



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Patrícia Guedes Pimentel

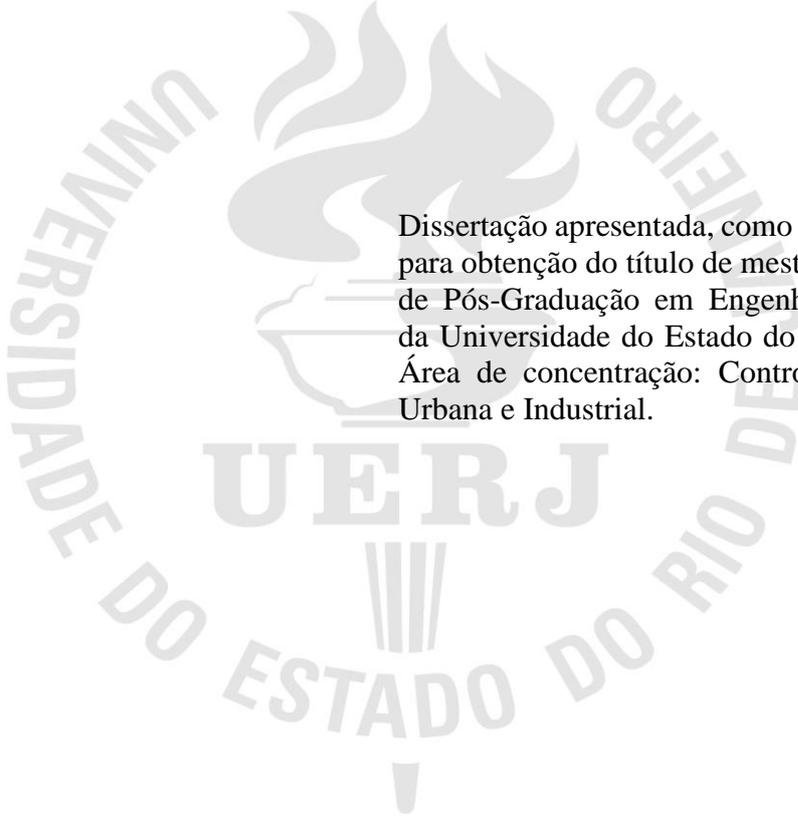
**Análise dos sistemas de drenagem das águas pluviais e proposta de soluções  
para regiões críticas de alagamentos na cidade do Rio de Janeiro**

Rio de Janeiro

2021

Patrícia Guedes Pimentel

**Análise dos sistemas de drenagem das águas pluviais e proposta de soluções para regiões críticas de alagamentos na cidade 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: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Júlio César da Silva

Rio de Janeiro

2021

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

P644 Pimentel, Patrícia Guedes.  
Análise dos sistemas de drenagem das águas pluviais e proposta de soluções para regiões críticas de alagamentos na cidade do Rio de Janeiro / Patrícia Guedes Pimentel. – 2021.  
245f.

Orientador: Júlio César da Silva.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. escoamento urbano - Teses. 3. Águas pluviais - Teses. 4. Inundações - Teses. I. Silva, Júlio César da. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. III. Título.

CDU 628.222

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

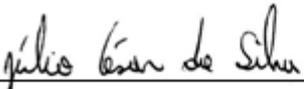
Patrícia Guedes Pimentel

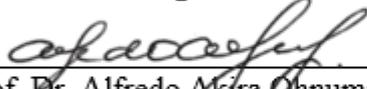
**Análise dos sistemas de drenagem das águas pluviais e proposta de soluções para regiões críticas de alagamentos na cidade do Rio de Janeiro**

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: Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovada em 12 de março de 2021.

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Júlio César da Silva (Orientador)  
Faculdade de Engenharia – UERJ

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Júnior  
Faculdade de Engenharia – UERJ

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega  
Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET-RJ

Rio de Janeiro

2021

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me conceder sabedoria e saúde que me possibilitou trilhar este caminho cheio de obstáculos.

Ao meu pai José Carlos, por investir em minha educação e acreditar no meu potencial. Com você, aprendi valores como honestidade, justiça e responsabilidade.

À minha mãe Sheila, pela amizade e palavras de perseverança que foram decisivas durante minha jornada. Com você, aprendi a ter paciência e persistência.

À minha irmã Letícia, que em nossas conversas, me proporcionou momentos de alegrias e descontração. Obrigada por estar comigo ao longo desses anos, me apoiando e incentivando.

Ao meu amigo e noivo Christian. Com seu apoio consegui avançar em cada etapa, agradeço pelo companheirismo e amizade que levarei por toda vida.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Marcelo Nóbrega, que teve papel fundamental para meu crescimento profissional. A ele agradeço por toda atenção e dedicação que me foi dada nesses anos de parceria.

Ao meu orientador, o Prof<sup>o</sup> Dr. Júlio César pela orientação no desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço pelo incentivo e toda confiança depositada em mim, que foram cruciais para que eu pudesse caminhar em direção a conclusão deste trabalho.

Agradeço à Prof<sup>a</sup> Dra. Rosa Maria Formiga Johnsson, pelas valiosas dicas e todo apoio quando precisei. Este agradecimento, é extensivo aos professores que tive o privilégio de ser aluna durante esses anos no PEAMB.

Por fim, agradeço à Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, que me abriu portas para novos saberes, ampliando meu conhecimento e me despertando interesse em assuntos diversos e na área de atuação que decidi seguir.

## RESUMO

PIMENTEL, Patrícia Guedes. *Análise dos sistemas de drenagem das águas pluviais e proposta de soluções para regiões críticas de alagamentos na cidade do Rio de Janeiro*. 2021. 245f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

Atualmente, é possível observar eventos extremos cada vez mais frequentes na cidade do Rio de Janeiro. Devido aos diversos fatores contribuintes, destacam-se o crescimento populacional e falhas no planejamento urbano que, conseqüentemente, estão associados às modificações na bacia hidrográfica e seus componentes. Considerando o exposto, a pesquisa se inicia por uma revisão bibliográfica de temas relevantes e pertinentes ao assunto abordado, no qual desenvolveu-se uma fundamentação teórica com base na problemática apresentada. De forma preliminar, buscou-se analisar o comportamento dos sistemas de amortecimento de cheias implantados na Praça da Bandeira, Praça Niterói e Praça Varnhagen, na Tijuca. Nesse escopo, ainda que os reservatórios de cheias tenham demonstrado atenuar os problemas vivenciados pela população da área em questão, foi possível notar a ocorrência de episódios de alagamentos e inundações mesmo após o início da operação dos sistemas mencionados. Portanto, através de um levantamento em jornais e fontes informativas locais, foram compilados alguns dos eventos mais relevantes entre os anos de 2008 e 2019. Integrando a pesquisa, foi analisada a atual condição do escoamento superficial da região por meio de estudos hidrológicos, a partir de dados pluviométricos de eventos críticos do Sistema Alerta Rio, dados de uso e ocupação do solo, e outras informações relevantes. Na seqüência, com o auxílio do programa *Excel* e uso da ferramenta *Análise de Dados*, foram realizados cálculos estatísticos que comprovaram uma média correlação entre os parâmetros utilizados. Além disso, foram desenvolvidas previsões de precipitações médias até o ano de 2030 e pontuados alguns riscos de projeto. Ao final, foram apresentados produtos desta dissertação. Primeiramente, foi adaptado um critério de risco através da elaboração de mapas de vulnerabilidade e, após avaliação do Plano de Contingência Municipal existente foi desenvolvido um Protótipo de Plano de Ação de Emergência para a região, estimando uma faixa de grau de vulnerabilidade e apresentando algumas soluções complementares por meio de um Planejamento Estratégico ilustrado por um Fluxograma. Por fim, foi analisado o Plano Municipal de Saneamento Básico do Rio de Janeiro, resultando em um Parecer Técnico que avaliou o Plano em um documento que contempla de forma moderada o conteúdo previsto, podendo ser necessário antecipar sua revisão para incorporar o conteúdo faltante. Como resultado, verificou-se a necessidade de aliar as medidas estruturais implantadas na região com medidas não estruturais, além de considerar novos estudos para a readequação dos tempos de retorno de projeto. Tais estudos deverão observar os requisitos de execução da obra e as dimensões dos sistemas de amortecimento, uma vez que a área em análise tem sua urbanização consolidada.

Palavras-chave: Sistemas de Amortecimento; Eventos Críticos; Plano de Ação Emergencial; Critério de Risco.

## ABSTRACT

PIMENTEL, Patrícia Guedes. *Analysis of rainwater drainage systems and proposed solutions for critical flooding regions in the city of Rio de Janeiro*. 2021. 245f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

Currently, it is possible to observe extreme events that are more and more frequent in the city of Rio de Janeiro. Due to the various contributing factors, population growth and flaws in urban planning stand out, which, consequently, are associated with changes in the hydrographic basin and its components. Considering the above, the research begins with a bibliographic review of relevant and pertinent themes to the subject addressed, in which a theoretical foundation was developed based on the presented problem. In a preliminary way, we sought to analyze the behavior of the flood dampening systems implemented in Praça da Bandeira, Praça Niterói and Praça Varnhagen, in Tijuca. In this scope, even though the flood reservoirs have been shown to mitigate the problems experienced by the population of the area in question, it was possible to notice the occurrence of flooding and flooding episodes even after the beginning of the operation of the mentioned systems. Therefore, through a survey in newspapers and local information sources, some of the most relevant events between the years 2008 and 2019 have been compiled. As part of the research, the current condition of the runoff in the region was analyzed through hydrological studies, based on rainfall data of critical events from the Alerta Rio System, data on land use and occupation, and other relevant information. Then, with the aid of the Excel program and the use of the Data Analysis tool, statistical calculations were performed that proved an average correlation between the parameters used. In addition, average rainfall forecasts until the year 2030 were developed and some project risks were scored. At the end, products from this dissertation were presented. First, a risk criterion was adapted through the elaboration of vulnerability maps and, after evaluating the existing Municipal Contingency Plan, an Emergency Action Plan Prototype was developed for the region, estimating a range of degree of vulnerability and presenting some solutions complementary by means of a Strategic Planning illustrated by a Flowchart. Finally, the Municipal Basic Sanitation Plan of Rio de Janeiro was analyzed, resulting in a Technical Opinion that evaluated the Plan in a document that contemplates in a moderate way the expected content, and it may be necessary to anticipate its review to incorporate the missing content. As a result, there was a need to combine the structural measures implemented in the region with non-structural measures, in addition to considering new studies for the readjustment of project turnaround times. Such studies should observe the requirements for the execution of the work and the dimensions of the damping systems, since the area under analysis has its urbanization consolidated.

