



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS - DCG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PP GEO

**CLIMA URBANO E DENGUE EM RECIFE: INFLUÊNCIA
CLIMÁTICA SOBRE A FORMAÇÃO DAS EPIDEMIAS**

HENRIQUE DOS SANTOS FERREIRA

RECIFE
2016

Henrique dos Santos Ferreira

**CLIMA URBANO E DENGUE EM RECIFE: INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE A
FORMAÇÃO DAS EPIDEMIAS**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, na área de concentração regionalização e análise regional.

Orientador: Pof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega

RECIFE
2016

Catálogo na fonte
Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB-4 1291

F383c Ferreira, Henrique dos Santos.
Clima urbano e dengue em Recife : influência climática sobre a formação das epidemias / Henrique dos Santos Ferreira. – 2016.
121 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH.
Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2016.
Inclui referências.

1. Geografia. 2. Climatologia urbana. 3. Ilha de calor urbana. 4. Dengue. 5. Epidemias. I. Nóbrega, Ranyére Silva (Orientador). II. Título.

910 CDD (22.ed.) UFPE (BCFCH2016-59)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS - DCG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PP GEO**



HENRIQUE DOS SANTOS FERREIRA

**CLIMA URBANO E DENGUE EM RECIFE: INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE A FORMAÇÃO DAS
EPIDEMIAS**

Dissertação aprovada, em 29/02/2016, pela comissão examinadora:

Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega
(1º examinador – orientador – PP GEO/DCG/UFPE)

Prof. Dr. Anselmo Cesar Vasconcelos Bezerra
(2º examinador – Ambiente, Saúde e Segurança/UFPE)

Prof. Dr. Elvis Bergue Mariz Moreira
(3º examinador)

**RECIFE – PE
2016**

AGRADECIMENTOS

Não é tarefa fácil concluir um mestrado, requer muita dedicação, não apenas nos dois anos de desenvolvimento do trabalho. A caminhada é longa e por várias vezes somos colocados à prova. São nessas horas que tomamos decisões importantes e ao mesmo tempo nos perguntamos se de fato é o caminho que desejamos seguir. A vida acadêmica tem seus prazeres, mas, na mesma proporção seus desafios, e para vencê-los contamos com a contribuição direta e indireta de algumas pessoas.

Minha mãe, Zélia Maria do Santos Silva, obrigado. Meu pai, Ascendino Faustino Ferreira Filho, obrigado. O amor, a dedicação de vocês é responsável por tudo que posso me orgulhar hoje. Sinto-me muito feliz em ter a certeza do orgulho e da felicidade de vocês pelas minhas conquistas, afinal resultam do empenho de vocês. Sempre mostraram a importância do conhecimento para o crescimento pessoal e profissional. Minha tia, Miriam Faustino Ferreira, obrigado por todo amor, apoio e por sua presença em todos os momentos que me fizeram chegar até aqui. Agradeço também ao meu irmão, Pedro dos Santos Ferreira e minha cunhada, Viviane Pedroso Gomes, por toda torcida e apoio. Agradeço a todos os familiares que de forma direta ou indireta contribuíram com minha formação pessoal e profissional.

Agradeço a minha esposa, Mariana Cavalcanti Carneiro dos Santos, por todo amor, carinho, atenção e dedicação. Que esta seja mais uma etapa das muitas pelas quais vamos passar e, desse ano em diante, com nossa pequena Maria Júlia Cavalcanti Ferreira.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega, com quem passei a trabalhar no mestrado. Obrigado pelas oportunidades, incentivos, paciência, pela confiança e por todo conhecimento que pude adquirir nesses dois anos.

À Marcelo Olímpio dos Santos, economista do Instituto da Cidade Engenheiro Pelópidas Silveira (ICPS). Meus mais sinceros agradecimentos por todo apoio neste trabalho.

Agradeço aos amigos Rafael Felipe de Lima Farias, Ygor Cristiano Brito Moraes, Rodrigo de Queiroga Miranda, Hewerton Alves da Silva, Jadson Freire da Silva, Tiago Henrique de Oliveira e Jeissy Silva, por todo apoio neste trabalho, incluo também Jéssica Yale, pelo incentivo diário na fase final de redação.

Agradeço também ao Prof. Dr. José Luiz Portugal e a Daysi Maria por todo suporte para aquisição da base de dados relativa aos registros de notificações dos casos de dengue.

Agradeço a Fundação de Apoio a Ciência do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de estudo, que foi de fundamental importância para me permitir estudar e desenvolver a pesquisa.

Sem a contribuição de vocês este trabalho não seria possível...

...à todos vocês, meu muito obrigado.

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho aos meus pais e a
minha tia Miriam Faustino Ferreira.*

RESUMO

O planejamento urbano atrelado às perspectivas de desenvolvimento sustentável podem minimizar os riscos socioambientais urbanos que se consolidaram na maioria das grandes cidades brasileiras, dentre eles, os riscos à saúde. As repercussões locais das alterações climáticas observadas na atualidade têm provocado mudanças nos padrões dos elementos atmosféricos, potencializando ainda mais os riscos à saúde, especialmente a expansão e a persistência de surtos epidêmicos de arboviroses como a dengue. O objetivo deste trabalho foi analisar a relação entre a dinâmica do clima urbano e a ocorrência de surtos e formação de epidemias de dengue na cidade do Recife – PE. Foram analisadas as características do clima urbano do Recife – variáveis atmosféricas – temperaturas e umidade relativa do ar, as influências dos elementos atmosféricos sobre a formação das epidemias e o padrão de distribuição espacial das notificações em relação à indicadores socioeconômicos e físico-ambientais. Conforme resultados encontrados verificou-se que os surtos epidêmicos mais expressivos na cidade estão relacionados com as ocorrências de precipitações no primeiro semestre do ano, especialmente durante a quadra chuvosa, sendo possível a identificação de bairros mais e menos suscetíveis aos surtos da doença em períodos com condições atmosféricas favoráveis a reprodução e proliferação do mosquito vetor da dengue. As áreas de morros das zonas norte e sul apresentaram maior problemática em relação a situação da dengue no município, com persistência importante de surtos epidêmicos. A ligação entre os surtos de dengue e as condições climáticas locais, faz das condições atmosféricas um fator digno de vigilância e monitorização como parte das estratégias de combate e controle das epidemias de dengue na cidade.

Palavras-chave: Geografia. Climatologia Urbana. Ilha de calor urbana. Arboviroses. Epidemiologia.

ABSTRACT

Urban planning linked to sustainable development prospects can minimize the environmental risks that have been consolidated in most of the Brazilian cities. One of these risks are the health risks. Nowadays, local effects of climate change can be observed, and they are leading to changes in atmospheric elements patterns, which in turn enhance health risks even more. Among these risks, we highlight the expansion and persistence of arboviral diseases outbreaks, such as dengue episodes. The objective of this study was to analyze the relationship between urban climate dynamics and occurrences of dengue epidemics outbreaks in the city of Recife, PE. We analyzed the characteristics of the urban climate of Recife (temperature and relative humidity), the influence of atmospheric elements on formation of epidemic outbreaks and its spatial distribution regarding socioeconomic, physical and environmental indicators.

Results indicated that the most significant outbreaks in the city are related to the occurrence of rainfall in the first half of the year, especially during the rainy season. In addition, it is possible to identify more or less susceptible neighborhoods to disease outbreaks in the periods of favorable weather conditions to reproduction and proliferation of the mosquito. The areas of hills in the northern and southern areas have greater problems regarding the situation of dengue than other areas in the city, showing recurrence of outbreaks. The connection between the dengue outbreaks and the local weather conditions makes weather conditions a decent factor of surveillance and monitoring as part of combat strategies and control of dengue epidemics in the city.

The keywords: Geography. Urban climatology. Urban heat island. Arboviruses. Epidemiology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização geográfica do município do Recife – PE.	18
Figura 2. Identificação dos bairros do município do Recife por RPA.	20
Figura 3. Modelo digital de elevação do Recife.	21
Figura 4. Unidades de paisagem do Recife – PE.	22
Figura 5. Uso e ocupação do solo da cidade do Recife.	24
Figura 6. Fluxograma simplificado com as etapas para o cômputo da temperatura de superfície.	32
Figura 7. Distribuição dos termohigrômetros.	33
Figura 8. Abrigo do termohigrômetro (A) e haste de instalação do equipamento a 1,5 metros (B).	34
Figura 9. Edificações em 3D da área de instalação do termohigrômetro (ponto 1 – Campus Recife da UFPE – Cidade Uiversitária).	35
Figura 10. Edificações em 3D da área de instalação do termohigrômetro (ponto 2 – Parque Dona Lindú – Boa Viagem).	35
Figura 11. Edificações em 3D da área de instalação do termo-higrômetro (ponto 3 – Embrapa – Boa Viagem).	36
Figura 12. Edificações em 3D da área de instalação do termohigrômetro (ponto 4 – Imbiribeira).	37
Figura 13. Edificações em 3D da área de instalação do termohigrômetro (ponto 5 – Torre).	37
Figura 14. Carta de temperatura de superfície – 28/07/2013.	39
Figura 15. Imagem termal do satélite Landsat – 8 RPA 1.	40
Figura 16. Imagem termal do satélite Landsat 8 – RPA 2.	41
Figura 17. Imagem termal do Satélite Landsat 8 – RPA 3.	42
Figura 18. Imagem termal do satélite Landsat 8 – RPA 4.	43
Figura 19. Imagem termal do satélite Landsat 8 – RPA 5.	44
Figura 20. Imagem termal do satélite Landsat 8 – RPA 6.	45
Figura 21. Representação das unidades territoriais utilizadas para agrupar as notificações por cada bairro.	65
Figura 22. Média mensal de TSM da região de ocorrência dos fenômenos El niño e La niña.	67
Figura 23. Relação mensal entre as precipitações e as notificações de casos suspeitos de dengue entre 2007 e 2015.	70

Figura 24. Relação mensal entre as precipitações e as notificações de casos suspeitos de dengue em 2010, 2012 e 2015 por bairros – RPA’S 1 e 2.	73
Figura 25. Relação mensal entre as precipitações e as notificações de casos suspeitos dengue em 2010, 2012 e 2015 por bairros – RPA 3.	78
Figura 26. Relação mensal entre as precipitações e as notificações de casos suspeitos de dengue em 2010, 2012 e 2015 por bairros – RPA’S 4 e 5.	83
Figura 27. Relação mensal entre as precipitações e as notificações de casos suspeitos de dengue em 2010, 2012 e 2015 por bairros – RPA 6.	89
Figura 28. Mapas de densidade populacional (1), densidade de edificações (2) e indicador de habitabilidade (3).....	108
Figura 29. Intensidade das notificações de casos suspeitos de dengue por bairros entre 2006 e 2015.	109
Figura 30. Taxa de incidência de notificações de casos suspeitos de dengue por mil habitantes segundo bairros entre 2006 e 2015.	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Diferenças de temperatura (°C) dos pontos parque Dona Lindú – Boa Viagem, Embrapa solos – Boa Viagem, Imbiribeira e Torre em relação ao ponto UFPE entre 07/04/2014 e 09/04/2014.	56
Tabela 2. Diferenças de temperatura (°C) dos pontos parque Dona Linú – Boa Viagem, Embrapa solos – Boa Viagem, Imbiribeira e Torre em relação ao ponto UFPE entre 16/04/2014 e 18/04/2014.	58
Tabela 3. Diferenças de temperatura (°C) dos pontos parque Dona Linú – Boa Viagem, Embrapa solos – Boa Viagem, Imbiribeira e Torre em relação ao ponto UFPE entre 24/04/2014 e 26/04/2014.	59
Tabela 4. Total anual de notificações e percentual de concentração na quadra chuvosa entre 2007 e 2015.	71
Tabela 5. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2010.	74
Tabela 6. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2012.	75
Tabela 7. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2015.	76
Tabela 8. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2010.	79
Tabela 9. Percentual de notificações encontradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2012.	80
Tabela 10. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa de 2015.	81
Tabela 11. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2010.	84
Tabela 12. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2012.	85
Tabela 13. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2015.	86
Tabela 14. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2010.	90

Tabela 15. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2012.	90
Tabela 16. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa de 2015.	90
Tabela 17. Correlação de Pearson entre as notificações e precipitações mensais por RPA durante os anos epidêmicos 2010, 2012 e 2015.	91
Tabela 18. Correlação de Pearson entre as temperaturas e notificações mensais em 2015.....	94
Tabela 19. Variáveis utilizadas para composição do índice RENDA.	100
Tabela 20. Variáveis utilizadas para composição do índice de longevidade.....	101
Tabela 21. Variáveis utilizadas para determinação do índice AGUA.	103
Tabela 22. Variáveis utilizadas para determinação do índice ESGOTO.....	103
Tabela 23. Variáveis utilizadas para determinação do índice LIXO.	104
Tabela 24. Variáveis utilizadas para determinação do índice TIPO.....	105
Tabela 25. Variáveis utilizadas para composição do índice OCUPA.	105

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	14
2. ÁREA DE ESTUDO	18
2.1. Localização geográfica e caracterização da área de estudo.....	18
2.1.1. Relevo.....	21
2.1.2. Clima.....	22
2.1.3. Uso e ocupação do solo	23
CAPÍTULO I – ESPECIFICIDADES DO CLIMA URBANO EM RECIFE: CAMPO TÉRMICO E HIGROMÉTRICO	26
1. INTRODUÇÃO.....	26
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
2.1. Dados orbitais.....	30
2.2. Processamento da imagem.....	30
2.3. Procedimentos empregados para o cômputo da temperatura de superfície.....	30
2.3.1. Radiância de cada banda e pixel	30
2.3.2. Reflectância de cada banda e pixel	30
2.3.3. Índices de vegetação	31
2.3.4. Emissividade.....	32
2.3.5. Temperatura de superfície.....	32
2.4. Dados de temperatura e umidade relativa do ar observados	33
2.5. Dados Cartográficos	34
2.6. Caracterização dos pontos de medição da temperatura e umidade relativa do ar	34
2.7. Intensidade das ilhas de calor	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
3.1. Características do campo térmico (temperatura de superfície)	38
3.2. Análise das temperaturas de superfície em relação às áreas edificadas por RPA’S.....	40
3.3. Características do campo térmico (temperatura do ar) e higrométrico	47
3.4. Formação e intensidade das ilhas de calor.....	54
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
CAPÍTULO II – RELAÇÃO ENTRE A DINÂMICA DO CLIMA URBANO E A FORMAÇÃO DAS EPIDEMIAS DE DENGUE EM RECIFE - PE.....	62
1. INTRODUÇÃO.....	62
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	64

2.1. Dados climáticos.....	64
2.2. Registro de notificações de dengue por bairros do Recife	64
2.3. Tabulação e elaboração dos gráficos	64
2.4. Tratamento estatístico para os anos epidêmicos	66
2.5. Correlação de Pearson entre as precipitações e as notificações de dengue	66
2.6. Correlação de Pearson entre Temperaturas (máxima, mínima e média) e notificações de dengue em 2015.....	66
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	67
3.1. Correlação dos elementos atmosféricos com os surtos epidêmicos de dengue	67
3.2. Análise estatística da relação precipitações-notificações	91
3.3. Análise diária entre os elementos climáticos e as notificações de dengue	92
3.4. Análise estatística diária da relação temperatura-notificações em 2015.	94
4. CONCLUSÕES	95
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
CAPÍTULO III – VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS URBANAS À FORMAÇÃO DAS EPIDEMIAS DE DENGUE	97
1. INTRODUÇÃO.....	97
2. MATERIAL E MÉTODOS	99
2.1. Densidade populacional.....	99
2.2. Densidade de edificações.....	99
2.3. Indicador de Habitabilidade.....	99
2.3.1. Índice de Renda	100
2.3.2. Índice de Educação	101
2.3.3. Índice de longevidade	101
2.3.4. Índice de saneamento	103
2.3.5. Índice de tipologia.....	104
2.3.6. Índice de ocupação.....	105
2.4. Mapas de densidade Kernel.....	106
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	107
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
REFERÊNCIAS	114

1. INTRODUÇÃO GERAL

A dengue é uma doença viral, transmitida ao homem por artrópodes e, por isso, classificada como uma arbovirose. O vírus dengue pertence ao gênero *Flavivírus* (*família flaviridae*) e apresenta quatro sorotipos distintos, DEN – 1, DEN – 2, DEN – 3 e DEN – 4. A infecção pelo vírus ocasiona situações de menor gravidade (dengue clássica) e de maior gravidade, quando se desenvolvem quadros mais severos da doença – a Febre Hemorrágica do Dengue (FHD) e Síndrome de Choque Dengue (SCD), que podem ser causadas pelos quatro tipos do vírus sorologicamente distintos. Conforme apontado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e por Tauli (2001) a infecção por cada sorotipo confere imunidade permanente (homóloga) e, temporariamente cruzada (heteróloga), sendo possível a uma pessoa ser infectada pelo vírus quatro vezes ao longo de sua vida.

Os sintomas da dengue clássica são: febre (duração máxima de sete dias), cefaleia (dor de cabeça), dor nas articulações, dores nos músculos, dor retro-orbitária (dor atrás dos olhos), náuseas, coceira na pele e exantema, e em casos menos comuns, pequenas manifestações hemorrágicas (BRASIL, 2008), as quais variam em uma escala de quatro graus, FHD grau 1, que apresenta menor gravidade, FHD grau 2, que apresenta como sintomas – manchas vermelhas na pele, hemorragias nasais, hemorragias nas gengivas e sangue na urina e os casos mais graves (GRAUS 3 e 4), que são denominados de Síndrome de Choque do Dengue. O quadro caracterizado pela SCD apresenta hemorragias graves, tais como: hematêmese (vômito de sangue) e melenas (sangue eliminado nas fezes). Contudo, muitos casos de menor gravidade são assintomáticos ou oligossintomáticos (apresentam poucos sintomas), o que gera uma grande quantidade de subnotificações (GUBLER, 1997b; BRASIL, 1998).

Os principais vetores da dengue são de três subgêneros do *Aedes* – *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* e *Aedes polynesiensis*, sendo os dois primeiros os mais comuns. O *Aedes aegypti* é o principal vetor em escala global, associado a ciclos urbanos endêmicos/epidêmicos (GUBLER, 1997a; CATÃO, 2012), enquanto o *Aedes albopictus*, de hábitos silvestres, é tido como um vetor secundário da doença, mesmo tendo grande importância na transmissão do vírus dengue em zonas rurais, especialmente no continente asiático, sendo amplamente distribuído na ilha Honshu (Japão) (KOBAYASHI; KURIHAHA 2002).

Crovello; Hacker, (1972) e mais recentemente Barreto; Teixeira (2008) afirmam que o centro epidêmico original do *Aedes aegypti* localiza-se na África, onde a população primária do vetor desenvolvia-se nos ocos de árvores e em outras cavidades no meio natural. A partir da população silvestre, uma variedade genética do vetor teria sofrido um processo seletivo em

função das pressões antrópicas sobre o meio natural, adaptando-se a ambientes alterados e posteriormente ao ambiente urbano.

Considerada uma das espécies de mosquitos transmissores de doenças mais adaptadas ao meio urbano, o *Aedes aegypti* tem encontrado nesse meio, “nichos” cada vez mais adequados à sua reprodução e proliferação. Os recipientes utilizados para armazenar água, os resíduos sólidos descartados de forma inadequada no ambiente urbano e as estruturas peculiares a esse ambiente, que facilmente acumulam água, servem perfeitamente à sua oviposição, constituindo-se em potenciais criadouros, especialmente durante os períodos chuvosos, quando há entrada de água em maior proporção no sistema urbano. Somado a isto, a resistência dos ovos consiste em mais um fator que dificulta o controle da população do vetor, pois, após a postura, os ovos podem permanecer viáveis no ambiente em recipientes secos por até 450 dias (BRASIL, 2001; CATÃO, 2012).

A consolidação e expansão dos centros urbanos, além de favorecer habitats ideais à reprodução e sobrevivência do vetor, em um contexto socioespacial implicam diretamente sobre a ampliação das áreas de atuação do mosquito. Isso ocorre porque os fluxos de pessoas e de bens, assim como a intensidade, alcance e velocidade desses fluxos dentro de um determinado território e/ou entre diferentes cidades conduzem a uma rápida dispersão do vetor e do vírus em escalas locais, regionais e globais, demonstrando uma relação próxima entre a expansão da dengue e a produção e reprodução do espaço geográfico concomitante às dinâmicas socioeconômicas comuns ao ambiente urbano/metropolitano/rural.

Conforme apontado por Barmak; Dorso; Otero (2015), a mobilidade humana é um fator de dispersão e reemergência do dengue, tendo em vista que os fluxos de pessoas contaminadas potencializam a dispersão do vírus, enquanto os fluxos de bens podem transportar os ovos dos mosquitos vetores da doença (dispersão passiva) para as diferentes regiões do planeta (GONZALO, et al. 2010; LIEBMAN, et al. 2012; CATÃO, 2012). A influência da mobilidade humana sobre a circulação e reemergência da dengue pode ser exemplificada a partir dos períodos de circulação, erradicação e reemergência do vírus no Brasil. Entre 1923 e 1981 a doença foi erradicada do país, mas reemergiu e atualmente atinge todos os estados em ciclos epidêmicos/endêmicos em várias cidades, constituindo-se em um dos maiores problemas de saúde pública do Brasil (GUBLER, 1998; CATÃO, 2011).

Apesar da forte influência da mobilidade humana na dispersão do vetor, sua reprodução e sobrevivência são condicionadas pelas condições climáticas, uma vez que o clima atua como fator propiciador e/ou limitador ao desenvolvimento e sobrevivência do mosquito. Regiões de clima frio não favorecem o desenvolvimento e sobrevivência do vetor, sendo as regiões de

clima tropical as mais propícias à sua reprodução e proliferação devido às temperaturas mais elevadas. Nesse contexto, os ambientes urbanos/metropolitanos localizados na faixa intertropical, se encaixam perfeitamente como habitats ideais para o *Aedes aegypti*.

Somam-se ao contexto exposto, as especulações sobre as mudanças climáticas globais, pois, conforme relatórios apresentados pela Organização Mundial das Nações Unidas (ONU) seus efeitos podem agravar a situação do dengue no mundo, uma vez que os aumentos das temperaturas nas latitudes subtropicais podem ampliar a faixa de atuação dos vetores da doença para áreas antes, pouco favoráveis à reprodução e sobrevivência dos vetores. Torna-se assim, importante, analisar as influências climáticas (aspectos ecológicos) e socioeconômicas (aspectos sociais) sobre a formação dos surtos e epidemias da doença concomitantemente às condições climáticas.

Os ambientes urbanos/metropolitanos consolidados na faixa tropical do globo, além de, em geral, apresentarem condições climáticas favoráveis a reprodução dos vetores da doença, incorporam os aspectos demográficos (elevada densidade demográfica) favoráveis a ocorrências de surtos e epidemias de dengue, tornando-se ambientes sazonalmente acometidos pelas epidemias. Nos centros urbanos onde o vírus circula de forma endêmica multiplicam-se os problemas ligados às questões socioeconômicas – com impactos sobre as economias locais, sejam como consequência da impossibilidade de trabalhar das pessoas acometidas pela doença ou pelos esforços financeiros obrigatoriamente desprendidos pelo poder público para conter o avanço anual das epidemias, exigindo crescentes investimentos em medidas de prevenção e atendimentos aos pacientes em hospitais.

De acordo com os primeiros mapas de vulnerabilidade à dengue divulgados pela Universidade das Nações Unidas em 2014, o Brasil é o país que apresentou o maior número de casos de dengue. Segundo boletim epidemiológico N° 22 – 2015 divulgado pela Secretaria de Vigilância em Saúde – Ministério da Saúde, foram notificados no Brasil 1.319.957 casos prováveis de dengue. Os dados divulgados pelo boletim (SE) 28 (04/01/15 a 18/07/15) mostram que a região Sudeste lidera o ranking com 849.645 casos suspeitos, seguida pela região Nordeste com 230.404, Centro-oeste, com 160.016, Sul, 53.063 notificações e Norte com 26.829 (BRASIL, 2015a).

Para o estado de Pernambuco, os dados do boletim N° 24 - 2015 da semana epidemiológica (SE) 30 (04/01/15 a 01/08/15) mostram que em 2014 foram notificados 7.623 casos e em 2015 já são 68.510 notificações. A taxa de incidência para o estado em 2014 atingiu 82,2 em cada 100 mil habitantes e em 2015, 738,4, aumento de 898% se comparado com todo o ano de 2014. Dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde revelam que entre 2001 e 2014

foram registrados na região nordeste do Brasil 1427 óbitos causados por dengue, dos quais 239 ocorreram no estado de Pernambuco. Em 2014 foram registrados na região Nordeste 153 óbitos, sendo 32 deles em Pernambuco (BRASIL, 2015b).

Diante do contexto apresentado, esta pesquisa tem como objetivo principal analisar a relação entre a dinâmica do clima urbano e a ocorrência de surtos e formação de epidemias de dengue na cidade do Recife – PE.

Visando atingir o objetivo proposto na pesquisa, os dados relativos às notificações de dengue foram relacionados com o comportamento dos elementos atmosféricos – precipitação, temperaturas, umidade e velocidade dos ventos, enquanto que, com intuito de identificar o grau de correlação entre precipitações-notificações e temperaturas-notificações, aplicaram-se testes de correlações estatísticas.

Partindo-se do pressuposto de que o *Aedes aegypti* necessita de água limpa e parada para se reproduzir e, especificamente a fêmea do sangue humano para alimentar-se, os aglomerados urbanos localizados em áreas com deficiência dos serviços públicos, principalmente os de saneamento básico e saúde, constituem-se nas áreas mais suscetíveis aos surtos da doença. Nesse sentido, visando avaliar o quanto suscetíveis as populações de determinadas regiões da cidade encontram-se em relação aos surtos epidêmicos de dengue, foram gerados através de ferramentas de geoprocessamento, índices e indicadores socioeconômicos espacialmente distribuídos de acordo com os bairros. Posteriormente, estes indicadores foram confrontados com dados de intensidade e incidência de notificações de casos suspeitos de dengue por bairros entre 2006 e 2015.

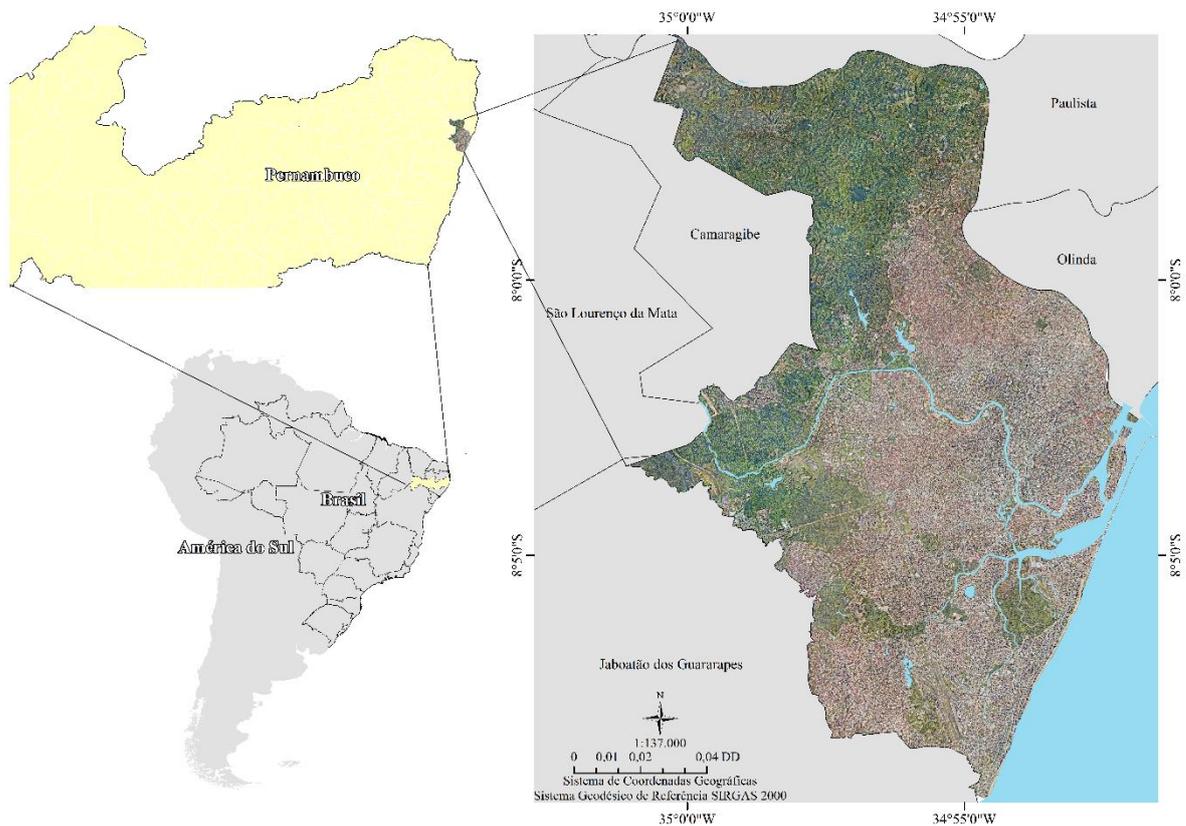
O trabalho está estruturado em três capítulos, o primeiro versa sobre as especificidades do clima urbano em Recife e tem como objetivo analisar o campo térmico e higrométrico no atual contexto da cidade do Recife, visando observar o comportamento das temperaturas da superfície e as temperaturas e umidade relativa do ar em diferentes contextos geoambientais e geourbanos presentes no município. O segundo capítulo, intitulado: relação entre a dinâmica do clima urbano e a formação das epidemias de dengue em Recife - PE, apresenta como objetivo identificar/avaliar a relação entre os elementos atmosféricos e a formação de surtos e epidemias de dengue em Recife – PE. Trata sobre as relações existentes entre os elementos atmosféricos e as epidemias de dengue na cidade. O terceiro capítulo busca apontar as vulnerabilidades socioeconômicas/ambientais das comunidades aos surtos da doença. Para tal, foi traçado como objetivo para este capítulo: identificar e avaliar as vulnerabilidades socioambientais urbanas à formação das epidemias de dengue em Recife.

2. ÁREA DE ESTUDO

2.1. Localização geográfica e caracterização da área de estudo

A cidade do Recife localiza-se na região Nordeste do Brasil e está inserida na mesorregião – zona da mata pernambucana, entre as coordenadas $08^{\circ} 04' 03''$ de latitude sul e $34^{\circ} 55' 00''$ de longitude W (figura 1). É banhada a leste pelo Atlântico Sul e possui vasta rede hidrográfica, destacando-se o rio Capibaribe, que corta seu território no sentido oeste-leste até desaguar no Atlântico Sul. Limita-se a oeste com os municípios de Jaboatão, Camaragibe e São Lourenço, a norte com Olinda e Paulista e a sul com Jaboatão dos Guararapes.

Figura 1. Localização geográfica do município do Recife – PE.



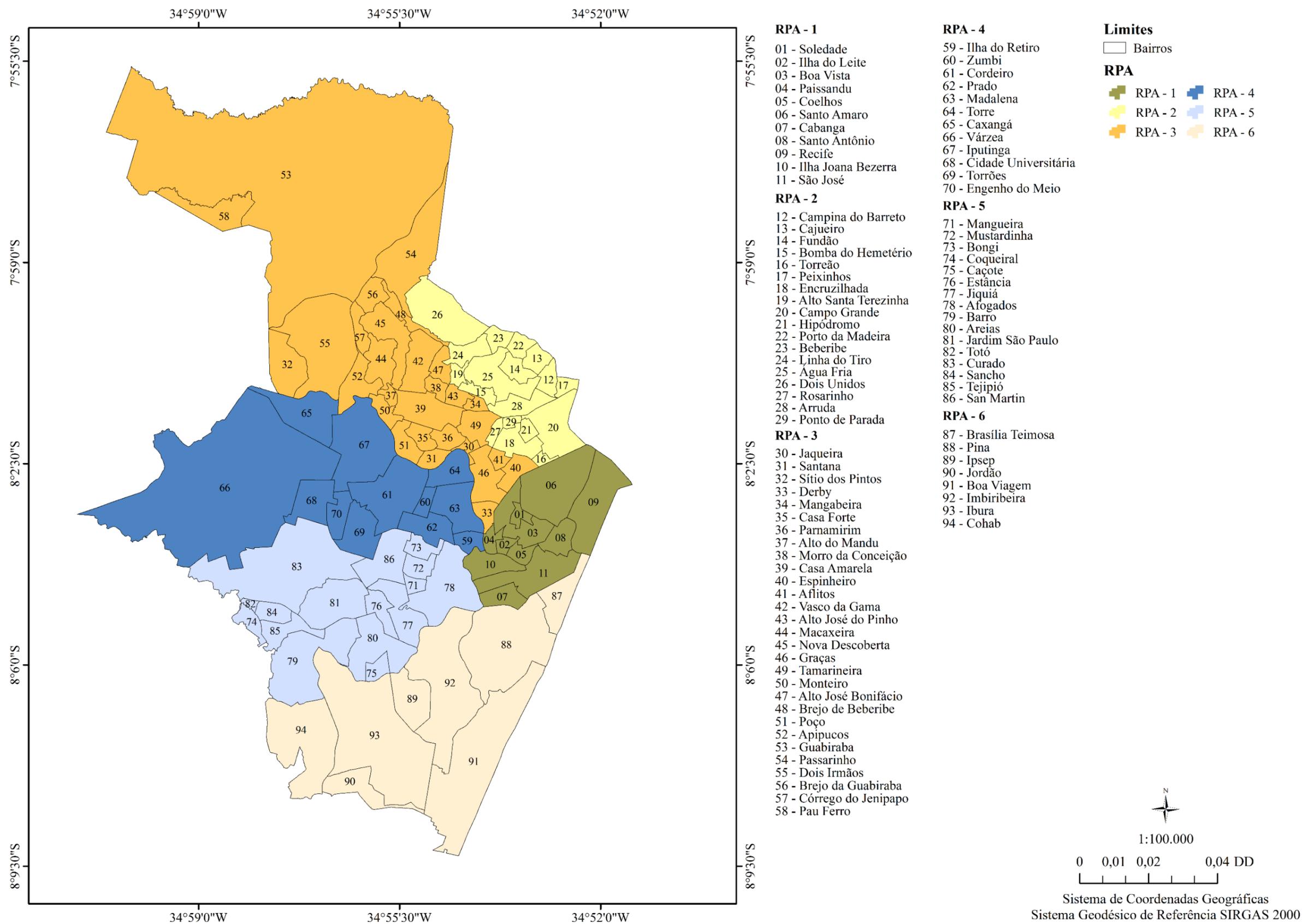
O município tem área total de aproximadamente 218,50 km², com predomínio de planícies fluvioamarinhas e tabuleiros costeiros. Capital do estado de Pernambuco, é responsável pela formação e consolidação de uma região metropolitana constituída por 14 municípios, Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ipojuca, Itamaracá, Itapissuma, Jaboatão, Moreno, Olinda, Paulista, Recife e São Lourenço da Mata.

Conforme dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE), após o recenseamento de 2010, constatou-se que a cidade do Recife possui uma população de 1.537.704 habitantes, com densidade demográfica de 6,989 habitantes por km². Conforme

apresentado na figura 2, o município é composto por 94 bairros, 18 microrregiões e 6 Regiões Político Administrativas (RPA). A divisão em RPAs atende ao estabelecido pela lei 88, § 1º e 2º da lei Orgânica do Recife, que determina:

[...] § 1º - Para efeito de formulação, execução e avaliação permanente das políticas e de planejamento governamental, o Município será dividido em regiões político-administrativas na forma da Lei. § 2º - Na definição das regiões político-administrativas devem ser observadas as legislações pertinentes e assegurada a unidade histórico-cultural, demográfica, social e econômica do ambiente urbano”.

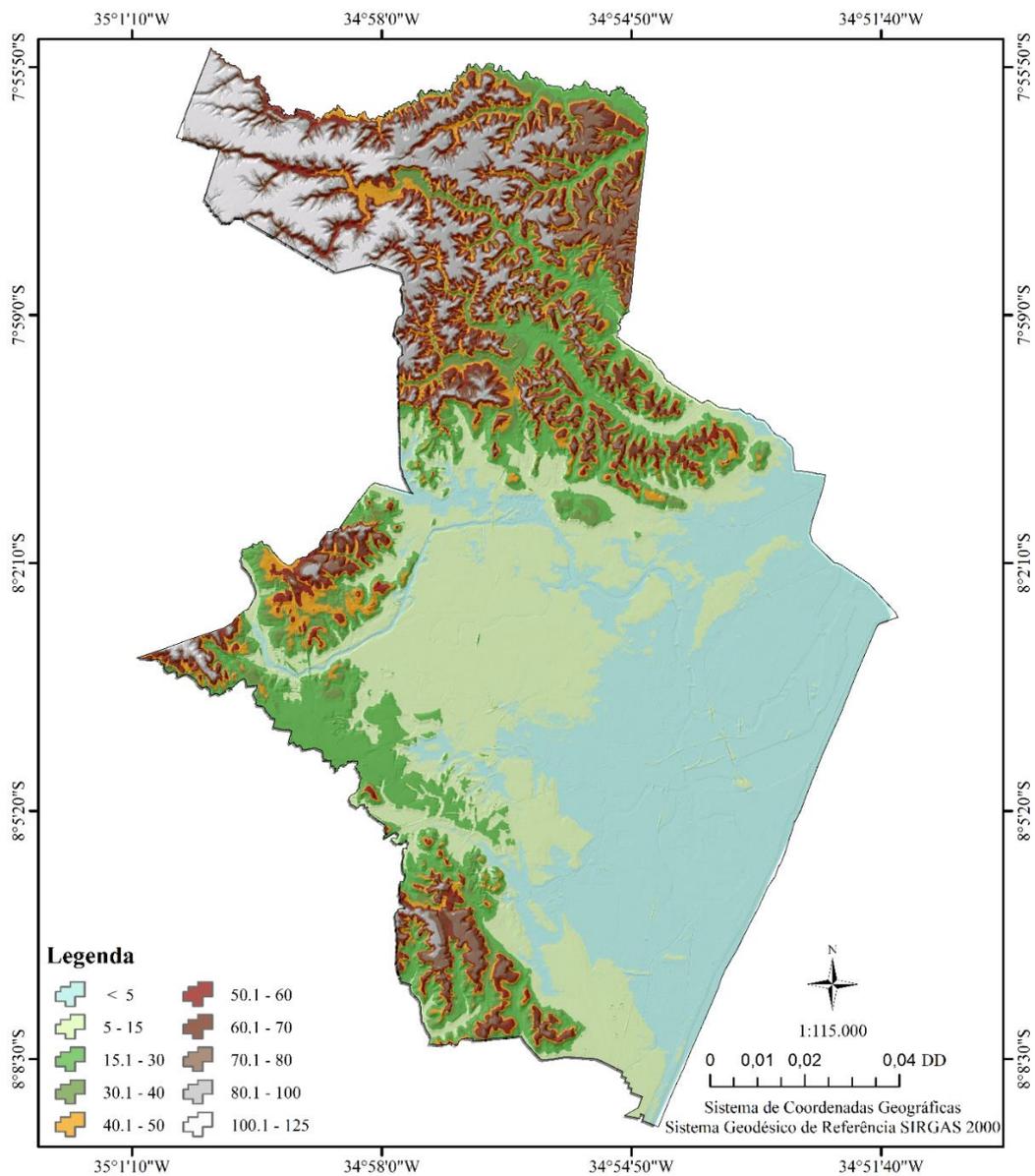
Figura 2. Identificação dos bairros do município do Recife por RPA.



