



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Gabriela de Castro Corrêa

**Mapeamento do Risco de Inundação da Bacia Pavuna-Meriti, estado do Rio  
de Janeiro**

Rio de Janeiro

2019

Gabriela de Castro Corrêa

**Mapeamento do Risco de Inundação da Bacia Pavuna-Meriti, estado do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César da Silva

Coorientadora: Profa. Dra. Rosa Maria Formiga Johnsson

Rio de Janeiro

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

C824 Corrêa, Gabriela de Castro.  
Mapeamento do risco de inundação da bacia Pavuna-Meriti, Estado do Rio de Janeiro / Gabriela de Castro Corrêa. – 2019.  
122f.

Orientador: Júlio Cesar da Silva.

Coorientadora: Rosa Maria Formiga Johnsson.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Solos - inundação - Teses. 3. Avaliação de riscos ambientais - Teses. 4. Bacias hidrográficas urbanas – Teses I. Silva, Júlio Cesar da. II. Johnsson, Rosa Maria Formiga. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 556.51

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Gabriela de Castro Corrêa

**Mapeamento do Risco de Inundação da Bacia Pavuna-Meriti, estado do Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovado em: 14 de Janeiro de 2019.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Júlio Cesar da Silva (Orientador)

Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Profa. Dra. Rosa Maria Formiga Johnsson (Coorientadora)

Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Júnior

Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Prof. Dr. Leonardo Esteves de Freitas

Instituto De Geociências / Departamento de Geografia - UFRJ

Rio de Janeiro

2019

## AGRADECIMENTOS

Ao distribuidor da Graça, que me concedeu, mais uma vez, a vida, a saúde, as condições, as capacidades e a oportunidade de estudar sobre a natureza, obra de Suas mãos, e poder contribuir para sua preservação.

À UERJ, ao PEAMB e seus professores, que me desafiaram a ir mais longe, a me esforçar mais, a aprender mais e resistiram (resistem e resistirão) bravamente todos os dias para a sobrevivência do ensino, da educação, da pesquisa para que eu e tantos outros, da maneira mais igualitária e justa possível, possamos avançar.

Aos meus orientadores que me guiaram, ensinaram, atenderam aos meus e-mails e mensagens ansiosas e se reuniram em horários que nem tinham, moldando meu projeto.

Aos companheiros de Mestrado que foram parceiros, que escutaram meus desabafos, compartilharam provas antigas, desesperos e anseios e me fizeram rir. A jornada foi mais leve com vocês mesmo sendo raros os encontros. À Louise e Tamires, em especial, que além disso, foram incansáveis e gentis em tirar minhas dúvidas.

Aos amigos e a família por se orgulharem de mim nos passos que dou. Isso faz com que eu acredite no meu potencial a cada dia um pouquinho mais.

Ao meu namorado, noivo e em breve marido por segurar as pontas e abrir mão de si para que eu pudesse trilhar os caminhos acadêmicos.

O custo do cuidado é sempre menor que o custo do reparo.

*Marina Silva*

## RESUMO

CORRÊA, Gabriela de Castro. *Mapeamento do risco de inundação da bacia Pavuna-Meriti, estado do Rio de Janeiro*. 2019. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Desastres dos mais diversos atingem o mundo, por isso é necessário um profundo engajamento na sua prevenção, redução e gestão. A inundação é um dos eventos que produzem os desastres mais impactantes, inclusive no Brasil. Daí a importância da redução do risco como um dos caminhos a ser seguido. O mapeamento apresenta-se como uma ferramenta estratégica para a tomada de decisão na redução do risco por ser uma base simples, de fácil compreensão e, também, fácil de construir. A partir da metodologia de Análise Hierárquica Ponderada e um software livre (QGIS), este trabalho se dedica ao estudo de caso da bacia Pavuna-Meriti, visando dar subsídios para a redução do risco de desastres relacionados à inundação em regiões com escassez de dados e informações. Trata-se de uma bacia de grande relevância para o Estado por compreender quatro municípios importantes da Região Metropolitana do Rio de Janeiro - Rio de Janeiro, Duque de Caxias, São João de Meriti e Nilópolis -, receber vias principais e ser densamente ocupada. Sua tendência natural à inundação é decorrente de suas características físicas de baixada e brusca diferença de declividade, variáveis selecionadas nesta pesquisa para avaliar o risco da área. Assim, o trabalho, após vasta pesquisa, coleta dados sobre a bacia, compila as informações e, através da criação do mapa de risco de inundações, fornece uma ferramenta para a gestão de risco da bacia Pavuna-Meriti.

Palavras-chaves: Gestão; Redução; Análise Hierárquica Ponderada; QGIS.

## ABSTRACT

CORRÊA, Gabriela de Castro. *Mapping of the Pavuna-Meriti Basin flood Risk, Rio de Janeiro state*. 2019. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Disasters of the most diverse reach the world, so a deep commitment is needed in its prevention, reduction and management. The flood is one of the events that produce the most shocking disasters, including in Brazil. That is why the risk reduction is importance and needed to be followed. Mapping is a strategic tool for decision-making in risk reduction because it is a simple, easy-to-understand and easy to build. Based on the Scaling Method for Priorities in Hierarchical and free software (QGIS), this work is dedicated to the case study of the Pavuna-Meriti basin, aiming to provide subsidies for reducing the risk of flood-related disasters in regions with low data and information. It is a basin of great relevance to the State because it comprises four important municipalities of the Rio de Janeiro Metropolitan Region - Rio de Janeiro, Duque de Caxias, São João de Meriti and Nilópolis -, receive main roads and be densely occupied. Their natural tendency to flood is due to their physical characteristics of low and abrupt difference of slope, variables selected in this research to evaluate the area risk. Thus, the work, after extensive research, collects data on the basin, compiles the information and, through the creation of a flood risk map, provides a tool for the risk management of the Pavuna-Meriti basin.

Keywords: Management; Reduction; Scaling Method for Priorities in Hierarchical; QGIS.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Percentagem e número total de ocorrência de desastres relacionados ao clima entre 1995 e 2015. ....	16
Figura 2: Porcentagem de pessoas afetadas por desastres relacionados ao clima entre 1995 e 2005 .....	16
Figura 3: Total de registro dos desastres no período de 1991 a 2012 .....	18
Figura 4: Registros de inundação por ano entre 1991 e 2012. ....	18
Figura 5: Frequência de eventos de cheia ocorridos entre 2003 e 2015. ....	19
Figura 6: Porcentagem dos desastres naturais mais recorrentes no Estado do Rio de Janeiro entre 1991-2010.....	21
Figura 7: Trabalho do CEMADEM na gestão de desastre.....	29
Figura 8: Estrutura governamental para a gestão de risco e resposta a desastre natural.....	30
Figura 9: Esquema simplificado das organizações atuantes na Gestão de Risco de Desastres no Rio de Janeiro.....	31
Figura 10: Representação da gestão de risco de desastre pelo Inea e suas atribuições.....	32
Figura 11: Esquema da Gestão de Risco de inundações .....	33
Figura 12: Método para mapeamento de risco .....	42
Figura 13: Fluxograma com as etapas necessárias para a criação do mapa de risco .....	47
Figura 14: Parte relativa a Baía de Guanabara no sumário o plano estadual de recursos hídricos do estado do rio de janeiro .....	49
Figura 15: Localização da bacia Pavuna-Meriti e seus municípios .....	56
Figura 16: Coleta e tratamento de esgoto sanitário relativos a 2010 no município do Rio de Janeiro .....	60
Figura 17: Atendimento de coleta de lixo relativos a 2010 no município do Rio de Janeiro .....	61
Figura 18: Mapa de risco de inundação de Duque de Caxias .....	68
Figura 19: Rede de esgotos São João de Meriti .....	72
Figura 20: Mapa com a localização das áreas de risco de escorregamento e inundação de parte do município de São João de Meriti.....	74
Figura 21: Mapa da bacia Pavuna-Meriti e seus rios .....	78
Figura 22: ETE Pavuna .....	80
Figura 23: Tronco coletores e redes de esgoto do sistema Pavuna .....	81
Figura 24: Encontro do rio Pavuna e Acari.....	83
Figura 25: Nascente do Rio Pavuna-Meriti, proximidade com lixão a céu aberto. ....	84
Figura 26: Represa de Gericinó - Acumula de resíduos flutuantes – Vista Google Earth.....	85
Figura 27 -Retificação do rio Pavuna-Meriti. ....	86
Figura 28: Ocupação marginal de calha secundaria do rio, conjunto Parque das Missões.....	86
Figura 29: Topografia da Bacia do Rio Acari .....	87
Figura 30: Diagrama dos Rios principais e afluentes, na Bacia do Rio Acari .....	88

Figura 31: Condicionantes naturais e antrópicas da drenagem na cidade do Rio de Janeiro.....	91
Figura 32: Manchas de alagamento no rio Acari .....	92
Figura 33: Intervenções propostas na bacia do Rio Acari.....	94
Figura 34: Parques urbanos propostos no rio Acari .....	95
Figura 35: Mapa de altitude da bacia Pavuna-Meriti .....	97
Figura 36: Mapa de declividade da bacia Pavuna-Meriti.....	100
Figura 37: Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Pavuna-Meriti .....	103
Figura 38: Mapa de moradores por setor censitário da Bacia Pavuna-Meriti.....	105
Figura 39: Mapa de vulnerabilidade à inundação .....	109

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Desastres do estado do Rio de Janeiro .....	20
Tabela 2: Categorias de risco .....	24
Tabela 3: Exemplo de matriz preenchida segundo o método AHP.....	44
Tabela 4: Matriz com variáveis selecionadas para a bacia Pavuna-Meriti .....	53
Tabela 5: Escala de comparadores .....	54
Tabela 6: IDH por região administrativa.....	59
Tabela 7: Eventos extremos de chuva e transtornos ligados a inundações e alagamentos no município do Rio de Janeiro noticiados no jornal “O Extra” (2006-2010).....	62
Tabela 8: Porcentagem do atendimento de rede de esgoto em São João de Meriti .....	72
Tabela 9: Relação das áreas com risco de inundação.....	73
Tabela 10: Bairros por município que pertencem a Bacia Pavuna-Meriti .....	79
Tabela 11: Populações totais por sub-bacias hidrográficas.....	80
Tabela 12: Indústrias mais poluidoras da bacia Pavuna-Meriti e seus respectivos consumos, descartes e qualidade dos efluente. ....	82
Tabela 13: Extensão Territorial por Município do rio Pavuna-Meriti .....	83
Tabela 14: Vazões do rio Pavuna.....	85
Tabela 15: Principais rios da sub-bacia Acari.....	89
Tabela 16: Estratificação socioeconômica na Bacia do rio Acari.....	90
Tabela 17: Classificação de altitude.....	96
Tabela 18: Classificação da declividade .....	99
Tabela 19: Classificação de uso de solo.....	102
Tabela 20: Classificação de acordo com pessoas no setor censitário .....	104
Tabela 21: Primeira etapa do preenchimento da matriz de acordo com a escala de comparadores .....	106
Tabela 22: Matriz de comparação pareada.....	106
Tabela 23: Determinação dos pesos estatísticos para cada variável .....	107

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas  
AHP - Análise Hierárquica Ponderada  
APA - Áreas De Proteção Ambiental  
BO - Boletins De Ocorrência  
CEASA - Centrais de Abastecimento  
CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos  
CEMADEN - Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais  
CENAD - Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres  
CENG - Conselho de Entidades não-Governamentais  
CERHI - Conselho Estadual de Recursos Hídricos  
CEstAD - Centro Estadual de Administração de Desastres  
COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana Rio De Janeiro  
CONEDEC - Conselho Estadual de Defesa Civil  
CPRM - Serviço Geológico do Brasil  
DBO Demanda bioquímica de Oxigênio  
DQO Demanda química de Oxigênio  
DRM Departamento de Recursos Minerais  
ETE – Estação de tratamento de esgoto  
GIS - Geographic Information System  
GPS - Global Positioning System  
GRAC - Grupo Integrado de Ações Coordenadas  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDH – Índice de desenvolvimento urbano  
INEA - Instituto Estadual do Ambiente  
MC - Ministério das Cidades  
MI - Ministério da Integração Nacional  
ONU – Organizações das nações Unidas  
PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PDBG - Programa de Despoluição da Baía de Guanabara

PIB - Produto Interno Bruto

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico de Duque De Caxias

PMRR - Plano Municipal de Redução de Risco

PSAM - Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara

SEDEC - Secretaria de Defesa Civil

SEOBRAS - Secretaria de Estado de Obras

SES - Secretaria de Estado da Saúde

SIMERJ Serviço de Meteorologia do estado do Rio de Janeiro

SIGs - Sistemas de Informações Geográficas

SRTM - Missão Topográfica Radar Shuttle

UEPSAM - Unidade Executora do Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do entorno da Baía de Guanabara

USGS - United States Geological Survey

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	13
1 GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES.....	15
1.1 Histórico dos desastres ambientais no Brasil e no mundo.....	15
1.2 Bases conceituais relativas à gestão do risco de inundações.....	21
1.2.1 Gestão de risco de desastres .....	22
1.2.2 Redução de risco de desastre.....	34
1.2.3 Mapeamento como ferramenta de gestão.....	37
2 METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DE RISCOS .....	47
2.1 Caracterização da bacia Pavuna-Meriti, Rio de Janeiro .....	48
2.2 Mapeamento das variáveis componentes do risco.....	50
2.2.1 Altitude.....	50
2.2.2 Declividade.....	51
2.2.3 Uso e ocupação do solo.....	52
2.2.4 Moradores por setor censitário.....	52
2.3 Mapeamento do risco de desastre relacionado a inundação .....	53
2.3.1 Método de análise hierárquica ponderada aplicado ao mapeamento de risco.....	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	55
3.1 Caracterização da Bacia Pavuna-Meriti .....	55
3.1.1 Caracterização no âmbito municipal .....	56
3.1.2 Caracterização da Bacia Pavuna-Meriti .....	77
3.2 Mapeamento da bacia Pavuna-Meriti .....	96
CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	112
REFERÊNCIAS .....	114

## INTRODUÇÃO

Desastres naturais têm ocorrido mais e afetado mais pessoas. Por isso, debruça-se sobre eles a fim melhor gerir seus efeitos. Dentre eles, as inundações têm os maiores impactos. Apesar do Brasil não ter grande histórico de desastres naturais, as inundações, juntamente com as secas e os deslizamentos, são fontes de preocupações para a gestão governamental.

O Estado do Rio de Janeiro é privilegiado em informações e ações nesse sentido. Um dos maiores projetos (e frustrações) neste sentido é com a região da Baía de Guanabara. Apesar de muitos estudos sobre outras bacias fluviais sua redondeza, a bacia Pavuna-Meriti tem sido negligenciada no que se refere a estudos e medidas preventivas quanto a inundações.

Essa bacia fluvial pertence à Região Metropolitana do Rio de Janeiro, na divisa de quatro municípios: Rio de Janeiro, Duque de Caxias, São João de Meriti e Nilópolis. No seu interior, estão localizadas importantes vias urbanas como a BR-101, sistemas de trem e metrô. Seus rios desaguam na baía de Guanabara. Toda essa região geográfica concentra grandes unidades produtoras, alta densidade populacional e *hub* logístico com alcance nacional e internacional, características que apontam sua relevância.

A área de baixada recebe alagamentos naturais, mas devido à intensa ocupação humana que se sobrepõe ao caminho natural dos rios, sua frequência e impacto são ampliados: a água que volta ao curso dos rios ou que é infiltrada carrega consigo lixo e efluentes, que poluem os corpos hídricos; há perdas de produtos no comércio que impedem seu funcionamento, transmitem doenças de veiculação hídrica, interferem no deslocamento das cidades no entorno. Até morte de humanos foram registradas entre as consequências. Tudo isso é revertido em prejuízo econômico para as pessoas e para as organizações públicas e privadas.

Assim, o objetivo principal deste trabalho é mapear do risco de inundação da bacia Pavuna-Meriti. Como objetivos secundários, pretende fazer uma vasta revisão bibliográfica sobre a área do Pavuna-Meriti, compilar e estruturar esses dados e, através da criação de mapas de risco de inundações, analisar e discutir os resultados.

Para tal, buscaram-se compreender a gestão de risco de inundações, sua magnitude, impacto, diversos atores, conceitos, marcos mundiais e brasileiros, métodos de gestão. Assim escolheram-se as bases e o rumo da dissertação, com clareza expostos no capítulo 1.

O capítulo 2 mostra como é possível construir um mapa de risco de maneira rápida, com dados de fácil acesso através de uma ferramenta matemática e com programa gratuito de Sistema de Informações Geográficas.

No capítulo 3, apresentam-se os resultados do estudo. Primeiro descreve e qualifica a área através de seus municípios; identificar históricos de inundações, seus impactos, tentativas de prevenção e mitigação; mas principalmente, indica os principais rios e seus afluentes e (apesar de se buscar uma visão de bacia foi necessário) individualiza-los para melhor compreender suas características, suas transformações e comportamentos. Depois, aponta a relação das às áreas susceptíveis a inundações de acordo com cada variável isoladamente, bem como as áreas quando é levado em consideração o conjunto delas (mais próximo à realidade). Baseando-se no referencial teórico, é possível discutir e interpretar os resultados neste mesmo capítulo, após a apresentação de cada um dos resultados.

Por fim, apresentam-se as conclusões que foram possíveis de se discernir por meio deste estudo, bem como as considerações finais e recomendações para trabalhos futuros.



## 1 GESTÃO DE RISCOS E DESASTRES

Como esta dissertação trata do mapeamento no contexto de inundação, esta primeira parte dedica-se a apresentar um panorama das suas dimensões e impactos em escala mundial, no Brasil e no Rio de Janeiro, localização da bacia estudada, Pavuna-Meriti. Aqui também são apresentados aspectos conceituais, estabelecendo quais serão usados, mostrando o caminho seguido sobre gestão, prevenção e o uso de mapas.

### 1.1 Histórico dos desastres ambientais no Brasil e no mundo

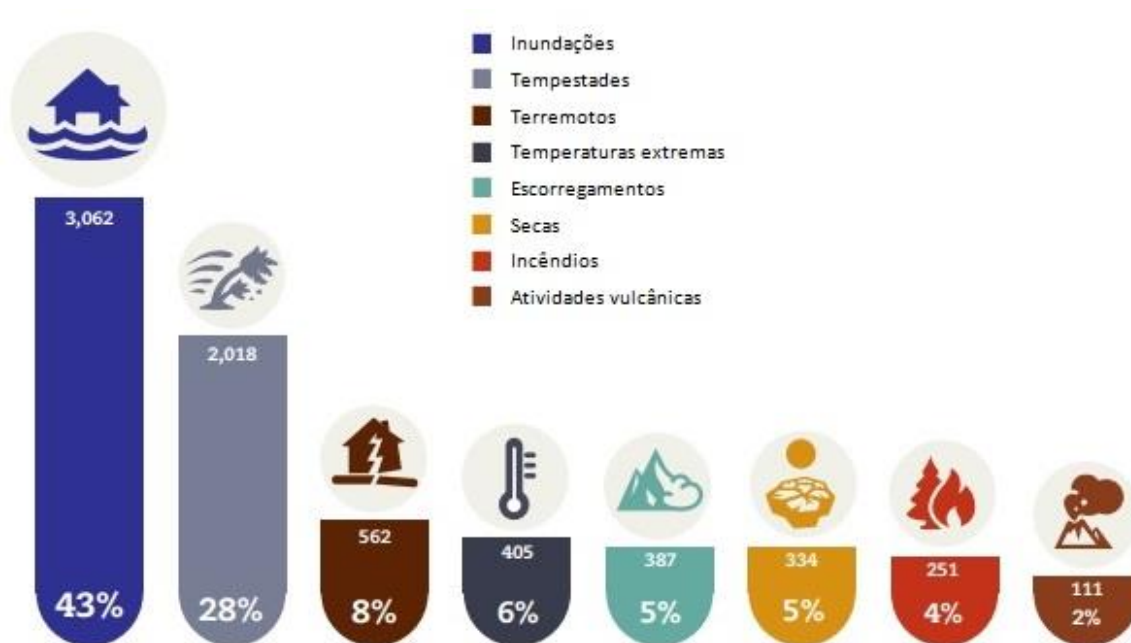
No mundo em média, 37 milhões de pessoas são afetadas todos os anos por ciclones, furacões ou tufões e quase 366 mil por deslizamentos de terra. Entre 2002 e 2011, foram registrados 4.130 desastres naturais, nos quais mais de 1,117 milhão de pessoas morreram (ONU, 2012a).

O tipo e magnitude do impacto são influenciados pelo local onde o desastre ocorre. Grandes cidades localizadas perto de falhas geológicas são suscetíveis a terremotos e enfrentam crescentes perdas econômicas e sociais. Já os pequenos países insulares em desenvolvimento são especialmente vulneráveis por causa da maior exposição a choques externos, como as alterações climáticas (ONU, 2012a).

Ao longo dos últimos vinte anos, 90% dos desastres foram causados por eventos relacionados ao clima (inundações, tempestades temperaturas extremas e secas), representados na Figura 1. Isso significa 6.457 registros um total de 606 mil mortes e mais de 4 bilhões de pessoas afetadas (UNISDR, 2015b).

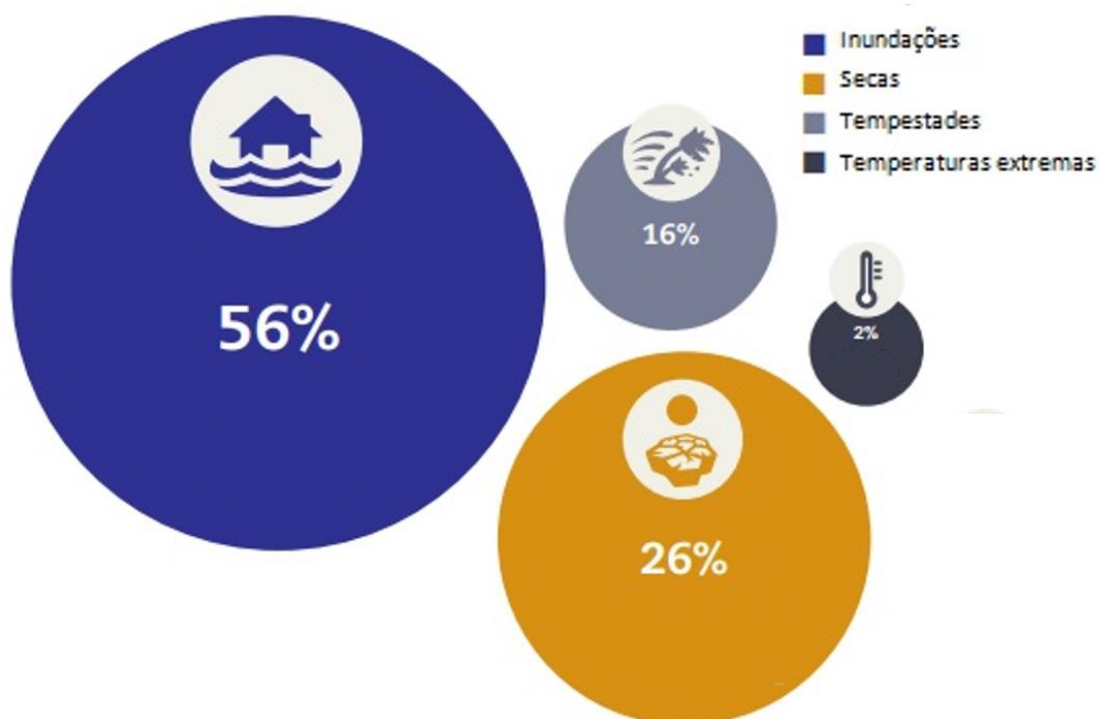
Em nível mundial, o número de eventos de inundações registradas (Figura 1), pessoas afetadas (Figura 2 2) e os danos financeiros e econômicos vêm aumentando significativamente. Entre 2005-2014, o número de inundações em média por ano subiu para 171 enquanto era de 127 na década anterior. De 1970-2011, a proporção da população que vive em bacias hidrográficas sujeitas a inundações aumentou 114%. Já as perdas totais em anos excepcionais como 1988 e 2010 excederam \$40 bilhões (BRASIL et al., 2012; JHA; BLOCH; LAMOND, 2012b; UNISDR, 2015b).

Figura 1: Percentagem e número total de ocorrência de desastres relacionados ao clima entre 1995 e 2015.



Fonte: UNISDR, 2015, tradução livre.

Figura 2: Porcentagem de pessoas afetadas por desastres relacionados ao clima entre 1995 e 2005



Fonte: CRED e UNISDR, 2015, tradução livre

A perda de vida impacta de maneiras diferentes países em desenvolvimento e países desenvolvidos. As mortes ainda são significativas em países em desenvolvimento, onde o impacto sobre os pobres é desproporcional, particularmente nas mulheres e crianças: inundações mataram 3.300 pessoas na Índia, em 2007 e, em torno de, 6.500 pessoas, em 2013; no Paquistão, em 2010 inundações mataram 2.100 pessoas e outros 1.900 na China (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012b; UNISDR, 2015b).

Como ressaltado por Freitas e Ximenes (2012), os impactos também têm fortes consequências ambientais, sobre a saúde (mortalidade e morbidade), infraestrutura/serviços/economia local. Relativos ao meio ambiente aborda contaminação biológica ou química da água, do solo e alimento; comprometimento dos serviços de saneamento e alteração nos ciclos ecológicos. Na saúde envolve doenças, transtornos mentais e de comportamento, lesões e envenenamentos. Já o terceiro, comprometimento ou desabamento da infraestrutura; interrupção de serviços locais; prejuízos econômicos e perdas materiais e; rompimento das relações sociais locais.

No Brasil, o relato dos desastres é mantido pelo o CEPED (2013) que contabilizou 38.996 registros de 1991 até 2012. Destes, 22% ocorreram na década de 1990; 56% na década de 2000 e 22% só entre 2010 e 2012. Estima-se que esses valores sejam ainda maiores devido à histórica fragilidade do Sistema de Defesa Civil brasileiro em manter atualizados seus registros.

Segundo CEMADEN (2017), os tipos de desastres mais recorrentes no Brasil são estiagens e secas, inundações e movimentos de massa. As inundações<sup>1</sup>, juntamente com enchentes<sup>2</sup>, enxurradas<sup>3</sup>, ou alagamentos<sup>4</sup> (eventos críticos de cheia) aparecem como o segundo item mais frequente, sendo intensificadas por variáveis climatológicas de médio e longo prazo, como períodos demorados de chuvas contínuas (Figura 3) (CEPED, 2013).

---

<sup>1</sup> Processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio (CARVALHO, MACEDO, OGURA, 2007)

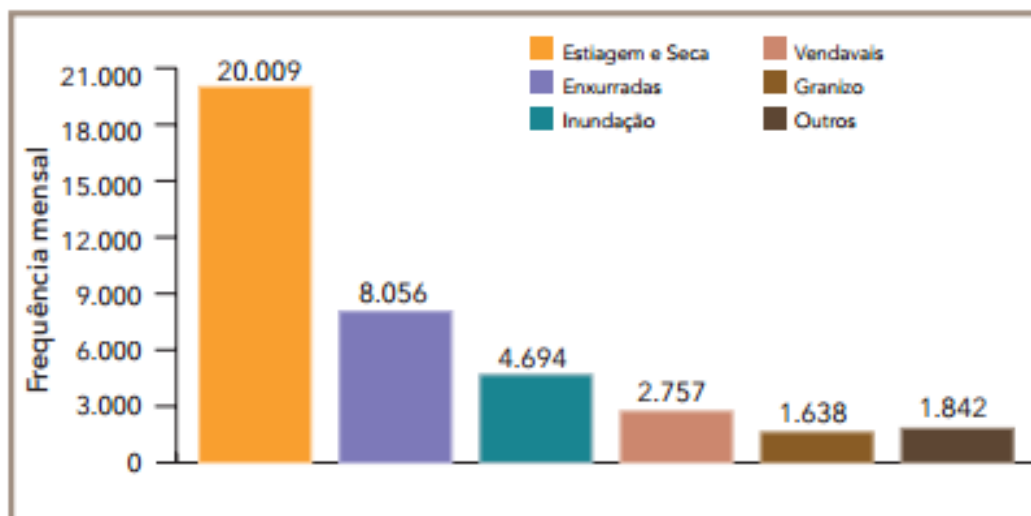
<sup>2</sup> Elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga (CARVALHO, MACEDO, OGURA, 2007)

<sup>3</sup> Escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte (CARVALHO; MACEDO;OGURA, 2007)

<sup>4</sup> Acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem (CARVALHO, MACEDO, OGURA, 2007)

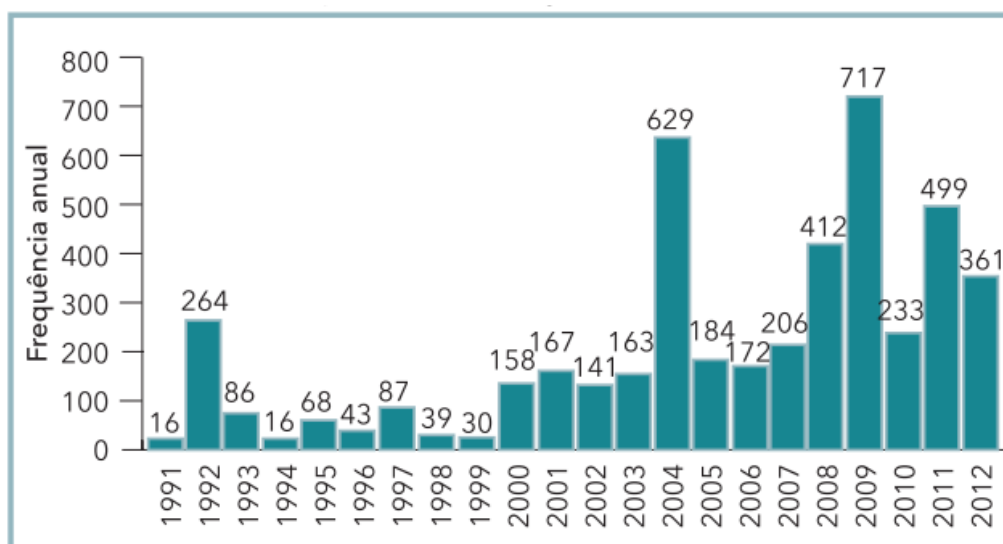
No Brasil, inundações somam 12% do total de ocorrências de desastres entre as décadas de 1991 e 2012. Apesar da diminuição observada nos últimos anos (Figura 4), a intensidade dos impactos dos eventos críticos não diminuiu (ANA, 2015; CEPED, 2013).

Figura 3: Total de registro dos desastres no período de 1991 a 2012



Fonte: Brasil (2013) apud CEPED (2013)

Figura 4: Registros de inundação por ano entre 1991 e 2012.

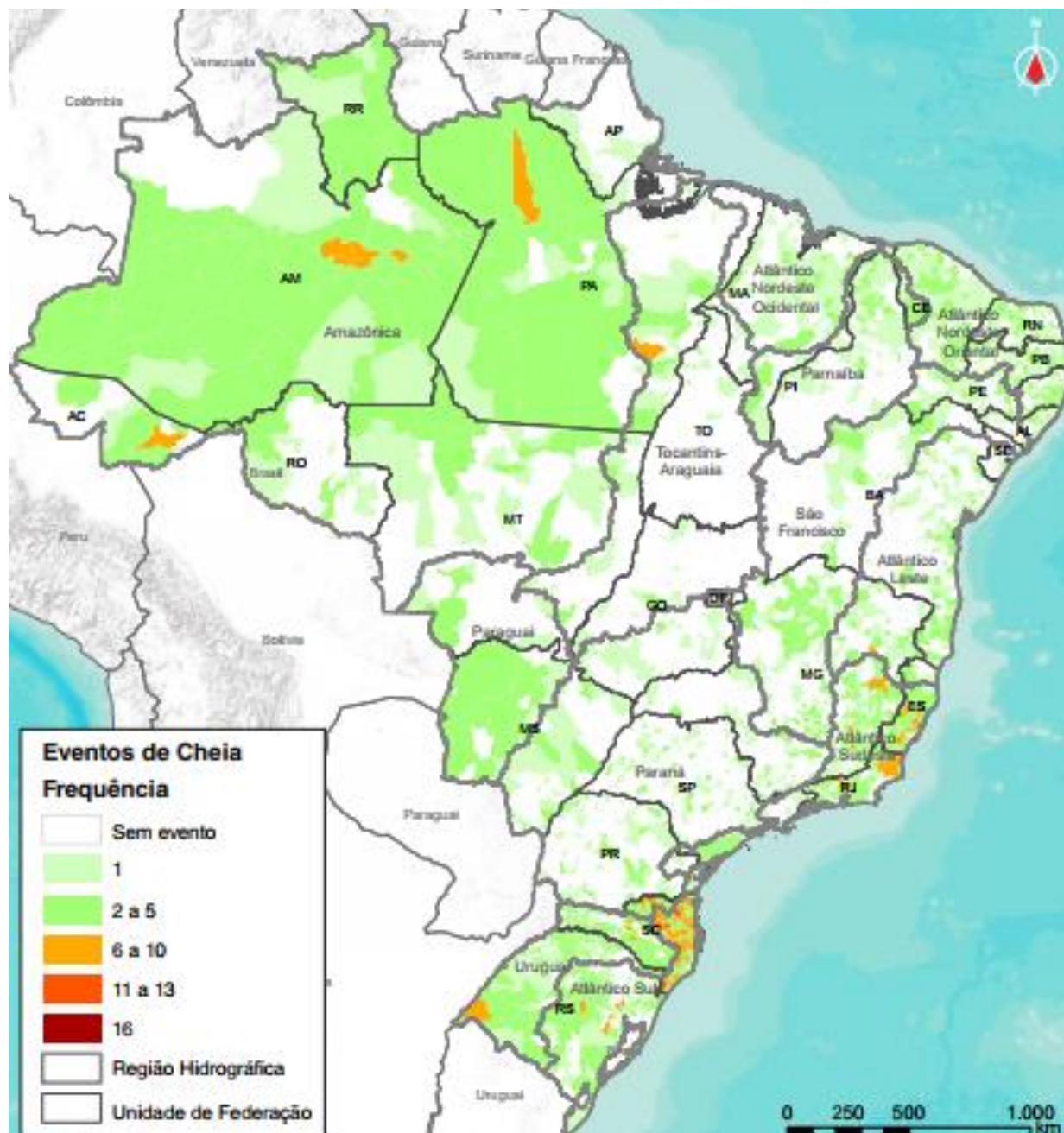


Fonte: Brasil (2013) apud ANA (2015)

A ocorrência de inundação é mais dispersa no território brasileiro (Figura 5), atingiu 47% dos municípios desde 2003 especialmente no Rio de Janeiro, Santa Catarina e algumas áreas na região norte (ANA, 2016). De maneira geral, a ocorrência de enxurradas se concentra nos meses

de verão e primavera, associada à entrada de frentes frias, enquanto as inundações se distribuem ao longo do ano, de acordo com as características climáticas das regiões brasileiras (CEPED, 2013).

Figura 5: Frequência de eventos de cheia ocorridos entre 2003 e 2015.



Fonte: ANA (2016)

O Brasil apresenta um elevado número de habitantes atingidos por inundações o que aponta a vulnerabilidade da sua população. Dimensões de classes socioeconômicas, aspectos étnicos,

gênero, educação, cultura, entre outros determinam diferentes formas de exposição da população a uma mesma ameaça. Estas condições se diferem de uma região brasileira para a outra (ANA, 2016).