Keywords: Damping Systems; Critical Events; Emergency Action Plan; Risk Criterion.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Mapa da região metropolitana do município do Rio de Janeiro.....	15
Figura 02 – Alterações nos componentes do balanço hídrico de uma área rural para urbana...	18
Figura 03 – Hidrograma de cheias antes e após à urbanização.....	18
Figura 04 – Resposta da geometria do escoamento da região modificada.....	19
Figura 05 – Regiões Hidrográficas Brasileiras.....	20
Figura 06 – Hietograma e Hidrograma de uma chuva isolada.....	27
Figura 07 – Processo de infiltração de água no solo no ciclo hidrológico.....	29
Figura 08 – Porcentagem da população em área urbana por Região.....	30
Figura 09 – Macrozonas de Ocupação da Cidade do Rio de Janeiro.....	35
Figura 10 – Áreas de Planejamento do Município do Rio de Janeiro.....	36
Figura 11 – Zoneamento da Área de Estudo.....	37
Figura 12 – Estratégias de Alerta por SMS e Alarme por Sirenes.....	44
Figura 13 – Fases de degradação da drenagem natural.....	48
Figura 14 – Medidas Estruturais a partir do Plano de Bacia.....	52
Figura 15 – Automóvel em enchente na Praça da Bandeira (1940) .....	57
Figura 16 – Transporte Público em enchente na Praça da Bandeira (1940) .....	57
Figura 17 – Pedestres em enchente na Praça da Bandeira (1940) .....	58
Figura 18 – Enchente no Canal do Mangue (1942) .....	59
Figura 19 – Enchente na Rua do Matoso – Tijuca (1942) .....	59
Figura 20 – Enchente na Praça da Bandeira (1942) .....	60
Figura 21 – Transporte Público em enchente na Praça da Bandeira (2010) .....	62
Figura 22 – Enchente na Praça da Bandeira (2010) .....	63
Figura 23 – Força das águas na Avenida Maracanã (fev. /2000) .....	64
Figura 24 – Rua Ibituruna – Tijuca (fev. /1988) .....	64
Figura 25 – Grau de criticidade em função do seu potencial de inundação .....	65
Figura 26 – Representação de reservatório subterrâneo em meio urbano.....	66
Figura 27 – Mapeamento de Eventos Críticos entre 2008 e 2013 na Tijuca.....	70
Figura 28 – Mapeamento de Eventos Críticos entre 2013 e 2019 na Tijuca.....	71
Figura 29 – Evento de 17 de novembro de 2008, na Tijuca.....	72
Figura 30 – Evento de 22 de janeiro de 2009, na Tijuca.....	73
Figura 31 – Mapa de localização da Grande Tijuca.....	75

Figura 32 – Macrorregiões de Drenagem da Cidade do Rio de Janeiro.....	77
Figura 33 – Sub-bacias da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara.....	78
Figura 34 – Elementos urbanos de destaque da Bacia do canal do Mangue.....	79
Figura 35 – Planta da bacia hidrográfica do Canal do Mangue.....	80
Figura 36 – Corpos Hídricos na Bacia do Canal do Mangue.....	81
Figura 37 – Manchas de Inundação da Bacia do Canal do Mangue.....	82
Figura 38 – Intervenções realizadas na Bacia do Canal do Mangue.....	84
Figura 39 – Obra do Reservatório da Praça da Bandeira.....	86
Figura 40 – Obra do Reservatório da Praça da Bandeira.....	86
Figura 41 – Reservatório da Praça Niterói em construção.....	88
Figura 42 – Praça Niterói após a construção do reservatório.....	89
Figura 43 – Reservatório da Praça Varnhagen.....	90
Figura 44 – Revitalização da Praça Varnhagen.....	91
Figura 45 – Componentes do Rio Joana.....	92
Figura 46 – Obras de desvio do Rio Joana.....	93
Figura 47 – Estação Telemétrica (PN) do Rio Maracanã (Prédio Ipiranga) .....	94
Figura 48 – Estação Telemétrica (PN) do Rio Maracanã (Av. Maracanã) .....	94
Figura 49 – Estação Telemétrica (PN) do Rio Trapicheiros (Av. Heitor Beltrão) .....	95
Figura 50 – Estação Telemétrica (PN) do Rio Trapicheiros (Francisco Eugênio) .....	95
Figura 51 – Estação Telemétrica (PN) do Rio Joana (UERJ) .....	96
Figura 52 – Estação Telemétrica (PN) do Canal do Mangue.....	96
Figura 53 – Funcionamento de uma Estação Telemétrica.....	97
Figura 54 – Localização da Estação Pluviométrica da Tijuca.....	105
Figura 55 – Densidades conforme Zoneamento Urbano.....	108
Figura 56 – Caracterização dos Solos na Bacia do Canal do Mangue.....	109
Figura 57 - Uso e ocupação do solo na Bacia do Canal do Mangue.....	113
Figura 58 – Curvas de Nível da Bacia do Canal do Mangue.....	116
Figura 59 – Hidrograma Unitário.....	118
Figura 60 – Estação Meteorológica do Alto da Boa Vista.....	122

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Coeficiente de Runoff para diferentes tipos de solos.....	25
Tabela 02 – Causas e Efeitos da Urbanização.....	32
Tabela 03 – Classificação de acidentes climáticos.....	38
Tabela 04 – Classificação de danos causados por inundações.....	40
Tabela 05 – Principais questionamentos sobre eventos perigosos e estimativa de riscos.....	41
Tabela 06 – Principais medidas não estruturais.....	52
Tabela 07 – Tempos de retorno para diferentes ocupações para projetos de drenagem.....	54
Tabela 08 – Enchentes Históricas na Cidade do Rio de Janeiro.....	60
Tabela 09 – Estrutura da Pesquisa.....	68
Tabela 10 – Maiores Precipitações Acumuladas nos anos de 2008 a 2019.....	73
Tabela 11 – Intervenções previstas para a Bacia do Canal do Mangue (Reservatórios) .....	83
Tabela 12 – Intervenções previstas para a Bacia do Canal do Mangue (Canalizações no Trecho 1) .....	83
Tabela 13 – Dados Pluviométricos mensais entre 2008 e 2019.....	98
Tabela 14 – Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas.....	111
Tabela 15 – Classificação dos grupos hidrológicos dos solos.....	112
Tabela 16 – Classes de uso e cobertura dos solos.....	112
Tabela 17 – Distribuição das Classes na Bacia do Canal do Mangue.....	113
Tabela 18 – Valores de Precipitação Efetiva (Eventos Alerta-Rio de 2008-2019) .....	115
Tabela 19 – Parâmetros das Estações Pluviométricas para a Equação IDF.....	119
Tabela 20 – Precipitação Máxima em 1 hora.....	120
Tabela 21 – Dados Meteorológicos e Pluviométricos dos Eventos Críticos.....	122
Tabela 22 – Estatística Descritiva de Dados Pluviométricos e Meteorológicos.....	124
Tabela 23 – Previsão das Precipitações Médias com duração de 1 hora.....	128

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Plotagem dos dados de precipitação em 2008.....	99
Gráfico 02 – Plotagem dos dados de precipitação em 2009.....	99
Gráfico 03 – Plotagem dos dados de precipitação em 2010.....	100
Gráfico 04 – Plotagem dos dados de precipitação em 2011.....	100
Gráfico 05 – Plotagem dos dados de precipitação em 2012.....	101
Gráfico 06 – Plotagem dos dados de precipitação em 2013.....	101
Gráfico 07 – Plotagem dos dados de precipitação em 2014.....	102
Gráfico 08 – Plotagem dos dados de precipitação em 2015.....	102
Gráfico 09 – Plotagem dos dados de precipitação em 2016.....	103
Gráfico 10 – Plotagem dos dados de precipitação em 2017.....	103
Gráfico 11 – Plotagem dos dados de precipitação em 2018.....	104
Gráfico 12 – Plotagem dos dados de precipitação em 2019.....	104
Gráfico 13 – Correlação entre Precipitação Máx. Acumulada e Temperatura.....	126
Gráfico 14 – Correlação entre Precipitação Máx. Acumulada e Umidade.....	127
Gráfico 15 – Estimativa do comportamento da Precipitação Média Anual até 2030.....	129

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1. OBJETIVOS</b> .....	13
1.1 Objetivo Geral .....	13
1.2 Objetivos Específicos .....	13
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
2.1 Canalizações e Leitos Naturais.....	15
2.2 Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica.....	17
2.3 Aspectos Históricos e Hidrologia Urbana .....	21
2.4 Enchentes, Alagamentos e Inundações .....	22
2.4.1 Escoamento Superficial e Precipitação Efetiva.....	24
2.4.2 Escoamento Subterrâneo e Infiltração .....	27
2.5 Crescimento Populacional .....	29
2.5.1 Uso e Ocupação do Solo .....	31
2.5.2 Zoneamento Urbano .....	33
2.6 Eventos Extremos.....	37
2.6.1 Vulnerabilidade, Riscos e Desastres .....	38
2.7 Medidas Preventivas de Desastres Hidrológicos.....	40
2.7.1 Defesa Civil e Plano de Contingência.....	42
2.8 Legislações Municipais e Plano Diretor do RJ .....	44
2.9 Sistemas de Drenagem Urbana.....	46
2.10 Mecanismos para redução do volume de Escoamento Superficial .....	49
2.10.1 Medidas Estruturais e Não Estruturais .....	51
2.10.2 Sistemas de Amortecimento de Cheias Urbanas.....	53
2.11 Estudo de Caso: Tijuca.....	55
2.12 Histórico da Região .....	55
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	67
3.1 Caracterização da Área de Estudo.....	74
3.1.1 Aspectos populacionais da área de estudo .....	75
3.1.2 Macrorregião Hidrográfica .....	76

3.1.3	Sub-bacia do Canal do Mangue .....	78
3.2	Intervenções na região.....	82
3.2.1	Reservatório da Praça da Bandeira.....	85
3.2.2	Reservatório da Praça Niterói.....	87
3.2.3	Reservatório da Praça Varnhagen .....	89
3.2.4	Desvio do Rio Joana.....	91
3.3	Dados Pluviométricos da Área de Estudo .....	93
3.3.1	Análise dos Dados Pluviométricos.....	97
3.4	Modelo Chuva-Vazão.....	102
3.4.1	Método SCS .....	102
3.4.2	Caracterização dos Solos.....	107
3.4.3	Precipitação Efetiva e Hidrograma Unitário .....	114
3.4.4	Tempo de Retorno e Equação IDF .....	119
3.5	Estatística aplicada à Hidrologia .....	121
3.5.1	Dados Meteorológicos.....	121
3.5.2	Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação.....	123
3.6	Regressão Linear e Correlação entre Variáveis .....	125
3.7	Previsão de Médias de Precipitação .....	127
3.8	Riscos de Projeto .....	129
3.9	Protótipo de um Plano de Ação Emergencial.....	131
3.10	Análise do Plano Municipal de Saneamento Básico.....	132
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E CONCLUSÕES.....</b>	<b>133</b>
<b>5.</b>	<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>137</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>139</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>150</b>

## INTRODUÇÃO

No contexto do parcelamento da terra, é de grande relevância o estudo da drenagem urbana em grandes metrópoles, como da cidade do Rio de Janeiro, considerando sua estreita relação com os desastres de natureza hidrológica, ocasionados por fatores, que contribuem de forma conjunta aos eventos críticos de inundações e alagamentos.

Sabe-se ainda que o crescimento de uma cidade, nem sempre é acompanhado de seu desenvolvimento. Para Coelho (2001), o impacto ambiental é caracterizado pelo processo de mudanças sociais e econômicas, causado por perturbações no ambiente, proveniente de uma nova ocupação ou construção. A urbanização é um fator de transformação da sociedade, “o impacto ambiental é, ao mesmo tempo, produto e produtor de novos impactos”.

