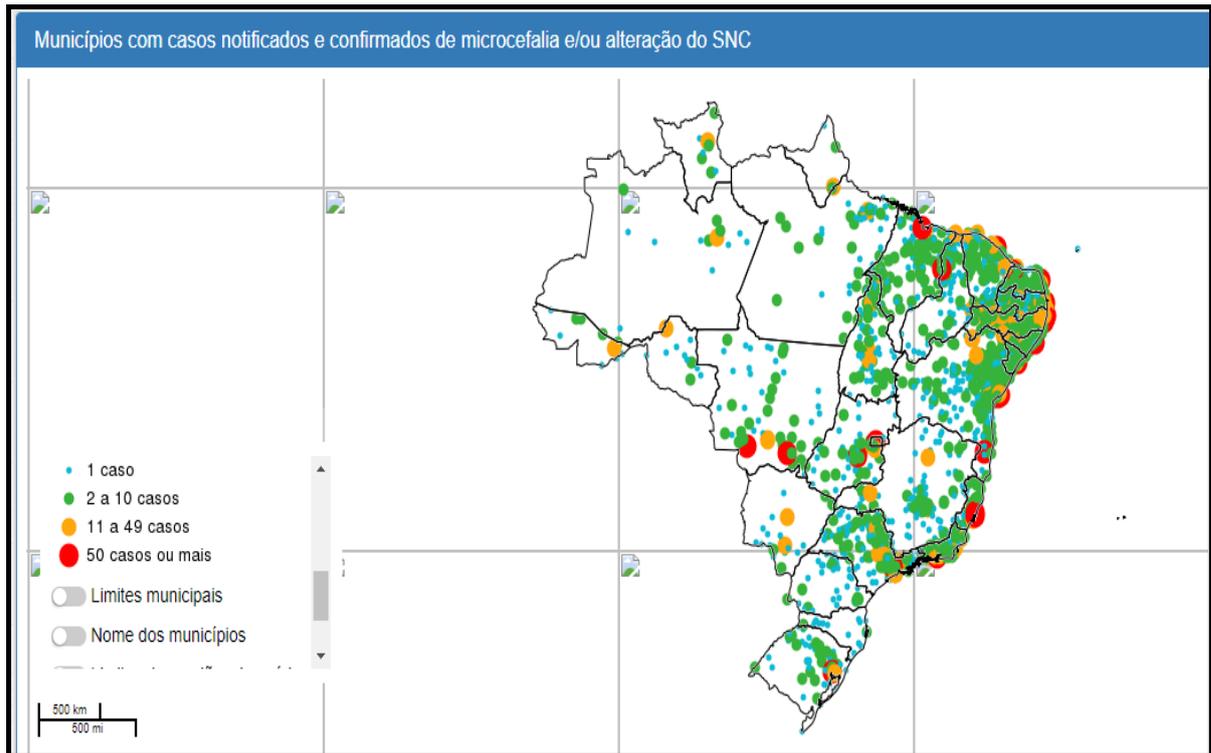


Figura 13: Dados da Sala de Apoio à Gestão Estratégica (Ministério da Saúde) sobre o número de municípios com casos notificados e confirmados de microcefalia e/ou alteração do Sistema Nervoso Central para o Brasil. Fone: SAGE (2018). <http://sage.saude.gov.br/>

No tocante ao estado do Rio de Janeiro, e de acordo com o FORMSUS, até 27/01/2018 foram notificados 11.425 casos de Síndrome Exantemática em Gestantes. Desde o início do monitoramento (outubro/2015) até esta data apenas 8 municípios do Estado não registraram casos de gestantes com exantema (Figura 14).

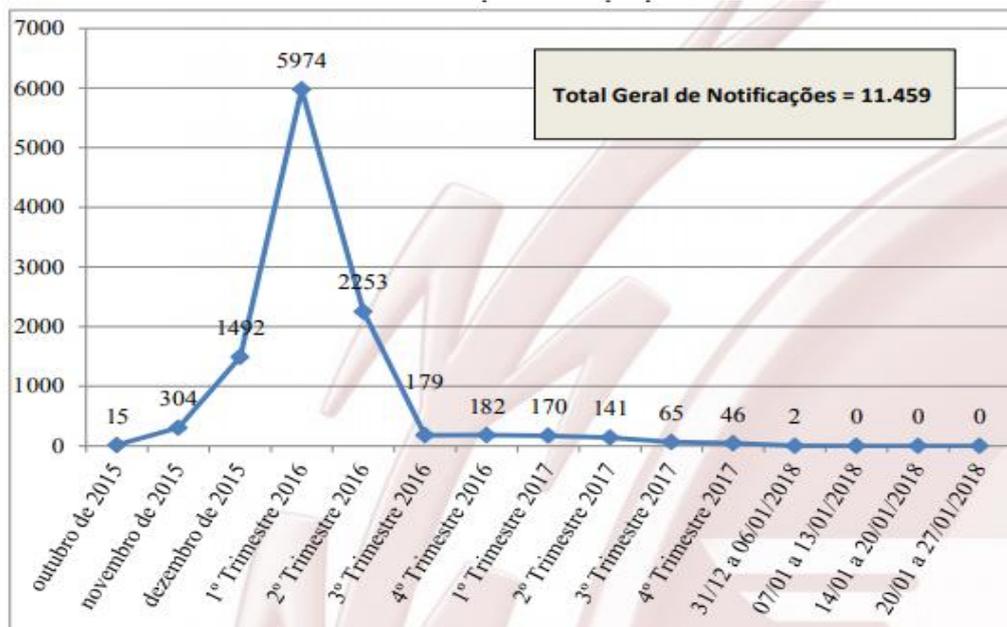


Figura 14: Evolução do número de notificações de Síndrome Exantemática em Gestantes por semana de Início do Exantema no estado do Rio de Janeiro, no período de outubro de 2015 a janeiro de 2018. Fonte: FORMSUS/CIEVS/SVS/SES-RJ (2018).

Para o caso específico da cidade do Rio de Janeiro e para melhor visualizar a evolução da ocorrência de casos de ZIKV apresentamos pormenorizadamente na Figura 15 os dados relativos aos anos de 2015, 2016 e 2017, respectivamente.

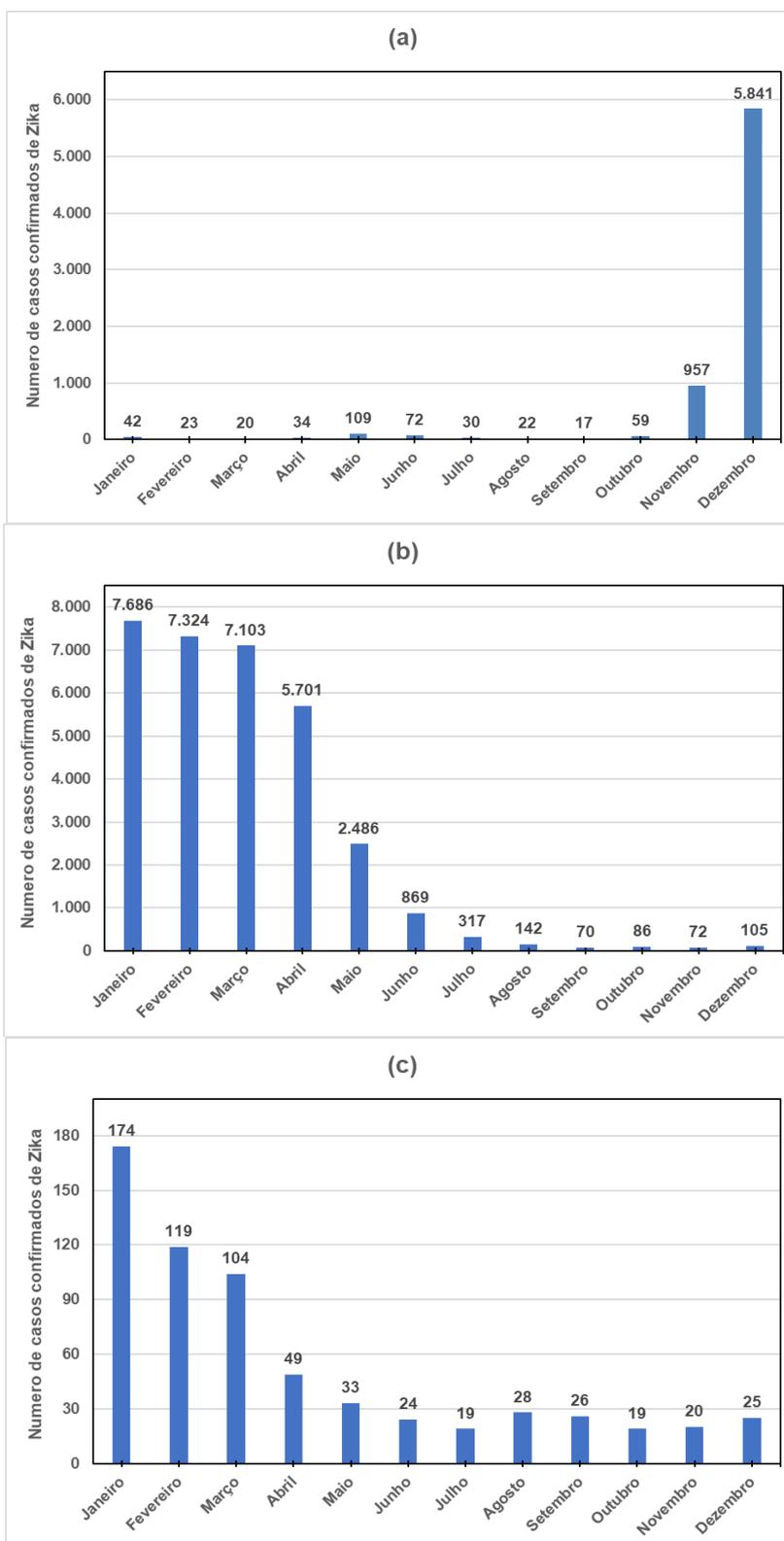


Figura 15: Evolução do número de casos médios mensais confirmados de febre causados pelo Zika na cidade do Rio de Janeiro, no ano de 2015 (a), 2016 (b) e 2017 (c). Fonte: GVDATA/CVE/SVS/SMS-RJ (2018).

Analisando os gráficos acima pode-se verificar que as maiores incidências de casos de ZIKV (acima de 5.000) foram registrados de dezembro de 2015 até abril de 2016, decrescendo de forma mais acentuada a partir de agosto de 2016 até o final da análise (dezembro de 2017), com valores menores que 200 casos. Isso pode estar relacionado a diversos fatores, principalmente ligados ao clima (objetivo deste estudo), ambientais, sociais e de ações de combate ao vírus.

Conforme os resultados contidos nas figuras acima também podem-se observar que os dados de números de casos de Zika possuem alta variabilidade mensal, tendo ocorrido valores médios mais elevados nos meses de janeiro a março, representando o período de verão, enquanto os valores médios menores ocorreram de agosto a outubro, correspondente à estação primavera, mostrando que o clima sazonalmente tem influência na ocorrência de casos do ZIKV, melhor detalhado a seguir.

Além disso, durante o período de análise deste trabalho (2015 a 2017) foram registrados 39.827 casos de febre causados pelo Zika vírus, tendo suas maiores incidências observadas de novembro de 2015 a maio de 2016, tendo alcançado seu ápice em janeiro de 2016, conforme visualizado na Figura 16.