O Sudeste tem a maior porcentagem de eventos de inundação, 34% do total, contendo 1.615 ocorrências registradas por 780 municípios entre 1990 e 2000, principalmente nos meses de primavera e verão. Seus rios apresentam um grande número de trechos de alta vulnerabilidade a inundações graduais<sup>5</sup>, 1.027, sendo a segunda maior do país e a maior quantidade de trechos suscetíveis à inundação. A região tem mais de 6 milhões de pessoas atingidas por danos diretos ou indiretos, nos últimos 22 anos. Houve mais que 440 mil pessoas desalojados e o total de mortes é bastante expressivo, 100 dos 177 óbitos do país (CEPED, 2013; DF, 2014; BRASILIA, 2012).

O Rio de Janeiro está na lista dos seis estados brasileiros com maiores números registrados, sobressaindo às inundações, que representam 67% dos eventos no Estado, entre 1991 e 2010. O dado não tem se alterado muito: em 2012, foram 62% de todas as ocorrências (Tabela 1: **Desastres do estado do Rio de Janeiro**). Elas também são responsáveis, em grande parte, pela decretação dos estados de emergência e calamidade pública (ANA, 2014; INEA; SEA, 2015).

Tabela 1: Desastres do estado do Rio de Janeiro

<b>Desastre</b>	<b>Inundação</b>	<b>Movimento de massa</b>	<b>Vendaval</b>	<b>Estiagem</b>	<b>Granizo</b>
<b>Número de ocorrências</b>	276	143	12	7	5
<b>Percentual de ocorrências em relação ao total (%)</b>	62	32	3	2	1

Fonte: Secretaria de Estado de Defesa Civil (2012) apud INEA; AMBIENTE (2015)

No estado, as inundações bruscas<sup>6</sup>, o tipo mais recorrente e impactante, corresponderam a 260 registros e atingiram 83% dos municípios e quase 2 milhões de fluminenses. Esse tipo é diretamente relacionado ao aumento das precipitações pluviométricas, sua concentração em curto período, além de acontecer mais de uma vez ao ano e se concentrar nos meses de verão (chuvosos). Os desastres por inundações graduais também foram expressivos, apresentando 155 registros e 900

<sup>5</sup> Sinônimo de enchentes (INEA, 2012; DE CASTRO 1998)

<sup>6</sup> Sinônimo de enxurrada (INEA, 2012; DE CASTRO 1998)

mil afetados. Eles estão relacionados à cheia e ao extravasamento dos rios que ocorrem com certa periodicidade, de forma paulatina e previsível (Figura 6). (ANA, 2014; CEPED UFSC, 2011).

Figura 6: Porcentagem dos desastres naturais mais recorrentes no Estado do Rio de Janeiro entre 1991-2010



Fonte: CEPED UFSC (2011)

No estado fluminense, um conjunto de condições torna sua área susceptível à inundação: fatores climáticos e meteorológicos além dos elementos naturais e antrópicos, como relevo acidentado, particularidades da hidrografia fluminense, modelo de planejamento da ocupação nas áreas urbanas, impermeabilização dos solos e estruturação da rede de drenagem (INEA; SEA, 2015).

## 1.2 Bases conceituais relativas à gestão do risco de inundações

A literatura dedicada à compreensão da relação entre desastres e inundações é muito rica e abundante. Inúmeros atores, autores, marcos, instituições e organizações ao redor do mundo, inclusive no Brasil, estabelecem suas definições e classificações.

Devido à compreensão de que esse tema é amplamente estudado, conhecido e determinado, opta-se por uma revisão bibliográfica dos autores: CIVIL, 1998; UN, 2005; TUCCI, 2005, 2007; THE OFFICE OF PUBLIC WORKS OF IRELAND, 2009; TRISK, 2009; UNISDR, 2009; WIRTZ; BELOW, 2009; UFSC, 2011; JHA; BLOCH; LAMOND, 2012; ONU, 2012b; CEPED, 2013; DF, 2014; INEA; AMBIENTE, 2015; TRISK 2014; ANA, 2015; UNISDR 2015a, 2015b; VIANA, 2016. Mas só são apresentadas o resumo das informações a fim de evidenciar os significados considerados neste trabalho.

Após a percepção da problemática, também é necessário mostrar com mais profundidade a consequência dessa diversidade na gestão de risco, pesquisando como diferentes protagonistas lidam com sua administração e apontar para uma ferramenta para auxílio na solução, o mapeamento baseado no método Análise Hierárquica Ponderada.

### 1.2.1 Gestão de risco de desastres

A ONU descreve desastre como o resultado da exposição ao perigo, à vulnerabilidade e da insuficiência em reduzir ou lidar com uma possível grave interrupção do funcionamento de uma sociedade que gere impacto humano, material ou econômico (ISDR, 2009).

No Brasil, o glossário de defesa civil, estudos de riscos e medicina de desastres (CIVIL, 1998, p. 52), uma grande referência nacional, possui quase duas páginas de definições, pois destaca sua quantificação, quanto aos danos e prejuízos, e classificação quanto à intensidade, evolução e origem. O glossário define desastre como:

Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (**vulnerável**), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

**Exposição** é determinada pela posição geográfica e quantificação de pessoas; recursos ambientais, serviços; infraestrutura; ou ativos econômicos, sociais ou culturais em áreas que podem ser afetadas pelo desastre. Está relacionada à proximidade com áreas suscetíveis e à possibilidade de um determinado evento atingi-los (VIANA, 2016).

**Perigo** é qualquer condição potencial ou real que pode vir a causar morte, ferimento ou dano à propriedade. Ultimamente, tende-se a substituir o termo por ameaça (CASTRO, 1998).

O **risco** é a probabilidade, mediante estudos sistematizados, de ocorrência de evento adverso, relacionado com a intensidade dos danos ou perdas, prejuízo econômico e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor. Ele pode ser expresso por equações, desde as mais simples, como frequência \* gravidade, quanto mais complexos que levam em consideração localização, dimensões, processos e materiais envolvidos, velocidade e trajetória (CASTRO, 1998; VIANA, 2016)

A **vulnerabilidade** contempla as características e circunstâncias de uma comunidade, sistema ou ativo que os torna propensos ou predispostos a serem afetados negativamente por um desastre. Ou seja, sua capacidade de antecipar, conviver, resistir e se recuperar do impacto de um



desastre. Dependendo da natureza dos elementos expostos, podem existir diferentes formas de vulnerabilidade, física e estrutural; humana: social; organizacional ou institucional; ambiental e funcional (VIANA, 2016).

**Suscetibilidade** é a análise de características físicas que favorecem a ocorrência de eventos adversos em uma determinada área constituem as tais como relevo acidentado e alto índice pluviométrico (VIANA, 2016).

Os diferentes conceitos, a falta de padrões e definições claras estão entre os principais desafios atuais no campo de dados de desastres o que leva a uma inconsistência de confiabilidade e pouca interoperabilidade de diferentes iniciativas. Para classificar tanta diversidade, é necessário um esquema de modo a atender a vários tipos de bancos de dados (globais e nacionais) e diversos profissionais do meio (com suas diversas compressões do evento) (RISK, 2014; WIRTZ; BELOW, 2009).

RISK (2014) apresenta seis categorias de risco amplas (Tabela 2): geofísico, um perigo originado de terra sólida; hidrológico, um perigo causado pela ocorrência, movimento e distribuição de água; meteorológico, um perigo causado por condições meteorológicas extremas de curta duração; climatológico, um perigo causado por processos atmosféricos de longa duração; biológico, um perigo causado pela exposição a organismos vivos e/ou suas substâncias tóxicas ou doenças transmitidas por vetores que elas podem carregar; e extraterrestre, um perigo causado por asteroides, meteoroides e cometas à medida que passam pela Terra, entram na atmosfera da Terra e/ou atingem a Terra, ou mudanças nas condições interplanetárias que afetam a magnetosfera, a ionosfera e a termosfera. Cada categoria pode ser ainda classificada por um conjunto de perigos principais.

Tabela 2: Categorias de risco

Geofísico	Tremor de terra
	Movimento de massa
	Atividade vulcânica
Hidrológico	Tempestade Convectiva
	Tempestade Extratropical
	Temperatura extrema
Meteorológico	Névoa
	Ciclone tropical
	Inundar
	Deslizamento de terras
	Ação das Ondas
Climatológico	Seca
	Explosão do Lago Glacial
	Incêndios
Biológico	Incidente Animal
	Doença
	Infestação de insetos
Extraterrestre	Colisão
	Clima Espacial

Fonte: RISK, 2014 tradução livre.

É importante ressaltar que o risco de desastre tem impacto global; ações em uma região podem ter um impacto sobre os riscos em outro, e vice-versa. Isso é agravado por condições como degradação ambiental, mudanças climáticas, riscos geológicos, competição por recursos escassos e impacto de epidemias. A associação entre os perigos e os principais eventos não é uma relação um-para-um, pois um perigo pode ser vinculado a mais de uma categoria ou um perigo pode ser um dos fatores que desencadeiam um segundo perigo (UN, 2005; RISK, 2014).

A classificação é uma mera simplificação e generalização. Por isso, sempre é recomendada uma avaliação caso a caso permitindo que as particularidades de cada desastre sejam contempladas na sua redução, manejo, recuperação, impacto e inicialmente a quantificação. A nomenclatura dada aos perigos acompanha todos os aspectos relativos a ele (ISDR, 2009).

Segundo a The Office of Public Works of Ireland (2009), inundação é um termo genérico definido como um processo natural temporário de cobertura da terra pela água, na costa ou no interior causada por chuvas prolongadas e/ou intensas. Por isso, sua classificação é extensa: terrestre, advindas do sistema de drenagem, pluviais de água subterrânea ou estuária etc. Os diversos atores que trabalham na área de desastres muitas vezes usam esta palavra genérica ou mesclam os termos que tem definições distintas.

A classificação brasileira (BRASIL et al., 2012) por exemplo, diferencia os termos inundações, enxurrada/enchente, alagamento. O primeiro é a submersão de áreas fora dos limites normais do rio geralmente por chuvas prolongadas em áreas de planas; o segundo é o escoamento superficial em alta velocidade e energia, desencadeado por chuvas intensas e concentradas; e o terceiro, o resultado de precipitações intensas com a superação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana. Porém quando os dados de desastres são apresentados, esses são agrupados como um desastre de cheias, sendo na prática utilizados como sinônimos. Assim este trabalho apesar ter apresentado as definições de inundações (bruscas e graduais), enchentes e alagamento as traz como sinônimos

Considerando somente o espaço urbano, Tucci (2007) divide enchentes em áreas ribeirinhas e proveniente de urbanização. A primeira trata de enchentes naturais que atingem a população que ocupa as margens dos rios, principalmente devido a não restrição ao loteamento destas e/ou um pequeno período sem inundações faça que as pessoas esqueçam e ocupem tal área. Já a segunda, refere-se às enchentes causadas pelas consequências da urbanização: impermeabilização do solo, diminuição do tempo de retenção, macrodrenagem insuficiente, aumento da poluição etc.

Outra classificação possível depende da sua localização. A inundação rural geralmente afeta áreas mais extensas e atinge uma população mais pobre, que sofre não só perdas materiais, mas também do próprio meio de sustento. Já as inundações urbanas são mais intensas, onerosas e difíceis de gerenciar. Há uma preocupação com a má qualidade da água neste caso. O lixo, os sedimento e a lavagem das ruas podem fazer que carga poluente do corpo hídrico chegue até a 80% da carga do esgoto doméstico, trazendo doenças (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001; JHA; BLOCH; LAMOND, 2012a).

Essas diferentes abordagens se refletem em divergências de como tentar controlar a ameaça e evitar o desastre. Por isso, há um reconhecimento internacional de que os esforços devem ser sistematicamente integrados em políticas, planos e programas para o desenvolvimento sustentável e para a redução da pobreza, e apoiados por cooperação bilateral, regional e mundial, incluindo parcerias (MARCHEZINI, 2017; UN, 2005).

Para estabelecer um foco e estratégias para todo mundo, o primeiro grande documento internacional foi o marco de Hyogo em 2005 com prazo de 10 anos. Seu objetivo principal é a redução substancial de perdas de desastres, em vidas e nos bens sociais, econômicos e ambientais de comunidades e países. Ele apontou cinco áreas prioritárias: A forte base institucional para sua

implementação; identificação, avaliação e monitoramento dos riscos e melhoria do alerta precoce; desenvolvimento do conhecimento, inovação e educação para construir uma cultura de segurança e resiliência em todos os níveis; redução dos fatores de risco subjacentes; e fortalecimento de uma resposta eficaz em todos os níveis (AÇÃO, 2005; UN, 2005).

Quando encerrado (no prazo previsto), o marco resultou na redução do risco de desastres nos níveis local, nacional, regional e global por países e outras partes interessadas, além do aumento a resiliência, redução de perdas e danos. Porém, ainda mais precisava ser feito, por isso foi necessário dar continuidade (UNISDR, 2015a).

Afim de dar continuidade ao processo, um segundo marco foi proposto, o marco de Sendai (2015-2030). A Terceira Conferência Mundial sobre a Redução do Risco de Desastres foi realizada de 14-18 março de 2015 em Sendai no Japão (daí seu nome). A fim de preencher as lacunas deixadas no marco anterior, o documento apresenta o objetivo (UNISDR, 2015a p.11):

Redução substancial nos riscos de desastres e nas perdas de vidas, meios de subsistência e saúde, bem como de ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países.

Para alcançar esse objetivo, dando apoio e sendo capaz de avaliar seu progresso, foi necessário estipular alvos e resultados esperados nos níveis local, nacional, regional e global. Suas metas globais são: reduzir substancialmente a mortalidade, o número de pessoas afetadas, as perdas econômicas diretas, os danos causados em infraestrutura básica e a interrupção de serviços básicos; intensificar substancialmente a cooperação internacional; e aumentar substancialmente a disponibilidade e o acesso a sistemas de alerta precoce para vários perigos e as informações e avaliações sobre o risco de desastres (UNISDR, 2015a).

Quatro áreas prioritárias foram selecionadas: compreensão do risco de desastres; fortalecimento da governança do risco de desastres para gerenciar o risco de desastres; investimento na redução do risco de desastres para a resiliência; e melhoria na preparação para desastres a fim de providenciar uma resposta eficaz e de reconstruir melhor em recuperação, reabilitação e reconstrução (UNISDR, 2015a).

Nesse contexto, as diretrizes de ambos os marcos têm guiado a gestão de risco em diversos países, dentre eles o Brasil. Como a implementação da campanha internacional “Construindo Cidades Resilientes”, sendo o Rio de Janeiro uma das cidades participantes (VIANA, 2016).

Esta campanha visa envolver cidade onde os desastres são minimizados para que autoridades, população e toda a sociedade compreendem os riscos, antecipam, respondem e

mitigam o impactos dos desastres com 10 passos: focar na organização e coordenação; atribuir um orçamento para a redução de riscos de desastres; preparar avaliações de risco; investir em infraestrutura para redução de risco; avaliar segurança de todas as escolas e centros de saúde; aplicar e impor regulamentos realistas e compatíveis, programas de educação e treinamento; proteger os ecossistemas e barreiras naturais; instalar sistemas de alerta e alarme; ter a capacidades de gestão de emergências; e assegurar que as necessidades dos sobreviventes estejam no centro da reconstrução (ONU, 2012c).

Entre os dez passos destaca-se o terceiro, para o qual é necessário manter os dados sobre os riscos e vulnerabilidades atualizados e usar as avaliações de risco como base para planos de desenvolvimento urbano e tomadas de decisão. Isso deve ser feito certificando-se que a informação e os planos para a resiliência da cidade estejam prontamente disponíveis ao público e totalmente discutidos com eles (ONU, 2012c).

Apesar de tantos agentes envolvidos, é o governo quem a lidera, define e direciona. Assim é importante compreender como o Brasil (Governo Federal) e o Estado do Rio de Janeiro lidaram e lidam com os desastres. A gestão de desastres começou a se estruturar quando fortes chuvas provocaram enchentes e deslizamentos na região Sudeste durante a década de 1960, ocasionando óbitos, desabrigados e perdas materiais e ambientais (TRAJBER; MARCHEZINE; OLIVATO, [s.d.]).

Quando a constituição atual foi elaborada (1988), atentou-se a esse assunto, compelindo à Defesa Civil garantir o direito à vida por meio de ações preventivas, de socorro, assistenciais e reconstrutivas a fim de preservar a população, evitar ou minimizar desastres através da diminuição de sua ocorrência e intensidade e reestabelecer a normalidade da sociedade (DE CASTRO, 1998).

Depois do significativo número de registros de desastres no Brasil entre 2007 e 2011, houve mudanças significativas na gestão. Em 2012, política nacional de proteção e defesa civil (BRASIL, 2012) estabeleceu como diretriz a abordagem sistêmica de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, dando prioridade às ações preventivas relacionadas à minimização de desastres e ao planejamento com base em pesquisas e estudos sobre áreas de risco e incidência de desastres.

Mais do que isso, percebeu-se a necessidade de um sistema de alerta que reunisse, de maneira integrada, competências científicas e tecnológicas de áreas multidisciplinares,

principalmente meteorologia, hidrologia, geologia e desastres naturais<sup>7</sup>. Assim o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação juntamente com a Casa Civil da Presidência da República elaborou um grupo com o objetivo de elaborar um plano de prevenção e enfrentamento dos desastres naturais (CEMADEN, 2018a).

É nesse contexto que é criado pelo decreto presidencial nº 7.513, o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), visando usar tecnologias modernas de monitoramento e previsões hidrometeorológicas e geodinâmicas, com a missão de promover desenvolvimentos científicos, tecnológicos e inovadores para avançar na qualidade e confiabilidade dos alertas, e na prevenção e mitigação desses desastres. Em operação durante 24 horas por dia, sem interrupção, monitorando, em todo o território nacional, as áreas de risco de 957 municípios classificados como vulneráveis a desastres naturais (CEMADEN, 2018a e b).

Seus trabalho tem cinco focos principais (Figura 7) o levantamento de risco (através de); sistema de monitoramento com dados pluviométricos, radares meteorológico, sensores geotécnicos, estações agrometeorológica e hidrológica; a força nacional com uma equipe multidisciplinar que trabalha na sala de controle, no alerta, nos municípios, e em parcerias internacionais com Japão, Estados Unidos entre outros países; a difusão e comunicação onde se busca alertar todas as pessoas em situação de risco, a compreensão clara das população dos riscos e alertas; por último capacidade de resposta onde se avalia a resposta ao desastre planos de resposta, preparação da população e o uso do conhecimento local neste processo (CEMADEN, 2018c).

---

<sup>7</sup> Processo natural ou fenômeno que pode causar perda de vida, ferimentos ou outros problemas de saúde impactos, danos à propriedade, perda de meios de subsistência e serviços, rupturas sociais e econômicas, ou danos ambientais (UNISDR, 2009).

Figura 7: Trabalho do CEMADEN na gestão de desastre

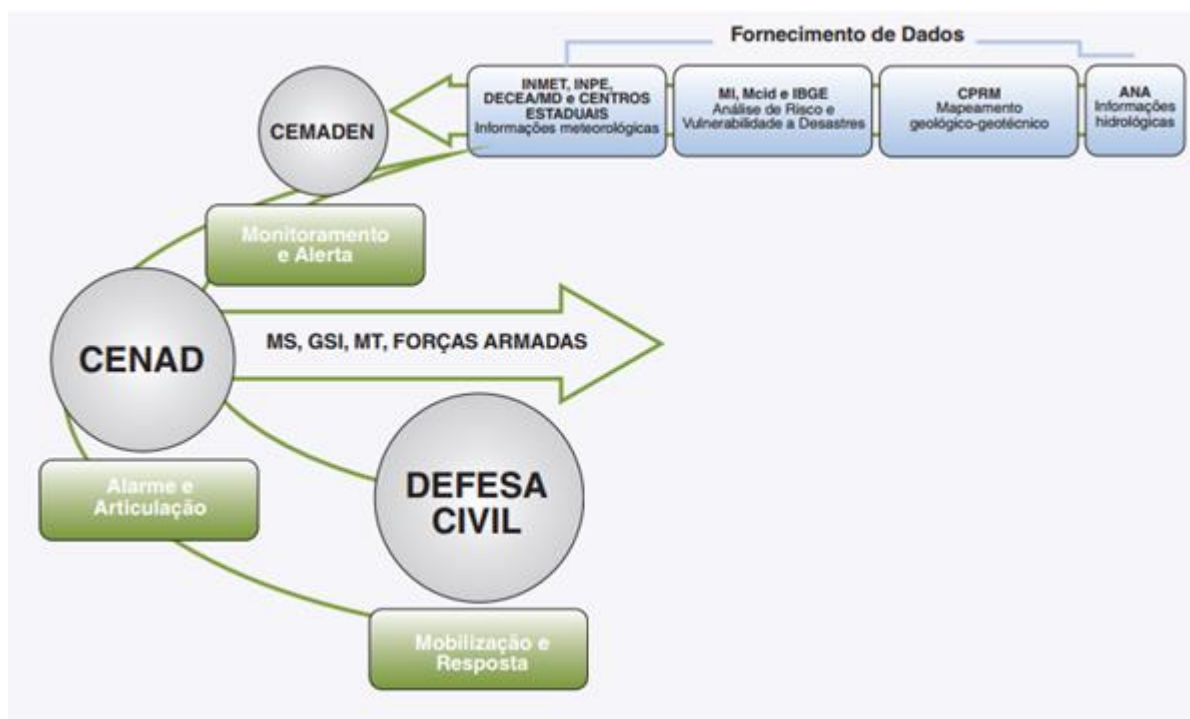


Fonte: CEMADEN (2018c)

Atualmente as instituições técnico-científicas envolvidas na Gestão de Risco de Desastres a nível federal são: Ministério da Integração Nacional (MI), Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Agência Nacional de Águas (ANA) e Ministério das Cidades (MC) (GITEC; IP; CODEX REMOTE, 2014).

Parte desse sistema está apresentado na Figura 8, que mostra a função de cada órgão, como eles se integram e o caminho percorrido no sistema de gestão de desastre. Nessa estrutura, a ANA (por exemplo) fornece informações, que subsidiam o CEMADEN; o CEMADEN envia ao CENAD (pertencente à estrutura da MI) alertas de possíveis ocorrências de desastres nas áreas de risco mapeadas. O CENAD, por sua vez, transmite os alertas aos estados, aos municípios e a outros órgãos federais, além de apoiar as ações de resposta a desastres (ANA, 2016).

Figura 8: Estrutura governamental para a gestão de risco e resposta a desastre natural

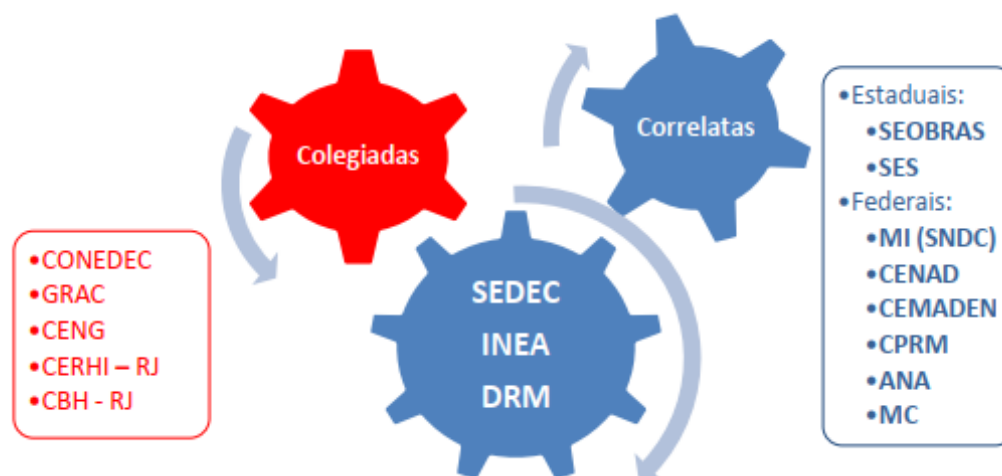


Fonte: Adaptado ANA (2016)

Já no Estado do Rio de Janeiro, além das organizações federais, atuam como instituições centrais a Secretaria de Defesa Civil (SEDEC), o Instituto Estadual do Ambiente (Inea) e o Departamento de Recursos Minerais (DRM), destacados na Figura 9. Outros participantes são Secretaria de Estado de Obras (SEOBRAS), Secretaria de Estado da Saúde (SES), Conselho Estadual de Defesa Civil (CONEDEC), Grupo Integrado de Ações Coordenadas (GRAC), Conselho de Entidades não-Governamentais (CENG), Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI – RJ) e os Comitês de Bacia Hidrográfica (GITEC; IP; CODEX REMOTE, 2014).



Figura 9: Esquema simplificado das organizações atuantes na Gestão de Risco de Desastres no Rio de Janeiro



Fonte: GITEC / IP/ CODEX REMOTE (2014)

Dentro do contexto de desastres como inundação, o Serviço Geológico do Estado contribui com a gestão como um provedor de informações para apoiar ações da Defesa Civil, como Relatórios de Chuvas x Escorregamentos, de Carta de Risco Iminente, treinamento em Prevenção de Desastres Naturais e Plano de Contingência (GITEC; IP; CODEX REMOTE, 2014).

A Secretaria de Defesa Civil passou por uma mudança de paradigma. Anteriormente, a maioria das ações era voltada para a resposta. Agora, a gestão foca na prevenção, mitigação e preparação dando mais ênfase aos processos de análise de risco e a geração de conhecimento. Por isso, houve mudanças estruturais e de procedimentos sendo as principais delas a incorporação do Serviço de Meteorologia do ERJ (SIMERJ) e sua vinculação ao Centro Estadual de Administração de Desastres (CEstAD); a criação do CEMADEN estadual (GITEC; IP; CODEX REMOTE, 2014).

Já o Inea se posiciona como um provedor de informações, executor de projetos e de obras, para apoiar ações da Defesa Civil. Também é o executor da Política Estadual de Recursos Hídricos, de forma que a ele cabem diversas ações relativas aos corpos d'água que se enquadram como ações de gestão de risco. O trabalho ocorre a partir de uma visão sistêmica baseada em quatro componentes, de acordo com a Figura 10 (GITEC; IP; CODEX REMOTE, 2014; INEA; SEA, 2015).

Figura 10: Representação da gestão de risco de desastre pelo Inea e suas atribuições



Fonte: INEA; AMBIENTE (2015)

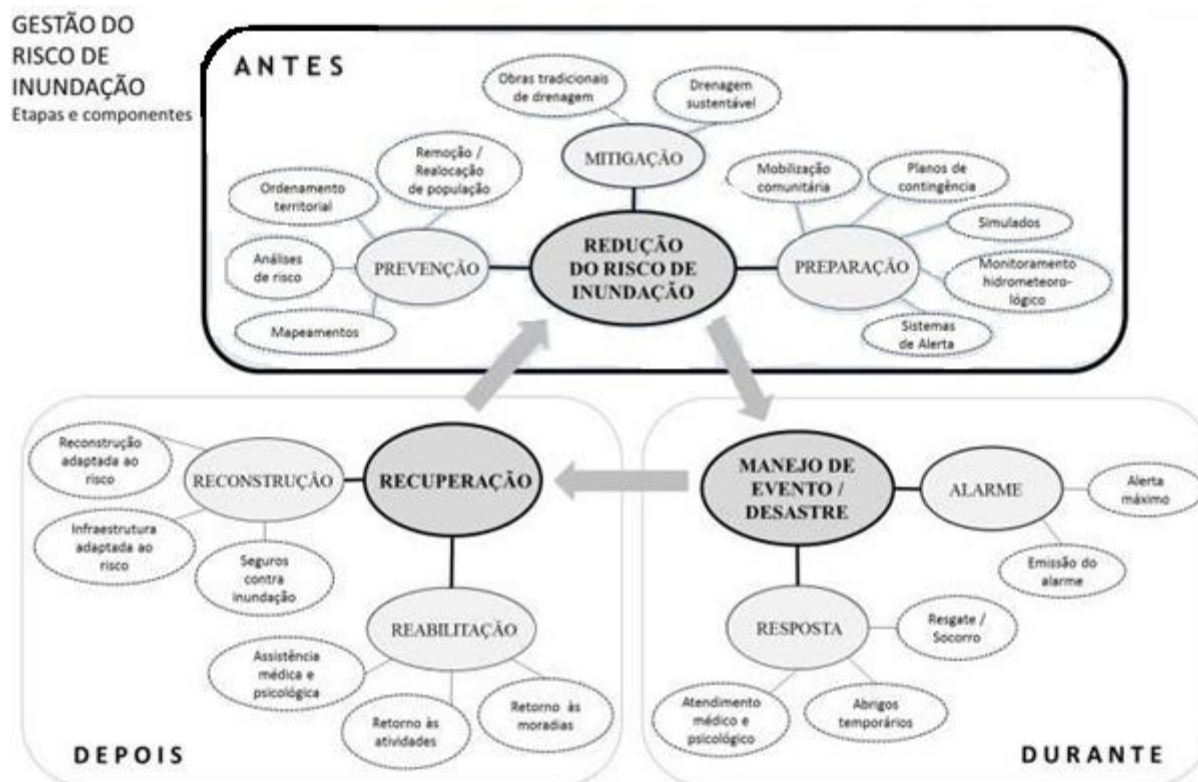
Segundo INEA; AMBIENTE (2015), os desafios para a gestão de risco de inundações envolvem resolver o enorme passivo da ocupação não planejado, desenvolvendo ações para identificar e analisar as áreas de risco de inundação e criar soluções inovadoras destinadas a reverter ou conter a ocupação das áreas ripárias e das várzeas.

Mas articular a necessidade de trabalho em conjunto em todos os níveis já citados acima traz o problema da diferença de conceitos. Tantos atores, países, instituições trazem consigo suas próprias denominações compartilhadas em suas produções de glossários, manuais, guias, cartilhas, legislações, entre outros. Tamanho desalinhamento conceitual gera inconsistência e fraca interoperabilidade de diferentes iniciativas, principalmente de compilação de dados. A unificação é um elemento chave para a criação de definições a respeito da estrutura do ciclo e componentes da gestão de risco de desastres (VIANA, 2016).

Assim, este trabalho entende por Gestão de Risco de Desastre a estrutura analítica estabelecida por Viana (2016), que compreende três grandes fases e suas divisões: Redução do risco (antes), Manejo do desastre (durante) e Recuperação (depois) (

Figura 11).

Figura 11: Esquema da Gestão de Risco de inundações



Fonte: Viana, 2016

A primeira parte inclui a redução da exposição a riscos; a redução da vulnerabilidade de pessoas e bens; a segurança do território e do meio ambiente; e a melhor preparação para os eventos adversos, subdividindo-se em prevenção, mitigação e preparação. A segunda fase compreende o monitoramento e a avaliação de fatores que podem desencadear um desastre; e as ações a serem prontamente realizadas durante a ocorrência de um desastre, incluindo as ações de resposta e alarme. O terceiro elemento envolve as medidas que reestabelecem a prestação de serviços básicos e recuperam edificações e infraestruturas danificadas viabilizando a retomada das atividades econômicas e da qualidade de vida da comunidade atingida, subdividindo-se em reabilitação e reconstrução (VIANA, 2016).

### 1.2.2 Redução de risco de desastre

O grande objetivo da redução de risco de desastre é impedir novos riscos e reduzir os existentes, ou ao menos diminuir a exposição a eles e a vulnerabilidade a desastres por meio de medidas econômicas, estruturais, legais, sociais, sanitárias, culturais, educacionais, ambientais, tecnológicas, políticas e institucionais integradas e inclusivas que aumentam a prontidão em dar resposta e se recuperar (UNISDR, 2015a).

Para alcançar essas metas, é benéfico que haja olhares múltiplos. A questão financeira, por exemplo, é extremamente importante. Os investimentos público e privado são essenciais para melhorar a resiliência econômica, social, de saúde e cultural das pessoas, comunidades, países e seus bens, bem como do meio ambiente, podendo até criar inovação, crescimento e emprego e gerar retornos substanciais (UN, 2005; UNISDR, 2015a).

Porém, a abordagem é bem mais ampla: as práticas de redução de risco de desastres precisam ser multirrisco e multisetoriais, inclusivas e acessíveis para serem eficientes e eficazes. As pessoas devem ser o centro da questão de risco de desastre com a participação de minorias como mulheres, crianças e jovens, pessoas com deficiências, pessoas pobres, migrantes, povos indígenas, voluntários e idosos na sua elaboração e implementação (UNISDR, 2015a).

Sob a liderança dos órgãos públicos com regulamentação e coordenação, é necessário o envolvimento do setor privado, de organizações da sociedade civil e instituições acadêmicas, científicas e de pesquisa, para que trabalhem mais estreitamente criando oportunidades de colaboração. Também é preciso que as empresas integrem o risco de desastres em suas práticas de gestão (UNISDR, 2015a).

A redução de risco eficiente é o resultado final de um conjunto de medidas de engenharia, de cunho social, econômico e administrativo baseados em mapeamentos de vulnerabilidade e suscetibilidade, análises de risco, histórico de desastres e outras informações. A classificação destas se divide em dois grandes grupos: estruturais e não estruturais (TUCCI, 2000; VIANA, 2016).

As medidas estruturais são aquelas nas quais se aplicam soluções da engenharia à procura de modificar as relações precipitação/vazão com a alteração da cobertura vegetal do solo ou no rio, acelerando, retardando ou desviando o escoamento. Para isso, executa obras de estabilização de encostas, sistemas de micro e macro drenagem, obras de infraestrutura urbana, relocação de

moradias etc. podendo ser extensivas ou intensivas (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007; TUCCI, 2000).

As medidas extensivas agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão em áreas muito urbanizadas, como a recomposição da cobertura vegetal nos terrenos, que reduz e retarda os picos de enchente e controla a erosão da bacia. As medidas intensivas são aquelas que agem no rio e na dinâmica fluvial, podendo acelerar o escoamento, aumentando a capacidade de descarga dos rios por meio do corte de meandros e retificação dos canais ou retardando o escoamento por meio de reservatórios e bacias de contenção ou ainda desviando o escoamento (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007).

Muitas medidas estruturais geralmente transferem o risco de inundação aumentando impacto ambiental em a montante. Em algumas circunstâncias, isto é aceitável e adequado, enquanto em outras pode não o ser. Em todos os casos, sempre permanece um risco residual de inundação. As soluções estruturais também podem ter um custo inicial alto e podem resultar em impactos aumentados se falharem ou forem superadas (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007; JHA; BLOCH; LAMOND, 2012a).

As medidas não-estruturais são aquelas com as quais se aplica um rol de medidas relacionadas às políticas urbanas, planejamento urbano, legislação, planos de defesa civil e educação. Sistemas de alerta de inundação e planejamento de evacuação são necessários para proteger a população das cidades já em risco de inundação. Há também as medidas de gestão e planejamento urbano, como melhor drenagem e gestão de resíduos sólidos e melhores projetos de construção e proteção modernizada. Estes permitirão a ocupação enquanto reduzem os impactos esperados no caso de um evento de inundação (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007; JHA; BLOCH; LAMOND, 2012a).