2.1.1. Relevo

O município do Recife apresenta altitudes que variam de cotas negativas até, aproximadamente 125 metros acima do nível médio do mar. A porção central é caracterizada por apresentar altitudes inferiores a 5 metros (figura 3), demarcando as áreas de domínio das planícies (figura 4). As maiores altitudes são encontradas na região norte, com cotas que chegam a superar os 125 metros, sendo áreas de domínio dos tabuleiros costeiros pouco dissecados.

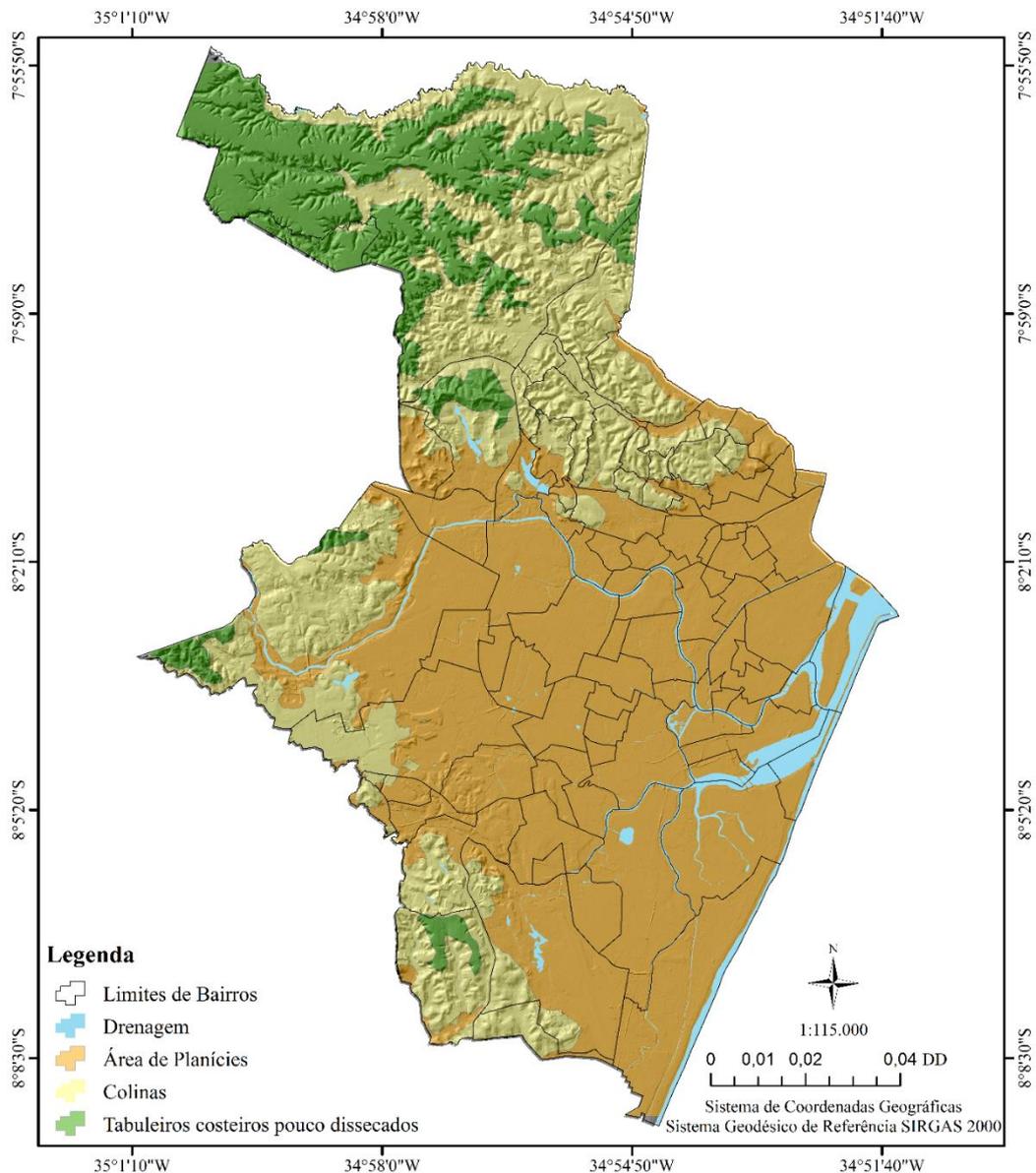
Figura 3. Modelo digital de elevação do Recife.



A região oeste do município é dominada por altitudes que predominam entre 15 e 60 metros, com determinadas áreas chegando a superar os 100 metros de altitude, região de

domínio das colinas (figura 4). Na região Sul as altitudes mantem-se entre 15 e 60 metros, enquanto na porção sudoeste, algumas áreas chegam a 100 metros de altitude, também dominada pela unidade das colinas. Na porção sudeste as altitudes mantem-se no intervalo < 5 metros e entre 5 e 15 metros.

Figura 4. Unidades de paisagem do Recife – PE.



2.1.2. Clima

A cidade do Recife está inserida na faixa intertropical, que conforme Correa (2006) é a de maior insolação da terra, pois recebe os raios solares quase perpendicularmente à superfície. A gênese das chuvas na região está associada a massa tropical atlântica, a qual origina-se no Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul (ASAS). A tropical atlântica sofre perturbações ao longo

do ano, notadamente quando os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) atuam na região, no outono/inverno. Empurrados pelos alísios de sudeste transportam umidade para a costa oriental do Nordeste, caracterizando o período chuvoso.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um sistema atmosférico de mesoescala, também associado a chuvas no município, sobretudo quando este sistema se expande em direção ao hemisfério sul do equador térmico, geralmente, durante o outono.

Outro sistema responsável por chuvas na região, são os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANS), os quais caracterizam-se por apresentar pressão atmosférica relativamente baixa. No centro desse sistema as temperaturas mais baixas em relação às bordas favorecem os movimentos de subsidência do ar, enquanto nas bordas o movimento do ar é de ascendência.

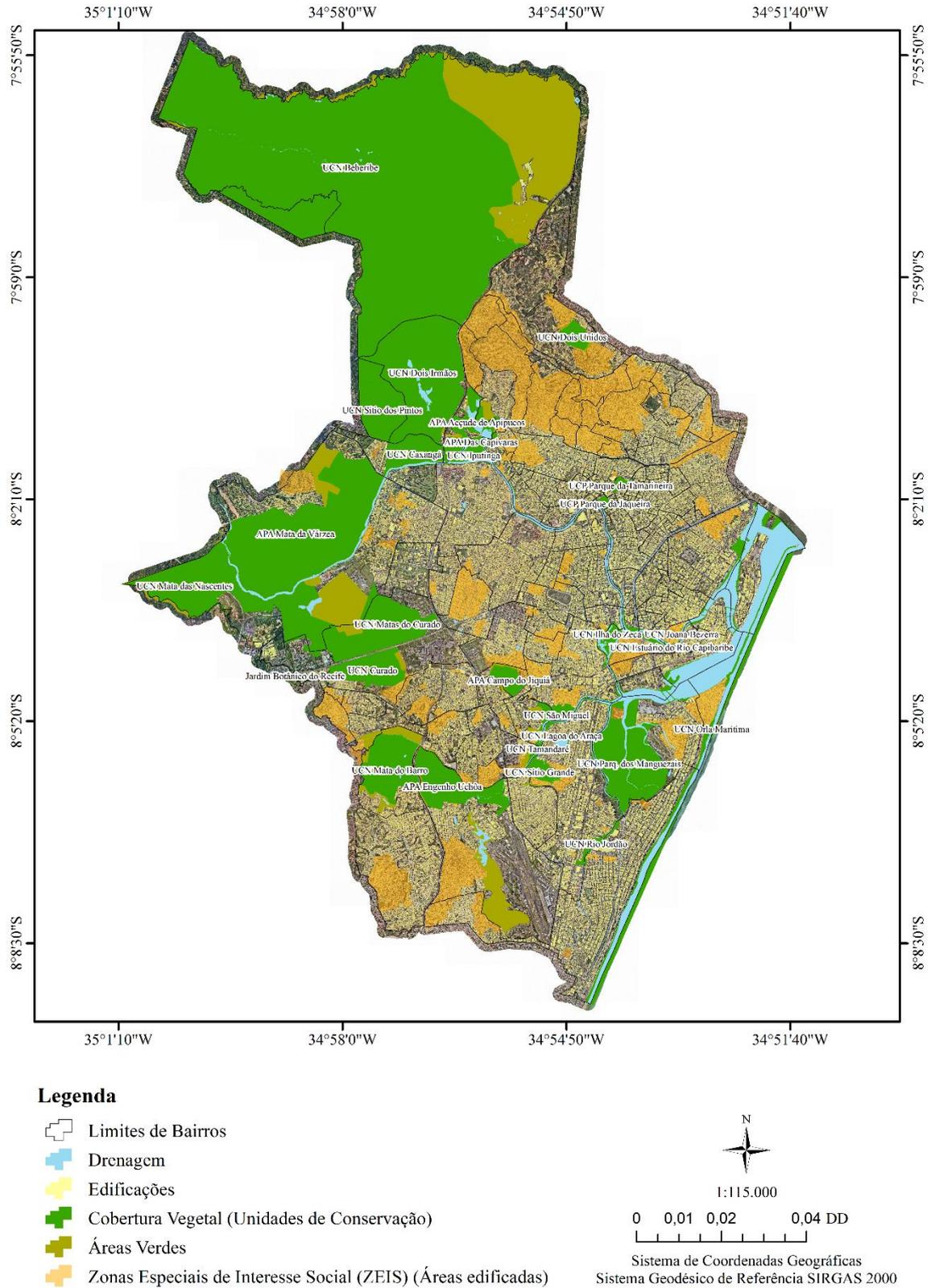
As áreas sob influência do centro desse sistema apresentam estabilidade atmosférica, enquanto áreas influenciadas pelas bordas – instabilidade atmosférica – ocorrência de chuvas. Forma-se a partir de movimentos ciclônicos da alta troposfera e atingem geralmente escalas mesorregionais com tempo médio de atuação que varia de 4 a 11 dias (CAVALCANTI, 1982; GAN; KOUSKY, 1982) desenvolvendo-se mais ativamente no verão.

2.1.3. Uso e ocupação do solo

A rápida e desordenada expansão da cidade, associadas a intensa especulação imobiliária, fizeram com que comunidades carentes se estabelecessem em áreas pouco favoráveis à urbanização, dando origem a distintas realidades (figura 5) – áreas muito pobres, que se desenvolveram, especialmente, sobre os tabuleiros, colinas e margens de rios, e áreas centrais, bem localizadas, marcadas por uma intensa verticalização.

O agravamento das situações de precariedade das populações mais carentes, pressionadas ainda mais pelo contínuo inchaço urbano, fez o poder público municipal definir algumas diretrizes específicas para tratar da problemática dessas comunidades, rotineiramente expostas a diversos riscos socioambientais urbanos, dentre eles os relacionados à saúde, que tem íntima ligação com as condições de saneamento básico e moradia.

Figura 5. Uso e ocupação do solo da cidade do Recife.



Visando proceder a urbanização e regularização fundiária, bem como integrar os aglomerados urbanos mais carentes e sem infraestrutura de serviços públicos adequados à

estrutura urbana da cidade, o poder público municipal estabeleceu através de lei as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), que foram definidas seguindo as diretrizes da lei N° 16.113/95:

Art. 2° Poderão ser consideradas Zonas Especiais de Interesse Social:

I – os assentamentos habitacionais consolidados de baixa renda, surgidos espontaneamente e carentes de infraestrutura básica;

II – as áreas destinadas a programas habitacionais de interesse social.

O cenário de crescimento acelerado e não planejado no meio urbano, fez surgir uma extensa área impermeabilizada, o que resultou na supressão da vegetação de mata atlântica, ficando sua preservação condicionada ao estabelecimento das Unidades de Conservação da Natureza (UCN). As UCN'S mais expressivas encontram-se nas áreas de tabuleiros pouco dissecados e de colinas (zona norte e oeste), tais como, as UCN'S Beberibe, Dois Irmãos e Mata das Nascentes, que somadas às demais ocupam aproximadamente 38,67% da extensão territorial do município. Na porção intraurbana destaca-se o parque dos manguezais (zona sul), unidade criada com objetivo de preservar as restritas áreas de mangue.

Os principais sistemas fluviais da cidade estão representados através da classe drenagem. O município abrange três bacias hidrográficas: Capibaribe, Beberibe e Tejiipió, cujos seus principais rios recebem os nomes das respectivas bacias hidrográficas nas quais estão inseridos.

CAPÍTULO I – ESPECIFICIDADES DO CLIMA URBANO EM RECIFE: CAMPO TÉRMICO E HIGROMÉTRICO

1. INTRODUÇÃO

O século XXI apresenta elevada concentração humana nas cidades, sendo também marcado pela caracterização de problemas socioambientais urbanos em maior frequência e gravidade, causados principalmente pelas modificações das paisagens naturais, resultantes da acelerada e não planejada expansão e consolidação dos grandes centros urbanos. O crescimento urbano vivenciado neste período teve como agente principal o estabelecimento das relações político-socioeconômicas orientadas pelo sistema de produção capitalista, o qual ergueu-se pautado no objetivo principal de enriquecimento (SANTOS; PINTO, 2010; TEODORO, 2012).

Um dos maiores desafios contemporâneos considerando um contexto de crescimento econômico e de sérios problemas socioambientais urbanos consiste no equacionamento entre o enriquecimento das cidades e a sustentabilidade urbana. É realidade predominante no Brasil a condução inadequada de megaprojetos pelas empreiteiras, as quais, são responsáveis por conduzi-los de forma que sequer atendem diretrizes específicas definidas nos frágeis e obsoletos planos diretores da maioria das cidades brasileiras, originando assim, em muitos casos, modelos de cidades incompatíveis com a ideia de sustentabilidade socioambiental (PÁEZ, 2007; SANTOS, 2011).

Vale ressaltar que as consequências negativas das ações não planejadas sobre espaço urbano, não cabe apenas à iniciativa privada. O estado, omissos em muitas situações, também é, em parte considerável, responsável. Seja pela falta de fiscalização e/ou normatização das intervenções nas cidades ou por conduzir projetos sem estudos prévios de impactos. É nessa conjuntura que os modelos de cidade economicamente, socialmente e ambientalmente não sustentáveis se consolidaram no Brasil. Os impactos do ponto de vista socioambiental urbano são catastróficos e demandam cada vez mais atenção e intervenções governamentais, gerando uma receita anual importante para os cofres públicos através do financiamento de soluções, em geral, temporárias para mitigar os impactos no ambiente citadino.

Santos (1991) associa ao processo de urbanização acelerado e não planejado a deterioração da qualidade de vida no meio geográfico artificial por ele criado, conduzindo a condições ambientais responsáveis pela formação e agravamento de problemas relacionados à saúde física e mental das populações. Mendonça (2013) destaca que o clima representa uma das dimensões do ambiente urbano, onde seu estudo e o consequente entendimento pormenorizado da relação de seus atributos, oferece contribuições relevantes no que se refere ao

equacionamento da questão ambiental nas cidades, subsidiando o desenvolvimento de projetos que melhor se adequem aos aspectos climáticos locais.

Em se tratando de clima urbano, os atributos que têm recebido maior atenção por parte dos pesquisadores são a temperatura e a umidade relativa do ar, os quais, impactados em sua interação entre si e com os demais elementos pela dinâmica socioambiental impostas ao meio urbano através das atividades antropogênicas, conduzem a formação das ilhas de calor urbanas (ICU) da atmosfera e da superfície, ilhas de frescor, ilhas secas, conforto e desconforto térmico. Essas consequências são ainda mais evidentes nas cidades de clima tropical, nas quais as temperaturas apresentam-se elevadas e constantes (NÓBREGA; VITAL, 2010).

É através das atividades industriais, da circulação de veículos, supressão da cobertura vegetal e, impermeabilização dos solos, que o balanço de energia sofre alterações na escala local, sobretudo em função da condutividade térmica e capacidade calorífica das superfícies e, assim, promovem padrões de temperaturas das superfícies peculiares ao meio urbano, mantendo-se mais aquecidas em relação às superfícies rurais. Materiais mais escuros e resistentes à água absorvem e armazenam maior quantidade de energia proveniente do sol e, em se tratando de áreas com elevado adensamento de edifícios há exacerbação da absorção de calor pelos materiais de construções por meio do efeito cânion, aspecto que tende a refletir radiação de ondas longas e impactar as temperaturas no ambiente urbano. (GARTLAND, 2010).

O comportamento do clima local nas grandes cidades tem sido influenciado pelos diferentes tipos de uso e ocupação dos solos, evidenciando a estreita relação das trocas de matéria e energia no sistema superfície-atmosfera. Oke (1987) aponta que: características peculiares ao meio urbano, tais como: rugosidade, uso e ocupação do solo, orientação, características termodinâmicas dos materiais e as atividades antropogênicas, modificam as condições atmosféricas locais, constituindo um sistema climático diferente do entorno citadino, definido por Monteiro (1976) como Sistema Climático Urbano (SCU) (MENDONÇA; DANILIVEIRA, 2007).

Como consequência dos processos mencionados, os índices pluviométricos, higrométricos e térmicos nos ambientes urbanos vêm sofrendo interferências significativas em seu comportamento. A excessiva impermeabilização dos solos, a utilização de materiais com propriedades térmicas inapropriadas para regiões de clima tropical, somados às formas urbanas com ruas estreitas, excessiva verticalização, ausência de corpos hídricos e áreas verdes, têm contribuído para o aumento das temperaturas e diminuição da umidade relativa do ar,

potencializando a formação e intensificação do fenômeno ilhas de calor urbana de superfície e da atmosfera (OKE 1987; 1988; SAILOR; LU, 2004).

Monteiro (2003) afirma que para análise do clima urbano deve-se considerar os atributos condicionantes geoambientais e geourbanos. O primeiro trata da topografia, cobertura vegetal e corpos hídricos, enquanto o segundo observa o ordenamento dos edifícios, pavimentação das vias, adensamento dos bairros e população. As complexas interações dos elementos mencionados no contexto atual da maioria das grandes cidades no mundo, produzem impactos de ordem climática negativos inerentes ao meio urbano, os quais manifestam-se através das inundações, ilhas de calor, ilhas secas, entre outros.

No cerne das preocupações com a formação e agravamento de problemas socioambientais urbanos ligados à dinâmica do clima urbano, estão as repercussões locais das mudanças climáticas globais, tidas por pesquisadores como potencial responsável em agravá-los. No atual contexto das grandes cidades, cientistas apontam o estudo do clima urbano como parte importante para combater a formação de riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanas. Nesse sentido, destaca-se a necessidade do entendimento das variações do clima urbano na perspectiva das relações sociedade-natureza em cenários atuais e futuros (MENDONÇA, 2010a; MENDONÇA, 2010b).

O comportamento das temperaturas do ar no ambiente urbano está principalmente atrelado às atividades antrópicas, das quais decorrem os elevados níveis de poluição do ar, impermeabilização do solo e a supressão de áreas verdes, apontados por vários pesquisadores como fatores fundamentais no aumento dos valores das temperaturas do ar em escala local (MONTEIRO, 1976; OKE, 1982; LOMBARDO, 1985; MENDONÇA, 1994; MOREIRA, 2014).

A falta de planejamento e ordenamento da expansão da malha urbana e das atividades industriais nos países em desenvolvimento como o Brasil, tem provocado inchaço na maioria das grandes cidades, produzindo problemas socioambientais permanentes e de dimensões preocupantes. Essa rápida expansão da malha urbana nas cidades brasileiras não tem sido acompanhada pelo melhoramento das condições de saneamento básico, sobretudo nas comunidades mais carentes, deixando-as em condições precárias de higiene, saúde, habitação e alimentação.

Resultado dessa expansão desordenada, as populações dos centros urbanos brasileiros têm convivido com o surgimento de ambientes nocivos à saúde, realidade evidenciada atualmente pela alarmante expansão das arboviroses. As comunidades mais carentes são as mais afetadas, pois, em geral, residem em áreas de risco físico-natural mal atendidas pelos serviços

de saneamento e saúde. A cidade do Recife, pólo de Região Metropolitana, não apresenta características diferentes das citadas, a maioria dos domicílios em condições de precariedade estão localizados nas Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), onde são registrados os piores índices de saneamento, saúde, educação e habitabilidade.

Essas condições demandam a necessidade de atenção prioritária por parte dos gestores públicos, indo de encontro a priorização das ações centradas atualmente nas intervenções de infraestruturas de transporte, energia e comunicação. Nesse sentido, é eminente a necessidade de repensar soluções e/ou estratégias sustentáveis em termos de planejamento e ordenamento do espaço urbano através de alternativas capazes de equacionar crescimento econômico e modelos de cidades sustentáveis, no intuito de mitigar problemas já existentes e evitar os futuros, os quais tem impactado a saúde da população com a proliferação de doenças respiratórias, arboviroses como a dengue e outras doenças que encontram no ambiente urbano habitats ideais para proliferação (BARRETO; TEIXEIRA, 2008).

Nessa conjuntura os problemas socioambientais urbanos necessitam de intervenções cada vez mais eficazes, buscando medidas preventivas para aos efeitos negativos do clima urbano. Essas intervenções exigem estudos que enfoquem de forma clara e objetiva os processos causadores dos problemas a serem tratados e, assim, servir como base para o planejamento e ordenamento urbano, elaboração de políticas públicas e desenvolvimento de projetos executivos, os quais exigem informações precisas para maximização dos resultados a que se propõem. Nesse sentido, analisar o campo térmico e higrométrico no atual contexto da cidade do Recife constitui o objetivo deste capítulo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Dados orbitais

Para obter as temperaturas de superfície (T_s), foi utilizada uma imagem do satélite Landsat – 8, sensores Thermal Infrared Sensor (TIRS) – órbita 214, ponto 65, com imageamento em 28/07/2013 e horário central às 12h31min, obtida através do site do United State Geological Survey (USGS). A imagem é composta por 11 bandas, sendo a banda 8 pancromática, com resolução espacial de 15 metros. As bandas TIRS – 1 e 2, que correspondem respectivamente as bandas 10 e 11 apresentam resolução espacial de 100 metros, enquanto as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9 possuem 30 metros de resolução espacial.

2.2. Processamento da imagem

Para estimar as temperaturas de superfície utilizou-se etapas de alguns parâmetros do Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL). Este algoritmo consiste em um método capaz de estimar os componentes do balanço de energia a partir de combinações empíricas, tais como: emissividade e temperatura de superfície, emissividade da atmosfera, fluxo de calor no solo e comprimento de rugosidade aerodinâmica BASTIAASSEN et al., 1998).

2.3. Procedimentos empregados para o cômputo da temperatura de superfície

2.3.1. Radiância de cada banda e pixel

Para o cômputo da radiância espectral no topo da atmosfera de cada banda e pixel aplicou-se a equação 1, onde a calibração para os termos aditivos ($Add_{rad,b}$) e multiplicativos ($Mult_{rad,b}$), são relativos à radiância espectral (USGS, 2013).

$$L_b = Add_{rad,b} + Mult_{rad,b} ND_b \quad (1)$$

em que: L_b corresponde a radiância de cada banda e pixel e ND_b refere-se ao número digital (intensidade) de cada banda e pixel.

2.3.2. Reflectância de cada banda e pixel

A estimativa da reflectância espectral no topo da atmosfera de cada banda e pixel foi realizado através da equação 2, em que: r_b corresponde a reflectância de cada banda, $Add_{ref,b}$ refere-se ao termo aditivo e $Mult_{ref,b}$ representa os termos multiplicativos de cada banda. O quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol em dado dia do ano (d_r) foi calculado

através da equação 3 com objetivo de realizar a correção da excentricidade da órbita terrestre. Posteriormente, através da equação 4, foi realizada a correção da reflectância de cada pixel.

$$r_b = \frac{(\text{Add}_{\text{ref},b} + \text{Mult}_{\text{ref},b} \text{ND}_b)}{\cos Z d_r} \quad (2)$$

$$d_r \left(\frac{1}{d_{\text{TR}}} \right)^2 \quad (3)$$

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{\text{SZ}})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{\text{SE}})} \quad (4)$$

2.3.3. Índices de vegetação

Os índices de vegetação gerados correspondem ao SAVI – determinado pela equação 5 e IAF, calculado através da equação 6.

O Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) é aplicado para amenizar os efeitos do “background” do solo. Os parâmetros da equação são dados por L, que refere-se a uma constante que depende do tipo de solo e o valor mais utilizado é 0,5, ρ_{IV} e ρ_{V} , que correspondem respectivamente as bandas do infravermelho próximo e vermelho (HUETE, 1988).

$$\text{SAVI} = \frac{(1 + L)(\rho_{\text{IV}} - \rho_{\text{V}})}{(L + \rho_{\text{IV}} + \rho_{\text{V}})} \quad (5)$$

O Índice de Área Foliar (IAF) consiste na razão entre a área foliar de toda a vegetação pela unidade de área utilizada por essa vegetação. É um indicador de biomassa de cada pixel da imagem, sendo computado pela equação proposta por Allen et al., (2002).

$$\text{IAF} = - \frac{\ln\left(\frac{0,69 - \text{SAVI}}{0,59}\right)}{0,91} \quad (6)$$

2.3.4. Emissividade

A emissividade da banda larga (ϵ_{NB}) segundo Allen et al. (2002), pode ser obtida para $NDVI > 0$ e $IAF < 3$, a partir da equação 7. Em pixels correspondentes aos corpos hídricos ($SAVI < 0$ e $IAF = 0$), assim como para $IAF \geq 3$, tem-se: $\epsilon_{NB} = 0,97$.

$$\epsilon_{NB} = 0,97 + 0,0033 \cdot IAF \quad (7)$$

2.3.5. Temperatura de superfície

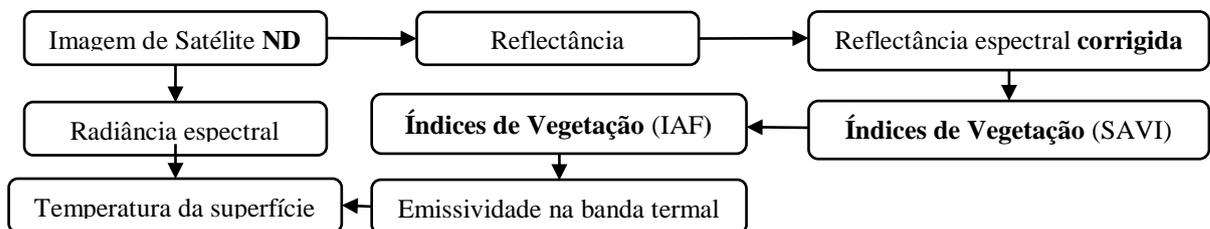
A temperatura de superfície foi calculada através da equação de Planck invertida (equação 8), válida para um corpo negro. A necessidade da introdução da emissividade de cada pixel no domínio espectral da banda termal (10,4 – 12,5 μm) ocorre devido a não emissão de radiação eletromagnética como um corpo negro por cada pixel. No cômputo da radiação de onda longa emitida por cada pixel considera-se a emissividade da banda larga (ϵ_{NB}) (5 – 100 μm).

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda 10}}\right) + 1} \quad (8)$$

tem-se segundo Usgs (2013) como constantes de calibração: $K_1 = 774.89 \text{ Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$ e $K_2 = 1.321.08 \text{ K}$.

No fluxograma representado na figura 6 é possível observar de forma simplificada os parâmetros descritos anteriormente, os quais foram aplicados para calcular os valores de temperatura de superfície de cada pixel da imagem.

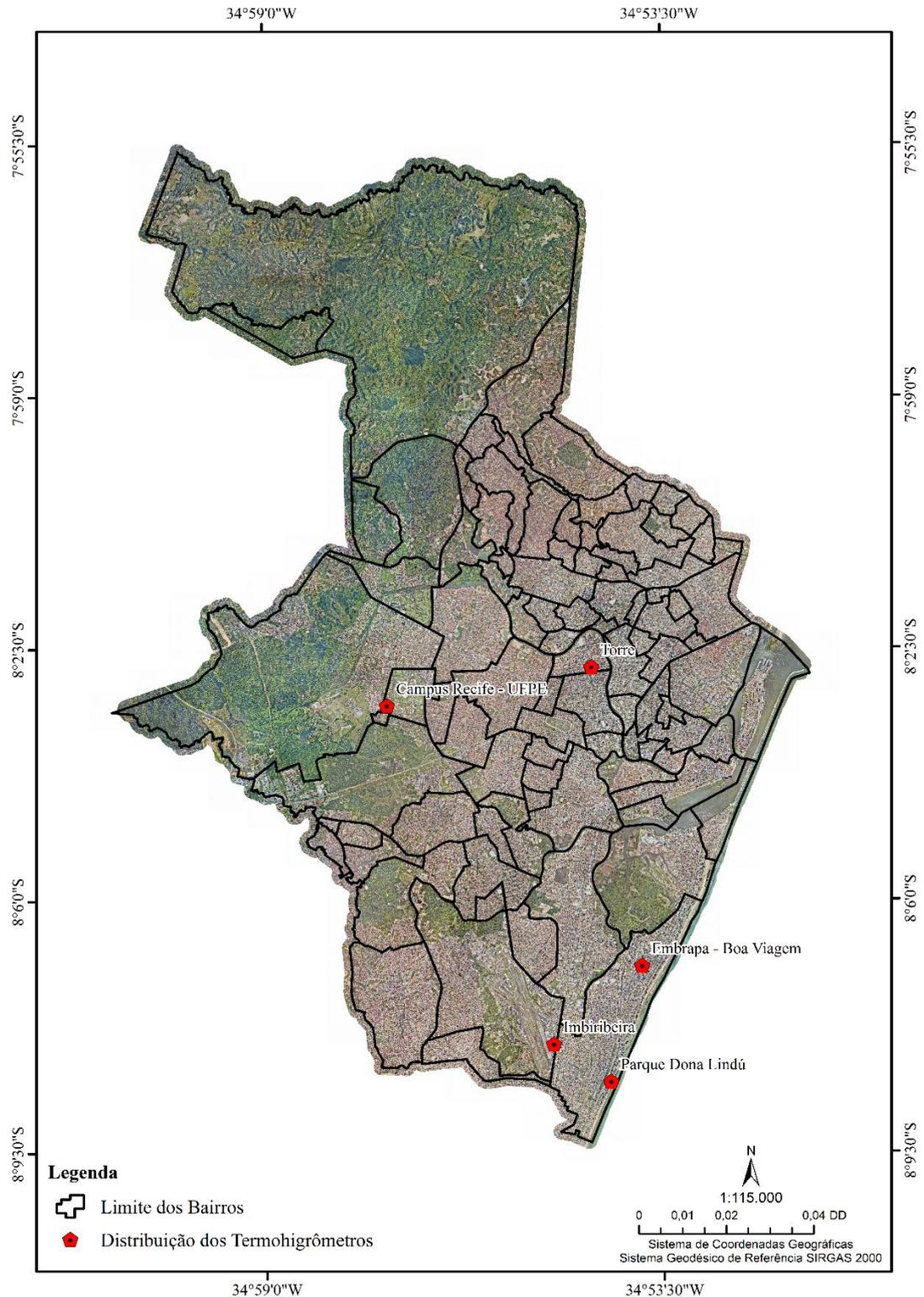
Figura 6. Fluxograma simplificado com as etapas para o cômputo da temperatura de superfície.



2.4. Dados de temperatura e umidade relativa do ar observados

As temperaturas e umidades relativas do ar foram aferidas através da instalação de 5 termohigrômetros (figura 7).

Figura 7. Distribuição dos termohigrômetros.



As medições foram realizadas a cada 5 minutos durante o mês de abril de 2014. Posteriormente os dados foram tabulados e calculadas as médias horárias e desvios-padrão para cada ponto. Para definição dos dias a serem analisados, considerou-se dias sequências em que não foram registradas precipitações.

As observações dos comportamentos das temperaturas e umidade relativa do ar foram realizadas através da instalação de 5 termohigrômetros do tipo HBO, equipamento homologado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM). Consiste em um instrumento pelo qual é possível aferir diretamente a temperatura e a umidade relativa do ar a partir de dois sensores conjugados, protegidos por um abrigo de plástico na cor branca com a finalidade de evitar a exposição direta ao sol (figura 8A). Conforme estabelecido pela OMM, responsável pela coordenação das atividades operacionais na área das ciências atmosféricas, os equipamentos devem ser instalados a uma altura entre 1,25 e 2,00 metros. Nesta pesquisa adotou-se 1,5 metros de distância em relação ao solo (figura 8B).

Figura 8. Abrigo do termohigrômetro (A) e haste de instalação do equipamento a 1,5 metros (B).



2.5. Dados Cartográficos

Os dados cartográficos (Ortofotocarta de alta resolução e shapefiles) utilizados nesta pesquisa foram adquiridos junto ao Instituto Engenheiro Pelópidas Silveira (ICPS) da prefeitura do Recife, através dos quais foi possível representar os limites territoriais e as imagens 3D das edificações.

2.6. Caracterização dos pontos de medição da temperatura e umidade relativa do ar

O campus Recife da UFPE – Cidade Universitária (figura 9) caracteriza-se por possuir edificações de baixas e médias alturas, voltadas à prestação de serviços institucionais (educação e pesquisa). Apresenta edificações espaçadas, ruas largas e arborizadas, menor grau de

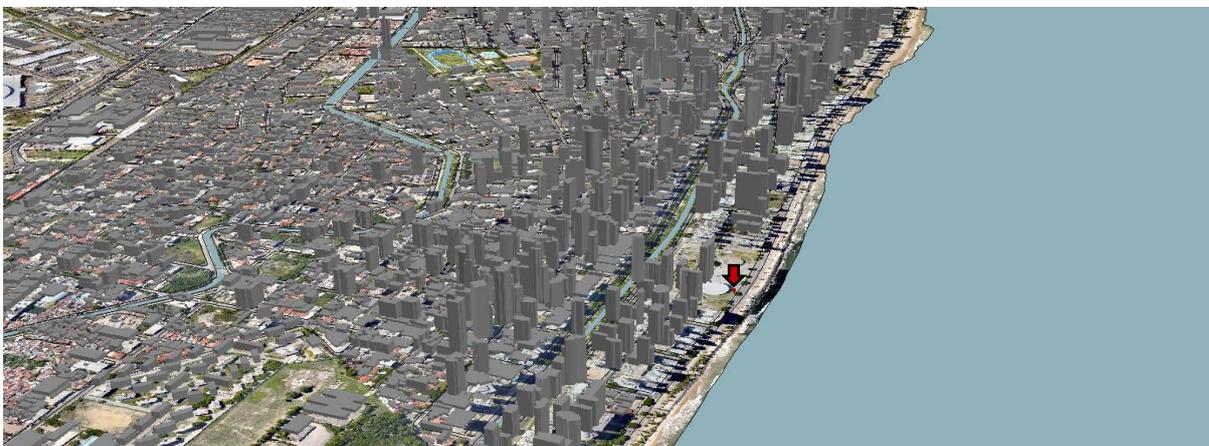
adensamento construtivo e impermeabilização dos solos em relação aos demais pontos observados.

Figura 9. Edificações em 3D da área de instalação do termohigrômetro (ponto 1 – Campus Recife da UFPE – Cidade Uiversitária).



Na figura 10 é possível observar as condições de ocupação e as tipologias das construções na orla de Boa Viagem (ponto 2). Área predominantemente de uso residencial com elevada taxa de verticalização (média superior a 10 andares), apresenta ruas estreitas e pouco arborizadas, tendo alguma delas forte presença de edificações voltadas ao comércio e prestação de serviços.

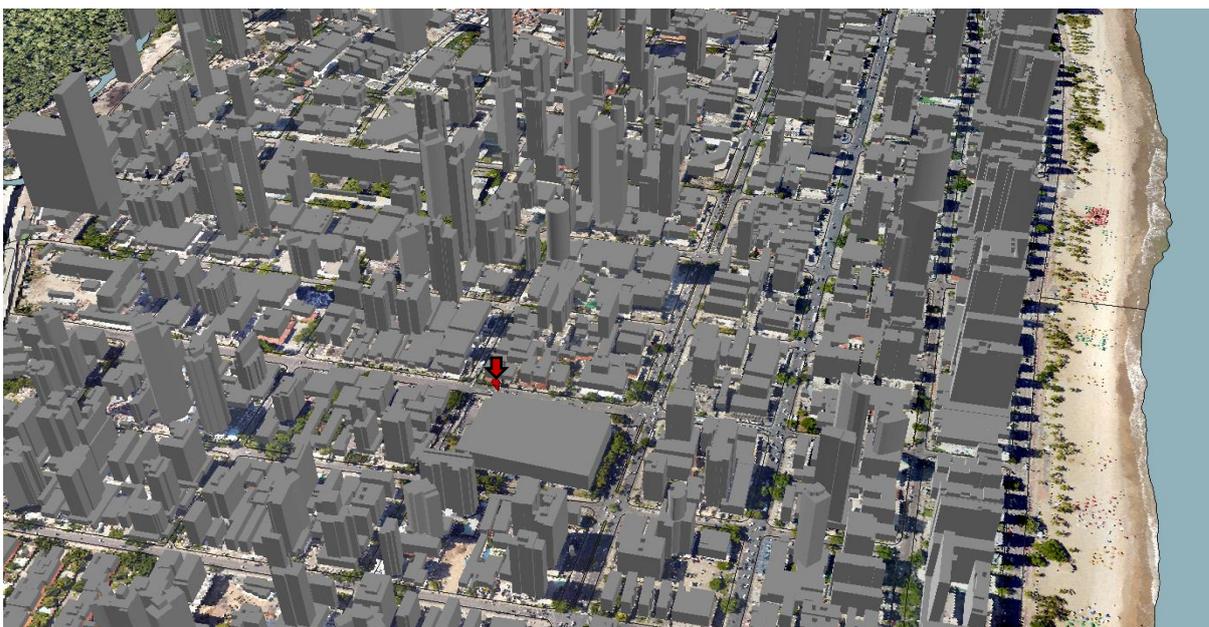
Figura 10. Edificações em 3D da área de instalação do termohigrômetro (ponto 2 – Parque Dona Lindú – Boa Viagem).



A figura 11 apresenta as características das tipologias das construções do ponto 3 (Embrapa – Boa Viagem). Nota-se construções baixas circundadas por arranha-céus localizados

na faixa imediata à linha de costa (distribuídos de forma contínua), e edifícios nas áreas centrais com distribuição descontínua. A área em questão possui ruas estreitas, baixa taxa de arborização e caracteriza-se por ser uma área predominantemente residencial, com parte das edificações voltadas ao comércio e prestação de serviços, principalmente em importantes vias de circulação de veículos, tais como: Domingos Ferreira e Conselheiro Aguiar.