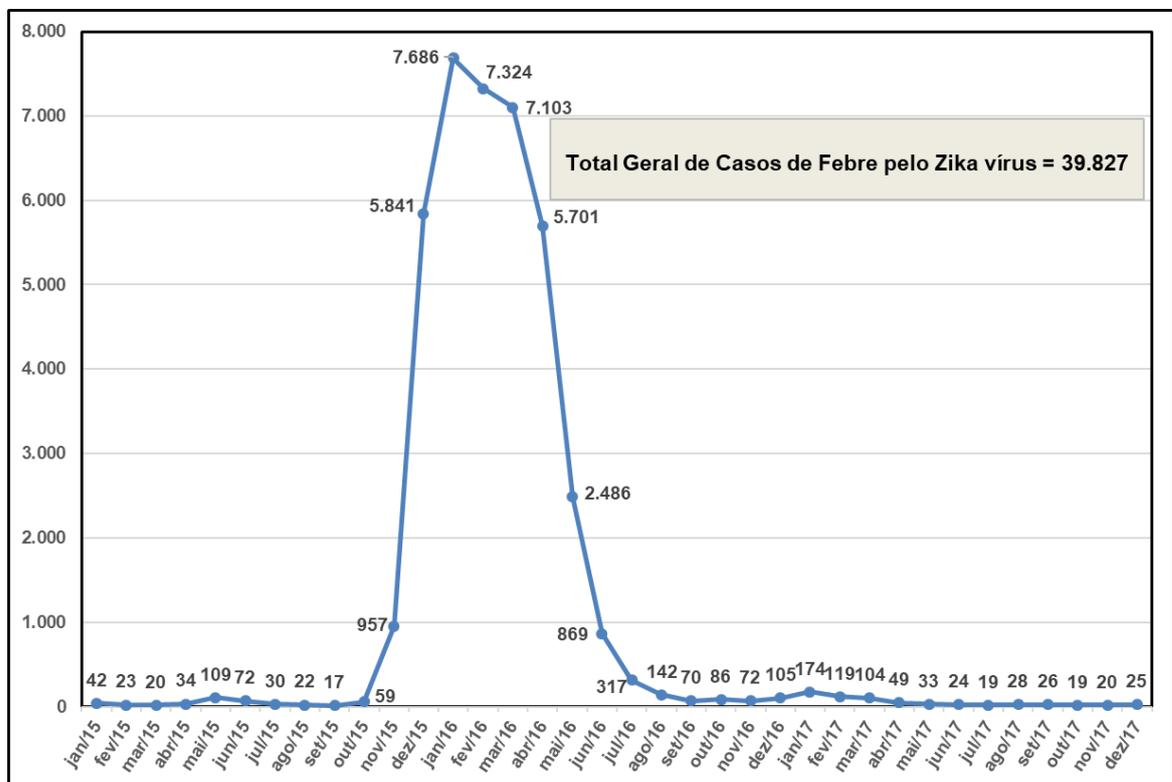


Figura 16: Gráfico evolutivo do número de casos de febre pelo Zika vírus na cidade do Rio de Janeiro, no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2017. Fonte: GVDATA/CVE/SVS/SMS-RJ (2018).

5.2. Dados Meteorológicos e Climáticos

Nas Tabelas 4, 5 e 6 estão apresentados os dados meteorológicos médios mensais para cada variável durante o período estudo (2015-2017), respectivamente, enquanto que os dados climáticos (1961-1990) constam na Tabela 7.

Tabela 4: Dados médios mensais, e por ano, de precipitação (mm) ao longo dos anos 2015, 2016 e 2017, e a média para o período estudado na cidade do Rio de Janeiro.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2015	74,5	131,6	159,2	91,0	51,3	112,1	25,1	7,4	103,2	37,7	195,7	89,0	1.077,7
2016	118,7	139,8	171,8	78,3	59,4	99,9	18,9	25,3	97,4	43,2	207,5	96,4	1.156,6
2017	102,9	16,4	148,4	175,7	41,8	174,8	32,5	61,6	12,9	67,1	123,2	90,1	1.047,2
Média	98,7	95,9	159,8	115,0	50,8	128,9	25,5	31,4	71,1	49,3	175,5	91,8	1.093,8

Tabela 5: Dados médios mensais, e por ano, de temperatura do ar (°C) ao longo dos anos 2015, 2016 e 2017, e a média para o período estudado na cidade do Rio de Janeiro.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
2015	29,2	27,8	26,2	24,7	23,0	22,0	22,6	23,0	23,9	24,9	25,5	27,9	25,04
2016	28,8	27,9	26,3	25,0	22,9	21,6	22,4	22,9	23,6	24,7	25,2	27,7	24,91
2017	28,6	27,9	26,2	24,2	22,4	22,1	20,7	20,9	23,5	24,8	24,4	25,7	24,3
Média	28,9	27,9	26,2	24,6	22,8	21,9	22,0	22,4	23,7	24,8	25,0	27,1	24,78

Tabela 6: Dados médios mensais, e por ano, de umidade relativa do ar (%) ao longo dos anos 2015, 2016 e 2017, e a média para o período estudado na cidade do Rio de Janeiro.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
2015	68,2	75,8	79,8	78,5	76,9	75,9	75,2	69,3	76,9	73,7	81,7	71,7	75,3
2016	70,2	75,7	79,7	77,4	77,4	77,0	75,1	69,9	77,6	74,2	80,8	72,0	75,6
2017	72,6	69,2	76,7	79,4	79,5	78,9	77,2	74,9	63,6	73,0	74,3	74,7	74,5
Média	70,3	73,8	78,8	78,3	77,8	77,1	75,7	71,0	73,2	73,7	78,9	72,7	75,1

Tabela 7: Dados das normais climatológicas (30 anos) de precipitação (mm), temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%), obtidas do INMET, no período de 1961-1990 para a cidade do Rio de Janeiro.

Variável	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total/ Média
Precipitação	186,0	157,4	150,8	114,5	88,2	48,8	57,3	59,5	69,4	106,6	139,1	183,7	1.361,3
Temperatura do ar	26,3	26,5	26,1	23,7	21,7	20,8	20,3	21,2	21,9	22,6	23,6	25,1	23,27
Umidade Relativa do ar	76,3	76,5	77,4	79,7	79,7	79,0	77,9	76,7	77,4	79,2	78,4	77,7	78,04

Nas Figuras 17, 18 e 19 estão comparados os valores do período estudado (2015-2017) com aqueles da normal climatológica (1961-1990) para precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar, respectivamente.

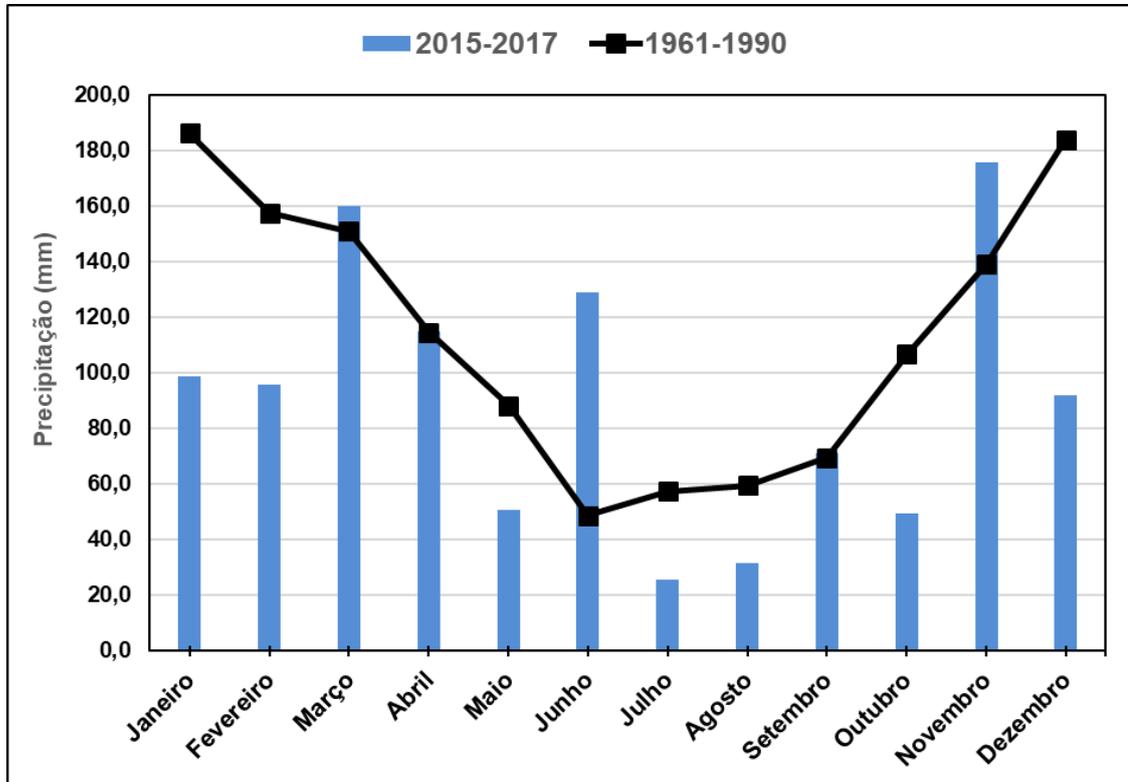


Figura 17: Precipitação acumulada na cidade do Rio de Janeiro nas séries compreendidas de 2015-2017 e de 1961-1990 (Normal climatológica). Fonte: Dados obtidos do INMET e da GEORIO.

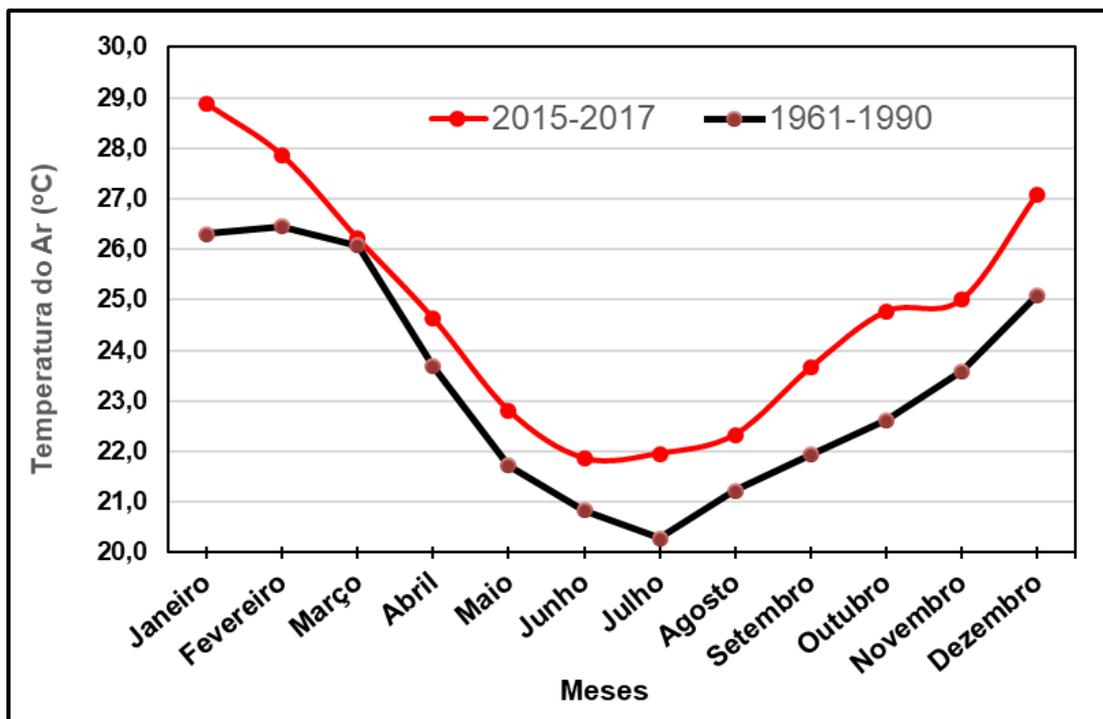


Figura 18: Temperatura média na cidade do Rio de Janeiro nas séries compreendidas de 2015-2017 e de 1961-1990 (Normal climatológica). Fonte: Dados obtidos do INMET e da GEORIO.