Geralmente, a precipitação possui forte relação com a ocorrência de desastres, especialmente em locais situados na faixa tropical, onde a chuva é característica principal. Tais problemas, agregados às mudanças climáticas, possuem influência praticamente direta no que se refere às atividades urbanas e industriais que ocorrem de forma desordenada. Portanto, uma vez que o uso inadequado da terra ocasiona a redução da capacidade de armazenamento natural de deflúvios, estes, por consequência, irão necessitar ocupar outras regiões (CANHOLI, 2005).

Sabe-se que o estudo da hidrologia é caracterizado pelo cumprimento de determinadas etapas que, dentre as suas várias finalidades, busca aplicar os conhecimentos necessários para a solução de problemas práticos vivenciados no dia a dia (GARCEZ; ALVAREZ, 2002). Considerando as inundações como um dos fenômenos naturais mais destrutivos, tal ocorrência se dá por meio da elevação do nível dos rios e consequente extravasamento em suas margens, causando o alagamento das planícies adjacentes (RECKZIEGEL, 2007).

O uso de técnicas sustentáveis pode auxiliar nos métodos de gerenciamento da drenagem urbana. Azevedo *et al.* (2008) explicam que no contexto do planejamento com o crescimento urbano, é importante combinar medidas estruturais e não estruturais, a fim de que se torne possível solucionar relacionados ao volume do escoamento superficial e consequentes alagamentos e inundações.

Nesse sentido, é válido mencionar que algumas cidades brasileiras têm adotado o uso de legislações específicas, relacionadas à retenção da água de chuva em reservatórios no controle de enchentes. Conforme explica Viola (2008, p. 17) “a política da gestão de águas pluviais deve ter uma visão integrada, entre gestão de recursos hídricos, gestão do uso do solo e gestão de saneamento”.

Devido a cidade do Rio de Janeiro apresentar diversos pontos de alagamento, sobretudo na região da Tijuca, que podem ser justificados por fatores como as diferenças de cotas existentes, sistemas de drenagem próprios, uso e ocupação do solo diversificados entre outros, verifica-se a ocorrência de determinados episódios a partir de uma caracterização das condições de uso e ocupação do solo na bacia em estudo e de uma análise de dados pluviométricos.

Além disso, os frequentes eventos extremos que se apresentam cada vez mais no cotidiano da sociedade, demonstram de forma evidente a relação de fragilidade do sistema local quando se trata de escoamento de águas pluviais e drenagem urbana.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo Geral**

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar o comportamento dos sistemas de amortecimento de cheias existentes, a partir da verificação de possíveis situações de extrapolação dos reservatórios e apontar soluções para melhorar a forma de atuação dos referidos sistemas.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar as condições hidrológicas da área de estudo, utilizando o Método Soil Conservation Service (SCS);
- Estimar valores máximos de precipitação a partir de diferentes Tempos de Retorno (TR), com base na capacidade de suporte do Reservatório da Praça da Bandeira e TR de projeto;
- Analisar cenários futuros de extrapolação dos reservatórios a partir da hidrologia estatística e consequente identificação da população atingida;
- Elaborar um Protótipo do Plano de Ação Emergencial (PAE) em contribuição ao Plano de Contingência Municipal existente, por meio do desenvolvimento de um mapa preliminar de áreas críticas vulneráveis aos alagamentos e inundações;
- Avaliar o Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade do Rio de Janeiro (PMSB), conforme os principais componentes do Roteiro de Avaliação do Ministério das Cidades.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Cada vez mais, observa-se a ocorrência de eventos críticos que se relacionam com ações antrópicas no mundo. Verifica-se ainda, que grande parte dos desastres hidrológicos e geológicos nos centros urbanos estão associados ao crescimento populacional irregular e suas demandas. Desta forma, se evidenciam diversos problemas socioambientais no cotidiano da população.

“O processo de urbanização atingiu, no final do século XX e início do XXI, índices elevados de crescimento populacional e ocupação urbana. Esta condição engendra uma série de novos e complexos problemas para a compreensão e gestão do espaço e da sociedade urbana, sendo aqueles de ordem socioambiental destacados no contexto das cidades, particularmente em países em condições socioeconômicas de alta complexidade, como o caso do Brasil” (MENDONÇA adaptado, 2004, p. 140).

Oliveira (1998), explica que o acelerado crescimento populacional em várias cidades do país, ocorrido na segunda metade do século XX, contribuiu para o “desencadeamento de situações vinculadas à ausência de planejamento para subsidiar o processo de expansão urbana”.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2008), apontou que 94,5% das prefeituras brasileiras realizam o manejo das águas pluviais, mas apenas 12,7% possuem dispositivos de retenção e amortecimento de vazão das águas urbanas. O uso desses dispositivos atua no sentido de melhorar a eficiência dos sistemas de drenagem, além de reduzir os volumes de escoamento superficial direcionados aos corpos receptores de drenagem pluvial.

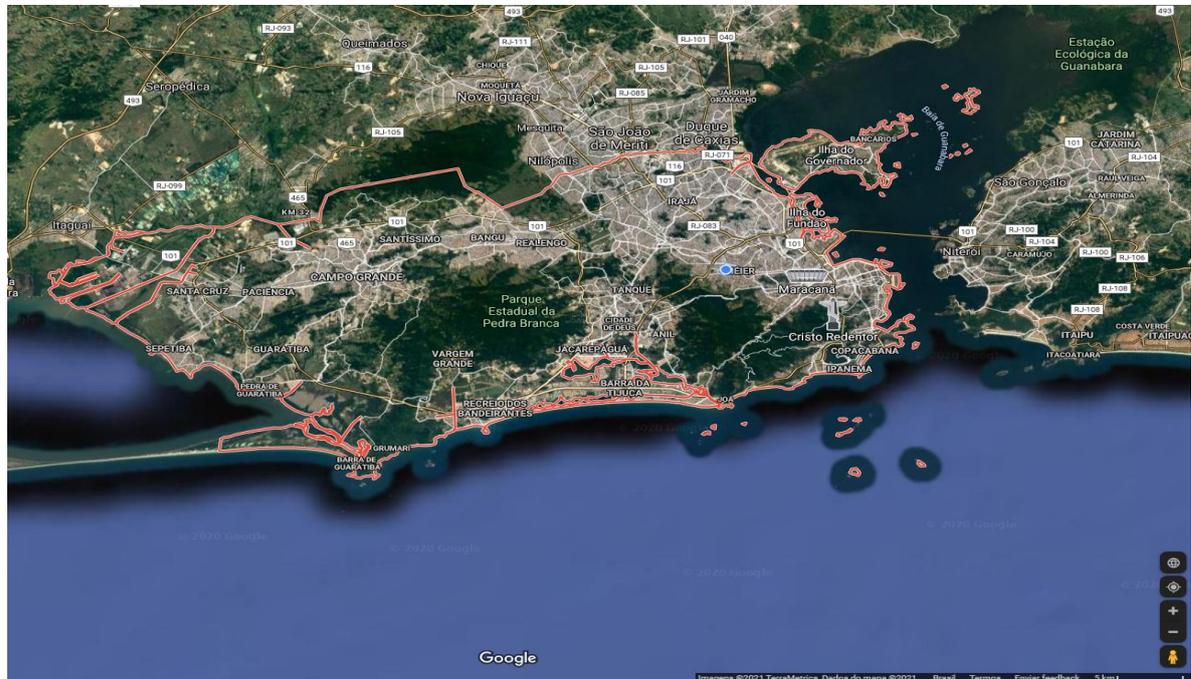
A cidade do Rio de Janeiro se destaca por possuir características geográficas e hidrológicas peculiares, sobretudo quando associadas à complexidade do relevo e regiões montanhosas, ao sistema de drenagem existente e às ocupações irregulares, de modo a ocasionar o aumento de desastres de natureza hidrológica como inundações e alagamentos.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico – Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (PMSB, 2015), a cidade se localiza na coordenada 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21" de longitude oeste. É a capital do Estado do Rio de Janeiro que integra a Região Sudeste do Brasil. O PMSB (2015) informa ainda, que a cidade possui área de 1.255,3 km<sup>2</sup>, e ocupa uma longa faixa costeira com 97 km de extensão.

Composta por 19 municípios, a Figura 01 mostra a Região Metropolitana do Rio de Janeiro que se limita ao norte pelos municípios de Itaguaí, Nova Iguaçu, Nilópolis, São João do

Meriti, Duque de Caxias, Magé e Guapimirim. Ao Sul, é banhada pelo oceano Atlântico, a Leste pela Baía de Guanabara e a Oeste pela Baía de Sepetiba (PMSB, 2015).

**Figura 01 – Mapa da região metropolitana do município do Rio de Janeiro.**



Fonte: GOOGLE MAPS, 2021.

## 2.1 Canalizações e Leitos Naturais

Ao longo dos anos, o processo de urbanização se caracterizou pelo gradativo crescimento populacional e a consequente e inadequada ocupação em áreas marginais aos cursos d' água, com alterações na paisagem natural, como: da diminuição da vegetação nativa, a impermeabilização do solo e a canalização/retificação dos córregos (MARAGNO & CALDERARI, 2009).

De acordo com Righetto *et al.* (2009, p. 28):

“A ocupação urbana aumenta significativamente a velocidade do escoamento superficial, crescendo o potencial erosivo do solo, com reflexo no transporte de sedimentos e o consequente assoreamento de rios e lagos. A redução do volume útil nesses corpos de água diminui a capacidade de retenção, aumentando o risco de inundações”.

Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2006), em sua Cartilha de Orientações Básicas para Drenagem Urbana, fica evidenciado que os leitos naturais além de ocuparem as várzeas de inundação regularizando naturalmente a vazão, preservam a integridade das margens pela presença da mata ciliar. Ainda, os leitos naturais são responsáveis por incorporarem o elemento natural ao cenário urbano, preservando a biota em sua integridade.

Com relação à vazão pluvial, os leitos naturais funcionam com eficácia e apresentam baixo custo de manutenção, além de serem importantes pois reduzem a velocidade do curso d'água através dos meandros, ou seja, sua sinuosidade permite uma redução da velocidade de escoamento do corpo hídrico (FEAM, 2006).

Por outro lado, as canalizações refletem em situações desfavoráveis como a descaracterização do ambiente fluvial e a transferência dos impactos para jusante. Além disso, favorecem a ocupação de áreas de preservação permanente e conseqüentemente, eliminam a mata ciliar. Sistemas de canalização são causadores do aumento da velocidade dos cursos d'água, e sua implementação promove a erosão. Por fim, verifica-se a questionável eficiência das canalizações e seus altos custos de manutenção (FEAM, 2006).

Sendo assim, observa-se que as obras de canalização podem acarretar em diversas outras situações que não resolvem de forma definitiva os problemas de alagamentos e inundações, ao contrário, os transferem para jusante. Conforme aponta Pompêo (2000, p.16):

“A partir da década de 60, passou-se, em alguns países, a questionar a drenagem urbana realizada de forma tradicional que, por intermédio de obras destinadas a retirar rapidamente as águas acumuladas em áreas importantes, transfere o problema para outras áreas ou para o futuro. Sob esta concepção abrigam-se o projeto de grandes sistemas de galerias pluviais e as ações destinadas à “melhoria do fluxo” em rios e canais, concretizadas através de cortes de meandros, retificações e mudanças de declividade de fundo”.