Figura 11. Edificações em 3D da área de instalação do termo-higrômetro (ponto 3 – Embrapa – Boa Viagem).



A Imbiribeira (figura 12) é marcada por altas taxas de adensamento construtivo, impermeabilização dos solos e, restritas áreas verdes. As edificações misturam-se entre construções com baixas e médias alturas e encontram-se no sentido leste-oeste (orientação preferencial da circulação dos ventos) encobertas pelos altos edifícios localizados na orla e em partes centrais de Boa Viagem, dificultando a chegada das brisas marítimas.

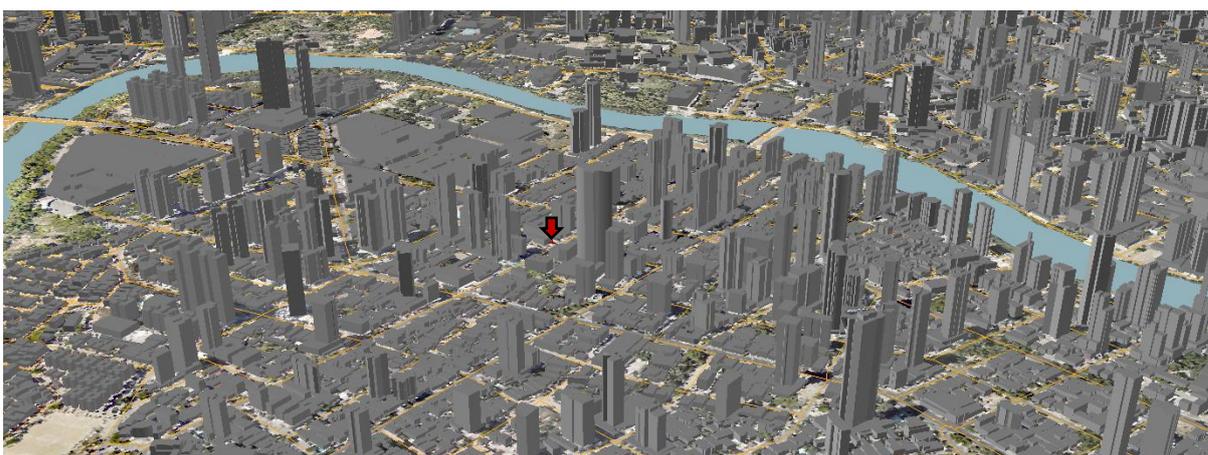
O bairro é cortado por algumas das avenidas mais importantes da cidade, tais como: avenida Recife e Marechal Mascarenhas de Moraes, estas, diretamente ligadas a corredores metropolitanos de elevada capacidade de transporte, e ao mesmo tempo, eixos de ligação ao aeroporto internacional dos Guararapes. O intenso tráfego nos horários de pico pode ser apontado como aspecto geourbano favorável à ocorrência de temperaturas elevadas e a constituição das ilhas de calor. Em termos de uso, concentra grande quantidade de galpões voltados as atividades ligadas ao setor industrial, em geral, cobertos com telhas de alumínio e amianto – tipos de materiais de alto poder calorífico.

Figura 12. Edificações em 3D da área de instalação do termohigrômetro (ponto 4 – Imbiribeira).



A figura 13 apresenta as características e a distribuição das edificações no entorno do ponto Torre. Este bairro apresenta edificações baixas, intercaladas por prédios com poucos andares e em menor proporção por arranha-céus. Observa-se intensa impermeabilização dos solos, elevado adensamento construtivo e ruas estreitas com grande circulação de veículos nos horários de pico, sobretudo entre 7h – 9h e 18h – 20h.

Figura 13. Edificações em 3D da área de instalação do termohigrômetro (ponto 5 – Torre).



2.7. Intensidade das ilhas de calor

As intensidades das ilhas de calor da atmosfera foram calculadas pelas diferenças de temperaturas dos pontos Lindú, Embrapa, Torre e Imbiribeira em relação as temperaturas do ponto UFPE. O ponto 1 (UFPE) foi estabelecido como referencial porque encontrar-se na camada intraurbana e apresenta como características geourbanas – edificações espaçadas, ruas largas e considerável presença de vegetação, sendo este último aspecto, preponderante para defini-lo como ponto referência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

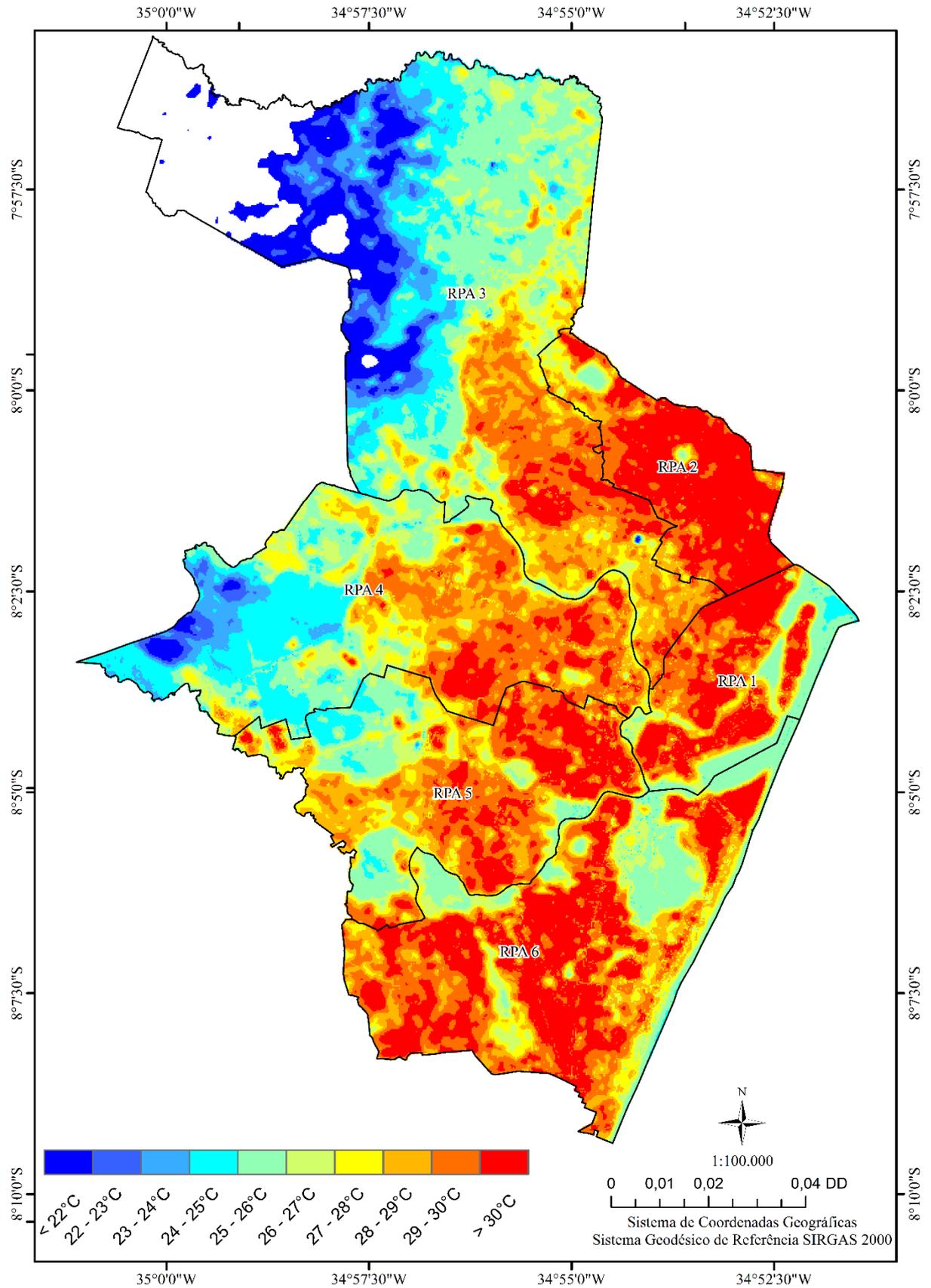
3.1. Características do campo térmico (temperatura de superfície)

Os tipos de materiais empregados nas áreas urbanas constituem-se em fator preponderante para absorção e armazenamento de calor durante o dia, sobretudo em condições atmosféricas favoráveis (pouca nebulosidade e alta incidência de raios solares), propiciando a ocorrência das ilhas de calor de superfície e da atmosfera. Isso ocorre porque os materiais da construção civil possuem, em geral, alta capacidade de absorção de energia e condutividade térmica.

Através da carta de temperatura da superfície apresentada na figura 14 é possível observar extensas áreas com temperaturas elevadas, predominando nas RPAs 1, 2 e 6. As temperaturas mais amenas são observadas na porção oeste do município, onde encontram-se as principais UCN'S, que desempenham papel importante na amenização das temperaturas das áreas próximas. Oliveira (2012); Moreira (2014) em estudos realizados por imagens de satélite na cidade do Recife, apontam que as ilhas de calor de superfície tendem a apresentar maior intensidade em dias de céu claro, com calma e movimentos de subsidência do ar.

As expressivas áreas edificadas da cidade, conforme destacado através do mapa de uso e ocupação do solo, são essenciais para o comportamento do balanço de energia. Landsberg (2006) destaca que ambientes com elevada concentração de materiais construtivos apresentam maior capacidade calorífica, passando a servir ao armazenamento de radiação e consequentemente elevando as temperaturas superficiais. Na medida que a energia é liberada, a camada de ar mais próxima à superfície é aquecida, o que potencializa a formação das ilhas de calor da atmosfera. Conforme Maitelle (2010) as interações entre os fluxos de calor estocado pela malha urbana e os fluxos de calor antropogênico influenciam os padrões das temperaturas do ar (T_a).

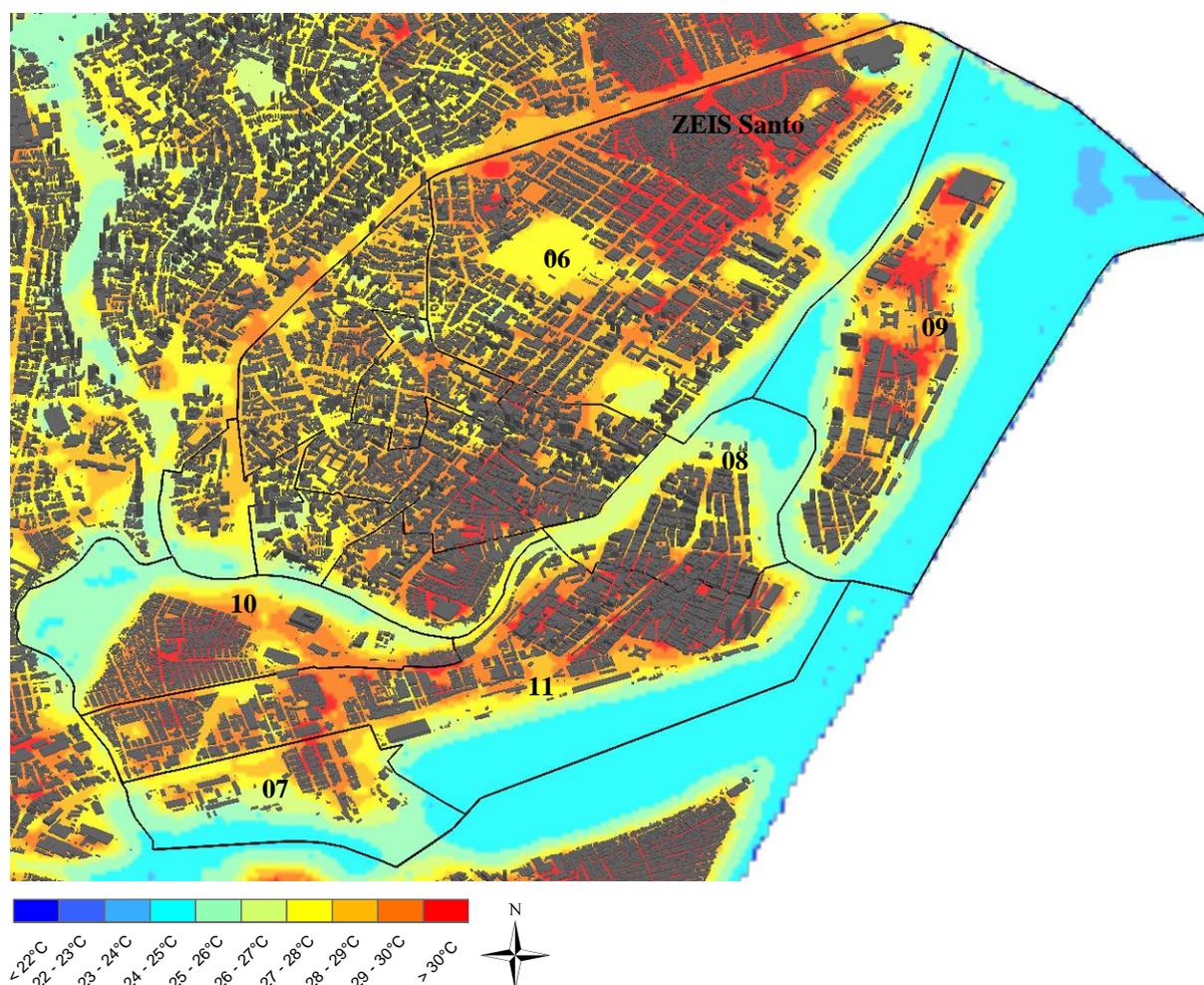
As superfícies com temperaturas inferiores a 26°C estão distribuídas nas áreas de vegetação e corpos hídricos, enquanto as T_s entre 27°C – 28°C encontram-se nas bordas das áreas de cobertura vegetal e das lâminas d'água. A densidade de construções, a ausência de áreas verdes e a distância em relação aos corpos hídricos, são fatores que somados justificam as elevadas T_s . Moreira (2007; 2014) analisando as temperaturas de superfície da cidade do Recife através de imagens dos satélites Landsat 5 e 7 encontrou T_s superiores a 30°C em áreas com elevada concentração de construções, corroborando os resultados apresentados neste trabalho.

Figura 14. Carta de temperatura de superfície – 28/07/2013.

3.2. Análise das temperaturas de superfície em relação às áreas edificadas por RPA'S

Na figura 15 observa-se a distribuição espacial das Ts na RPA - 1. As temperaturas mais elevadas foram encontradas nos bairros de Santo Amaro (06), Cabanga (07), Santo Antônio (08), Recife (09), Ilha Joana Bezerra (10) e São José (11). No bairro de Santo Amaro nota-se uma extensa mancha que abrange a ZEIS Santo Amaro, com Ts ultrapassando os 30°C. A predominância de superfícies impermeáveis, assim como o adensamento das edificações podem ser apontados como os principais fatores para a constituição das manchas com elevados valores de Ts. Os bairros que compõe a RPA 1 apresentam características que facilitam o controle das temperaturas, tais como, a proximidade com o rio e o mar, no entanto a desorganização espacial das construções, a predominância de ruas estreitas e a ausência de vegetação dificultam a dissipação do calor armazenado pelas superfícies urbanas.

Figura 15. Imagem termal do satélite Landsat – 8 RPA 1.

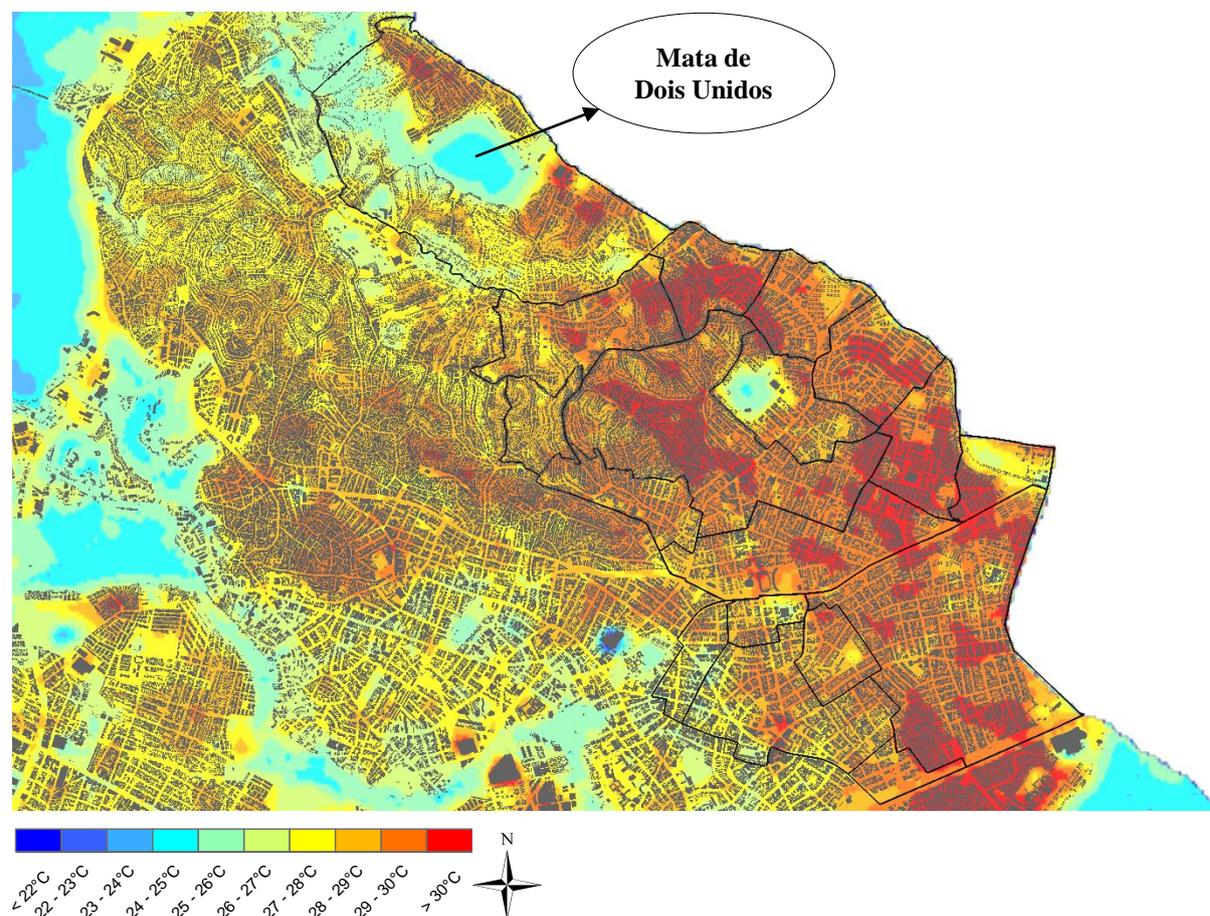


As Ts na RPA 2 (figura 16) apresentam-se predominantemente superiores a 28°C, com formação de um expressivo conjunto de manchas com Ts que ultrapassam 30°C. Há claramente

maior concentração de edificações se comparado com a RPA 1. A mata de Dois Unidos, localizada na parte noroeste da RPA 2, configura-se como uma ilha de amenidade, fornecendo umidade para seu entorno e conseqüentemente atuando como elemento regulador das temperaturas de superfície, com Ts de sua área central em direção as bordas variando entre 24 e 27°C.

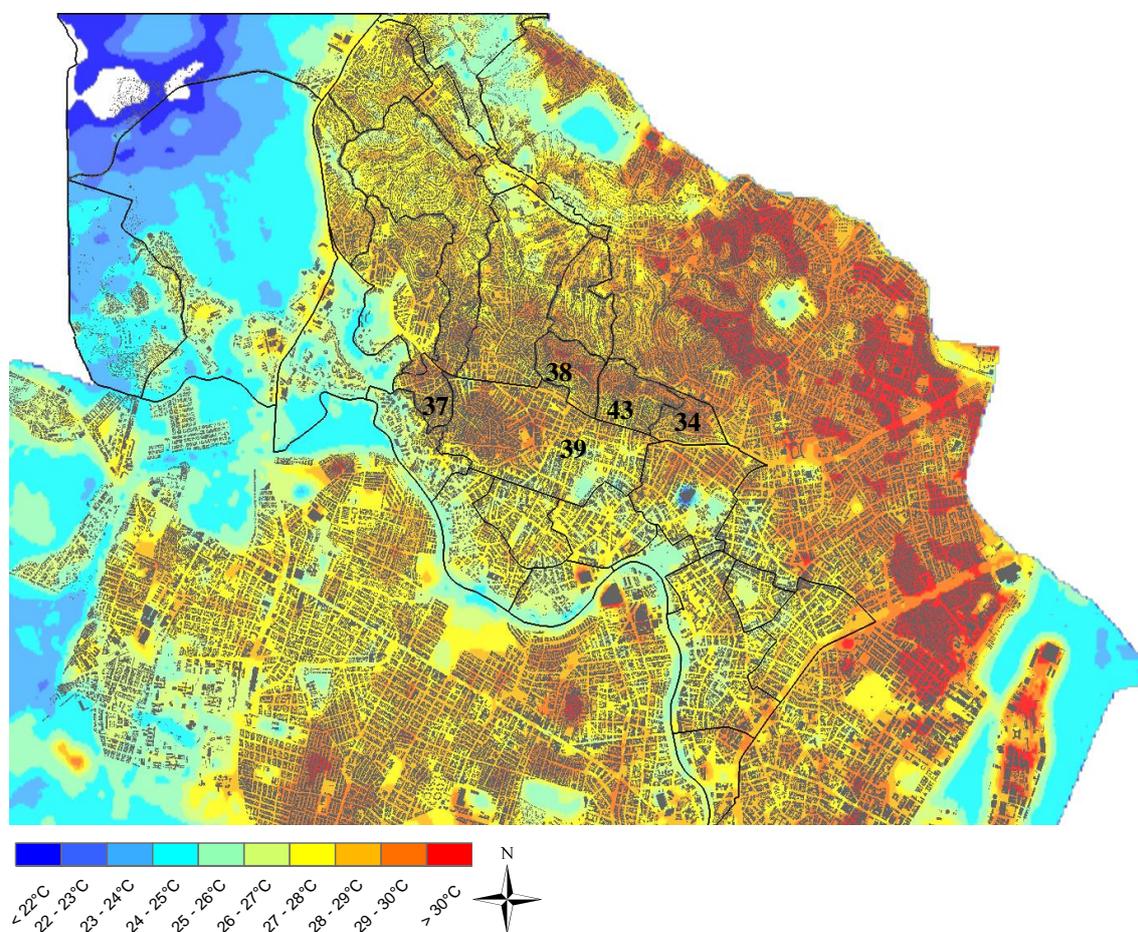
Parte do território da RPA – 2 abrange as áreas de morro da zona norte, que apresentam restritas coberturas vegetais, especialmente na porção centro-sudeste. A região apresenta considerável parte de suas áreas marcadas por Ts superiores a 30°C, distribuídas da parte central da RPA até a porção sudeste, formando um *continuum* térmico com Ts variando de forma predominante entre 29°C e (> 30°C). O padrão de morfologia das construções tem como característica principal o predomínio de edificações rasas, adensadas e ruas estreitas. Mendonça (2005) em estudo na Região Metropolitana de Curitiba destaca a existência de *continuum*s térmicos ocorrendo nas áreas intraurbanas.

Figura 16. Imagem termal do satélite Landsat 8 – RPA 2.



A distribuição espacial da Ts na RPA 3, observada na Figura 17, não apresenta padrões de Ts elevadas e contínuas como nas RPA'S 1 e 2. As Ts predominaram entre 27°C e 28°C, influenciadas pela proximidade com o Rio Capibaribe ao sul e pela Unidade de Conservação da Natureza de Dois Irmãos à oeste. Próximo ao limite territorial com a RPA – 2 e em sua porção mais central, foram registrados os valores de Ts mais elevados (28 – 29°C e 29°C – 30°C), ambas as áreas mencionadas têm como característica, maior adensamento das edificações. Os bairros Mangabeira (34), Morro da Conceição (38), Casa Amarela (39) e Alto José do Pinho (43) foram os que apresentaram manchas contínuas de Ts mais elevadas. Mesmo próximo ao Rio e áreas de vegetação à oeste, no bairro Alto do Mandu (37) foram registradas Ts próximas a 28°C, influenciadas pelo adensamento construtivo de seu território e de seu entorno à norte e leste.

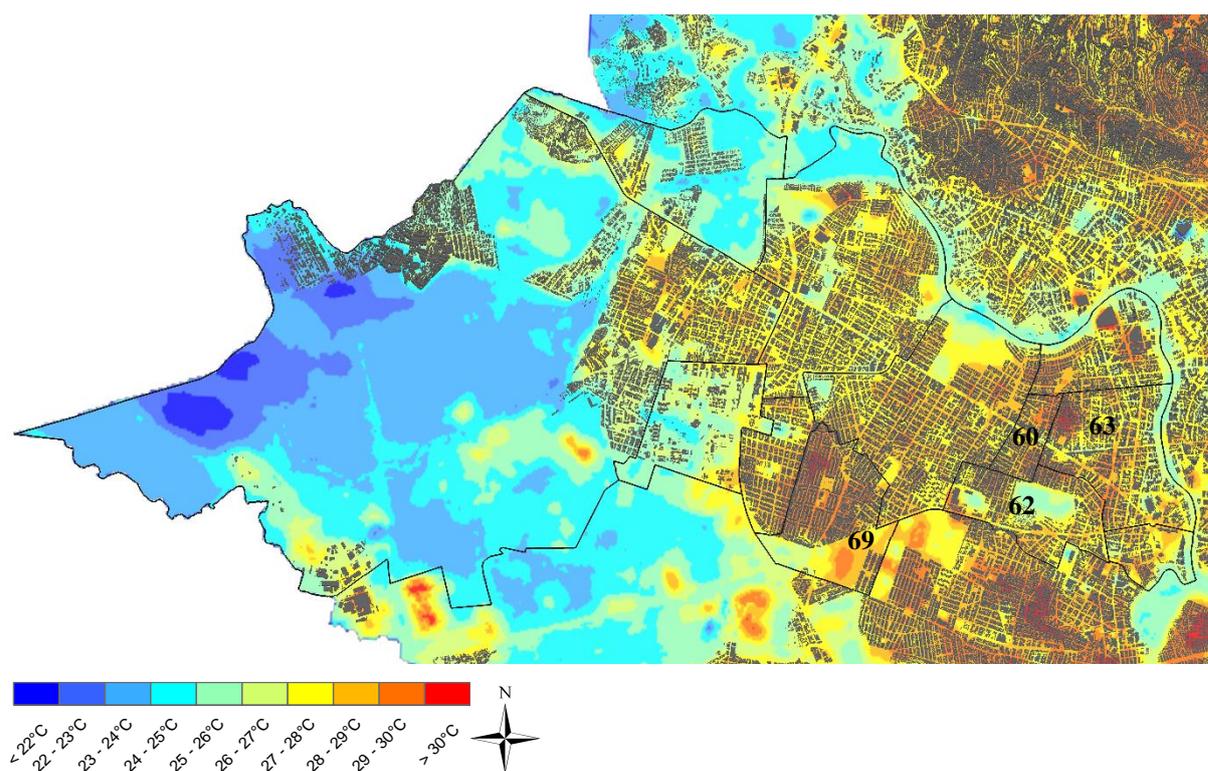
Figura 17. Imagem termal do Satélite Landsat 8 – RPA 3.



A RPA – 4 apresenta em sua porção oeste extensas áreas de cobertura vegetal, sendo preponderante para o comportamento das Ts observadas (figura 18). Assim como as demais analisadas, apresenta estrutura espacial desordenada em relação à distribuição das edificações

e ruas estreitas. As Ts estão predominantemente distribuídas no intervalo de 27°C – 28°C. As manchas de Ts mais elevadas concentram-se nos bairros Zumbi (60), Prado (62), Madalena (63) e Torrões (69), estes, apresentam Ts superiores a 28°C, com algumas manchas de Ts superando os 30°C. A ineficiência do ordenamento territorial e do planejamento urbano, principalmente no que se refere a preservação e conservação de áreas verdes nos espaços mais adensados, bem como a utilização de materiais adequados à realidade climática da cidade, são fatores que contribuem diretamente para a ocorrência de temperaturas de superfície elevadas.

Figura 18. Imagem termal do satélite Landsat 8 – RPA 4.

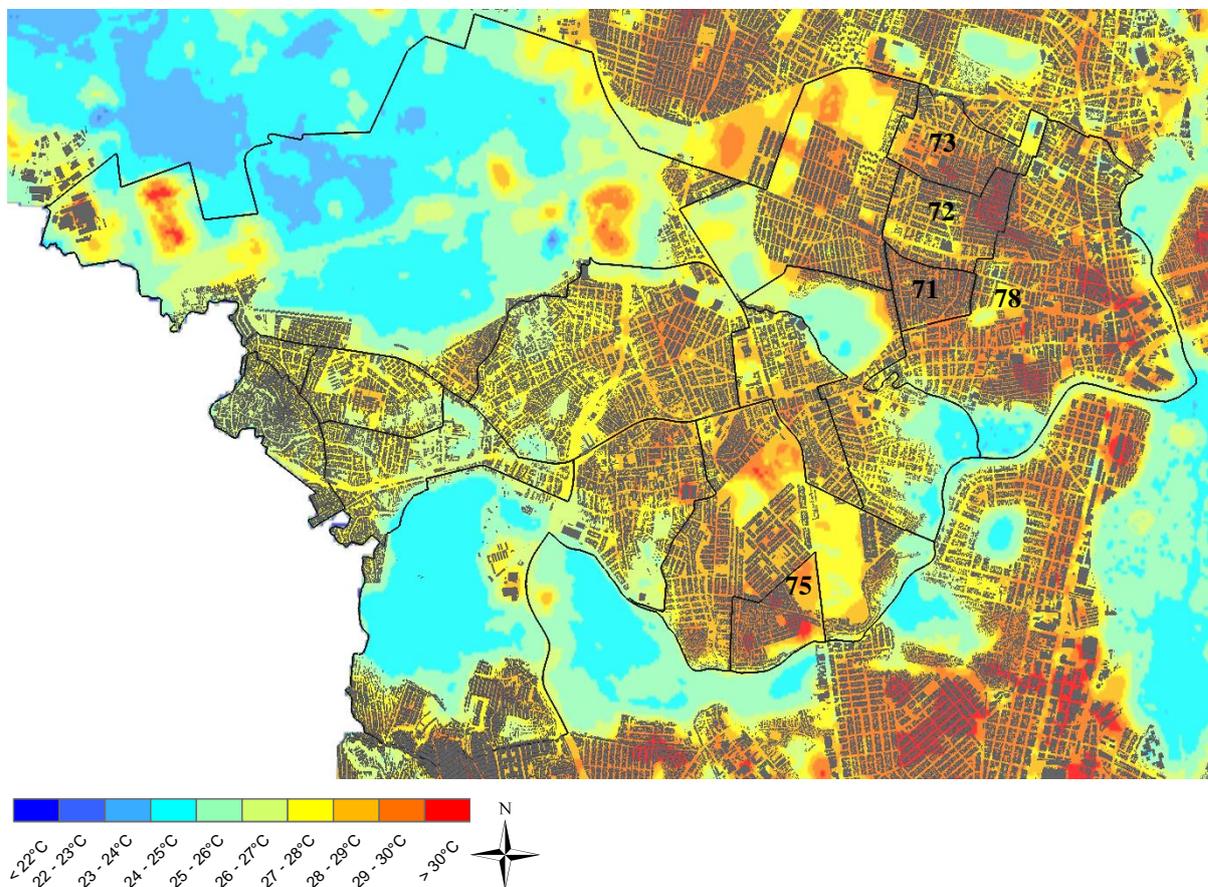


A distribuição espacial das Ts da RPA – 5 está representada através da figura 19. Esta RPA apresenta importantes áreas de vegetação nas porções norte e sul. As Ts mais elevadas foram observadas nos bairros de maior adensamento construtivo, seguindo a tendência das RPA'S anteriores, predominando Ts acima dos 27°C. As manchas de Ts com maior intensidade destacam-se nos seguintes bairros: Mangueira (71), Mustardinha (72), Bongü (73), Caçote (75) e Afogados (78).

Nesta RPA também são observados conjuntos de edificações com elevado grau de adensamento e restritas áreas verdes no aglomerado urbano. As superfícies cobertas por vegetação apresentaram Ts entre 24°C e 26°C, enquanto nas áreas em que predominam estruturas urbanas, as Ts mais baixas situam-se entre 27°C – 28°C. As maiores diferenças entre

as Ts mensuradas em superfícies vegetadas e construídas e/ou pavimentadas chegam a atingir 7°C, refletindo as elevadas taxas de adensamento construtivo e impermeabilização dos solos pelos materiais empregados na construção de casas, prédios, rodovias entre outros.

Figura 19. Imagem termal do satélite Landsat 8 – RPA 5.

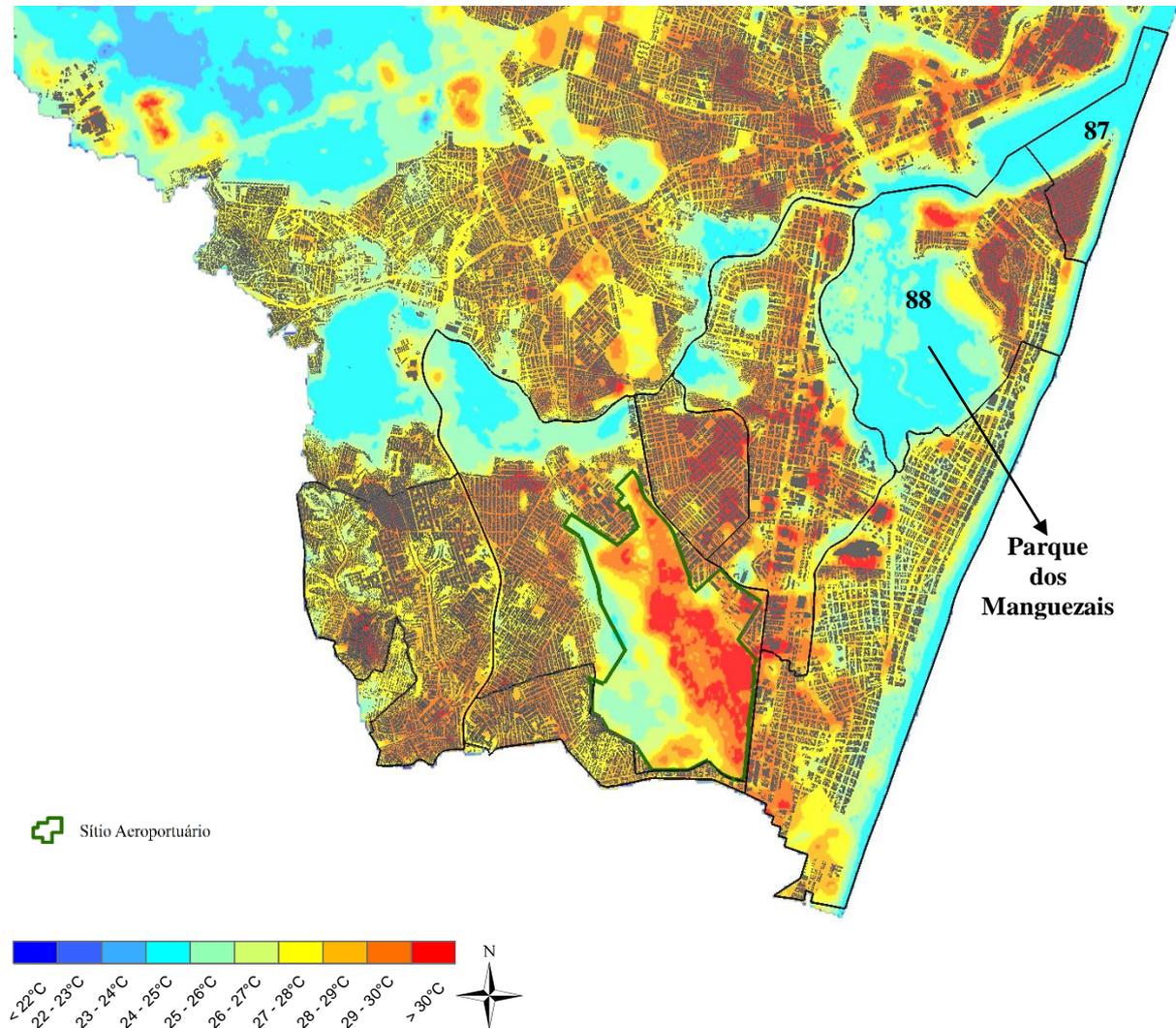


A RPA 6 tem a distribuição espacial da Ts em 28/07/2013 representada na figura 20. Há uma diversidade de situações relevantes em termos de condicionantes geourbanos e geoambientais na variação da Ts – áreas com considerável densidade de prédios em contato direto com as brisas marítimas e edificações localizadas em porções centrais da RPA encobertas por um cinturão de edifícios. Extensões representativas de cobertura vegetal, como o parque dos manguezais, o qual configura-se junto às matas próximas ao aeroporto e na parte norte da Imbiribeira como ilhas de amenidade, com Ts variando de 24°C a 27°C.

A faixa de prédios imediata à linha de costa tem edificações com média superior a 10 andares. Apesar do adensamento construtivo e a predominância de ruas estreitas as Ts variaram entre 24 e 28°C, valores que podem ser considerados baixos quando comparados com áreas que apresentaram Ts mais elevadas, como no caso das edificações localizadas na porção mais central,

onde as Ts em manchas específicas superam os 30°C. Callejas (2012) encontrou em Várzea grande – Mato Grosso, Ts elevadas em áreas de maior densidade urbana relacionando-as à substituição da cobertura vegetal por áreas edificadas.

Figura 20. Imagem termal do satélite Landsat 8 – RPA 6.