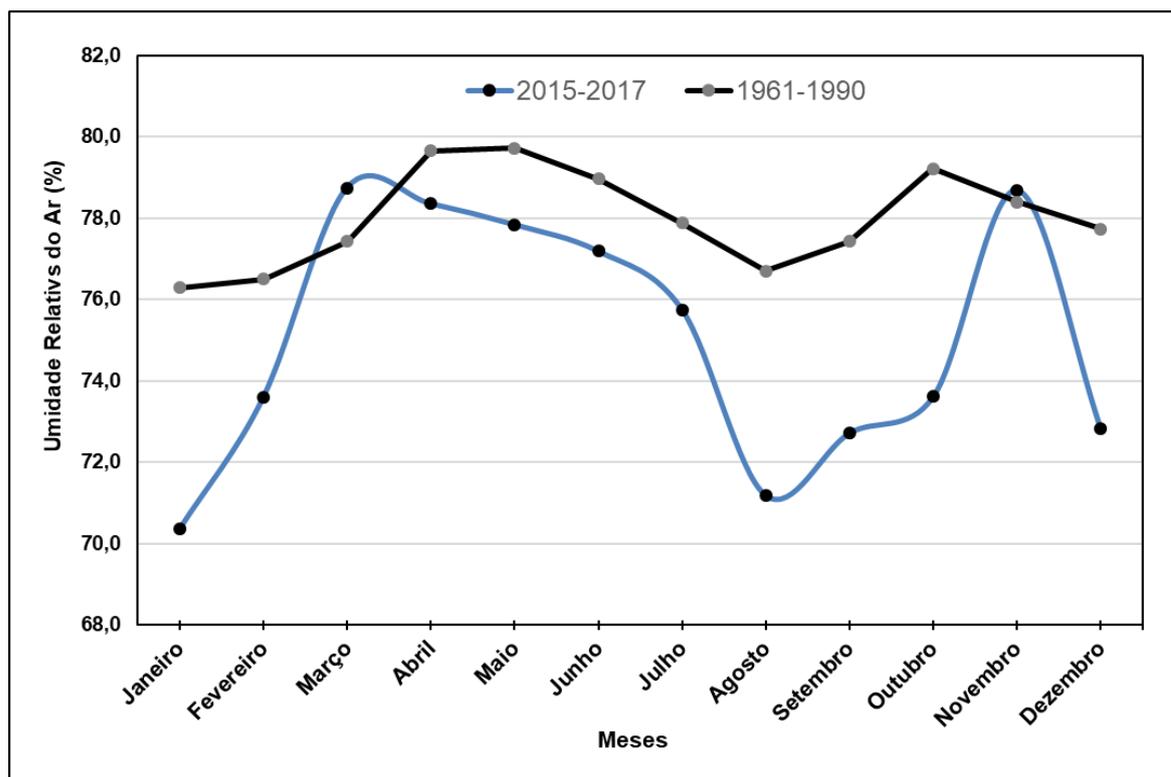


Figura 19: Umidade relativa do ar na cidade do Rio de Janeiro nas séries compreendidas de 2015-2017 e de 1961-1990 (Normal climatológica). Fonte: Dados obtidos do INMET e da GEORIO.

Analisando as figuras acima acerca dos padrões normais climatológicos e do período pesquisado das variáveis meteorológicas (precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar) observa-se que os valores médios de 2015 a 2017 ficaram em sua grande maioria abaixo ou dentro da média da normal climatológica para precipitação (com exceção dos meses de março, junho e novembro) e umidade relativa do ar (com exceção dos meses de março e novembro), enquanto que para temperatura do ar ficou evidenciado que em praticamente todos os meses ficaram acima da média climatológica.

Portanto, de acordo com os dados obtidos no período avaliado choveu menos, ficou mais seco e mais quente do que o normal, o que pode ter levado ao aumento da incidência de casos de febre de Zika Vírus, conforme será demonstrado a seguir.

5.3. Estudo Comparativo da Variabilidade Climática, o Ciclo de Vida do Vetor e Casos Confirmados do Zika Vírus

A Tabela 8 abaixo mostra a comparação sazonal entre as variáveis meteorológicas pesquisadas, o índice de infestação predial e a ocorrência de casos confirmados de Zika Vírus ao longo de cada ano avaliado nesta pesquisa.

Tabela 8: Variação sazonal da precipitação, da temperatura do ar, da umidade relativa do ar, do índice de infestação predial (ciclo de vida do vetor) e da ocorrência de ZIKV no período de 2015 a 2017.

ANO 2015					
Estação do Ano	Precipitação (mm)*	Temperatura do Ar (°C)*	Umidade Relativa do Ar (%)*	Índice de Infestação Predial (IIP) do <i>Aedes Aegypti</i> **	Casos confirmados de ZIKV**
Verão	295,1	29,3	71,9	1,0%	85
Outono	301,4	25,5	78,4	1,5%	215
Inverno	144,6	23,5	73,5	1,0%	69
Primavera	336,6	25,6	77,5	1,0%	6.857
2015	1.077,7	25,4	75,3	1,09%	7.226
ANO 2016					
Verão	354,9	29,3	72,7	1,0%	22.113
Outono	309,5	25,5	78,2	1,0%	9.056
Inverno	144,1	23,5	74,0	0,8%	529
Primavera	348,0	25,6	77,5	0,8%	263
2016	1.156,6	24,91	75,6	0,68%	31.961
ANO 2017					
Verão	209,3	28,4	72,2	1,0%	397
Outono	365,9	25,1	78,5	0,8%	106
Inverno	268,8	22,0	77,0	0,9%	73
Primavera	203,2	25,2	70,3	0,8%	64
2017	1.047,2	24,3	74,5	0,70%	640

Fonte: *Dados obtidos da GEORIO; **Informe Epidemiológico com saúde anos de 2015, 2016 e 2017, obtidos junto a Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro.

Nota: IIP: Menor que 1%: SATISFATÓRIO; De 1% e 3,99%: ALERTA; e Acima de 3,99%: RISCO.

Analisando a tabela anterior nota-se que o IIP variou entre 0,8% (satisfatório) a 1,5% (alerta). O maior índice foi registrado principalmente no outono de 2015 com 1,5% enquanto que os menores ocorreram no inverno e primavera de 2016 e outono e primavera de 2017, ambos com 0,8%. Em resumo, quanto ao IIP, apurado através do LIRAA, nas três estações de maior incidência de Zika (primavera/2015 e verão e outono de 2016), o município do Rio de Janeiro foi considerado como risco médio.

Em seguida apresentam-se os resultados comparativos entre o elemento clima (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar) e os casos confirmados de ZIKV e suas respectivas análises (Figuras 20, 21 e 22).

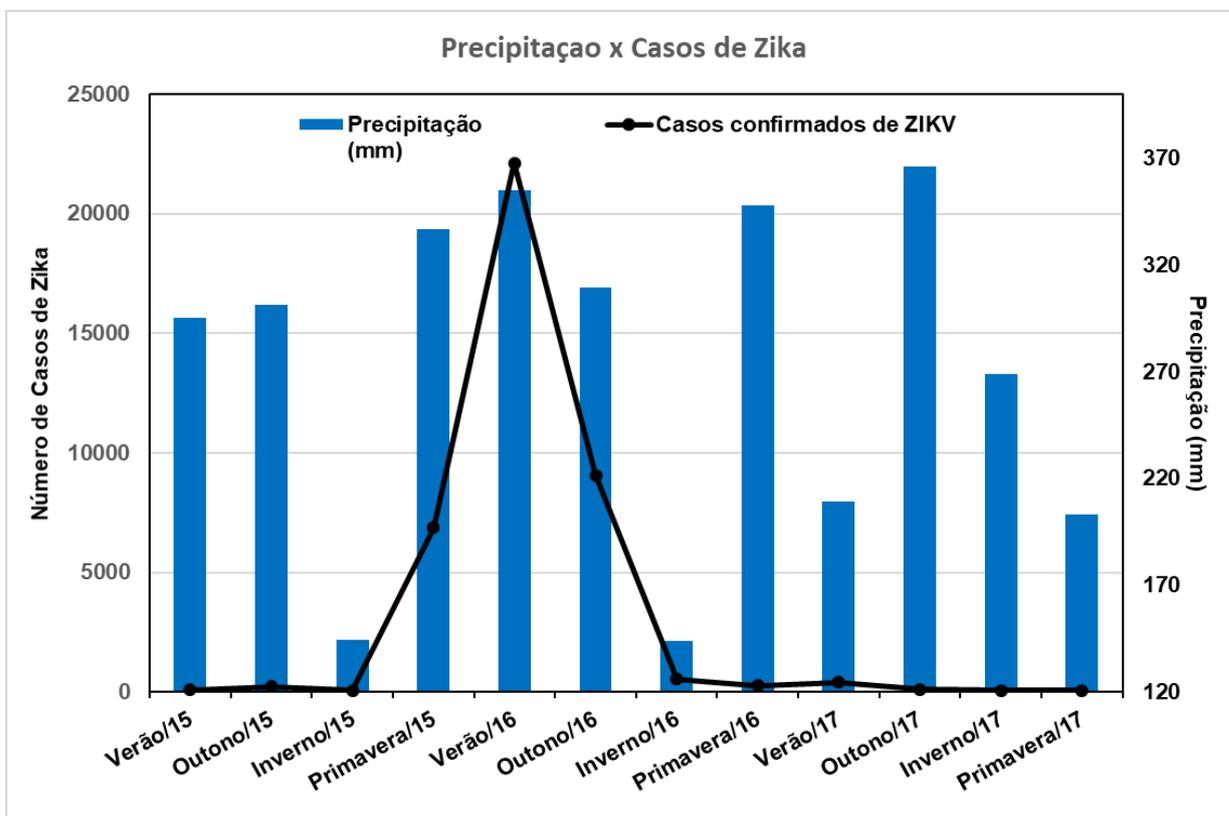


Figura 20: Comparação sazonal entre Precipitação e Casos confirmados de ZIKV para a cidade do Rio de Janeiro no período de 2015-2017.

Pode-se observar pela figura acima que há uma relação direta sazonal entre a ocorrência de precipitação e números de casos confirmados de Zika principalmente naqueles períodos de maior intensidade da febre causada pelo ZIKV, verificada entre a primavera de 2015 até o outono de 2016.