Portanto, visando amortecer as cheias por meio de iniciativas como a transformação de cursos naturais d'água em rios urbanos, é importante consultar outros setores de gestão, uma vez que tais mudanças estão relacionadas ao cotidiano da população. Nesse sentido, recomenda-se a utilização de medidas de recuperação da capacidade original de retenção do escoamento superficial, como ações de combate à baixa permeabilidade do solo, principalmente em regiões propícias aos eventos críticos de precipitação.

## 2.2 Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica

Segundo Gribbin (2015), o ciclo hidrológico é definido no seu sentido mais amplo como a água que escoia superficialmente sendo oriunda do oceano, que posteriormente retorna a ele. Assim, o autor descreve o ciclo hidrológico em etapas como a evaporação da água nos oceanos e lagos do planeta, que em seguida formam-se nuvens.

Logo após a formação de nuvens, estas deslocam-se pela atmosfera de acordo com os padrões climáticos do globo terrestre, de modo que o vapor d'água se condense e se precipite – em forma de chuva, neve ou granizo – chegando ao solo e escoando por terra novamente. Por fim, os córregos formados por meio da precipitação, escoam para os rios e, finalmente, chegam aos oceanos e lagos (GRIBBIN, 2015).

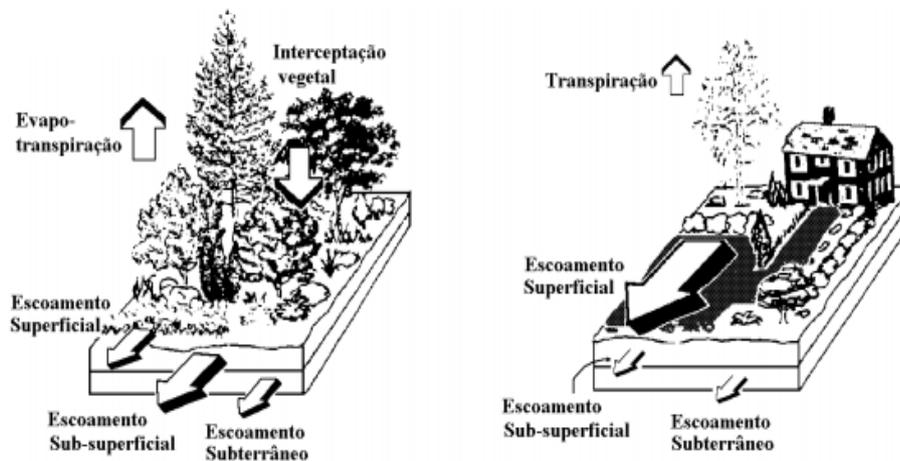
No estudo da hidrologia, a precipitação é demonstrada como toda a água oriunda do meio atmosférico que atinge a superfície da terra. Dependendo do estado em que a água se encontra, pode precipitar em forma de neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada ou neve (BERTONI & TUCCI, 1993).

As parcelas do balanço hídrico sofrem alterações conforme a urbanização que modifica o comportamento natural do ciclo hidrológico. Canholi (2005) explica que, se a urbanização ocorre de maneira desordenada, juntamente com a falta de manejo, esta provoca a redução da capacidade de armazenamento natural dos deflúvios que, na maioria dos casos, se resolve com medidas de canalização de rios. No entanto, tais intervenções acarretam no aumento da velocidade de escoamento (CANHOLI, 2005).

Tucci (1997) descreve os impactos causados pela urbanização, evidenciado pelo desenvolvimento urbano que altera a cobertura vegetal e provoca diversos efeitos modificadores nos componentes do ciclo hidrológico natural. Conforme o autor, a redução da infiltração no solo, o aumento do volume do escoamento superficial e a redução da evapotranspiração são algumas das parcelas afetadas.

A Figura 02 demonstra a alteração no balanço hídrico quando ocorre a modificação da área rural para urbana, segundo Schueler (1987).

**Figura 02 – Alterações nos componentes do balanço hídrico de uma área rural para urbana.**



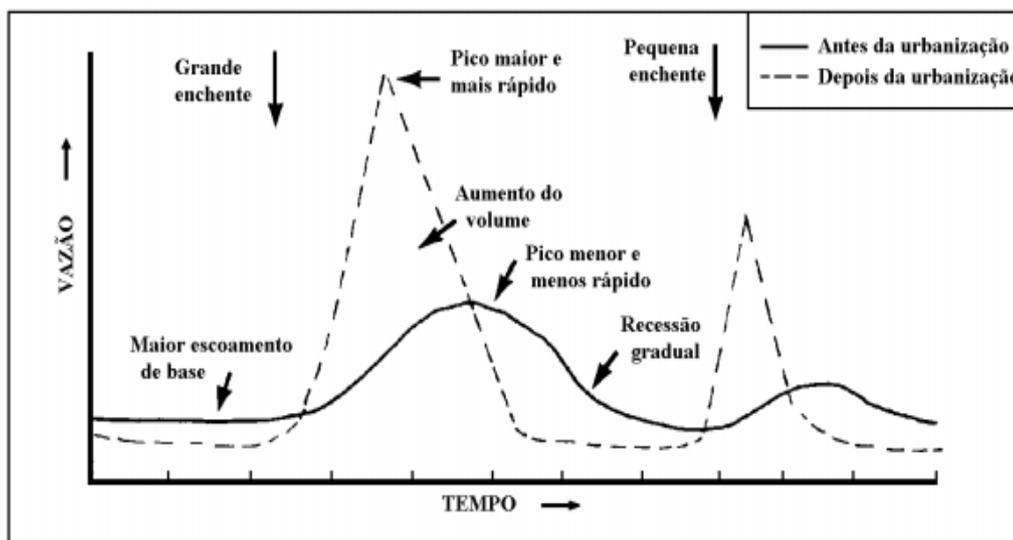
Fonte: SCHUELER, 1987.

No que se refere ao escoamento, Da Paz (2004, p. 10) afirma que:

“(…) se processa movido pela ação da gravidade, em terrenos mais íngremes a tendência é ocorrer menor retenção da água em depressões do solo, com escoamentos mais rápidos do que em terrenos mais planos, onde há maior propensão ao acúmulo de água, facilitando a infiltração”.

Na Figura 03, Schueler (1987) demonstra a partir de um hidrograma, o cenário anterior e posterior ao processo da urbanização, e a consequente alteração no escoamento.

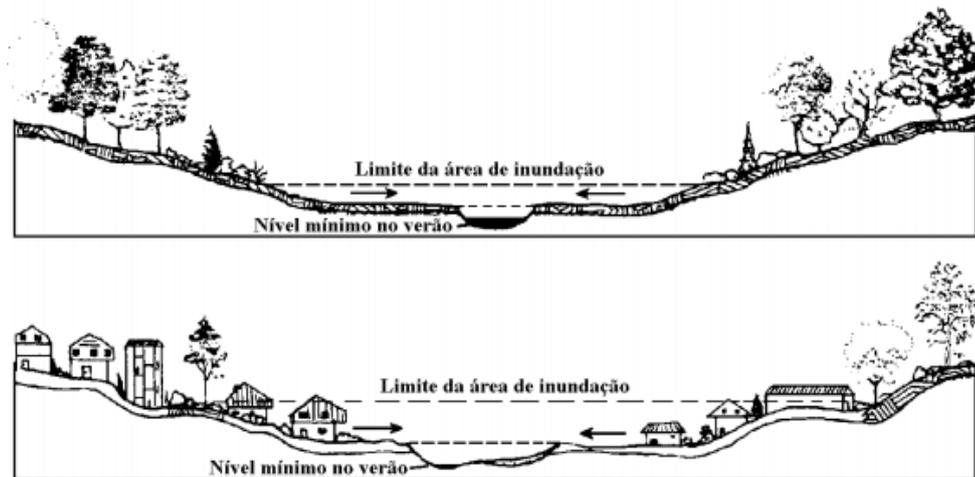
**Figura 03 – Hidrograma de cheias antes e após à urbanização.**



Fonte: SCHUELER, 1987.

Consequentemente, essas alterações refletem nos limites da área inundável da região. Conforme a ocupação urbana avança em áreas ribeirinhas, alguns fatores devem ser observados como a diminuição da capacidade de escoamento dos leitos e as características hidráulicas dos solos, como é possível verificar na Figura 04 que apresenta a resposta da geometria do escoamento.

**Figura 04 – Resposta da geometria do escoamento da região modificada.**



Fonte: SCHUELER, 1987.

Os rios geralmente possuem um ou mais leitos: o menor leito corresponde à seção de escoamento em regime de estiagem e o maior leito pode ser influenciado pela topografia local, geralmente inundado em períodos de intensa precipitação, possibilitando a ocorrência de enchentes. Nesse sentido, grande parte dos danos ocasionados por enchentes e inundações urbanas, se deve à ocupação da área natural de inundação dos rios, associados aos problemas nos sistemas de drenagem e períodos de precipitação intensa.

Mihelcic e Zimmerman (2018, p. 310), definem a bacia hidrográfica como “a área que drena para um ponto de interesse”. Os autores ainda destacam a importância de se conhecer o escoamento pluvial dentro da bacia, determinante na definição do potencial das áreas de inundações. A área de drenagem, o comprimento do rio principal, a declividade do rio e a declividade da bacia fazem parte das principais características da bacia hidrográfica.

Com relação à drenagem na bacia hidrográfica, os autores chamam a atenção para a topografia da região que é caracterizada pela declividade e o potencial de infiltração do solo, ambos relacionados ao escoamento superficial (MIHELICIC & ZIMMERMAN, 2018).

Outro conceito de bacia hidrográfica é apresentado pela ANA (2020), como uma área de captação natural da água de precipitação da chuva que converge os escoamentos para um único ponto de saída, denominado exutório.

De acordo com Tucci (1997, p. 14):

“Águas superficiais são encontradas na rede de rios da bacia hidrográfica onde a população se desenvolve. Uma seção de um rio define a sua bacia hidrográfica. Essa bacia é a área definida pela topografia superficial em que, a chuva ali precipitada, potencialmente contribui com escoamento pela seção que a define”.

No Brasil, a Bacia Hidrográfica é considerada a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), conforme indica o Art. 1 da Lei 9.433 de 1997.

Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2020), o SINGREH é composto pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pela Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (SRQA), pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), os Órgãos gestores de recursos hídricos estaduais (Entidades Estaduais), pelos Comitês de Bacia Hidrográfica e Agências de Água (ANA, 2020).

São doze Regiões Hidrográficas que contemplam as bacias, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas próximas, com características naturais, sociais e econômicas similares. No endereço eletrônico da ANA (2020), é possível ter acesso às informações de cada região hidrográfica brasileira, conforme Figura 05.

**Figura 05 – Regiões Hidrográficas Brasileiras.**



Fonte: ANA, 2020.