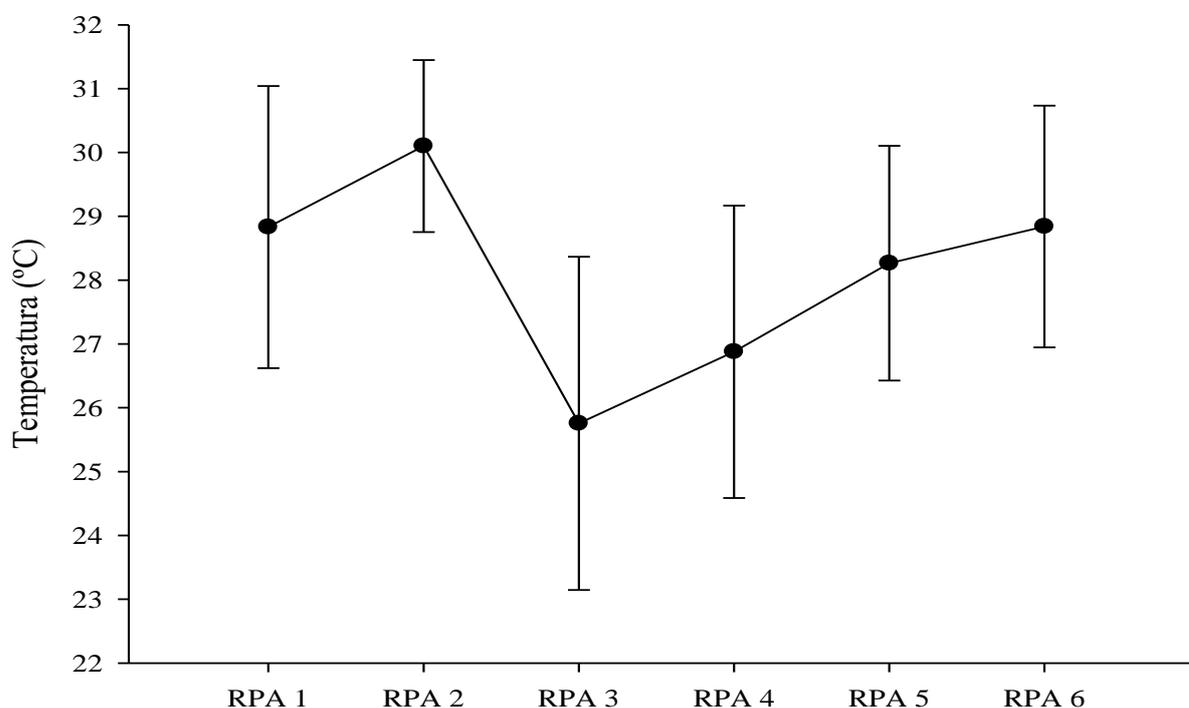
Pode-se atribuir ao comportamento da Ts na faixa de prédios imediata à linha de costa o condicionante geoambiental – proximidade a corpos hídricos, assim como a particularidade da atuação das brisas marítimas.

Nos bairros de Brasília Teimosa (87) e Pina (88) são observadas manchas expressivas com Ts que superam os 30°C registradas em espaços com condições geoambientais favoráveis às temperaturas amenas, pois são privilegiados pela proximidade com o parque dos manguezais, que apresenta temperaturas entre 23°C e 26°C, evidenciando importante influência do

adensamento construtivo e dos materiais utilizados para pavimentação das ruas e construções das edificações no comportamento das Ts locais.

O gráfico 1 demonstra as médias e o desvio-padrão das Ts na carta de 28/07/2013 representadas por RPA. As Ts médias mais elevadas foram observadas na RPA – 2, que apresentou as menores diferenças de variação máxima e mínima em relação à média. A constância de valores elevados é resultado da predominância de tipos de superfícies com alta capacidade de absorção da radiação.

Gráfico 1. Média e desvio padrão da temperatura de superfície em 28/07/2013 nas RPA'S 1, 2, 3, 4, 5 e 6.



A menor Ts média foi observada na RPA – 3, área caracterizada pela presença de importantes unidades de conservação da natureza. Essa RPA apresentou Ts média de 25,7°C e diferença de 2,5°C de variação em relação à máxima e 2,7°C em relação à mínima, comportamento resultante da heterogeneidade dos tipos de superfícies presentes. A RPA – 1, mesmo favorecida por fatores geoambientais propícios à ocorrência de temperaturas amenas apresentou Ts média de 28,8°C e variação de 26,6°C a 31°C. A variação das mínimas e máximas em relação à média foi de 2,2°C. O comportamento da Ts da RPA 4 apresentou

amplitude de 4,6°C, enquanto as RPA'S 1, 2 e 3 registraram amplitudes de 4.4, 2.7 e 5.2°C respectivamente. A Ts média foi de 26.8°C, superior apenas a Ts média da RPA – 3.

As médias registradas nas RPA'S – 5 e 6 foram de 28.3°C e 28.8°C respectivamente. Ambas apresentaram desvio padrão superior apenas a RPA – 1. Na RPA – 5 foi observada distância da média em relação à máxima de 1.8°C e 1.9°C em relação à mínima. Enquanto na RPA – 6 a variação da Ts mínima-máxima foi de 26.9°C a 30.7°C, com diferença de 1.9°C em comparação com a variação mínima e máxima. Franco; Nogueira (2012) em análise microclimática na cidade de Cuiabá – MT destacaram influência da impermeabilização e altura das edificações no comportamento das temperaturas do ar. Os autores identificaram que a verticalização exerceu grande influência no clima urbano local, com as modificações impostas na circulação dos ventos, além de alterarem o fator sombreamento e atuarem como corpos refletoras.

Ressalta-se que as ilhas de calor de superfície configuram-se principalmente em ambientes construídos e com baixas taxas de arborização. As manchas de Ts com os valores mais elevados demonstram os pontos onde há forte tendência para a constituição do fenômeno ilhas de calor urbana, pela capacidade em aquecer o ar por convecção e conseqüentemente formar os bolsões de temperaturas sobre tipologias urbanas.

Mendonça (2005) aponta a influência dos processos da urbanização, industrialização, da densidade da cobertura vegetal e da topografia sobre o campo térmico da Região Metropolitana de Curitiba. O autor constatou que as manchas urbanas se apresentam mais quentes em relação ao meio rural, destacando como pontos mais críticos no que se refere a intensidade das manchas de temperaturas elevadas, as áreas localizadas no interior do aglomerado urbano, pois são nessas áreas que as condições da organização do espaço e uso do solo local impõem importantes alterações nos processos radiativos. Em termos de variação e amplitude térmica da Ts, o autor encontrou variação da ordem de 12°C a 20°C em superfícies características da urbanização-industrialização, com amplitude térmica de aproximadamente 8°C.

3.3. Características do campo térmico (temperatura do ar) e higrométrico

É possível observar por meio dos gráficos 2, 3 e 4 o comportamento médio horário da temperatura e da umidade relativa do ar no ponto 1 (Campus UFPE). As temperaturas nas primeiras horas da manhã (5h – 6h) apresentaram-se entre 23°C e 27°C. A partir das 7h verifica-se aumento dos valores das temperaturas e decréscimo do percentual de umidade relativa do ar. À tarde, as temperaturas variaram entre 30°C e 34°C, enquanto a umidade relativa do ar oscilou

entre 50% e 75%. No período noturno as temperaturas observadas variaram entre 23°C e 29°C e o percentual de umidade relativa do ar manteve-se acima dos 70%. Na área em questão, a menor impermeabilização dos solos, a baixa densidade construtiva e a presença de áreas verdes, constituem aspectos favoráveis à dissipação do calor e consequente arrefecimento das temperaturas do ar, sobretudo durante a noite.

Isso ocorre porque parte da radiação incidente absorvida pela vegetação é utilizada para os processos de evapotranspiração. Estes processos proporcionam o transporte contínuo de umidade para atmosfera, atenuando as temperaturas locais (ARNFIELD, 2003; LUCENA, 2013). Outrossim, o predomínio de ruas largas e edificações com perfis rasos facilitam a circulação dos ventos, aspecto essencial para impedir a formação de bolsões de ar quente e consequentemente os excessos de temperaturas.

Gráfico 2. Médias horárias da temperatura e umidade relativa do ar no campus UFPE – Cidade Universitária (ponto 1) entre os dias 07/04 e 09/04 de 2014.

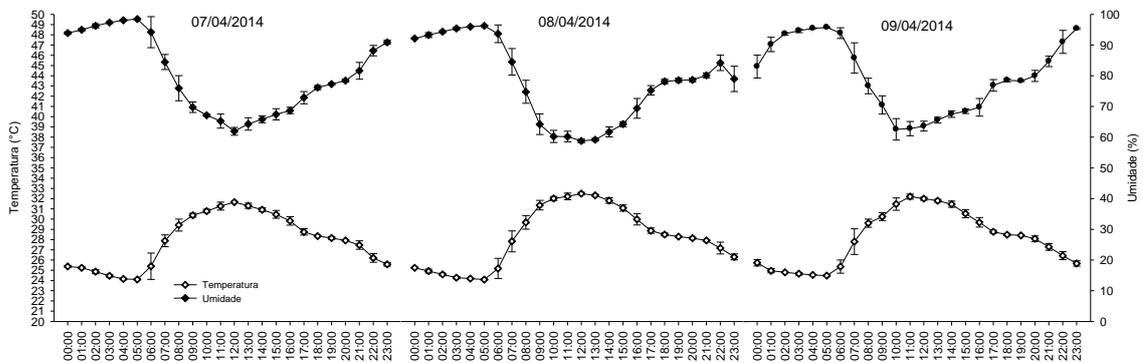


Gráfico 3. Médias horárias da temperatura e umidade relativa do ar observadas no campus UFPE – Cidade Universitária (ponto 1) entre os dias 16/04 e 18/04 de 2014.

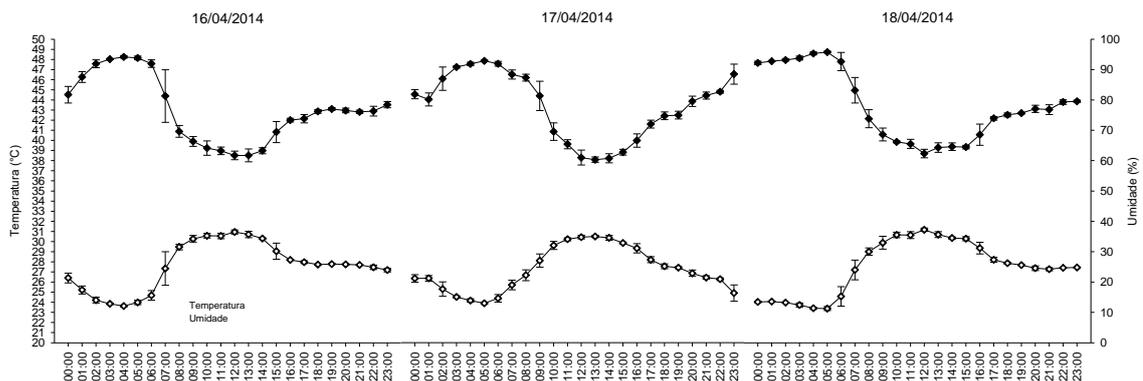
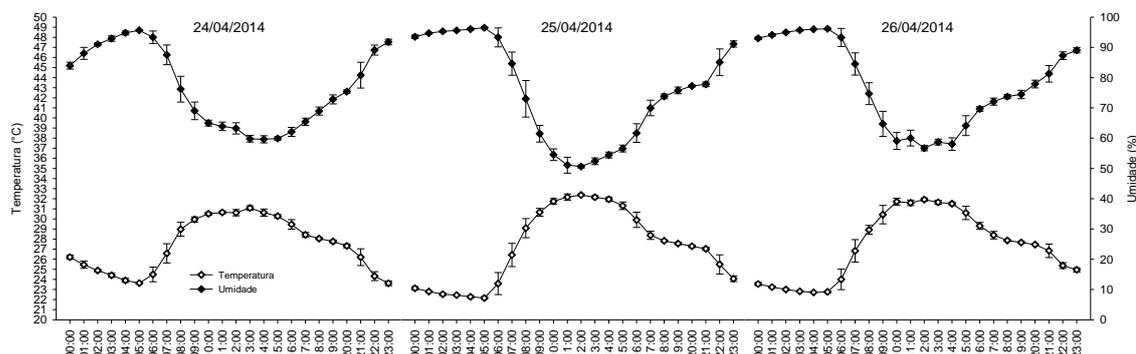


Gráfico 4. Médias horárias da temperatura e umidade relativa do ar no campus UFPE – Cidade Universitária (ponto 1) entre os dias 24/04 e 26/04 de 2014.



As temperaturas e umidades relativas do ar aferidas no ponto 2 (parque Dona Lindú – Boa Viagem) podem ser observadas nos gráficos 5, 6 e 7. Durante os dias de observação as temperaturas nas primeiras horas da manhã variaram entre 26°C e 28.5°C. Os percentuais de umidade relativa do ar oscilaram entre 80% e 90%. No período vespertino, observaram-se temperaturas médias entre 28°C e 31°C e umidade relativa do ar > que 70% e < 90%. As temperaturas noturnas mantiveram-se > 27°C e < que 30°C, enquanto a umidade relativa do ar permaneceu acima dos 75%.

Neste ponto as temperaturas mantiveram nos nove dias observados padrões semelhantes. Após as primeiras horas da manhã as temperaturas passam a subir e mantem-se constantes até o final da noite. O mesmo ocorre com a umidade relativa do ar, que mantem valores próximos a 90% nas primeiras horas do dia e em torno de 80% nos demais horários.

Gráfico 5. Médias horárias da temperatura e umidade relativa do ar no parque Dona Lindú – Boa Viagem (ponto 2), entre os dias 07/04 e 09/04 de 2014.

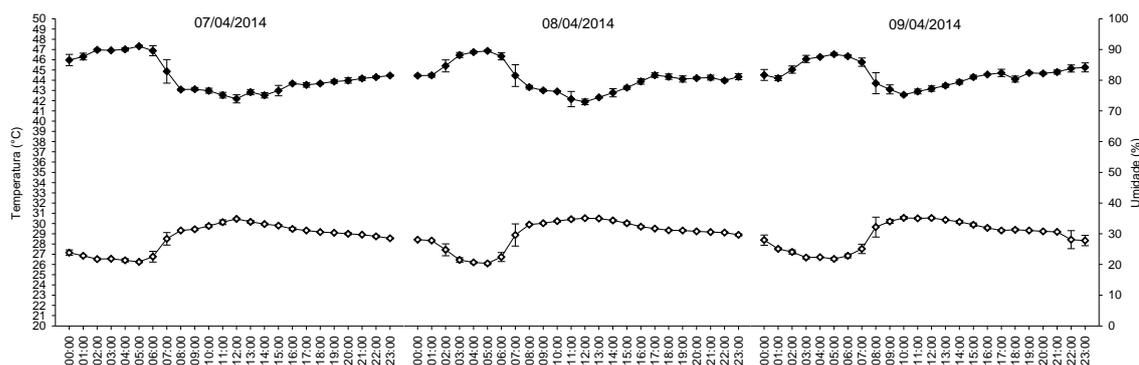


Gráfico 6. Médias horárias da temperatura e umidade relativa do ar observadas no parque Dona Lindú – Boa Viagem (ponto 2), entre os dias 16/04 e 18/04 de 2014.

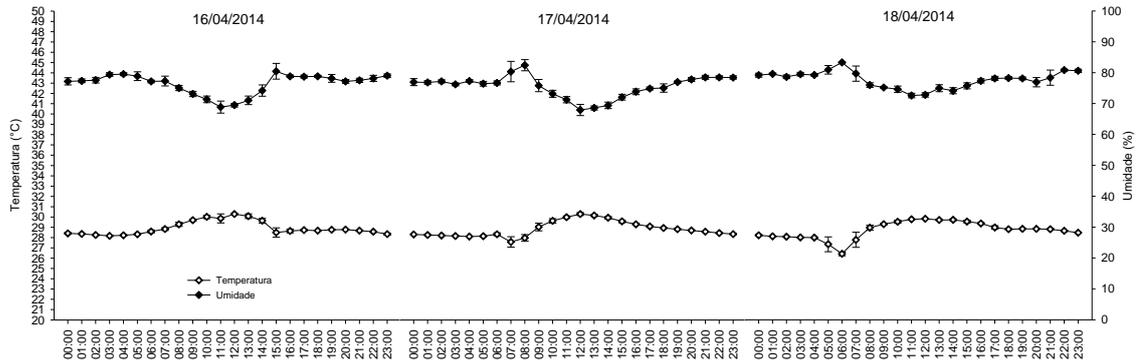
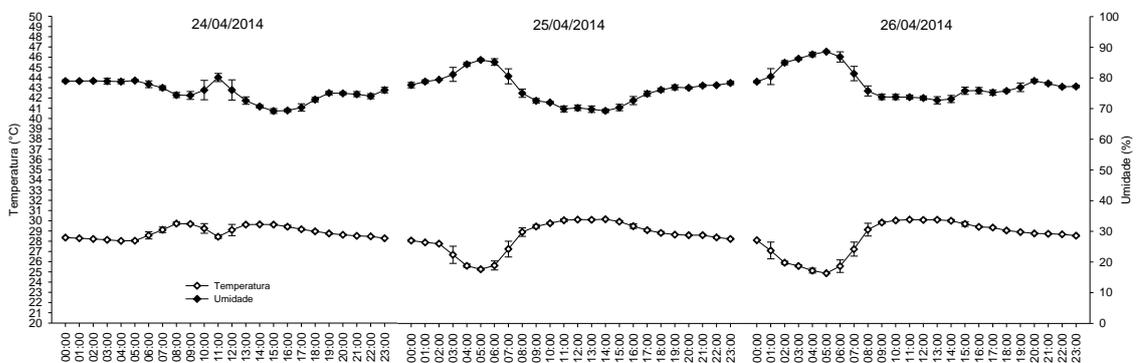


Gráfico 7. Médias horárias da temperatura e umidade relativa do ar observadas no parque Dona Lindú – Boa Viagem (ponto 2), entre os dias 16/04 e 18/04 de 2014.



Os gráficos 8, 9 e 10 apresentam o comportamento das médias horárias da temperatura e da umidade relativa do ar no ponto 3 (embrapa – Boa Viagem). Verificou-se que as temperaturas do ar nas primeiras horas da manhã mantiveram-se entre 26°C e 28°C. Já a umidade relativa do ar oscilou entre 70% e 90%. Durante a tarde as temperaturas variaram de 30°C a 34°C, enquanto a umidade relativa do ar manteve-se abaixo dos 75%. No período noturno as temperaturas permaneceram entre 27°C e 29.5°C. A umidade relativa do ar esteve predominantemente entre 70% e 80%, registrando valores próximos e por vezes superiores a 90% no final da noite. A área caracteriza-se por apresentar elevada densidade de construções, ruas asfaltadas com perfis estreitos e profundos. Oke (1981) em experimentos realizados com modelos reduzidos e perfis de ruas uniformes, identificou em perfis estreitos e profundos maior absorção de radiação durante o dia em relação às ruas de perfis abertos e rasos.

Gráfico 8. Médias horárias da temperatura e umidade relativa do ar na Embrapa – Boa Viagem (ponto 3), entre os dias 07/04 e 09/04 de 2014.

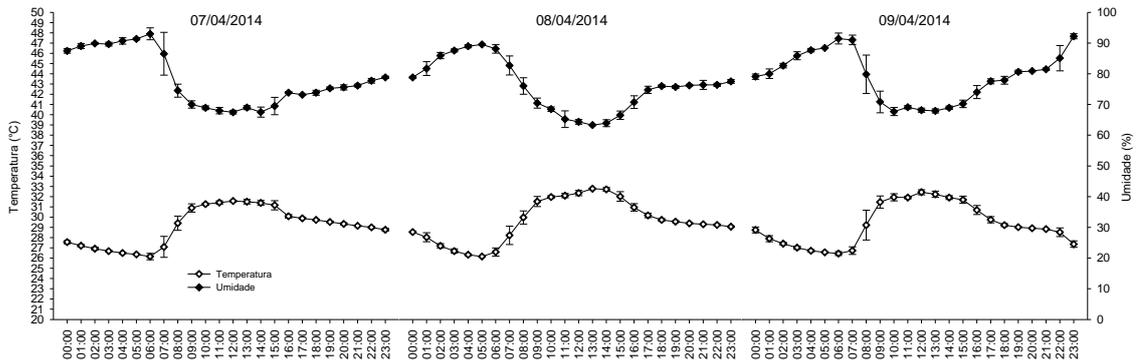


Gráfico 9. Médias horárias da temperatura e umidade relativa do ar na Embrapa – Boa Viagem (ponto 3), entre os dias 16/04 e 18/04 de 2014.

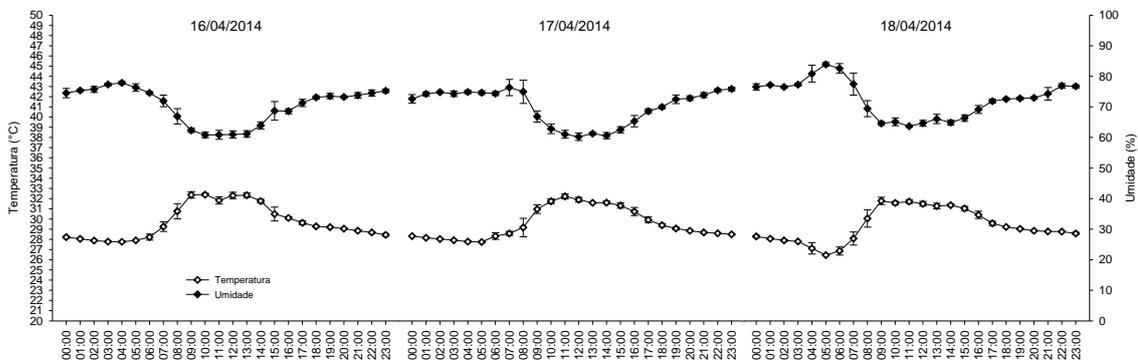
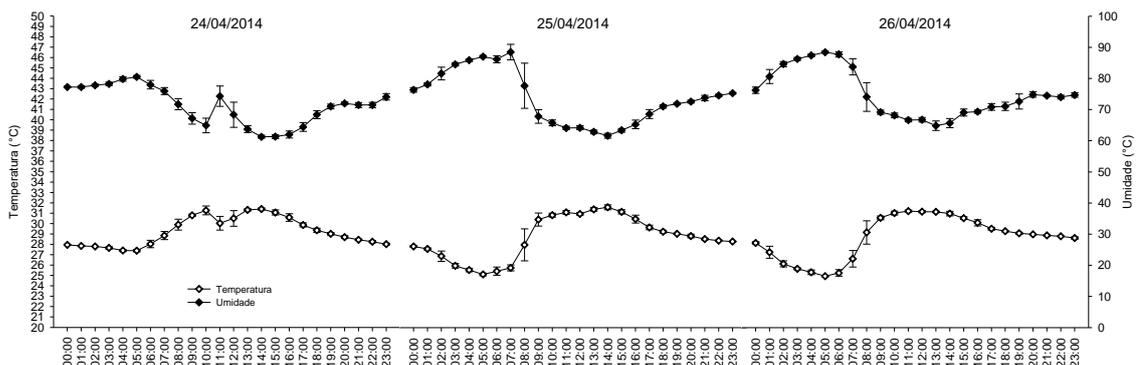


Gráfico 10. Médias horárias da temperatura e umidade relativa do ar na Embrapa – Boa Viagem (ponto 3), entre os dias 24/04 e 26/04 de 2014.



Nos gráficos 11, 12 e 13 observa-se na Imbiribeira, durante as primeiras horas da manhã, que a umidade relativa do ar permaneceu acima de 70% e as temperaturas variaram entre 25°C e 29°C. No período vespertino as temperaturas chegaram a superar os 34°C, enquanto à noite predominaram valores acima de 27°C, chegando no dia 17/04/2014 a superar os 30°C às 18h e 19h. A umidade relativa do ar permaneceu acima dos 70%. O bairro em questão apresenta características da urbanização-industrialização e concentra grande quantidade de galpões e algumas importantes vias de circulação, estrutura/função que favorece a concentração de poluentes na camada atmosférica mais próxima à superfície e condiciona os padrões atmosféricos locais. Essa condição pode ser ainda mais potencializada pelo seu posicionamento geográfico. Localizado por trás do bairro de Boa Viagem, sofre influência das edificações verticalizadas que dificultam a ação das brisas marítimas e consequentemente a dissipação dos poluentes e do calor.

Gráfico 11. Médias horárias da temperatura e umidade do ar observadas através de termohigrômetro no bairro da Imbiribeira (ponto 4), entre os dias 07/04 e 09/04 de 2014.

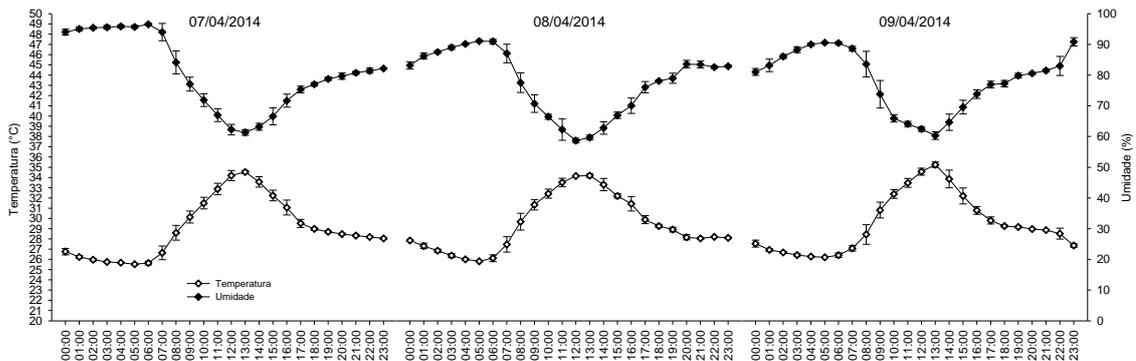
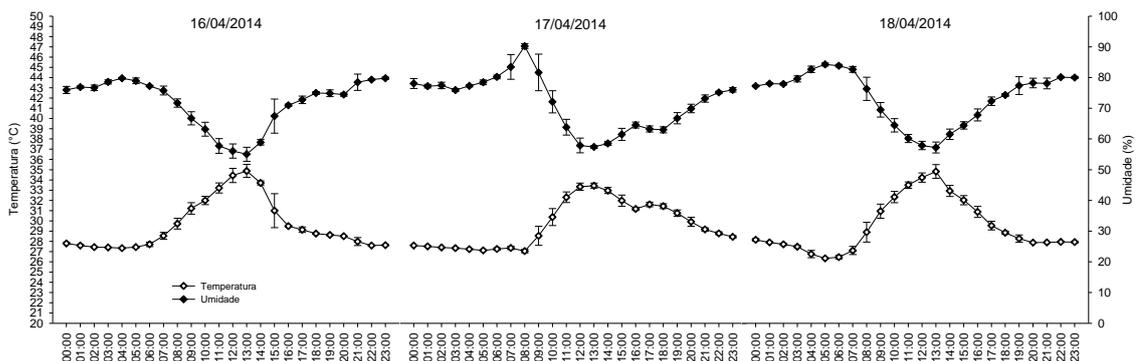
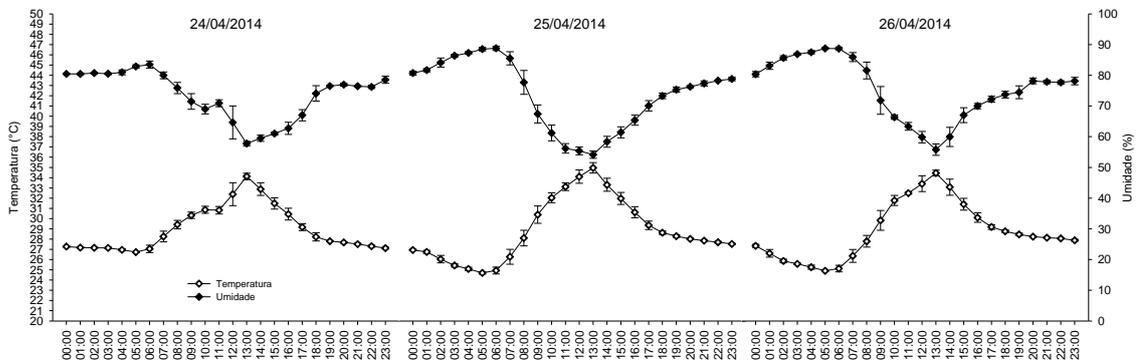


Gráfico 12. Médias horárias da temperatura e umidade do ar observadas através de termohigrômetro no bairro da Imbiribeira (ponto 4), entre os dias 16/04 e 18/04 de 2014.



Bairros voltados às atividades ligadas ao setor industrial conforme salienta, Lombardo (1985), são os que comumente apresentam as temperaturas mais elevadas no sítio urbano.

Gráfico 13. Médias horárias da temperatura e umidade do ar observadas através de termohigrômetro no bairro da Imbiribeira (ponto 4), entre os dias 24/04 e 26/04 de 2014.



Nos gráficos 14, 15 e 16 estão representadas as médias horárias da temperatura e da umidade relativa do ar observadas no bairro da Torre. Bairro caracterizado por ser predominantemente de uso residencial, com edificações voltadas para prestação de serviços ao longo de importantes vias, predominaram nas primeiras horas da manhã temperaturas entre 26°C e 29°C, com umidade relativa do ar mantendo-se majoritariamente acima de 70%. Durante a tarde as temperaturas mantiveram-se próximas aos 30°C e a umidade relativa do ar acima dos 60%, excetuando-se o dia 25/04/2014, que apresentou neste horário umidade relativa do ar inferior a 60%. No período noturno as temperaturas variaram entre 28°C e 29°C, exceto às 23h do dia 26/04/2014. Já a umidade relativa do ar à noite, variou entre 70% e 90%.

Gráfico 14. Médias horárias da temperatura e umidade do ar observadas através de termohigrômetro no bairro da Torre (ponto 5), entre os dias 07/04 e 09/04 de 2014.

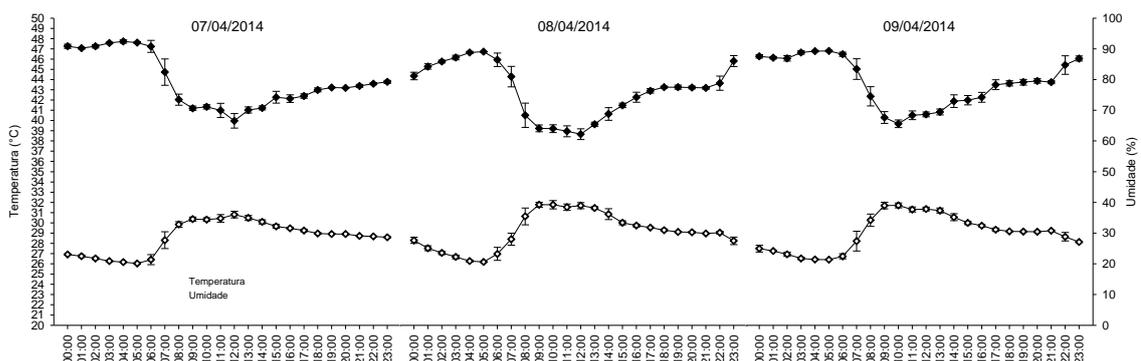


Gráfico 15. Médias horárias da temperatura e umidade do ar observadas através de termohigrômetro no bairro da Torre (ponto 5), entre os dias 16/04 e 18/04 de 2014.

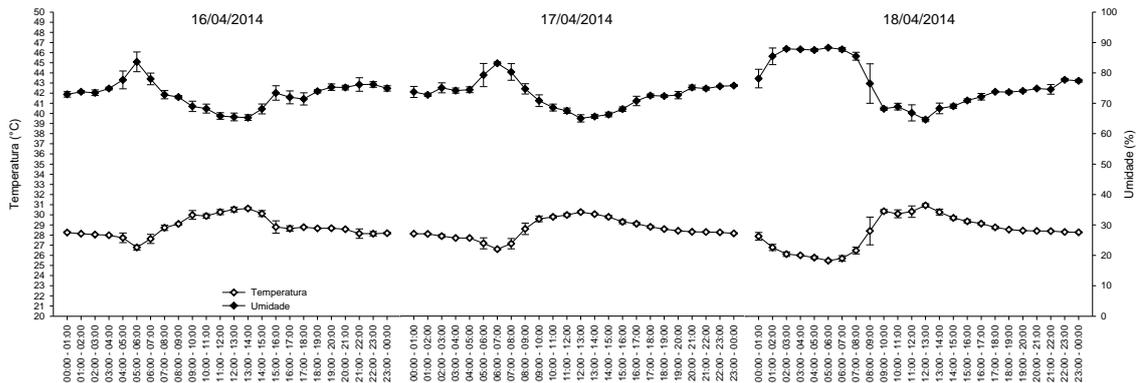
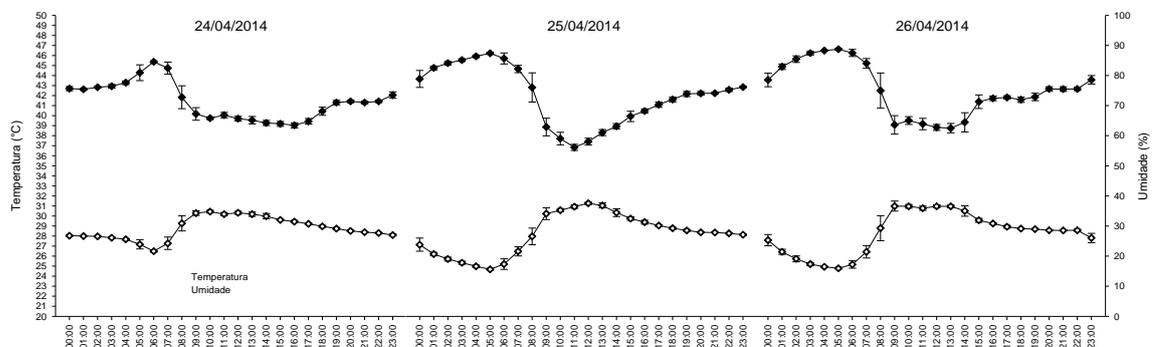


Gráfico 16. Médias horárias da temperatura e umidade do ar observadas através de termohigrômetro no bairro da Torre (ponto 5), entre os dias 24/04 e 26/04 de 2014.



3.4. Formação e intensidade das ilhas de calor

As ilhas de calor ao longo do dia podem variar de intensidade chegando, em alguns casos, a registrar maior intensidade durante a noite. Em estudo na cidade de Madrid, Gomez et al. (1993) categorizaram as ilhas de calor da seguinte forma: fraca intensidade, quando as diferenças de temperaturas entre o meio urbano e rural variam de 0 a 2°C, intensidade moderada, quando essa diferença vai de 2 a 4°C, forte intensidade, quando são registradas diferenças de 4 a 6°C e de intensidade muito forte, com diferenças superiores a 6°C.

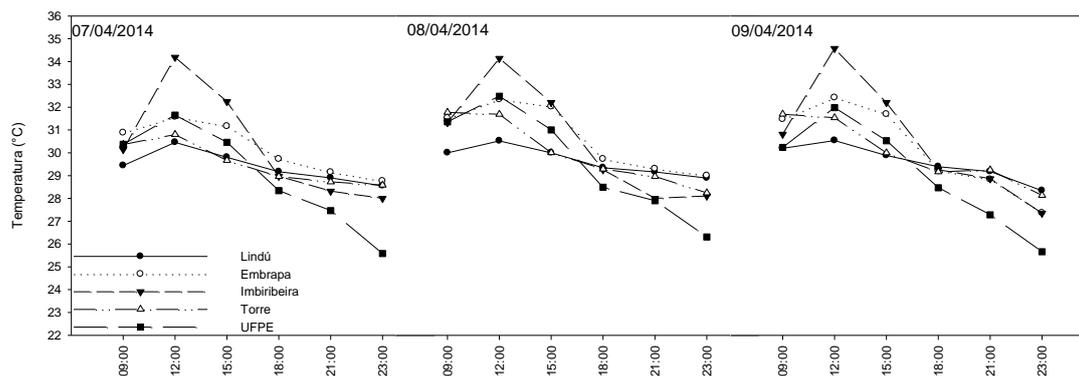
Através do gráfico 17 é possível observar a formação de ilhas térmicas noturnas de intensidade moderada (tabela 1) às 23h nos dias 07/04/2014, 08/04/2014 e 09/04/2014 no ponto 2 (Parque Dona Lindú – Boa Viagem). A configuração e a intensidade dessas ilhas de calor, localizadas na faixa imediata à linha de costa, podem estar associadas, entre outros fatores, à dinâmica da circulação dos ventos, tendo em vista que durante o período noturno o sentido de

deslocamento do ar se dá do continente para o mar, transportando o ar quente das porções centrais da cidade para a faixa costeira, a qual possui em função de sua morfologia urbana (predomínio de prédios acima de 10 andares) características que favorecem a permanência dos bolsões de ar quente.

Os valores de temperatura do ar observados no ponto 3 (Embrapa – Boa Viagem) permitiram identificar o período de formação, a intensidade e a persistência das ilhas térmicas que se desenvolveram em área encoberta pelos prédios existentes na orla de Boa Viagem. Pode-se observar neste ponto, que as ilhas de calor se formaram com maior magnitude a partir das 15h persistindo durante o período noturno e evoluindo para intensidade moderada às 23h nos dias 07/04/2014 e 08/04/2014. A área em questão encontra-se sob influência do “efeito parede” decorrente dos arranha-céus presentes na orla de Boa Viagem, aspecto que promove alterações sobre a ação das brisas marítimas, tal como relatado por Wong; Nichol; Ng (2011) em estudo desenvolvido ao longo da península kowloon – Hong Kong. Os autores constataram que o “efeito parede” provocado pelos edifícios paralelos à costa – onde os ventos atingiram velocidade média de 10,5 m/s, ao encontrar as barreiras de edifícios eram forçados a desviar-se entorno dos blocos, reduzindo a velocidade média imediatamente à sotavento para 2,5 m/s.

As ilhas de calor constituídas no ponto 4 (Imbiribeira) entre 9h e 13h persistiram nos períodos vespertinos e noturnos nos três dias observados, predominando ilhas térmicas de fraca intensidade. Às 12h e 23h do dia 07/04/2014 e às 12h do dia 09/04/2014 formaram-se ilhas térmicas de intensidade moderada (Tabela 1). Chakraborty; Kant; Mitra (2013) salientam que o elevado consumo de energia nas áreas industriais durante todas as estações do ano, incidem sobre a constante formação das ilhas de calor nessas áreas.

No bairro da Torre (ponto 5), as ilhas de calor formaram-se predominantemente a partir das 15h. As intensidades mantiveram-se fracas durante o dia e moderadas às 23h nos dias 07/04/2014 e 09/04/2014. As magnitudes das ilhas de calor noturnas chegaram a 3°C de diferença em relação às temperaturas no ponto 1 (Campus UFPE – Recife). O bairro da torre caracteriza-se por situar-se na região central da cidade, área densamente urbanizada – tem as temperaturas locais influenciadas pelas características da camada intraurbana, sobretudo porque é nas porções mais centrais da cidade que a rugosidade urbana exerce maior influência sobre as condições microclimáticas, alterando os máximos das temperaturas locais, aspecto destacado por Sequera et al. (2015) a partir de estudo desenvolvido na Califórnia.

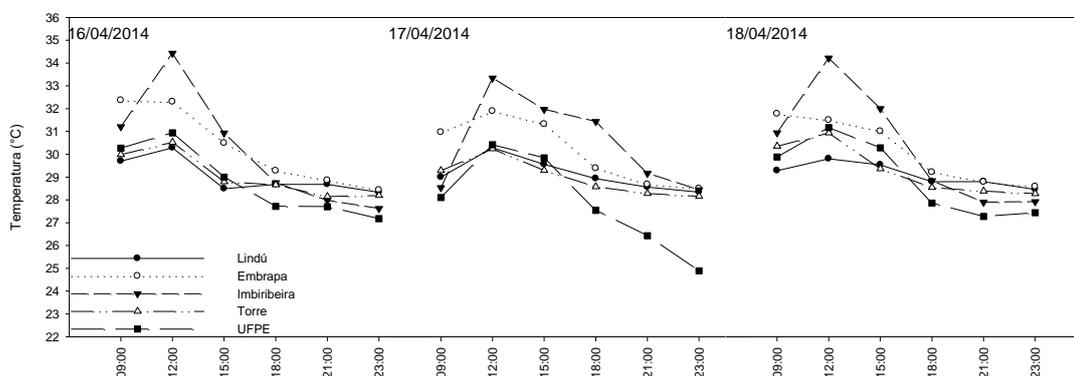
Gráfico 17. Formação das ilhas de calor entre 07 e 09 de abril de 2014 nos pontos 2, 3, 4 e 5.**Tabela 1.** Diferenças de temperatura (°C) dos pontos parque Dona Lindú – Boa Viagem, Embrapa solos – Boa Viagem, Imbiribeira e Torre em relação ao ponto UFPE entre 07/04/2014 e 09/04/2014.