Além disso, observa-se que a precipitação contribui diretamente para a incidência dos casos de Zika, pois os mosquitos geradores desta enfermidade apresentam estágios aquáticos de larva e pupa, portanto precisam de água e determina a ausência ou permanência de criadouros do mosquito vetor,

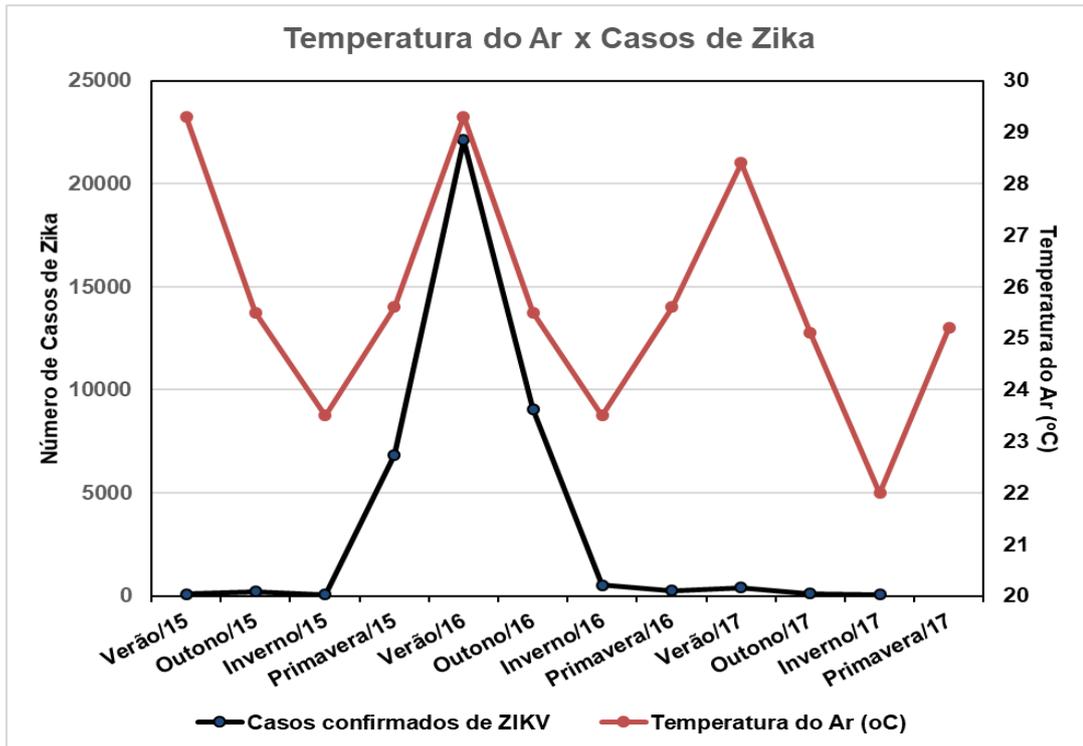


Figura 21: Comparação sazonal entre Temperatura do Ar e Casos confirmados de ZIKV para a cidade do Rio de Janeiro no período de 2015-2017.

Similar à precipitação, nota-se que a temperatura do ar também apresenta relação direta com o período de maior ocorrência de números de casos de Zika (primavera de 2015 até outono de 2016).

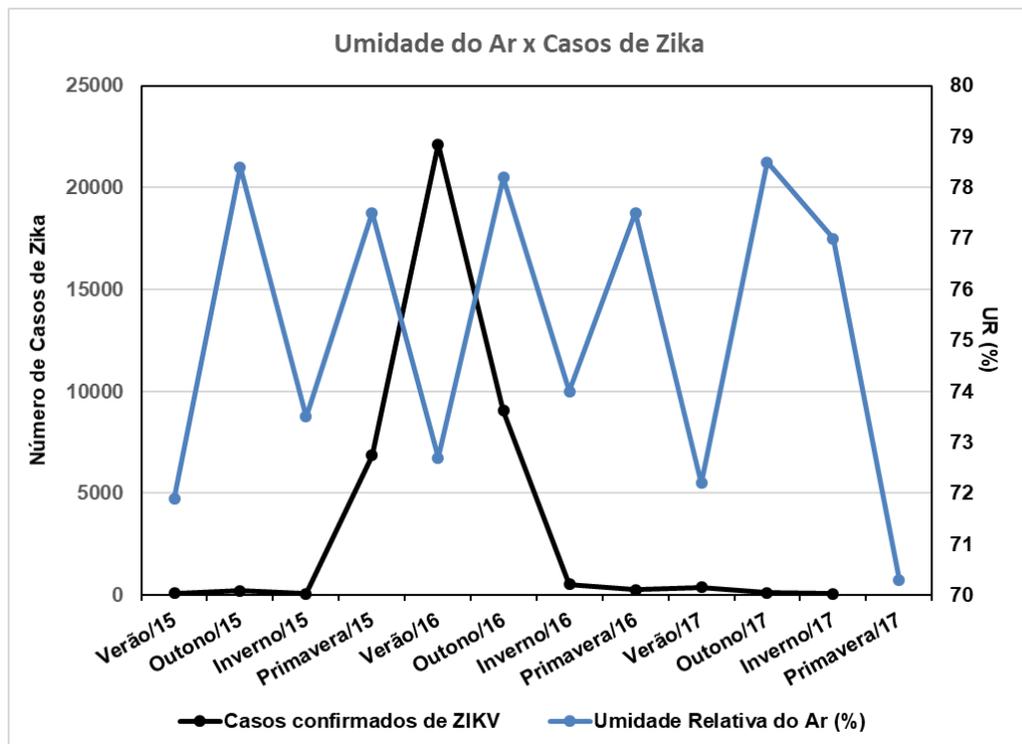


Figura 22: Comparação sazonal entre Umidade Relativa do Ar (UR) e Casos confirmados de ZIKV para a cidade do Rio de Janeiro no período de 2015-2017.

Diferentemente do que era esperado, a umidade relativa teve relação indireta e inversamente proporcional ao aumento do número de casos de Zika, porém, deve ser ressaltado que os valores de UR sempre estiveram elevados, maiores do que 70%, e com pouca variabilidade, o que pode justificar a ausência dessa relação direta no tocante ao aumento de casos do ZIKV.

De forma geral, os resultados revelaram que as estações primavera do ano de 2015 e verão e outono de 2016 concentraram quase a totalidade do número de casos registrados nesse período. A estação de maior incidência foi o verão de 2016 com 22.113 casos confirmados de Zika, correspondendo a 55,5% do total de casos verificados no Rio de Janeiro. A menor ocorrência de Zika foi observada nas estações primavera de 2017 (64 casos), inverno de 2015 (69 casos) e inverno de 2017 (73 casos), equivalente a 0,16%, 0,17% e 0,18% do total de casos observados, respectivamente.

Durante o verão, observou-se que, na cidade do Rio de Janeiro, há indícios de que as condições atmosféricas favorecem a proliferação e a contaminação do mosquito vetor (*Aedes aegypti*), já que, com a temperatura ($>28^{\circ}\text{C}$) e umidade (72%) elevadas, durante essa estação, são propícias as condições adequadas para aumentar o poder de infecção da fêmea, e assim conseguir espalhar o vírus com maior rapidez, concordando com Moraes et al. (1996) e Dantas et al (2007). Conforme ressaltado por Donalísio & Grasser (2002), o mosquito *Aedes*, causador da dengue e da Zika, já chegou a um estágio evolutivo em que não necessita obrigatoriamente de precipitação para se desenvolver, uma umidade relativa alta (acima de 70%) já é o suficiente para que se formem depósitos favoráveis à reprodução do vetor.

Durante o inverno, existem evidências de que as condições atmosféricas nesta estação sejam adversas para o mosquito vetor, inibindo a proliferação e a contaminação dele, pois as baixas temperaturas ($<24^{\circ}\text{C}$) e principalmente a temperatura mínima impedem que seu ciclo extrínseco se complete, similar ao que fora encontrado por Dantas et al. (2007) para a cidade de João Pessoa, para o caso da Dengue.

Várias pesquisas têm demonstrado a influência dos elementos meteorológicos sobre a incidência do mosquito de gênero *Aedes* (SOUZA, 2005 e BARBOSA, 2007 *apud* SOUZA et al., 2011), como também observou-se um padrão sazonal de incidência coincidente com o verão, devido a maior ocorrência de chuvas e aumento da temperatura nessa estação, similar ao que fora observado em nosso trabalho. Cabe ressaltar que esses fatores favorecem o aumento dos índices de infestação e da densidade vetorial (SOUZA et al., 2011).

Entretanto, uma série de fatores não meteorológicos também influenciam na incidência de doenças deste tipo como Zika e dengue, tais como: condições nutricionais, sociais, e de defesa imunológica do organismo humano (SOUZA, 2005 e ANDRADE, 2003 *apud* SILVA et al., 2011).

Por fim, analisando a evolução da incidência da doença no Brasil que foi registrada inicialmente em outubro de 2014 com pico da epidemia nos meses de janeiro e fevereiro de 2015, é nítido a correlação da variabilidade climática com a sazonalidade do ZIKV e a proliferação do *Aedes aegypti*, a qual observa-se a elevação do índice de infestação do *Aedes aegypti*, mantendo um padrão de acordo com a elevação da temperatura do ar e da precipitação, como também menor umidade relativa do ar, ao mesmo tempo em que temos a elevação dos casos da doença. Isso vem corroborar com os resultados obtidos neste estudo, mesmo que neste caso tenha sido especificamente para a cidade do Rio de Janeiro.

Considerando as dificuldades apresentadas pela OMS (2018) e segundo os resultados obtidos até o momento neste e em outros trabalhos, pode-se afirmar que um importante indicador de dificuldades no controle do mosquito é a variabilidade climática, apresentando períodos sazonais de temperaturas elevadas, altos índices de precipitação e umidade relativa do ar o que favorece a proliferação dos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*.

Portanto, este estudo mostrou que há intrínseca relação entre o elemento clima e o casos confirmados de Zika vírus. Também cabe ressaltar que além do elemento clima, há outros fatores que interferem diretamente na proliferação e ocorrência do ZIKV, tais como a falta de saneamento básico e a inação por parte dos tomadores de decisão, quando não fazem planejamento adequado para elaboração de ações objetivando minimizar ou sanar esta situação.

Sendo assim, novas estratégias de combate ao ZIKV devem ser planejadas junto aos órgãos públicos levando em consideração os cenários de mudanças climáticas principalmente para os meses mais críticos à transmissão e proliferação de casos de ZIKV evitando desta forma seu agravamento principalmente em regiões metropolitanas, como é o caso do Rio de Janeiro.

6. CONCLUSÕES

Os dados analisados sobre o desenvolvimento e a disseminação do Zika vírus, sua relação com a gestação e consequências perinatais comprovadas da transmissão transplacentária do ZIKV, tendo a microcefalia como uma das manifestações clínicas da Síndrome Congênita do Zika vírus, além de possíveis alterações oculares, como hipoplasia do nervo óptico, miopia e hipermetropia e alterações fundoscópicas, foram identificadas ao longo deste estudo.

No que se refere aos elementos de clima analisados neste trabalho, que abrange o período 2015 a 2017, observou-se importantes alterações tanto na média de temperatura, quanto no regime das chuvas se comparados aos valores médios históricos dos últimos 30 anos. Entre 2015 e 2017 confirmou-se valores de aquecimento em todas as estações do ano, destacando-se a primavera e o verão cujas médias do período superaram em 1,8°C e 2,0°C a média climatológica. No mesmo período percebeu-se reduções nos totais pluviométricos comparados com a média em todas as estações, com exceção do inverno. Estas condições climáticas, com importantes alterações em relação à normal da área de estudo, podem ter favorecido o aumento da infestação no território carioca pelos mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, principalmente entre dezembro de 2015 a março de 2016.