### 2.3 Aspectos Históricos e Hidrologia Urbana

Antigamente, a necessidade agrária levou o ser humano a buscar formas de manipular a água em grande escala. Segundo Gribbin (2015), a China passou a transportar água através de tubos de bambu, em 2500 a.C. Já os romanos utilizaram tubos de chumbo e bronze, cerca de 200 a.C. De acordo com o autor, os gregos também contribuíram de forma significativa com as teorias sobre hidráulica. Por volta de 250 a.C., Arquimedes publicou um trabalho apresentando os princípios do empuxo e da flutuação.

Anos mais tarde muitos avanços foram observados, e a hidráulica se desenvolveu como ciência. Em 1738, Daniel Bernoulli evidenciou em seus estudos a formulação da conservação de energia na hidráulica, muito utilizada até os dias atuais (GRIBBIN, 2015).

Carneiro e Miguez (2011), apresentam alguns dos pesquisadores que contribuíram de forma significativa para estudos relacionados aos fenômenos de cheias urbanas. Portanto, como apontado pelos autores, “no século XVII Castelli publicou um trabalho em que mostrava a relação da velocidade de escoamento e a vazão de um rio”, de modo a elucidar o princípio da continuidade de movimento.

Já no século XVIII, uma fórmula desenvolvida por Chézy, permitiu o estudo do escoamento uniforme em rios. Anos mais tarde, modelos matemáticos de escoamento começaram a se destacar. No trabalho de Saint-Venant e Boussinesq, em 1871, foram desenvolvidas equações de escoamento em regime não permanente e variado, considerando os princípios de conservação de massa e de quantidade de movimento.

A partir da década de 1960, foi proposto e construído o primeiro modelo matemático bidimensional que apresentava a divisão da bacia do rio em células de armazenamento. Tais células representavam os trechos de rio e de planícies. Este conceito de modelagem foi desenvolvido por Miguez em 1994, com aplicação ao Pantanal Mato-Grossense, região caracterizada como uma grande planície rural alagável (MIGUEZ, 1994).

Em 2001, Miguez adaptou o mesmo conceito para aplicação em bacias urbanas, considerando a versatilidade das células ao permitirem sua reprodução a partir de diversos padrões de escoamento. Desta forma, o autor verificou uma abordagem integrada da bacia, uma vez que os processos superficiais se relacionam ao sistema de drenagem. Assim, observou-se a capacidade de criar soluções de articulação entre a paisagem urbana e as instalações de drenagem (MIGUEZ, 2001).

## 2.4 Enchentes, Alagamentos e Inundações

Inicialmente, é preciso diferenciar alguns termos associados aos excedentes pluviais, usualmente confundidos. No que se refere às enchentes urbanas, Tucci *et al.* (1995) classificam como aquelas que ocorrem em áreas ribeirinhas e devido à urbanização.

As enchentes de áreas ribeirinhas, são consideradas como “enchentes naturais que atingem a população e ocupam os leitos de rios por falta de planejamento do uso do solo”. Por outro lado, as enchentes relacionadas ao processo de urbanização são caracterizadas como aquelas que ocorrem através do desenvolvimento urbano, por meio da “impermeabilização do solo através de telhados, ruas, calçadas e pátios, e outros” (TUCCI *et al.*, 1995).

Também caracterizadas como fenômenos naturais, as enchentes são explicadas por Pompêo (2000), como as que ocorrem periodicamente nos cursos d’água devido, às chuvas de magnitude elevada. Essas enchentes, podem ser originadas de precipitações intensas a partir de um extenso período de retorno ou, em regiões a montante das áreas urbanas, devido aos transbordamentos de cursos d’água causados por alterações no equilíbrio no ciclo hidrológico. (POMPÊO, 2000).

No caso de atividades humanas que apresentem conflito na presença de água, é evidenciado que na ocorrência de inundações, o desastre acompanha perdas socioeconômicas. De acordo com a avaliação da gestão no Brasil, Tucci (2012, p. 18) explica:

“A legislação brasileira não distingue as inundações ribeirinhas devido à urbanização e observa-se um conjunto de elementos legais relacionados com o termo de inundação sem que distinção seja realizada. Observa-se que as inundações ribeirinhas possuem uma maior intervenção federal em associação com os municípios e os problemas de inundações na drenagem urbana ficam dentro da atribuição apenas do município”.

Outro fator importante, está associado às inundações localizadas. Sobre o assunto, Tucci *et al.* (1995) esclarecem as possíveis causas, como o estrangulamento da seção do rio, remanso devido a macrodrenagem, erros de execução e projeto de drenagem de rodovias, entre outras.

Miguez *et al.* (2018) caracterizam as inundações como eventos hidrológicos provenientes do transbordamento de corpos hídricos em períodos de cheia, que ocupam a planície de inundação, podendo ser caracterizadas como bruscas (enxurradas) ou graduais. Quando as cidades ocupam as planícies inundadas, é possível verificar a ocorrência de alagamentos, definidos como a água acumulada por falha no sistema de drenagem urbana.

Pisani (2001) caracteriza o fenômeno como natural, quando a vazão a ser escoada é maior que a capacidade de descarga do sistema hídrico. Além de inundação e enchente, existem também outros conceitos como alagamento e enxurrada, usualmente empregados em áreas urbanas.

Segundo Philippi Jr. *et al.* (2005), as inundações localizadas são provocadas por diversos fatores, como o não cumprimento de pré-requisitos estabelecidos pela lei de uso e ocupação do solo. Esta problemática é responsável por sobrecarregar os sistemas de drenagem, pois ao invés da precipitação infiltrar no solo, ela escoar para os canais de drenagem que não foram previamente dimensionados para maiores volumes de água.

Os autores ainda apontam que, o aumento na quantidade de sedimentos nos canais de drenagem contribui para o assoreamento dos canais e a diminuição da capacidade de transporte da água na rede de drenagem. Philippi Jr. *et al.* (2005) demonstram que a irregularidade na manutenção após as execuções das obras, pode ser fator agravante para a ocorrência de enchentes nas áreas urbanas.

Nesse sentido, Tucci *et al.* (1995, p. 22) explicam:

“Quando um loteamento é projetado, os municípios exigem apenas que o projeto de esgotos pluviais seja eficiente no sentido de drenar a água do loteamento. Quando o poder público não controla essa urbanização ou não amplia a capacidade da macrodrenagem, a ocorrência das enchentes aumenta, com perdas sociais e econômicas”.

Os alagamentos são definidos por Grilo (1992) como aqueles que ocorrem, geralmente, em áreas planas ou com depressões e em fundos de vales, e possuem seu escoamento superficial comprometido pela topografia e falta ou insuficiência de um sistema pluvial urbano.

A Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social do Estado do Ceará, a partir da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2009), explica que os alagamentos são ocasionados mediante a extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem que ocasionam no acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de excessivas precipitações.

Ainda de acordo com Tucci (2007), as inundações podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios, assim como também são intensificadas pelas alterações produzidas pelo homem na urbanização, a exemplo da impermeabilização de superfícies e canalização de córregos.

### 2.4.1 Escoamento Superficial e Precipitação Efetiva

A precipitação de projeto determina a variabilidade temporal de chuvas intensas e está relacionada a uma certa probabilidade de ocorrência. Conforme Costa (2015), “o maior obstáculo na resolução de problemas práticos com a utilização do balanço hídrico reside principalmente na dificuldade de medir ou estimar adequadamente as variáveis intervenientes”.

O escoamento superficial e as outras parcelas que compõem o balanço hídrico podem ser calculadas, para um certo período de tempo, a partir da equação I (LIMA, 2008; BIANCHI, 2012).

$$P - ET - Q \pm \Delta S = 0 \qquad \text{Eq. I}$$

Onde:

(P) é a precipitação;

(ET) é a evapotranspiração;

(Q) é o deflúvio e;

(ΔS) é a variação do armazenamento de água no solo.

No que se refere aos fatores que influenciam no escoamento superficial, Carvalho e Silva (2006) apontam as condições fisiográficas como de grande importância, como: área, a forma, a permeabilidade e a capacidade de infiltração, e a topografia da bacia. De forma evidente, a área da bacia hidrográfica tem influência nos cálculos de escoamento superficial, pois sua extensão se associa com a quantidade de quantidade de água que ela pode armazenar.

Os autores informam ainda que, a “permeabilidade do solo influi diretamente na capacidade de infiltração, ou seja, quanto mais permeável for o solo, maior será a quantidade de água que ele pode absorver, diminuindo assim a ocorrência de excesso de precipitação” (CARVALHO E SILVA, 2006, p. 96).

De forma associada à permeabilidade do solo, o coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de *runoff* ou coeficiente de deflúvio está relacionado a uma precipitação isolada ou a um relativo intervalo de tempo onde várias precipitações ocorreram (CARVALHO E SILVA, 2006).

A equação II demonstra a razão entre o volume escoado e o volume precipitado, de modo a definir o coeficiente de *runoff*.

$$C = \frac{\text{VOLUME ESCOADO}_{\text{total}}}{\text{VOLUME PRECIPITADO}_{\text{total}}} \quad \text{Eq. II}$$

Sabe-se ainda que, dependendo do tipo de solo que se encontra na região, o cálculo para o coeficiente de escoamento pode variar. A Tabela 01 apresenta diversos valores do coeficiente de escoamento, de acordo com a função do solo, a declividade e tipos de cobertura vegetal.

**Tabela 01 – Coeficiente de Runoff para diferentes tipos de solos.**

<i>Declividade (%)</i>	<i>Solo Arenoso</i>	<i>Solo Franco</i>	<i>Solo Argiloso</i>
<b>Florestas</b>			
<i>0 - 5</i>	0,10	0,30	0,40
<i>5 - 10</i>	0,25	0,35	0,50
<i>10 - 30</i>	0,30	0,50	0,60
<b>Pastagens</b>			
<i>0 - 5</i>	0,10	0,30	0,40
<i>5 - 10</i>	0,15	0,35	0,55
<i>10 - 30</i>	0,20	0,40	0,60
<b>Terras cultivadas</b>			
<i>0 - 5</i>	0,30	0,50	0,60
<i>5 - 10</i>	0,40	0,60	0,70
<i>10 - 30</i>	0,50	0,70	0,80

Fonte: Adaptado de CARVALHO & SILVA, 2006.

No caso de chuvas de projeto, as relações de intensidade, duração e frequência – IDF são obtidas de forma confiável por meio de análise estatística dos dados pluviográficos (BERTONI e TUCCI, 1993). Os autores explicam que: “(...) com base em eventos ocorridos no passado, permite-se estimar a intensidade máxima de uma chuva, para uma determinada duração e certo tempo de retorno”. A equação III apresenta as variáveis da relação IDF.

$$I = \frac{a \cdot TR^b}{(t+c)^d} \quad \text{Eq. III}$$

Onde:

(TR) é o tempo de retorno em anos;

(I) é a intensidade da precipitação em mm/h;

(t) é a duração da chuva em minutos e;

(a, b, c, d) são parâmetros ajustados conforme a localidade ou estação de medição.

De acordo com Bertoni e Tucci (1993), é importante determinar a intensidade de precipitação para o controle de inundação e da erosão do solo. Os autores mencionam ainda que a chuva é o tipo de precipitação mais importante por ser capaz de gerar escoamento.