Data	Hora	Lindú	Embrapa	Imbiribeira	Torre
07/04/14	09:00 - 10:00	-0,93	0,51	-0,23	-0,01
	12:00 - 13:00	-1,19	-0,08	2,54	-0,85
	15:00 - 16:00	-0,66	0,70	1,78	-0,80
	18:00 - 19:00	0,83	1,38	0,63	0,62
	21:00 - 22:00	1,44	1,69	0,86	1,26
	23:00 - 00:00	2,97	3,18	2,42	3,00
08/04/2014	09:00 - 10:00	-1,36	0,16	-0,03	0,41
	12:00 - 13:00	-1,96	-0,14	1,66	-0,80
	15:00 - 16:00	-1,00	1,02	1,20	-1,00
	18:00 - 19:00	0,85	1,23	0,77	0,79
	21:00 - 22:00	1,26	1,40	0,10	1,06
	23:00 - 00:00	2,58	2,69	1,79	1,93
09/04/2014	09:00 - 10:00	-0,04	1,23	0,57	1,45
	12:00 - 13:00	-1,44	0,44	2,59	-0,45
	15:00 - 16:00	-0,65	1,16	1,67	-0,54
	18:00 - 19:00	0,92	0,75	0,79	0,69
	21:00 - 22:00	1,90	1,55	1,58	1,96
	23:00 - 00:00	2,68	1,70	1,69	2,47

A proximidade com o Rio Capibaribe (importante rio que corta a cidade no sentido oeste-leste) favoreceram a manutenção das temperaturas em patamares inferiores aos registrados no ponto 1 (campus UFPE) durante o período matutino, aspecto relacionado aos elevados e constantes percentuais de umidade relativa do ar observados no bairro durante a manhã. Contudo, no período noturno, quando as superfícies artificiais passam a liberar a energia acumulada durante o dia, aquecendo o ar por convecção, as condições da morfologia urbana junto as atividades antropogênicas favoreceram a formação dos bolsões de ar quente, intensificando as ilhas de calor constituídas durante o dia.

A formação das ilhas de calor entre os dias 16/04 e 18/04/2014 no Parque Dona Lindú ocorreram majoritariamente a partir das 18h (gráfico 18). A maior intensidade (moderada) foi observada às 23h do dia 17/04/2014, momento em que a ilha de calor atingiu magnitude de 3.45°C (tabela 2). As ilhas térmicas identificadas nos dias em apreço acompanharam o padrão observado entre os dias 07/04/2014 e 09/04/2014 no que se refere ao horário de formação e as intensidades. No ponto Embrapa, as ilhas de calor aparecem configuradas às 9h nos três dias, com intensidade moderada nos dias 16/04/2014 e 17/04/2014. Entre 12h e 18h as ilhas de calor constituídas durante o período matutino apresentaram fraca intensidade, evoluindo para intensidade moderada às 21h em 17/04/2014.

Gráfico 18. Formação das ilhas de calor entre 16 e 18 de abril de 2014 nos pontos 2, 3, 4 e 5.



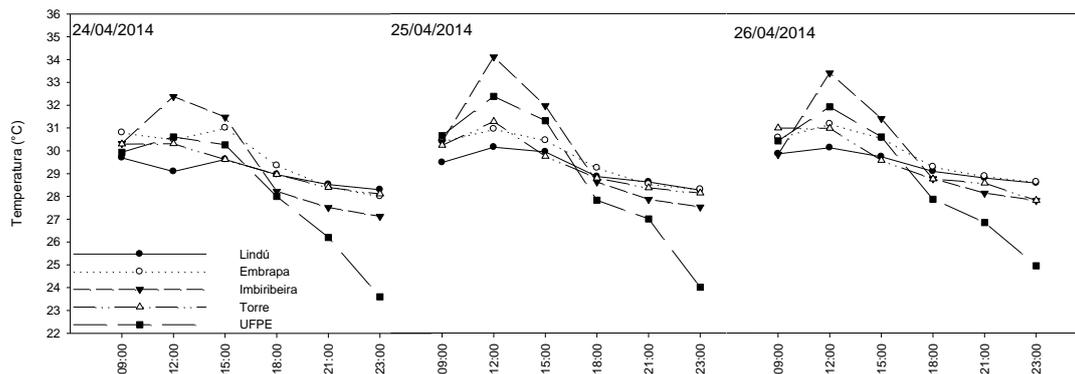
No bairro da Imbiribeira as ilhas de calor constituíram-se no período matutino, apresentando evolução de intensidade (moderada) às 12h no dia 16/04/2014 e intensidade fraca nos horários subsequentes. Já no dia 17/04/2014, às 9h a ilha de calor apresentou fraca intensidade e, nos demais horários, intensidade moderada, sendo a maior magnitude observada às 18h (3.90°C). Em 18/04/2014 observa-se a formação de uma ilha de calor durante a manhã, a qual atingiu intensidade moderada às 12h. As ilhas de calor no ponto Torre entre os dias

16/04/2014 e 18/04/2014 formaram-se predominantemente às 18h, destacando-se com maior magnitude a ilha térmica constituída em 17/04/2014 às 23h.

Tabela 2. Diferenças de temperatura (°C) dos pontos parque Dona Linú – Boa Viagem, Embrapa solos – Boa Viagem, Imbiribeira e Torre em relação ao ponto UFPE entre 16/04/2014 e 18/04/2014.

Data	Hora	Lindú	Embrapa	Imbiribeira	Torre
16/04/14	09:00 - 10:00	-0,57	2,09	0,94	-0,29
	12:00 - 13:00	-0,66	1,36	3,49	-0,42
	15:00 - 16:00	-0,51	1,49	1,93	-0,21
	18:00 - 19:00	0,96	1,55	1,03	0,94
	21:00 - 22:00	0,98	1,15	0,28	0,44
	23:00 - 00:00	1,15	1,25	0,44	1,01
17/04/2014	09:00 - 10:00	0,90	2,86	0,44	1,18
	12:00 - 13:00	-0,14	1,47	2,92	-0,18
	15:00 - 16:00	-0,28	1,48	2,13	-0,55
	18:00 - 19:00	1,39	1,84	3,90	1,03
	21:00 - 22:00	2,13	2,24	2,73	1,85
	23:00 - 00:00	3,45	3,60	3,55	3,26
18/04/2014	09:00 - 10:00	-0,60	1,89	1,06	0,47
	12:00 - 13:00	-1,37	0,32	3,05	-0,24
	15:00 - 16:00	-0,75	0,72	1,72	-0,92
	18:00 - 19:00	0,94	1,35	0,98	0,68
	21:00 - 22:00	1,53	1,51	0,63	1,11
	23:00 - 00:00	1,02	1,14	0,48	0,83

Em relação ao período de formação das ilhas de calor entre os dias 24/04/2014 e 26/04/2014 (gráfico 19) nos pontos Lindú, Embrapa e Torre, verificou-se que as ilhas térmicas tornaram-se mais evidentes a partir das 18h, enquanto no ponto 4 (Imbiribeira) a ilha de calor apresenta-se constituída a partir das 9h. As maiores magnitudes foram observadas entre os dias 24/04/2014 e 26/04/2014, especialmente nos dois primeiros dias – nos pontos Lindú, Embrapa e Torre, onde formaram-se ilhas térmicas com magnitudes superiores a 4°C às 23h (tabela 3).

Gráfico 19. Formação das ilhas de calor entre 24 e 26 de abril de 2014 nos pontos 2, 3, 4 e 5.**Tabela 3.** Diferenças de temperatura (°C) dos pontos parque Dona Linú – Boa Viagem, Embrapa solos – Boa Viagem, Imbiribeira e Torre em relação ao ponto UFPE entre 24/04/2014 e 26/04/2014.

Data	Hora	Lindú	Embrapa	Imbiribeira	Torre
24/04/14	09:00 - 10:00	-0,25	0,86	0,38	0,35
	12:00 - 13:00	-1,52	-0,11	1,77	-0,30
	15:00 - 16:00	-0,64	0,74	1,22	-0,65
	18:00 - 19:00	0,96	1,35	0,22	0,96
	21:00 - 22:00	2,32	2,24	1,31	2,19
	23:00 - 00:00	4,69	4,4	3,52	4,50
25/04/2014	09:00 - 10:00	-1,18	-0,25	-0,27	-0,43
	12:00 - 13:00	-2,23	-1,43	1,73	-1,11
	15:00 - 16:00	-1,36	-0,86	0,66	-1,56
	18:00 - 19:00	1,03	1,41	0,8	0,96
	21:00 - 22:00	1,62	1,52	0,85	1,36
	23:00 - 00:00	4,26	4,29	3,52	4,13
26/04/2014	09:00 - 10:00	-0,57	0,14	-0,6	0,56
	12:00 - 13:00	-1,79	-0,75	1,49	-0,95
	15:00 - 16:00	-0,87	-0,05	0,81	-1,03
	18:00 - 19:00	1,22	1,42	0,9	0,88
	21:00 - 22:00	1,95	2,03	1,29	1,72
	23:00 - 00:00	3,63	3,68	2,86	2,86

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade do Recife apresenta disparidades geoambientais e geourbanas que conduzem a constituição de heterogeneidades climáticas que dificultam o aprofundamento no conhecimento das especificidades do clima local.

O monitoramento por meio de termohigrômetros distribuídos de forma a contemplar essas heterogeneidades, implicaria na capacidade de compreensão particularizada do clima local na camada intraurbana. Os diferentes tipos de uso do solo individualizam ambientes que, em muitos casos, apresentam distâncias espaciais pequenas, gerando distintos microclimas. Nesse sentido, o comparativo do comportamento entre os pontos Lindú, Embrapa, Imbiribeira, Torre e UFPE, exemplificam como as características geourbanas e geoambientais influenciam no desempenho das temperaturas do ar na camada intraurbana.

Aqui são apresentadas algumas considerações acerca das condições e dos processos desencadeadores da atual configuração do clima urbano da cidade do Recife no que se refere ao comportamento das temperaturas e umidade relativa do ar em áreas de distintas morfologias urbanas. O padrão das ilhas de calor urbana de superfície e atmosférica observados, mostraram-se variáveis em termos de intensidade, porém persistentes.

Os contrastes térmicos espaciais encontrados nas ilhas de calor de superfície, assim como a elevada taxa de ocorrência, demonstraram o papel destacado das superfícies artificiais no desempenho das temperaturas da superfície e do ar. Apesar da permanência do percentual de umidade relativa do ar predominantemente acima dos 50% em todos os pontos analisados, o arrefecimento das temperaturas noturnas no ponto referência – campus UFPE Recife - Cidade Universitária foi, em geral, maior e mais rápido em relação aos demais. Isso ocorre em função das especificidades do seu entorno que possui expressivas áreas vegetadas e menor densidade de edificações.

A influência dos cânions urbanos sobre a formação das ilhas de calor e conseqüente impacto nos valores de temperatura do ar, foi observado, principalmente, no ponto Embrapa – Boa Viagem, o qual apresentou ilhas térmicas noturnas com intensidades destacadas. As maiores temperaturas do ar foram encontradas na Imbiribeira, exemplificando a importância do padrão de construção e circulação de veículos sobre os máximos de temperaturas.

Os atributos geourbanos mostraram forte influência no desenvolvimento das ilhas de calor noturnas, aspecto evidenciado pelas áreas que conservaram as temperaturas noturnas mais elevadas.

Em contrapartida, as áreas verdes mais expressivas demonstraram importância relevante para o resfriamento das temperaturas locais, pois, foram nessas áreas e em seu entorno que

foram observadas as temperaturas de superfície mais amenas. No entanto, as coberturas vegetais em espaços específicos, ligadas principalmente às UCN'S favoreceram o resfriamento das temperaturas em poucos aglomerados urbanos.

Evidencia-se assim, a necessidade de elaborar/repensar políticas públicas voltadas ao planejamento do espaço citadino em consonância com a dinâmica do clima urbano na cidade. A elaboração de instrumentos legislativos baseado em estudos pontuais, visando desenvolvimento de projetos de arborização que buscam atender as diferentes realidades microclimáticas da cidade, sobretudo nos espaços que concentram as maiores taxas de impermeabilização e adensamento construtivo podem contribuir para amenizar as temperaturas locais.

CAPÍTULO II – RELAÇÃO ENTRE A DINÂMICA DO CLIMA URBANO E A FORMAÇÃO DAS EPIDEMIAS DE DENGUE EM RECIFE - PE

1. INTRODUÇÃO

Santos (1994), afirma que a sociedade se expressa de forma cada vez mais urbana. As distâncias são facilmente anuladas pela evolução nas comunicações e no transporte, o que resulta na dispersão da população nas metrópoles. A dinâmica socioeconômica ocasiona processos de concentração populacional, originando paisagens diversificadas, resultado de uma explosão urbana sem precedentes, especialmente nos países do hemisfério sul.

Estes processos complexos do desenvolvimento, dificultam cada vez mais a manutenção da saúde a toda população, bem como a erradicação e a prevenção das doenças. As dificuldades para soluções dos problemas de saúde pública nas cidades, também se fazem porque as ações dentro de uma sociedade são heterogêneas e contínuas, se analisadas suas condições econômicas, sociais, culturais e espaciais. Dentre os problemas que os processos de urbanização podem acarretar, evidenciam-se a expansão de arboviroses como a dengue (BARRETO; TEIXEIRA, 2008).

Atualmente a dengue é a doença que tem despendido maior esforço por parte do governo através das ações de saúde pública no Brasil. A forma de combate mais eficiente a formação das epidemias consiste, em geral, no controle da população do mosquito vetor da doença (*Aedes aegypti*).

Em se tratando das relações entre o clima e a saúde, deve-se considerar a qualidade dos condicionantes socioambientais urbanos. O clima de cada cidade apresenta certo grau de variabilidade, o que pode torná-lo mais ou menos regular, principalmente quando considerados os estágios variados de organização e gestão territorial das áreas urbanas. Os principais fatores climáticos para dispersão de vetores e doenças são: temperatura, precipitação, umidade e velocidade do vento (CONSOLI, 1994).

As principais enfermidades que se associam diretamente ao clima nas cidades brasileiras são as de veiculação hídrica (ex: dengue, leptospirose), que dependem da quantidade e da forma de disposição da água no sistema urbano. Atualmente a dengue é a doença que tem despendido maior esforço por parte do governo através de campanhas de saúde pública no Brasil. Embora possa manter uma população considerável durante as estações menos chuvosas, as custas dos criadouros semipermanentes e independentes das chuvas (caixas d'água, cisternas, latões, etc.), é durante a estação chuvosa que o *Aedes aegypti* alcança níveis elevados e de importância para transmissão de patógenos (CONSOLI, 1994).

A questão climática incide diretamente no desenvolvimento e sobrevivência do vetor. Por mais que existam em determinadas áreas condições socioeconômicas que potencializem riscos da doença às populações, como intermitência do abastecimento de água, densidade populacional, densidade de edificações, entre outros, se não houver condições climáticas favoráveis, o vetor não se reproduz, tendo em vista sua dependência por temperaturas elevadas e constantes para completar o ciclo de reprodução (CONFALONIERI, 2003).

Com a rápida urbanização das cidades brasileiras, discute-se sobre o agravamento da qualidade de vida nas mesmas. Somado a isso, os problemas ligados ao clima urbano podem se agravar e, em função das mudanças climáticas globais tornarem-se mais difíceis de serem monitorados, especialmente quando se trata dos riscos e vulnerabilidades socioambientais à saúde, sobretudo porque as projeções indicam aumentos de temperaturas e mudanças na distribuição sazonal das precipitações na Região Metropolitana do Recife (RMR).

A abundância do vetor da dengue é parcialmente regulada pela precipitação, criando focos de reprodução e estimulando o desenvolvimento dos ovos, enquanto a temperatura incide sobre a reprodução e dispersão do mosquito, determinando seu desenvolvimento e taxas reprodutivas (JOHANSSON; CUMMINGS; GLASS 2009; MENDONÇA; ROSEGHINI; AQUINO 2011; OMS, 2012).

A série histórica de incidência de dengue no Brasil revela tendência de crescimento da transmissão da doença. Os primeiros mapas de vulnerabilidade divulgados pela Universidade das Nações unidas em 2014, mostram que o Brasil é o país que apresentou maior vulnerabilidade à formação de epidemias. Ainda conforme a ONU (Organização das Nações Unidas), as mudanças climáticas podem agravar a situação da dengue no mundo, especialmente nos países tropicais, onde as temperaturas são elevadas e constantes. Ademais, a gestão dos serviços de saúde assume papel fundamental ao permitir o acesso da população afetada com rapidez e qualidade, além de adotar com eficiência sistemas de prevenção (ALEIXO, 2011).

Diante do exposto, este capítulo tem como objetivo identificar/avaliar a relação entre os elementos atmosféricos e a formação de surtos e epidemias de dengue em Recife – PE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Dados climáticos

Os dados referentes aos anos de ocorrência e intensidade das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM), foram obtidos a partir do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Estas informações foram utilizadas para apontar as condições gerais da circulação de mesoescala, visto que a oscilação da TSM, influencia a distribuição espaço-temporal das precipitações e o comportamento das temperaturas no Nordeste do Brasil (NEB).

Através da Agencia Pernambucana de Águas e Climas (APAC) foi possível obter os dados pluviométricos utilizados para calcular os acumulados mensais de 2007 a 2014. Para o ano de 2015 foram utilizados os dados disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

2.2. Registro de notificações de dengue por bairros do Recife

O banco de dados contendo as informações de notificações de casos suspeitos de dengue no município do Recife, foi obtido através da Secretaria Executiva de Vigilância à Saúde (SEVS). As notificações passaram a ser compulsoriamente registradas pela SEVS a partir de 2003, tendo assim, um amplo e sólido banco de dados, contendo informações de endereço residencial, idade, sexo e etc. de cada indivíduo notificado com suspeita de dengue desde 2003 até o ano corrente. O eficiente sistema de notificações adotado no município permitiu a utilização de uma ampla série de dados atualizada.

2.3. Tabulação e elaboração dos gráficos

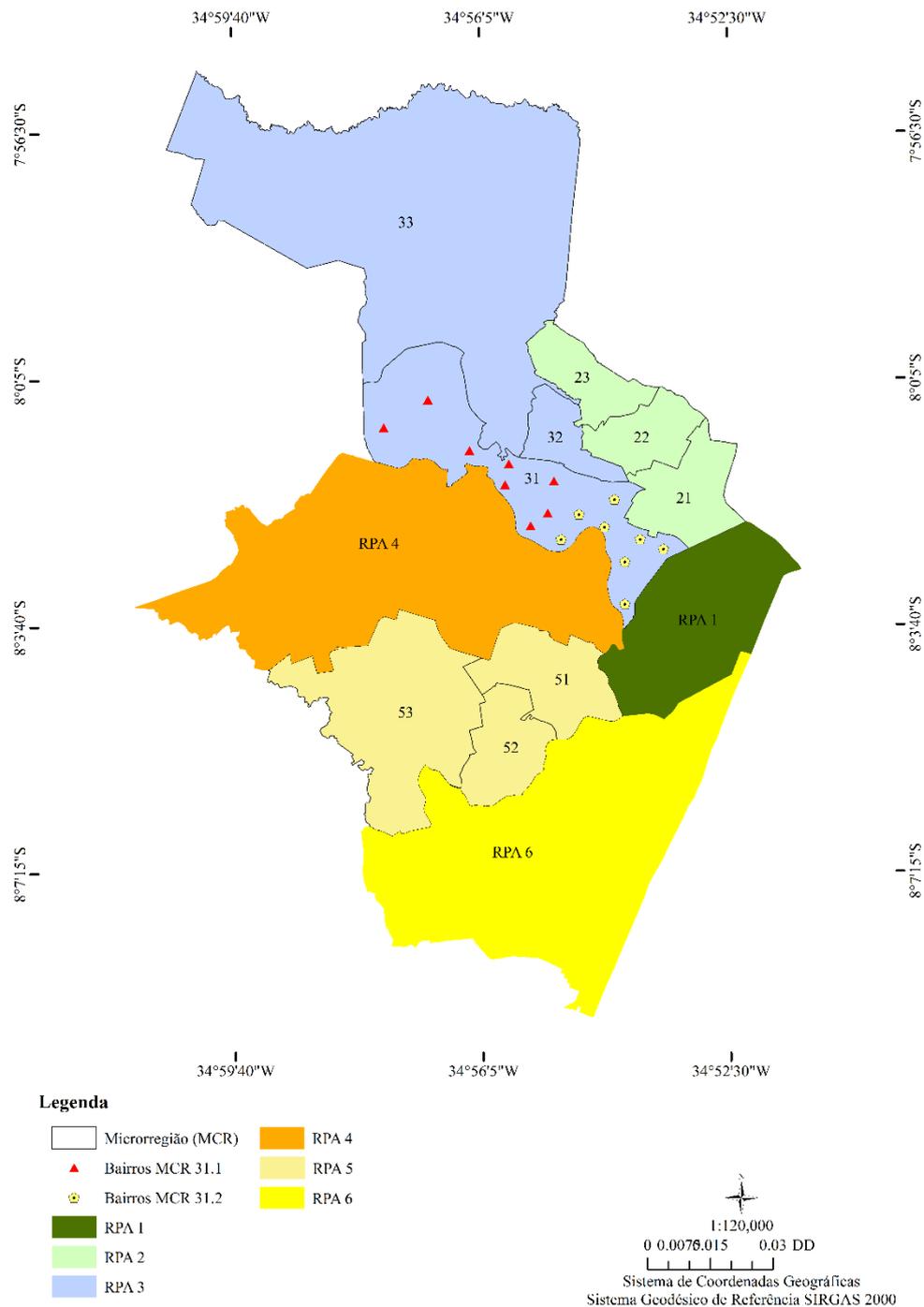
Nesta fase, os dados de precipitação e notificações de dengue foram tabulados para, então, serem elaborados os gráficos de relações entre as precipitações e notificações mensais no município entre 2007 e 2015. Em seguida, foram elaborados gráficos mensais, relacionando as precipitações com os totais notificados por mês para cada bairro da cidade nos anos epidêmicos 2010, 2012 e 2015.

Utilizou-se a divisão territorial presente na figura 21 para agrupar as informações de notificações dos bairros de cada microrregião (MCR). Essa divisão foi realizada com intuito de facilitar a representação das notificações de casos suspeitos de dengue em relação as precipitações nos gráficos.

Por possuir poucos bairros, as RPA'S 1, 4 e 6 foram representadas utilizando um gráfico para cada ano epidêmico. Em se tratando das demais (RPA 2, RPA 3 e RPA 5) fez-se necessário adotar as microrregiões como unidades territoriais. A MCR 31 que faz parte da (RPA 3) tem

elevada quantidade de bairros, sendo assim, foi necessário realizar uma divisão subjetiva, configurada da seguinte forma: MCR'S 31.1 e 31.2. Já os bairros das MCR'S 22 e 23 (RPA 2) foram agrupados em um único gráfico para cada ano, assim como as MCRs 32 e 33 (RPA 3) e 51 e 52 (RPA 5). As demais foram observadas de acordo com seu conjunto de bairros. A mesma lógica foi utilizada para calcular os percentuais notificados durante a quadra chuvosa.

Figura 21. Representação das unidades territoriais utilizadas para agrupar as notificações por cada bairro.



2.4. Tratamento estatístico para os anos epidêmicos

A correlação linear simples foi utilizada nesta pesquisa para mensurar o grau de associação entre as precipitações-notificações e temperaturas-notificações, permitindo observar o quão interdependente elas são e a força de relacionamento, indicando até que ponto os valores de uma variável estão relacionados com a outra. Com objetivo de mensurar a intensidade de relação entre as variáveis utilizou-se o índice de Correlação de Pearson, o qual caracteriza-se por ser uma medida bivariada (força) do grau de relacionamento entre duas variáveis. A correlação de Pearson é capaz de apontar e mensurar a direção e o grau da relação linear entre duas variáveis quantitativas.

Conforme Filho; Júnior (2009) duas variáveis associam-se quando guardam semelhança na distribuição de seus valores, podendo se associar a partir da distribuição das frequências ou pelo compartilhamento da variância. O modelo linear sugere que o aumento ou decréscimo de uma determinada unidade na variável x , ocasiona o mesmo impacto na variável Y . No que se refere a correlação de Pearson, esta é medida pela variância compartilhada entre duas variáveis.

O coeficiente da correlação Pearson varia de -1 a 1, indicando direção positiva ou negativa do relacionamento. O valor indica a força de relacionamento entre as variáveis. Em uma correlação perfeita (-1 ou 1), pode-se inferir que o valor de uma variável pode ser determinado pela outra, enquanto o valor 0 indica não haver correlação linear. O coeficiente de Pearson pode ser interpretado da seguinte forma: $r = 0,10$ até $0,30$ tem-se correlação fraca, enquanto $r = 0,40$ a $0,60$ (correlação moderada) e $r = 0,70$ até 1 (correlação forte).

2.5. Correlação de Pearson entre as precipitações e as notificações de dengue

As correlações entre precipitações e notificações, foram realizadas sem lag e com lag de um e dois meses nos anos epidêmicos 2010, 2012 e 2015, devido à necessidade em observar o tempo-resposta das notificações em relação às precipitações ocorridas em determinados períodos do ano.

2.6. Correlação de Pearson entre Temperaturas (máxima, mínima e média) e notificações de dengue em 2015.

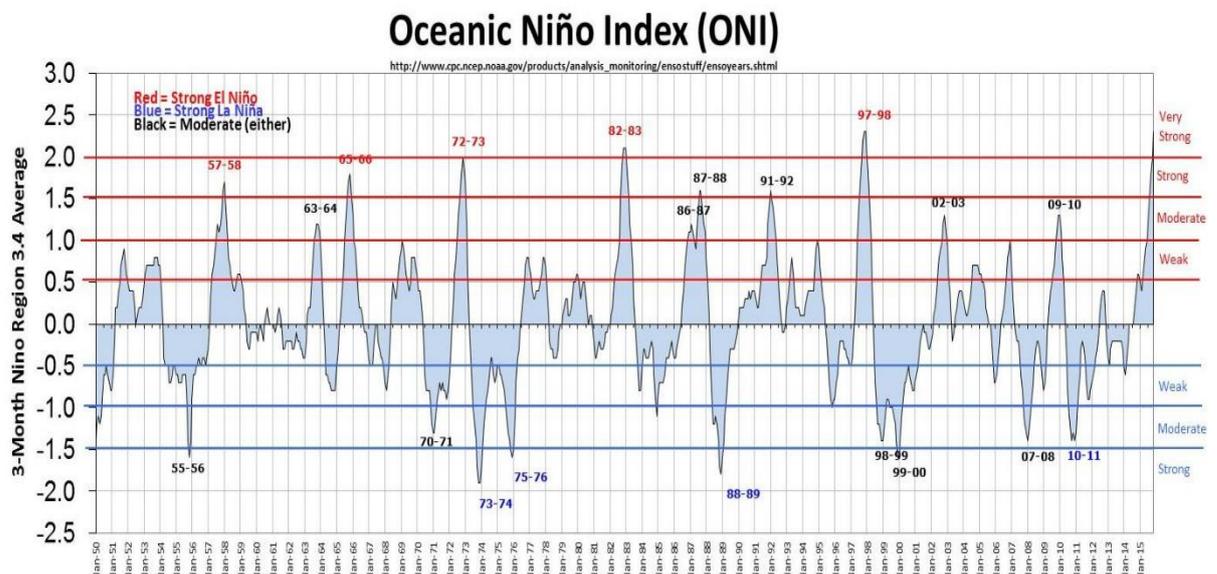
Também foram analisadas as influências das temperaturas sobre as notificações de dengue sem lag e com lag de um e dois meses durante o ano de 2015. Esta análise, apenas pôde ser realizada para o ano de 2015 devido às dificuldades em se obter dados de temperatura para os anos epidêmicos 2010 e 2012.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Correlação dos elementos atmosféricos com os surtos epidêmicos de dengue

O vetor da dengue (*Aedes aegypti*) tem nas cidades de clima tropical, sobretudo nas regiões metropolitanas, condições favoráveis à sua reprodução e dispersão. A cidade do Recife convive há anos com surtos da doença concentrados principalmente na quadra chuvosa. As epidemias observadas em 2010 e 2015, com 15.018 e 27.748 notificações de dengue respectivamente, ocorreram em anos com condições atmosféricas de mesoescala influenciadas pela atuação do fenômeno El niño de intensidade moderada no primeiro semestre de 2010 e de moderada a forte a partir da metade do primeiro semestre de 2015 (figura 22).

Figura 22. Média mensal de TSM da região de ocorrência dos fenômenos El niño e La niña.



Fonte. NOAA/EUA.

Os efeitos do fenômeno El niño sobre a região nordeste se fazem por meio das alterações regionais e locais das condições atmosféricas, ocasionando diminuição das precipitações e aumento das temperaturas. Tun-lin; Burkot; Kay (2001) afirmam a partir de estudos em laboratórios que a duração do desenvolvimento desde a eclosão dos ovos do *Aedes aegypti* até a fase adulta é inversamente relacionada à temperatura. Em estudo recente Fan et al. (2015) encontraram relação positiva entre as temperaturas e a transmissão da dengue, especialmente em temperaturas entre 22°C e 29°C. O ciclo de reprodução do *Aedes aegypti*, assim como a frequência de suas picadas e o período de incubação do vírus dependem das condições de pluviosidade, velocidade do vento e da temperatura. Em temperaturas próximas a 27°C o período de incubação fica em torno de dez dias, enquanto em temperaturas a 37°C o tempo

pode ser reduzido para sete dias (MENDONÇA; 2003). Em linhas gerais, isso aponta que fenômenos capazes de prover alterações nos padrões da atmosfera local, principalmente nos valores de temperaturas e precipitação podem propiciar a formação das epidemias de dengue.

Mendonça; Souza; Dutra (2009) destacam como exemplo da influência do El niño sobre a proliferação dos vetores de doenças como a dengue e malária as condições do tempo e clima decorrentes da ação do fenômeno no biênio 1997-1998, o qual incidiu diretamente sobre a formação das epidemias de dengue registradas na Ásia. Já o El niño de 1982-1983 atuou como fator desencadeador de epidemias de malária na Bolívia, Equador, Peru, Colômbia, Paraguai e Argentina.

Somam-se assim, em 2010 e 2015 dois importante aspectos ligados à dinâmica do tempo atmosférico para os surtos da doença – temperaturas do ar elevadas e constantes (influenciadas pelo El niño), aspecto que favorece o ciclo de reprodução do mosquito vetor da dengue (menor em função das temperaturas ideais) e a disponibilidade de água no sistema urbano acumulada de forma inadequada, principalmente na quadra chuvosa, promovendo habitats ideais para reprodução e dispersão do *Aedes aegypti*, causando aumento e concentração de notificações de casos suspeitos de dengue na quadra chuvosa.

A influência da precipitação no aumento do número de notificações de dengue é mais evidente ao observar a relação precipitação-notificações no gráfico 4 (figura 23), o qual demonstra de forma evidente o comportamento das notificações de dengue acompanhando a quadra chuvosa durante o ano de 2010, com pico no mês seguinte ao de maior precipitação. Wickramaarachchi; Perera; Jayasinghe (2016) identificaram em análise da série epidemiológica de dengue entre 2009 e 2012 no Sri Lanka, que a precipitação foi o principal condutor ao aumento no número de casos de dengue.

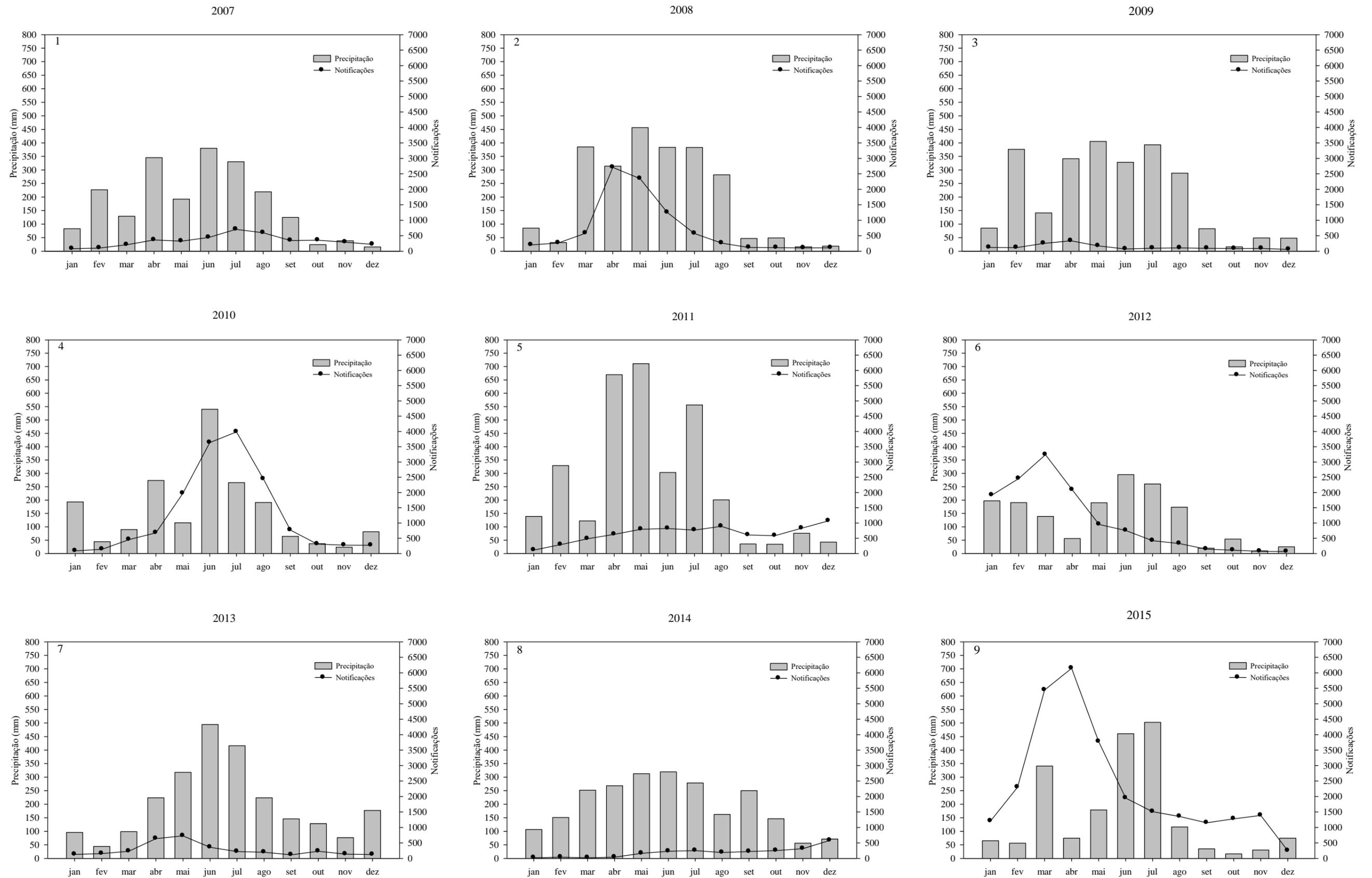
O fenômeno La niña de intensidade moderada, configurado em janeiro de 2008, perde intensidade no final do primeiro semestre, já 2012, encontra-se influenciado por La niña de fraca intensidade no início do primeiro semestre. Conforme pode ser observado nos gráficos 2 (2008) e 6 (2012), estes anos apresentaram quantidades representativas de notificações, 8.625 casos suspeitos notificados em 2008 e 12.546 em 2012. Dentre os anos mais representativos em termos de totais anuais notificados, em 2008 e 2012 foram registrados números inferiores apenas à 2010 e 2015.

Os anos de 2007 (1), 2009 (3), 2011 (5), 2013 (7) e 2014 (8) apresentaram reduzida quantidade de notificações em comparação a 2008 (2), 2010 (4), 2012 (6) e 2015 (9). No entanto, é possível observar em 2007 um leve aumento no número de notificações entre os meses de junho a agosto, assim como nos anos de 2011 com contínuo crescimento de

notificações entre março e agosto, ano em que ocorreram precipitações acima de 300 mm em fevereiro, abril, maio, junho e julho. Em 2013 as notificações têm curva de crescimento de março a maio, apesar de um regime pluviométrico mensal favorável à reprodução do *Aedes aegypti* iniciado em abril e perdurando até o mês de agosto

Dois fatores associados aos períodos chuvosos potencializam os surtos e a formação de epidemias de dengue, especialmente quando as ações para controle vetorial são pouco eficientes – a resistência dos ovos, que permanecem viáveis no ambiente por mais de 300 dias e, ao entrarem em contato com a água eclodem e evoluem ao estado de pupa em dois ou três dias, e a formação de novos criadouros, principalmente em áreas com condições precárias de saneamento básico, onde são comumente encontrados resíduos sólidos acumulados indevidamente, os quais servem ao acúmulo de água e por consequência originam novos criadouros.

Figura 23. Relação mensal entre as precipitações e as notificações de casos suspeitos de dengue entre 2007 e 2015.



A tabela 4 apresenta o total de notificações por ano e o percentual de concentração na quadra chuvosa. Em 2008, 79,73% dos casos suspeitos de dengue foram notificados entre abril e julho, seguido por 2010 com 68,35%, 2013 que apesar da baixa quantidade de notificações em relação aos anos mais representativos concentrou 59,65% das notificações na quadra chuvosa e, 2015, que apresentou situação preocupante, com 27.748 notificações de casos suspeitos, dos quais 48,22% concentraram-se na quadra chuvosa. O total de casos suspeitos notificados em 2015 foi 84,76% maior que 2010, enquanto que se comparado com 2014, em 2015 foi registrado aumento de 1095,25%.

Tabela 4. Total anual de notificações e percentual de concentração na quadra chuvosa entre 2007 e 2015.

Ano	Total anual (notificações)	Percentual quadra chuvosa
2007	4.017	45,55%
2008	8.625	79,73%
2009	1.568	42,60%
2010	15.018	68,35%
2011	7.885	38,14%
2012	12.546	33,59%
2013	3.257	59,65%
2014	2.317	29,56%
2015	27.748	48,22%

Nos gráficos expostos através da figura 24, é possível observar o comportamento das notificações de dengue por bairros na cidade do Recife em relação às precipitações mensais registradas durante os anos de 2010, 2012 e 2015, caracterizados por elevada quantidade de notificações de casos suspeitos da doença.