Essas medidas geralmente não exigem pesados investimentos, mas com frequência necessitam de um bom entendimento do perigo de inundação e de sistemas adequados de previsão meteorologia. Por isso a participação e concordância das partes e de suas instituições é um desafio. Algumas vezes essa atividade inclui a manutenção de recursos, consciência e preparação por décadas sem que ocorra um evento de inundação, mesmo que a memória da população sobre o desastre enfraqueça com o decorrer do tempo. Outra questão é que, instintivamente, grande parte das pessoas preferem a adoção de uma medida estrutural (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012a).

Muitas dessas práticas visam eliminar ou reduzir variáveis ambientais, mas voltando a atenção para os fatores antrópicos, o primeiro passo é dispor de uma legislação que contemple temas como saneamento, planejamento urbano e de recursos hídricos, e até mesmo a políticas públicas do país.

O Brasil possui inúmeras lei que dão respaldo para a prevenção de desastres (hídricos): a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (lei nº 12.608/12) aponta a adoção das medidas preventivas como prioridade em nível federal, estadual e municipal; Política Nacional de Recursos Hídricos (lei no 9.433/97) tem como um dos objetivos a prevenção contra eventos hidrológicos críticos, além de outras medidas para combater a poluição hídrica.

A Diretriz nacional para o saneamento básico (lei nº 11.445/07) estabelece saneamento básico como uma estrutura composta (também) pelo esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas além de estabelecer a obrigatoriedade da elaboração de planos municipais; e o Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/01) que estabelece o plano diretor como instrumento do município para o ordenamento territorial disciplinando, o uso e da ocupação do solo; e cria o zoneamento ambiental.

Muitas dessas leis permeiam temas mais abrangentes e profundos, como agir na causa das enchentes. Assim, mostram mais uma vez o caráter de prevenção, como: a limpeza urbana, evitando a presença de pessoas no local e assim zerando o risco; o zoneamento, ou mesmo planejamento de maneira competente e eficiente, como a necessidade de usar bacias como unidade de planejamento. Outra responsabilidade do governo é a produção de um material rico de contabilização e observação de desastres, como o atlas de vulnerabilidade a inundações e os relatórios de conjunturas da ANA.

O ente público também é encarregado da gestão atuando na linha de frente para implementar as medidas preventivas estabelecidas por órgãos como Inea, Defesa Civil e DRM. Segundo o documento “Concepção do arranjo institucional e operacional para a gestão de risco de desastres no estado do Rio de Janeiro”, existem processos de mapeamento da susceptibilidade, perigo, vulnerabilidade e risco; realocação de famílias em áreas de risco; sistema de alerta e alarme; construção, definição e operação de planos de contingência; monitoramento hidrometeorológico; e capacitação, comunicação e sensibilização para gestão do risco (GITEC/IP/CODEX REMOTE, 2014; VIANA, 2016).

Exemplos desses projetos são as ações voltadas para o ordenamento territorial e projetos de controle de inundações e de recuperação ambiental do Inea, como Documento de Enquadramento Urbanístico e Ambiental (DEUA), controle de inundações e recuperação ambiental em bacias críticas ao longo de todo o Estado que visa à elaboração de estudos e ao detalhamento de projetos básicos para ações estruturais e não estruturais destinadas à redução do risco de inundações (INEA; SEA, 2015).

Apesar de uma estrutura excelente, existem falhas na gestão. Uma atitude não reativa frente aos desastres é nova, por isso muitos estados e prefeituras ainda não se preparam. Menos de 0,7% do total gasto em ajuda humanitária é aplicado em redução. A base de investimento que deveria ser pública, não é o suficiente pois repetidamente é usada indevidamente quando prefeituras que não se planejam declararam calamidade pública para recebem recursos (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001; ONU, 2012; UNISDR, 2015a).

Também não há administrações em todos os estados preparadas técnica e financeiramente para planejar e controlar esses impactos. Muitas cidades não têm nem os instrumentos apresentados acima, como Planos Diretores. Outro problema, que será apresentado nesse estudo de caso, é que muitas vezes a lei não é aplicada. Um exemplo é a falta a ter um olhar sistêmico, provido pelo uso da bacia como unidade de análise. (TUCCI; HESPANHOL; NETTO, 2001).

Entre as medidas preventivas estabelecidas na legislação que mais sofrem com a falta de dados e corpo técnico qualificado é a área mapeamento. Diante de tantas divergências quanto às terminologias de perigo, metodologias de medição e indicadores de perdas humanas, o mapa (como o que é objetivo deste trabalho) é uma ferramenta que apresenta a vantagem de padronizar e assim permitir a comparação em diferentes espaços e tempo (RISK, 2014).

### 1.2.3 Mapeamento como ferramenta de gestão

Mapas possuem variadas possibilidades de informar o conteúdo geográfico de forma gráfica, ampla e integrada. Já existiam manifestações primitivas de comunicação gráfica inspiradas nas práticas sociais de certos povos. A modernidade trouxe diversificação das representações espaciais através do avanço de diferentes técnicas de mapeamento. Um exemplo é o sistema de posicionamento global, do termo em inglês *Global Positioning System* (GPS) e sua popularização (MARCHEZINI et al., 2017).

Outra ferramenta importante é o Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) que, associado aos avanços da cartografia em geral e dos sensores remotos, propicia um impulso à análise de dados espaciais. Ele consiste em 3 partes: os dados digitais, as informações geográficas que se visualiza e analisa; o *hardware* do computador, parte usada para exibir gráficos, armazenar e processar dados; e o *software*, o programa de computador, também chamado de aplicativo GIS, que permite o trabalho com dados digitais abrindo mapas digitais, criando novas informações espaciais para adicionar ao mapa, criando mapas de acordo com suas necessidades e realizando análises espaciais (SUTTON; DASSAU; SUTTON, 2002; MARCHEZINI et al., 2017).

Com o tempo, o GIS se tornou mais difundido e surgiram variados programas para lidar com informações espaciais em um computador, que diferem nos recursos disponíveis, preço, *layout* e nível de treinamento necessário para usá-lo. Esse trabalho usará o QGIS que é totalmente gratuito e possui ferramentas adequadas a criação do mapa de vulnerabilidade (SUTTON; DASSAU; SUTTON, 2002).

Esses e outros aprimoramentos de técnicas de engenharia permitem gerar produtos em escalas mais detalhadas. Essa sofisticação dos produtos cartográficos baseados na aquisição de dados espaciais por meio instrumentos tecnológicos, permite a quantificação e modelagem de recursos naturais, safras agrícolas, uso e cobertura da terra, entre outros (MARCHEZINI et al., 2017).

Assim, o uso de mapas é capaz de traduzir mensagens de maneira documentada, se tornando valiosa ferramenta de comunicação, planejamento de atividades de desenvolvimento, de emergência e para desenvolvimento de políticas e tomada de decisão. É nesse cenário que se situa o desenvolvimento dos mapeamentos de risco de desastres (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012b).

Para compreender a necessidade, urgência e prioridade em implementar as medidas de gestão, é necessário produzir mapas sobre inundação principalmente com os dados de onde ocorre, com que frequência ocorre e o tamanho da população que ocupa as áreas potencialmente afetadas (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012b).

Esse elemento humano na perspectiva de cartografia técnico-científica geralmente é visto como estático e por isso mapeado como uma mancha que revela sua posição em relação a uma área suscetível a processos ambientais que podem ser severos e impactá-lo. No entanto, as condições de vulnerabilidade e os riscos são dinâmicas, também pelo fato de processos externos poderem contribuir para a redução, ampliação ou a criação de novos riscos (MARCHEZINI et al., 2017).



As similaridades e divergências de conceitos já apresentadas também trazem confusão na geração de mapa que apresenta diferentes nomenclaturas e tipos. Partindo do princípio que mapa de inundação, no sentido mais básico, consiste na limitação das áreas inundadas com a altura da lâmina de água atrelada a um único período de retorno, serão apontadas diversas linhas e metodologias (MONTEIRO; KOBİYAMA, 2013).

É possível dividir os mapas em dois grandes grupos: mapa de perigo de inundação que abrange probabilidade e/ou magnitude de um evento; e mapas de risco de inundação que contêm também informações sobre suas consequências potenciais. Mesmo neles, há diferentes métodos de quantificar perigos e risco (DE MOEL; VAN ALPHEN; AERTS, 2009).

O mapa de perigo tem como características a distribuição espacial do evento, o tamanho e a forma, podendo ser apresentado como ponto (evento) ou como extensão de inundação, e um dos métodos de se obter o mapa é um levantamento histórico. Hoje em dia, o mapa de perigo pode ser obtido com imagens de sensoriamento remoto que validam (ou calibram) as prévias simulações de modelos de computador. Outros parâmetros também são usados: extensão da inundação, profundidade da água, velocidade de fluxo, duração, propagação da frente de água e taxa com que a altura do volume de água sobe. Por isso e pela quantidade recursos e tempo, a complexidade do mapa é variada (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007; DE MOEL; VAN ALPHEN; AERTS, 2009).

Embora existam diferentes abordagens, elas consistem basicamente em três etapas: estimar as descargas para períodos de retorno específicos; traduzir as descargas em níveis de água; combinar os níveis de água com um modelo digital de elevação (DE MOEL; VAN ALPHEN; AERTS, 2009).

Entre os inúmeros modelos hidráulico-hidrológicos deste método, apontamos o apresentado por Monteiro e Kobiyama (2013): Como a simulação hidrológica que produz um mapa com mais exatidão, cujo metodologia de precipitação-vazão seja adequado para a bacia de estudo, levando em consideração infiltração, escoamento superficial e escoamento básico, e o de Simulação hidrodinâmica, que através de modelos físicos ou matemáticos, interage as propriedades topográficas, hidrológicas e hidráulicas em modelos bidimensionais ou tridimensionais gerando maior facilidade e flexibilidade. É importante destacar que não existe um modelo específico para o Brasil.

Em contraste, o mapa de risco é qualitativo pois é criado quando são adicionadas as consequências da inundação, que acrescentam fatores de vulnerabilidade à análise. Ou seja, é o resultado de um processo gradual de integração de mapas de perigo e suscetibilidade que indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais. Ele tem como objetivo identificar perigos de inundação, mapear recursos e comunidades vulneráveis e representar no mapa as zonas de maior risco com sua magnitude e a natureza (DE MOEL; VAN ALPHEN; AERTS, 2009; MONTEIRO; KOBİYAMA, 2013; F. RISK, 2009; CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007).

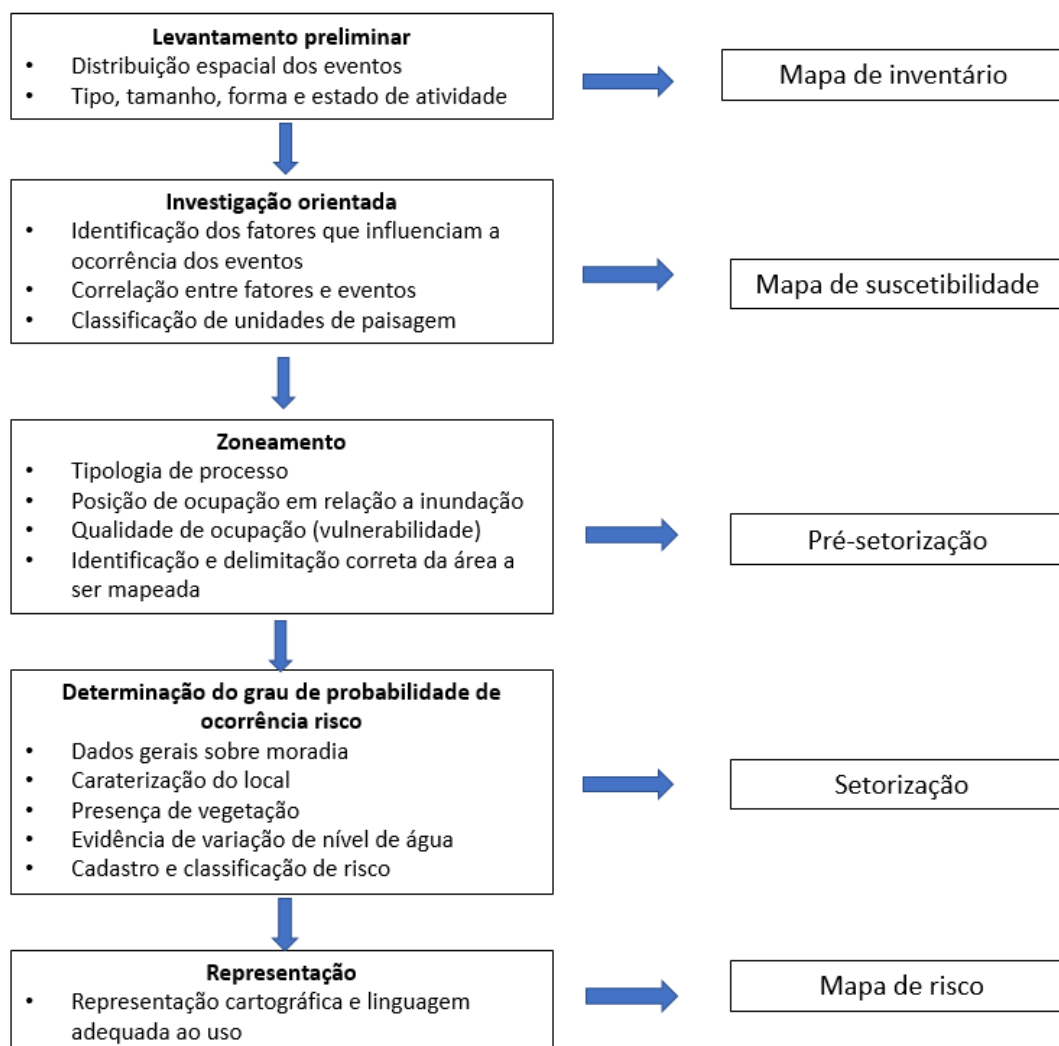
Isso resulta, geralmente, no mapa de zoneamento quanto à exposição. Mesmo que possa ser de vários tipos, a mais comum é a do dano resultante. As classificações do dano são funções baseadas em dados empíricos de eventos de inundação passados (vindo de um banco de dados) ou uma série de probabilidades de inundação sinteticamente criada por especialistas. A sua criação exige um ou mais dos seguintes dados, estudos e recursos (DE MOEL; VAN ALPHEN; AERTS, 2009; MONTEIRO; KOBİYAMA, 2013; F. RISK, 2009; VIANA, 2016; TUCCI, 2005; CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007):

- Extensão da inundação,
- Velocidade do fluxo, a duração, a propagação da frente da água e a taxa em que a água sobe.
- Número indicativo de habitantes potencialmente afetados pela inundação;
- Danos econômicos ou tipos de atividade econômica potencialmente afetados pelas inundações;
- Localização ou quantificação da poluição acidental causada por inundações;
- Modelagem de cheias;
- Topografia da cidade;
- Níveis de enchentes, ou marcas ao longo da cidade que permita a definição da linha de água;
- Ações batimétricas ao longo do rio no perímetro urbano;
- *Software* de geoprocessamento;
- Imagens de satélite de alta resolução;
- Profissionais especializados (geógrafos, hidrólogos, engenheiros, sociólogos etc.);
- Hidrografia da bacia;
- Localização de comunidades, locais e recursos vulneráveis;

- Levantamento de uso e ocupação do solo na área;
- Levantamento da infraestrutura local (rede de esgoto, drenagem pluvial, transportes etc.).

Segundo os autores CARVALHO; MACEDO; OGURA (2007), três mapas são usados para criar os mapas de risco (Figura 12). O primeiro a ser elaborado é o mapa de inventário. Ele contém distribuição espacial dos eventos, o conteúdo (tipo, tamanho, forma e estado de atividade) e informações de campo, fotos e imagens. Após a elaboração do mapa de inventário, pode-se iniciar a elaboração do mapa de suscetibilidade. Suas classes de probabilidade de ocorrência indicam a potencialidade de processos naturais e mostram possíveis áreas de risco. O mapa de suscetibilidade apresenta a correlação entre fatores e eventos, e classificação de unidades de paisagem em graus de suscetibilidade.

Figura 12: Método para mapeamento de risco



Fonte: adaptado MARCHEZINI et al. (2017)

Tendo os demais mapas como base, inicia-se a elaboração do mapa de risco. Este mapa expressará em graus de risco o dano potencial resultante da probabilidade de ocorrência de processos e suas consequências. Suas características principais são: conteúdo - probabilidade temporal e espacial, tipologia e comportamento do fenômeno; vulnerabilidade dos elementos sob risco; custos dos danos; aplicabilidade temporal limitada (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007).

Os profissionais que participam da criação desse processo identificando a vulnerabilidade devem entender que o conceito é complexo com múltiplos papéis, responsabilidades, direitos, deveres e expectativas de comportamento construídos culturalmente e socialmente. Além de também perceber que o impacto influencia diferentemente de acordo com gênero, idade, estado de

saúde física e mental, ocupação, estado civil, sexualidade, a raça, a etnia, a religião e o status de imigração. Tais aspectos influenciam de maneira diferente o impacto (MARCHEZINI, 2017; WISNER, BEN, GAILLARD, JC, AND KELMAN, 2012).

Outras ferramentas aliadas ao mapa de risco são a previsão e projeção de inundação. A previsão possibilita uma análise detalhada das causas físicas, geofísicas, biofísicas, antropogênicas e o contexto do potencial de inundações, que ajudam a evitar sub ou superestimativas do perigo. Já a projeção é baseada em processos cíclicos de clima, terreno, geologia entre outros. Porém, ela traz incertezas pois, principalmente em áreas urbanas, há duas fontes potenciais: o rápido desenvolvimento das zonas inundáveis<sup>8</sup> e as mudanças climáticas (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012b).

Assim, conclui-se que o mapeamento de risco de inundação baseado em previsão e projeção tem baixa exatidão e precisão de previsão a longo prazo e faz-se necessário sua constante revisão, levando em consideração as alterações do clima e o avanço do crescimento urbano. Esta última pode ser menos problemática pois é possível mitigá-la e até mesmo prevê-la com um planejamento (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012b).

Como resultado da ampla gama de indicadores de inundação disponíveis, também há muitos tipos diferentes mapas de perigo e risco. Frequentemente, isso os torna incomparáveis (especialmente no caso dos qualitativos). Em muitos casos, os indicadores utilizados ou o tipo de mapa de risco de inundação criado representa uma questão específica que corresponde a uma demanda de quem o criou (DE MOEL; VAN ALPHEN; AERTS, 2009).

Para se ter uma ideia geral do risco de inundação, os parâmetros podem ser agregados em classes qualitativas, para tal é comumente usando matrizes ou fórmulas. Em tais matrizes dois eixos são usados para relacionar parâmetros de inundação (por exemplo, profundidade, velocidade, período de retorno), ou às vezes um parâmetro agrupado é usado (por exemplo: intensidade usada em Rheinland-Pfalz). O método selecionado foi o de Análise Hierárquica (AHP). O método é uma técnica desenvolvida em 1977 por Saaty no meio corporativo, mas a ideia de usar pesos, ou prioridades, para alocar recursos entre atividades ou implementar a importância de uma atividades

---

<sup>8</sup> Se dá pela urbanização mal planejada devido ao do uso inadequado do solo. Uma proporção muito alta do crescimento populacional de expansão para assentamentos informais densos, de baixa qualidade localizada frequentemente em áreas de alto risco. Quando o poder público não amplia a capacidade da macrodrenagem ou demais serviços a essa população, a ocorrência das enchentes aumenta (JHA; BLOCH; LAMOND, 2012b; TUCCI, 2000).

entre as demais, criando um novo método na resolução de conflitos, é usada em diversas áreas (SAATY, 1977; DE MOEL; VAN ALPHEN; AERTS, 2009).

Pra tal, constrói-se uma matriz de comparações pareadas de atividades cujas entradas indicam a força com que um elemento domina outro quanto ao critério em relação ao qual são comparados (Tabela 3). Existe uma tabela que dá um número, valores absolutos, para indicar esta importância, mas é ao gestor que cabe avaliar qual a numeração mais aproximada em cada caso. Com a soma das importâncias do mesmo elemento sobre os demais é composto um valor para cada e assim uma única prioridade. Esta hierarquia permite simplificar visualizar um sistema complexo de componentes interativos limitando a análise a pares (1:1) (SAATY, 1977).

Tabela 3: Exemplo de matriz preenchida segundo o método AHP

	Variável 1	Variável 2	Variável 3
Variável 1	1	< importante que a variável 2	< importante que a variável 3
Variável 2	> importante que a variável 1	1	< importante que a variável 3
Variável 3	> importante que a variável 1	> importante que a variável 2	1

Fonte: Autor

Especial ênfase é colocada na integração dos julgamentos humanos em decisões e na medição da consistência das decisões, ou seja, na fase de atribuição dos valores com base na escala de comparadores apresentada já que interfere diretamente no resultado obtido (SAATY, 1977).

Vale destacar aqui marcos internacionais e leis brasileiras ressaltam a importância do mapeamento (mesmo que de maneira geral já tenham sido discutidos anteriormente). Elas o estabelecem e o utilizam como ferramenta, a exemplo dos planos diretores dos municípios que devem conter o mapeamento de áreas suscetíveis a inundações, inundações bruscas ou processos hidrológicos correlatos (BRASIL, 2001).

O marco de Hyogo aponta a necessidade de desenvolver, atualizar periodicamente e divulgar amplamente mapas de risco aos tomadores de decisão, ao público em geral e às comunidades em risco em um formato apropriado. O marco de Sendai traz mapas como uma ferramenta para compreender o risco de desastres, além de ser um instrumento para promover abrangentes estudos riscos de desastres (UNISDR, 2015a; UN, 2005).

O Plano Nacional de Defesa Civil (MI; SEDEC, 2007) destaca que os Planos diretores de defesa civil devem seguir aspectos globais como a prevenção de desastres. Dentro desse contexto, a avaliação das áreas de riscos se dá inclusive com mapas de ameaças, vulnerabilidades e riscos de desastres instituído nos trechos:

- (a União) Apoiar aos Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (Art. 6º);
- (aos Estados) Identificar e mapear as áreas de risco e realizar estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades, em articulação com a União e os Municípios (Art. 7º);
- (aos Municípios) Identificar e mapear as áreas de risco de desastres (Art. 8º);
- Municípios incluídos no cadastro (cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos) deverão: elaborar mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (Art. 22. A Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, passa a vigorar acrescida dos seguintes arts. 3º-A, 3º-B e 5º-A)
- (O plano diretor dos Município deverá conter) mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (Art. 26. A Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, passa a vigorar acrescida dos seguintes arts. 42-A e 42-B);
- Identificação e o mapeamento de áreas de risco levarão em conta as cartas geotécnicas (Art. 26. A Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, passa a vigorar acrescida dos seguintes arts. 42-A e 42-B).

O Inea tem como uma de suas atividades o mapeamento da susceptibilidade (escala  $\geq$  1:25.000), perigo, vulnerabilidade e risco a inundação (escala  $\leq$  1:5.000), com metodologia própria e experimental. Em 2014, havia projetos de criar o mapa de susceptibilidade em três municípios, bem como mapa de perigo e risco em trechos de rios de 11 municípios para subsidiar ações de mitigação de enchentes (GITEC; IP; CODEX REMOTE, 2014).

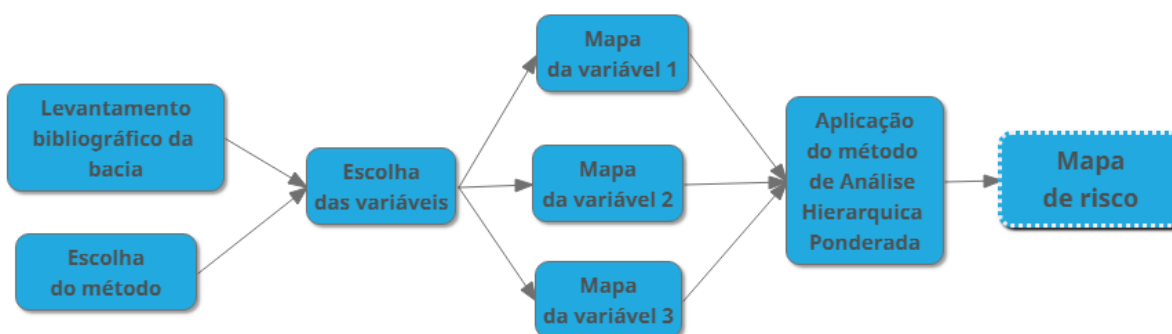
Porém, não são só instituições públicas que podem assumir a responsabilidade. A gestão de risco de desastre aponta o trabalho coletivo como necessário para uma maior compreensão e eficiência. Assim autoridades universitárias e profissionais devem encorajar interdisciplinaridade, trocando saberes e experiências, principalmente entre pesquisadores e organizações humanitárias e do governo, inclusive através de financiamento para tal (WISNER, BEN, GAILLARD, JC, AND KELMAN, 2012).



## 2 METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DE RISCOS

Os métodos utilizados para mapear os riscos de desastres relacionados a inundação na Bacia Pavuna-Meriti são descritos em detalhe nesta seção. Ressalte-se que todos os dados foram obtidos por revisão bibliográfica, não tendo sido realizada pesquisa de campo. A execução do trabalho de elaboração dos mapas de risco envolveu diversas etapas (Figura 13).

Figura 13: Fluxograma com as etapas necessárias para a criação do mapa de risco



Fonte: Autor

Pela escassez de material encontrado entende-se que a caracterização da bacia Pavuna-Meriti também é parte da metodologia, pois foi fundamental para o dimensionamento do risco. Houve a necessidade de pesquisar não só a bacia (primeira metodologia que resultou em pouquíssimas informações, inclusive de órgãos públicos) mas também os seus municípios e os principais rios.

O mapeamento foi escolhido pela facilidade de compressão, visualização e compilação de dados. Optou-se pelo mapa de risco pois, entende-se (depois da etapa anterior concluída) que a área é vulnerável por conta da população que lá habita e das vias essenciais às cidades e que as consequências potenciais devem ser levadas em consideração nesta análise. A compreensão de que a população local não faz BO de inundações em todos os municípios também influenciou nesta escolha por prever sua possibilidade.

Já a análise hierárquica ponderada traz ainda mais vantagens para a situação da bacia Pavuna-Meriti, pois depende de dados amplamente produzidos e encontrados em nível estadual (necessário para bacias intermunicipais), da percepção do corpo técnico local qualquer seja sua

profissão (a interdisciplinaridade torna o processo mais exato) e quase nenhum aporte financeiro. Como essa é a mesma situação de tantas outras bacias hídricas no Brasil, esse método pode ser replicado.

Para essa análise, é necessário que variáveis sejam escolhidas e mapeadas, como já discutido o método de Análise Ponderada Hierárquica traz uma subjetividade nesta etapa. Entende-se que as informações disponíveis da bacia limitaram as opções, também não foi possível ir a campo obter dados empíricos, assim, somente através do levantamento obtido no referencial teórico que foi feita a escolha: a altitude e declividade por serem características relevantes em uma área de baixada e uso e ocupação do solo por causa da uma das maiores densidades demográficas do Brasil, a impermeabilização e quantitativo afetado como consequência.

No item 2.1 aponta a falta de informações encontradas sobre a bacia Pavuna-Meriti e como foi 2.2, será descrito o mapeamento das variáveis, onde consta a classificação de pesos atribuídos aos intervalos de cada fator e posteriormente uma classificação de ambos de acordo com o observado no referencial teórico. O item 2.3 consiste em construir uma escala de importância entre os fatores analisados, colocá-los em uma matriz para uma comparação pareada e, a partir da equação formada, criar o mapa de risco de inundação da bacia.

## **2.1 Caracterização da bacia Pavuna-Meriti, Rio de Janeiro**

Por isso essa Região Hidrográfica é considerada uma das mais complexas do Estado no contexto econômico e social da região. Nesse sentido, a gestão de recursos hídricos assume importância fundamental. Ao longo dos anos, houve muitos estudos e tentativas de melhoria nesse espaço como (SEDEC, 2013; THE WORLD BANK; GOVERNO DO RIO DE JANEIRO; CÂMARA METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO, 2016):

- Plano Diretor de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (2005);
- Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia dos Rios Iguaçu-Sarapuí – Projeto Iguaçu (1996);
- Revisão do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia dos Rios Iguaçu-Sarapuí – Projeto Iguaçu (2007);
- Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (2014);

- Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia dos Rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim (2007);
- Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro (2010);
- Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do Entorno da Baía de Guanabara (PSAM);
- Programa de Despoluição da Baía de Guanabara (PDBG) (1995).

Porém, nenhum deles privilegia a Bacia Pavuna-Meriti. Isso é um exemplo da falta de relevância dada a ela e de informação gerada a seu respeito. Outro exemplo é o “Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro” que não a contempla no seu estudo (Figura 14). Apesar de representar uma área pequena em comparação às demais bacias, ela apresenta características únicas como área densamente povoada, abranger quatro municípios e possuir importantes vias de conexão da metrópole.

Figura 14: Parte relativa a Baía de Guanabara no sumário o plano estadual de recursos hídricos do estado do rio de janeiro

4.7. Região Hidrográfica V - Baía de Guanabara .....	120
4.7.1. Bacia do Canal do Mangue .....	121
4.7.2. Bacia da Baixada de Jacarepaguá.....	122
4.7.3. Bacia do Rio Iguaçú/Sarapuí.....	123
4.7.4. Bacia do Rio Estrela .....	123
4.7.5. Bacia do Rio Alcântara/Guaxindiba.....	124
4.7.6. Bacia do Rio Imboassú.....	124
4.7.7. Bacia do Rio Marimbondo .....	124
4.7.8. Bacia do Rio Brandoas.....	124
4.7.9. Bacia do Rio Bomba.....	125
4.7.10. Bacia do Rio Mumbuca .....	125

Fonte: INEA-RJ (2012)

Assim, entende-se que a revisão bibliográfica da Bacia Pavuna-Meriti e compilação dessas informações se tornou um produto secundário, porém muito importante, desta dissertação, sobretudo pelo fato de ser inédito. Neste sentido houve a necessidade de pesquisar não só a bacia (primeira metodologia que resultou em pouquíssimas informações, inclusive de órgãos públicos) mas também os seus municípios e os principais rios. Essas informações provieram de teses, dissertações, artigos e trabalhos em congressos em português, espanhol e inglês.

## 2.2 Mapeamento das variáveis componentes do risco

Para elaboração dos mapas de maneira geral, foi identificado que a área da bacia está localizada na folha 22S435 e por isso utilizou-se os *shapefiles* de municípios do Brasil e as bacias da região hidrográfica da Baía de Guanabara, disponibilizados pelo IBGE e pela Unidade Executora do Programa de Saneamento Ambiental dos Municípios do entorno da Baía de Guanabara (UEPSAM), respectivamente, todos na escala de 1:250.000.

Os fatores pré-definidos como a altitude, declividade e uso e cobertura do solo foram cortados com a bacia com a ferramenta Vetor → Geoprocessamento → Recortar, para camadas em vetor e Raster → Extrair → Recortar raster por camada máscara para camadas em raster. Depois estes *shapes* foram classificados de acordo com o grau de suscetibilidade à inundação, com pesos, variando de 0 a 10, do menos ao mais susceptível (MAGALHÃES; THIAGO, 2011).

### 2.2.1 Altitude

A escolha desse fator para compor o mapa de risco se baseia na evidência de que quanto maior for a altitude, menor será a probabilidade de inundação para uma determinada região, devido à ação da gravidade que direciona a água para as regiões mais baixas, especialmente por se tratar de área de baixada (MARCHEZINI et al., 2017).

Obteve-se esse dado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no projeto Topodata que, desde 2008, oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, ora elaborados a partir dos dados da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM) disponibilizados pelo United States Geological Survey (USGS) na rede mundial de computadores. Os dados disponíveis desde novembro de 2011 são frutos de uma nova revisão dos produtos e processos, que culminou numa metodologia passível de aplicação onde quer que existam dados SRTM. Sua estrutura são quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000, portanto, em folhas de 1° de latitude por 1,5° de longitude, no caso a 22S435 (INPE, 2018a e 2018b).

Após o mapa ser produzido pelo programa foi necessário testar classificações. A divisão automática feita pelo QGIS foi Contínua, mas obteve somente uma pequena coloração ao sudoeste da bacia (área mais alta). Após a mudança para Quartil, foi possível perceber mais nuances do relevo.

Para a elaboração posterior do mapa de risco, foram atribuídos pesos de classificação para os intervalos de altitude obtidas no *shape*, onde altitudes menores ganham pesos maiores, indicando maior suscetibilidade a inundação, e conseqüentemente, altitudes maiores ganham pesos menores. Associada a esses valores, foi feita uma classificação de risco de inundação levando em consideração somente a altitude, como um exercício preliminar de análise, antes da elaboração do mapa final com as quatro variáveis (altitude, declividade, uso e ocupação do solo e pessoas no setor censitário). Isso ajuda na compreensão do todo e embasa a tomada de decisão quanto aos pesos de cada variável na análise hierárquica ponderada (discutida no item 3.2).

### 2.2.2 Declividade

Este fator foi selecionado para compor este mapa de risco, pois a declividade do terreno influencia diretamente a probabilidade de um determinado território sofrer inundação, uma vez que áreas planas tendem a acumular água no terreno (MARCHEZINI et al., 2017).

Tal como a altitude, os dados de declividade são do INPE/Projeto *Topodata* que desde 2008 oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, ora elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo USGS na rede mundial de computadores. Os dados atualmente disponíveis desde novembro de 2011 são frutos de uma nova revisão dos produtos e processos, que culminou numa metodologia passível de aplicação onde quer que existam dados SRTM. Sua estrutura são quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000, portanto, em folhas de 1° de latitude por 1,5° de longitude, no caso a 22S435 (INPE, 2018a e 2018b).

Após o mapa ser produzido pelo programa foi necessário testar classificações. A divisão automática feita pelo QGis foi Contínua, onde obteve o mesmo desenho, porém de maneira mais sutil, após a mudança para Quartil foi possível perceber mais nuances que resultou no mapa apresentado no próximo capítulo.

Para a elaboração posterior do mapa de risco, foram atribuídos pesos de classificação para os intervalos de declividade obtidas no *shape*, onde declividades menores ganham pesos maiores, indicando maior suscetibilidade a inundação, e conseqüentemente, as maiores ganham pesos menores. Associada a esses valores, foi feita uma classificação de risco de inundação levando em consideração somente a declividade, como um exercício preliminar de análise, antes da elaboração do mapa final com as quatro variáveis selecionadas (altitude, declividade, uso e ocupação do solo

e pessoas no setor censitário). Isso ajuda a compreensão do todo e embasa a tomada de decisão quanto aos pesos de cada variável na análise hierárquica ponderada (discutida no item 3.2).

### 2.2.3 Uso e ocupação do solo

A forma de ocupação da terra influencia tanto a infiltração quanto no volume do escoamento superficial da água. As áreas mais ocupadas tendem a ter maior impermeabilidade e assim acumular mais água em superfície do que em solos com cobertura florestal por serem pouco compactados e permitirem principalmente a infiltração (MARCHEZINI et al., 2017).

Obteve-se o *shape* no Inea. Esses dados dependem de sensoriamento remoto, aéreos ou orbitais, do uso de técnicas classificatórias, da efetuação de levantamentos de campo, da definição da temporalidade de aquisição e da detecção das alterações e conversões das classes de mapeamento durante o período monitorado (INEA, 2018).