Sendo assim, a precipitação se torna uma contribuinte de grande importância nos cálculos de escoamento, entretanto apenas parte da parcela da precipitação que atinge o solo gera escoamento superficial, recebendo o nome de precipitação efetiva. A partir da equação IV, o volume escoado superficialmente direto (VESD) pode ser transformado em lâmina escoada ou precipitação efetiva ( $P_e$ ).

$$P_e = \frac{VESD}{A_{BH}} \quad \text{Eq. IV}$$

Onde:

( $P_e$ ) é a precipitação efetiva (mm);

(VESD) é o volume escoado superficialmente direto e ( $m^3$ );

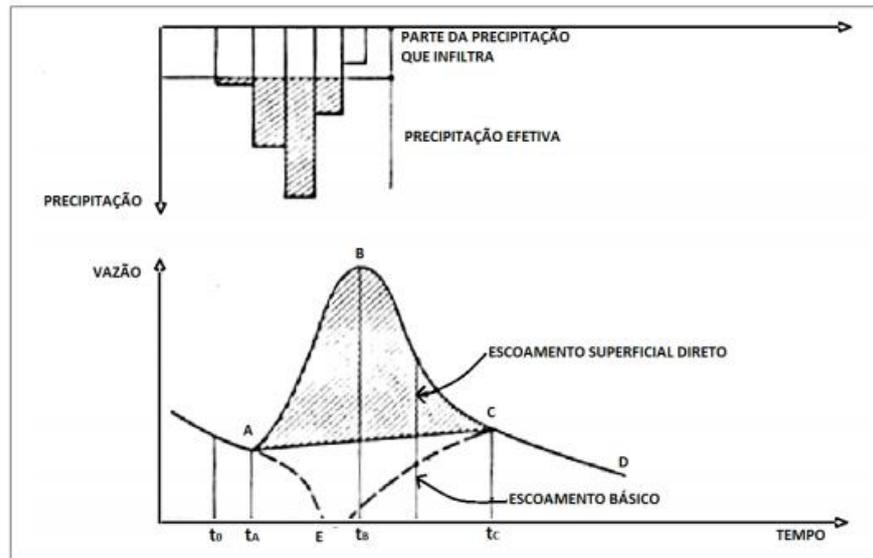
( $A_{BH}$ ) é a área da bacia hidrográfica ( $km^2$ ).

Considerando as diversas formas de demonstrar a distribuição temporal da precipitação, os hietogramas são os que melhor representam os dados de entrada num determinado sistema, utilizados em modelos de simulação chuva-vazão. Sabe-se ainda que a precipitação efetiva exerce influência na determinação do escoamento superficial, ou seja, no volume de pico do hidrograma de projeto.

De modo geral, o processo de transformação da precipitação em vazão ocorre a partir da diminuição da taxa de infiltração que passa a ser inferior à precipitação, aumentando o escoamento superficial.

Em determinados métodos de previsão de enchentes, a separação do hidrograma em precipitação efetiva e escoamento superficial direto se torna essencial. A Figura 06 apresenta o hietograma com a parcela de precipitação que infiltra diretamente no solo e a parcela que gera precipitação efetiva, e o hidrograma que retrata o comportamento da vazão ao longo do tempo.

**Figura 06 - Hietograma e Hidrograma de uma chuva isolada.**



Fonte: CARVALHO & SILVA, 2006.

Por fim, Tucci (1995) apresenta três formas para o cálculo da Precipitação Média. O primeiro é realizado de modo simples através de média aritmética, “em que a média das precipitações registradas nos vários postos é considerada a média precipitada na área” (TUCCI, 1995, p. 67). Esta média pode ser utilizada a partir de dados pluviométricos de regiões com características hidrológicas semelhantes, quando o valor da precipitação de um posto pluviométrico não supere 10% do valor de um posto vizinho.

Os outros métodos descritos por Tucci (1995), que possibilitam o cálculo da precipitação média, são representados pelos polígonos de Thiessen e pelo método das Isoietas, nos quais são aferidas médias ponderadas conforme a área de influência.

#### 2.4.2 Escoamento Subterrâneo e Infiltração

Em sua grande maioria, os centros urbanos se caracterizam por sua superfície impermeável alterando as parcelas do balanço hídrico, como o escoamento superficial e a capacidade de infiltração. Nesse sentido, Tucci (1995) aponta que os condutos e canais construídos, “apresentam custos diretamente relacionados com as vazões máximas, aumentadas pela impermeabilização”.

O autor menciona ainda que, para reduzir tais custos e atenuar os impactos a jusante pode-se aumentar as taxas de infiltração, buscando aproximar ao máximo as condições das mais

naturais. Para Tucci (1995) os dispositivos de infiltração são capazes de recuperar as funções naturais do ambiente.

Como definição, Tucci (1995) descreve o processo de infiltração como “transferência do fluxo da superfície para o interior do solo”. Por outro lado, a capacidade de infiltração tem relação com as características do solo e o estado de umidade da camada superior do solo.

Em bacias com a urbanização consolidada, é possível criar soluções que aumentem as taxas de infiltração no solo. Dentre tais medidas, Tucci (1995) destaca os Planos de Infiltração, Valetas de Infiltração, Trincheiras e Pavimentos Permeáveis, como opções viáveis para minimizar o escoamento superficial e a percolação no solo.

Segundo Castro *et al.* (2013), os pavimentos permeáveis são uma das medidas de controlar o escoamento superficial e, quando utilizada, favorecem a infiltração de água no solo.

“As alternativas de infiltração são técnicas que compõem um conjunto de estruturas e dispositivos que procuram favorecer a infiltração da água no solo e assim recuperar processos hidrológicos alterados durante a urbanização, objetivando a reconstituição das condições de pré-ocupação” (CASTRO *et al.*, 2013, p. 263).

Desse modo, cada tipo de solo possui capacidades distintas de infiltração. Portanto, deve-se considerar previamente a caracterização da região, para a implantação de medidas atenuantes, evitando custos desnecessários na correção de projetos e obras de drenagem urbana. Sendo assim, Tucci (1995) descreve algumas características de solos argilosos e arenosos.

“Solos argilosos possuem alta capacidade de infiltração quando estão secos, mas muito baixa quando estiver úmido e usualmente não permite infiltração importante. Os solos arenosos permitem maior capacidade de infiltração e permitem melhor uso destes dispositivos” (TUCCI, 1995, p. 196).

O cálculo de recarga de águas subterrâneas utiliza a metodologia do balanço hídrico sequencial desenvolvida por Oliveira (2004), apresentado na equação V.

$$R = P - ED - ETR - \Delta AI \qquad \text{Eq. V}$$

Onde:

(R) é a recarga;

(P) é a precipitação;

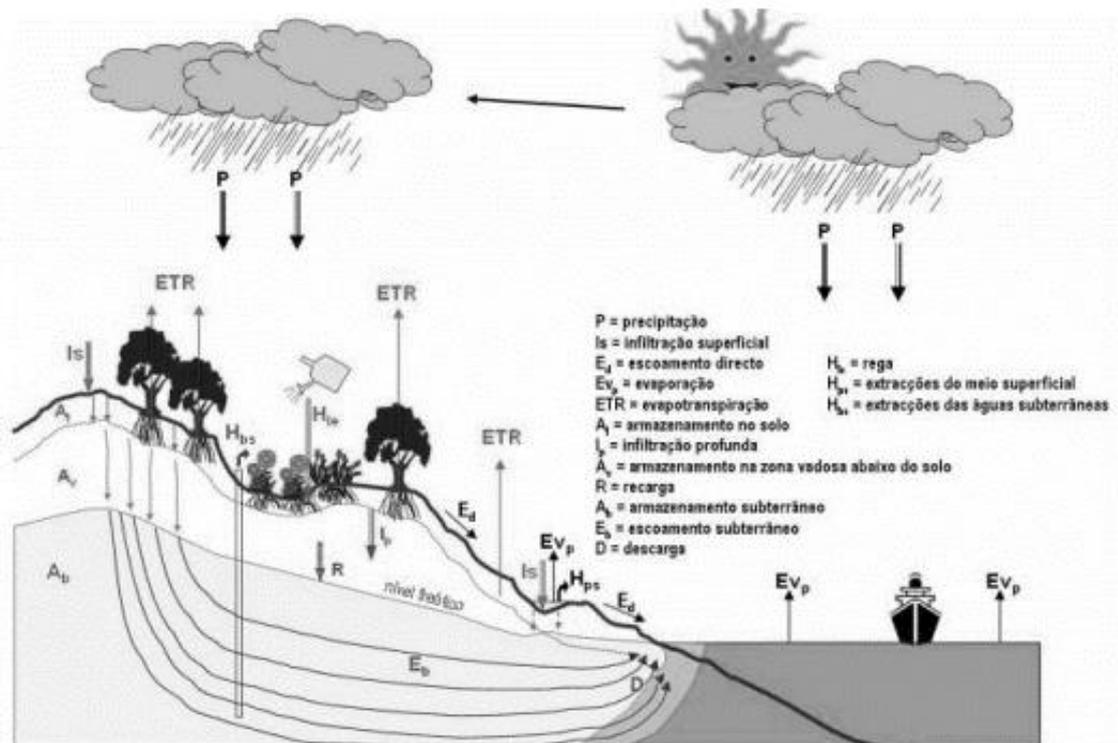
(ED) o escoamento direto;

(ETR) a evapotranspiração real (a partir do solo) e;

( $\Delta A_I$ ) a variação do armazenamento de água no solo entre o final do dia e o início do dia.

Na equação dada por Oliveira (2004), a infiltração é apresentada pela diferença entre a precipitação e o escoamento superficial directo. O comportamento da infiltração no balanço hídrico está representado pela Figura 07, onde se observam as demais parcelas que compõem o ciclo hidrológico.

**Figura 07 – Processo de infiltração de água no solo no ciclo hidrológico.**



Fonte: OLIVEIRA, 2004.

## 2.5 Crescimento populacional

A urbanização acelerada se deu após a década de 60, ocasionando em uma população urbana praticamente sem infraestrutura, principalmente na década de 80, quando os investimentos foram reduzidos (TUCCI, 2008, p. 97).

“Os sistemas urbanos são primordialmente áreas de consumo e moradia. Possuem diferentes dimensões ou integração de várias áreas como Regiões Metropolitanas (...)

O mundo está se tornando cada vez mais urbano em razão do desenvolvimento econômico, gerando pressão sobre o ambiente ocupado pela urbanização”.