Os bairros da RPA 1 apresentaram mesmo em anos epidêmicos, poucas notificações de casos suspeitos quando comparados a outros bairros com maior representatividade no total de notificações do município. Em 2010 as notificações concentraram-se entre os meses de maio e agosto, já em 2012 os registros ocorreram principalmente entre janeiro e abril. Janeiro, fevereiro e março registraram acumulados mensais de precipitação superiores a 100 mm, decaindo em abril, período em que foi registrado diminuição no número de notificações. Em 2015, as

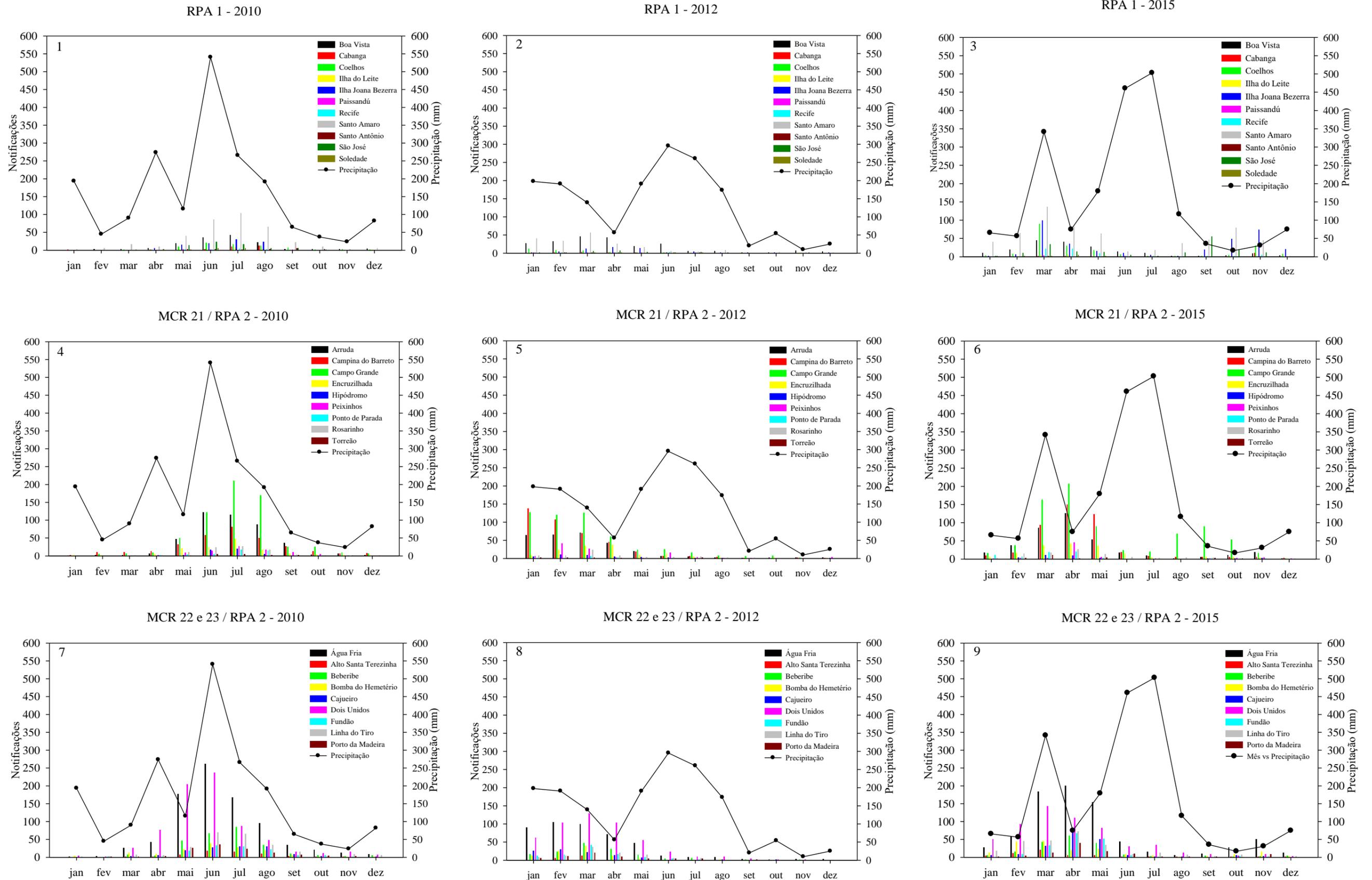
notificações concentraram-se entre fevereiro e maio; setembro e dezembro. Ressalta-se que nesta RPA o bairro de Santo Amaro destacou-se com o maior percentual de notificações, 44,96% em 2010, 34,38% em 2012 e 37,32% em 2015 (tabelas 5 a 7).

Os gráficos 1, 2 e 3 (figura 24) referem-se a RPA – 1, sendo possível observar o movimento das notificações em termos de escala temporal. Nitidamente em 2010 os casos suspeitos notificados acompanham a quadra chuvosa, enquanto em 2012 e 2015 há mudança temporal na concentração mensal das notificações. Contudo, nota-se precipitações nos meses de registro das notificações e/ou precedentes, excetuando-se o segundo semestre de 2015 que apresentou leve aumento entre setembro e outubro, especialmente nos bairros de Santo Amaro e Ilha Joana Bezerra. As variações das ocorrências de dengue dependem da interação de fatores naturais (clima) e socioeconômicos. Flauzino et al. (2009) avaliou as ocorrências espaço-temporais da dengue associando-as a heterogeneidade ambiental no meio urbano entre 1998 e 2006 em Niterói – RJ, identificando maior número de casos notificados em áreas com precárias condições de moradia.

Nos gráficos 4, 5, 6, 7, 8 e 9 (figura 24) tem-se a distribuição dos casos de dengue em relação à precipitação para os bairros que compõem a RPA – 2. Destacam-se como de maior problemática em relação à quantidade de notificações de casos suspeitos os seguintes bairros: Arruda, Campo grande e Campina do Barreto (MCR 21), Água Fria e Dois Unidos (MCR 22 e 23). Nos três anos há persistência de notificações de casos suspeitos nos bairros citados, estando relacionadas, entre outros fatores às precipitações ocorridas no primeiro semestre.

Alguns dos bairros que compõe a RPA 2 apresentaram menor problemática em relação à Campo Grande, Campina do Barreto, Arruda, Água Fria e Dois Unidos, ainda assim, demonstraram situação alarmante, com percentuais de concentração de notificações superiores a 80% no período chuvoso. O perfil temporal de ocorrências de dengue na cidade apresenta importante variação. Roseghini (2013) verificou em estudo realizado em cidades do Paraná que as epidemias de dengue ocorrem no final do período chuvoso, tendo forte relação com a temperatura na escala semanal. As notificações apesar de concentradas geralmente na quadra chuvosa do Recife, acompanham a distribuição mensal das chuvas, pois delas decorrem o aumento no número de criadouros do mosquito vetor da dengue, aspecto que somado às temperaturas constantemente elevadas, menores amplitudes térmicas e alta concentração de umidade no ar, geram condições mantenedoras de habitats favoráveis à reprodução e dispersão do *Aedes aegypti* durante todo ano, tornando assim, de mais difícil monitoramento e controle as epidemias na cidade.

Figura 24. Relação mensal entre as precipitações e as notificações de casos suspeitos de dengue em 2010, 2012 e 2015 por bairros – RPA'S 1 e 2.



Na tabela 5, é possível perceber que alguns bairros se destacaram em todas as regiões administrativas observadas, com percentuais representativos de concentração de casos suspeitos na quadra chuvosa. Toma-se como exemplo no caso dos bairros representados na tabela 5, Água Fria, localizado na MCR 23, agrupado para efeito de análise junto aos bairros da MCR 22, o qual registou em 2010, 649 notificações durante a quadra chuvosa, representando 76,35% do total anual.

Tabela 5. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2010.

MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
RPA - 1	Boa Vista	17,19%	102	72,85%
	Cabanga	3,19%	13	50%
	Coelhos	8,84%	48	66,66%
	Ilha do Leite	1,59%	10	76,92%
	Ilha Joana Bezerra	11,30%	69	75%
	Paissandú	0,49%	3	75%
	Recife	0,98%	6	75%
	Santo Amaro	44,96%	236	64,48%
	Santo Antônio	1,71%	5	35,71%
	São José	7,98%	53	81,53%
	Soledade	1,71%	13	92,85%
MCR 21 / RPA 2	Arruda	24,09%	293	66,89%
	Campina do Barreto	17,21%	185	59,10%
	Campo Grande	35,31%	391	60,90%
	Encruzilhada	7,59%	98	71,01%
	Hipódromo	2,58%	40	85,10%
	Peixinhos	4,84%	53	60,22%
	Ponto de Parada	2,42%	29	65,90%
	Rosarinho	4,89%	64	71,91%
	Torreão	1,04%	11	57,89%
MCR 22 e 23 / RPA 2	Água Fria	31,90%	649	76,35%
	Alto Santa Terezinha	2,29%	42	68,85%
	Beberibe	10,06%	202	75,37%
	Bomba do Hemetério	5,25%	96	68,57%
	Cajueiro	4,77%	82	64,56%
	Dois Unidos	27,49%	604	82,51%
	Fundão	4,50%	83	69,16%
	Linha do Tiro	9,31%	169	68,14%
	Porto da Madeira	4,35%	88	75,86%

Ao observar a tabela 6 percebe-se que a situação da dengue nas RPA'S 1 e 2 em relação a 2010, apresentou situação de menor gravidade. No entanto, os bairros mais afetados na epidemia de 2010 seguiram em 2012 sendo os que necessitavam de maior atenção das ações preventivas e de controle de epidemias. Essa situação tem associação com uma série de indicadores socioeconômicos inadequados, o que torna esses bairros mais suscetíveis as influencias das precipitações na transmissão da dengue.

Tabela 6. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2012.

MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
RPA - 1	Boa Vista	38,24%	93	42,66%
	Cabanga	1,40%	3	37,50%
	Coelhos	6,14%	7	20%
	Ilha do Leite	0,87%	2	40%
	Ilha Joana Bezerra	10,17%	36	62,06%
	Paissandú	1,05%	3	50%
	Recife	1,22%	5	71,42%
	Santo Amaro	34,38%	50	25,51%
	Santo Antônio	0,87%	2	40%
	São José	4,73%	14	51,85%
	Soledade	0,87%	3	60%
MCR 21 / RPA 2	Arruda	18,15%	74	25,78%
	Campina do Barreto	25,36%	78	19,45%
	Campo Grande	33,08%	125	23,90%
	Encruzilhada	8,72%	65	47,10%
	Hipódromo	2,46%	12	30,76%
	Peixinhos	6,57%	24	23,07%
	Ponto de Parada	0,69%	3	27,27%
	Rosarinho	4,17%	21	31,81%
	Torreão	0,75%	3	25%
MCR 21 E 22 / RPA 2	Água Fria	28,33%	141	30,98%
	Alto Santa Terezinha	1,36%	3	13,63%
	Beberibe	9,27%	56	37,58%
	Bomba do Hemetério	5,97%	16	16,66%
	Cajueiro	6,66%	23	21,49%
	Dois Unidos	31,44%	192	38,01%
	Fundão	6,41%	32	31,06%
	Linha do Tiro	6,60%	48	45,28%
	Porto da Madeira	3,92%	22	34,92%

Em 2015 ocorreu considerável majoração no número de notificações registradas na RPA – 2 (tabela 7). Os maiores percentuais por MCR foram encontrados na quadra chuvosa, destacando-se na MCR 21, Campo Grande (340 casos suspeitos notificados), Campina do Barreto (298) e Arruda (205), representando respectivamente 43,31%, 67,11%, e 53,52% do total anual. Nas MCR'S 22 e 23, os percentuais de concentração de notificações na quadra chuvosa nos três bairros com o maior número de casos notificados foram Água Fria, com 52,47%, Dois Unidos (44,23%) e Cajueiro com 70,49%.

Tabela 7. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2015.

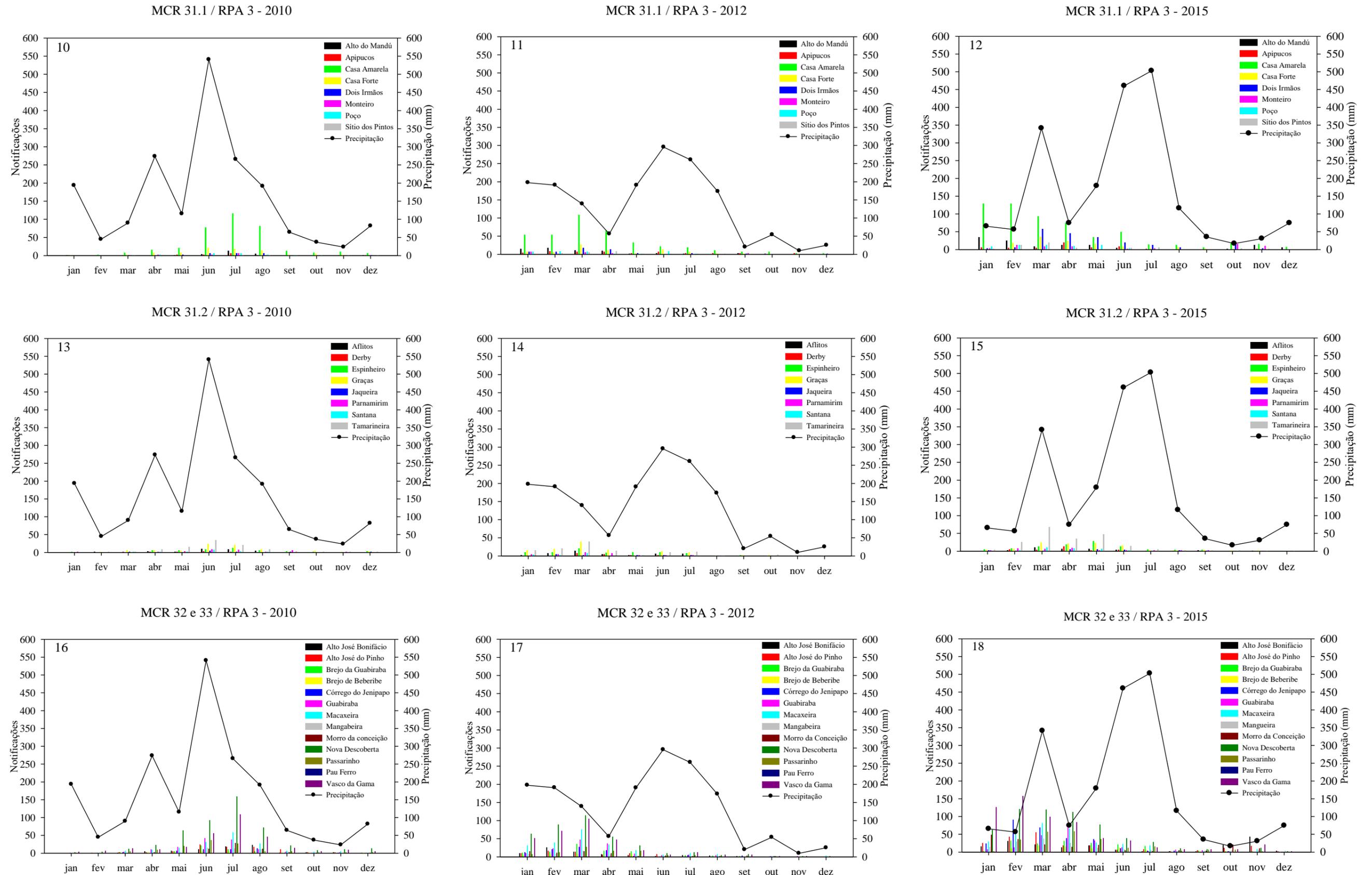
MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
RPA -1	Boa vista	11,26%	94	49,21%
	Cabanga	1,12%	5	26,31%
	Coelhos	12,38%	59	28,09%
	Ilha do leite	0,82%	5	35,71%
	Ilha joana bezerra	20,10%	68	19,94%
	Paissandu	0,58%	5	50%
	Recife	4,30%	36	49,31%
	Santo amaro	37,32%	178	28,12%
	Santo Antônio	0,23%	1	25%
	São José	10,79%	36	19,67%
	Soledade	1,06%	9	50%
MCR 21 /RPA 2	Arruda	18,64%	205	53,52%
	Campina do Barreto	21,61%	298	67,11%
	Campo grande	38,21%	340	43,31%
	Encruzilhada	8,47%	98	56,32%
	Hipódromo	1,50%	12	38,70%
	Peixinhos	3,16%	52	80%
	Ponto de parada	2,92%	22	36,66%
	Rosarinho	4,47%	47	51,08%
	Torreão	0,97%	5	25%
MCR 22 e 23 / RPA 2	Água fria	31,43%	414	52,47%
	Alto Sta. Terezinha	2,23%	16	28,57%
	Beberibe	7,37%	109	58,91%
	Bomba do Hemetério	7,45%	55	29,41%
	Cajueiro	7,29%	129	70,49%
	Dois unidos	23,14%	257	44,23%
	Fundão	6,85%	126	73,25%
	Linha do tiro	10,31%	127	49,03%
	Porto da madeira	3,90%	68	69,38%

Na figura 25 observa-se a evolução mensal das notificações de casos suspeitos de dengue em relação às precipitações nos bairros da RPA – 3 durante três anos epidêmicos: 2010, 2012 e 2015. Verificou-se que do total notificado em 2010 na MCR 31.1, Casa Amarela concentrou 66,36% dos casos (tabela 8), sendo 232 (63,91%) na quadra chuvosa, enquanto em 2012, no mesmo período o percentual foi de 35,95%, representado 137 notificações do total anual (tabela 9). Ressalta-se que o aumento no número de notificações nos quatro primeiros meses foi influenciado pelas precipitações ocorridas entre janeiro e março. Em 2015 evidencia-se menor relação entre as precipitações e o aumento no número de notificações concentradas no primeiro semestre, período de baixos índices pluviométricos mensais, com exceção do mês de março, o qual registrou acumulado superior a 400 mm. Tal situação pode ser explicada pela inserção de novos tipos virais transmitidos pelo *Aedes aegypti*, especialmente o *Zika vírus*, inicialmente classificado como uma variação menos agressiva do dengue, devido à semelhança dos quadros clínicos observados nos pacientes.

Aflitos, Derby, Espinheiro, Graças, Jaqueira, Parnamirim, Santana e Tamarineira (MCR 31.2) localizam-se na parte central da cidade. À exceção do bairro Derby, caracterizado pela elevada concentração de estabelecimentos voltados ao comércio e prestação de serviços, os demais são predominantemente de uso residencial, verticalizados e concentram parcela representativa da população mais abastada. Tem-se nesses bairros, nos três anos epidêmicos, poucas notificações, indicando serem menos suscetíveis aos surtos da doença, seja pelo melhor acesso aos serviços básicos ou pela verticalização, fator limitante à ação do *Aedes aegypti*. Em 2010, 31,18% das notificações da MCR 31.2 ocorreram no bairro da Tamarineira, enquanto em 2015 este percentual foi de 36,08% (tabela 10). A quadra chuvosa foi o período que reuniu nos dois anos a maior parte das notificações, 79 em 2010 e 102 em 2015, equivalendo respectivamente a 81,44% e 48,57% do total anual, enquanto os demais registraram quantidade inferior a 70 notificações, porém, a maior parte delas na quadra chuvosa.

Dentre os bairros das MCRS 32 e 33 destacaram-se em relação a quantidade notificada na quadra chuvosa de 2010, Nova Descoberta com 339 casos, seguido por Vasco da Gama, 192 e Guabiraba 109. Os percentuais entre abril e julho nos bairros mantiveram-se acima de 57% (tabela 8), especialmente na Guabiraba (82,57%). Em 2012, as notificações registradas coincidiram com as primeiras maiores chuvas do ano (gráfico 17) ocorridas entre janeiro e março com total acumulado mensal superior a 100 mm. Destacaram-se com maior quantidade de casos na quadra chuvosa Nova Descoberta (109) e Vasco da Gama (83), no entanto, o maior percentual concentrado no período chuvoso foi observado no bairro Passarinho, com 45,83%, percentual equivalente a 44 casos.

Figura 25. Relação mensal entre as precipitações e as notificações de casos suspeitos dengue em 2010, 2012 e 2015 por bairros – RPA 3.



A tabela 8 apresenta a situação dos surtos de dengue dentro do período chuvoso de 2010 na RPA 3, demonstrando quantitativamente a representatividade percentual por bairro no período. A predominância de casos notificados dentro da quadra chuvosa em 2010 é nitidamente observada através do percentual de casos concentrados no período, com praticamente todos os bairros pertencentes a esta RPA apresentando percentuais superiores a 60% do total notificado durante o ano.

Tabela 8. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2010.

MCR / RPA	Bairros	Percentual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
MCR 31.1 / RPA - 3	Alto do Mandú	4,75%	19	73,07%
	Apipucos	2,92%	11	68,75%
	Casa Amarela	66,36%	232	63,91%
	Casa Forte	15,17%	56	67,46%
	Dois Irmãos	4,20%	15	65,21%
	Monteiro	1,82%	10	100%
	Poço	3,83%	14	66,66%
	Sítio dos Pintos	0,91%	1	20%
MCR 31.2 / RPA - 3	Aflitos	9,32%	24	82,75
	Derby	2,89%	7	77,77%
	Espinheiro	14,79%	32	69,56%
	Graças	25,08%	53	67,94%
	Jaqueira	2,89%	6	66,66%
	Parnamirim	9,00%	20	71,42%
	Santana	4,82%	12	80%
	Tamarineira	31,18%	79	81,44%
MCR 32 e 33 / RPA - 3	Alto José Bonifácio	4,65%	43	58,10%
	Alto José do Pinho	5,53%	50	56,81%
	Brejo da Guabiraba	3,01%	37	77,08%
	Brejo de Beberibe	1,50%	17	70,83%
	Córrego do Jenipapo	2,95%	29	61,70%
	Guabiraba	8,29%	109	82,57%
	Macaxeira	10,62%	115	68,04%
	Mangabeira	3,20%	33	64,70%
	Morro da Conceição	3,70%	43	72,88%
	Nova Descoberta	30,29	339	70,33%
	Passarinho	7,54	93	77,50%
	Pau Ferro	0%	0	0%
	Vasco da Gama	18,66%	192	64,64%

O ano de 2012 foi o que apresentou os menores percentuais de casos notificados na quadra chuvosa (tabela 9). Na MCR 31.1, Casa Amarela, Casa Forte, Dois Irmãos, Poço e Sítio dos Pintos têm os maiores percentuais de casos notificados no período chuvoso, enquanto na MCR 31.2, Aflitos, Derby, Espinheiro e Parnamirim apresentaram os maiores percentuais. As MCR'S 32 e 33 têm nos bairros Passarinho, Guabiraba e Alto José do Pinho os maiores percentuais concentrados na quadra chuvosa.

Tabela 9. Percentual de notificações encontradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2012.

MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual Quadra chuvosa
MCR 31.1 / RPA 3	Alto do Mandú	8,86%	14	23,33%
	Apipucos	6,35%	17	39,53%
	Casa Amarela	56,27%	137	35,95%
	Casa Forte	10,78%	32	43,83%
	Dois Irmãos	7,53%	20	39,21%
	Monteiro	2,51%	3	17,64%
	Poço	4,72%	11	34,37%
	Sítio dos Pintos	2,95%	11	55%
MCR 31.2 / RPA 3	Aflitos	10,36%	20	41,66%
	Derby	3,45%	9	56,25%
	Espinheiro	18,57%	38	44,18%
	Graças	26,34%	41	33,60%
	Jaqueira	3,88%	7	38,88%
	Parnamirim	7,99%	15	40,54%
	Santana	3,88%	2	11,11%
	Tamarineira	25,48%	38	32,20%
MCR 32 e 33 / RPA 3	Alto José Bonifácio	4,50%	19	25,33%
	Alto José do Pinho	3,96%	24	36,36%
	Brejo da Guabiraba	6,19%	37	35,92%
	Brejo de Beberibe	1,56%	7	26,92%
	Córrego do Jenipapo	5,41%	25	27,77%
	Guabiraba	8,77%	57	39,04%
	Macaxeira	13,77%	68	29,69%
	Mangabeira	2,70%	11	24,44%
	Morro da Conceição	4,02%	17	25,37%
	Nova Descoberta	23,69%	109	27,66%
	Passarinho	5,77%	44	45,83%
	Pau Ferro	0%	0	0%
	Vasco da Gama	19,60%	83	25,46%

No ano de 2015, os bairros da RPA 3 com situação mais preocupante foram Casa Amarela, Dois Irmãos, Tamarineira, Guabiraba, Macaxeira, Nova Descoberta, Passarinho e Vasco da Gama (tabela 10), dentre estes, apenas Casa Amarela e Vasco da Gama apresentaram percentuais de notificações na quadra chuvosa abaixo de 30%. Os percentuais elevados no período chuvoso apontam para uma realidade preocupante no que se refere a influência das chuvas sobre os surtos de dengue, principalmente no primeiro semestre do ano.

Tabela 10. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa de 2015.

MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
31.1 / RPA 3	Alto do Mandú	9,38%	29	24,57%
	Apipucos	4,13%	36	69,23%
	Casa Amarela	46,22%	172	29,60%
	Casa Forte	9,22%	51	43,96%
	Dois Irmãos	16,30%	113	55,12%
	Monteiro	5,40%	15	22,05%
	Poço	5,17%	27	41,53%
	Sítio dos pintos	4,13%	14	26,92%
31.2 / RPA 3	Aflitos	5,84%	18	52,94%
	Derby	5,32%	21	67,74%
	Espinheiro	17,86%	67	64,42%
	Graças	18,72%	64	58,71%
	Jaqueira	3,95%	14	60,86%
	Parnamirim	6,87%	18	45%
	Santana	5,32%	18	58,06%
Tamarineira	36,08%	102	48,57%	
MCR 32 e 33 / RPA 3	Alto José Bonifácio	5,63%	41	22,52%
	Alto José do Pinho	6,72%	52	23,96%
	Brejo da Guabiraba	5,01%	95	58,64%
	Brejo de Beberibe	2,60%	46	54,76%
	Córrego do Jenipapo	8,76%	90	31,80%
	Guabiraba	6,25%	118	58,41%
	Macaxeira	9,81%	135	42,58%
	Mangabeira	4,83%	51	32,69%
	Morro da Conceição	5,94%	43	22,39%
	Nova Descoberta	18,45%	258	43,28%
	Passarinho	7,33%	122	51,47%
	Pau Ferro	0%	0	0%
Vasco da Gama	18,61%	170	28,28%	

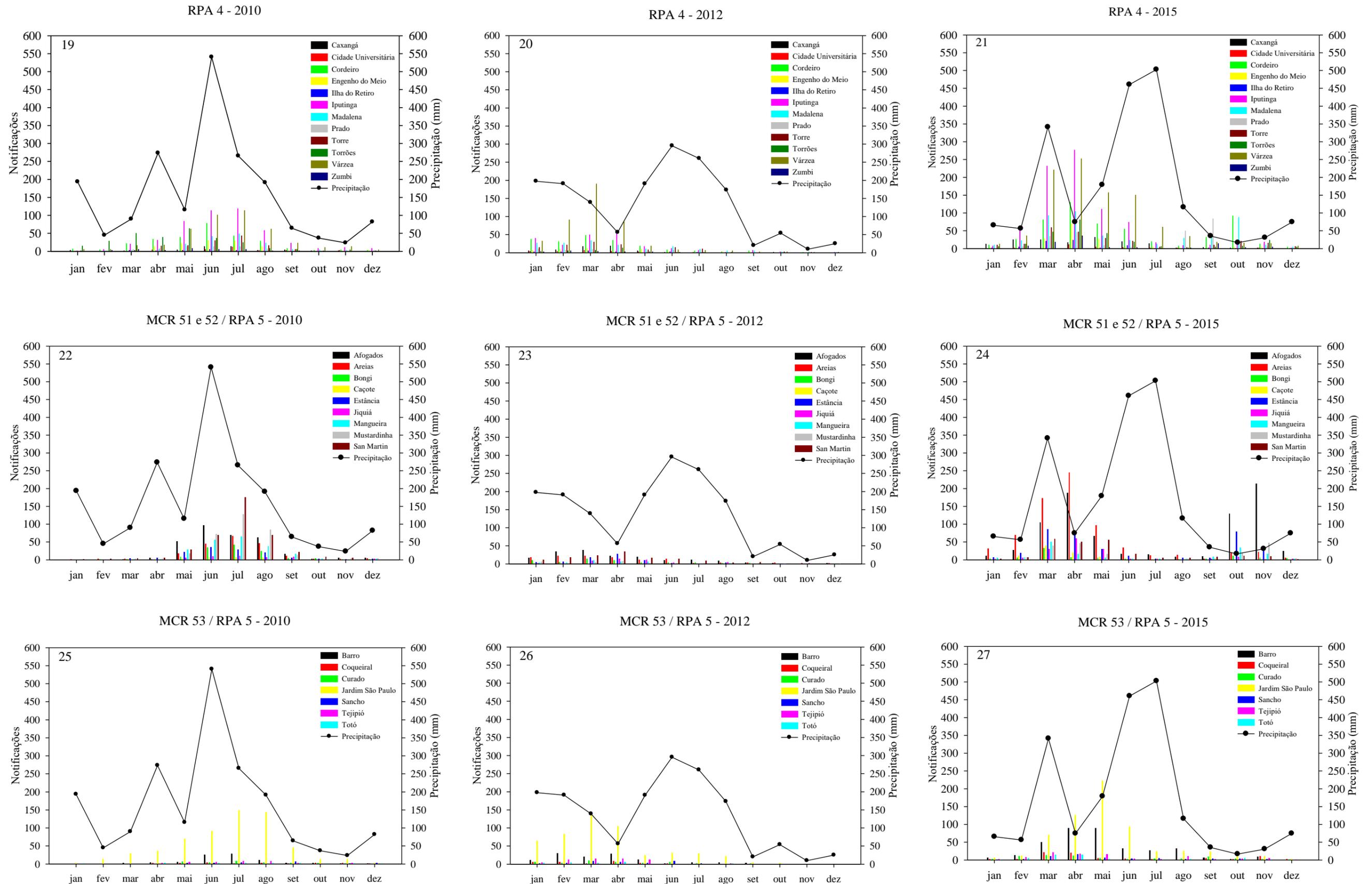
Através da figura 26 é possível observar os gráficos da relação entre as precipitações e notificações durante os anos epidêmicos 2010, 2012 e 2015 nas RPA'S 4 (gráficos 19 a 21) e 5 (gráficos 22 a 27). Em 2010 e 2015 os bairros Várzea e Iputinga (RPA 4) concentraram a maior quantidade das notificações. Na quadra chuvosa de 2010 foram registrados na Várzea 294 casos suspeitos de dengue, quantidade equivalente a 67,58% (tabela 11) dos casos notificados no ano. Já em 2015, 63,01% dos casos notificados ocorreram dentro da quadra chuvosa, percentual que representa 622 casos. A Iputinga em 2010 registrou 348 notificações na quadra chuvosa (71,45% do total anual), enquanto em 2015, 482 casos notificados ocorreram no mesmo período, equivalendo em valores percentuais a 58,14% do total anual.

Na RPA 5, os bairros de situação mais preocupante nos anos epidêmicos são San Martin, Mustardinha, Afogados, Areias e Jardim São Paulo (tabela 12). Na quadra chuvosa de 2010 os percentuais nestes bairros mantiveram-se acima de 50%, contudo, San Martin e Afogados chegaram a registrar 70% das notificações nesse período. Em 2012, apenas Jardim São Paulo apresentou quantidade de notificação superior a 50 casos nos quatro primeiros meses. Em 2015, conforme apresentado na tabela 13, dois bairros destacaram-se como de maior problemática – Jardim São Paulo, com 73,38% (466 notificações na quadra chuvosa) e Barro, com 66,11% (238 casos notificados na quadra chuvosa).

A gravidade dos surtos de dengue nos três anos esteve relacionada com as ocorrências de chuvas, tendo prevalência de casos nos seis primeiros meses, período em que ocorre a atuação dos principais sistemas atmosféricos responsáveis pela ocorrência dos maiores totais pluviométricos registrados na região. As chuvas observadas nos três primeiros meses do ano resultam em geral da ação dos Vórtice Ciclônicos de Altos Níveis (VCANS), enquanto a quadra chuvosa é marcada pela chegada de umidade ao continente transportada pelos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), sistema de mesoescala que caracteriza o período chuvoso na região (outono/inverno).

Há principalmente em Jardim São Paulo, evidente coerência na dinâmica chuva-notificações. Em 2010, a evolução mensal das notificações no bairro, demonstram relação com o total precipitado no mês anterior aos registros das notificações, relação que se repete em 2012, quando o crescimento mensal no número de casos notificados acompanha as chuvas, com pico em março após três meses chuvosos (janeiro, fevereiro e março). Em 2015 observa-se entre janeiro e fevereiro chuvas com total acumulado mensal pouco acima de 50 mm, já em abril o total acumulado foi superior a 300 mm, tendo a partir de então, crescimento no número de notificações nos dois meses seguintes. No segundo semestre dos três anos, observa-se redução considerável no registro de notificações no bairro.

Figura 26. Relação mensal entre as precipitações e as notificações de casos suspeitos de dengue em 2010, 2012 e 2015 por bairros – RPA'S 4 e 5.



Na RPA 4, em 2010, os bairros que concentraram o maior número de notificações foram Iputinga e Várzea (tabela 11) com 23,24% e 20,76% do total registrado no ano. Na Várzea 67,58% das notificações concentraram-se na quadra chuvosa, enquanto na Iputinga o percentual foi de 71,45%. Os bairros San Martin e Jardim São Paulo destacaram-se na RPA 5 com 22,12% e 75,52%, sendo respectivamente 71,20% e 56,74% dos casos notificados na quadra chuvosa.

Tabela 11. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2010.

MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
RPA 4	Caxangá	2,29%	31	64,58%
	Cidade Universitária	1,62%	23	67,64%
	Cordeiro	13,12%	196	71,27%
	Engenho do Meio	5,72	94	78,33%
	Ilha do Retiro	0,81%	14	82,35%
	Iputinga	23,24%	348	71,45%
	Madalena	7,54%	117	74,05%
	Prado	3,38%	48	67,60%
	Torre	6,39%	105	78,35%
	Torrões	13,31%	166	59,49%
	Várzea	20,76%	294	67,58%
	Zumbi	1,76%	22	59,45%
MCR 51 e 52 / RPA 5	Afogados	18,03%	224	70,66%
	Areias	11,43%	129	64,17%
	Bongi	6,88%	84	69,42%
	Caçote	1,30%	16	69,56%
	Estância	7,16%	90	71,42%
	Jiquiá	2,44%	26	60,46%
	Mangueira	11,94%	150	71,42%
	Mustardinha	18,65%	220	67,07%
	San Martin	22,12%	277	71,20%
MCR 53 / RPA 5	Barro	10,18%	62	75,60%
	Coqueiral	2,23%	10	55,55%
	Curado	3,47%	19	67,85%
	Jardim São Paulo	75,52%	345	56,74%
	Sancho	2,48%	10	50%
	Tejipió	4,09%	21	63,63%
	Totó	1,98%	8	50%

O percentual de notificações na quadra chuvosa de 2012 (tabela 12) manteve-se, em geral, inferior aos observados em 2010, com valores superiores a 50% nos seguintes bairros: Torrões (RPA 4), Estância (RPA 5), Jiquiá (RPA 5), San Martin (RPA 5) e Sancho (RPA 5). O bairro da Várzea concentrou no ano 32,57% das notificações da RPA 4, enquanto as notificações registradas em San Martin representam 19,91% do total registrado nas MCR'S 51 e 52. Na MCR 53 Jardim São Paulo foi responsável por 62,93% das notificações durante o ano.

Tabela 12. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2012.

MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
RPA 4	Caxangá	4,13%	25	44,64%
	Cidade Universitária	1,55%	7	33,33%
	Cordeiro	14,03%	65	34,21%
	Engenho do Meio	3,24%	15	34,09%
	Ilha do Retiro	1,18%	5	31,25%
	Iputinga	15,73%	91	42,72%
	Madalena	11,74%	58	36,47%
	Prado	2,80%	12	31,57%
	Torre	9,23%	56	44,80%
	Torrões	2,51%	18	52,94%
	Várzea	32,57%	118	26,75%
	Zumbi	1,25%	6	35,29%
MCR 51 e 52 / RPA 5	Afogados	24,43%	65	37,57%
	Areias	18,36%	49	37,69%
	Bongi	8,19%	23	39,65%
	Caçote	0,98%	3	42,85%
	Estância	11,01%	43	55,12%
	Jiquiá	7,20%	31	60,78%
	Mangueira	4,94%	12	34,28%
	Mustardinha	4,94%	16	45,71%
	San Martin	19,91%	75	53,19%
MCR 53 / RPA 5	Barro	14,65%	48	40,33%
	Coqueiral	3,57%	14	48,27%
	Curado	4,67%	17	44,73%
	Jardim São Paulo	62,93%	192	37,57%
	Sancho	4,18%	19	55,88%
	Tejipió	7,88%	29	45,31%
	Totó	2,09%	5	29,41%

Na epidemia de 2015, Várzea e Iputinga permaneceram com os maiores percentuais de notificações na RPA 4 (tabela 13), 23,89% no primeiro e 20,07% no segundo. Na RPA 5 Jardim São Paulo voltou a apresentar números preocupantes, com 46,93% dos casos notificados na MCR 53. Nas MCR'S 51 e 52 Areias registrou 53,59% das notificações na quadra chuvosa e Afogados, 35,06%. A epidemia apresentou proporções importantes nas duas RPAs, somadas as notificações, tem-se 8243, destas 3149 (38,20%) concentraram-se em 4 meses (quadra chuvosa).

Tabela 13. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2015.

MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
RPA 4	Caxangá	3,92%	86	53,08%
	Cidade Universitária	0,75%	24	77,41%
	Cordeiro	13,24%	277	50,63%
	Engenho do Meio	3,82%	109	68,98%
	Ilha do retiro	1,71%	37	52,11%
	Iputinga	20,07%	482	58,14%
	Madalena	11,38%	178	37,87%
	Prado	6,34%	63	24,04%
	Torre	6,02%	106	42,57%
	Torrões	6,39%	151	57,19%
	Várzea	23,89%	622	63,01%
Zumbi	2,42%	46	46%	
MCR 51 e 52 / RPA 5	Afogados	29,34%	284	35,06%
	Areias	26,23%	388	53,59%
	Bongi	2,86%	15	18,98%
	Caçote	2,97%	31	37,80%
	Estancia	12,78%	121	34,27%
	Jiquiá	5,21%	94	65,27%
	Mangueira	5,50%	27	17,76%
	Mustardinha	6,77%	64	34,22%
	San Martin	8,29%	126	55,02%
MCR 53 / RPA 5	Barro	26,60%	238	66,11%
	Coqueiral	5,83%	31	39,24%
	Curado	5,39%	25	34,24%
	Jardim São Paulo	46,93%	466	73,38%
	Sancho	4,43%	32	53,33%
	Tejipió	6,94%	40	42,55%
	Totó	3,84%	20	38,46%

A figura 27 apresenta as notificações e precipitações mensais da RPA 6 durante os anos de 2010, 2012 e 2015. Trata-se da RPA que apresenta maior gravidade no que se refere a situação da dengue. O padrão de distribuição mensal das notificações por bairros demonstra estreita ligação com o comportamento das precipitações. Cohab e Ibura são os bairros mais suscetíveis aos surtos da doença em períodos chuvosos. Em 2010 todos os bairros que compõe esta RPA apresentaram percentuais de notificações superior a 60% dentro da quadra chuvosa (tabela 14). Em 2012 o maior percentual nesse período foi registrado no Ipsep (55,72%) (tabela 15), nos demais bairros os percentuais foram inferiores a 50%. Verifica-se em 2015 aumento significativo no número de notificações de casos suspeitos na quadra chuvosa (tabela 16), só na Cohab foram 1480 casos suspeitos notificados, o que representa 51,44% do total notificado durante o ano. No mesmo período, Ibura registrou 972 casos (57,82% do total anual), enquanto Boa Viagem notificou 611 casos (66,63% do total anual).