Ao construir ao mapa, houve 10 classes detectadas pelo programa QGis porém duas delas são visualizadas: Ocupação urbana de baixa densidade e Pastagem em várzea. Tentou-se aproximar e mudar de cor entre outros procedimentos, porém ainda assim elas não foram observadas. Por isso, foram excluídas da legenda.

### 2.2.4 Moradores por setor censitário

Essa variável traz a informação de quantos moradores há em domicílios particulares permanentes ou a população residente em domicílios particulares permanentes. Este número trás o fator de risco para a análise pois aponta quantas pessoas vão estar vulneráveis a inundação, e as consequências.

Obteve-se o *shape* no IBGE. Esses dados são do censo 2010, Resultados do universo → Agregados por setor censitário → Arquivo básico (planilha Basico.xls ou Basico.csv) → V002 (que é relativo à moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes).

Ao construir ao mapa, optou-se por classificar por Quartil por que as demais variáveis foi necessário usar esse artifício.

Para a elaboração posterior do mapa de risco, foram atribuídos pesos de classificação para os intervalos de pessoas no setor censitário obtidas no *shape*, onde maiores adensamentos ganham pesos maiores, indicando maior risco a inundação, e conseqüentemente, os menores adensamentos

ganham pesos menores. Associada a esses valores, foi feita uma classificação de risco de inundação levando em consideração somente a pessoas no setor censitário, como um exercício preliminar de análise, antes da elaboração do mapa final com as quatro variáveis selecionadas (altitude, declividade, uso e ocupação do solo e pessoas no setor censitário). Isso ajuda a compreensão do todo e embasa a tomada de decisão quanto aos pesos de cada variável na análise hierárquica ponderada (discutida no item 3.2).

## 2.3 Mapeamento do risco de desastre relacionado a inundação

O risco de desastre relacionada a inundação é aqui mapeado com base nas três variáveis selecionadas. Para chegar há um único valor de risco, é necessário sobrepor essas informações através de uma equação. Assim a cada variável é dada um valor de acordo com importância. Obtém-se este valor através da análise hierárquica ponderada.

### 2.3.1 Método de análise hierárquica ponderada aplicado ao mapeamento de risco

Para que o mapa de vulnerabilidade represente as condições de forma mais real, este estudo faz a ponderação de dados pelo do método de Análise Hierárquica Ponderada de Saaty (1977). Ele consiste em fazer uma comparação pareada com uma matriz de relacionamento que depende de uma classificação (SAATY, 1977).

A primeira etapa do processo é selecionar as variáveis pertinentes e correlacioná-las através de uma matriz (Tabela 4), pois o nível de importância é julgado de acordo com os demais fatores. Este é um processo de tomada de decisão de múltiplos critérios, que indica a força com que um elemento domina o outro (SAATY, 1977).

Tabela 4: Matriz com variáveis selecionadas para a bacia Pavuna-Meriti

Fatores	Declividade	Uso do solo	Altitude	Morador por setor censitário
Declividade				
Uso do solo				
Altitude				
Morador por setor censitário				

Fonte: Autor

O segundo passo é escolher o nível de importância das variáveis selecionadas em relação às demais. Uma escala (Tabela 5) transforma essa análise qualitativa em quantitativa ao representá-lo por um número onde 0 elimina a comparação, 1 iguala e 9 correspondem a maior proporção (SAATY, 1977).

Tabela 5: Escala de comparadores

Valores	Importância Mútua
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que

Fonte: ROSOT; BARCZAK; COSTA (2000)

O valor da tabela de importância deve ser escolhido através de levantamento bibliográfico, da elaboração de uma equipe multidisciplinar para fazer visitas de campo, debates etc. a fim de obter dados, mas também ter como base a experiência do pesquisador. Provavelmente uma melhor análise seria feita quando as 3 opções fossem utilizadas pois permitiria uma interdisciplinaridade proveniente das opiniões de diversos integrantes que contribuem para apontar o que melhor representasse as ideias do grupo (DOS SANTOS; EUGENIO; LOUZADA, 2010).

Mediante essa análise da bacia do Pavuna-Meriti, a matriz foi completa. No capítulo de Resultados há o passo a passo do seu preenchimento até que seja definido um peso para cada variável sendo possível gerar uma única equação que aponte o risco da bacia Pavuna-Meriti.

No programa QGis é possível usar a ferramenta *Raster* → Calculadora *Raster* para escrever a equação usando a análise dos mapas de declividade, uso e ocupação do solo e altitude que devem estar no projeto.



### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Este capítulo aponta, primeiramente, a caracterização da bacia Pavuna-Meriti. De acordo com levantamento de informações relativos a bacia entendeu-se que a caracterização mais completa seria alcançada abordando não só a bacia, mas também contemplando os seus municípios e os dois principais rios (Pavuna e Acari).

A segunda parte apresenta os mapas produzidos: o mapa de altitude, o mapa de declividade, o mapa de uso e ocupação do solo, o mapa de moradores por setor censitário e o mapa resultante da sobreposição do demais, o mapa de risco.

#### **3.1 Caracterização da Bacia Pavuna-Meriti**

A bacia Pavuna-Meriti é parte da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara, RJ. A Baía de Guanabara é a segunda maior baía do litoral brasileiro, possui uma área de cerca de 380km<sup>2</sup>, englobando 17 municípios, praticamente toda a Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (SEDEC, 2013).

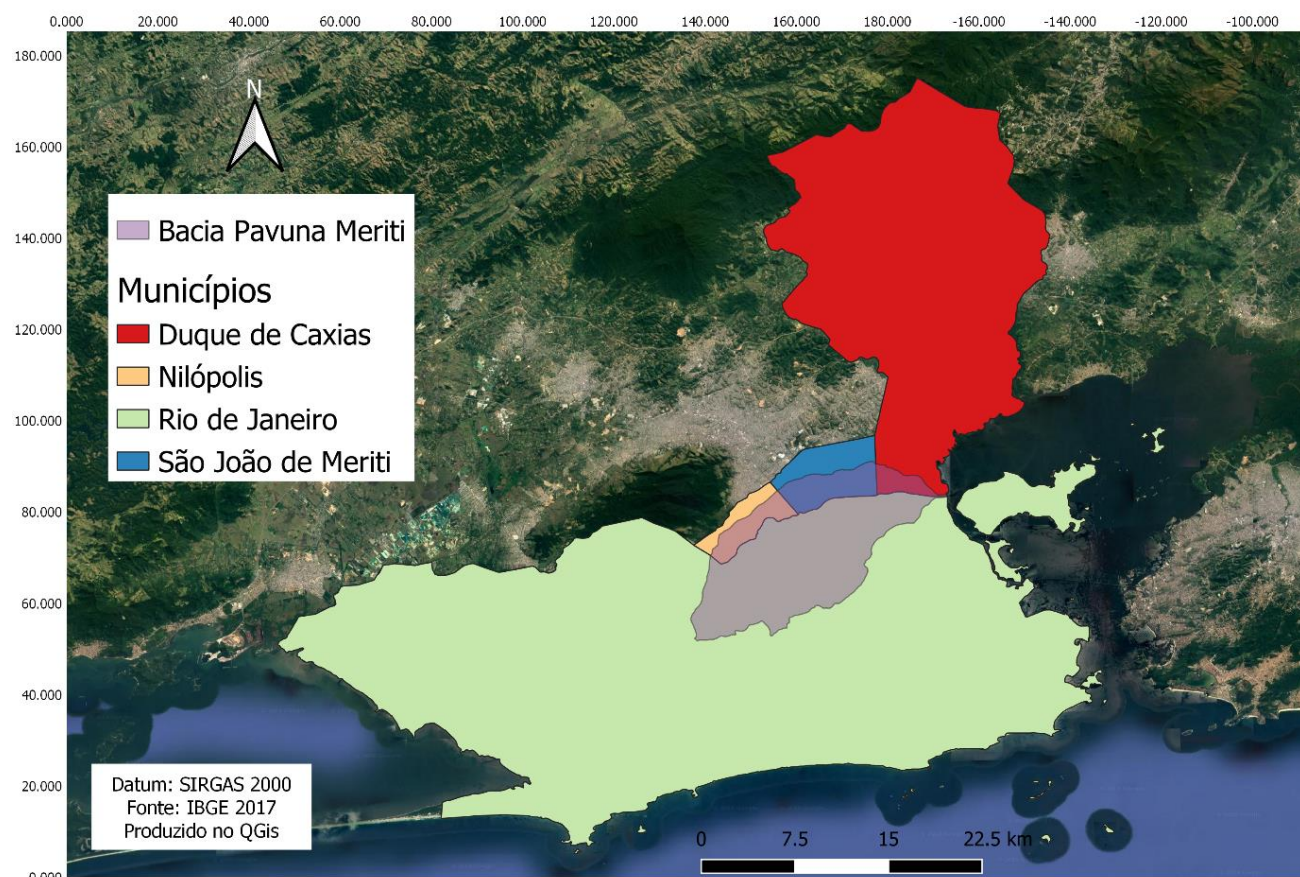
A falta de saneamento no entorno da Baía de Guanabara tem gerado diversos impactos na população e no meio ambiente. O esgoto não tratado é oriundo de residências, indústrias, terminais marítimos de produtos oleosos, portos comerciais, estaleiros, refinarias de petróleo, entre outras. Quando chega à baía o esgoto, contribui para a grande concentração de bactérias na água tornando-a imprópria para a recreação e pesca. Já a falta de gestão de resíduos sólidos adequada gera toneladas de lixo que acabam no seu espelho d'água, impactando negativamente também a saúde, o turismo e o ecossistema. Atrelado a isso, a urbanização e o uso descontrolado do solo provocam assoreamento (PSAM, 2007; SEDEC, 2013).

Serviços de infraestrutura de saneamento e drenagem não acompanham as transformações das cidades. Principalmente os rios da bacia que atravessam as áreas mais densamente povoadas são verdadeiras canalizações de esgoto a céu aberto, recebendo ainda grandes contribuições de despejos industriais e lixo, culminando em inundações (SEDEC, 2013).

### 3.1.1 Caracterização no âmbito municipal

A primeira etapa é caracterizar os municípios que pertencem à bacia: Rio de Janeiro, Duque de Caxias, São João de Meriti e Nilópolis (Figura 15) a fim de apresentar um panorama geral, como a metodologia usada também pelo Estudo Regional de Saneamento Básico dos Municípios da Baixada Fluminense. Uma das relevâncias desta análise é que quase 50% dos municípios de Nilópolis e São João de Meriti se encontram dentro da bacia.

Figura 15: Localização da bacia Pavuna-Meriti e seus municípios



Fonte: Autor

Nessa etapa, são apresentadas características físicas, como: relevo, principal vegetação, seu histórico, tamanho da população, rede de saneamento básico e casos de inundações.

### **3.1.1.1 Rio de Janeiro**

A cidade do Rio de Janeiro está localizada a 22°54' latitude sul e 43°26' longitude oeste, sua área territorial é de 1.255,3 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 22,7% da área da Região Metropolitana e 2,75% do território do estado (CONEN, 2013; FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS, FCTH, 2015).

Filiado ao sistema da Serra do Mar, o relevo da cidade é caracterizado por maciços abruptos e baixadas extensas. Isso cria uma área de isolamento quanto à circulação dos ventos e massas de ar, conferindo à cidade uma complexidade climática acirrada pelo processo de urbanização. Além disso, está sujeita à influência de fatores dinâmicos como sistemas de circulação atmosféricas intertropicais e polares, que provocam chuvas (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

A topografia bastante acidentada favorece as precipitações, pois aumenta a turbulência do ar pela ascendência orográfica, principalmente quando ocorre a passagem de correntes perturbadas. Outros fatores são a posição em relação ao mar e a intensa radiação solar associados à urbanização, os quais propiciam uma forte e constante concentração dos núcleos de condensação nas partes baixas da atmosfera. Isso contribui para o aumento de chuvas quando ocorrem frentes frias e outros fenômenos de ascendência dinâmica (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

A cidade do Rio de Janeiro possui, ao todo, 48 bacias hidrográficas inseridas, total ou parcialmente nos limites do município. A principal contribuição fluvial está dividida entre as Baías de Guanabara e de Sepetiba. As demais drenam para o litoral oceânico, porém apresentam modesto volume d'água. Os cursos d'água possuem um pequeno trecho nas áreas de relevo e grandes percursos nas áreas planas. Nessa redução acentuada de declive, há bastante contribuição para a ocorrência de enchentes (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

No município do Rio de Janeiro, encontram-se três principais tipos de vegetação: Floresta Ombrófila Densa, Manguezal e Restinga. A Mata Atlântica ou Floresta Ombrófila Densa caracteriza-se por uma floresta com elevada diversidade de flora e fauna. O Manguezal é uma área estuarina com vegetação adaptada às inundações periódicas e à alta concentração de sal e pouca oxigenação do solo argiloso. A Restinga é uma área de influência marinha e fluviomarina, porém caracteriza-se por um solo arenoso, com uma vegetação que suporta elevadas temperaturas e é diretamente influenciada pela ação dos ventos e da maresia, que trazem nutrientes às plantas (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

A ocupação da área pertencente a bacia Pavuna-Meriti, foi ocupada. Durante a década de 1940, foi reforçada a expansão urbana ao longo da Av. Brasil (em construção) desde a orla da baía

da Guanabara e ao longo da Estrada de Ferro Leopoldina, induzindo a formação de um novo parque industrial. Com isso, a partir de 1950, vieram também os assentamentos de baixa renda onde hoje é a favela da Maré (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

Segundo os dados mais recentes, a cidade do Rio de Janeiro conta com 11 subprefeituras, 5 áreas de planejamento, que se subdividem em 34 regiões administrativas, contendo 182 bairros. Possui uma população de 6.320.446 pessoas (em 2010) o que gera a uma alta densidade demográfica (5.265,82 hab/km<sup>2</sup>) e um déficit habitacional em duas dimensões: a insuficiência quantitativa no número de moradias e a sua inadequação correspondente às deficiências de infraestrutura básica, à inadequação fundiária ou à precariedade do próprio domicílio (CIDADE, 2018a; MAIA; CASTRO, 2008; SMARH, 2015).

O tamanho e grandeza do município se transforma em desigualdades sociais nos mais diversos setores. Apesar do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) ser 0.799 (2010), há uma grande variedade de acordo com a parte do município. Segundo os dados de 2000 (Tabela 6), o maior índice de desenvolvimento humano (IDH) encontra-se na região administrativa de Copacabana (0,956) e o menor do complexo do alemão (0,709) (SMARH, 2011; CIDADE, 2018a).

A cidade produz cerca de 470 toneladas/dia de esgotos domésticos (sem considerar o industrial), possui 94,4 % de domicílios com esgotamento sanitário adequado<sup>9</sup> e 78,4 % de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada<sup>10</sup>. Esses índices apontam a cidade como apenas em quinta e segunda respectivamente no Estado apesar de ser a capital (MAIA; CASTRO, 2008; CIDADE, 2018a).

A maioria dos corpos hídricos do Rio de Janeiro recebe esgotos, principalmente pela conexão do sistema de drenagem com a rede de esgotos. Grande parte disso ocorre de despejos clandestino de esgoto doméstico e industrial. Apenas 35% da área física do município é atendida pelo sistema separador absoluto<sup>11</sup>. No restante da área, na maior parte da Zona Oeste e da Baixada

---

<sup>9</sup> [população total residente nos domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário do tipo rede geral e fossa séptica / População total residente nos domicílios particulares permanentes] x 100 (CIDADE, 2018a)

<sup>10</sup> [domicílios urbanos em face de quadra com boca de lobo e pavimentação e meio-fio e calçada/domicílios urbanos totais] x 100 (CIDADE, 2018a)

<sup>11</sup> redes de esgotos sanitários são obrigatoriamente projetados e construídos independentemente dos sistemas de drenagem pluvial (PCRJ, 1999 APUD SMARH, 2015)

de Jacarepaguá, opera ainda o sistema de captação unitário<sup>12</sup>, no qual os esgotos são coletados pelas galerias de águas pluviais e lançados diretamente no meio natural (Figura 16) (PCRJ, 1999 APUD SMARH, 2015).

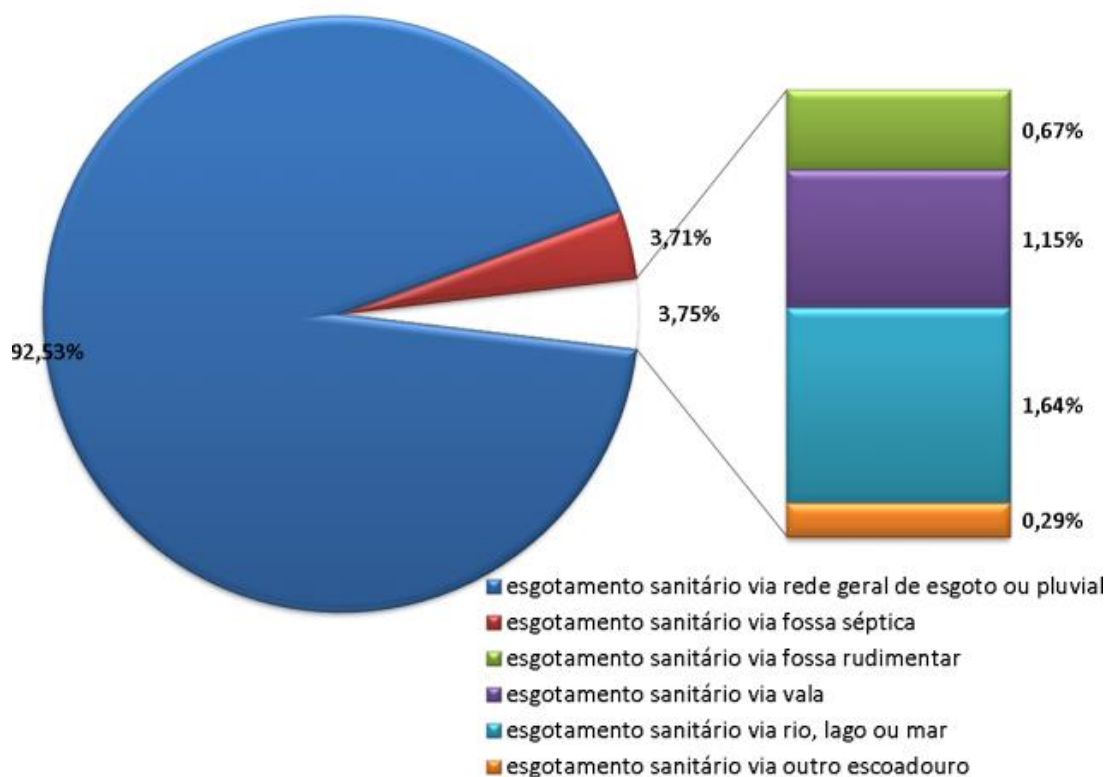
Tabela 6: IDH por região administrativa

<b>Região administrativa</b>	<b>IDH</b>
Copacabana	0,956
Lagoa	0,951
Botafogo	0,947
Tijuca	0,923
Barra da Tijuca	0,918
Vila Isabel	0,916
Centro	0,894
Santa Teresa	0,868
Meier	0,865
Ilha do governador	0,862
Irajá	0,851
Jacarepaguá	0,844
Rio Comprido	0,836
Madureira	0,834
Inhaúma	0,833
Ramos	0,828
Ilha do Paquetá	0,822
São Cristóvão	0,814
Realengo	0,813
Penha	0,805
Anchieta	0,805
Campo Grande	0,792
Bangu	0,792
Portuária	0,775
Pavuna	0,767
Cidade de Deus	0,754
Santa Cruz	0,747
Guaratiba	0,746
Rocinha	0,735
Jacarezinho	0,731
Maré	0,719
Complexo do Alemão	0,709

Fonte: Adaptado SMARH (2011)

<sup>12</sup> esgoto coletado pelas galerias de águas pluviais e lançados diretamente no meio natural (PCRJ, 1999 APUD SMARH, 2015)

Figura 16: Coleta e tratamento de esgoto sanitário relativos a 2010 no município do Rio de Janeiro



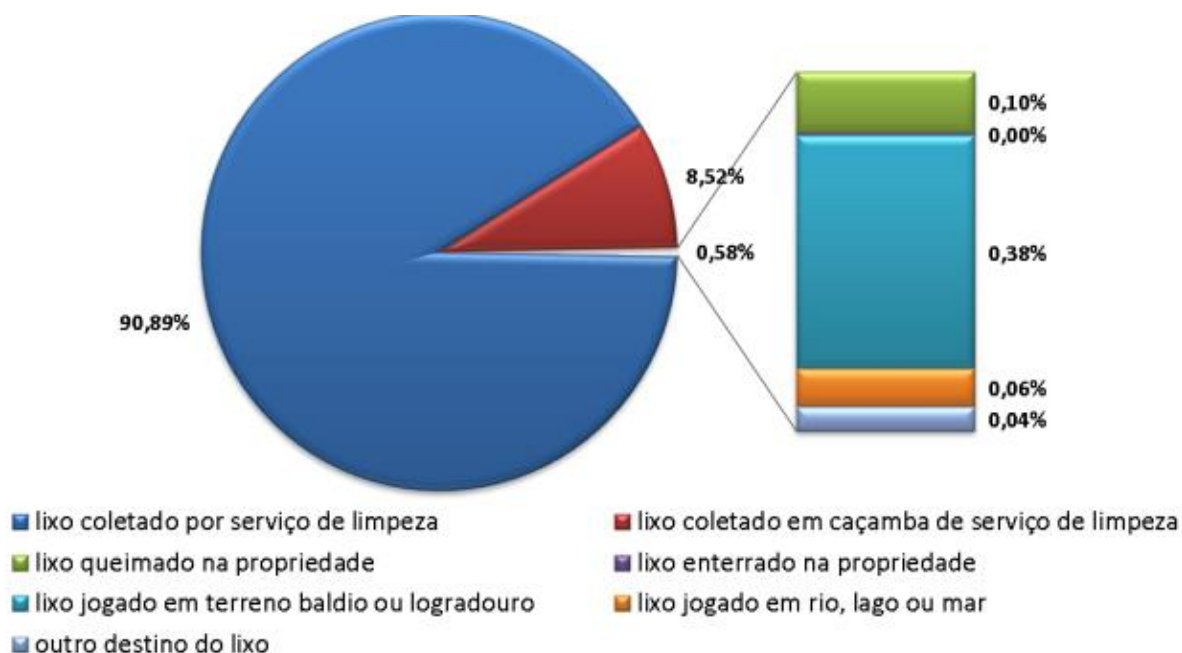
Fonte: CONEN (2013)

Durante as chuvas mais intensas, ocorre também a introdução indevida de resíduos comumente encontrados nas águas pluviais como areia, galhos, lixo e folhas, pois apesar dos bons índices (Figura 17), esses dados não são compreendem a realidade da qualidade do serviço prestado à população. Em decorrência disso, o município apresenta uma série de problemas ligados a inundações, poluição das águas e questões de saúde pública associados ao saneamento (SMARH, 2015; CELU, 2009a APUD SMARH, 2011).

As maiores deficiências do serviço estão relacionadas à informalidade na ocupação do solo e as dificuldades relativas, exigindo diferentes esforços e uma gestão do manejo dos resíduos sólidos que contemple todas as realidades. Nas favelas um exemplo são as ruas onde o caminhão de lixo (meio tradicional de coleta) não consegue passar. Nem todo lixo é coletado, podendo ser queimado, enterrado, jogado em terreno baldio ou logradouro, rio, lago ou mar, ou outros locais (CELU, 2009 a APUD SMARH, 2011).

O Rio de Janeiro é a cidade com o segundo maior produto interno bruto (PIB) no Brasil, seu território municipal é considerado integralmente urbano pois a atividade agropecuária é praticamente inexistente, ocupando apenas 0,02% do território, com pouca expressão econômica e respondendo por 5% da produção do Estado. O equilíbrio econômico e social interurbano se dá por meio de um sistema de centros e sub-centros de comércio e serviços, áreas industriais e locais de desenvolvimento das atividades turísticas (CONEN, 2013; FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS, FCTH, 2015).

Figura 17: Atendimento de coleta de lixo relativos a 2010 no município do Rio de Janeiro



Fonte: (CONEN, 2013)

O setor industrial apresenta o maior faturamento embora o setor de prestação de serviços concentre o maior número de estabelecimentos e principalmente as pequenas e micro empresas. Esses dois setores caracterizam a atividade econômica mais expressiva da cidade, sendo responsáveis pela geração do maior número de empregos e de postos de trabalho (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

Isso faz com que a cidade precise um suporte em transporte. Ela possui três linhas de metrô, cinco linhas de trem, com 258 km de extensão e 108 estações, uma rede hidroviária que interliga a própria cidade com suas ilhas (Paquetá e Governador) e com o município de Niterói (CONEN, 2013).

As características físicas do município incluem os rios que descem para as baixadas e levam grandes quantidades de sedimentos que, juntamente com o lixo e o esgoto despejados nos rios, provocam inundações em várias partes da cidade além de poluição também nas lagoas e baías. Outros grandes problemas que podem ser observados na maioria dos rios são o aumento dos níveis das marés cheias, que interceptam na foz o escoamento das águas; o aumento da construção de habitações ribeirinhas, provocando a destruição da mata ciliar; e o aumento da poluição por despejos humano (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

As enchentes na cidade não são recentes. A primeira documentada ocorreu em setembro de 1711. Depois disso houve registros em 1756, 1811, 1906, 1924, 1940, 1942, 1962, 1967 (500 mortes), 1982, 1983, 1987, 1988 (600 mortes), 1991, 1999. Mas a maior tragédia em consequência das chuvas de que se tem registro no Rio de Janeiro ocorreu em 1966: uma semana de enchentes, deixando 250 mortos e 50.000 desabrigados. Os casos mais recentes e também mais frequentes estão compilados na tabela 7 (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

Tabela 7: Eventos extremos de chuva e transtornos ligados a inundações e alagamentos no município do Rio de Janeiro noticiados no jornal “O Extra” (2006-2010)

<b>Data</b>	<b>Chuva máx. em 24h</b>	<b>Local</b>	<b>Tipos de dano</b>
03/02/2006	6,6 mm	Honório Gurgel, Jacarepaguá, Vila Valqueire, Leopoldina, Penha e Caju	Inundação de casas; alagamento do estacionamento do Penha Shopping; Inundação do posto de saúde Fernando Antônio Braga Lopes, com danos á equipamentos e documentos 15 desalojados; 2 mortes por alagamentos; 6 mortes por afogamento
18/04/2006	243,4 mm	Centro, Avenida Brasil, Tijuca, Maracanã, Leblon, Lapa	Queda de árvores na Av. Niemeyer; fechamento do aeroporto Santos Dumont; falta de luz em pontos da cidade; alagamento na Lapa e na Tijuca, com cheia do Rio Maracanã 124 feridos em acidentes automobilísticos
28/11/2006	49,6 mm	Centro	Complicações no trânsito na área central da cidade
6/12/2006	90,8 mm	Tijuca, Maracanã, Bonsucesso, Manguinhos, Parada de Lucas, Penha, Honório Gurgel, Guadalupe	Alagamentos em ruas e Avenida Brasil; fechamento do aeroporto Santos Dumont e falta de luz



<b>Data</b>	<b>Chuva máx. em 24h</b>	<b>Local</b>	<b>Tipos de dano</b>
15/03/2008	100,4 mm	Taquara, Cavalcante, Engenheiro Leal, Vargem Grande, Bonsucesso, Santa Cruz, Higienópolis, Itanhangá, Maracanã e Centro	Queda de árvores; falta de luz; transbordamento do Rio Maracanã, com pontos de alagamento na Praça da Bandeira; detritos espalhados pela cidade; desabamento do teto do Hospital Souza Aguiar
17/03/2008	10,2 mm	Centro	Alagamento na Av. Presidente Vargas, com colisão entre veículos 29 feridos
11/08/2008	81,0 mm	Caju, Grajaú, Avenida Brasil	Acidentes entre veículos; fechamento do aeroporto Santos Dumont
03/10/2008	10,2 mm	Praça XV, Encantado, Centro, Ilha do Governador, Manguinhos, Leblon	Colisão entre veículos e demais acidentes de trânsito; vendaval; queda de postes 16 feridos; 1 morte
18/11/2008	71,2 mm	Centro, Aterro do Flamengo, Leblon, Barra	Alagamento das principais vias da cidade, com interdição devido aos bolsões de água; carros arrastados pela água; desabamento de uma cobertura no Leblon; alagamento da Câmara Municipal
26/12/2008	43,4 mm	Centro, Urca	Rajadas de vento; fechamento do aeroporto Santos Dumont; suspensão da circulação dos bondinhos no Pão de Açúcar; enchentes nas vias de acesso à zona sul
17/11/2009	31,4 mm	Anchieta, Oswaldo Cruz, Cordovil, Campo Grande, Praça Seca, Tijuca, Madureira, Marechal Hermes, Jacarepaguá	Alagamentos em diversas ruas, com água ultrapassando a altura de 1m; deslizamentos; bloqueio de estações de trem;
29/12/2009	59,8 mm	Piedade, Jacarepaguá, Taquara, Cordovil, Ramos, Urca, Lapa	Inundação e alagamentos em ruas, formando bolsões d'água; transbordamento de bueiros; queda de árvores; deslizamentos de terra; falta de luz 1 ferido; 1 morte por afogamento
07/03/2010	127,2 mm	Rio Comprido, Barra, Recreio, Maracanã, Leblon, Tijuca, Ilha do Governador, Inhaúma, São Cristóvão, Vicente de Carvalho, Anchieta	Tumulto no trânsito das principais vias da cidade, com alagamentos formando bolsões d'água; motoristas ilhados; desabamento de casas; falta de energia; queda de árvores e muros 22 feridos

<b>Data</b>	<b>Chuva máx. em 24h</b>	<b>Local</b>	<b>Tipos de dano</b>
15/03/2010	88,2 mm	Engenho de Dentro, Centro, Bonsucesso, Penha, Vicente de Carvalho, Inhaúma, Ramos, Urca, Ilha do Governador, Olaria, Vila Isabel	Alagamentos nas principais vias da cidade; desabamento do teto do Hospital Geral de Bonsucesso; falta de luz na Unidade de Pronto Atendimento da Penha; queda de árvores; fechamento do aeroporto Santos Dumont
19/03/2010	18,8 mm	Vila Valqueire, Bonsucesso	Alagamentos nas estações de trem em V. Valqueire, com interdição da estação; deslizamentos de terra
06/04/2010	137,4 mm	Barra, São Conrado, Tijuca, Jacarepaguá, Ilha do Governador, São Cristóvão, Maracanã, Andaraí, Zona Sul, Manguinhos	Alagamentos em vários pontos impediram o tráfego; deslizamento no Morro do Borel; fechamento do aeroporto S. Dumont; paralisação de parte dos trens da SuperVia e do metrô; rajadas de vento; falta de luz; transbordamento do Rio Maracanã; 5 feridos; 3 mortes
07/04/2010	275,8 mm	Centro, Maracanã, J. Botânico, Lagoa, Leblon, Jacarepaguá, S. Teresa, Taquara, Humaitá, Andaraí, Recreio, Ilha do Governador, Botafogo, Campo Grande	Alagamentos em vários pontos, com água na altura de 2m chegando a invadir veículos (inclusive ônibus); deslizamentos no Morro dos Prazeres (Santa Teresa) 11 mil desalojados (Região Metropolitana); 39 mortes no município (34 por deslizamento em Santa Teresa)

Fonte: Adaptado ARMOND e NETO (2012)

Essas inundações se estendem por todo o município: nas áreas marginais ao trecho inferior do rio Maracanã e canal do Mangue, na Praça da Bandeira; no canal do Cunha, na área de Manguinhos; no rio Faria-Timbó, entre o deságue do rio Jacaré e sua foz, no canal do Cunha; em outras sub-bacias, como a do rio Acari, foram observados pontos de obstrução que dificultam o escoamento nos períodos de cheia (THE WORLD BANK; GOVERNO DO RIO DE JANEIRO; CÂMARA METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO, 2016).

### **3.1.1.2 Duque de Caxias**

Duque de Caxias tem uma área de 468,3 Km<sup>2</sup>, o que representa 10% de área ocupada da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Atualmente há aproximadamente 850 mil habitantes

o que proporciona uma densidade demográfica de 1.828,51 hab/km<sup>2</sup> (CIDADE, 2018b; PREFEITURA DE DUQUE DE CAXIAS, NIMA/PUC, PETROBRÁS, 2009).

Em 1930, a estação ferroviária localizada no município de Duque de Caxias era denominada “Merity”. Naquela ocasião, um grupo de moradores trocou o nome da localidade, denominando-o “Caxias”. Com isso, em 1931 ele se tornou o 8º distrito de Nova Iguaçu. Sua importância se deu por sua grande população, cerca de 30 mil habitantes, sua ligação com o Rio de Janeiro, pelos trens da Leopoldina, transporte fluviais na baía de Guanabara e, desde 1928, a rodovia Rio-Petrópolis e por, no início dos anos 1940, a Fábrica Nacional de Motores (FNM) ter se instalado em Xerém (SILVA, 2004).

Em 31 de dezembro de 1943, Duque de Caxias se emancipou. Assim a partir na década de 1950, desenvolveu indústria e agronegócio contando com a abertura da Avenida Brasil, Rodovia Dutra e Washington Luís. Isso, incluía a refinaria de Duque de Caxias (REDUC), a primeira empresa petroquímica brasileira e empresas dependentes da matéria-prima fabricada por elas, compondo polo petroquímico. Porém a infraestrutura da cidade não acompanhou tal progresso (SOUZA, 2004).

A década de 1970 foi marcada por mudanças. Havia grande número de favelas, a ineficiência do transporte público focado nos ônibus que consumia ¼ do salário da população e serviços precários qualitativamente e quantitativamente, como baixo padrão sanitário com mau cheiro, proliferação de vetores e consecutivamente doenças. Porém, foram realizadas reforma em escolas, instalação de quartéis, construção de vias pavimentadas, e o grande marco (finalizado em 1982 e 1981 respectivamente) foi a ampliação do sistema Guandu e construção da adutora que possibilitou o abastecimento de alguns bairros (COSTA, 2009).

Entre 1991 e 2000, a taxa média de crescimento foi de 1,7% ao ano, e seu o processo de urbanização foi de 99,6%, com uma taxa de ocupação de 86%. Isso resultou num dos maiores Produto Interno Bruto (PIB) entre as cidades brasileiras, alcançando, em 2003, o nono lugar do ranking nacional e assim participando dos principais 25% do PIB nacional (PREFEITURA DE DUQUE DE CAXIAS; NIMA/PUC; PETROBRÁS, 2009; CIDADE, 2018b).

Atualmente Duque de Caxias encontra-se dividida em 40 bairros em quatro distritos, Duque de Caxias, Campos Elíseos e Imbariê, zonas de maior concentração urbana, e Xerém. Apesar do município ter um orçamento expressivo, o salário médio mensal da população é de 2.7 salários

mínimos e apenas 19.5% pessoas ocupadas<sup>13</sup>. Outros dados preocupantes são o alto índice de violência, pobreza e grande déficit habitacional (COSTA, 2009; CIDADE, 2018b; PREFEITURA DE DUQUE DE CAXIAS; NIMA/PUC; PETROBRÁS, 2009).