A variação sazonal do índice de infestação predial analisados em especial pro *Aedes aegypti* demonstrou valores bem próximos do satisfatório (1%) para anos de análise (2015 e 2017), com exceção do outono de 2015 que teve aumento do índice cujo pico ocorreu nesta estação (1,5%), atingindo nível de alerta. Pode-se observar que a infestação reduziu-se gradativamente ($IPP \leq 1\%$), porém manteve-se em condições de transmitir a doença, principalmente entre a primavera de 2015 ao outono de 2016, o que pode ter sido devido a outros fatores (ambientais e sociais) que precisam ser melhor investigados.

Após as análises realizadas ao longo do estudo, é possível configurar que houve relação entre o elemento clima e a incidência de Zika no Rio de Janeiro e que as variáveis estudadas são consideradas preditoras para o número de casos de Zika neste local. Além disso, as condições atmosféricas do Rio de Janeiro favorecem a ação do mosquito vetor de transmitir o ZIKV, propiciando sua proliferação mais rápida.

Por fim, os elementos meteorológicos, considerados na pesquisa, atuaram sobre a incidência do Zika na cidade do Rio de Janeiro, porém, além das condições meteorológicas, existem outras causadas por condições nutricionais, sociais e de defesa imunológica do organismo humano (p.e. poluição hídrica, saneamento básico, entre outros).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAGAARD-HANSEN, J.; NOMBELA, N.; ALVAR, J. Population movement: a key factor in the epidemiology of neglected tropical diseases. *Trop Med Int Health.*, 15(11):1281-8, 2010.
- ANDRADE, I. S. Influência de Elementos Meteorológicos nos Casos de Cólera, Dengue e Meningite no Estado da Paraíba. Dissertação (Mestrado em Biometeorologia) - Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, Paraíba, 2003.
- ALMEIDA, P. G. Mosquitoes (*Diptera, Culicidae*) and their medical importance for Portugal: challenges for the 21st century. *Acta Médica Portuguesa*, v. 24, n. 6, p. 961-74, 2011.
- BARBOSA, Ricardo Falcão Barbosa. Influência de Variáveis Meteorológicas na ocorrência de doenças infecciosas em diferentes localidades de Alagoas. Dissertação (Mestrado em Biometeorologia) - Universidade Federal de Alagoas-UFAL, Maceió, 2007.
- BARCELLOS, C. et al. Climatic and environmental changes and their effect on infectious diseases: scenarios and uncertainties for Brazil. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.
- BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. *Geosp - Espaço e Tempo (Online)*, v. 20, n. 1, p. 160-177, mês. 2016.
- BESNARD, M.; LASTERE, S.; TEISSIER, A.; CAO-LORMEAU, V.; MUSSO, D. Evidence of perinatal transmission of Zika virus, French Polynesia, December 2013 and February 2014. *Euro Surveill*, 19, pii: 20751, 2014.
- BESERRA, E. B.; CASTRO Jr., F. P.; SANTOS, J. W.; SANTOS, T. S.; FERNANDES, C R. M. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. *Neotropical entomology*, 35 (6): 853- 860, 2006.
- BOHBOT, J.D.; SPARKS, J.T.; DICKENS, J.C. The maxillary palp of *Aedes aegypti*, a model of multisensory integration. *Insect Biochem Mol Biol*, 48:29-39, 2014,
- BONALDO, M. C. et al. Isolation of infective Zika virus from urine and saliva of patients in Brazil. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 2016.
- BRASIL, M. D. S. Dengue, Instruções para Pessoal de Combate ao Vetor - Manual de Normas Técnicas. p. 75, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil / BRASIL. Ministério da Saúde; Organização Pan-Americana da Saúde. – Brasília: Organização Pan Americana da Saúde, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de vigilância epidemiológica. 6a. ed., Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. 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 tipo de recipientes. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis, Brasília: Ministério da Saúde, 2013, 84 p.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. In: Guia de Vigilância de Epizootias em primatas não humanos e entomologia aplicada à vigilância da Febre Amarela. Brasília: MS; 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Protocolo de vigilância e resposta à ocorrência de microcefalia e/ou alterações do sistema nervoso central (SNC)/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. Centro de Operações de Emergências em Saúde Pública sobre Microcefalias. Informe epidemiológico n° 14: semana epidemiológica (SE) 07/2016 (14 a 20/02/2016): monitoramento dos casos de microcefalia no Brasil. Inf. Epidemiol. 2016a; 14(7): 1-4.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. Secretaria de Atenção à Saúde. Diretrizes de estimulação precoce: crianças de zero a 3 anos com atraso no desenvolvimento neuropsicomotor decorrente de microcefalia: plano nacional de enfrentamento à microcefalia [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2016b.

BRASIL. Ministério da Saúde - MS. Secretaria de Vigilância em Saúde. Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 16, 2016. Boletim Epidemiológico, v. 47, n° 20, 2017.

CANN, A. J. Principles of Molecular Virology (Standard Edition). Elsevier Science, 2005.

CAMPBELL-LENDRUM, D.; CORVALÁN, C. Climate Change and Developing-Country Cities: Implications for Environmental Health and Equity. Journal of Urban Health, v. 84, n.1, p. 109- 117, 2007.

- CARTER, J.; SAUNDERS, V. A. *Virology: Principles and Applications*. 1. ed., Wiley, 2007.
- CASSEB, A. R. et al. Arbovírus: Importante zoonose na Amazônia Brasileira. *Vet. e Zootec.*, v. 20, n 3, p. 391-403, 2013.
- CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION - CDC/EUA, 2015. Symptoms, Testing, & Treatment. Disponível em: <https://www.cdc.gov/zika/about/index.html>
- CHRISTY, J. E.; SPENCER, R. Global Temperature Report 1978-2003, The University of Alabama in Huntsville, 2003. Disponível em: meteo.lcd.lu/globalwarming/Christie_and_Spencer/25years_highlite.pdf.
- COMISSÃO TÉCNICA NACIONAL DE BIOSSEGURANÇA. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Parecer Técnico nº 3964/2014: Liberação comercial da linhagem OX513A de *Aedes aegypti*. Brasília (DF), 2014.
- CONFALONIERI, U. et al. Human health. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof J P, Van Der Linden PJ, Hanson CE, editors. *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge: Cambridge University Press; 2007. p. 391-431.
- CONRADO, D. et al. Vulnerabilidades às mudanças climáticas. Disponível em: acesso em: 31 de outubro de 2007
- CORREA, E.; COMIM, F. Impactos potenciais da mudança climática no desenvolvimento humano. *Revista da ANPEC*, 20p., 2008. Disponível em: <http://www.anpec.org.br/encontro2008/artigos/200807211226430-.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2018.
- COSTA, R. O. Climatologia, Variabilidade Climática e Mudanças Climáticas, <https://pt.slideshare.net/rangel1976/climatologia-variabilidade-climtica-e-mudanas-climticas-rangel-de-oliveira-costa-30.10.2013>.
- CRUZ, A. C. R.; VASCONCELOS, P. F. D. C. Arbovírus No Brasil. *Biológico*, v. 70, n. 2, p. 45-46, 2008.
- DA SILVA NETO, M. A. C.; WINTER, C.; TERMIGNONI, C. Tópicos Avançados em Entomologia Molecular: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular. [s.l.] Itabajara da Silva Vaz Junior, 2013.

- DANTAS, R. T.; LIMERIA, R. C.; MENEZES, H. E. A.; SOUZA, N. M. N. Influência de Variáveis Meteorológicas sobre a Incidência de Dengue em João Pessoa – PB. *Revista Fafibe On Line*, n. 3, ago. 2007.
- DUTRA, H. L. et al. Wolbachia Blocks Currently Circulating Zika Virus Isolates in Brazilian *Aedes aegypti* Mosquitoes. *Cell_Host Microbe*. 19(6): 771-4, 2016.
- DONALISIO, M. R.; GLASSER, C. M. Vigilância Entomológica e controle de vetores do dengue. *Revista Brasileira de Epidemiologia*. V. 5, n.º 3, São Paulo, 2002.
- DONALISIO, M. R.; FREITAS, A. R. R.; VON ZUBEN, A. P. B. Arboviroses emergentes no Brasil: desafios para a clínica e implicações para a saúde pública. *Rev Saude Publica*. 2017; 51:30.
- EISEN, L. et al. Proactive Vector control strategies and improved monitoring and evaluation practices for dengue prevention. *Journal of medical entomology*, v. 46, n. 6, p. 1245–1255, nov. 2009.
- FIGUEIREDO, L. T. M. Emergent arboviruses in Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 40, p. 224–229, 2007.
- FLORES, E. F. *Virologia veterinária*. UFMS ed. [s.l: s.n.], 2007.
- FORATTINI, O. P. *Culicidologia médica*. São Paulo, Edusp. 2002, 860p.
- GADELHA, D. T. A.; TODA, A. T. Biologia e comportamento do *Aedes aegypti*. *Rev. Bras. Mal. Trop.* 37: 29-36, 1985.
- GALATI, E.; CAMARA, T.; NATAL, D.; CHIARAVALLOTTI-NETO, F. Mudanças climáticas e saúde urbana. *Revista USP*, v. 107, p. 79-90, 2015.
- GÓIS, F. R. Investigação de arbovírus (gênero Flavivírus) de interesse à saúde pública em mosquitos (*Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*) em Foz do Iguaçu, Paraná. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Paraná. 81 f, 2017.
- GUBLER, D. J. Dengue and dengue hemorrhagic fever. *Clin. Microbiol. Rev.*, v.11, n.3, p.480-96, 1998.
- HAYES, E. B. Zika virus outside Africa. *Emerg Infect Dis.*, 15(9):1347-50, 2009.
- HENRIQUES, C. M. P.; DUARTE, E.; GARCIA, L. P. Desafios para o enfrentamento da epidemia de microcefalia. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 25, n. 1, p. 07-10, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990. Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes. Brasília, DF: INMET, 2009, 465 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Summary for Policymakers. In: PARRY, M.L.; CANZIANI, O.F.; PALUTIKOF, J.P.; VAN DER LINDEN, P.J.; HANSON, C.E. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007a. p. 7-22.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Summary for Policymakers. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; ENHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR M.; MILLER, H.L. Climate Change 2007: Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007b. p. 2-J

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: SUMMARY FOR POLICYMAKERS. CHRISTOPHER B. FIELD et al. (Eds.), IPCC, Geneva, Suíça. 2014, 44 p.

IOOS, S. et al. Current Zika virus epidemiology and recent epidemics *Medecine et Maladies Infectieuses*, v. 44, n. 7, p. 302–7, 2014

JERÔNIMO, C.E.; NASCIMENTO, L.P.; BALBINO, C. P. Impacto ambiental derivado das ações de controle e combate a dengue do Rio Grande do Norte. *Revista Monografias Ambientais* 2012; 9(9): 2021-30.

KNIPE, D. M.; HOWLEY, P. *Fields virology*. 6th. Ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2013.

KORSMAN, S. N. J. et al. *Virology: An Illustrated Colour Text*. [s.l.] Elsevier, Health Sciences UK, 2012.

LEUNG, W. K. et al. Zika Virus Infection in Australia Following a Monkey Bite in Indonesia. *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, v. 46, n. 3, p. 460–464, 2015.

LIMA-CAMARA, T. N. Arboviroses emergentes e novos desafios para a saúde pública no Brasil. *Rev Saude Publica*, 50:36, 2016.