No gráfico 28 (figura 27) é possível observar o aumento contínuo do número de notificações a partir de abril de 2010, registrando pico em junho quando o total por mês passa a apresentar redução. No segundo semestre de 2012 (gráfico 29) tem-se situação mais controlada, sobretudo a partir de setembro, quando os totais mensais notificados permanecem abaixo de 50 em todos os bairros. Dois fatores podem ter contribuído para a menor quantidade de notificações no segundo semestre – período com poucas chuvas e intensificação das ações de combate e controle das epidemias, devido às notificações registradas no primeiro semestre do ano, momento que somaram-se dois aspectos favoráveis aos surtos da doença, temperaturas elevadas (verão) e precipitações com acumulados mensais representativos nos três primeiros meses do ano.

A maior epidemia de dengue no Recife desde que os casos suspeitos passaram a ser sistematicamente notificados (2003), ocorreu em 2015. Apenas na RPA 6 foram 8177 casos (29,46% do total notificado no município). Através do gráfico 30 é possível observar relação evidente entre as precipitações e as notificações nos meses de janeiro, fevereiro, março e julho, quando os picos coincidem, principalmente em se tratando dos bairros Cohab e Ibura. No mês de abril, assim como em junho e agosto as notificações têm relação mais evidente com a pluviosidade do mês anterior. Cohab e Ibura demonstraram maior susceptibilidade aos surtos de dengue relacionados às chuvas, tendo em vista que o surto da doença foi controlado a partir do mês de setembro, quando verifica-se redução dos acumulados mensais de precipitação, ao contrário dos demais bairros, com situação sob controle desde julho.

Vários estudos associaram a incidência do dengue a estações chuvosas, altas temperaturas, altitudes e ventos. Foram registradas epidemias da doença em estações chuvosas

do sudeste asiático, México e Caribe, corroborando os resultados aqui apresentados. Contudo, alguns autores afirmam que a maior influência das chuvas na reprodução dos vetores do dengue se dá sobre o *Aedes albopictus*, de hábito silvestre, sua oviposição em geral está associada ao acúmulo de água proveniente das precipitações. Já o *Aedes aegypti*, reconhecidamente de hábitos domiciliados, tem nos recipientes utilizados nas residências para armazenar água, especialmente nas áreas urbanas onde o abastecimento é intermitente, condições ideais para sua oviposição, pois os tipos de reservatórios empregados para tal função (cisternas, caixas d'água, etc.), independem das chuvas para conterem água, sendo assim menos afetados pela sazonalidade das precipitações, o que acaba contribuindo para que a doença torne-se endêmica no meio urbano/metropolitano, sendo a precipitação nesse sentido propícia à formação de novos criadouros que se somam aos já existentes.

Figura 27. Relação mensal entre as precipitações e as notificações de casos suspeitos de dengue em 2010, 2012 e 2015 por bairros – RPA 6.

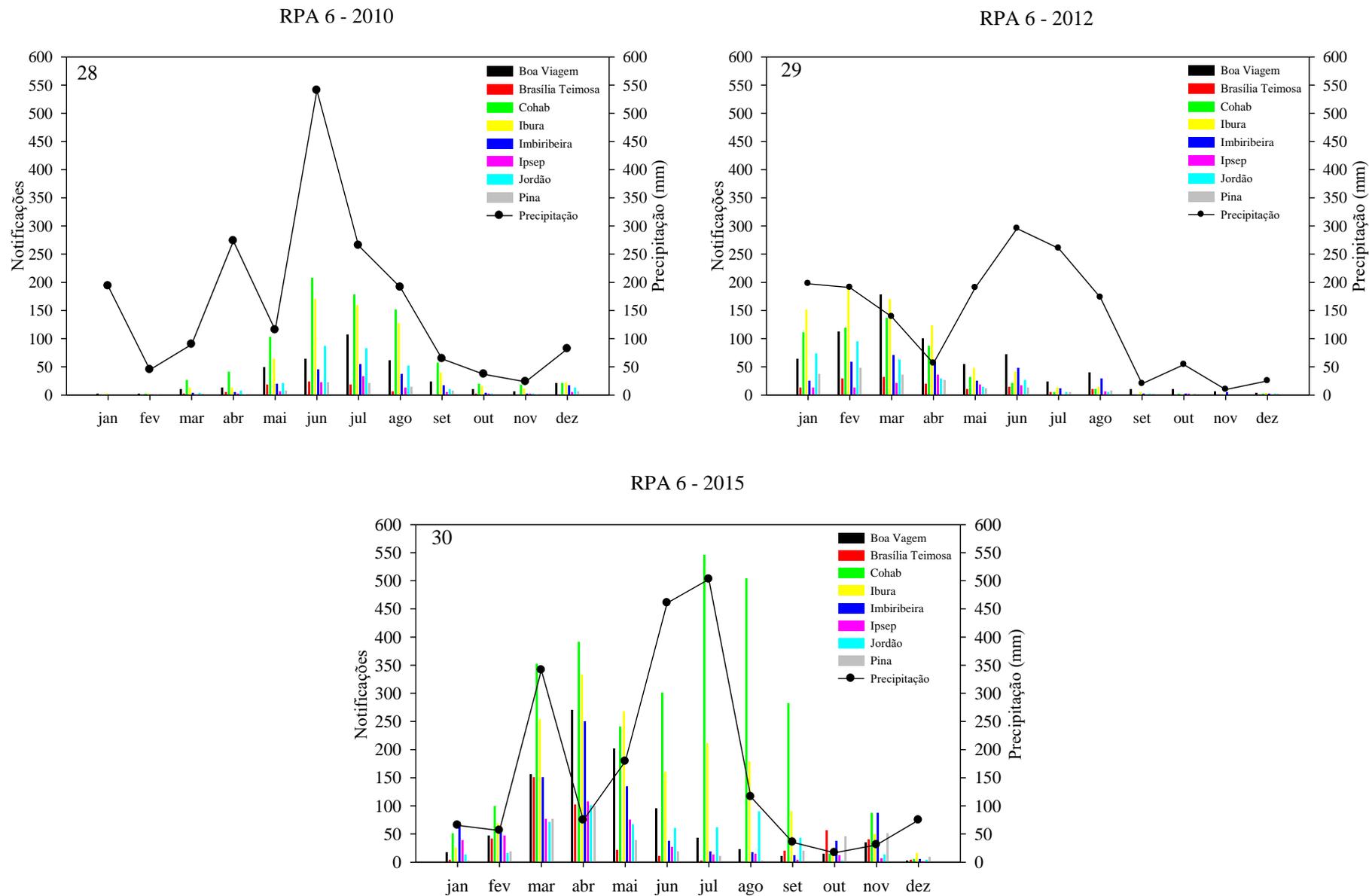


Tabela 14. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2010.

MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
RPA 6	Boa Viagem	14,44%	237	62,69%
	Brasília Teimosa	3,13%	67	81,70%
	Cohab	31,71%	532	64,09%
	Ibura	24,60%	407	63,19%
	Imbiribeira	8,02%	126	60%
	Ipsep	3,82%	66	66%
	Jordão	10,92%	200	69,93%
	Pina	3,32%	54	62,06%

Tabela 15. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa em 2012.

MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
RPA 6	Boa Viagem	21,85%	251	36,91%
	Brasília Teimosa	4,49%	51	36,42%
	Cohab	17,09%	145	27,25%
	Ibura	24,90%	228	29,41%
	Imbiribeira	10,98%	145	42,39%
	Ipsep	4,20%	73	55,72%
	Jordão	10,25%	75	23,51%
	Pina	6,20%	58	30,05%

Tabela 16. Percentual de notificações concentradas por bairros (anual) e na quadra chuvosa de 2015.

MCR / RPA	Bairros	Percentual anual por bairros	Notificações quadra chuvosa	Percentual quadra chuvosa
RPA 6	Boa viagem	11,21%	611	66,63%
	Brasília teimosa	5,53%	136	30,02%
	Cohab	35,18%	1480	51,44%
	Ibura	20,55%	972	57,82%
	Imbiribeira	10,82%	441	49,83%
	Ipsep	5,19%	224	52,70%
	Jordao	6,66%	290	53,21%
	Pina	4,81%	168	42,63%

3.2. Análise estatística da relação precipitações-notificações

A correlação precipitação-notificações foi significativa para o ano de 2010 sem lag e com lag de 1 mês (tabela 17). Já com 2 meses de lag, as correlações não foram significantes. Estudo desenvolvido por Ninphanomchai et al. (2014) sugere aumento positivo e linear do risco de dengue com defasagem de um a seis meses após aumento da precipitação. Nos casos específicos de 2012 e 2015, as notificações concentradas nos primeiros meses, e a redução do número de casos suspeitos de dengue notificados no segundo semestre, podem ter influenciado as correlações, explicando a não significância estatística.

Tabela 17. Correlação de Pearson entre as notificações e precipitações mensais por RPA durante os anos epidêmicos 2010, 2012 e 2015.

Atraso / Adiantamento	RPA	2010	2012	2015
s/ lag	1	0.68*	0.10	-0.29
	2	0.74**	-0.05	0.05
	3	0.71**	-0.01	0.03
	4	0.76**	0.03	0.22
	5	0.63*	0.14	<0.01
	6	0.72**	0.08	0.35
1 mês lag	1	0.76**	-0.18	-0.44
	2	0.66*	-0.16	-0.18
	3	0.74**	-0.14	-0.15
	4	0.65*	-0.21	-0.24
	5	0.79**	-0.11	-0.31
	6	0.67*	-0.16	0.21
2 meses lag	1	0.37	-0.17	-0.20
	2	0.33	-0.15	-0.31
	3	0.29	-0.12	-0.26
	4	0.16	-0.16	-0.22
	5	0.42	-0.14	-0.38
	6	0.41	-0.17	-0.02

p-valor estatisticamente significante a 0.05 (*) e 0.01 (**)

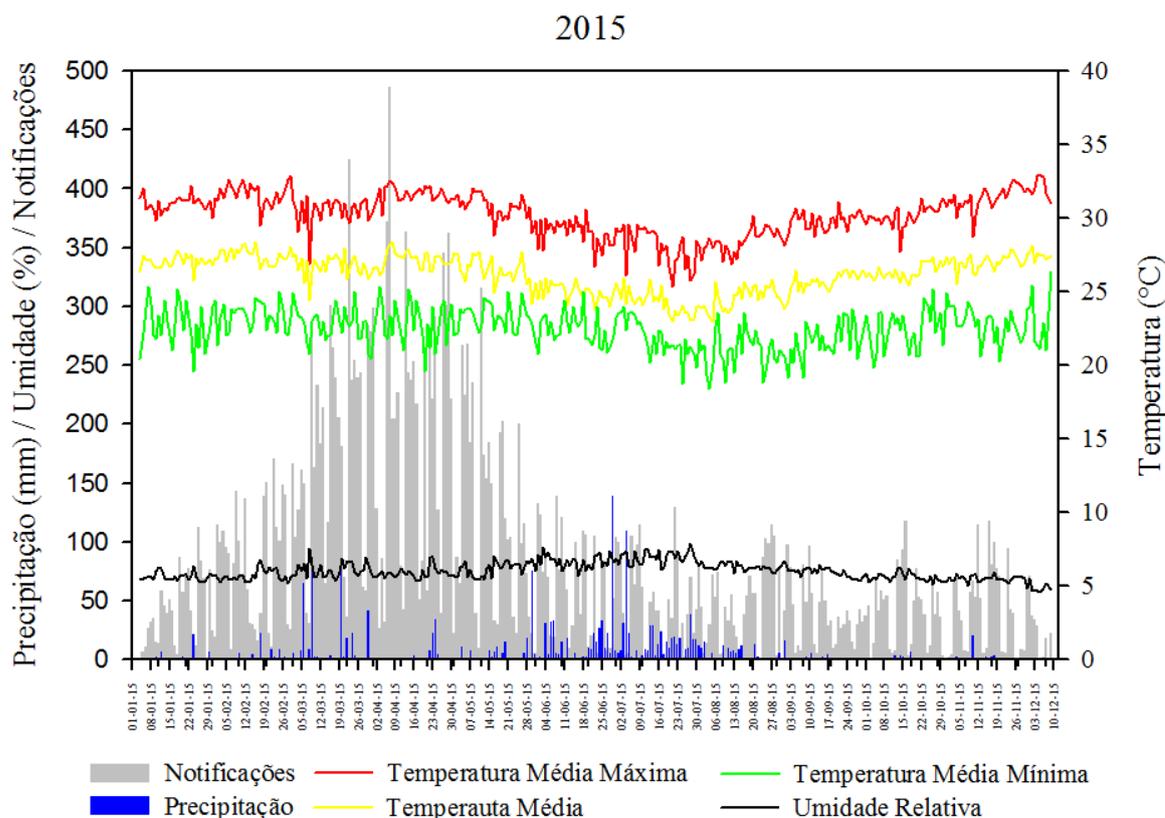
Li et al. (1985) encontraram fortes evidências estatísticas entre o início de fortes chuvas e os surtos de dengue após 2-3 meses, identificando aumento de 120% no número de casos quando as precipitações mensais foram iguais ou superiores a 300 mm. Já Prompou; Jaroensutasinee; Jaroensutasinee (2005) estabeleceram correlações estatísticas entre as chuvas, umidade relativa, temperatura máxima, mínima e média com a dengue no Sul da Tailândia.

Resultados apresentados por Lázaro et al. (2014) também demonstram ligação entre a pluviosidade e os surtos de dengue em San Juan – Porto Rico, assim como Baharuddin; Suhariningsih; Ulama (2014) encontraram relação entre a incidência de febre hemorrágica do dengue com a precipitação, com variação significativa dos casos notificados entre os subdistritos de Surabaya – Indonésia. Essa variação segundo o autor ocorreu em função das características climáticas locais, sugerindo que o processo de urbanização responsável pela constituição de climas próprios às diferentes realidades do sítio urbano, podem potencializar a formação dos riscos de surtos de dengue, sobretudo nas áreas populosas.

Em países tropicais como Tailândia e Indonésia foram identificados picos de dengue hemorrágica coincidindo com os meses de maior precipitação. No entanto, a maior parte dos focos encontrados nesses países, assim como no Brasil, estão dentro dos domicílios, sugerindo que os surtos da doença no meio urbano não estejam apenas ligados ao aumento da população do *Aedes aegypti* durante períodos com chuvas, sendo nesse sentido, tal período, propiciador de condições de temperatura e umidade relativa do ar ideais para as fêmeas infectadas completarem seu ciclo extrínseco (replicação do vírus), tornando-se assim, infectivas (DONALÍSIO; GLASSER, 2002).

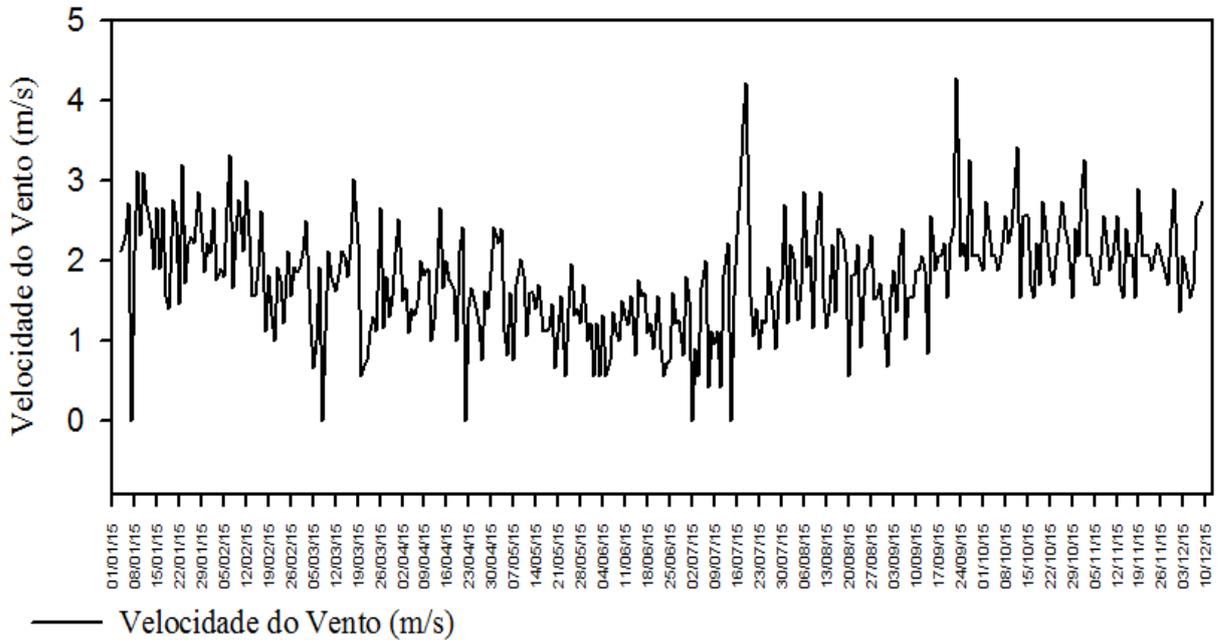
3.3. Análise diária entre os elementos climáticos e as notificações de dengue

Para melhor compreensão da situação da dengue em 2015 no Recife foram analisados o comportamento diário das precipitações, umidade relativa do ar, temperaturas máximas, mínimas e médias compensadas (gráfico 18). Observou-se que na escala diária, assim como na semanal a variação das temperaturas e da umidade relativa do ar não exerceram, de forma clara, influência sobre o aumento ou diminuição no número de notificações. Junior; Mendonça (2012) observaram em estudo realizado na cidade de Maringá, que a variação das temperaturas máximas e médias favoreceram o aumento do número de casos notificados na escala semanal. Os autores apontam ainda que os períodos nos quais as temperaturas mantem-se em uma faixa de 20°C a 35°C, há condições ideais de temperatura para os vetores, enquanto as temperaturas mínimas (abaixo dos 10°C) constituíram fator limitante para sua sobrevivência e manutenção do ciclo viral.

Gráfico 18. Relação entre elementos climáticos e notificações de dengue.

Em se tratando da problemática da dengue no Recife em 2015, as constantes e elevadas temperaturas, assim como as baixas amplitudes térmicas, somadas à percentuais elevados de umidade relativa do ar (acima de 50%) durante todo ano, favoreceram a constituição de habitats ideais à reprodução e dispersão do vetor do dengue, especialmente quando as precipitações ocorreram de forma espaçada (intermitentes) e as velocidades médias dos ventos (gráfico 19) mantiveram-se baixas, este último aspecto, facilitador para dispersão do *Aedes aegypti*. Khalid; Ghaffar (2014) perceberam que os ventos calmos junto com o contínuo aumento da temperatura mínima durante o verão de 2010 e 2011, desenvolveram ambientes ideais para o desenvolvimento do vetor da dengue em algumas cidades do Paquistão.

No segundo semestre, além da intensificação das ações de combate e controle da população do *Aedes aegypti*, em função do elevado número de casos notificados no primeiro semestre e da circulação de novas arboviroses (*chikungunha e Zika Vírus*), as condições atmosféricas mostraram-se menos favoráveis, devido às menores temperaturas e aumento da velocidade média dos ventos a partir do final do mês de julho. Contudo, a ainda elevada quantidade de casos notificados no segundo semestre sugere que o *Aedes aegypti*, mesmo fora da quadra chuvosa, mantém número considerável de sua população, com majoração durante o período chuvoso.

Gráfico 19. Velocidade média dos ventos em 2015 (m/s).

3.4. Análise estatística diária da relação temperatura-notificações em 2015.

A análise estatística da relação mensal temperatura-notificações (tabela 18) aponta correlação forte entre as temperaturas médias e as notificações ao adotar 2 meses de lag. Enquanto que com um mês de lag, verificou-se correlação moderada. Em relação às temperaturas máximas e mínimas, sem lag, observou-se respectivamente correlações moderadas e fracas. Enquanto que com 1 mês de lag, ambas foram moderadas. Com 3 meses de lag as correlações das temperaturas mínimas, médias e máximas com as notificações foram fracas. Dada necessidade da semelhança da variância de duas variáveis para se ter fortes correlações, as baixas amplitudes térmicas explicam a predominância de correlações fracas e moderadas entre as temperaturas e as notificações. Contrário ao que foi observado por Roseghini (2013), o autor observou que as altas variações na escala semanal geraram interrupção no crescimento de notificações na cidade de Maringá – PR.

Tabela 18. Correlação de Pearson entre as temperaturas e notificações mensais em 2015.

Temp.	s/lag	1 mês lag	2 meses lag	3 meses lag
T. max	0,49	0,63	0,65	0,51
T. med	0,38	0,68	0,73	0,56
T. min	0,36	0,46	0,51	0,35

4. CONCLUSÕES

As temperaturas elevadas e constantes, assim como a elevada concentração de umidade relativa do ar na cidade, promovem durante todo o ano condições ideais de reprodução e dispersão do vetor da dengue. Essas condições são ainda mais potencializadas durante os episódios de chuvas intermitentes, pois, a entrada de água no sistema urbano oriunda das precipitações facilitam a formação de novos criadouros para o *Aedes aegypti*.

Os surtos de dengue apresentaram maior correlação estatística com a precipitação do mês anterior. Contudo, através da análise dos gráficos, pôde-se verificar que os surtos epidêmicos da doença foram conduzidos, principalmente pelas chuvas durante o primeiro semestre do ano, com número considerável de bairros apresentando sérios problemas durante a quadra chuvosa na região (outono/inverno).

A maior correlação estatística entre temperaturas-notificações se deu com a temperatura média, observando lag de 2 meses, ou seja, os casos de dengue registrados em um determinado mês de 2015, apresentou maior correlação estatística com a temperatura média registrada dois meses antes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dengue vem ganhando proporções que demandam atenção prioritária por parte dos poderes públicos responsáveis pelo combate à formação das epidemias, sendo necessário também a coparticipação da sociedade, tendo em vista que parte considerável dos focos do *Aedes aegypti* encontram-se dentro nas residências.

A partir da análise da série histórica da doença na cidade foi possível observar a emergência da dengue no Recife. O número crescente das notificações, demonstram a necessidade de pensar alternativas capazes de prever os surtos e a formação das epidemias, sendo fundamental nesse sentido empregar as tecnologias da informação no intuito de desenvolver ferramentas capazes de subsidiar o desenvolvimento das políticas públicas e fornecer informações precisas para a definição das ações localizadas no meio urbano.

Analisar as relações entre os surtos de dengue e o clima na cidade é de fundamental importância para acompanhar os possíveis períodos de formação dos surtos e das epidemias de dengue, tendo em vista que as epidemias ocorreram com maior gravidade durante os episódios de chuvas, mesmo quando estas concentraram-se fora da quadra chuvosa, sendo, assim, as condições atmosféricas um fator digno de vigilância e monitorização como parte das estratégias de combate e controle das epidemias de dengue na cidade.

Resultados como os apresentados nesta pesquisa são importantes para formulação de políticas públicas e ações voltadas à prevenção dos surtos e da formação das epidemias de dengue, pois a definição de áreas mais ou menos suscetíveis aos surtos em condições atmosféricas ideais facilitam a intervenção por parte do poder público através do direcionamento de ações específicas para determinadas áreas dentro do município, otimizando custo e tempo.

CAPÍTULO III – VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS URBANAS À FORMAÇÃO DAS EPIDEMIAS DE DENGUE

1. INTRODUÇÃO

Os padrões intraurbanos podem ser distinguidos em morfológicos e sociais. Os morfológicos são definidos a partir das relações topológicas entre dados espaciais referentes ao ambiente construído e natural intraurbano. Já os sociais podem ser entendidos pelas relações topológicas entre dados espaciais associados à atributos dos moradores (condições de renda, moradia, emprego, saneamento básico e etc.). Nesse sentido, as relações estabelecidas de forma inadequada (sem planejamento) podem constituir espaços urbanos mais vulneráveis, e menos vulneráveis quando estas relações se dão de maneira planejada, dentro de uma perspectiva de equilíbrio das relações sociedade-natureza (FILHO, 2009).

A infraestrutura urbana constitui fator relevante na dispersão de arboviroses como a dengue. A proximidade entre as residências, somada à concentração populacional, especialmente de baixa renda, propiciam o desenvolvimento e ação do vetor. Donalisio; Glasser (2002) destacam que a fêmea adulta do *Aedes aegypti* tem capacidade de dispersão espontânea média de 30 a 50 metros, o que limita suas visitas a duas ou três casas. Contudo, os aspectos de estrutura urbana não são suficientes para determinar os surtos e a formação de epidemias da doença. Pastrana et al. (2014) apontam a dengue como uma doença complexa, uma vez que os surtos desta doença dependem da interação de fatores ecológicos (clima) e socioeconômicos (saneamento básico, moradia, renda, educação, mobilidade humana, problemas administrativos e financeiros nos municípios, entre outros), sendo a análise de variáveis isoladas, insuficiente para determinar as causas dos surtos da doença.

A dengue constitui-se em um problema de saúde pública reemergente nos países da América Latina e no Caribe. A frequência dos surtos e das epidemias nos grandes centros urbanos têm aumentado drasticamente, acompanhando a intensidade e direções dos fluxos relativos à mobilidade humana. Conforme apontado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), excetuando-se o Uruguai, todos os países da América Latina relatam transmissão da doença. Os surtos de dengue implicam em importantes desdobramentos socioeconômicos, pois, a recorrência das epidemias geram prejuízos para o turismo, aumentam a demanda aos serviços de saúde e exigem o direcionamento de grandes quantidades de recursos financeiros para o combate e controle das epidemias (QUINTERO et al. 2014).

Os locais de reprodução do *Aedes aegypti* apresentam-se intimamente relacionados com os contextos sociais, econômicos e políticos. Em se tratando de fatores sociais, estes incorporam

uma série de variáveis relativas ao sistema de saúde (incluindo o controle de vetores). A infraestrutura dos serviços públicos (saneamento e esgoto, coleta de lixo e abastecimento de água) também são fatores relacionados com os surtos da doença e formação das epidemias. Essa complexa interação de fatores de ordem diversa, dificulta a predição e o planejamento das ações de combate e controle das epidemias de dengue, especialmente nos países populosos emergentes, onde a maior parte das populações urbanas encontram-se em situações de vulnerabilidades socioambientais.

Algumas metodologias têm sido empregadas objetivando compreender a heterogeneidade espacial da dengue, dentre elas – as técnicas de mapeamento e cruzamento de variáveis empregadas por meio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), as quais configuram-se como alternativas úteis à vigilância epidemiológica, devido a rapidez e precisão na geração de informações espacializadas. O uso dessa ferramenta permite destacar a influência dos processos ambientais e sociais sobre os padrões de transmissão da doença. Nesse sentido, a modelagem espacial surge como alternativa à um conjunto de possibilidades por meio de ferramentas SIG, sobretudo porque a aplicação adequada das análises espaciais, permitem o cruzamento de informações em diferentes escalas espaciais e temporais (FLAUZINO et al., 2009; HASSAN; SHOHAIMI; HASHIM, 2012; SILVA, SILVA; CHAVES, 2014).

Nesse contexto, torna-se essencial analisar integradamente o conjunto de variáveis responsáveis por determinar áreas mais ou menos propensas aos surtos de dengue. O conjunto de determinadas variáveis (socioambientais) somadas a políticas públicas ineficazes, facilitam a disseminação do vetor da doença, promovendo a expansão das áreas afetadas. Diante do exposto, este capítulo tem como objetivo identificar e avaliar as vulnerabilidades socioambientais urbanas à formação das epidemias de dengue em Recife.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Densidade populacional

Para determinar as densidades populacionais do Recife utilizou-se os dados referentes ao censo demográfico de 2010, disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE) de acordo com os setores censitários.

2.2. Densidade de edificações

Os dados georreferenciados referentes as edificações, foram adquiridos através do Instituto da Cidade Engenheiro Pelópidas Silveira (ICPS). A densidade foi calculada a partir do centroide geográfico de cada polígono.

2.3. Indicador de Habitabilidade

Os dados socioambientais foram analisados e relacionados com a distribuição espacial das notificações de casos suspeitos de dengue no Recife entre 2006 e 2015 por bairros. Foram consideradas uma série de variáveis disponíveis no censo demográfico de 2010. Essas variáveis foram sintetizadas utilizando-se o indicador de habitabilidade, o qual permitiu observar as heterogeneidades espaciais no que se refere as condições de moradia por setores censitários.

O Indicador de Habitabilidade (IH) é uma metodologia desenvolvida por Filho (2009) que teve como propósito analisar as características de elementos físicos (domicílio) e sociais (pessoas) da estrutura intraurbana, utilizando variáveis do Censo Demográfico referente ao ano 2000, adaptado para este trabalho com dados do Censo 2010.

A escolha desses dados ocorreu por sua disponibilidade para toda a cidade, por possibilitar a realização de comparações entre pequenos recortes, potencialmente homogêneos e ainda, por permitir uma compreensão da complexidade das condições físico-ambientais e socioeconômicas a partir da síntese em um único indicador.

O IH pode também ser denominado de um sistema de indicadores, porque é composto por dois conjuntos de indicadores. O Indicador Populacional (IP) que se refere as condições de renda, educação e longevidade da população de cada setor censitário e o Indicador Domiciliar (ID), este caracteriza as condições físico-ambientais de saneamento e de ocupação, bem como a tipologia dos domicílios de cada setor censitário.

A composição do Indicador de Habitabilidade é definida pela média aritmética simples do IP e do ID, sendo expresso segundo a expressão 1.

$$IH = ID + IP / 2$$

(1)

O indicador Populacional (IP) é descrito pela média aritmética simples do Índice de Renda (RENDA), do Índice de Educação (EDUCA) e do Índice de Longevidade (LONGE). O Indicador Domiciliar (ID) é descrito pela média aritmética simples do Índice de Saneamento (SANEA), Índice de Tipologia Domiciliar (TIPO) e do Índice de condições de ocupação (OCUPA).

Os índices foram definidos pela média ponderada das variáveis relacionadas, partindo da pior situação para a melhor. Assim, a pior situação recebeu peso 1, e a situação posteriormente melhor a esta, recebeu peso 2, prosseguindo assim até a melhor situação. O resultado obtido é um valor que varia entre 0 e 1. Quanto mais alto for esse valor, melhores serão as condições do setor.

2.3.1. Índice de Renda

O índice de renda consiste na média ponderada entre as faixas de rendimentos mensais nominais médios dos responsáveis pelos domicílios particulares permanentes, em salários-mínimos (tabela 19), definido pela expressão 2.

Tabela 19. Variáveis utilizadas para composição do índice RENDA.

Variável	Descrição
RD	Responsáveis por domicílios particulares permanentes (RDPP)
V001	RDPP com rendimento nominal mensal de até ½ a 1 salário mínimo
V002	RDPP com rendimento nominal mensal de mais de 1/2 salário mínimo
V003	RDPP com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos
V004	RDPP com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos
V005	RDPP com rendimento nominal mensal de mais de 3 a 5 salários mínimos
V006	RDPP com rendimento nominal mensal de mais de 5 a 10 salários mínimos
V007	RDPP com rendimento nominal mensal de mais de 10 a 15 salários mínimos
V008	RDPP com rendimento nominal mensal de mais de 15 a 20 salários mínimos
V009	RDPP com rendimento nominal mensal de mais de 20 salários mínimos

$$\text{RENDA} = (\text{V001} \times 1 + \text{V002} \times 2 + \text{V003} \times 3 + \text{V004} \times 4 + \text{V005} \times 5 + \text{V006} \times 6 + \text{V007} \times 7 + \text{V008} \times 8 + \text{V009} \times 9) / (9 \times \text{RD}) \quad (2)$$

2.3.2. Índice de Educação

Já o índice de educação (EDUCA), foi calculado atribuindo-se pesos aos intervalos percentuais de responsáveis alfabetizados pelos domicílios particulares permanentes. Este índice mereceu uma adaptação, tendo em vista as variáveis que compunham este Índice, conforme proposto pelo autor, não estão disponíveis para o Censo 2010. Assim, as variáveis que em 2000 estavam relacionadas aos anos de estudo dos responsáveis por domicílios particulares permanentes, foram substituídas pelo cálculo percentual de alfabetizados responsáveis pelos domicílios particulares permanentes de cada setor censitário. Desta forma, o menor percentual de alfabetizados por setor censitário foi de aproximadamente 55%. Sendo assim, foram atribuídos pesos de 1 a 5 a cada 10%. Para os setores censitários com percentuais entre 50 e 59% atribuiu-se peso 1, entre 60 e 69%, peso 2, 70 e 79%, peso 3, 80 e 89%, peso 4 e entre 90 e 100%, peso 5.

2.3.3. Índice de longevidade

O índice de longevidade (LONGE) foi obtido pela média ponderada das faixas de anos de vida (tabela 20) das pessoas residentes em cada setor censitário.

Tabela 20. Variáveis utilizadas para composição do índice de longevidade.

Variável	Descrição	Variável	Descrição
V035	Pessoas de 1 ano de idade	V054	Pessoas com 20 anos de idade
V036	Pessoas com 2 anos de idade	V055	Pessoas com 21 anos de idade
V037	Pessoas com 3 anos de idade	V056	Pessoas com 22 anos de idade
V038	Pessoas com 4 anos de idade	V057	Pessoas com 23 anos de idade
V039	Pessoas com 5 anos de idade	V058	Pessoas com 24 anos de idade
V040	Pessoas com 6 anos de idade	V059 a V063	Pessoas com 25 a 29 anos de idade
V041	Pessoas com 7 anos de idade	V064 a V068	Pessoas com 30 a 34 anos de idade

V042	Pessoas com 8 anos de idade	V069 a V073	Pessoas com 35 a 39 anos de idade
V043	Pessoas com 9 anos de idade	V074 a V078	Pessoas com 40 a 44 anos de idade
V044	Pessoas com 10 anos de idade	V079 a V083	Pessoas com 45 a 49 anos de idade
V045	Pessoas com 11 anos de idade	V084 a V088	Pessoas com 50 a 54 anos de idade
V046	Pessoas com 12 anos de idade	V089 a V093	Pessoas com 55 a 59 anos de idade
V047	Pessoas com 13 anos de idade	V094 a V098	Pessoas com 60 a 64 anos de idade
V048	Pessoas com 14 anos de idade	V099 a V103	Pessoas com 65 a 69 anos de idade
V049	Pessoas com 15 anos de idade	V104 a V108	Pessoas com 70 a 74 anos de idade
V050	Pessoas com 16 anos de idade	V109 a V113	Pessoas com 75 a 79 anos de idade
V051	Pessoas com 17 anos de idade	V114 a V134	Pessoas com mais de 80 anos de idade
V052	Pessoas com 18 anos de idade	V014	População residente no setor

O índice de longevidade foi calculado conforme a expressão matemática 3.

$$\begin{aligned}
 \text{LONGE} = & ((V035 + V036 + V037 + V038) \times 1 + (V039 + V040 + V041 + V042 + V043) \times 2 \\
 & + (V044 + V045 + V046 + V047 + V048) \times 3 + (V049 + V050 + V051 + V052 + V053) \times 4 + \\
 & (V054 + V055 + V056 + V057 + V058) \times 5 + V\ 59\ a\ 63 \times 6 + V64\ a\ 68 \times 7 + V69\ a\ V73 \times 8 + \\
 & V74 + V78 \times 9 + V79\ a\ V83 \times 10 + V084\ a\ V088 \times 11 + V089\ a\ V093 \times 12 + V094\ a\ V098 \times \\
 & 13 + V099\ a\ V103 \times 14 + V104\ a\ V108 \times 15 + V109\ a\ V113 \times 16 + V114\ a\ V134 \times 17) / (17 \times \\
 & V014)
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

2.3.4. Índice de saneamento

O índice SANEAMENTO, matematicamente definido pela expressão 4, resulta da média aritmética simples de três índices: abastecimento de água (AGUA), destino de esgotos (ESGOTO) e destino do lixo (LIXO). O índice AGUA (expressão 5) resulta da média aritmética ponderada das formas de abastecimento (tabela 21). A média ponderada entre as formas de destino do esgoto (tabela 22) foi utilizada para calcular o índice ESGOTO (expressão 6). Para o índice LIXO (expressão 7) foi determinada a média ponderada das formas de destino do lixo nos domicílios particulares permanentes (tabela 23).

$$\text{SANEAMENTO} = (\text{AGUA} + \text{ESGOTO} + \text{LIXO}) / 3 \quad (4)$$

Em que:

$$\text{AGUA} = (\text{V015} \times 1 + \text{V014} \times 2 + \text{V013} \times 3 + \text{V012} \times 4) / (4 \times \text{V002}) \quad (5)$$

$$\text{ESGOTO} = \text{V023} \times 1 + (\text{V022} + \text{V021} + \text{V020}) \times 2 + \text{V019} \times 3 + \text{V018} \times 4 + \text{V017} \times 5 / (5 \times \text{V002}) \quad (6)$$

$$\text{LIXO} = ((\text{V040} + \text{V041} + \text{V042}) \times 1 + \text{V039} \times 2 + \text{V038} \times 3 + \text{V037} \times 4 + \text{V036} \times 5) / 5 \times \text{V002} \quad (7)$$

Tabela 21. Variáveis utilizadas para determinação do índice AGUA.

Variável	Descrição
V002	Domicílios particulares permanentes (DPP)
V012	DPP com abastecimento de água da rede geral
V013	DPP com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade
V014	DPP com abastecimento de água da chuva armazenada em cisterna
V015	DPP com outra forma de abastecimento de água

Tabela 22. Variáveis utilizadas para determinação do índice ESGOTO.

Variável	Descrição
V002	Domicílios particulares permanentes (DPP)
V017	DPP com sanitário de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto pluvial

V018	DPP com sanitário de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa séptica
V019	DPP com sanitário de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar
V020	DPP com sanitário de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via vala
V021	DPP com sanitário de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar
V022	DPP com sanitário de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via outro escoadouro
V023	DPP sem sanitário de uso exclusivo dos moradores e sem sanitário

Tabela 23. Variáveis utilizadas para determinação do índice LIXO.