Em relação as suas características físicas, destacam-se colinas de baixa altitude (média de 15 metros), de formações antigas e áreas de Floresta Ombrófila significativas, ambos acompanham a Serra do Mar. Próximo à Baía de Guanabara, o cenário muda para pântanos, manguezais e brejos. O relevo tem extensas planícies baixas, limitado por pequenas altitudes. Ao norte (divisa com Miguel Pereira e Petrópolis), há esporões montanhosos que precedem a Serra do Mar, cuja altitude máxima é de 1364 metros. Seu clima é quente e úmido, com chuvas abundantes e temperaturas elevadas. Há alterações nos 3º e 4º Distritos, próximas à Serra do Mar, onde a temperatura é mais amena (CONEN, 2013; PREFEITURA DE DUQUE DE CAXIAS; NIMA/PUC; PETROBRÁS, 2009).

Na área ambiental, o município tem 69% dos domicílios com acesso à rede de distribuição de água, 85.3% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 88,9% com acesso à coleta regular de lixo e 68.2% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada<sup>14</sup>; e tem uma área protegida proporcional a países desenvolvidos como a Áustria, com 4 áreas de proteção ambiental (APA's), 3 parques municipais e mais de 20 áreas de Zonas Especiais de Interesse Ambiental (CIDADE, 2018b; PREFEITURA DE DUQUE DE CAXIAS; NIMA/PUC; PETROBRÁS, 2009 ).

Porém todos esses dados não mostram as contradições do município geradas devido à má gestão e diferença dos investimentos aplicados em cada distrito, bairros bem servidos pelo sistema de transporte/outros com serviço precário, distritos atendidos por escolas e hospitais públicos/distritos carentes desses serviços. (PREFEITURA DE DUQUE DE CAXIAS; NIMA/PUC; PETROBRÁS, 2009).

Um exemplo da precariedade do município é bairro de Jardim Gramacho que abrigava o lixão de Gramacho e depois, o Aterro (controlado<sup>15</sup>) Metropolitano de Gramacho. O bairro é permeado pelo trajeto da rota do lixo e praticamente todo o bairro tem sua vida ativa economicamente em função da presença de catadores: cerca de 50% desta atividade econômica

---

<sup>13</sup> [pessoal ocupado no município/população total do município] x 100

<sup>14</sup> presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio

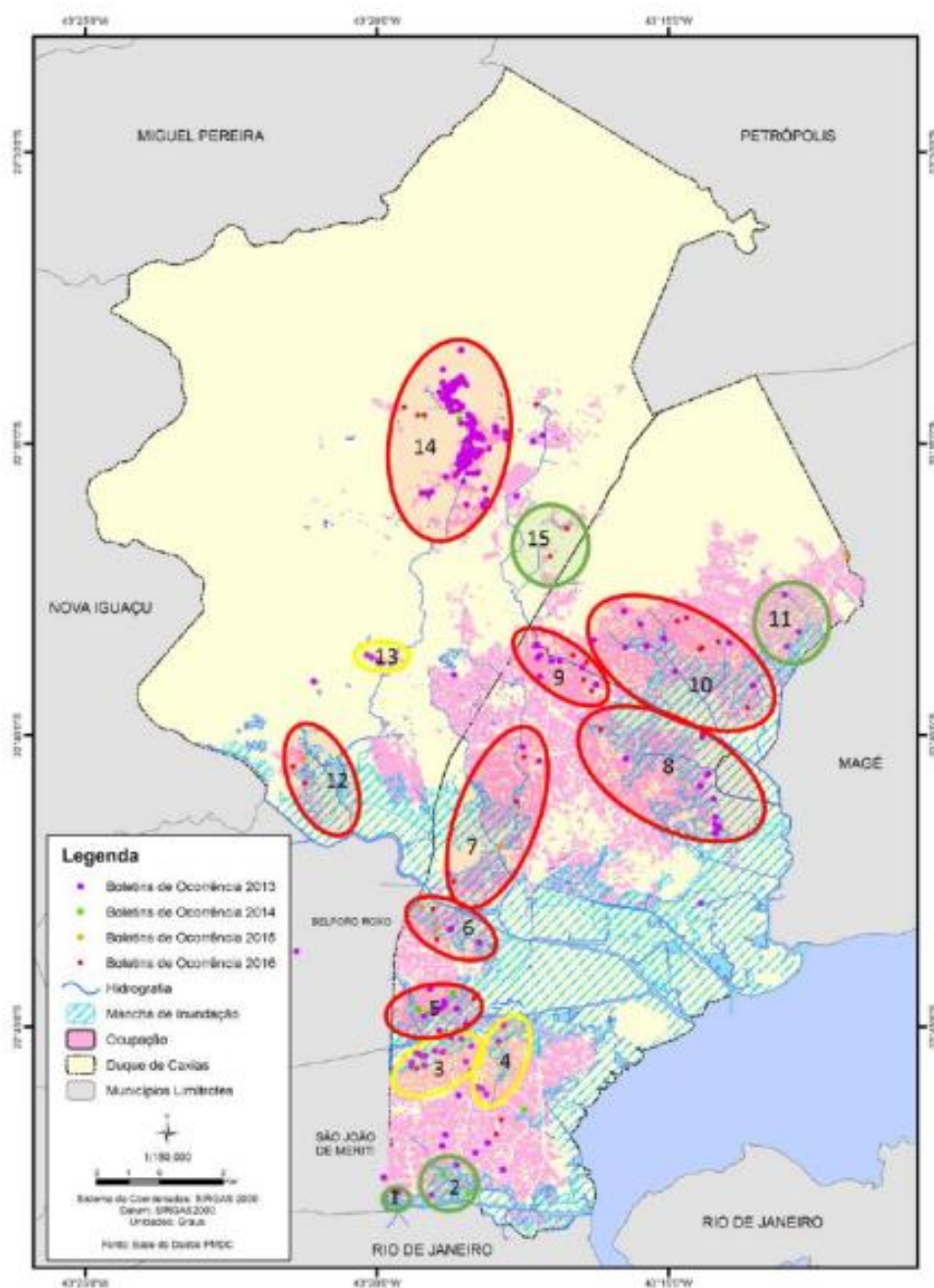
<sup>15</sup> Aterro controlado - Forma inadequada de disposição final de resíduos e rejeitos, no qual o único cuidado realizado é o recobrimento da massa de resíduos e rejeitos com terra (BRASIL, 2011)

dependiam dela direta ou indiretamente em 2005 (PREFEITURA DE DUQUE DE CAXIAS; NIMA/PUC; PETROBRÁS, 2009).

As características socio-geográficas da região como terrenos de baixada, o mau uso do solo e o desordenamento de ocupações territoriais, normalmente em áreas ribeirinhas pela população mais vulnerável, proporcionam a sua susceptibilidade às inundações em períodos chuvosos. O Plano Municipal de Saneamento Básico de Duque de Caxias aponta, que área que pertence à bacia Pavuna-Meriti é a mais exposta, porém o perigo Alto e Muito alto é mais homogêneo em todo município.

Segundo boletins de ocorrência (BO's) gerados a partir da defesa civil municipal de Duque de Caxias, entre 2013 e janeiro de 2016, foram registradas 8 mil vistorias realizadas e 900 BO's de evento hidrológico de inundação, sintetizados na Figura 18, sendo que as sinalizadas de vermelho tem o nível de perigo alto, as em amarelo tem um nível de perigo médio e as em verde tem um nível de perigo baixo (VISSIRINI et al., 2016a).

Figura 18: Mapa de risco de inundação de Duque de Caxias



Fonte: VISSIRINI et al., 2015

Assim o município trata essas situações por meio de diversos documentos e legislação. Pode-se citar: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Iguçu-Sarapuú da SERLA em 1994; Plano Municipal de Saneamento Básico de Duque de Caxias (PMSB); e Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR) (PREFEITURA DUQUE DE CAXIAS; SERPEN; COBA, 2017; VISSIRINI et al., 2016a).

O PMSB/DC é o instrumento estratégico para o planejamento da expansão da infraestrutura de saneamento básico (drenagem urbana, sistemas de abastecimento de água e o esgotamento) à curto, médio e longo prazo, considerando bases técnicas. Nele, estão envolvidas as secretarias de Meio Ambiente, Urbanismo, Obras, Educação, Saúde, além da Central de Águas e Saneamento de Duque de Caxias (PREFEITURA DUQUE DE CAXIAS; SERPEN; COBA, 2017).

O PMRR/DQ contém parâmetros fundamentais para a implantação e desenvolvimento de uma política pública municipal de gestão de escorregamentos e inundações em áreas urbanas. E realiza Do mapeamento de áreas de risco identificadas e respectivos setores, a caracterização geotécnica e de vulnerabilidade, a análise geral da situação na região, além de indicações de medidas estruturais e não estruturais no sentido de prevenir, mitigar e controlar as situações de risco observadas (REGEA, [s.d.]).

Dentro desse programa, o gasto previsto na Lei orçamentária para 2014 (lei Municipal n 2.602, de 26/12/2013) foi de R\$ 41.752.000,00. Esse valor tinha o objetivo de: realocação populacional e construção de moradias para a população de baixa renda; recuperação de áreas degradadas; implantação do sistema de alerta e alarme para chuvas e inundações, de Unidades de Proteção Comunitária, de projetos de redução de risco nas escolas; do centro de operações da baixada fluminense e um centro de estudos e pesquisas sobre desastres naturais e tecnológicos; e a criação do Fundo Municipal de Redução de Riscos de Desastres (PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE DE CAXIAS, 2014).

### **3.1.1.3 São João de Meriti**

A cidade de São João de Meriti localiza-se na Baixada Fluminense, Região Metropolitana do Rio de Janeiro, ocupa uma área de 34,5 km<sup>2</sup>. O centro as cidade é localizado na latitude sul 22°48'14" e na longitude oeste 43°22'20". No início de sua ocupação, existiam muitas fazendas que escoavam sua produção de milho, mandioca, feijão e açúcar, pelos rios Miriti e Sarapuí (SECRETARIA DE DEFESA CIVIL SÃO JOÃO DE MERITI, 2017; O DIA, 2014).

A área da cidade de São João de Meriti em 1833, a construção da Igreja de São João Batista de Meriti mostrava a importância “secular” e eclesiástica daquele território parte do povoado de Nova Iguaçu, ela também fez pertenceu a Duque de Caxias, se emancipando em 1947 (O DIA, 2014; MERITI 2018).

Hoje, o município de São João de Meriti faz divisa com cinco municípios, Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Nilópolis, Belford Roxo e Mesquita, tendo uma posição geográfica privilegiada e estratégica, pois é cortada pela Via Dutra e localizando-se a 27 km do centro da metrópole (MERITI, 2018).

Ao longo dos anos, o município teve momentos de expansão e de retração no desenvolvimento, tendo um IDH de 0,719. Atualmente, sua principal atividade econômica vem do comércio e serviços, nos centros como Vilar dos Teles (antigamente chamada de Capital do Jeans), o Centro, Coelho da Rocha, Éden, Jardim Meriti e o Shopping Grande Rio (MERITI, 2018; CIDADE, 2018c).

Esses setores têm como consumidor uma população de aproximadamente 460 mil habitantes (segundo IBGE, 2010), com um salário médio mensal de 1.9 salários mínimos. Atualmente, conta com 16 bairros e nos seus três distritos há um total de 147.435 domicílios particulares permanentes, todos na área urbana configurando uma das mais altas densidades demográficas do continente americano (JOÃO DE MERITI; 2014; MERITI, 2017; CIDADES, 2018c).

Devido aos fatores econômicos e populacionais, São João de Meriti é caracterizado como um “município dormitório” com movimentos pendulares entre a cidade e a capital devido ao maior emprego na cidade do Rio de Janeiro, loteamentos de baixo custo e transporte até a capital como a estação de trem Meriti (REGAE, 2013).

O seu território é ocupado por antigas planícies fluviais, morros e mais 40 morrotes de 100 a 200 metros de média a baixa inclinação. O regime de chuvas da cidade é pouco conhecido pela falta de observações segundo ABREU e BRANDÃO (2006). Há um período chuvoso entre dezembro e março, com chuvas concentradas em poucos dias, geralmente, associadas à entrada de sistemas frontais, quando são frequentes precipitações acima de 50 mm em um dia (MERITI, 2017; APOIO et al., 2013; DEFESA CIVIL SÃO JOÃO DE MERITI, 2018; GREGÓRIO; BRANDÃO, 2010).

A drenagem é de padrão dendrítico e de densidade muito baixa, o que é influenciado pelo regime de marés por conta da proximidade com a Baía de Guanabara. Atualmente, 46.9% de domicílios urbanos em vias públicas possuem urbanização adequada<sup>16</sup>. Apesar disso, as vias de drenagens estão intensamente modificadas pela ação humana, sendo canalizadas, retificadas e

---

<sup>16</sup> presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio



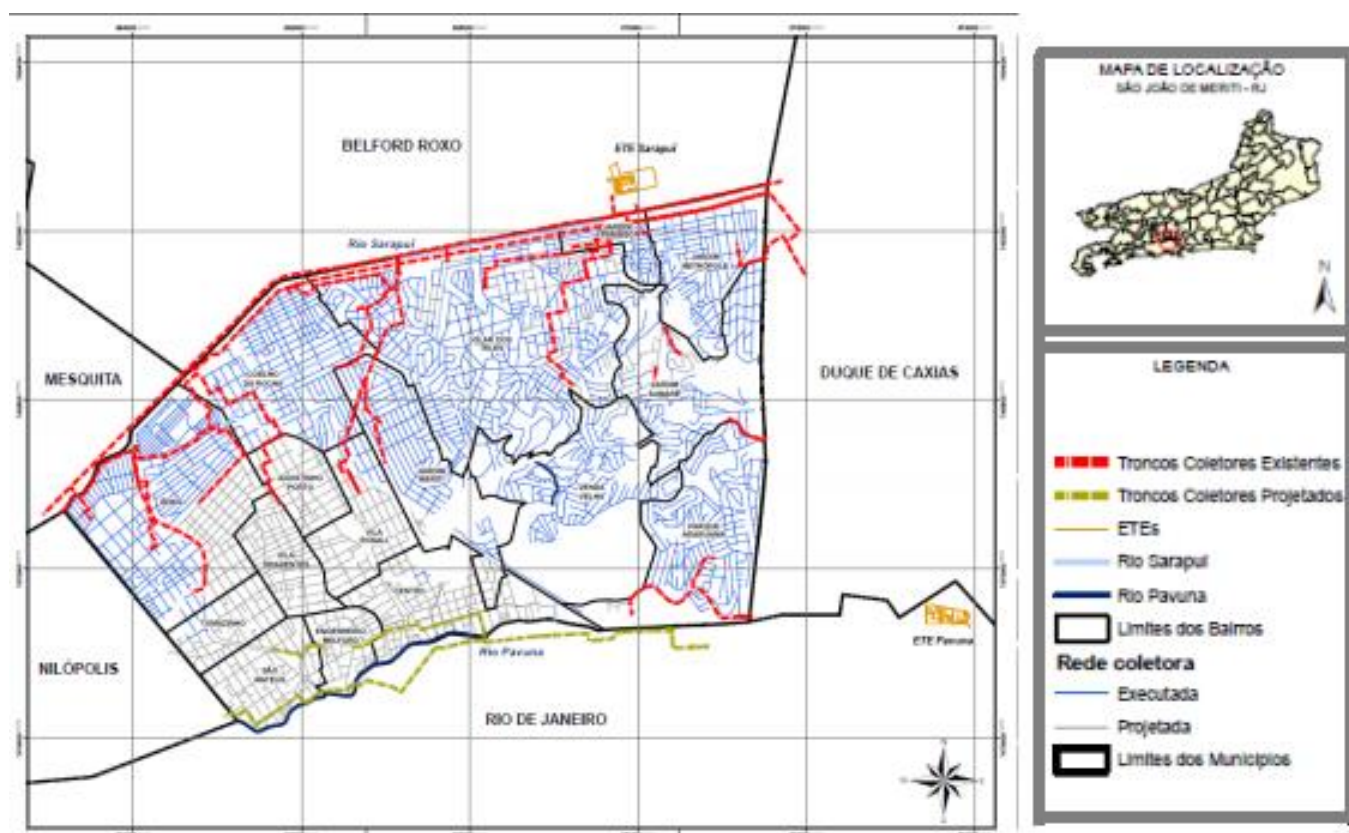
encobertas, em sua maioria, mas também partes expostas que se encontram assoreadas pelo acúmulo de lixo, despejo de esgoto *in natura* e mesmo por processos naturais (MERITI, 2017; APOIO et al., 2013; DEFESA CIVIL SÃO JOÃO DE MERITI, 2018; CIDADE, 2018c).

A rede de saneamento existente em São João de Meriti vem sendo implantada desde a década de 1980, por programas como: Projeto Especial de Saneamento da Baixada Fluminense (1984/1988); Projeto Reconstrução Rio (1988/1990); Programa Despoluição da Baía de Guanabara (1993/1998); e Programa Nova Baixada ou Baixada Viva (1996/2007). Segundo os últimos registros, 94.2% de domicílios apresenta esgotamento sanitário adequado (SÃO JOÃO DE MERITI, 2014; CIDADE, 2018c).

O esgoto é conduzido para duas bacias de drenagem distintas (Figura 19). Na área norte do município, para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Sarapuí, situada no município de Belfort Roxo e que atende também parte de Duque de Caxias, Belfort Roxo, Nilópolis, Mesquita e Nova Iguaçu. Já a parte sul, vai para a ETE Pavuna, situada no município do Rio de Janeiro, que atende também a área drenada pelo rio Pavuna na cidade do Rio de Janeiro, e a área drenada pelo rio Meriti do município de Nilópolis e Duque de Caxias (áreas da bacia do trabalho) (SÃO JOÃO DE MERITI, 2014).

As ETEs existentes são capazes de atender a região, porém os esgotos do município ainda não estão chegando a elas. Como mostra a Figura 19, não há rede de saneamento em grande parte da cidade, principalmente na área da bacia do estudo. Apesar disso, a CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos) informa a existência de rede coletora e ligações, mas o sistema não é operado e nem recebe manutenção, fato que indica o extravasamento da rede. A precariedade do atendimento da população pela rede de esgoto é confirmada na Tabela 8, que mostra a porcentagem de atendimento por diferentes órgãos de pesquisa (SÃO JOÃO DE MERITI, 2014).

Figura 19: Rede de esgotos São João de Meriti



Fonte: SÃO JOÃO DE MERITI (2014)

Tabela 8: Porcentagem do atendimento de rede de esgoto em São João de Meriti<sup>17</sup>

	IBGE (Censo de 2010)	SNIS (2011)	Instituto Trata Brasil (2010)
População atendida	93,8%	41,9%	48,7%

Fonte: adaptado SÃO JOÃO DE MERITI (2014)

O nome histórico, Cidade de São João do Rio Meriti, relewa a estreita relação com os rios da cidade. Seu histórico também. Em 1886, José do Patrocínio foi à Vila Meriti para assistir à inauguração da reabertura do canal da Pavuna em um trabalho de desobstrução realizado pelos moradores. Dentre os principais rios da cidade, o rio Pavuna e o Pavuninha, à jusante, estão os únicos que se encontram na bacia Pavuna-Meriti. (DEFESA CIVIL SÃO JOÃO DE MERITI, 2018; O DIA, 2015).

<sup>17</sup> Cada instituto usou uma diferente amostragem e apesar dos dados incoerentes entre si, o Instituto Trata Brasil e o Sistema Nacional Informação de Saneamento (SNIS)

O trecho do primeiro está no limite do município passando pelos bairros São Mateus, Engenheiro Belford, Centro e Parque Araruama. Encontra-se todo canalizado, com largura entre 6 e 40 metros. Há pontos de assoreamento e um ponto de estrangulamento das águas na Avenida Nossa Senhora das Graças, sob a linha férrea. Quando há grande precipitação, o nível do rio nesse ponto pode ultrapassar sua cota de transbordo de 3,2m (DEFESA CIVIL SÃO JOÃO DE MERITI, 2018).

Já o rio Pavuninha, dentro da cidade tem extensão de aproximadamente 1500 m e largura aproximada entre 3 e 5 metros. Ele recebe águas de saneamento e drenagem de partes dos bairros Centro, Venda Velha e Parque Araruama e é possível que sofra com a influência das marés, que pode acarretar na inversão de fluxo das águas do Rio Pavuna. Por serem rios intermunicipais, são tratados em outro capítulo deste estudo (DEFESA CIVIL SÃO JOÃO DE MERITI, 2018).

O Plano Municipal de Redução de Risco de 2013 detectou 09 locais (Tabela 9) com 9651 edificações em grau de risco 1 (baixo risco) em inundação. Provavelmente, existem áreas que não constam no PLANCON (plano de contingência de proteção e defesa civil) pois, segundo o plano, a população é acostumada a ocorrência de inundações e alagamentos e não os relata uma vez que estes não tem causado sérios danos humanos. Eles então só se adaptam à situação tentando minimizar transtornos como a perda de móveis e utensílios. Um segundo problema é a impossibilidade (provisória) do uso de suas residências e a falta de local com estrutura prévia para abrigo temporário para a população (DEFESA CIVIL SÃO JOÃO DE MERITI, 2018).

Tabela 9: Relação das áreas com risco de inundação.

<b>Número da Área</b>	<b>Número do Setor</b>	<b>Nome do Setor</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>
SM-059	SM-059-01-R1	Jardim Metrópole, Avenida Alberto de Oliveira	669820	7481931
SM-060	SM-060-01-R1	Jardim Metrópole	667101	7481428
SM-061	SM-061-01-R1	Jardim Metrópole, Rua Glória	669243	7480439
SM-062	SM-062-01-R1	Jardim Tietê	671247	7479731
SM-063	SM-063-01-R1	Jardim Tietê, Rua Rio Flores	671347	7478928
SM-064	SM-064-01-R1	Parque Analândia, Estrada São João Caxias	670649	7477752
SM-065	SM-065-01-R1	Centro, Avenida Rio Pavuna/ Rua Alagoas	668397	7477378
SM-066	SM-066-01-R1	Engenheiro Belford, Limite com Pavuna	666770	7476831
SM-067	SM-067-01-R1	Parque São Nicolau, Rio Pavuna	665735	7476329

Fonte: APOIO et al., 2013

Como o levantamento de dados da Defesa Civil e os laudos técnicos, conhecimento dos técnicos da prefeitura (diversas secretarias e defesa civil), foi definida a localização das áreas mapeadas Figura 20, com a identificação de seus perímetros baseados no histórico de ocorrências no Município, visando à determinação das áreas de risco e indicação das medidas estruturais necessárias (REGAE, 2013).

Figura 20: Mapa com a localização das áreas de risco de escorregamento e inundação de parte do município de São João de Meriti.



Fonte: REGAE, 2013

Uma nova situação que dificulta a realização de ações e a obtenção de informações necessárias para prevenção é a crescente violência no município desde 2012. A violência tem impedido o cadastro, a capacitação, o estabelecimento de rotas seguras, as vistorias técnicas, assim como as ações de resposta (SECRETARIA DE DEFESA CIVIL SÃO JOÃO DE MERITI, 2017).

O Plano (REGAE, 2013) indica a limpeza e o desassoreamento dos cursos d'água como medida estrutural para a diminuição de inundações. A longo prazo, aponta como necessária a definição da estratégia de controle da macrodrenagem, das obras e medidas prioritárias e das áreas verdes necessárias para o controle hidrológico, além da proposição de reservatórios de retenção e as simulações hidrológicas. Medidas não estruturais como o gerenciamento da drenagem, o disciplinamento de uso e ocupação do solo, a educação ambiental e outras medidas não estruturais, também são recomendadas.

A fim de abordar de forma mais abrangente a problemática e traçar soluções mais interessantes, ele propõe a criação do Plano de Macrodrenagem baseado no diagnóstico de

problemas presentes e futuros do ponto de vista técnico-econômico e ambiental a partir da caracterização das bacias e suas sub-bacias, indicando as áreas críticas de inundação e suas possíveis causas, os estudos relativos à precipitação e mapeamento da rede de drenagem natural. Esse plano consegue atender diversas dessas demandas, colaborando para o avanço de estudos e programas de governo na área (REGAE, 2013).

#### **3.1.1.4 Nilópolis**

O município de Nilópolis está localizado na latitude -22.8085 e longitude -43.4145, tem como linha divisória em lado Leste e lado Oeste a Estrada de Ferro da Rede Ferroviária Federal, no ramal Central do Brasil a Japeri. Ocupa uma área de aproximadamente 19 km<sup>2</sup>, a menor da Região Metropolitana (0,4%) caracterizada pela topografia própria de baixada, tem altitude média de 16 m e um clima tropical com temperatura média anual de 23°C (PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, 2013).

A área ocupada por Nilópolis era parte da Fazenda de São Mateus que em 1914 foi um povoado planejado por Theodomiro Gonçalves Ferreira, o engenheiro da Central do Brasil. Atualmente a pequena área atual pode ser dividida entre os 13,2Km<sup>2</sup> ocupados pelo Centro de Instrução do Gericinó do Exército e 8,8Km<sup>2</sup> constituído por uma área urbana densamente ocupada pelos seus dois distritos: 1º distrito sede (Nilópolis) composto pelos bairros Centro, Frigorífico, Nova Cidade, Novo Horizonte, Cabuís, Tropical, Santos Dumont, Manoel Reis e Nossa Sra. de Fátima (Chatuba); e o 2º distrito (Olinda) composto pelos bairros Centro de Olinda, Nova Olinda, Paiol, Cabral, Cabuís II e Manoel Reis II (NILÓPOLIS, 2018<sup>a</sup>; BAÍA, 2006; PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, 2013).

Segundo censo IBGE (2010), sua população era de 157.425 pessoas, e o IDH de 0.753 e possuía a segunda maior densidade demográfica do estado (8117,62 hab/km<sup>2</sup>) por sua pequena área. O PIB e a receita orçamentária do município aumentaram entre 2005 e 2010, porém outros fatores não acompanharam tal crescimento: apenas 14.1% das pessoas são ocupadas com uma média de 1,8 salários mínimos. Outro dado preocupante é que 73,8% da sua receita é oriunda de fonte externa (governo estadual o federal) (CIDADE, 2018d; DORN, 2015).

O município é praticamente desprovido de área rural e indústrias com um percentual estável correspondendo a 10,3% do seu PIB em 2010 enquanto no Estado, em geral, houve crescimento desse setor. O destaque econômico da cidade é setor de serviços (84,1% do PIB), com um forte

comércio. Além de se caracterizar como “cidade dormitório” atendendo principalmente ao Rio de Janeiro, distante 31 km (PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, 2013); BAÍA, 2006; DORN, 2015; CIDADE, 2018d).

Os domicílios, comércios, indústrias e escolas geram 180 toneladas de lixo que são coletados e levados para o Aterro Controlado da CTR Nova Iguaçu (Centro de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu), onde toda sua população é atendida. Apesar disso, rios e outros corpos hídricos secundários são usados como depósito de lixo, causando o assoreamento, degradação ambiental contaminação do solo e contribuindo para a proliferação de vetores (PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, 2013).

O serviço de abastecimento de água no município é gerenciado pela CEDAE. Sua origem é a estação de tratamento de água do Rio Guandu que chaga a Nilópolis por meio da elevatória de Olinda, na Estrada Roberto da Silveira. A rede de distribuição interna serve a diversos bairros do município. Atualmente, a rede atende cerca de 97% da demanda hídrica do município. O restante, cerca de 3%, é realizado através de ligações desconhecidas. Mesmo assim, a produção atual de água tratada, assim como a reservação total, é considerada insuficiente, e não está bem distribuída. Por isso, há necessidade de investimentos em obras de melhoria e expansão dos sistemas operados (PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, 2013).

Em relação ao esgotamento sanitário, o município tem uma estrutura adequada<sup>18</sup> em 98.7% dos domicílios. O primeiro projeto de captação de esgoto no município ocorreu na década passada na margem do rio Sarapuí. No início desta década, o sistema foi ampliado seguindo em direção ao rio, abrangendo 10 bairros (parte ainda encontra-se em execução) (DORN, 2015; CIDADE, 2018d).

A atual rede de esgoto é um sistema unitário ou combinado e apresenta limitações inerentes, carga hidráulica descontrolada para as ETE's, tubulação imprópria para tal uso e entupimento por diversos materiais sedimentáveis e materiais graxos proveniente das residências com falta de caixa de gordura ou manutenção. Isso faz com que, em dias de muita chuva, haja falta de extravasores. Consequentemente, o transbordamento e a afloração do efluente se dá juntamente com a água pluvial (PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, 2013).

Desde o início da ocupação de Nilópolis, foram usados lotes no leito dos canais e rios, não sendo levadas em conta as características topográficas da região e sem respeitar a proteção

---

<sup>18</sup> O censo não especificou o que seria um esgotamento sanitário adequado (CIDADE, 2018d)

marginal deles. A partir do final do século XX, o Estado implantou controladores de vazão para os principais rios que minimizaram as cheias em seu entorno, criou pequenos reservatórios em área desocupadas, canalizou o Rio Pavuna, fez obras de prevenção, intervenções estruturais e recuperação ambiental da bacia do Rio Sarapuí no Projeto Iguaçu e dragou e remanejou a população (Programa Reconstrução-Rio). Atualmente, conta com 91.3% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada<sup>19</sup>. Entretanto, a falta manutenção, a construção de casas nas margens dos rios e o assoreamento têm ocasionado de forma crescente grandes transtornos com a as enchentes em determinados bairros (PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS, 2013).

A defesa civil da cidade atende ocorrências de causas como vistorias em imóveis com risco de desabamento, enchentes, queda de árvores, atuando com um trabalho integrado com o Corpo de Bombeiros Militar e outros órgãos. Porém, em sua página apresenta apenas o serviço gratuito de captura e retirada de marimbondos e conservação arbórea (NILÓPOLIS, 2018b).

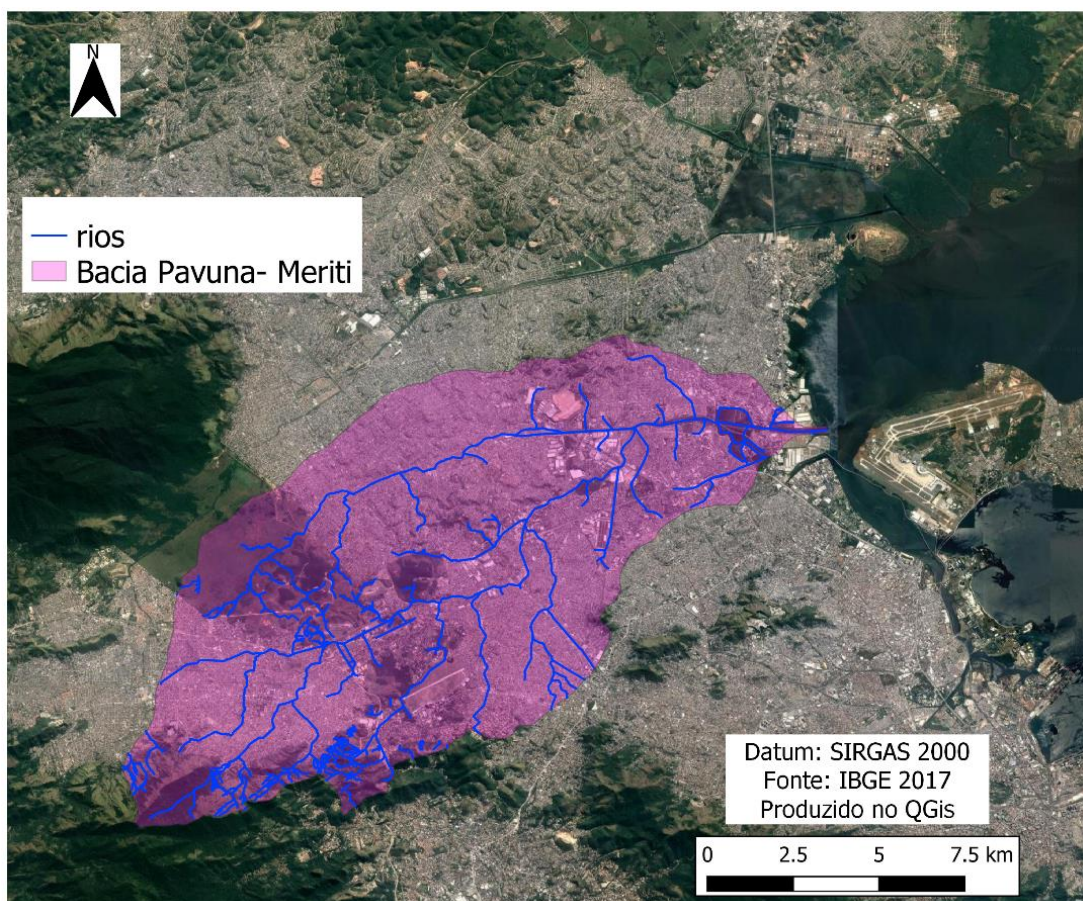
### **3.1.2 Caracterização da Bacia Pavuna-Meriti**

A Bacia Pavuna-Meriti localiza-se na parte noroeste da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara (Figura 21). Ela é constituída por parte do Rio de Janeiro, de São João de Meriti, Nilópolis e de Duque de Caxias. Ela abrange, em porcentagem, quase metade de São João de Meriti e Nilópolis e uma pequena parte do Rio de Janeiro e ainda menor de Duque de Caxias. Mas o Rio de Janeiro é o que tem maior área e quantidades de bairros (Tabela 10) (BARROS; OLIVEIRA; CÉSAR, 2016; MAYORAL, 2017).

---

<sup>19</sup> presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio

Figura 21: Mapa da bacia Pavuna-Meriti e seus rios



Fonte: autor



Tabela 10: Bairros por município que pertencem a Bacia Pavuna-Meriti

<b>Cidade</b>	<b>Bairros</b>
Rio de Janeiro	Acari / Anchieta / Barros Filho / Bento Ribeiro / Brás de Pina / Campinho / Cascadura / Cavalcanti / Coelho Neto / Colégio / Costa Barros / Engenheiro Leal / Guadalupe / Honório / Gurgel / Irajá / Jardim América / Madureira / Marechal Hermes / Oswaldo Cruz / Parque Anchieta / Parque Anchieta / Pavuna / Praça Seca / Ricardo de Albuquerque / Rocha Miranda / Turiaçu / Vaz Lobo / Vigário Geral / Vila Valqueire / Vista Alegre / Senador Camará / Bangu / Gericinó / Bangu / Padre Miguel / Realengo / Magalhães Bastos / Vila Militar / Deodoro / Campo dos Afonsos / Jardim Sulacap
Nilópolis	Cabral / Cabuís II / Centro / Bairro de Olinda Centro / da Mina / Manoel Reis I / Manoel Reis II / Paiol / Tropical
São João de Meriti	Centro / Engenheiro Belford / Jardim Meriti / Jardim Sumaré / Parque Araruama / São Matheus / Tomazinho / Venda Velha / Vila Rosali / Vila Tiradentes
Duque de Caxias	Bar dos Cavalheiros / Centenário / Centro / Doutor Laureano / Gramacho / Olavo Bilac / Parque Duque / Parque Sarapuí / Periquitos / Vila São Luís / Vinte e Cinco de Agosto

Fonte: Adaptado (CONEN, [s.d.])

Como já apresentado, essas cidades apresentam grandes populações e altas densidades demográficas. Por isso, a bacia está entre as maiores e mais populosas do Rio de Janeiro. Aproximadamente 73% das pessoas que moram na bacia se encontram no Rio de Janeiro, seguidas por São João de Meriti, Duque de Caxias e Nilópolis (Tabela 11). Espacialmente, o Rio de Janeiro também ocupa a maior área (Km), mas em Nilópolis e São João de Meriti a bacia abrange quase metade dos seus territórios (ERSB; CONEN, 2012).