- LOPES, N.; NOZAWA, C.; LINHARES, R. E. C. Características gerais e epidemiologia dos arbovírus emergentes no Brasil. *Rev Pan-Amaz Saude* [online]. vol. 5, n. 3, p. 55-64, 2014.
- LOZOVEI, A. L. Culicídeos (mosquitos), p.59-104. In C.B. Marcondes (org.), *Entomologia médica e veterinária*. 1ª ed. São Paulo, Atheneu, 2001, 432p.
- LUZ, K. G.; SANTOS, G. I. V. DOS; VIEIRA, R. M. Febre pelo vírus Zika, *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, 24(4):785-788, out-dez, 2015.
- MARCONDES, C. B. Zika virus in Brazil and the danger of infestation by *Aedes (Stegomyia)* mosquitoes - *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* vol. 49 no. 1, Uberaba Jan./Feb. 2016. Epub Dec 22, 2015.
- MCMICHAEL, A. J.; WOODRUFF, R. E. Climate change and infectious diseases. In: *The Social Ecology of Infectious Diseases*, K.H. Mayer and H.F. Pizer, Editors. 2008, Elsevier: Amsterdam. p. 378- 407.
- MENDES, C. S. et al. Impacto das mudanças climáticas sobre a leishmaniose no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, vol.21, n.1, pp.263-272, 2015.
- MENDONÇA, F. A. et al. Clima e Dengue: Abordagem Introdutória da evolução da dengue na região sul do Brasil. In. VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Aracaju/SE, 2004b. CD-ROM.
- MILKE, A. B. B. et al. Controle de vetores utilizando mosquitos geneticamente modificados. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 43, n. 5, p. 869-874., 2009. Disponível em: <http://producao.usp.br/handle/BDPI/13414>.
- MORAES, J.G.M.et al. *Dengue: Manual de orientações*. Secretaria de Saúde do Estado de Pernambuco/Comissão Estadual de Controle do Dengue. Recife, 1996. 23p.
- MORSE, S. S. Factors in the emergence of infectious diseases. *Emerging infectious diseases*, v. 1, n. 1, p. 7-15, 1995.
- MOURAO, M. P. G. et al. Arboviral diseases in the Western Brazilian Amazon: a perspective and analysis from a tertiary health & research center in Manaus, State of Amazonas. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 48 Suppl 1, p. 20–26, 2015.
- MUSSO, D.; NILLES, E. J.; CAO-LORMEAU, V. M. Rapid spread of emerging Zika virus in the Pacific area. *Clin Microbiol Infect*, 20. O595-6, 2014.
- MUSSO, D. et al. Potential sexual transmission of Zika virus. *Emerging Infectious Diseases*, n. 21, p. 359-61, 2015.

NASCIMENTO, S. R. Oscilações no desempenho de motoristas profissionais, motoristas pluriacidentados e não-motoristas em tarefas de atenção mantida. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

O’GORMAN, P. A.; SCHNEIDER, T. The Hydrological Cycle over a Wide Range of Climates Simulated with an Idealized GCM. *Journal of Climate*, Volume 21 No. 15, August 2008.

OLIVEIRA, S. L.; CARVALHO, C. M. L. Mosquito transgênico: do Paper para a Realidade. *Revista da Biologia*, 6b(2): p. 38-43, 2013.

OLIVEIRA, T. E. S. Condições Microclimáticas e a Proliferação de Vetores da Dengue e Febre Amarela em uma Escola de Cuiabá-MT. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, v, 48 f, 2013.

OLIVEIRA MELO, A. S. et al. Zika virus intrauterine infection causes fetal brain abnormality and microcephaly: tip of the iceberg? *Ultrasound Obstet Gynecol*, 47:6-7, 13, 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS, 2016. The history of Zika virus. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/zika-virus/timeline/en/>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS, 2018. Zika Virus and Complications: 2016 Public Health Emergency of International Concern. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/zika-virus-tmp/en/>.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE - OPAS. Mudança Climática e Saúde: um perfil do Brasil / Organização Pan-Americana da Saúde, Ministério da Saúde – Brasília, Organização Pan-Americana da Saúde, 2009.

PAIVA, M. H. S., 2013. Caracterização molecular da resistência a inseticidas químicos em populações de *Aedes aegypti*. [tese] Recife: Fundação Oswaldo Cruz, 2013.

PINHEIRO, F. P. et al. Oropoche virus. I. A Review of Clinical, epidemiological and ecological findings. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 30, p. 149-160, 1981.

PINHEIRO, F. P.; LEDUC, J. Mayaro vírus disease. In: MONATH, T. P. (Ed.). **The arboviruses: epidemiology and ecology**. Florida CRC Press Inc., p. 137-150, 1988.

PDR-RJ - Plano Diretor de Regionalização do Rio de Janeiro. 2001.

RASMUSSEN, S. A.; JAMIESON, D. J.; HONEIN, M. A.; Petersen, L. R. Zika virus and birth defects—reviewing the evidence for causality *N. Engl. J. Med.*, 374, p. 1981-1987, 2016.

- ROUQUAYROL, M. Z.; GOLDBAUM, M. Epidemiologia, História Natural e Prevenção de Doenças. In: ROUQUAYROL, M.Z. & ALMEIDA FILHO, N. Epidemiologia e Saúde. 5ª ED. RIO DE JANEIRO, MEDSI, 660 p, 1999.
- RUFFATO, C. R.; CONTE, H. Mosquito Transgênico *Aedes aegypti* no Brasil: Linhagem OX513A/Uningá Review. V. 22, n.1, Abr-Jun 2015, pp.20-23.
- SALGE, A. K. M. et al. Infecção pelo vírus Zika na gestação e microcefalia em recém-nascidos: revisão integrativa de literatura. Rev. Eletr. Enf. [Internet]. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5216/ree.v18.39888>. Acesso em: 03/03/2018.
- SMALLEGANGE, R. C.; QIU, Y. T.; BUKOVINSZKINE-KISS, G., VAN LOON, J. J. A.; TAKKEN, W. The effect of aliphatic carboxylic acids on olfaction-based host-seeking of the malaria mosquito *Anopheles gambiae sensu stricto*. J. Chem. Ecol., 35:933-943, 2009.
- SES-RJ - Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. Informes Epidemiológicos referentes aos anos de 2015, 2016 e 2017. Disponível em: <http://www.riocomsaude.rj.gov.br/site/conteudo>. Acesso em: 03/09/2018.
- SHOPE, R. E. The discovery of arbovirus diseases. Ann N Y Acad Sci. 740: 138-45, 1994.
- SHOPE, R.E. Epidemiology of other arthropod-borne flaviviruses infecting humans. In: CHAMBERS, T.; MONATH, T. The flaviviruses: detection, diagnosis and vaccination development. v. 61. Amsterdam: Elsevier Academic, 2003. p.386– 387.
- SILVA, H. J. F.; ASSIS, L. M. M.; BAIMA, F. B. Estudo das Variáveis Meteorológicas sobre a Incidência de Dengue na Cidade de Marabá/PA, Sudeste do Pará (Estudo Preliminar). XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES.
- SILVA, C. M.; COUTINHO, G. S. L.; OLEA, R. S. G. A luta humana contra o *Aedes aegypti*. Revista Cadernos de Pesquisas, 9(3):107-15, 2012.
- SILVEIRA NETO, S. et al. Uso da Análise Faunística de Insetos na Avaliação do Impacto Ambiental. Sci. Agric., Piracicaba, 52(1): 9-15, 1995.
- SOUSA, N. M. N. Influência de variáveis meteorológicas sobre a incidência do Dengue, Meningite e Pneumonia em João Pessoa-PB. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, n.2, 183-192, 2005.
- SWAMINATHAN, S.; SCHLABERG, R.; LEWIS, J.; HANSON, K. E.; COUTURIER, M. R. Fatal Zika virus infection with secondary nonsexual transmission. N. Engl. J. Med. 375, 1907–1909, 2016.

- TAUIL, P. L. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 867-871, 2001.
- TAYLOR, S.; PATEL, P.; HEROLD, T. Recurrent arthralgias in a patient with previous Mayaro fever infection. *Southern Med J.*, 98:484-5, 2005.
- TEVA, A.; FERNANDEZ, J. C. C.; SILVA, V. L. Imunologia. In: MOLINARO, E. M.; CAPUTO, L. F. G.; AMENDOEIRA, M. R. R. (Eds.) *Conceitos e Métodos para formação de profissionais em laboratórios de saúde*. 1 ed. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, p.1-124, 2009.
- TILIO NETO, P. D. Ecopolítica das mudanças climáticas: o IPCC e o ecologismo dos pobres [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais. *As mudanças climáticas na ordem ambiental internacional*. p. 37-81, 2010.
- TRENBERTH, K. E. The definition of El Nino. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.
- VASCONCELOS, P. F. C. et al. Inadequate management of natural ecosystem in the Brazilian Amazon region results in the emergence and reemergence of arboviruses. *Cad Saúde Publica*, 17:155-64, 2001.
- WEAVER, S. C.; LECUIT, M. Chikungunya Virus and the Global Spread of a Mosquito-Borne Disease. *New England Journal of Medicine*, v. 372, n. 13, p. 1231–1239, 2015.
- WEAVER, S. C.; REISEN, W. K. Present and future arboviral threats. *Antiviral Res.* 85(2):328, 2010.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Arthropod-borne and rodent-borne viral Diseases. Rep technical report series, Geneva: World Health Organization, v. 719, p. 1–116, 1985. Disponível em: <http://www.who.int/iris/handle/10665/39922>. Acesso em: 22/05/2018.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Dengue and severe dengue. Fact sheet N°117, Geneva: World Health Organization, 2015. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/>. Acesso em: 22/05/2018.
- ZANLUCA, C. et al. First report of autochthonous transmission of Zika virus in Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 110, p. 569–572, 2015.
- ZARA, A. La. S. A. et al. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiol. Serv. Saúde* [online], vol.25, n.2, pp.391-404, 2016.

ANEXOS

ANEXO A: NÚMERO DE CASOS DE ZIKA: 2015-2017

Tabela 1A: Dados mensais, e por ano, de número de casos de ZIKV para o período de 2015 a 2017, e medidas estatísticas de tendência central para por áreas programáticas da cidade do Rio de Janeiro.