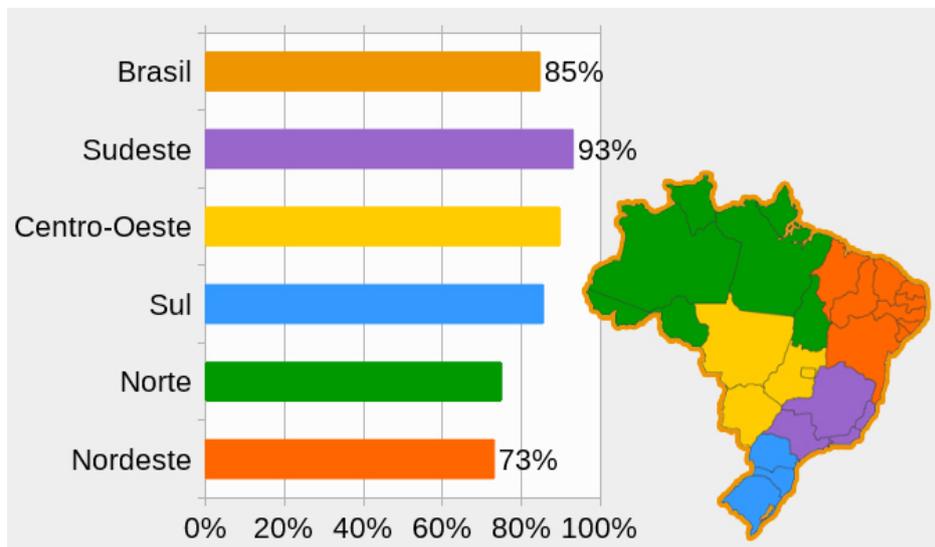
Segundo Leopold (1968), algumas alterações no uso do solo podem ser preocupantes. O autor aponta que, em casos extremos, uma bacia urbanizada pode atingir um pico de cheia até seis vezes maior do que o pico desta mesma bacia em condições naturais.

Pompêo (2000), evidencia a relevância do planejamento aplicado aos projetos de controle das inundações, e demonstra a necessidade de se pensar de maneira preventiva a ocupação urbana fim de minimizar as ocorrências de desastres de natureza hidrológica.

Segundo Rezende *et al.* (2013, p. 152) “ o sucesso da implementação de um sistema sustentável de drenagem depende da cooperação entre os diferentes departamentos técnicos responsáveis pelo planejamento urbano e a participação ativa da população”.

De acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), é possível observar que mais de 90% da população da região Sudeste está concentrada em áreas urbanas. A Figura 08 demonstra a quantidade percentual para cada região do país.

**Figura 08 – Porcentagem da população em área urbana por Região**



Fonte: IBGE, 2015.

Burian *et al.* (1999) destacam a mudança na perspectiva pública sobre a drenagem urbana, a partir de uma reflexão tardia negligenciada das obras públicas, sendo um crucial componente para um sistema urbano sustentável.

Canholi (2005, p. 32), descreve a problemática do crescimento populacional desordenado associada aos impactos à jusante.

“(…) à medida que a bacia se desenvolve, os picos de vazão afluentes às canalizações nas porções de jusante crescem, e a solução para compatibilizar as capacidades torna-se difícil ou mesmo inviável, muitas vezes pela própria presença da urbanização, já bastante consolidada nas áreas mais baixas, ribeirinhas aos córregos”.

Outra consequência da expansão populacional urbana está associada ao saneamento e infraestruturas precários. Canholi (2005, p. 17), explica:

“(…) a problemática carência do saneamento básico nas cidades, que transforma praticamente todos os córregos urbanos em condutores de esgotos a céu aberto. E, por consequência, as inundações, além de todos os danos que acarretam ao tráfego, às propriedades em geral, às moradias e ao comércio, trazem consigo as doenças decorrentes do contato com a água contaminada pela população diretamente afetada, tais como a leptospirose, a febre tifoide e a hepatite”.

Em um estudo sobre o desenvolvimento urbano de baixo impacto, Souza *et al.* (2012) tratam do planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. Assim, apresentam a importância do reconhecimento de ecossistemas como mecanismos capazes de auxiliar no controle e tratamento de águas pluviais de maneira difusa e integrada às demandas da população.

O estudo apresenta a diferença entre práticas higienistas e compensatórias. Além disso, Souza *et al.* (2012) mencionam a respeito de técnicas sustentáveis, por exemplo, sistemas de biorretenção, telhados verdes, pavimentos permeáveis coletores de água de chuva, entre outras.

Desta forma, a partir de um planejamento urbano adequado para cada região, os órgãos públicos responsáveis devem realizar práticas sustentáveis, ampliar a educação ambiental para a população e buscar realizar manutenções regulares nos sistemas de drenagem existentes. Além disso, também é necessário o apoio da sociedade para minimizar os impactos causados pelas inundações e alagamentos.

### 2.5.1 Uso e Ocupação do Solo

A interação do uso e ocupação do solo e os processos hidrológicos superficiais são extremamente relevantes, pois estão intimamente associados aos problemas relacionados às inundações urbanas (POMPÊO, 2000). O estudo de Scherer e Santos (2012, p. 42), trata das

inundações em centros urbanos, abordando os impactos ambientais gerados pelo crescimento populacional, como:

“O que na natureza ajuda a diminuir a vazão e armazenam água temporariamente, como árvores, vegetação e depressões naturais, são transformados, literalmente em uma topografia uniforme e recoberta por concreto. A ausência de planos de uso e ocupação do solo, de gestão integrada e a inexistência de fiscalização que controle o desenvolvimento urbano, acabam contribuindo para que os problemas continuem aumentando”.

Os principais problemas relacionados à infraestrutura e urbanização nos países em desenvolvimento, compreendem a grande concentração populacional em pequenas áreas e o aumento da área de periferia das cidades, de forma descontrolada, realizada através da migração da população rural em busca de emprego. Outro fator apontado por Tucci (2008, p. 99) é a ocupação que ocorre sobre áreas de risco.

“A urbanização é espontânea e o planejamento urbano é realizado para a cidade ocupada pela população de renda média e alta. Para áreas ilegais e públicas, existe invasão e a ocupação ocorre sobre áreas de risco como de inundações e de escorregamento, com frequentes mortes durante o período chuvoso. Parte importante da população vive em algum tipo de favela. Portanto, existem a cidade formal e a informal. A gestão urbana geralmente atinge somente a primeira”.

Nakazone (2005) aponta algumas causas e efeitos da urbanização relacionados ao uso e ocupação do solo nas cidades, conforme Tabela 02. Nela, é possível observar que os processos que levam ao desenvolvimento dos centros urbanos, tem relação direta com os efeitos negativos citados pela autora.

**Tabela 02 – Causas e Efeitos da Urbanização.**

CAUSAS	EFEITOS
<b>IMPERMEABILIZAÇÃO</b>	Maiores picos de vazão e volumes; redução do tempo de concentração; redução das intercepções e da evapotranspiração e; redução do coeficiente de rugosidade.
<b>SISTEMA DE DRENAGEM CONVENCIONAL</b>	Maiores picos de vazão e; redução do tempo de concentração e velocidade.
<b>RESÍDUOS SÓLIDOS</b>	Degradação da qualidade da água; obstrução, estrangulamentos e assoreamento e; alteração da paisagem urbana.

<b>REDE DE ESGOTOS</b>	Degradação da qualidade da água e; doenças de veiculação hídrica.
<b>DESMATAMENTO E OCUPAÇÃO IRREGULAR DE ENCOSTAS</b>	Maiores picos de vazão e volumes; redução do tempo de concentração; produção de sedimentos por processos erosivos e; assoreamento de canais e galerias.
<b>OCUPAÇÃO IRREGULAR DE VÁRZEAS</b>	Maiores danos e prejuízos; maiores picos de vazão e velocidade de escoamento e; maiores custos de utilidades públicas.

Fonte: Adaptado de NAKAZONE (2005).

O Projeto de Lei Complementar nº 33/2013 define as condições disciplinadoras de uso e ocupação para ordenamento territorial da Cidade do Rio de Janeiro. Como indica o Art. 2º “Esta Lei Complementar tem por finalidade instituir as normas gerais que disciplinam o uso e a ocupação do solo no território municipal”.

No Art. 4º, a Lei Complementar dispõe seus objetivos principais, relacionados aos instrumentos de controle dos usos e da intensidade de ocupação do solo.

“I - Disciplinar a utilização e a ocupação do solo; II - proteger ambientes naturais e construídos e elementos da paisagem; III - possibilitar a diversidade de tipologias de edificações e a coexistência de usos compatíveis entre si; IV - garantir os espaços necessários ao desenvolvimento das diversas funções urbanas” (LEI COMPLEMENTAR Nº 33, 2013, Art. 4º).

### 2.5.2 Zoneamento Urbano

De acordo com Carvalho (2000, p. 3):

“Como qualquer sistema que cresce, suas funções ficam especializadas em partes diferenciadas do sistema. A primeira distinção zonal estaria na clássica divisão entre as atividades urbanas e rurais. Nos assentamentos urbanos, a formação de zonas por etnias, religiões ou interesses profissionais também estão presentes ao longo do processo civilizatório da humanidade. No século XX, os processos de urbanização, industrialização e divisão do trabalho fazem as cidades cada vez maiores, mais especializadas e diferenciadas internamente”.

Conforme o Art. 31, Capítulo II que versa sobre o Macrozoneamento da Cidade do Rio de Janeiro, a Lei Complementar nº 111/2011 informa que “o município fica subdividido em Macrozonas de Ocupação, definidas a partir da avaliação de fatores espaciais, culturais,

econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura urbana em função das grandes áreas diferenciadas da Cidade, conforme estabelecido nos Anexos I e II”.

Carvalho (2000, p. 6) explica a importância do zoneamento no âmbito da organização do território urbano.

“O zoneamento como expressão da organização territorial tenta maximizar as localizações das atividades urbanas, reduzindo desvantagens e otimizando vantagens de vizinhança, reconhecendo que o mercado é incapaz de fazê-lo, principalmente do ponto de vista da eficácia social, tendo em vista as desigualdades sociais em vários graus”.

Assim, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro, formulado pela Lei Complementar nº 111/2011, apresenta as Macrozonas de Ocupação da cidade em seu Art. 32.

Primeiramente, a Macrozona de Ocupação Controlada possui limitação construtiva onde se verifica adensamento populacional tendo a renovação urbana realizada, preferencialmente, pela reconstrução de edificações já existentes. Quanto ao crescimento das atividades de comércio e serviços em locais onde a infraestrutura seja suficiente, deverão ser respeitadas as áreas predominantemente residenciais.

A Macrozona de Ocupação Incentivada, deve se basear conforme o adensamento populacional, no qual a intensidade construtiva e o incremento das atividades econômicas e equipamentos de grande porte serão estimulados, principalmente em regiões de maior disponibilidade ou potencial de implantação de infraestrutura.

Por outro lado, a Macrozona de Ocupação Condicionada, restringe o adensamento populacional, a intensidade construtiva e a instalação das atividades econômicas, de acordo com a capacidade das redes de infraestrutura e subordinados à proteção ambiental e paisagística. No entanto, podem ser ampliados caso haja aporte de recursos privados.

Por fim, a Macrozona de Ocupação Assistida é caracterizada pelo acompanhamento dos investimentos públicos em infraestrutura, onde se apresentam o adensamento populacional, o incremento das atividades econômicas e a instalação de complexos econômicos. Além disso, serão acompanhadas medidas de proteção ao meio ambiente e à atividade agrícola.