Por seu território, atravessam sete extensas vias de grande importância para o estado (e até mesmo para o país), como as rodovias Avenida Brasil, Presidente Dutra e Linha Vermelha, além de linhas ferroviárias (MAYORAL, 2017; SMARH, 2015).

Quase toda a área da Bacia é contemplada por tratamento de esgoto. A rede que serve a maioria da região é a ETE Pavuna controlada pela CEDAE (Figura 22). Ela trata 200 litros por segundo e atende a 77.000 pessoas no Rio de Janeiro, Duque de Caxias e São João de Meriti. Porém, sua capacidade máxima é ainda maior, 1.500 litros por segundo e 500 mil pessoas. (COPSA, 2015; RIO DE JANEIRO, 2014).

Tabela 11: Populações totais por sub-bacias hidrográficas<sup>20</sup>

<b>Município</b>	<b>Bacia Acari (Pavuna-Meriti)</b>
Duque de Caxias	108.186
Nilópolis	87.151
Rio de Janeiro	1.144.806
São João de Meriti	222.233
<b>Total</b>	<b>1.562.376</b>

Fonte: Adaptado ERSB; CONEN (2012)

Figura 22: ETE Pavuna



Fonte: CEDAE, 2018

Seu sistema de tratamento da ETE Pavuna contempla um sistema convencional até o secundário. Ou seja, por meio de mecanismos físicos a fase preliminar remove sólidos grosseiros e a primária remove sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Já o tratamento secundário se utiliza de mecanismo biológico para remover a matéria orgânica restante e eventualmente nitrogênio e fósforo. Com isso, a ETE Pavuna remove 98% da carga orgânica (COPSA, 2015; RIO DE JANEIRO, 2014; VON SPERLING, 1996).

Inaugurada em 2014, a ETE/Pavuna tem concluídos: 2.296 metros de tronco Interceptor, mais de 170.000 troncos coletores, além das ligações domiciliares no Rio de Janeiro, limpeza e restauração em São João de Meriti, Duque de Caxias e Rio de Janeiro (Figura 23). Algumas favelas são contempladas, como: Dique, Furquim Mendes e Renascer, no Rio de Janeiro e Vila Ideal, Lixão e Prainha, em Duque de Caxias (CEDAE, 2018; RIO DE JANEIRO, 2014).

<sup>20</sup> As demais bacias apresentadas são duas das mais extensas bacias da Baixada da Guanabara, suas extensões são, Iguçu com 65000 hectare e Estrela-Inhomirim com 45000 hectare (BARROS; OLIVEIRA, 2017).

Figura 23: Tronco coletores e redes de esgoto do sistema Pavuna



Fonte: CEDAE 2018

O sistema da ETE Pavuna está em ampliação. O projeto de Complementação do Sistema de Coleta de Esgotos consiste em redes coletoras de esgotos, interceptores, estações elevatórias, coletores troncos e linhas de recalque em Duque de Caxias, Rio de Janeiro e São João de Meriti. A parte de projeto executivo está concluído e a previsão de término é 2018/2019 porém não foram encontradas atualizações sobre qual é a situação atual (COPSA, 2015).

Apesar disso, ainda existem situações críticas relativas ao índice de esgotamento sanitário via vala, rio ou mar nos municípios de Duque de Caxias, na porção sudeste de São João de Meriti e no norte do município do Rio de Janeiro além de Belford Roxo, Nova Iguaçu, ou seja, em parte da área da Bacia Pavuna-Meriti. Outra questão atrelada a essa ETE é o fato dela ser localizada próxima à baía. Em tempos de mudanças climáticas, estudos mostram que a elevação do nível do mar já prejudicou outras ETEs como a do Bronx na cidade de Nova York em 2001 (BRITTO; FORMIGA-JOHNSSON, 2010; CONEN, [s.d.]).

Além do esgoto doméstico, a área da bacia tem indústrias que despejam seus efluentes nos corpos hídricos levando a carga orgânica industrial a 1,826 t/dia. O relatório do Diagnóstico do Estado da Baía de Guanabara traz alguns dos corpos receptores, a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) etc (Tabela 12). (SEA/UEPAM; KCI TECHNOLOGIES, 2015).

Tabela 12: Indústrias mais poluidoras da bacia Pavuna-Meriti e seus respectivos consumos, descartes e qualidade dos efluente.

<b>Corpos receptores</b>	<b>Indústrias</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Retorno (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>DQO (mg/L)</b>
Rio Irajá	De Millus S/A Ind. e Com. (N.Têxtil)	350	290	10	50
Rio Irajá	Thermandyne Ltda (W.Martins)	300	120	20	75
Rio São João de Meriti	Limppano S. A. A. Buchem Tec.	6	4	30	50
Rio São João de Meriti	Apolo Produtos de Aço	15	10	30	110
Rio São João de Meriti	Ciba-Geigy Química S/A	300	250	23	782
Rio São João de Meriti	Fabrimar S/A Ind. e Com.	75	34	40	50
Rio São João de Meriti	IFF Essências e Fragr. Ltda	80	40	10	121
Rio São João de Meriti	Ind. De Prod. Alim. Piraquê	65	40	5	34

Fonte: BVRIO/FUNBIO (2013) APUD SEA/UEPAM; KCI TECHNOLOGIES (2015)

A bacia é formada por dois grandes rios, o Pavuna e o Acari, que quando se encontram, o rio recebe o nome de São João de Meriti e deságua na Baía de Guanabara (Figura 24). Esses rios têm sido protagonistas de poucos estudos independentes que não compreendem toda a problemática e negligenciam o princípio de usar a principal unidade de planejamento de gestão das águas. Apesar de ter sido exposto até aqui um panorama geral da bacia, usar os dados fornecidos por tais estudos irá agregar e caracterizá-la com mais precisão (MAYORAL, 2017).

Figura 24: Encontro do rio Pavuna e Acari



Fonte:(MAYORAL, 2017)

### 3.1.2.1 Rio Pavuna

O rio Pavuna-Meriti nasce no pântano do Sítio do Retiro, na Serra de Bangu, na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro de coordenadas 22°49'55.7"S 43°25'17.9"W e se estende por aproximadamente 21km (Tabela 13) desde o Campo de Gericinó, passando por Nilópolis, São João de Meriti e Duque de Caxias, em paralelo ao Rio de Janeiro, numa área de drenagem de 163,5 Km<sup>2</sup>, até desembocar na Baía de Guanabara próximo à Av. Washington Luiz (ANTONIO et al., 2014 APUD IBGE, 2014; Seam/SEA, 2009; SEA/UEPAM; KCI TECHNOLOGIES, 2015).

Tabela 13: Extensão Territorial por Município do rio Pavuna-Meriti

Municípios	Extensão em km
Rio de Janeiro	6,33
São João de Meriti	6,98
Duque de Caxias	7,45
Extensão aproximada total	20,76

Fonte: BARROS; OLIVEIRA (2017)

Seu nome original era São João da Pavuna, hoje em dia, pode ser chamado de Pavuna, São João de Meriti, Pavuna-Meriti ou Meriti-Pavuna. Ele teve grande importância histórica, sendo responsável por escoar produções agrícolas do Estado e foi até um marco das fronteiras dos municípios, em grande parte do seu percurso: o Rio de Janeiro situa-se à direita e, à esquerda, Nilópolis, São João de Meriti e Duque de Caxias (BARROS; OLIVEIRA; CÉSAR, 2016).

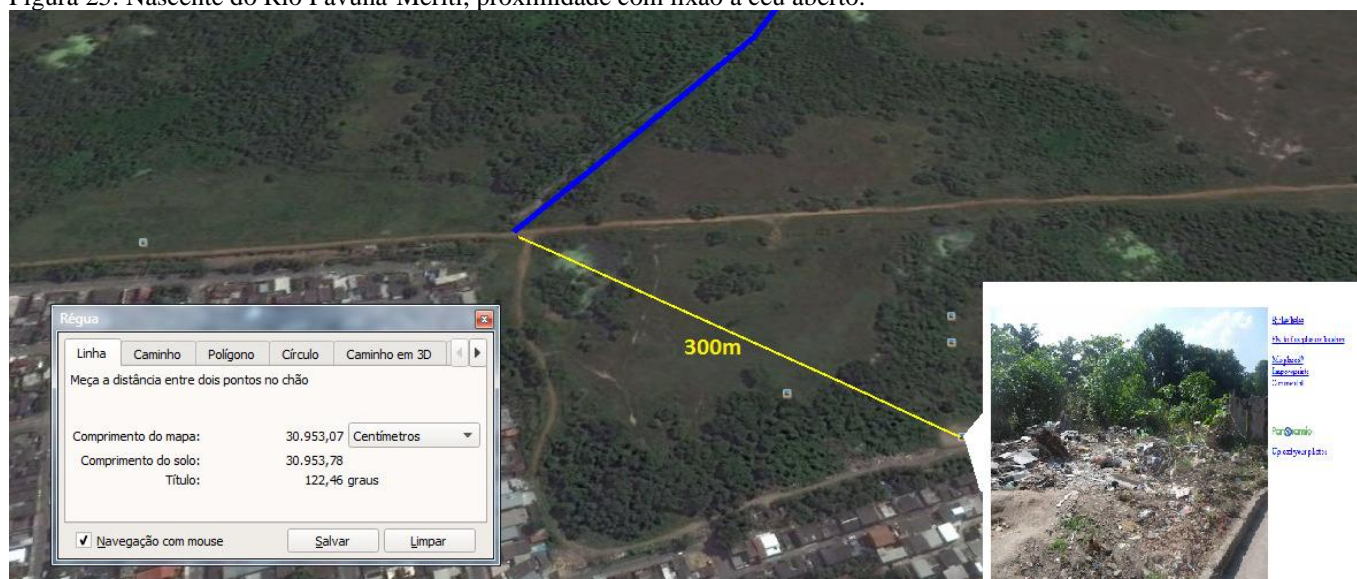
Porém com o processo evolutivo e replanejamento das cidades, o transporte das mercadorias parou de ser feito pelo Pavuna-Meriti e pelos rios da região. Ele se tornou um valão a

céu aberto que só é lembrado negativamente quando seu nível de água sobre e transborda, inundando as cidades banhadas por ele (BARROS; OLIVEIRA, 2017).

Próximo à sua nascente, existe um lixão a céu aberto (Figura 25) que contamina a sua água com resíduos sólidos e as comunidades próximas despejam seu esgoto também no seu leito.

Dentro do Parque Nacional do Gericinó, o rio não apresenta grandes concentrações de lixo, porém já na saída existe uma represa (Figura 26) onde nota-se o alto índice de poluição. A represa é de manutenção do governo do Estado do Rio de Janeiro (Limpe Rio) porém não tem sido feita. A vazão e o controle da represa quanto a níveis de poluição são desconhecidos pelo Parque Nacional do Gericinó, porém a vazão do rio é identificada por autores na Tabela 14 (BARROS; OLIVEIRA, 2017; SEA/UEPAM; KCI TECHNOLOGIES, 2015).

Figura 25: Nascente do Rio Pavuna-Meriti, proximidade com lixão a céu aberto.



Fonte: BARROS, OLIVEIRA (2017)

Figura 26: Represa de Gericinó - Acumula de resíduos flutuantes – Vista Google Earth



Fonte: BARROS, OLIVEIRA (2017)

Tabela 14: Vazões do rio Pavuna

Rio Pavuna	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Autor
Fluxo normal	5,8	Kelman, Moreira e Magalhães, s/d
Fluxo normal	3,88	SEA/UEPAM; KCI TECHNOLOGIES, 2015
Em picos	21,96	Freire, 2016

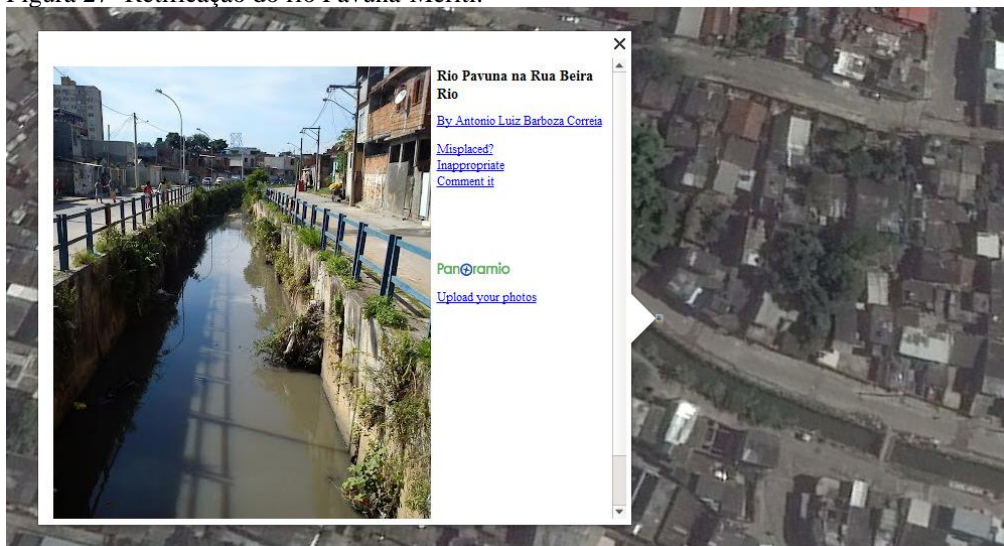
Fonte: Adaptado BARROS, OLIVEIRA (2017)

O alagamento do ponto na represa Gericinó é devido à obstrução da comporta de madeira manual que está quebrada porém existe um projeto de atualização para uma comporta automática (BARROS; OLIVEIRA, 2017).

Pouco depois de sua nascente, por conta alto índice de urbanização e crescimento desordenado, o rio passa a receber esgoto, despejos de resíduos industriais e resíduos sólidos, como sacolas de lixo atiradas pelos moradores até sofás, geladeiras e carcaças de carro, além de sofrer com assoreamento causado por construções irregulares à beira de suas margens. Devido à retificação do rio e aos grandes processos erosivos, ocorrem enchentes e seus impactos ambientais e danos materiais à população ribeirinha (ANTONIO et al., 2014 APUD IBGE, 2014; Seam/SEA; BARROS, OLIVEIRA, 2017).

As situações problemáticas do rio são apresentados por Barros e Oliveira (2017). Além dos já citados (lixão na nascente e represa no parque Gericinó), também aponta um trecho com retificação (Figura 27) e ocupação da calha secundária do rio.

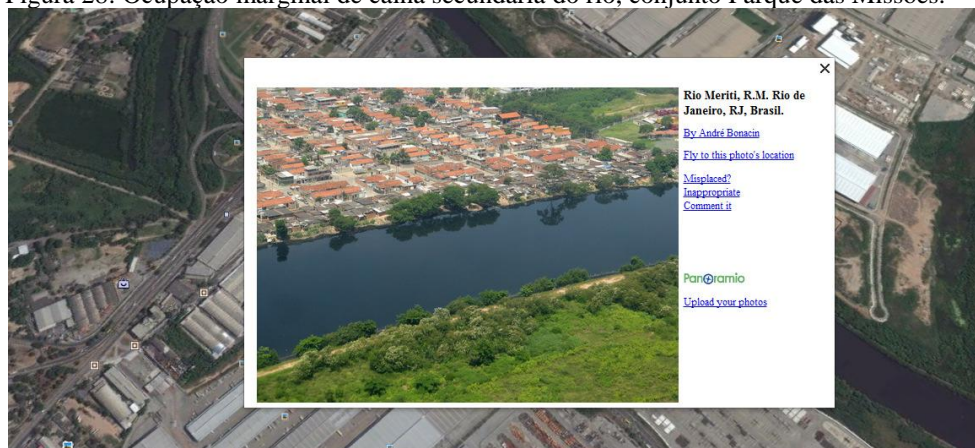
Figura 27 -Retificação do rio Pavuna-Meriti.



Fonte: BARROS, OLIVEIRA (2017)

O quarto ponto (Figura 28) mostra a ocupação marginal da calha secundária do rio, próximo da comunidade em Duque de Caxias chamada Parque das Missões. Apesar de a ocupação ocorrer em quase todo o rio, essa região se diferencia por se tratar de uma comunidade projetada deixando uma faixa marginal ociosa respeitando o limite de afastamento previsto por lei. Porém mais tarde, a faixa foi ocupada ilegalmente (BARROS; OLIVEIRA, 2017).

Figura 28: Ocupação marginal de calha secundária do rio, conjunto Parque das Missões.



Fonte: BARROS, OLIVEIRA (2017)

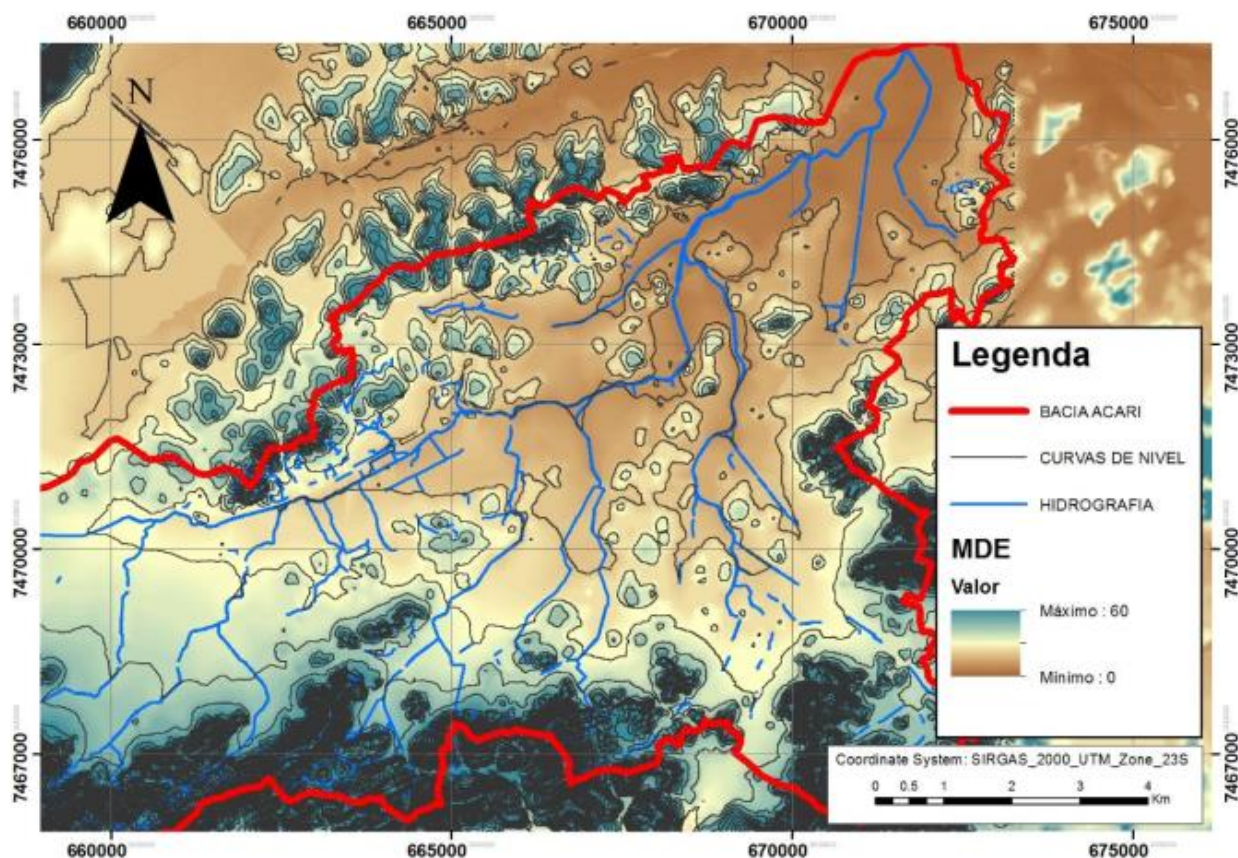
### 3.1.2.2 Rio Acari

O rio Acari e seus afluentes (Figura 29) pertencem à área de planejamento 3 da cidade do Rio de Janeiro, reunindo bairros de Pavuna a Madureira com 107 Km<sup>2</sup>. Como na sub-bacia do rio Pavuna, uma parte deste território é ocupada por áreas militares, principalmente ao longo do Arroio dos Afonsos e do Rio Calogi (AMARAL et al., 2011; MAYORA, 2017; SMARH, 2015).



A cabeceira dos morros onde nasce o rio está com a cobertura vegetal conservada, mas a alta declividade e a velocidade da água favorecem o rápido escoamento propiciando a erosão e transporte de sedimentos. Depois há uma variação brusca de declividade nas áreas baixas há assoreamento e acúmulo de sedimentos devido à baixa velocidade d'água, ao processo de urbanização e impermeabilização do solo (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015; MAYORAL, 2017).

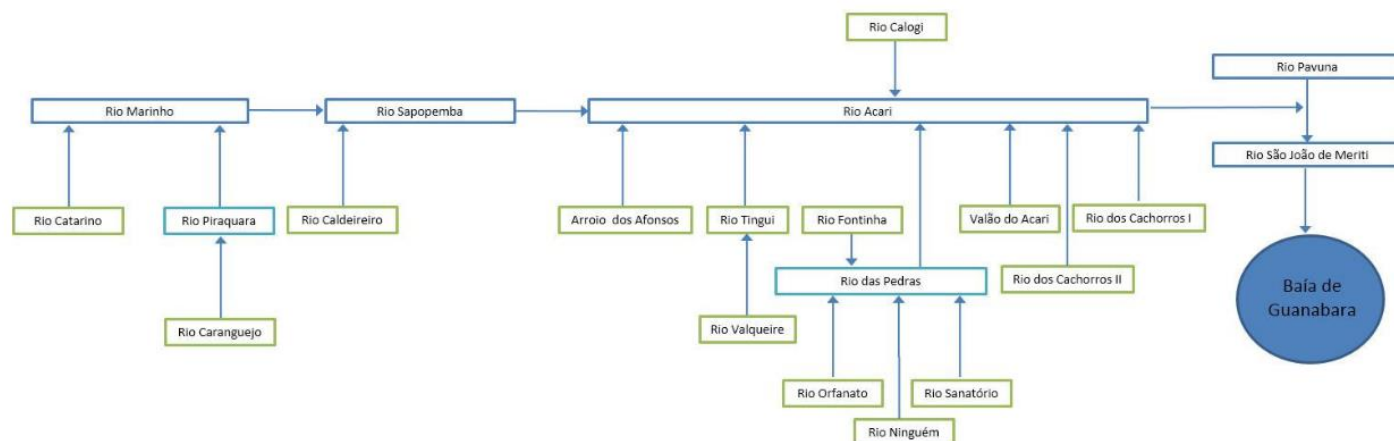
Figura 29: Topografia da Bacia do Rio Acari



Fonte: (MAYORAL, 2017)

Rio Acari, que nomeia a bacia, é o mais extenso e importante. Possui uma densa rede de drenagem, principalmente na margem esquerda. A Figura 30 apresenta um diagrama da bacia do Rio Acari (MAYORAL, 2017).

Figura 30: Diagrama dos Rios principais e afluentes, na Bacia do Rio Acari



Fonte: MAYORAL (2017)

Na Tabela 15 destacam-se alguns rios, entre eles o rio das pedras que é o curso d'água mais extenso da sub-bacia, com 10,4km de extensão. Quase todo o seu curso se dá em área urbana com construções em ambas as margens, exceto o trecho inicial. O rio tem partes em seção aberta, galeria fechada, canalizado, mas escoa quase todo em canal de concreto. Seus principais afluentes são os rios Orfanato, Ninguém, Timbó Superior e Sanatório, pela margem direita, e Fontinha pela margem esquerda.

O Rio dos Cachorros II se inicia nas galerias existentes na altura da Av. Automóvel Clube, nas imediações do CEASA. Em cerca de 3,3 Km de extensão do total de 6,3 Km, escoa em canal aberto. Os primeiros 3 km do Rio Piraguara estão em áreas não urbanizada. A partir de sua entrada na área urbana, o rio escoa em seção aberta. Há pontos de assoreamento, principalmente após o desemboque de seu principal afluente, o Rio Caranguejo. A ocupação irregular das margens é observada somente na porção de montante (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

Todo o Rio Caranguejo está localizado no bairro de Realengo e sua parte urbana é canalizada. Ele é caracterizado por um trecho de 2 Km na cabeceira com altas declividades, seguido por um trecho de baixada, com de 2.5 Km. Todo o seu curso é entrecortado por vias marginais e transversais (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

O Rio Catarino corre inicialmente em um canal de concreto, depois passa por galeria fechada, seção natural e é canalizado. No seu trecho final, sofre várias interferências restritivas ao escoamento, ocasionadas por travessias que provocam grande redução da seção, incluindo a

travessia sob a linha férrea. Nesse trecho, observa-se também a ocupação de ambas as margens por habitações. O Rio Caldeireiro nasce da confluência de galerias de micro e macrodrenagem, escoando em seção aberta, ao longo de todo o curso, com exceção de um pequeno trecho em galeria (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

Tabela 15: Principais rios da sub-bacia Acari

<b>Curso d'água</b>	<b>Extensão (km)</b>	<b>Foz</b>
Arroio do Afonsos	7,8	R. Sapopemba
Rio Acari	20	R. São João de Meriti
Rio Anchieta	3,7	R. Pavuna
Rio Caldereiro	2,2	R. Meriti e R. Acari
Rio Calogi	6,4	R. Acari
Rio Cambuí	1,2	R. São João de Meriti
Rio Caranguejo	4,5	R. Piraquara
Rio Catarino	4,0	R. Acari
Rio das Pedras	10,1	R. Acari
Rio do Cabral	2,0	R. Pavuna
Rio do Pau	3,5	R. Pavuna
Rio dos Cachorros II	6,3	R. das Pedras
Rio Fontinha	3,0	R. das Pedras
Rio Lucas	1,9	C. da Pavuna
Rio Marangá	3,7	R. Sapopemba
Rio Meirinho	3,1	R. Maringá
Rio Ninguém	6,0	R. das Pedras
Rio Orfanato	3,0	R. das Pedras
Rio Piraquara	8,0	R. Meriti
Rio Sanatório	3,5	R. das Pedras
Rio São João de Meriti	5,6	R. da Guanabara
Rio Sapopemba	1,2	C. de Acari
Rio Timbó Superior	2,1	R. das Pedras
Rio Valqueire	5,6	R. Tinguí
Vala da Favela do Acari	1,0	R. Acari
Vala do Comendador Guerra	1,0	R. Pavuna
Canal da Penha	3,9	B. de Guanabara
Canal Castelo Branco	0,9	B. de Guanabara
Canal do Curtume Carioca/ Canal Gruçai	0,8	C. da Penha
Canal da Penha	3,9	B. de Guanabara

Fonte: adaptado CONEN (2013)

Nas margens do rio Acari, estão estabelecidas áreas residenciais densamente ocupadas, com vários assentamentos informais, além de áreas industriais, institucionais e de infraestrutura pública.

Os bairros da bacia estão entre os menores IDH do estado e a população possui baixo poder aquisitivo, cerca de 90% pertencem às classes C1, C2 e D (Tabela 16). Todos esses fatores culminam na falta de infraestrutura governamental, principalmente de saneamento, conduzindo a práticas como utilizar o corpo hídrico como receptor de esgoto doméstico e industrial e lançamento de lixo que acarretam erosão das margens e assoreamento e, conseqüentemente, enchentes (AMARAL et al., 2011; MAYORAL, 2017; GUIMARÃES, 2016 APUD MAYORAL, 2017 ).

Tabela 16: Estratificação socioeconômica na Bacia do rio Acari

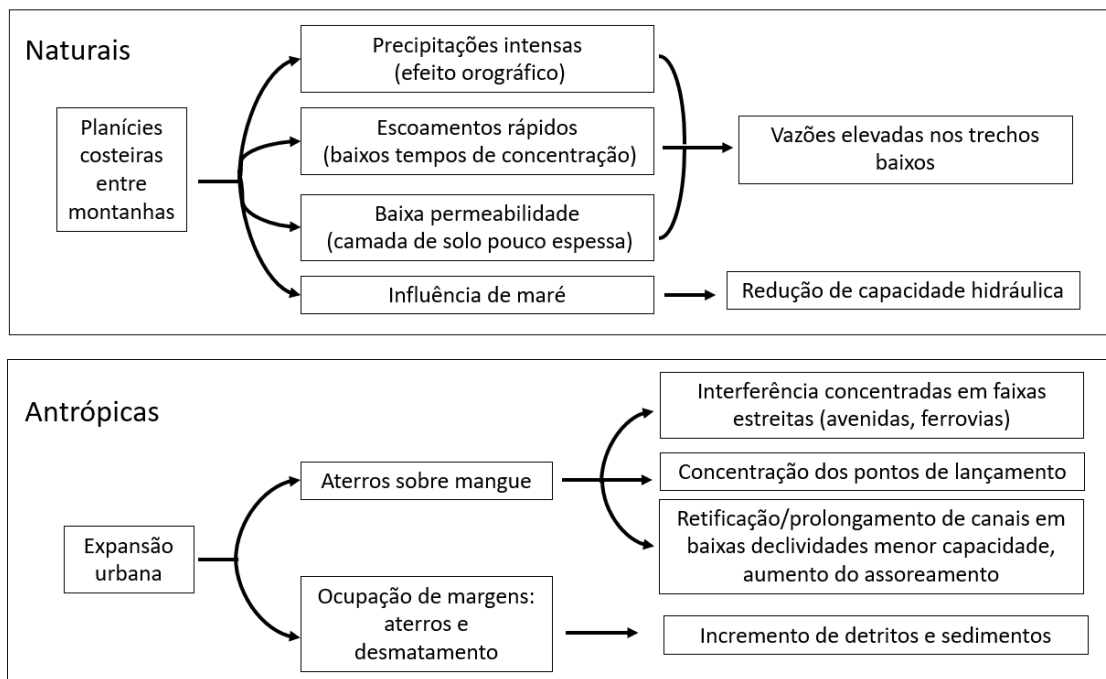
<b>Classe</b>	<b>Renda domiciliar total mensal média (R\$)</b>	<b>Percentual da área da bacia</b>
A	20273	0,00%
B1	8696	0,00%
B2	4428	9,6%
C1	2409	39,9%
C2	1446	42,3%
D - E	640	8,2%

Fonte: GUIMARÃES, 2016 apud MAYORAL, 2017

### **3.1.2.3 Inundações na Bacia Pavuna-Meriti**

O principal problema da bacia é referente às inundações. Elas são provocadas por inúmeros fatores como as chuvas intensas, a restrição de escoamentos na foz, a influência do remanso da maré, a situação da topografia com grandes áreas planas, a ocupação irregular do solo, a diminuição da largura da calha, dentre outros (Figura 31).

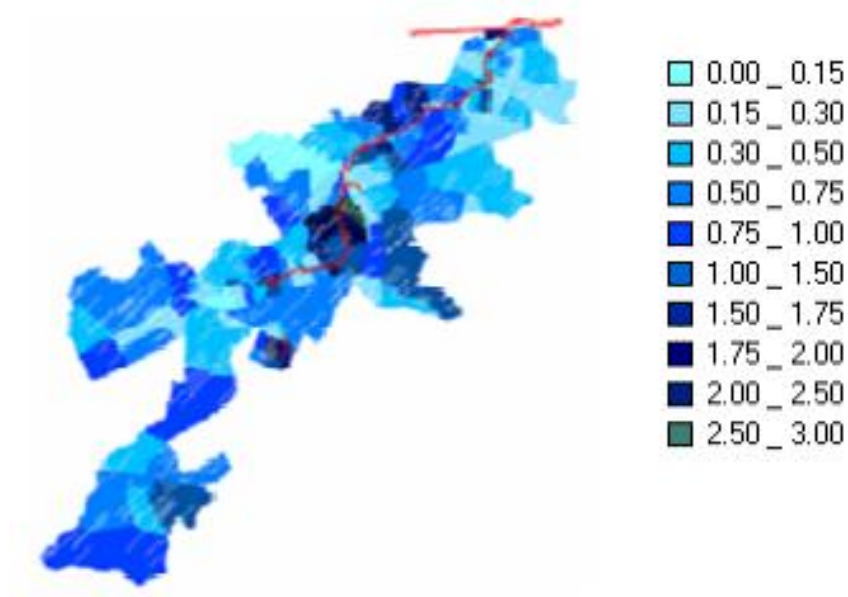
Figura 31: Condicionantes naturais e antrópicas da drenagem na cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Adaptado de SMARH, (2015)

No rio Acari e adjacências possuem muitos alagamentos maiores que 0,50 m o que já é considerado crítico, mas em algumas regiões, atingiram valores extremos, na faixa entre 1,50 m e mais de 2,00 m conforme a figura 32 (FUNDAÇÃO COPPETEC/UFRJ, 2006 e Miguez et al., 200 APUD AMARAL et al., 2011).

Figura 32: Manchas de alagamento no rio Acari



Fonte: AMARAL et al., (2011)

Áreas de riscos e inundação compiladas pelo Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro apontam todos os bairros e rios da área, com exceção dos que ficam mais a montante. Pontos de inundação como a travessia sob o Ramal Deodoro (linha férrea), a estação Rocha Miranda do Ramal Belford Roxo, próximo ao Canal do CEASA e à montante da Av. Brasil não são só relevantes para os moradores mas para grande parte da população fluminense e influenciam até o funcionamento da cidade, pois podem vir a comprometer o tráfego viário e acarretar em perda de mercadorias (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

É importante destacar eventos específicos de inundação que atingiram a bacia. Mayoral (2017) destaca, dentre os mais críticos, o ocorrido em janeiro de 2006, cuja área de inundação atingiu uma população de mais de 50.000 habitantes e o da madrugada do 11 de dezembro de 2013.

Além de trabalhos acadêmicos, relatos da imprensa nos últimos anos têm mostrado igualmente a problemática. Durante a pesquisa, foram encontradas reportagens de 2013 (como mencionado acima), 2016 e 2018. Os impactos citados foram trânsito urbano de veículos parado, casas inundadas pelas águas da chuva e moradores detidos em seus deslocamentos. Uma moradora narra que a altura da água chegou a 2,10 m com perda total de bens e móveis. O caso mais trágico foi a morte de um menino de 13 anos que caiu no Rio Pavuna durante fortes chuvas (G1, 2013; TERRA OUL, 2016; EXTRA, 2013; PORTAL HOLANDA, 2016; R7, 2017).