Ano	Área Programática	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2015	1.0	1	0	2	2	5	7	1	1	1	1	67	260	348
	2.1	1	0	3	2	4	3	1	0	0	3	37	209	263
	2.2	1	0	0	4	4	8	5	3	1	4	34	233	297
	3.1	0	2	0	2	17	19	4	4	4	7	88	633	780
	3.2	3	2	4	5	10	10	5	0	3	5	141	638	826
	3.3	12	2	2	4	13	15	7	3	3	18	262	1.205	1.546
	4.0	7	1	1	1	7	7	0	2	2	9	67	523	627
	5.1	1	2	1	5	46	2	5	5	1	3	40	308	419
	5.2	12	13	5	9	3	1	2	3	1	7	175	1.170	1.401
	5.3	4	1	2	0	0	0	0	1	1	2	46	644	701
Total		42	23	20	34	109	72	30	22	17	59	957	5.823	7.208
2016	1.0	510	632	581	564	199	84	10	7	4	5	9	4	2.609
	2.1	514	734	706	405	203	57	25	11	9	4	2	14	2.684
	2.2	348	558	252	204	87	31	15	4	4	4	1	3	1.511
	3.1	811	823	795	507	192	65	28	10	8	6	6	10	3.261
	3.2	637	442	635	681	285	62	18	8	2	7	6	7	2.790
	3.3	896	874	1.118	843	281	111	53	23	11	11	11	15	4.247
	4.0	1.295	1.329	1.248	773	314	178	23	12	4	9	4	8	5.197
	5.1	324	321	413	714	308	76	30	8	4	4	3	10	2.215
	5.2	1.381	856	667	524	420	146	77	39	21	17	22	15	4.185
	5.3	965	748	683	484	197	59	38	20	3	19	8	19	3.243
Total		7.681	7.317	7.098	5.699	2.486	869	317	142	70	86	72	105	31.942
2017	1.0	13	9	5	6	0	0	1	4	1	2	2	2	45
	2.1	17	12	14	10	3	2	2	3	2	2	2	8	77
	2.2	6	1	5	0	2	1	3	2	0	0	0	1	21
	3.1	17	20	17	7	4	3	3	3	3	2	6	3	88
	3.2	14	13	11	2	5	1	2	1	3	1	1	0	54
	3.3	27	19	19	8	5	3	2	1	6	1	1	1	93
	4.0	18	10	11	8	2	4	1	2	3	0	3	2	64
	5.1	11	10	12	2	5	4	1	1	2	1	1	1	51
	5.2	32	9	8	6	5	4	1	4	5	9	4	4	91
	5.3	19	16	2	0	2	2	3	7	1	1	0	3	56
Total		174	119	104	49	33	24	19	28	26	19	20	25	640
Média		488,1	462,5	448,1	359,8	163,2	59,6	22,3	11,1	6,3	9,7	64,9	371,3	2.466,9
Mediana		17,5	13,0	11,5	7,5	8,5	7,5	4,5	4,0	3,0	4,0	7,0	12,0	740,5
Moda		1	2	2	2	5	3	1	1	1	1	1	3	#N/D
Máximo		7.681,0	7.317,0	7.098,0	5.699,0	2.486,0	869,0	317,0	142,0	70,0	86,0	957,0	5.823,0	31.942,0
Mínimo		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,0
DP		1.373,8	1.304,4	1.267,2	1.014,5	441,3	154,7	56,6	25,3	12,5	17,6	173,1	1.048,6	5.671,8
CV		2,8	2,8	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3	2,0	1,8	2,7	2,8	2,3

ANEXO B: DADOS METEOROLÓGICOS E CLIMÁTICOS

Tabela 1B: Dados mensais, e por ano, de precipitação (mm) para o período de 2015 a 2017, e medidas estatísticas de tendência central para as estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro.

Ano	Estação	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
2015	Alto da Boa Vista	89,8	133,4	215,6	140,4	75,0	307,4	71,4	26,4	193,0	103,6	225,0	107,0	1.688,0
	Guaratiba	115,8	132,2	164,6	81,8	62,0	50,4	7,2	4,2	82,4	15,2	183,0	63,0	961,8
	Irajá	43,6	146,4	164,8	84,2	36,0	43,8	4,0	5,6	48,4	16,8	126,2	79,2	799,0
	Jardim Botânico	49,0	89,4	118,8	159,0	40,8	151,4	44,2	7,2	145,6	57,4	232,4	108,4	1.203,6
	Rio Centro	32,8	175,8	120,8	82,4	56,4	105,0	25,4	3,2	104,2	41,0	183,4	78,0	1.008,4
	Santa Cruz	158,0	148,0	216,6	59,6	53,8	64,8	17,0	4,4	80,8	23,4	226,8	111,2	1.164,4
	São Cristovão	32,6	95,8	113,2	29,4	34,8	62,2	6,2	0,8	67,8	6,2	193,4	76,4	718,8
Média		74,5	131,6	159,2	91,0	51,3	112,1	25,1	7,4	103,2	37,7	195,7	89,0	1.077,7
2016	Alto da Boa Vista	399,2	191,0	304,0	51,6	132,2	221,4	28,6	151,8	152,4	142,2	307,0	158,6	2.240,0
	Guaratiba	115,8	132,2	164,6	81,8	62,0	50,4	7,2	4,2	82,4	15,2	183,0	63,0	961,8
	Irajá	43,6	146,4	164,8	84,2	36,0	43,8	4,0	5,6	48,4	16,8	126,2	79,2	799,0
	Jardim Botânico	49,0	89,4	118,8	159,0	40,8	151,4	44,2	7,2	145,6	57,4	232,4	108,4	1.203,6
	Rio Centro	32,8	175,8	120,8	82,4	56,4	105,0	25,4	3,2	104,2	41,0	183,4	78,0	1.008,4
	Santa Cruz	158,0	148,0	216,6	59,6	53,8	64,8	17,0	4,4	80,8	23,4	226,8	111,2	1.164,4
	São Cristovão	32,6	95,8	113,2	29,4	34,8	62,2	6,2	0,8	67,8	6,2	193,4	76,4	718,8
Média		118,7	139,8	171,8	78,3	59,4	99,9	18,9	25,3	97,4	43,2	207,5	96,4	1.156,6
2017	Alto da Boa Vista	114,6	20,8	236,8	339,4	45,4	369,2	92,4	152,0	18,6	88,6	173,2	114,2	1.765,2
	Guaratiba	188,6	10,0	149,8	116,2	42,0	144,6	14,0	34,0	14,0	83,8	171,8	70,2	1.039,0
	Irajá	171,6	12,4	82,8	102,8	39,4	63,0	36,0	37,0	10,8	41,8	89,8	133,0	820,4
	Jardim Botânico	103,4	6,8	112,6	212,0	35,4	245,4	26,2	54,4	11,2	64,2	79,4	80,0	1.031,0
	Rio Centro	59,8	22,8	154,4	192,4	44,0	205,2	26,0	69,8	16,2	78,2	128,0	84,0	1.080,8
	Santa Cruz	20,6	24,6	193,6	155,4	57,2	74,2	19,6	39,0	11,4	78,0	148,2	77,6	899,4
	São Cristovão	61,4	17,4	109,0	111,6	29,0	121,8	13,0	44,8	8,0	35,4	72,0	71,4	694,8
Média		102,9	16,4	148,4	175,7	41,8	174,8	32,5	61,6	12,9	67,1	123,2	90,1	1.047,2
Período (2015-2017)	Média	98,7	95,9	159,8	115,0	50,8	128,9	25,5	31,4	71,1	49,3	175,5	91,8	1.093,8
	Mediana	61,4	95,8	154,4	84,2	44,0	105,0	19,6	7,2	67,8	41,0	183,0	79,2	1.008,4
	Moda	116	132	165	82	62	50	7	4	82	15	183	63	962
	Máximo	399,2	191,0	304,0	339,4	132,2	369,2	92,4	152,0	193,0	142,2	307,0	158,6	2.240,0
	Mínimo	20,6	6,8	82,8	29,4	29,0	43,8	4,0	0,8	8,0	6,2	72,0	63,0	694,8
	DP	86,3	63,6	54,4	71,8	22,1	92,5	22,6	44,9	54,8	36,2	58,1	24,8	383,1
	CV	0,87	0,66	0,34	0,62	0,43	0,72	0,89	1,43	0,77	0,73	0,33	0,27	0,35

Fonte: Dados da GEORIO.

Tabela 2B: Dados mensais, e por ano, de temperatura do ar e medidas estatísticas de tendência central para o período de 2015 a 2017 nas estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro.

Ano	Estação	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
2015	Alto da Boa Vista	26,72	25,39	23,78	21,90	20,35	19,71	20,22	20,49	21,75	22,36	23,15	25,64	26,72
	Guaratiba	28,61	27,2	25,43	24,16	22,68	21,82	22,53	22,93	ND	ND	ND	27,47	28,61
	Irajá	30,18	28,87	27,16	25,72	23,86	23,07	23,47	24,35	24,64	25,78	26,32	28,9	30,18
	Jardim Botânico	28,96	27,68	26,28	24,78	23,53	20,79	22,57	22,71	23,72	24,53	24,95	27,52	28,96
	Rio Centro	29,89	28,31	26,73	25,30	23,44	22,63	22,95	22,92	24,40	25,28	25,92	28,42	29,89
	Santa Cruz	29,71	28,27	26,74	25,23	23,43	22,63	22,99	23,89	24,13	25,63	25,99	28,29	29,71
	São Cristovão	30,29	28,85	27,13	25,49	23,81	23,01	23,54	23,92	24,69	25,73	26,38	28,69	30,29
Média		29,2	27,8	26,2	24,7	23,0	22,0	22,6	23,0	23,9	24,9	25,5	27,9	25,04
2016	Alto da Boa Vista	24,09	26,00	24,71	23,99	19,81	17,28	18,94	19,40	19,92	20,97	21,91	24,43	24,09
	Guaratiba	28,61	27,20	25,43	24,16	22,68	21,82	22,53	22,93	ND	ND	ND	27,47	28,61
	Irajá	30,18	28,87	27,16	25,72	23,86	23,07	23,47	24,35	24,64	25,78	26,32	28,94	30,18
	Jardim Botânico	28,96	27,68	26,28	24,78	23,53	20,79	22,57	22,71	23,72	24,53	24,95	27,52	28,96
	Rio Centro	29,89	28,31	26,73	25,30	23,44	22,63	22,95	22,92	24,40	25,28	25,92	28,42	29,89
	Santa Cruz	29,71	28,27	26,74	25,23	23,43	22,63	22,99	23,89	24,13	25,63	25,99	28,29	29,71
	São Cristovão	30,29	28,85	27,13	25,49	23,81	23,01	23,54	23,92	24,69	25,73	26,38	28,69	30,29
Média		28,8	27,9	26,3	25,0	22,9	21,6	22,4	22,9	23,6	24,7	25,2	27,7	24,91
2017	Alto da Boa Vista	25,90	25,61	23,54	21,43	19,70	19,57	17,86	18,17	21,12	22,62	22,27	23,44	25,90
	Guaratiba	27,91	25,67	25,60	ND	23,57	24,67	27,91						
	Irajá	29,50	29,50	27,18	24,98	23,29	23,00	21,57	21,64	24,87	25,89	24,58	26,80	29,50
	Jardim Botânico	28,60	27,70	26,19	24,20	22,43	22,08	20,60	20,97	22,68	24,30	24,43	25,51	28,60
	Rio Centro	29,72	28,80	26,83	24,99	22,84	22,43	21,33	21,49	23,58	24,88	25,31	26,53	29,72
	Santa Cruz	29,19	29,10	26,75	24,86	22,89	22,44	21,06	21,40	24,32	25,25	25,28	26,49	29,19
	São Cristovão	29,60	28,96	27,01	24,97	23,36	22,83	21,48	21,64	24,48	25,78	25,50	26,67	29,60
Média		28,6	27,9	26,2	24,2	22,4	22,1	20,7	20,9	23,5	24,8	24,4	25,7	24,3
Período (2015-2017)	Média	28,9	27,9	26,2	24,6	22,8	21,9	22,0	22,3	23,7	24,8	25,0	27,1	28,9
	Mediana	29,5	28,3	26,7	25,0	23,4	22,5	22,6	22,8	24,2	25,3	25,3	27,5	29,5
	Moda	29	27	25	24	23	23	23	23	25	26	26	27	29
	Máximo	30,3	29,5	27,2	25,7	23,9	23,1	23,5	24,4	24,9	25,9	26,4	28,9	30,3
	Mínimo	24,1	25,4	23,5	21,4	19,7	17,3	17,9	18,2	19,9	21,0	21,9	23,4	24,1
	DP	1,6	1,3	1,1	1,1	1,3	1,5	1,6	1,7	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6
	CV	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05

Fonte: Dados da GEORIO.