Variável	Descrição
V002	Domicílios particulares permanentes (DPP)
V036	DPP com lixo coletado por serviço de limpeza
V037	DPP com lixo coletado em caçamba de serviço de limpeza
V038	DPP com lixo queimado na propriedade
V039	DPP com lixo enterrado na propriedade
V040	DPP com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro
V041	DPP com lixo jogado em rio, lago ou mar
V042	DPP com outro destino do lixo

2.3.5. Índice de tipologia

O índice de tipologia domiciliar (TIPO), resulta da média aritmética simples entre as seguintes variáveis: média ponderada do número de banheiros existentes nos domicílios particulares de cada setor censitário (tabela 24) e proporção de domicílios particulares permanentes em relação ao total de domicílios do setor. Ao segundo índice, foi atribuído peso duas vezes maior porque uma proporção menor desse tipo de domicílio revela uma maior presença de domicílios particulares improvisados e coletivos, que são, em geral, mais precários. Este índice é matematicamente expresso pela expressão 8.

Tabela 24. Variáveis utilizadas para determinação do índice TIPO.

Variável	Descrição
V001	Domicílios particulares e domicílios permanentes
V002	Domicílios particulares permanentes (DPP)
V025	DPP com 1 sanitário de uso exclusivo dos moradores
V026	DPP com 2 sanitários de uso exclusivo dos moradores
V027	DPP com 3 sanitários de uso exclusivo dos moradores
V028 a V033	DPP com mais de 4 sanitários
V034	DPP sem sanitário de uso exclusivo dos moradores

Expressão matemática do índice TIPO:

$$\text{TIPO} = ((V034 \times 1 + V025 \times 2 + V026 \times 3 + V027 \times 4 + V028 \times 5) / (5 \times V002) + 2 \times (V002 / V001)) / 3 \quad (8)$$

2.3.6. Índice de ocupação

O índice OCUPA consiste na média ponderada entre as condições de ocupação dos moradores nos domicílios (tabela 25). Este índice foi definido a partir da expressão 9.

Tabela 25. Variáveis utilizadas para composição do índice OCUPA.

Variável	Descrição
V002	Domicílios particulares permanentes (DPP)
V003	DPP próprios e quitados
V004	DPP próprios em quitação
V005	DPP alugados
V006	DPP cedidos por empréstimo
V007	DPP cedido de outra forma
V008	DPP em outra condição de ocupação (não são próprios, alugados, nem cedidos)

Expressão matemática do índice OCUPA:

$$\text{OCUPA} = (\text{V008} \times 1 + \text{V007} \times 2 + \text{V006} \times 3 + \text{V005} \times 4 + \text{V004} \times 5 + \text{V003} \times 6) / (6 \times \text{V002})$$

(9)

2.4. Mapas de densidade Kernel

O mapa de intensidades do indicador de habitabilidade foi gerado através do estimador de densidade Kernel. O mesmo procedimento foi aplicado para gerar os mapas de intensidade de casos suspeitos de dengue e de incidência por mil habitantes. Ressalta-se que para o cálculo das incidências utilizou-se como base para todos os anos a contagem de residentes no município realizada durante o censo demográfico de 2010. Em se tratando dos dados empregados para gerar os mapas do indicador de habitabilidade, estes encontravam-se desagregados de acordo com os setores censitários, enquanto os casos suspeitos notificados foram registrados em escala de bairros.

As notificações de casos suspeitos de dengue foram atribuídas ao centroide geográfico de cada bairro. No caso dos dados relativos as edificações, o centroide geográfico utilizado para gerar o mapa de densidade foi o da própria edificação. Enquanto que para definir a densidade populacional, utilizou-se o centroide geográfico dos setores censitários.

Ressalta-se que ao adotar tal procedimento inclui-se uma fonte de erro, tendo em vista que ao atribuir as informações ao ponto central do polígono reduz-se a escala de análise do fenômeno, pois perde-se a espacialidade da totalidade da unidade territorial utilizada.

No caso das notificações, esse erro poderia possivelmente ser menor se os fenômenos observados fossem atribuídos ao centroide populacional, uma vez que a transmissão do vírus ocorre com maior facilidade nas áreas de maior quantidade de pessoas e mais adensadas. No entanto, a dificuldade em se obter dados de densidade populacional torna tal alternativa pouco usual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os pixels de tonalidades mais escuras no mapa 1 (figura 28) correspondem as áreas de maior densidade populacional. Observa-se concentração de pixels mais escuros no bairro de Boa Viagem e em bairros da região noroeste (Nova Descoberta, Vasco da Gama, Alto José Bonifácio, Morro da Conceição, Linha do Tiro, Alto Santa Terezinha, Alto José do Pinho, Beberibe, Água Fria, Bomba do Hemeterio e Mangabeira). No mapa 2 (figura 28) as manchas de tonalidade avermelhada representam as áreas de maior densidade de edificações, destacando-se a região noroeste, partes da região central e da zona sul da cidade. A região noroeste caracteriza-se por ser predominantemente residencial e com edificações rasas, enquanto os bairros da região central apresentam edifícios altos de uso predominantemente residencial, com áreas de uso misto (residencial e serviços) ao longo das principais avenidas.

Os indicadores de habitabilidade expostos no mapa 3 (figura 28) mais elevados podem ser observados no bairro de Boa Viagem e em bairros da região central (Aflitos, Boa Vista, Derby, Madalena, Espinheiro, Graças, Rosarinho, Tamarineira, Jaqueira e Parnamirim), enquanto indicadores baixos foram observados em Peixinhos, Campo Grande, partes do Arruda e Campina do Barreto (região noroeste), Santo Amaro, São José, Ilha Joana Bezerra (região central), Várzea, Curado e Cidade Universitária (Zona oeste), no extremo norte do município e em partes da região sul. Evidencia-se nas áreas de baixos indicadores condições de vida insuficientes à população. Rodhain; Rosen (1997) afirmam que a persistência das infecções de dengue, só ocorrem nos espaços urbanos com grandes adensamentos populacionais e elevado índice de infestação do *Aedes aegypti*. Já Araújo; Ferreira; Abreu (2008) constataram que pessoas de menor renda são mais vulneráveis à ação do vetor da dengue, resultado que mostra similaridade com as áreas de maior persistência de casos de dengue no Recife, onde foram observadas maior gravidade nas áreas de baixa habitabilidade.

Através da figura 29 é possível observar os mapas de intensidade de casos entre 2006 e 2015 por bairros. Verifica-se excetuando-se a região noroeste da cidade, que se apresenta como área crítica em praticamente todos os anos observados, diferenças importantes de intensidade de casos de dengue. Os bairros centrais, especialmente Aflitos, Boa Vista, Derby, Madalena, Espinheiro, Graças, Rosarinho, Jaqueira e Parnamirim têm em praticamente todos os anos situação controlada (baixa intensidade). Em anos de elevada quantidade de notificações (2008, 2010, 2012 e 2015), Cohab, Ibura e Jordão (região sul) apresentaram situação comparável à dos bairros da região noroeste. Contrário à realidade observada nos bairros centrais com os melhores indicadores socioeconômicos, Boa Viagem configura-se como exceção por possuir

indicadores socioeconômicos satisfatórios e ainda assim, apresentar recorrência de intensidade importante de notificações de casos suspeitos.

Figura 28. Mapas de densidade populacional (1), densidade de edificações (2) e indicador de habitabilidade (3).

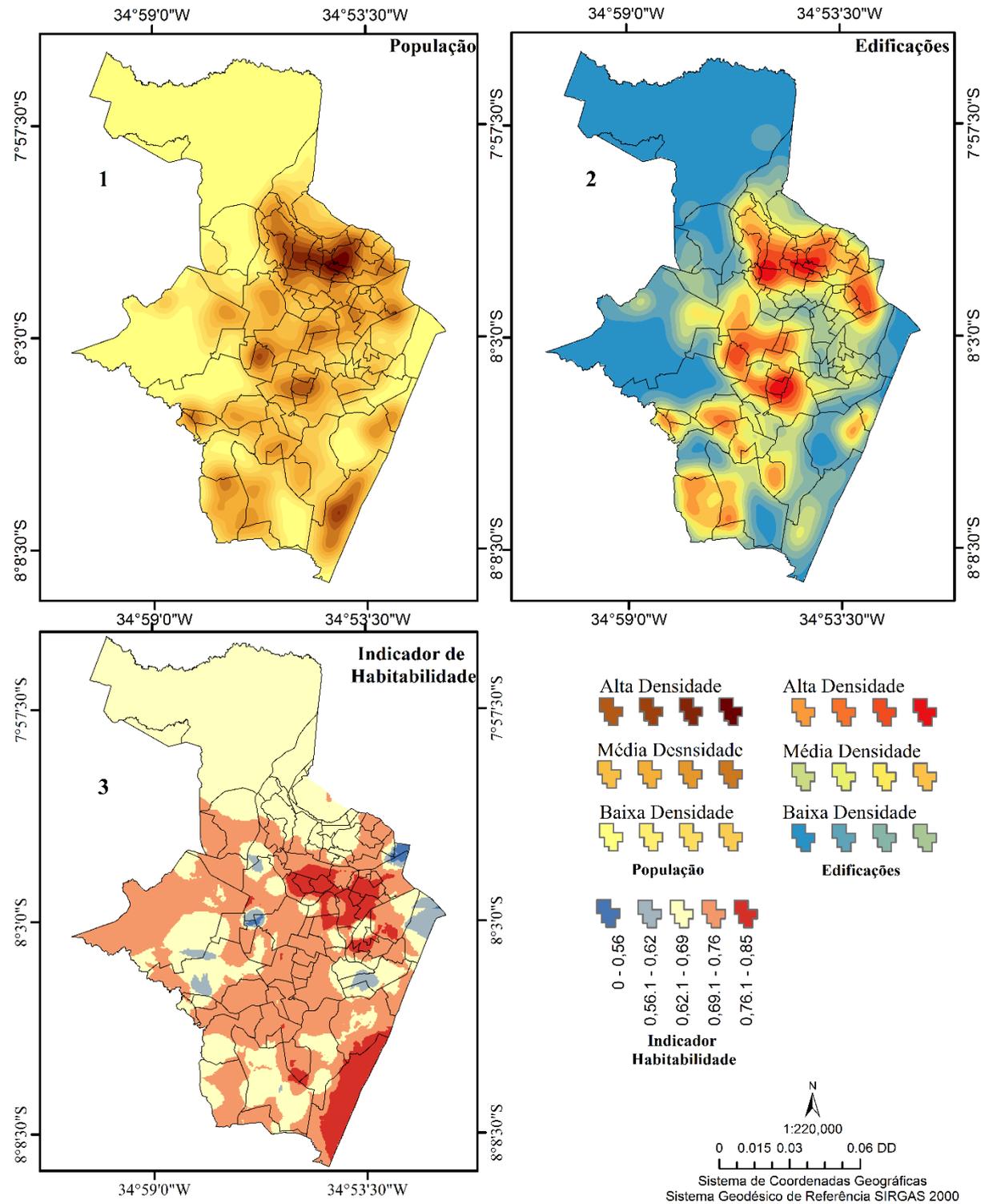
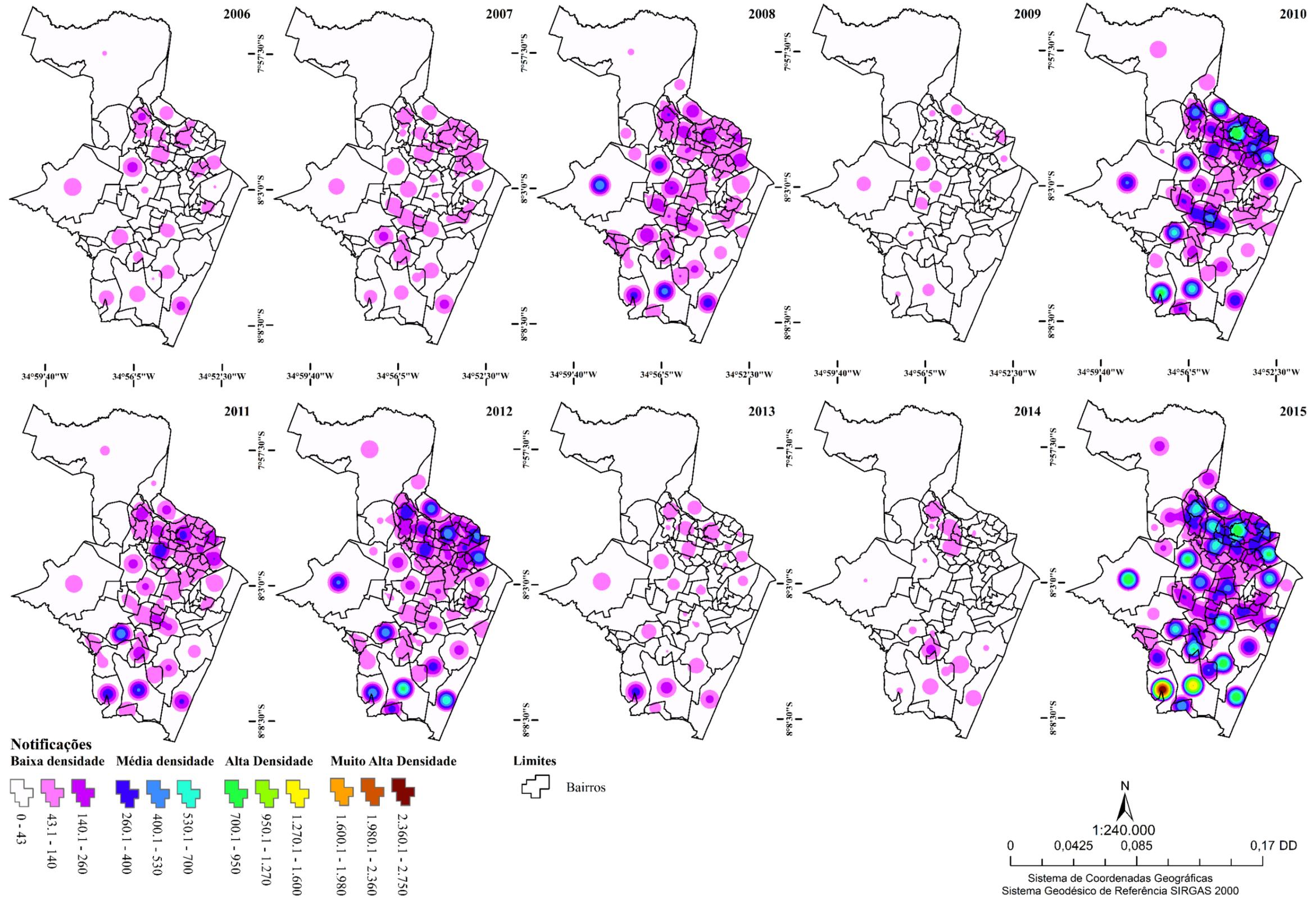


Figura 29. Intensidade das notificações de casos suspeitos de dengue por bairros entre 2006 e 2015.



Observou-se nos períodos interepidêmicos 2006, 2009, 2013 e 2014 baixa intensidade de notificações em todo município, com notificações de casos suspeitos agrupados nas zonas sul e noroeste em 2013, noroeste e oeste em 2009, noroeste e sul em 2006 e 2014. Sabroza et al. (1992) apontam relação entre a heterogeneidade da distribuição de casos e as disparidades das condições de vida dos diferentes estratos sociais, sendo essas heterogeneidades resultantes dos processos socioculturais e políticos peculiares à cada localidade. Teixeira; Barreto; Guerra (1999) apontam que áreas mais pobres apresentam estruturas urbanas deficientes, sendo nessas áreas encontrados como potenciais criadouros os reservatórios utilizados para armazenamento de água para consumo, devido à frequente intermitência ou inexistência de abastecimento de água.

Nota-se entre 2006 e 2007 baixa intensidade de notificações em todo município, enquanto em 2008 ocorre aumento significativo tanto em termos de quantidade de bairros que notificaram casos suspeitos, quanto de intensidade. Já em 2009 verifica-se a menor gravidade da situação da dengue dentre os anos observados. Em 2010 inicia-se sequência de três anos com número considerável de notificações, especialmente na região noroeste e sul, em bairros onde são observadas as maiores densidades populacionais e de edificações. Vargas et al. (2015) identificaram através do estimador de densidade kernel que as áreas de maior risco em Itaboraí – RJ eram aquelas de maior densidade populacional localizadas próximas a importantes rodovias.

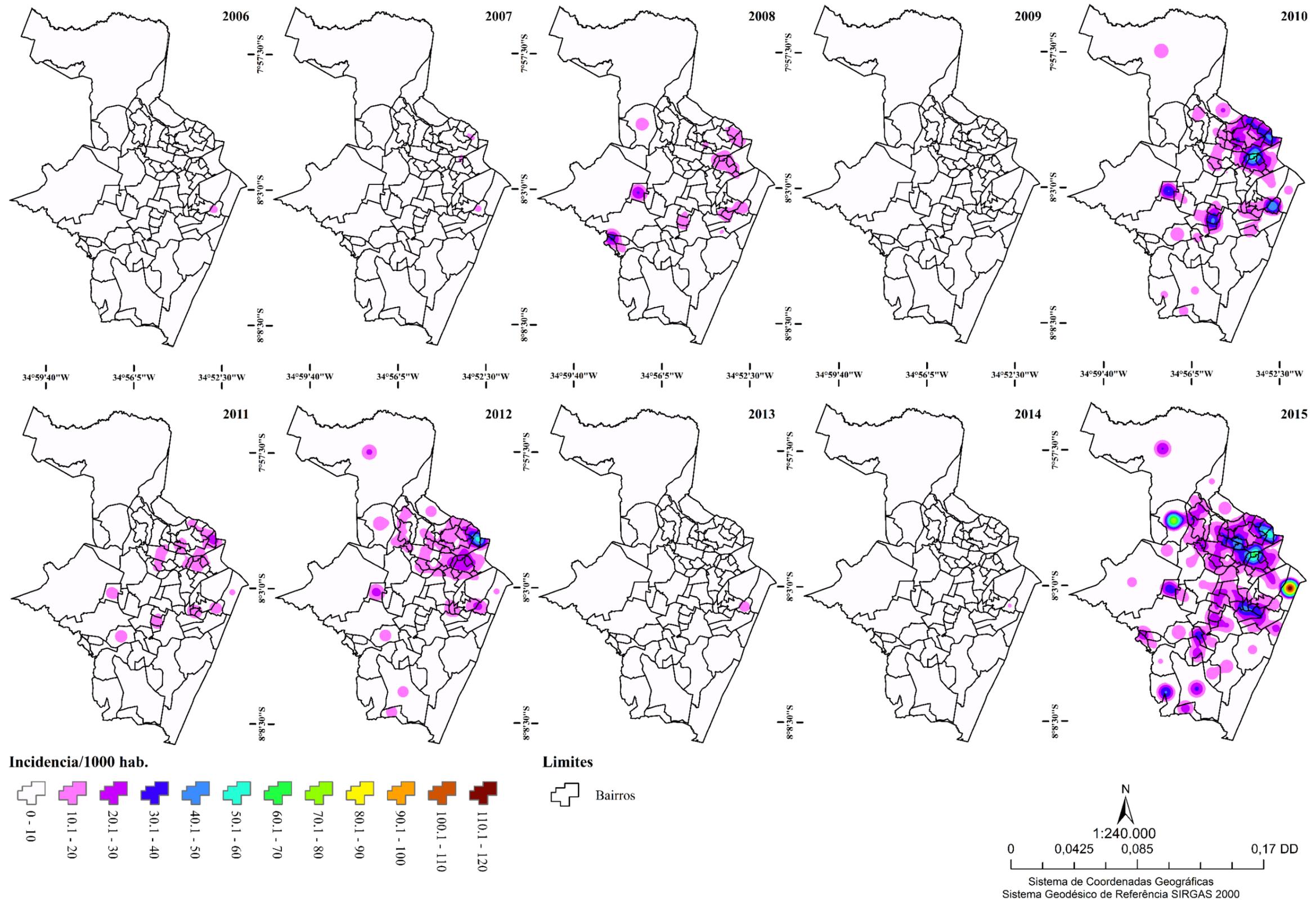
De acordo com a série histórica apresentada, nota-se que o padrão epidemiológico do dengue no Recife, pode ser sintetizado em três períodos distintos. Entre 2006 e 2008 – tem-se um período com crescente número de casos suspeitos notificados, abrangendo toda extensão territorial do município com baixas e médias intensidades. Um segundo período, caracterizado entre 2010 e 2012, que apresentou ondas epidêmicas de alta intensidade em áreas localizadas. E um terceiro período, o qual caracteriza-se entre 2013 e 2014, como interepidêmico. Já 2015 apresenta uma explosão de casos notificados sem precedentes, com intensidades preocupantes, especialmente nas áreas de morro da zona sul e norte da cidade.

Com auxílio da figura 30 pode-se observar as taxas de incidências por bairros entre 2006 e 2015. Em 2006, 2007, 2009, 2013 e 2014 verifica-se as menores incidências de dengue na cidade, enquanto 2008 e 2011 apresentaram em todo município incidência máxima de 20 casos notificados por mil habitantes. As maiores taxas foram observadas em 2010, 2012 e 2015, sendo o ano mais recente, marcado por uma explosão sem precedentes, tanto no que se refere a quantidade absoluta de casos notificados, quanto às taxas de incidências. Nesse último ano pode-se identificar a continuidade de bairros com taxas mais altas, com atenção especial para

os bairros localizados na região noroeste e central. A situação mais alarmante foi observada no bairro do Recife, o qual caracteriza-se por apresentar predominantemente edificações institucionais, tais como: prédio da polícia Federal, sede da prefeitura da cidade, polo tecnológico, agências bancárias e uma pequena comunidade (comunidade do pilar) submetida a condições de extrema pobreza.

Apesar do bairro de Boa viagem apresentar de forma recorrente intensidades de casos importantes, a taxa de incidência predomina entre 0-10 por mil habitantes em todos os anos observados. A situação de maior gravidade, em termos de incidência, pode ser observada em 2015, quando boa parte do território foi fortemente atingida pela epidemia, seguido por 2010 e 2012, estes últimos anos, com destaque importante para os bairros localizados nos morros da zona norte. No entanto, mesmo em anos de menor gravidade algumas áreas no município se destacam – morros da zona norte e alguns bairros da zona central e oeste.

Figura 30. Taxa de incidência de notificações de casos suspeitos de dengue por mil habitantes segundo bairros entre 2006 e 2015.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O indicador de habitabilidade permitiu observar as tendências de agrupamentos sociais na cidade, com duas grandes áreas de alta habitabilidade identificadas no bairro de Boa Viagem e nos bairros da região central da cidade. Já áreas de muito baixa habitabilidade foram observadas em partes dos morros da zona norte e sul e no extremo norte do município.

A alta concentração de casos suspeitos de dengue, como previsto, ocorreu nas áreas mais carentes da cidade, especialmente nos morros da zona norte e sul, onde reside parte considerável da população menos favorecida. A área central da cidade que reúne importantes bairros, onde residem parcela representativa da população mais favorecida, apresentou em todos os anos baixa intensidade de notificações de casos suspeitos de dengue.

O bairro de Boa Viagem apresentou nos anos epidêmicos importante concentração no número de casos suspeitos notificados, alertando para o fato de que nem sempre o padrão de ocupação é a resposta para os surtos da doença, pois o bairro em questão tem boa qualidade de vida urbana. No entanto, é importante destacar a existência de ZEIS em Boa Viagem, podendo a maior parte dos casos notificados estarem localizados nessas áreas, sendo necessário para comprovação o georreferenciamento das notificações em escala mais detalhada.

A análise de incidência de dengue permitiu avaliar o quanto uma determinada população está exposta a uma determinada doença (risco de adoecer). O que fornece importantes informações para direcionar as ações imediatas de combate e controle das epidemias, com principal intuito de frear a evolução da doença.

A disponibilização de informações como as contidas nos mapas de intensidade de casos suspeitos de dengue, tornam-se importantes para planejar a infraestrutura de vigilância e assistência à toda população, pois demonstram a recorrência dos surtos e epidemias de dengue de acordo com os bairros do município.

REFERÊNCIAS

ALEIXO, N. C. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Percepção e riscos: abordagem socioambiental do processo saúde-doença. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 191-208, mai/ago. 2011.

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual – Idaho Implementation**, VERSION 1.0, p. 97, 2002.

ALVES, E. D. L.; SPECIAN, V. Contribuição aos estudos do clima urbano: variação térmica e higrométrica em espaços intraurbanos. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 8, n. 17, p. 181-191, 2009.

ARAÚJO, J. R.; FERREIRA, E. F.; ABREU, M. H. N. G. Revisão sistemática sobre estudos de espacialização da dengue no Brasil. **Revista brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 145-151, 2008.

BAHARUDDIN; SUHARININGSIH; ULAMA, B. S. S. Geographically Weighted Regression Modeling for Analyzing Spatial Heterogeneity on Relationship between for Hemorrhagic Fever Incidenc and Rainfall in Surabaya, Indonesia. **Canadian Center of Science and Education**, Toronto, v. 8, n. 3, 2014.

BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuição para uma agenda de pesquisa. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 122, n. 64, 2008.

BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R.A.; HOLTSLAG, A.A.M.A. Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, v. 212-213, p. 198-212, 1998.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde. Dengue: **instruções para pessoal de combate ao vetor: manual de normas técnicas**. 3. Ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico**. Brasil, v. 46, n. 22, 2015a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico**. Brasil, v. 46, n. 22, 2015b.

BRASIL. Ministério da saúde. **Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008.

CALLEJAS, I. J. A. **Avaliação temporal do balanço de energia em ambientes urbanos na cidade de Cuiabá-MT**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, p. 167, 2012.

CATÃO, R. C. **Dengue no Brasil**. Rio de Janeiro: Unesp, 178 p. 2012.

CATÃO, R. C. Mapeamento da reemergência do dengue no Brasil – 1981/82-2008. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 7, n. 13, p. 173-185, 2011.

CAVALCANTI, I.F.A. Alguns aspectos da circulação da atmosfera próximo à América do Sul e interações com a região Antártica. **INPE**, São José dos Campos, 1982.

CHAKRABORTY, S. D.; KANT, Y.; MITRA, D.; Assessment of land surface temperature and heat fluxes over Delhi using remote sensing data. **Journal of Environmental Management**, v. 148, p. 143-152, 2013.

CONFALONIERI U.E.C. Variabilidade Climática, Vulnerabilidade Social e Saúde no Brasil. **Terra Livre**, São Paulo, v I, n. 20, p.193-204, jan/jul. 2003.

CONSOLI, R.; OLIVEIRA, R. L. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. **FIOCRUZ**, p. 228, 1994.

CORBELLA, O. D.; MAGALHÃES, M. A. A. A. Conceptual differences between the bioclimatic urbanismo for Europe and for the tropical humid climate. **Renewable Energy**, v. 33, 2008.

CORREA, A. C. B. Contribuição à análise do Recife como um geossistema urbano. **Revista de Geografia (Recife)**, Recife, v. 23, p. 86-101, 2006.

DONALÍSIO, M. R.; GLASSER, C. M. Vigilância Entomológica e Controle de Vetores do Dengue. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 5, n. 3, 2002.

ERELL, E.; WILLIAMSON, T. The Spatial Variability of Air Temperature in the Urban Canopy Layer. In: PALENC CONFERENCE, 2; AIVC CONFERENCE, 28, Ilha de Creta, 2007. **Proceedings...** Ilha de Creta: PALENC, 2007. p. 304-308.

FAN, J.; WEI, W.; BAI, Z.; FAN, C.; LI, S.; LIU, Q.; YANG, K. A System Review and Meta-Analysis of Dengue Risk with Temperature Change. **International Journal of Enviroments Research and Public Health**, v. 12, p. 1-15, 2015.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista política hoje**, v. 18, n. 1, 2009.

FILHO, M. N. M. **Escalas da diversidade intraurbana**. Recife: Edições Bagaço, 310 p., 2009.

FLAUZINO, R. F.; SANTOS, R. S.; BARCELLOS, C.; MAGALHÃES, M. A. F. M.; OLIVEIRA, R. M. Heterogeneidade espacial da dengue em estudos locais, Niterói, Rj. **Revista saúde pública**, v. 43, n. 6, p. 1035-1043, 2009.

FRANCO, F. M.; NOGUEIRA, M. C. J. Análise microclimática em função do uso e ocupação do solo em Cuiabá – MT. **Revista Mercator**, v. 11, n. 26, p. 157-170, 2012.

GAN, M.A; KOUSKY, V.E. Estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e Leste do Brasil. **INPE**, São José dos Campos, (INPE - 2579-PRE/227), 1982.

GARTLAND, L. De Ilhas de calor para comunidades frescas. In: **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas** / Lisa Gatland; Tradução Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GIVONI, B. Urban Design in Different Climates. **WMO Technical Document**, Geneva, n. 346, 1989.

GOMEZ, A. L. et al. **El clima de la ciudades españolas**. Madrid. Editora Cátedra, p. 267, 1993.

GUBLER, D. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. **Clinical Microbiology Reviews**, Philadelphia, v. 3, n. 11, p. 480-496, jul. 1998.

GUBLER, D. Dengue and dengue hemorrhagic: its history and resurgence a global health problem. In: GUBLER, Duane; KUNO, Goro (Ed.). **Dengue and dengue hemorrhagic**. New York: CAB Internacional, p. 1-22, 1997a.

GUBLER, D. Epidemic Dengue/Dengue Haemorrhagic Fever: a global public health problem in the 21st century. **Dengue Bulletin**, v. 21, p 1-19, 1997b.

HASSAN, H.; SHOHAIMI, S.; HASHIM, N. R. Risk mapping of dengue in Selangor and Kuala Lumpur, Malaysia. **Geospatial Health**, 7(1), 21-25, 2012.

JOHANSSON, M.A.; CUMMINGS, D.A.T.; GLASS, G.E. Multiyear Climate Variability and Dengue—El Niño Southern Oscillation, Weather, and Dengue Incidence in Puerto Rico, Mexico, and Thailand: A Longitudinal Data Analysis. **PLoS Med**, Califórnia, 6(11): e1000168. doi: 10.1371/journal.pmed.1000168, 2009.

JUNIOR, J. A.; MENDONÇA, F. A problemática da dengue em Maringá-PR: Uma abordagem socioambiental a partir da epidemia de 2007. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 8, n. 15, p. 157-176, 2012.

KHALID, B.; GHAFAR, A. Dengue transmission based on urban environmental gradients in different cities of Pakistan. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, p. 267-283, 2014.

KOBAYASHI, M.; KURIHAHA, N. N. Analysis of northern distribution of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Japan by geographical information system. **Journal of Medical Entomology**, v. 39. n. 1, p. 4-11, 2002.

LANDSBERG, H. E. “O Clima das Cidades”, **Revista do Departamento de Geografia**, n. 18, p. 95-111, 2006.

LI, C. F.; LIM, T. W.; HAN, L. L.; FANG, R. Rainfall, abundance of *Aedes aegypti* and dengue infection in Selangor, Malaysia. **The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health**, v. 16, n. 4, p. 560-568, 1985.

LIEBMAN, K. A.; STODDARD, S. T.; MORRISON, A. C.; ROCHA, C.; MINNICK, S.; SIHUINCHA, M.; RUSSEL, K. L.; OLSON, J. G.; WATTS, D. M.; KOCHER, T.; SCOTT, T. W. Spatial Dimensions of Dengue Virus Transmission across Inter-epidemic and Epidemic Periods in Iquitos, Peru (1999-2003). **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 6, n. 2, 2012.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles**. Ed. Hucitec, São Paulo, 1985.

MAITELLE, G. T. Balanço de energia estimado para cidade de Cuiabá: uma abordagem de balanço de energia pelo método de Bowen. **Fórum Patrimônio**, v.4, n.1, p.1-34, 2010.

MENDEZ-LÁZARO, P.; MULLER-KARGER, F. E.; OTIS, D.; McCARTHY, M. J.; PEÑA-ORELLANA, M. Assessing Climate Variability Effects on Dengue Incidence in San Juan, Puerto Rico. **International Journal of Environmental Research Health**, v. 11, 2014.

MENDONÇA, A. F. Clima e Planejamento Urbano em Londrina: preposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. In: MONTEIRO, C. A.

MENDONÇA, F. A. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 192 p. 2003.

MENDONÇA, F. A. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos a contingência climática. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 9, p. 153-163, dez. 2010. Número especial (a).

MENDONÇA, F. A.; ROSEGHINI, W. F. F.; AQUINO J. R. J. CLIMATE CHANGE, WEATHER TYPES AND DENGUE: a comparative approach between Giruá (RS) and Maringá (PR) Brasil. In: UGI - 2011: **Conferencia Geografia Regional**, 2011, Santiago. Chile. UGI 2011a - Conference Proceedings. Santiago. Chile: UGI / FISA, 2011a. v. 1. p. 1-12.

MENDONÇA, F. A.; SOUZA, A. V.; DUTRA, D. A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. **Sociedade & natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 257-269, 2009.

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

MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba/PR). **R. RA'E GA – Revista O espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, n. 9, p. 25-35, 2005.

MENDONÇA, M. S. A vulnerabilidade da urbanização do centro sul do Brasil frente à variabilidade climática. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 9, p. 135-151, dez. 2010. Número especial (b).

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEO/USP, 1976.

MONTEIRO, C. F. A. Teoria e clima urbano. In: MENDONÇA, Francisco (orgs). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MOREIRA, E. B. M. **Balanço de energia e evapotranspiração na cidade do Recife-PE por sensoriamento remoto**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, p. 152, 2014.

MOREIRA, E. B. M.; GALVÍNCIO, J. D. Espacialização das temperaturas à superfície na cidade do Recife, utilizando imagens TM – Landsat 7. **Revista de Geografia**, v. 24, p. 101-115, 2007.

NINPHANOMCHAI, S.; CHANSANG, C.; HII, Y. L.; ROCKLÖV, J.; KITTAYAPONG, P. Predictiveness of Disease Risk in Global Outreach Tourist Setting in Thailand Using Meteorological Data and Vecto-Borne Disease Incidences. **International Journal of Enviromental Research and Public Health**, n. 11, 2014.

NÓBREGA, R. S.; VITAL, L. A. B. Influência da Urbanização sobre o Microclima de Recife e Formação de Ilha de Calor. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 03, p. 151- 156, 2010.

OKE, T. R. Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v. 1, n. 1/4, p. 237-254, 1981.

OKE, T. R. Canyon Geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, New Jersey, v. 1, p. 237-254, 1981.

OKE, T. R. Street design and urban canopy climate. **Energy and Buildings**, v. 11 p. 103-113, 1988.

OKE, T.R. **Boundary Layer Climates**. Routledge, London, 1987.

OLIVEIRA, Tiago Henrique. **Mudança espaço temporal do uso e cobertura do solo e estimativa do balanço de energia e evapotranspiração diária no município do Recife-PE**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

PÁEZ, F. A. A. La sustentabilidad urbana em las ciudades. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 27, n. 2, p. 11-33, 2007.

PASTRANA, M. E. O.; BRITO, R. L.; NICOLINO, R. R.; OLIVEIRA, C. S. F.; HADDAD, J. P. A. Spatial and statistical methodologies to determine the distribution of dengue in Brazilian municipalities and relate incidenc with the health vulnerability index. **Spatial and Spatio-temporal Epidemiology**, v. 11, p. 143-151, 2014.

PROMPOU, S.; JAROENSUTASINEE, M.; JAROENSUTASINEE, K. Climatic Factors Affecting Dengue Haemorrhagic Fever Incidence in Southern Thailand. **Dengue Bulletin**, v. 29, 2005.

QUINTERO, J.; BROCHERO, H.; SAIDE-MANRIQUE, P.; PÉREZ-BARRERA, M.; BASSO, C.; ROMERO, S.; CAPRARA, A.; CUNHA, J. C. L.; BELTRÁN-AYALA, E.; MITCHELL-FOSTER, K.; KROEGER, A.; SOMMERFELD, J.; PETZOLD, M. Ecological, biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America: a multi-country study. **BMC Infectious Diseases**, v. 14, n. 38, 2014.

RODHAIN, F.; ROSEN, L. Mosquito vectors and dengue vírus-vector relations ships. In: Gruber, Dj, Kuno, G. Editors. **Dengue and dengue hemorrhagic fever**. New York: CAB International, p. 45-60, 1997.

ROSEGHINI, W. F. F. **Clima urbano e dengue no centro-sudoeste do Brasil**. Curitiba: UFPR, 2013.

SABROZA, P. C.; TOLEDO, L. M. OSANAI, C. H. A organização do espaço e processos endêmicos-epidêmicos. **Saúde, Ambiente e Desenvolvimento**, São Paulo, v. 2, p. 57-77, 1992.

SAILOR, D. J.; LU, L. A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban áreas. **Energy and Buildings**, v. 38, p. 2737-2748, 2004.

SANTOS, C. O.; PINTO, J. E. S. S. Percepção da qualidade socioambiental da área urbana de Itabaiana/SE. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 18, p. 93-104, 2010.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: HUCITEC, 1994.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo: Hucitec, 1991.

SANTOS, N. N. P. Cidade e sustentabilidade territorial. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 7-22, 2011.

SEQUERA, P.; GONZÁLESZ, J.; MCDONALD, K.; BORSTEIN, R.; COMARAZAMY, D. Combined impacts of land cover changes and large-scale forcing on Southern California summer daily maximum temperatures. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 120, n. 18, p. 9208-9219, 2015.

TAULI, P. L. Urbanização e ecologia do dengue. **Cadernos de saúde pública**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 99-102, 2001.

TEIXEIRA, M. G.; BARRETO, M. L.; GUERRA, Z. Epidemiologia e Medidas de Prevenção do Dengue. **Informe epidemiológico do SUS**, Salvador, v. 8, n. 4, p. 5-33, 1999.

TEODORO, P. H. M. O sofisma da sustentabilidade urbana. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 101-113, 2012.

TSIRIOS, I. X. Assessment and energy implications of street air temperature cooling by shade trees in Athens (Greece) under extremely hot weather conditions. **Renewable Energy Journal**, v. 35, 2010.

TUN-LIN, W.; BURKOT, R.; KAY, H. Effects of temperature and larval diet on development rates survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. **Medical e Veterinary Entomology**, v. 14, n. 1, p. 31-37, 2001.

USGS - Geological Survey / Serviço de Levantamento Geológico Americano. **Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat-8**, EUA. Acesso em 03 de dezembro de 2015. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov>>.

VARGAS, W. P.; KAWA, H.; SABROZA, P. C.; SOARES, V. B.; HONÓRIO, N. A.; ALMEIDA, A. S. Association among house infestation index, dengue incidence, and sociodemographic indicators: surveillance using geographic information system. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, 2015.

VAZQUEZ-PROKOPEC, G. M.; KITRON, U.; MONTGOMERY, B.; HORNE, P.; RITCHIE, S.A. Quantifyin the Spatial Dimension of Dengue Virus Epidemic Spread within a Tropical Urban Environment. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 4, n. 12, 2010.

WICKRAMAARACHCHI, W. P. T. M.; PERERA S. S. N.; JAYASINGHE, S. Modelling and analysis of dengue disease trasnmission in urban Colombo: A wavelets and cross wavelets approach. **Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka**, Colombo, v. 43, n. 4, p. 337-345, 2016.