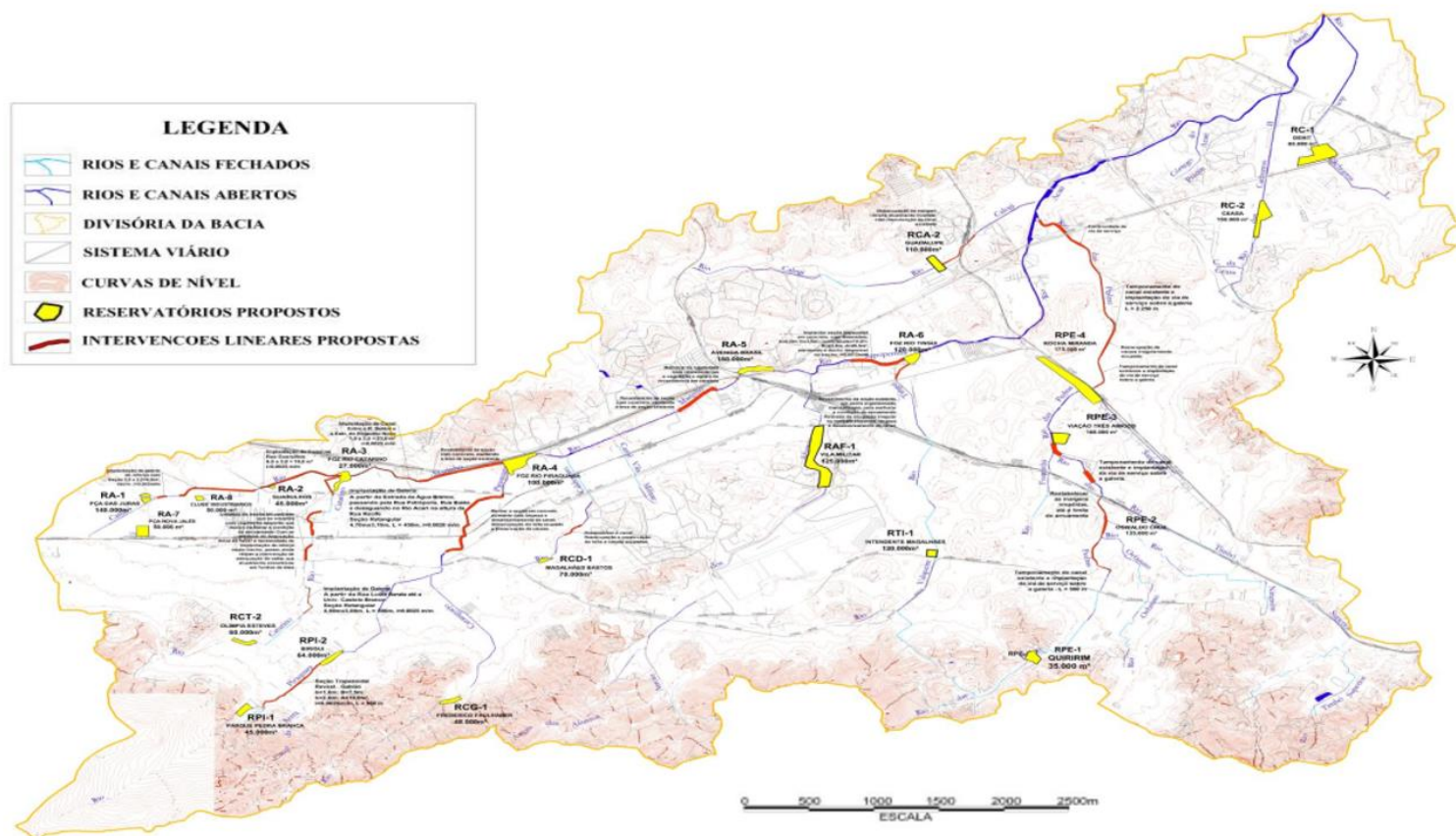
Por conta desses impactos, intervenções têm sido propostas recentemente, porém com pouco ou nenhum êxito, inclusive porque a maioria delas nem têm sido realizadas, entre os quais: Estudos Integrados para Avaliação de Projeto de Intervenção na Calha do Rio Acari – RJ; Programa Acari/Projeto Rio Vivo – Ações voltadas ao Desenvolvimento Urbanístico-ambiental Sustentável, na micro-bacia do Rio Acari; Plano Diretor Municipal de Manejo de Águas Pluviais do Município de Rio de Janeiro e o Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (MAYORAL, 2017).

Outra exemplo é o Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro que propõe o desassoreamento do trecho baixo do Rio Acari, para restituição da capacidade hidráulica da calha, a adequação de capacidade com sua ampliação nos trechos de *déficit* e calha natural, com processos de erosão e assoreamento, reservatórios de amortecimento nas cotas intermediárias e reservatório de amortecimento de “pé de morro” para controle de inundações repentinas e retenção de sedimentos (Figura 33). (FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH, 2015).

O rio Pavuna já foi contemplado com projetos para a melhoria de drenagem. O trecho em Nilópolis foi o primeiro a ser beneficiado pelo Programa Limpa Rio Baixada. Foi construído uma barragem de 940m no rio Pavuna na altura de Nilópolis pelo Programa de Defesa Contra Inundações do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Mais recentemente, o CREA identificou pontos mais problemáticos de inundação. A primeira questão levantada foi a complicação causada pelos cruzamentos com pontes, pois junto aos pilares acumula-se muito lixo, dificultando o escoamento natural do rio. O maior exemplo é o cruzamento com a Avenida Washington Luís onde não há mais escoamento laminar (ANTONIO et al., 2014 APUD CREA-RJ, 2013; NASCIMENTO; QUELHA; FONSECA, 2007; MARINHO; PINTO, 2009).

A proposta sugere a construção de três tipos de parques: parque urbano fluvial, parques longitudinais ao longo de rios, para a proteção das margens dos cursos d’água; parque urbano inundável, parques longitudinais implantados propositalmente em áreas com cotas baixas e parque urbano de preservação ambiental, parques de maiores dimensões, planas ou não, com finalidade de preservação e valorização ambiental, visando manter superfícies permeáveis e minimizar a geração de *runoff*. Isso resultaria em o amortecimento do pico de cheia em mais de 1 metro no nível de água em algumas áreas da bacia e em outras áreas, o curso d’água passa a não extravasar com a ocorrência da mesma chuva no local (Amaral et al. 2011).

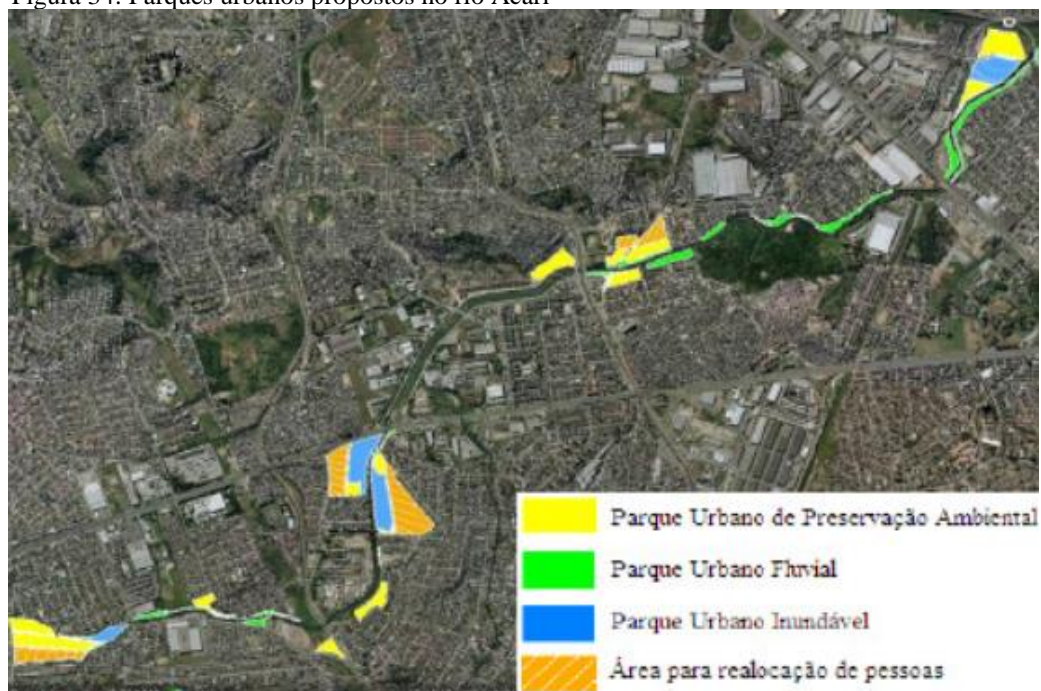
Figura 33: Intervenções propostas na bacia do Rio Acari



Fonte: SMARH (2015)



Figura 34: Parques urbanos propostos no rio Acari



Fonte: Amaral et al. (2011)

O governo também tem feito ações como limpezas e drenagem dos canais pelas prefeituras ao longo dos anos, porém isso não tem obtido resultados pois o lançamento de efluentes e lixo é constante. Segundo o Globo (2018a) rotineiramente, caminhões de entulho são vistos às margens do rio Pavuna desembarcando lixo de obras de bairros vizinhos. Em 2013, após uma enchente, a companhia municipal de limpeza urbana rio de janeiro (Comlurb) recolheu 70 toneladas de lixo em ruas do entorno do rio Acari. Em 5 meses de 2018, retirou mais de 7 mil toneladas de material acumulado na calha do rio, entre eles 12 carros, 20 motos e seis caminhões, além de portas e peças de motor (R7, 2017a; O DIA 2018a; GLOBO, 2018a).

Durante o governo do prefeito Crivela, já houve ação de 1.500 homens nos serviços de desobstrução de bueiros e limpeza do entorno, proposta de dragagem e canalização, o desassoreamento que custou R\$ 1,4 milhões, com a retirada da laje e pilares de uma ponte que atrapalhava o escoamento da água provocando alagamentos no Rio Acari. Também há um projeto para tratar a bacia Pavuna-Meriti. Anteriormente, Duque de Caxias usou parte de 32 milhões do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) para dragagem de 2 km do rio Meriti e colocar galeria em 4 ruas (R7, 2017b; O DIA, 2018b; O DIA, 2018c; GLOBO, 2018b BRASIL, 2015).

### 3.2 Mapeamento da bacia Pavuna-Meriti

Este item aponta, primeiramente o mapa de cada variável onde já é possível detectar as áreas propensas a inundações e, em seguida, o produto final, o mapa de risco da bacia Pavuna-Meriti. Este, por considerar as quatro variáveis altitude, declividade, uso e ocupação do solo e moradores por setor censitário, apresenta um resultado mais próximo da realidade. Com base no referencial teórico, é possível discutir e interpretar os resultados.

A primeira variável selecionada pelo trabalho foi a de altitude, com a qual foi possível produzir o mapa da Figura 35.

De acordo com o mapa de altitude, é possível identificar a característica majoritariamente plana apesar do destaque ser ao nordeste da bacia, nas proximidades da Baía de Guanabara. Como apontado na metodologia foi necessário mudar a divisão para melhorar a visualização e análise. Isso resulta em 5 classificações, porém o primeiro valor - de -0,849m - não foi detectado no mapa, possivelmente em função da escala que não permite observá-lo.

O mapa também mostra que a altitude sofre uma acentuada variação. Os 3 primeiros valores (0,0525 m quase ao nível do mar, 5,46 m e 29,8 m) são relativamente baixos, mas o quarto se eleva para 899 m. Mesmo assim, essa última classificação é relativa a uma área pequena (na cor mais escura na Figura 35) que só aparece a sudoeste. Grande parte das elevações desta área tem 29,8 m de altitude. Assim considerou-se essa variável a mais importante pois a área é conhecida por ser uma baixada, expressão que até denomina a região.

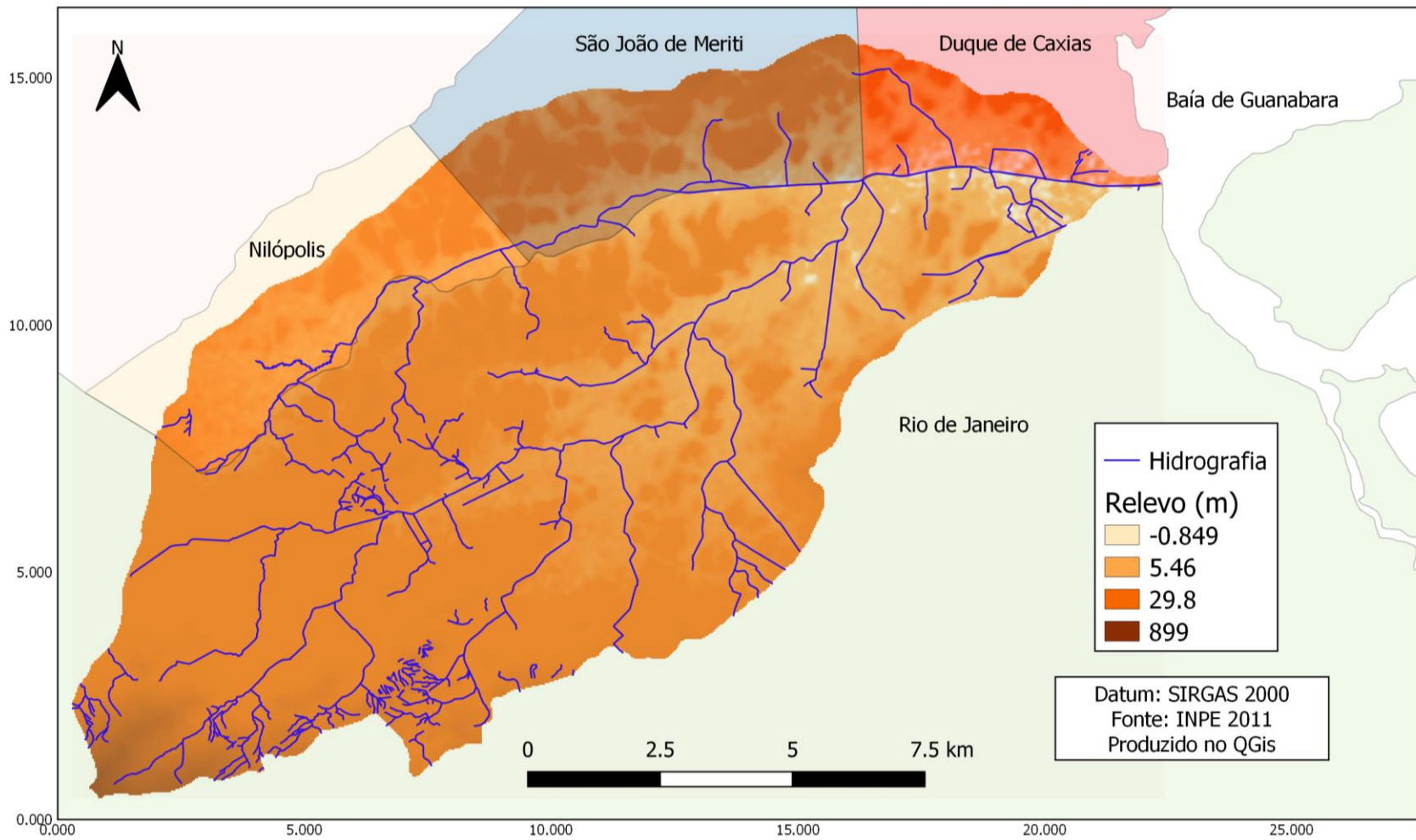
Para entender o risco relativo a esta variável, foram atribuídos pesos para os intervalos de altitude obtidos (Tabela 17), onde altitudes menores ganham pesos maiores, indicando maior suscetibilidade a inundação, e conseqüentemente, altitudes maiores ganham pesos menores. Associada a esses valores, foi feita uma classificação de risco de inundação. Esse exercício foi uma análise preliminar, antes da elaboração do mapa final através do método AHP. Assim embasa a tomada de decisão quanto aos pesos de cada variável na análise hierárquica ponderada.

Tabela 17: Classificação de altitude

<b>Altitude</b>	<b>Peso atribuído</b>	<b>Classificação quanto ao risco</b>
0,0525	10	Altíssimo
5,46	9	Altíssimo
29.8	5	Médio
899	1	Baixo

Fonte: Autor

Figura 35: Mapa de altitude da bacia Pavuna-Meriti



Fonte: Autor, 2018

Também é nítido o percurso dos rios no mapa. Não só os principais, os rios Pavuna, Acari e Meriti, mas também seus afluentes. Pode-se inferir que há maior probabilidade de inundações nessas áreas com altitudes tão pouco acima do nível do mar (5,46 m em média), uma vez que não há um bom escoamento do volume de água desses rios. Há outras áreas com esta mesma cota, principalmente ao nordeste da bacia, perto da Baía de Guanabara, onde o percurso do rio Meriti não está delineado no mapa. Nestas outras áreas também há grande propensão a inundações, pois além do terreno ali possuir a mesma dificuldade de escoamento da água do rio para o mar, ele também dificulta a condução do fluxo da água da chuva para o leito do rio.

A segunda variável selecionada pelo trabalho foi a declividade que resultou no mapa da Figura 36.

Assim como no mapa de altitude, neste é possível identificar a área como majoritariamente plana, tanto que foi necessário testar classificações. Como apontado na metodologia foi necessário mudar a divisão para melhorar a visualização e análise.

Outra questão relativa à visualização do mapa está relacionada a seus intervalos: eles são fechados à esquerda e abertos à direita, ou seja,  $\leq 0,00154\%$ ,  $(0,00154\%, 1,21\%]$ ,  $(1,21\%, 2,42\%]$ ,  $(2,42\%, 5,7\%]$  e  $(5,7\%, 86,2\%]$ . Neles também é nítida uma abrupta variação, ainda maior que a observada no mapa de altitude. Os 3 primeiros intervalos  $(0,00154\%, 1,21\%]$ ,  $(1,21\%, 2,42\%]$ ,  $(2,42\%, 5,7\%]$  são de pequena declividade, mas o quarto avança para  $(5,7\%, 86,2\%]$ .

O mapa de declividade é similar ao de altitude em outro sentido: nele, também, é nítido o percurso do rio Pavuna, porém não é possível distinguir o rio Acari nem os afluentes. De acordo com este mapa, é possível identificar áreas com maior declividade ao sudoeste, o que seria esperado por ser condizente com o mapa de altitude e com a área ainda florestada (que será apresentada no mapa a seguir de uso e ocupação do solo).

Outra área com maior declividade é a das margens direita e esquerda do rio Pavuna. Essa característica aumenta a probabilidade de inundação ao longo deste pois quase todo volume precipitado naquela localidade chega ao rio com maior velocidade e em menor tempo. Cabe destacar que essa característica também influencia o fluxo de água na parte das margens do rio Acari mais próximas ao desague por neste ponto os divisores de água da sua margem esquerda (e consequentemente sua declividade) serem os mesmos que os da margem direita do rio Pavuna.

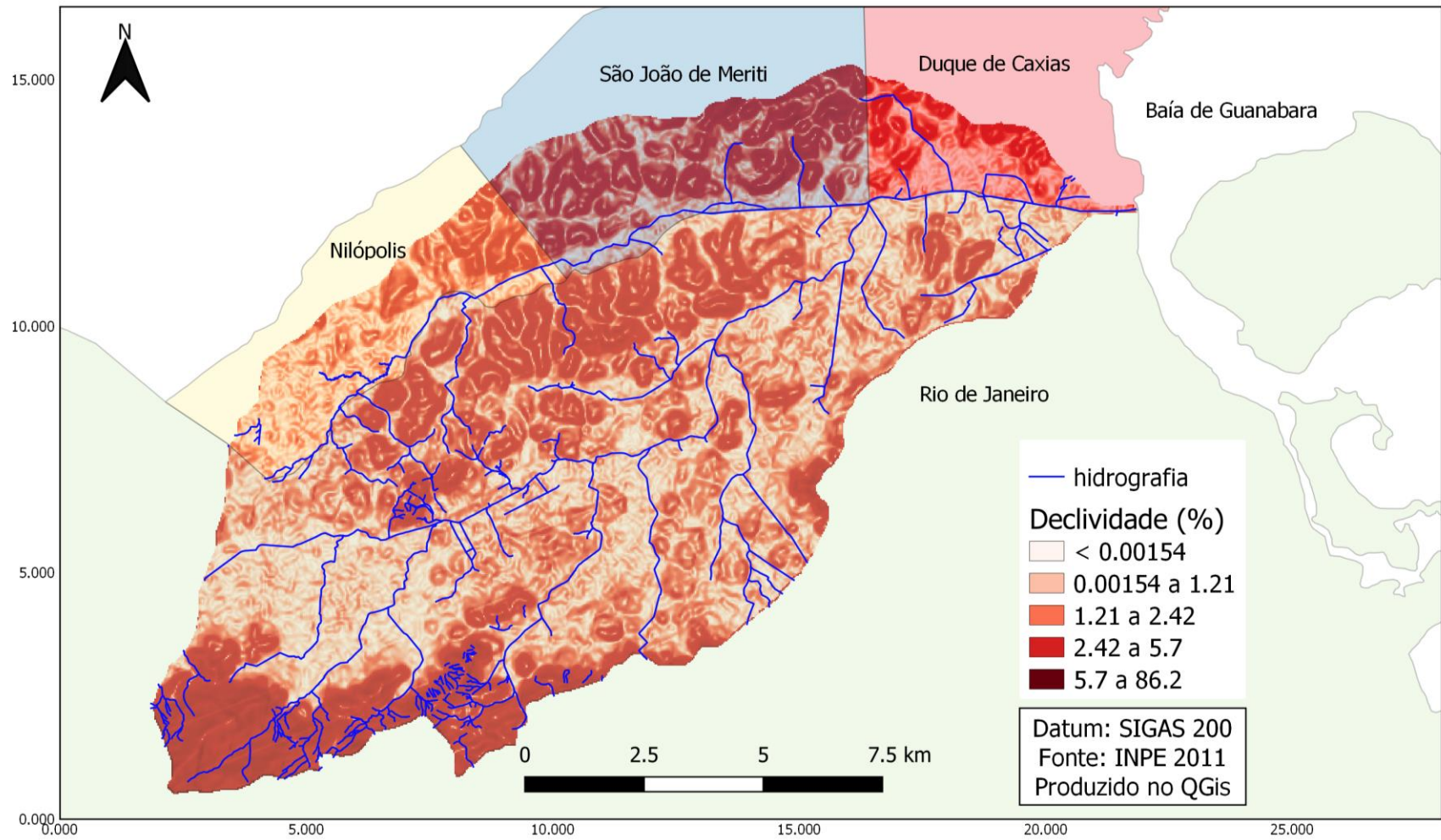
Para entender o risco relativo a esta variável, foram atribuídos pesos para os intervalos de declividade obtidos (Tabela 17), onde declividades menores ganham pesos maiores, indicando maior suscetibilidade a inundação, e conseqüentemente, declividades maiores ganham pesos menores. Associada a esses valores, foi feita uma classificação de risco de inundação. Esse exercício foi uma análise preliminar, antes da elaboração do mapa final através do método AHP. Assim embasa a tomada de decisão quanto aos pesos de cada variável na análise hierárquica ponderada.

Tabela 18: Classificação da declividade

<b>Declividade</b>	<b>Peso atribuído</b>	<b>Classificação quanto ao risco</b>
<0,00154%	10	Altíssimo
0,00154% a 1,21%	10	Altíssimo
1,21% a 2,42%	10	Altíssimo
2,42% a 5,7%	9	Altíssimo
5,7% a 86,2%	6	Alto

Fonte: Autor

Figura 36: Mapa de declividade da bacia Pavuna-Meriti



Fonte: Autor

A terceira variável selecionada pelo trabalho foi a de uso e ocupação do solo, que resultou no mapa da Figura 37.

Pode-se observar no mapa que, no setor mais alto da bacia (elevações de 899m) onde nascem os rios, há vegetação e que parte dela está preservada, mas a maioria é de pastagem. Pode-se inferir que a preservação da vegetação nessa área tem ocorrido devido a serem zonas reservadas a atividades militares que requerem grandes espaços com acesso limitado e poucas instalações. Porém, as demais partes da área da bacia são basicamente ocupadas por populações urbanas. A revisão bibliográfica reforça a alta densidade urbana ao apontar principalmente os municípios de Nilópolis e São João de Meriti que tem as duas maiores densidades demográficas do Estado e uma das maiores do Brasil e da América latina.

A densidade urbana nessa área é tão elevada que só é possível ao programa identificar o rio Meriti por sua maior largura, ou seja, quando os rios Pavuna e Acari se juntam para formá-lo. Conforme foi relatado na caracterização da bacia, há trechos canalizados, retificados, assoreados, processos erosivos e com ocupação da calha secundária do rio.

Há 3 classificações que tem apenas uma pequena área: Mangue, Solo exposto e Agricultura. A área de mangue, de acordo com o referencial teórico levantado da bacia, deveria ser muito maior. A ocupação urbana se fez presente provavelmente após o mangue ter sido aterrado. O Solo exposto está em uma área condizente, de maior declividade e altitude perto da vegetação. Já a Agricultura não foi identificada na revisão bibliográfica, nem se discerniu qual é o cultivo ou a empresa responsável.

Houve duas categorias que estavam presentes no *shape*, mas não foi possível identificá-las quando o mapa foi criado: (i) Ocupação urbana de baixa densidade e (ii) Pastagem em várzea.

Associada a esses valores, foi feita uma classificação de risco de inundação. Esse exercício foi uma análise preliminar, antes da elaboração do mapa final através do método AHP. Assim embasa a tomada de decisão quanto aos pesos de cada variável na análise hierárquica ponderada.

Para a elaboração posterior do mapa de risco, foram atribuídos pesos de classificação para as classes de uso e ocupação do solo existentes na bacia (Tabela 19). Áreas impermeabilizadas ganham pesos maiores, indicando maior suscetibilidade à inundação, e áreas com vegetação ganham pesos menores. As classes que fogem a essas regras são as que já são inundadas, rio e mangue. Associado a esses valores, foi feita uma classificação de risco de inundação. Esse exercício foi uma análise preliminar, antes da elaboração do mapa final através do método AHP.

Assim embasa a tomada de decisão quanto aos pesos de cada variável na análise hierárquica ponderada.

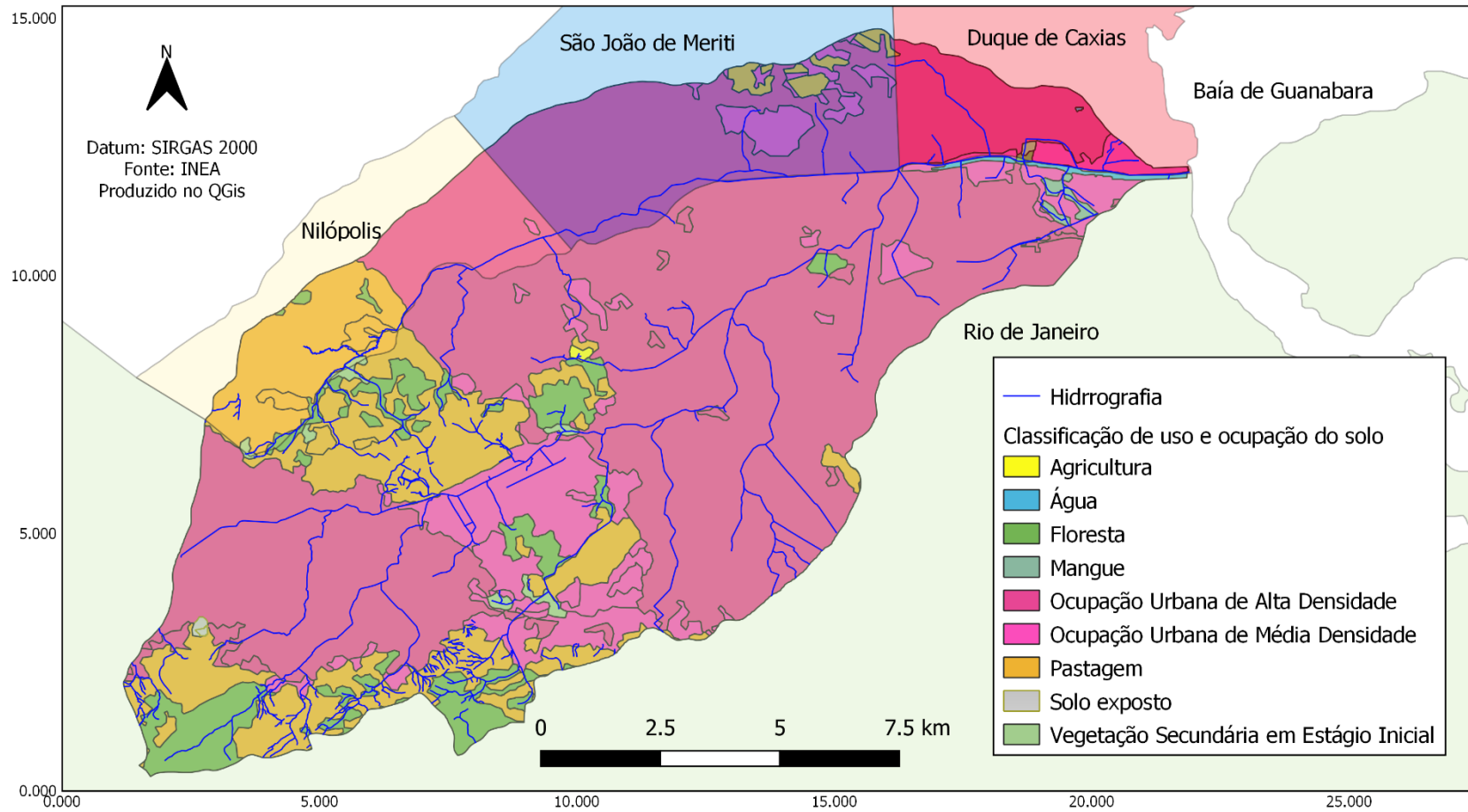
Tabela 19: Classificação de uso de solo

<b>Classe</b>	<b>Peso atribuído</b>	<b>Classificação quanto o risco</b>
Agricultura	5	Média
Floresta	1	Baixo
Curso do rio	10	Altíssima
Mangue	9	Altíssima
Ocupação de média densidade	7	Alto
Ocupação de alta densidade	8	Alto
Pastagem	5	Média
Solo exposto	6	Média
Vegetação em estágio inicial	1	Baixo

Fonte: Autor



Figura 37: Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Pavuna-Meriti



Fonte: Autor

A quarta variável selecionada pelo trabalho foi a de moradores por setor censitário, que resultou no mapa da Figura 38. Esta variável é a que traz o fator de risco para a análise pois insere o fator humano que aponta as pessoas afetadas, possíveis consequências econômicas e sociais.

Assim como no mapa de uso e ocupação do solo, é possível identificar a área como majoritariamente ocupada. Aqui é apontado com mais clareza sua intensidade. Vele ressaltar que neste local a área dos setores censitários são pequenas o que faz o quantitativo de pessoas ser ainda mais relevante<sup>21</sup>. Isso reforça a informação de alta densidade populacional obtida na caracterização da bacia. Suas áreas em branco, que não estão classificadas, correspondem as mesmas grandes áreas de pastagem e florestas do mapa de uso e ocupação do solo (Figura 37).

O mapa também mostra que há uma acentuada variação. O primeiro e o último valor (5-450; 854-2084) tem um intervalo maior (445; 1230) porém os demais (450-574; 574-697; 697-854;) o intervalo é bem menor (124;123;157).

Apesar de São João de Meriti e Nilópolis terem sido apontados como os municípios mais densamente ocupados na caracterização da bacia observa-se no mapa que o número de moradores por setor censitário é disperso e homogêneo.

Para a elaboração posterior do mapa de risco, foram atribuídos pesos de classificação para os intervalos de pessoas no setor censitário obtidas no *shape* (Tabela 20), onde maiores adensamentos ganham pesos maiores, indicando maior risco a inundação, e conseqüentemente, os menores adensamentos ganham pesos menores. Associada a esses valores, foi feita uma classificação de risco de inundação. Esse exercício foi uma análise preliminar, antes da elaboração do mapa final através do método AHP. Assim embasa a tomada de decisão quanto aos pesos de cada variável na análise hierárquica ponderada.

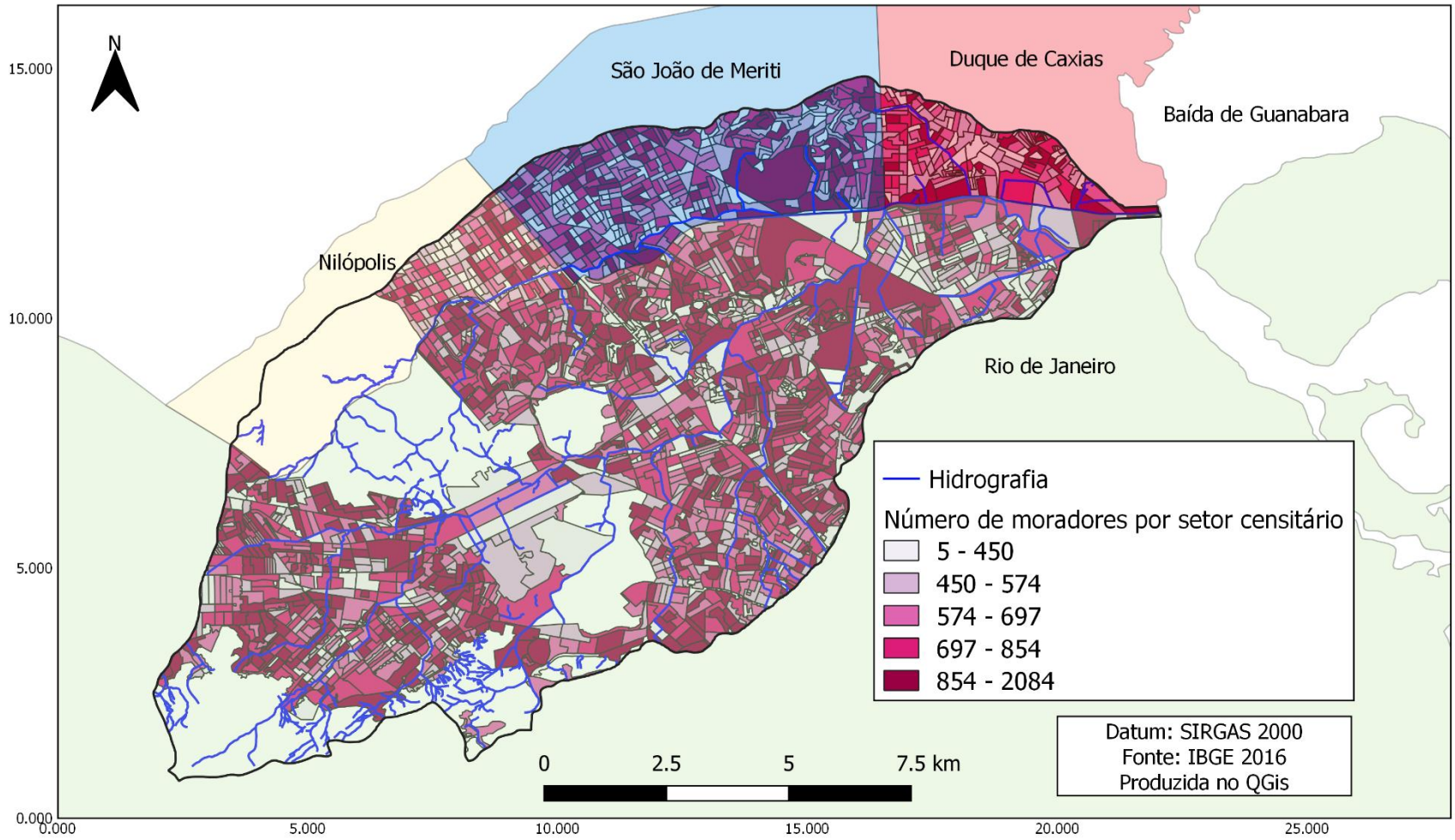
Tabela 20: Classificação de acordo com pessoas no setor censitário

<b>Pessoas por setor censitário</b>	<b>Peso atribuído</b>	<b>Classificação quanto ao risco</b>
5 - 450	3	Baixo
450 -574	4	Médio
574 - 697	6	Médio
697 - 854	8	Alto
854 - 2084	10	Altíssimo

Fonte: Autor

<sup>21</sup> apesar de apontar nesta direção da densidade demográfica, os valores de quantidade de pessoas apontados no mapa não trazem explicitamente pois não está relacionado a área.