Tabela 3B: Dados mensais, e por ano, de umidade relativa do ar e medidas estatísticas de tendência central para o período de 2015 a 2017 nas estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro.

Ano	Estação	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
2015	Alto da Boa Vista	72,25	79,11	85,72	85,48	83,41	82,14	80,73	75,13	80,89	83,06	89,54	77,49	81,25
	Guaratiba	80,27	94,4	84,43	82,45	80,01	78,16	79,0	69,14	ND	ND	ND	74,74	80,29
	Irajá	61,52	66,50	73,53	72,89	71,61	72,61	71,37	64,33	73,27	70,24	77,88	66,68	70,20
	Jardim Botânico	68,12	74,56	79,51	78,33	76,31	76,69	74,91	70,13	75,87	75,54	82,79	71,95	75,39
	Rio Centro	68,19	76,48	84,44	82,69	80,56	76,76	76,92	74,84	83,58	71,36	84,02	73,57	77,78
	Santa Cruz	67,94	74,43	78,93	77,63	76,58	74,73	74,45	68,23	77,53	74,61	82,09	72,40	74,96
	São Cristovão	59,34	65,28	71,92	69,78	69,58	70,46	68,83	63,34	70,48	67,33	74,15	65,31	67,98
Média		68,2	75,8	79,8	78,5	76,9	75,9	75,2	69,3	76,9	73,7	81,7	71,7	75,3
2016	Alto da Boa Vista	86,31	78,50	85,21	77,98	87,46	89,28	80,31	79,27	85,13	85,95	83,61	79,38	83,20
	Guaratiba	80,27	94,40	84,43	82,45	80,01	78,16	79,00	69,14	ND	ND	ND	74,74	80,29
	Irajá	61,52	66,50	73,53	72,89	71,61	72,61	71,37	64,33	73,27	70,24	77,88	66,68	70,20
	Jardim Botânico	68,12	74,56	79,51	78,33	76,31	76,69	74,91	70,13	75,87	75,54	82,79	71,95	75,39
	Rio Centro	68,19	76,48	84,44	82,69	80,56	76,76	76,92	74,84	83,58	71,36	84,02	73,57	77,78
	Santa Cruz	67,94	74,43	78,93	77,63	76,58	74,73	74,45	68,23	77,53	74,61	82,09	72,40	74,96
	São Cristovão	59,34	65,28	71,92	69,78	69,58	70,46	68,83	63,34	70,48	67,33	74,15	65,31	67,98
Média		70,2	75,7	79,7	77,4	77,4	77,0	75,1	69,9	77,6	74,2	80,8	72,0	75,6
2017	Alto da Boa Vista	79,78	79,11	85,72	85,48	86,53	83,35	82,83	82,54	71,26	75,77	76,92	82,30	80,97
	Guaratiba	76,38	76,57	78,79	ND	72,34	59,96	72,81						
	Irajá	67,63	62,51	70,92	76,07	75,45	74,06	72,43	72,10	61,95	66,46	86,86	77,92	72,03
	Jardim Botânico	73,05	69,28	75,22	78,50	78,06	78,36	76,40	74,49	70,77	73,18	72,42	79,04	74,90
	Rio Centro	75,72	70,11	82,18	85,24	85,92	87,79	87,31	77,97	51,20	86,50	76,32	78,03	78,69
	Santa Cruz	71,12	65,68	76,05	79,10	79,40	78,26	75,14	73,67	66,21	73,02	71,91	77,25	73,90
	São Cristovão	64,56	61,29	68,36	71,73	71,56	71,69	68,92	68,64	60,13	63,16	63,19	68,55	66,82
Média		68,2	75,8	79,8	78,5	76,9	75,9	75,2	69,3	76,9	73,7	81,7	71,7	75,3
Período (2015-2017)	Média	70,4	73,6	78,7	78,4	77,9	77,2	75,8	71,2	72,7	73,6	78,7	72,8	75,1
	Mediana	68,2	74,4	78,9	78,3	77,3	76,7	75,0	70,1	73,3	73,1	77,9	73,6	75,0
	Moda	80	94	84	82	80	78	79	69	73	70	78	75	80
	Máximo	86,3	94,4	85,7	85,5	87,5	89,3	87,3	82,5	85,1	86,5	89,5	82,3	83,2
	Mínimo	59,3	61,3	68,4	69,8	69,6	70,5	68,8	63,3	51,2	63,2	63,2	60,0	66,8
	DP	7,4	8,9	5,6	5,0	5,4	5,2	4,9	5,4	8,8	6,4	6,4	5,7	4,8
	CV	0,10	0,12	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,08	0,12	0,09	0,08	0,08	0,06

Fonte: Dados da GEORIO.

Tabela 4B: Dados das normais climatológicas (30 anos) de precipitação (mm), e de estatística descritiva, no período de 1961-1990 para as estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro.

Estação	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
Alto da Boa Vista	245,9	178,4	207,1	203,9	175,2	114,9	136,5	137,3	179,0	194,1	234,5	228,9	2.235,7
Bangu	182,4	149,4	156,1	104,9	66,4	35,9	45,1	48,0	54,5	83,4	122,8	179,1	1.228,0
Engenho de Dentro	161,9	146,9	131,8	96,5	97,1	33,9	44,6	41,2	47,1	90,2	107,9	166,2	1.165,4
Jacarepaguá	173,9	170,9	153,1	107,6	82,6	41,5	45,9	56,6	58,2	102,7	121,7	191,4	1.306,0
Jardim Botânico	232,1	165,2	154,6	61,4	39,8	32,3	24,7	23,7	52,4	86,3	186,1	221,2	1.279,8
Penha	184,5	168,6	117,3	91,2	58,5	33,0	38,6	38,9	36,2	86,9	116,2	184,1	1.154,0
Rio de Janeiro	137,1	130,4	135,8	94,9	69,8	42,7	41,9	44,5	53,6	86,5	97,8	134,2	1.069,4
Santa Teresa	170,5	149,4	150,5	155,4	116,5	55,8	81,1	86,0	74,4	122,3	125,7	164,5	1.452,0
Média (1961-1990)	186,0	157,4	150,8	114,5	88,2	48,8	57,3	59,5	69,4	106,6	139,1	183,7	1.361,3
Mediana (1961-1990)	178,2	157,3	151,8	100,7	76,2	38,7	44,9	46,3	54,1	88,6	122,3	181,6	1.253,9
Máximo (1961-1990)	245,9	178,4	207,1	203,9	175,2	114,9	136,5	137,3	179,0	194,1	234,5	228,9	2.235,7
Mínimo (1961-1990)	137,1	130,4	117,3	61,4	39,8	32,3	24,7	23,7	36,2	83,4	97,8	134,2	1.069,4
DP (1961-1990)	36,0	15,9	26,5	44,5	42,3	27,8	35,7	36,2	45,5	37,7	46,7	30,8	371,6
CV (1961-1990)	0,19	0,10	0,18	0,39	0,48	0,57	0,62	0,61	0,66	0,35	0,34	0,17	0,27

Fonte: Dados do INMET.

Tabela 5B: Dados das normais climatológicas (30 anos) de temperatura do ar (°C), e de estatística descritiva, no período de 1961-1990 para as estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro.

Estação	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Alto da Boa Vista	24,5	24,6	-	21,2	19,5	19,0	18,5	19,0	19,3	20,2	21,3	22,8	20,9
Bangu	27,0	27,1	26,4	24,2	22,0	21,1	20,5	21,8	22,5	23,4	24,3	25,9	23,9
Engenho de Dentro	27,0	27,2	26,4	24,3	22,2	21,3	20,8	22,0	22,9	23,5	24,1	25,9	24,0
Jacarepaguá	26,6	26,7	26,2	24,0	21,8	21,0	20,3	21,5	22,3	23,1	24,1	25,6	23,6
Penha	27,2	27,5	26,6	24,7	22,6	21,4	21,0	22,1	23,0	23,6	24,5	26,0	24,2
Rio de Janeiro	26,3	26,6	26,0	24,4	22,8	21,8	21,3	21,8	22,2	22,9	24,0	25,3	23,8
Santa Teresa	25,5	25,5	24,9	23,0	21,2	20,3	19,6	20,4	21,4	21,7	22,8	24,2	22,5
Média (1961-1990)	26,3	26,5	26,1	23,7	21,7	20,8	20,3	21,2	21,9	22,6	23,6	25,1	23,3
Mediana (1961-1990)	26,6	26,7	26,3	24,2	22,0	21,1	20,5	21,8	22,3	23,1	24,1	25,6	23,8
Máximo (1961-1990)	27,2	27,5	26,6	24,7	22,8	21,8	21,3	22,1	23,0	23,6	24,5	26,0	24,2
Mínimo (1961-1990)	24,5	24,6	24,9	21,2	19,5	19,0	18,5	19,0	19,3	20,2	21,3	22,8	20,9
DP (1961-1990)	1,0	1,0	0,6	1,2	1,1	0,9	1,0	1,1	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2
CV (1961-1990)	0,04	0,04	0,02	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05

Fonte: Dados do INMET.

Tabela 6B: Dados das normais climatológicas (30 anos) de umidade relativa do ar (%), e de estatística descritiva, no período de 1961-1990 para as estações localizadas na cidade do Rio de Janeiro.

Estação	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média
Alto da Boa Vista	78,3	77,7	-	83,9	83,2	81,6	79,9	80,5	81,8	83,5	83,2	80,4	81,3
Bangu	73,1	72,5	75,0	77,5	77,9	77,2	75,9	73,9	74,1	76,1	75,3	74,5	75,2
Engenho de Dentro	77,8	78,3	78,5	80,8	81,3	80,8	80,2	78,4	78,2	79,7	79,0	78,6	79,3
Jacarepaguá	72,9	74,5	73,8	75,8	76,4	74,9	74,6	73,5	73,8	75,7	74,1	73,9	74,5
Penha	73,8	73,8	76,0	76,5	77,2	77,6	76,5	74,3	74,6	76,1	75,6	75,1	75,6
Rio de Janeiro	79,0	79,0	80,0	80,0	80,0	79,0	77,0	77,0	79,0	80,0	79,0	80,0	79,1
Santa Teresa	79,2	79,7	81,3	83,1	82,1	81,7	81,1	79,3	80,5	83,4	82,6	81,7	81,3
Média (1961-1990)	76,3	76,5	77,4	79,7	79,7	79,0	77,9	76,7	77,4	79,2	78,4	77,7	78,0
Mediana (1961-1990)	77,8	77,7	77,3	80,0	80,0	79,0	77,0	77,0	78,2	79,7	79,0	78,6	79,1
Máximo (1961-1990)	79,2	79,7	81,3	83,9	83,2	81,7	81,1	80,5	81,8	83,5	83,2	81,7	81,3
Mínimo (1961-1990)	72,9	72,5	73,8	75,8	76,4	74,9	74,6	73,5	73,8	75,7	74,1	73,9	74,5
DP (1961-1990)	2,9	2,8	3,0	3,2	2,6	2,6	2,5	2,8	3,3	3,4	3,6	3,2	2,9
CV (1961-1990)	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04

Fonte: Dados do INMET.