Figura 38: Mapa de moradores por setor censitário da Bacia Pavuna-Meriti



Fonte: Autor

Após serem analisadas separadamente, essas quatro variáveis, foi feita a AHP da bacia Pavuna-Meriti. A fim de dar valores à subjetividade da importância das variáveis selecionadas, utilizou-se os valores da tabela do método (Tabela 21) para preencher a matriz com as variáveis selecionadas da bacia Pavuna-Meriti.

A primeira etapa é preencher os de mesma importância, ou seja, os fatores iguais que se encontram na diagonal. Depois se preenche, por linha, os valores relativos às maiores importâncias (Tabela 21).

Tabela 21: Primeira etapa do preenchimento da matriz de acordo com a escala de comparadores

Fatores	Declividade	Uso do solo	Altitude	Morador por setor censitário
Declividade	1			
Uso do solo	3	1		
Altitude	5	3	1	
Morador por setor censitário	7	5	3	1

Fonte: autor

Após a classificação de importância das variáveis escolhidas segundo a tabela 22, é necessário inverter o número, pois sua importância também é inversamente proporcional ao trocar de lugar as variáveis. Depois se soma todos os números relativos a cada coluna.

Tabela 22: Matriz de comparação pareada

Fatores	Declividade	Uso do solo	Altitude	Morador por setor censitário
Declividade	1	1/3	1/5	1/7
Uso do solo	3	1	1/3	1/5
Altitude	5	3	1	1/3
Morador por setor censitário	7	5	3	1
<b>Soma</b>	<b>16</b>	<b>9,333</b>	<b>4,533</b>	<b>1,676</b>

Fonte: autor

O peso dado a cada fator é obtido dividindo-se cada elemento pela somatória dos elementos da coluna a que ele pertence e fazendo-se uma média aritmética. A tabela 23 mostra os pesos relativos a bacia Pavuna-Meriti (ROSOT; BARCZAK; COSTA, 2000).

Tabela 23: Determinação dos pesos estatísticos para cada variável

Fatores	Declividade	Uso do solo	Altitude	Morador por setor censitário	Pesos
Declividade	$1/16 = 0,0625$	$(1/3)/ 9,333 = 0,0357$	$(1/5)/ 4,533 = 0,04412$	$(1/7)/ 1,676 = 0,08523$	$0,0625 + 0,0357 + 0,04412 + 0,08523 =$ <b>0,2276</b>
Uso do solo	$3/16 = 0,1875$	$1/9,333 = 0,1072$	$(1/3)/ 4,533 = 0,07353$	$(1/5)/ 1,676 = 0,11933$	$0,1875 + 0,1072 + 0,07353 + 0,11933 =$ <b>0,4875</b>
Altitude	$5/16 = 0,3125$	$3/9,333 = 0,3214$	$1/4,533 = 0,2206$	$(1/3)/ 1,676 = 0,19889$	$0,3125 + 0,3214 + 0,2206 + 0,19889 =$ <b>1,0530</b>
Morador por setor censitário	$7/16 = 0,4375$	$5/9,333 = 0,5357$	$3/4,533 = 0,6618$	$1/1,676 = 0,59666$	$0,4375 + 0,5357 + 0,6618 + 0,59666 =$ <b>2,2317</b>

Fonte: Autor

Após a obtenção dos pesos de cada fator, atribui-se esses valores a equação 1 para elaboração do mapa de área de risco inundação.

$$RI = 0,2276D + 0,4875U + 1,0530A + 2,2317M \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

RI é o Risco de desastre à inundação;

D é o valor de declividade (%);

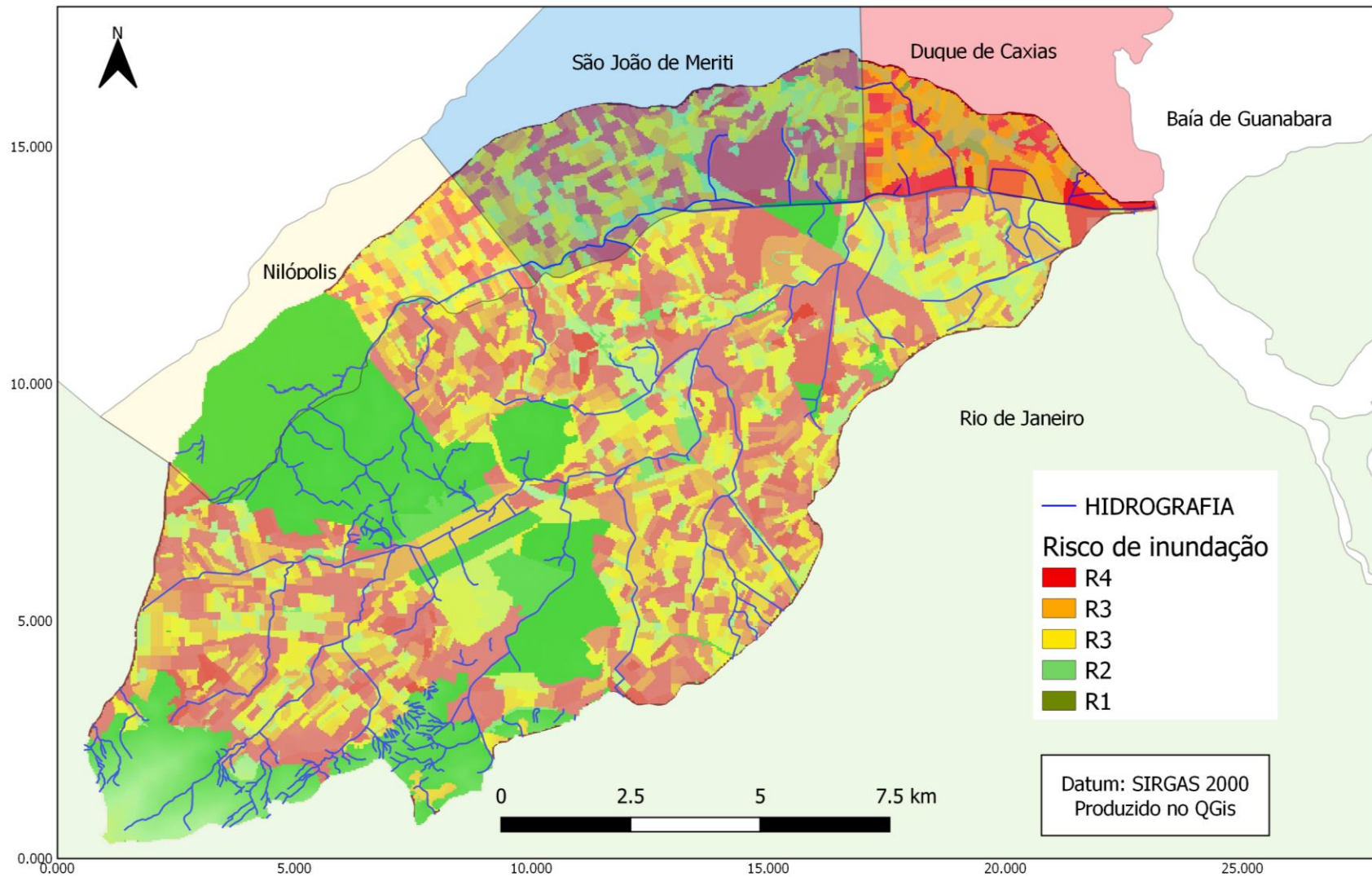
U é o valor de uso e ocupação do solo;

A é o valor de altitude (m), e

M é o valor de número de moradores por setor censitário

Os valores (de 0 a 10) obtidos através da análise dos mapas de declividade, uso e ocupação do solo e altitude como já apresentados, substituem as incógnitas D, U e A, respectivamente. Assim é possível obter um valor de risco para cada área da bacia, resultando no mapa da Figura 39.

Figura 39: Mapa de vulnerabilidade à inundação



Fonte: Autor

O aspecto visual do mapa indica o quanto o mapa de risco é semelhante ao de setor censitário. Isso é coerente com a equação de Análise Hierárquica Ponderada que identificou essa variável com maior peso.

O mapa apresentava originalmente a classificação em valores: de vermelho (R4) 0,964; de amarelo escuro (R3) 16,3; de amarelo claro (R3) 23,1; de verde claro (R2) 31,6; e de verde escuro (R1) 567. Estes foram trocados por valores qualitativos afim de retratar o risco à inundação. Essa classificação se deu por intuição do autor.

Assim como nos mapas de declividade e altitude este mostra uma brusca variação. Os 4 primeiros valores (0,964, 16,3, 23,1, 31,6) são relativamente baixos, e muito próximos. Como a escala de Risco só apresenta classificações de R1-R4 foi necessário repetir uma destas. Neste contexto foi escolhido o valor de menor diferença (23,1, 31,6) que se tornaram R3.

O município do Rio de Janeiro é o que apresenta uma maior área de baixo risco. Estas grandes áreas R1, segundo o mapa de moradores por setor censitário é a área que não apresenta informação, e segundo o mapa de uso e ocupação do solo estas partes são as que apresentam maior área de vegetação (pastagem e floresta) provavelmente por ser uma área militar como apresentado na revisão bibliográfica. Também é possível observar que estas áreas são onde nascem a maioria dos rios da bacia.

O risco 4 é maior perto do deságue da bacia, na área após os rios Pavuna e Acari se juntarem, que se situa nos municípios do Rio de Janeiro e Duque de Caxias. Vale ressaltar que, nessa área, estão localizadas zonas urbanas que, se inundadas, poderão ser muito impactadas tanto social quanto economicamente, bem como gerar danos logísticos tanto localmente quanto nacionalmente.

Na cidade do Rio de Janeiro, a área de maior risco abriga duas vias extremamente importantes para o fluxo logístico da cidade e do país: a avenida Brasil (esta é um trecho da BR 101 - avenida Governador Mário Covas, a maior avenida do país, que se estende da Região Sul até a Nordeste) e a avenida Presidente Dutra que segue até o Estado de São Paulo. Ambas são responsáveis pela quase totalidade do transporte de cargas que entra e sai do município, bem como para a logística nacional. Isso é muito relevante uma vez que uma inundação nessa região tem o potencial de paralisar essas vias, com um impacto parecido com o que foi observado quando da greve dos caminhheiros ocorrida em 2018, impedindo o abastecimento da cidade, causando a deterioração de mercadorias entre outros itens.



A cidade de Nilópolis apresenta aproximadamente 50% da área pertencente a bacia com baixo risco (R1). Esta área é a que não tem informação segundo o mapa de mora e que é pastagem e floresta segundo o mapa de uso e ocupação do solo. Apesar dessa porcentagem está coerente com os demais mapas é contraditória com a informação de densidade demográfica levantada na caracterização da bacia. Já São João de Meriti é a cidade que apresenta o risco mais homogêneo.

O caminho dos rios também não pertence prioritariamente a uma classificação de risco. Isso aponta que a proximidade do rio não é tão relevante para que ocorra inundações. Talvez, a ocupação, retificação do rio e grande processo erosivo entre outras intervenções apontadas faz com que estes rios estejam tão descaracterizados que não sejam interpretados pelo método como rio.

Em Duque de Caxias, apesar de parte apresentar risco mais baixo (R1 e R2) o impacto é relevante pois área ocupada pela bacia concentra: os bairros centrais, de comércio e de alto poder aquisitivo; o bairro Gramacho onde há um grande aterro controlado (conhecido localmente como “lixão”), o qual, mesmo que desativado, poderia liberar chorume principalmente na bacia; o início da rodovia Washington Luiz, necessária para a locomoção da população, transporte de cargas (o fluxo logístico desde legumes até petróleo) entre as regiões serrana e baixada fluminense para a cidade do Rio de Janeiro, quer para suas indústrias, quer para outros estados brasileiros (via rodoviária) ou exportação (via marítima ou aérea).

O método de análise hierárquica ponderada apresenta inúmeras vantagens. Uma delas é a de necessidade de pouca informação (quando ele é comparado a outras metodologias citadas, para as quais seria necessário ter informações de vazão, perfil de rio etc.). Isso o torna mais acessível para ser replicado em outros estudos. Nesse sentido, ele é uma ferramenta importante no atual cenário brasileiro onde há poucos recursos humanos e financeiros para estudar, mapear e gerir inundações.

Um dos importantes componentes da metodologia é a hierárquica/ponderada, segundo a qual é atribuído mais poder ao criador/gestor, exige-se senso crítico, profundo conhecimento e proximidade do local. Porém por se tratar de uma bacia intermunicipal e devido a algumas cidades não terem os dados, não os terem na mesma escala ou não poderem ser obtidos da mesma forma, foi necessário obter os dados relativos ao Estado do Rio de Janeiro. Assim, a escala é menor e isso implica em uma baixa precisão no território. Se o método for usado por gestores, deve ser levado em consideração esse fator limitante tanto na bacia Pavuna-Meriti quanto em qualquer outra onde isso seja também uma característica.

## CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Inundações tem sido tema importante no plano internacional devido ao seu impacto de magnitude e abrangência. Acredita-se que, após uma vasta revisão, conseguiu-se contextualizar a problemática, definir conceitos e abordagens adequadas à sua gestão. Na busca de evita-la, o mapeamento é uma ferramenta eficaz para visualizar, respaldar tomadas de decisão e transmitir informação.

Um mapa de risco de inundação pode ser obtido por meio de inúmeras variáveis, como vazão do rio, ações batimétricas, hidrografia e níveis de enchente e a fim de priorizá-las e normalizá-las foi adotado o método da Análise Hierárquica Ponderada de Saaty. Entre as vantagens desse procedimento, está sua facilidade e simplicidade. É possível aplica-lo em contextos com baixo investimento financeiro, pequena equipe técnica, poucos dados e se apoiar na percepção de pessoas com conhecimento da área, sendo possível reproduzi-la na realidade da maioria dos municípios brasileiros. Porém, ao usar dados com menor escala também há diminuição da exatidão do mapa.

Para definir quais são as variáveis escolhidas, foi necessário conhecer a área, da bacia Pavuna-Meriti. Apesar do interesse na região do entorno da Baía de Guanabara, nem todas as suas bacias são privilegiadas com programas de governo ou estudos a seu respeito, uma destas é a bacia Pavuna-Meriti. A escassez de fontes de pesquisa disponíveis para consulta gerou a necessidade de produzir uma compilação de dados sobre essa bacia como um objetivo secundário da dissertação.

Outra provável explicação para a baixa disponibilidade de dados é que, por se tratar de uma bacia intermunicipais, há falta de troca de informações, integração, colaboração e ações conjuntas. Detectou-se que o afluente rio Acari tem mais material documental para consulta provavelmente por conta de estar situado inteiramente na cidade do Rio de Janeiro.

Após extensa pesquisa e reunião de informações, foram selecionadas para avaliar o risco de inundação as variáveis: moradores por setor censitário, altitude, uso e ocupação do solo e declividade, nesta ordem de importância. Os aspectos geofísicos da bacia como uma mudança abrupta de declividade, áreas de mangue e baixada mostram que, naturalmente, a mesma é uma área pré-disposta a alagamento e por isso não é propícia para ocupação urbanística. Porém ao

contrário do recomendado, a bacia Pavuna-Meriti é densamente ocupada, como apontado no referencial bibliográfico, pelo mapa de uso e ocupação do solo e moradores por setor censitário.

Os quatros mapas foram analisados separadamente, mas são as suas sobreposições que apontam o risco. Ele é alto na maioria da bacia, sendo grande parte dela classificada como R4 e R3. Os R1 e R2 se sobrepõem nas áreas mais altas, com mais declive e vegetação.

Entende-se que o trabalho conseguiu ser relevante ao compilar e organizar as informações relativas à bacia Pavuna-Meriti e ao analisar o risco de inundações. Estes resultados serão apresentados aos gestores desses municípios e aos setores de defesa civil devido ao seu potencial para servir como instrumento de gestão de risco de inundação e para se reverter em ações em prol da sociedade.

Sugere-se que o mapa de risco seja atualizado periodicamente, sempre que novos *shapes* de altitude, declividade e principalmente uso e ocupação do solo sejam registrados, se possível de uma maior escala. Recomenda-se que trabalhos futuros foquem mais na bacia Pavuna-Meriti, produzindo mais informações sobre a área, detalhando como: impacto de inundações nas vias, bairros mais afetados, dados hidrológicos dos rios Pavuna e Acari, não incidência de Boletins de Ocorrência e a afastamento da população da região em relação as Defesas Civis, entre outros.

Quanto ao método recomenda-se para futuros trabalhos que a AHP seja feito com outras variáveis, inclusive depois de análises de campo em diversos pontos da bacia, que se valide o modelo com resultados de BO's e notícias de desastres e que se relacione esse mapa frente a mapas com modelos hidráulicos-hidrológicos.

## REFERÊNCIAS

AÇÃO, M. DE. O que é o Marco Prioridades de Ação. 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) *Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil*, Brasília, 2005, Relatório. <http://arquivos.ana.gov.br/planejamento/estudos/sprtew/2/2-ANA.swf>

AMARAL, B. S. DO et al. **Utilização de parques urbanos no contexto da bacia do rio Acari e controle de enchentes**. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...**Porto Alegre: 2011

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: [s.n.] 2009.

ANA. **Atlas de vulnerabilidade a Inundações**. [s.l: s.n.] 2014.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe 2014**. Brasília: [s.n.] 2015.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2016**. Brasília: [s.n.] 2016.

BAÍA, P. R. DOS S. **A Tradição Reconfigurada : Mandonismo , Municipalismo e Poder Local no Município de Nilópolis e no Bairro da Rocinha na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. [s.l: s.n.] 2006.

BARROS, M. A. B. DE; OLIVEIRA, R. S. DE. **RIO MERITI-PAVUNA , GESTÃO INTEGRADA E A MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NO MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS -**. [s.l: s.n.] 2017.

BARROS, M. A. B. DE; OLIVEIRA, R. S. DE; CÉSAR, J. C. DA S. **DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DO RIO PAVUNA-MERITI**. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba. **Anais...**2016

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília: 1988.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, 1997.

BRASIL; BRASIL. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2001.

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012.** Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; e autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. Brasília: D.O.U. de 11/4/2012a.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, 2007.

BRASIL. Reportagem. 2015. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/editoria/infraestrutura/2015/06/duque-de-caxias-rj-assina-acordo-para-combater-enchentes> Acesso em: 08/2018

BRASIL et al. **Anuário brasileiro de desastres naturais 2011.** [s.l: s.n.].

BRITTO, A. L.; FORMIGA-JOHNSON, R. M. **Mudanças climáticas, saneamento básico e governança da água na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.** V Encontro Nacional da Anppas. **Anais...** Florianópolis: 2010

CARVALHO, C.; MACEDO, E.; OGURA, A. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.** [s.l: s.n.] 2007.

CASTRO, A. L. C. DE. **GLOSSÁRIO DE DEFESA CIVIL ESTUDOS DE RISCOS E MEDICINA DE DESASTRES.** [s.l: s.n.] 1998.

CEDAE. Institucional. 2018 disponível em: [http://www.cedae.com.br/despoluicao\\_baia\\_guanabara](http://www.cedae.com.br/despoluicao_baia_guanabara) Acesso em: 08/18

CEMADEN, 2017. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/ameacas-naturais-no-brasil/>. Acesso em: 12/17

CEMADEN, 2018a. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/historico-da-criacao-do-cemaden/>. Acesso em: 19/04/18.

CEMADEN, 2018b. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/apresentacao/> Acesso em: 04/18.

CEMADEN, 2018c. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/estrategia-para-reducao-de-desastres-no-pais/> Acesso em: 09/18

CEPED. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: volume Brasil.** [s.l: s.n.] 2013.

CEPED UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991-2010 volume Rio de Janeiro.** [s.l: s.n.] 2011.

Cidade 2018b . IBGE Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/duque-de-caxias/panorama> Acesso em: 08/18.

Cidade 2018c . IBGE Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/sao-joao-de-meriti/panorama> Acesso em: 08/18.

Cidade 2018d. IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/nilopolis/panorama> Acesso em: 08/18.

CONEN. **ESTUDO REGIONAL DE SANEAMENTO BASICO - Caracterização e diagnóstico.** [s.l: s.n.].

CONEN. **ESTUDO REGIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO.** [s.l: s.n.] 2012.

CONEN. **ESTUDO REGIONAL DE SANEAMENTO BASICO.** [s.l: s.n.] 2013.

CONEN. **ESTUDO REGIONAL DE SANEAMENTO BASICO - Relatório de andamento.** [s.l: s.n.] 2013.

COPSA. **Panorama do Saneamento Básico na RHBG.** [s.l: s.n.] 2015.

COSTA, P. A. **Duque de Caxias (RJ) - de cidade dormitório à cidade do refino do petróleo: um estudo econômico-político, do início dos anos 1950 ao início dos anos 1970.** [s.l: s.n.] 2009.

DE MOEL, H.; VAN ALPHEN, J.; AERTS, J. C. J. H. Flood maps in Europe - methods, availability and use. **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 9, n. 2008, p. 289–301, 2009.

DEFESA CIVIL SÃO JOÃO DE MERITI. **PLANO DE CONTINGÊNCIAS PARA OS RISCOS DE DESASTRES RELACIONADOS ÀS FORTES CHUVAS EM SÃO JOÃO DE MERITI - RJ.** [s.l: s.n.] 2018.

DOS SANTOS, A. R.; EUGENIO, F. C.; LOUZADA, F. L. R. D. O. **ArcGIS 9.3 Total: Aplicação para Dados Espaciais.** [s.l: s.n.] 2010.

EXTRA. Reportagem. 2013 Disponível em: <https://extra.globo.com/noticias/rio/chuva-cria-cenarios-impactantes-nas-ruas-do-rio-veja-fotos-11037571.html>. Acesso em: 08/18

FLOODSITE. Language of risk - Project definitions. v. 5, n. 2005, 2009.

FREITAS, Carlos Machado de; XIMENES, Elisa Francioli. Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, p. 1601-1616, 2012.

FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS; FCTH. **Plano Municipal De Saneamento Básico Da Cidade Do Rio De Janeiro - drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.** [s.l: s.n.] 2015. Disponível em: <[http://www.transporteativo.org.br/sci-hub.org/site/area/arquivos2/ANTP\\_GT-Ciclovias\\_Rio.pdf](http://www.transporteativo.org.br/sci-hub.org/site/area/arquivos2/ANTP_GT-Ciclovias_Rio.pdf)>. Acesso em: 09/18.

G1. Reportagem. 2013 Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2013/12/agua-inunda-casas-na-pavuna-no-rj-e-moradores-ficam-ilhados.html>. Acesso em: 08/18

GITEC; IP; CODEX REMOTE. **CHARACTERIZAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES TÉCNICO-**

**CIENTÍFICAS ENVOLVIDAS NA GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.** [s.l: s.n.] 2014.

GLOBO. Reportagem. 2018a. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/falta-de-dragagem-despejo-de-lixo-provocam-cheias-no-rio-acari-ha-50-anos-22268121#ixzz5PZeWi4uD> Acesso em: 08/2018.

GLOBO. Reportagem. 2018b. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/prefeitura-anuncia-forca-tarefa-para-minimizar-alagamentos-em-pontos-mais-criticos-do-rio-22273082#ixzz5PZanaNGm> Acesso em: 08/2018.

GREGÓRIO, L. DA S.; BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano de São João de Meriti/RJ: um estudo aplicado à análise do campo térmico e ilhas de calor. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 7, p. 21–36, 2010.

INEA. Institucional. 2018. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/Monitoramento/CoberturaVegetaleusodaterra/index.htm?lang> Acesso em: 20/09/18

INEA. GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO Secretaria de Estado do Ambiente - SEA Instituto Estadual do Ambiente - INEA ELABORAÇÃO DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO R3-A – TEMAS TÉCNICOS ESTRATÉGICOS. v. 1, p. 384, 2012.

INEA; SEA. **Redução de risco de desastres associados a inundações BoleM Águas & Território.** [s.l: s.n.] 2015.

INPE. 2018b. Institucional. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 17/09/18

International Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Terminology on Disaster risk reduction 2009 Disponível em: [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologyEnglish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf) Acesso em: 06/2017

JHA, A. K.; BLOCH, R.; LAMOND, J. Cidades e Inundação: Um Guia para a Gestão Integrada de Inundação Urbanas para o Século XXI. **The World Bank**, p. 1–54, 2012.

MAGALHÃES, I.; THIAGO, C. De Geotecnologias Para Mapeamento De Áreas De Risco De Inundação Em Guaçuí, Es: Uma Análise Comparativa Entre Dois Métodos. **Cadernos de Geociências**, v. 8, p. 63–70, 2011.

MAIA, C.; CASTRO, M. E. Relatório do Plano Diretor da Cidade do Rio de Janeiro. 2008.

MARCHEZINI, V. Introdução. In: [s.l: s.n.].

MARCHEZINI, V. et al. GEOTECNOLOGIAS PARA PREVENÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES : USOS E POTENCIALIDADES DOS MAPEAMENTOS PARTICIPATIVOS Geotechnology for Disaster Risk Prevention : Uses and Potentialities of Participatory Mapping. p. 107–128, 2017.

MAYORAL, Á. G. **ESTUDO DA BACIA DO RIO ACARI: OBRAS DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES E RESILIÊNCIA DA BACIA.** [s.l: s.n.] 2017.

MERITI. Institucional. Disponível em: <http://www.meriti.rj.gov.br/a-cidade/> Acesso em: 06/18

MI; SEDEC. **Política Nacional de Defesa Civil.** [s.l: s.n.] 2007.

MONTEIRO, L. R.; KOBİYAMA, M. Proposta de metodologia de mapeamento de perigo de inundação. **Rega**, v. 10, p. 13–25, 2013.

NILÓPOLIS. Institucional. 2018a. Disponível me: [nilopolis.rj.gov.br/site/municipio/historia/](http://nilopolis.rj.gov.br/site/municipio/historia/) Acesso em: 08/18

NILÓPOLIS. Institucional. 2018b. Disponível me: <http://nilopolis.rj.gov.br/site/conheca-o-trabalho-da-defesa-civil-em-nilopolis/>. Acesso em: 08/18

Noticia R7. Reportagem. 2013. Disponível em: <https://noticias.r7.com/rio-de-janeiro/carro-e-icado-de-rio-apos-enchente-na-zona-norte-12122013> Acesso em: 08/18

O DIA. Reportagem. 2014. Disponível em: [https://odia.ig.com.br/\\_conteudo/odiabaixada/2014-07-05/um-pouco-de-historia-o-patrimonio-de-sao-joao-de-meriti.html](https://odia.ig.com.br/_conteudo/odiabaixada/2014-07-05/um-pouco-de-historia-o-patrimonio-de-sao-joao-de-meriti.html) Acesso em: 06/18

O DIA. Reportagem. 2015. Disponível em: [odia.ig.com.br/\\_conteudo/odiabaixada/2015-02-28/um-pouco-de-historia-sao-joao-de-meriti-na-decada-de-1930.html](https://odia.ig.com.br/_conteudo/odiabaixada/2015-02-28/um-pouco-de-historia-sao-joao-de-meriti-na-decada-de-1930.html) Acesso em: 06/18

O DIA. Reportagem. 2018a. Disponível em: <https://odia.ig.com.br/rio-de-janeiro/2018/05/5538893-limpeza-do-rio-acari-revela-um-cemiterio-de-veiculos.html#foto=1> Acesso em: 29/08/18

O DIA. Reportagem. 2018b. Disponível em: <https://odia.ig.com.br/rio-de-janeiro/2018/04/5534698-crivella-vistoria-obra-na-regiao-do-rio-acari.html> Acesso em: 29/08/18

O DIA. Reportagem. 2018c. Disponível em: <https://odia.ig.com.br/rio-de-janeiro/2018/05/5538893-limpeza-do-rio-acari-revela-um-cemiterio-de-veiculos.html#foto=1> Acesso em: 29/08/18

ONU. Fatos sobre desastres. **Rio+20 O futuro que queremos**, p. 3, 2012a.

ONU. **Como Construir Cidades Mais Resilientes: Um Guia para Gestores Públicos Locais.** [s.l: s.n.].

OPW (THE OFFICE OF PUBLIC WORKS) OF IRELAND. The Planning System and Flood Risk Management. n. November, p. 7–19, 2009.

PORTAL HOLANDA. Reportagem. 2016. Disponível em: <http://www.portaldoholanda.com.br/rio-de-janeiro-0/falta-de-dragagem-e-despejo-de-lixo-provocam-cheias-no-rio-acari-ha-50-anos>. Acesso em: 08/18

PREFEITURA. De Guanabara dos índios aos cariocas de todas as origem 450 anos de história: Século 18 Rio de Janeiro e o olhar da metrópole. Disponível em: <http://prefeitura.rio/ebooks/linhadotempo/seculo19/html5forpc.html?page=0> Acesso em: 09/18



PREFEITURA. De Guanabara dos índios aos cariocas de todas as origens 450 anos de história: Século 19 a formação da Nação e da capitalidade Disponível em: <http://prefeitura.rio/ebooks/linhadotempo/seculo18/html5forpc.html?page=0> Acesso em: 09/18

PREFEITURA DE DUQUE DE CAXIAS; NIMA/PUC; PETROBRÁS. Educação Ambiental: Formação de valores ético-ambientais para o exercício da cidadania no município de Duque de Caxias. p. 144, 2009.

PREFEITURA DUQUE DE CAXIAS; SERPEN; COBA. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Duque de Caxias - Drenagem Pluvial Urbana**. [s.l: s.n.] 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE DE CAXIAS. **Relatório do progresso local sobre a implementação do Quadro de Ação de Hyogo (2013-2014)**. [s.l: s.n.] 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NILÓPOLIS. **Plano Municipal de Saneamento Básico participativo**. [s.l: s.n.] 2013. Disponível em: [http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu\\_doc/01\\_pmsb\\_diagnostico\\_web.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/01_pmsb_diagnostico_web.pdf) Acesso em: 08/18.

PSAM. **boletim de saúde da Baía de Guanabara**. [s.l: s.n.] 2016. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=EyOvsNPe2d0C>. Acesso em: 08/18.

R7. Reportagem. 2017a. Disponível em: <https://noticias.r7.com/rio-de-janeiro/bombeiros-encontram-corpo-de-menino-de-13-anos-que-caiu-no-rio-pavuna-apos-temporal-04012017>. Acesso em: 08/18

R7. Reportagem. 2017b. Disponível em: <https://noticias.r7.com/rio-de-janeiro/prefeitura-vai-fazer-dragagem-de-rios-da-pavuna-para-evitar-enchentes-22032017> Acesso em: 08/18

REGAE. **Elaboração do plano municipal de redução de risco**. [s.l: s.n.] 2013.

REGEA. **Plano Municipal de Redução de Risco de Desastre de Duque de Caxias Etapa II**. [s.l: s.n.].

RIO DE JANEIRO. Institucional. 2014. Disponível em: <http://www.rj.gov.br/web/seobras/exibeconteudo?article-id=1953748> Acesso em: 08/18

RISK, I. R. ON D. Peril Classification and Hazard Glossary. 2014.

ROSOT, M. A. D.; BARCZAK, C. L.; COSTA, D. M. B. **Análise da Vulnerabilidade do Manguezal do Itacorubi a Ações Antrópicas Utilizando Imagens de Satélite e Técnicas de Geoprocessamento**. 2000

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, p. 234–281, 1977.

SÃO JOÃO DE MERITI. Relatório Síntese do Plano Municipal de Saneamento Básico. 2014.

SEA/UEPAM; KCI TECHNOLOGIES. **DIAGNÓSTICO DO ESTADO DA BAÍA DE GUANABARA - Relatório Parcial 1**. [s.l: s.n.] 2015.

SECRETARIA DE DEFESA CIVIL SÃO JOÃO DE MERITI. **Plano de contingência de proteção e defesa civil – PLANCON 2017/2018**. São João de Meriti, RJ: 2017

Secretaria de Estado do Ambiente Superintendência de Educação Ambiental Seam/SEA. **Projeto de Mobilização Social para Recuperação Ambiental do Rio Pavuna-Meriti 2009**

SEDEC. **Plano estadual de proteção e defesa civil**. [s.l: s.n.] 2013.

SOUZA, M. DOS S. MEMÓRIAS DA EMANCIPAÇÃO E INTERVENÇÃO NO MUNICÍPIO DE DUQUE DE CAXIAS NOS ANOS 40 E 50. **Revista Pilares da História**, p. 37–53, 2004.

SUTTON, T.; DASSAU, O.; SUTTON, M. **A gentle introduction to GIS**. [s.l: s.n.] 2002.

TERRA OUL. Reportagem. 2016. Disponível em: [www.terra.com.br/noticias/brasil/chuva-constante-no-rio-provoca-transtornos-em-varias-regioes,096a210b92e0e339d38e6cc3159af4f3j5kh171x.html](http://www.terra.com.br/noticias/brasil/chuva-constante-no-rio-provoca-transtornos-em-varias-regioes,096a210b92e0e339d38e6cc3159af4f3j5kh171x.html). Acesso em: 08/18

THE WORLD BANK; GOVERNO DO RIO DE JANEIRO; CÂMARA METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO. **Relatório de coleta de dados e análise parcial**. [s.l: s.n.] 2016.

TRAJBER, R.; MARCHEZINE, V.; OLIVATO, D. Conceitos e termos para a gestão de riscos de desastres na educação. [s.d.].

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: **Inundações Urbanas na América do Sul**. [s.l: s.n.]. p. 15–29 2000.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. [s.l: s.n.] 2005.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. DE M. C. **Gestão da Água no Brasil**. [s.l: s.n.] 2001.

UN. Hyogo Framework for Action 2005-2015. **Strategy**, n. January, p. 1–25, 2005.

UNISDR. **Terminology on Disaster Risk Reduction**. [s.l: s.n.] 2009.

UNISDR. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030**. [s.l: s.n.] 2015.

UNISDR, C. **The human cost of weather-related disasters 1995-2015**. [s.l: s.n.] 2015.

VIANA, V. J. **Gestão de risco de desastres no Brasil : Leitura das estratégias locais de redução de riscos de inundação em Nova Friburgo , RJ Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2016.

VISSIRINI, F. et al. **Plano Municipal de Redução de Risco de Desastres de Inundação para Duque de Caxias – Rio de Janeiro Municipal Plan for Disaster Reduction of Flood for Duque de Caxias – Rio de Janeiro**. Internacional conference on urban risks. **Anais...**2016a

VISSIRINI, F. et al. **Plano Municipal de Redução de Risco de Desastres de Inundação para Duque de Caxias – Rio de Janeiro**. Internacional conference on urban risks. **Anais...**2016b

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

WIRTZ, A.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D. **Disaster Category Classification and peril Terminology for Operational Purposes**. [s.l: s.n.] 2009. Disponível em: <[cred.be/sites/default/files/DisCatClass\\_264.pdf](http://cred.be/sites/default/files/DisCatClass_264.pdf)>. Acesso em:09/18.

WISNER, BEN, GAILLARD, JC, AND KELMAN, I. The Routledge Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction Framing disaster Theories and stories seeking to understand hazards , vulnerability and risk. In: [s.l: s.n.] 2012.