Em 2014, foi elaborado o Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro (PDMAP), onde está contida a síntese dos estudos e anteprojetos realizados pelo Consórcio Hidrostudio-Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – SP, para a Prefeitura do Rio de Janeiro, sob a coordenação da Secretaria de Obras/Rio-Águas.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável estabelece, para cada Macrozona de ocupação, quais áreas estão sujeitas à intervenção do Poder Público conforme a prioridade de implantação de planos, projetos e obras públicas. A Figura 09 apresenta a delimitação das Macrozonas, definidas na Lei Complementar nº 111/2011 e contidas no PDMAP (2014).

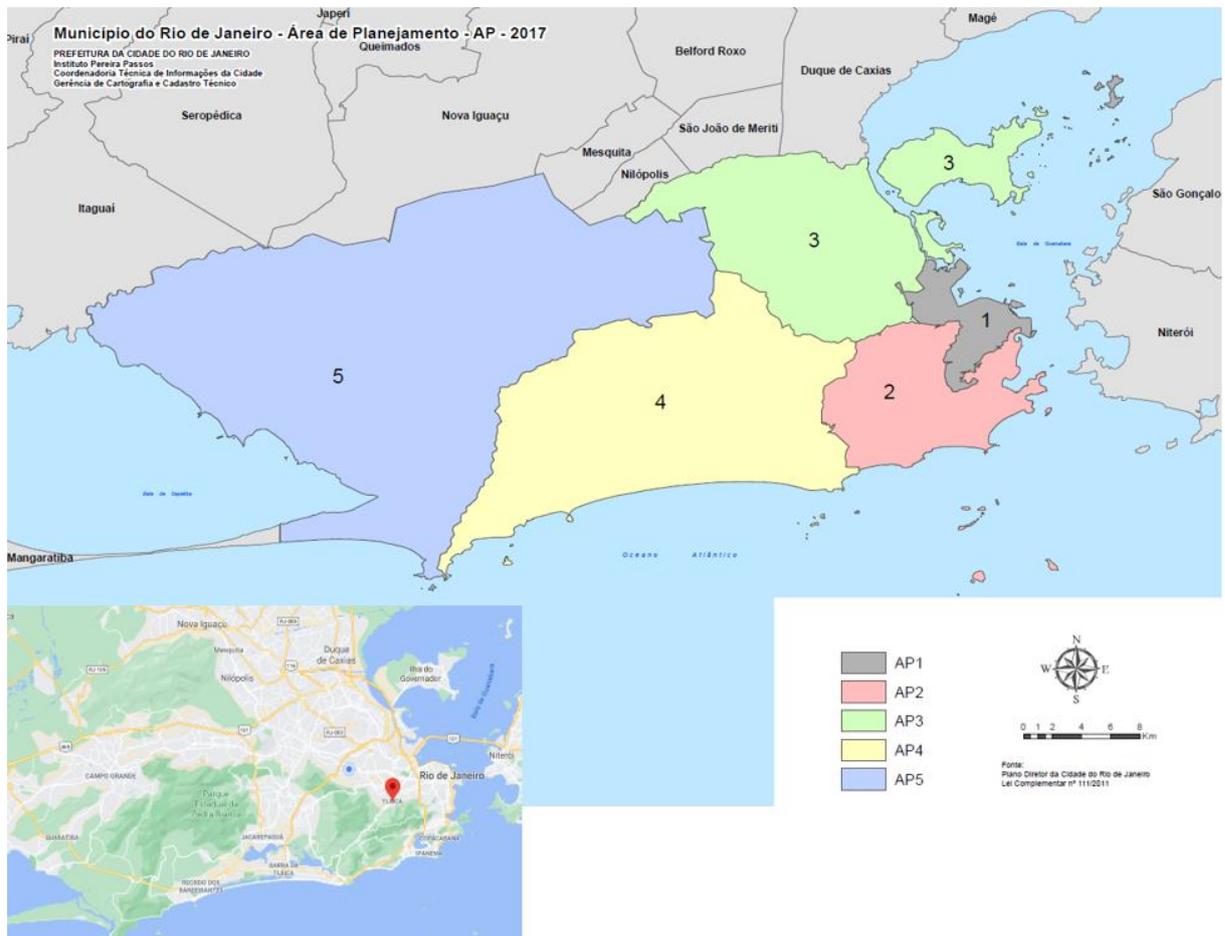
**Figura 09 – Macrozonas de Ocupação da Cidade do Rio de Janeiro.**



Fonte: Adaptado de PDMAP, 2014.

A Coordenadoria de Planejamento do município é o órgão responsável pela coordenação e implementação do planejamento urbano a nível local, e tem por base a divisão do território em cinco áreas de planejamento, conforme mostra a Figura 10, indicando que o Bairro da Tijuca está situado na Área de Planejamento 2.

**Figura 10 – Áreas de Planejamento do Município do Rio de Janeiro**



Fonte: Adaptado do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Rio de Janeiro, 2011.

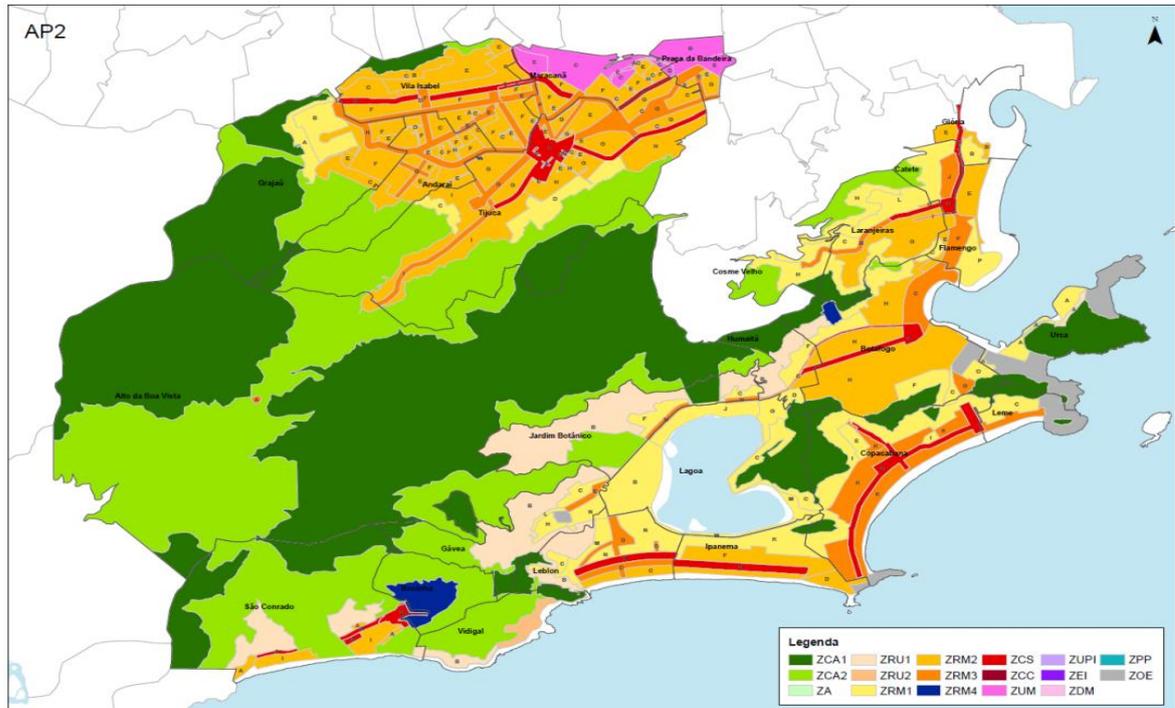
Quanto ao Zoneamento local, o município possui 17 zonas classificadas de acordo com as atividades que podem ser desenvolvidas e características que as diferem entre si. A Zona de Conservação Ambiental (ZCA) é representada por características naturais, culturais ou paisagísticas relevantes para a preservação. A Zona Agrícola (ZA), onde prevalecem atividades agrícolas ou de criação animal.

Em áreas mais urbanizadas, verifica-se a Zona Residencial Unifamiliar (ZRU), Zona Residencial Multifamiliar (ZRM), Zona Comercial e de Serviços (ZCS), Zona de Uso Misto (ZUM) com usos diversos como residencial, comercial, de serviços e industrial. Além destas, a Zona de Uso Estritamente Industrial (ZEI) admite as atividades de comércio e serviços complementares e veda o uso residencial.

Outras zonas na Área de Planejamento 2 são: a Zona do Plano Piloto da Baixada de Jacarepaguá (ZPP), Zona de Operações Especiais (ZOE) com áreas sob jurisdição pública, Zona Comercial e de Serviços (ZCS), Zona Comercial Central (ZCC) e Zona de uso

Predominantemente Industrial (ZUPI) com regiões próximas às antigas áreas industriais em atividade na Taquara. Portanto, a Figura 11 mostra o zoneamento da Área de Planejamento 2 onde a área de estudo está inserida.

**Figura 11 – Zoneamento da Área de Estudo.**



Fonte: PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2017.

## 2.6 Eventos Extremos

Os eventos considerados extremos, ocasionam diversos efeitos que afetam direta ou indiretamente o meio ambiente e a sociedade como um todo. Segundo Zuquette (2018, p. 1):

“Em algumas situações, dependendo dos elementos do meio ambiente afetados e da magnitude das perdas, esses eventos transformam-se em desastres e catástrofes e, muitas vezes, têm levado a calamidade e crise, em decorrência da magnitude das perdas e danos gerados em determinada região”.

Zin *et al.* (2010) explicam ainda que os eventos extremos de precipitação são os fenômenos atmosféricos mais perturbadores, caracterizados por chuvas extremas e longos períodos de dias consecutivos secos. Determinados eventos caracterizados como naturais possuem registros mais frequentes. Gonçalves (2003) evidencia que a sociedade se estruturaria

de forma a absorver tais eventos, adaptando-se ao seu ritmo e os tratando como normais ou habituais.

Vicente (2005, p. 7) esclarece que “um desastre natural pode ser entendido como um desequilíbrio brusco e significativo no balanço interativo entre as forças compreendidas pelo sistema natural, contrariamente às forças do sistema social”. A Tabela 03 demonstra os extremos causados por elementos únicos, e elementos combinados classificados em primários e secundários.

**Tabela 03 - Classificação de acidentes climáticos**

Extremos provocados por um único elemento

<b>Acidentes comuns</b>	<b>Acidentes incomuns</b>
temperatura	raios
precipitação	granizo
nevasca	nevoeiro

Eventos combinados

<b>Acidentes primários</b>	<b>Acidentes secundários</b>
ciclone	enchentes
tempestades de neve	secas
temporais	queimadas
tornados	avalanches
geadas	deslizamentos

Fonte: Adaptado de VICENTE, 2005.

No que se refere aos eventos extremos que ocasionam desastres hidrológicos, Vicente (2005, p. 14) esclarece que “grande parte da população mundial vive próxima ao litoral ou em áreas sujeitas a alagamentos, de modo que as enchentes são o mais comum acidente ambiental do mundo, sendo uma enorme ameaça a milhões de pessoas”.

### 2.6.1 Vulnerabilidade, Riscos e Desastres

De acordo com Miguez *et al.* (2018, p. 78), “a vulnerabilidade é uma característica do sistema socioeconômico”. Os autores conceituam o termo como uma “relação com a fragilidade do sistema e com a conseqüente possibilidade de ocorrência de dano a ele, quando é submetido a um perigo”.

De acordo com os parâmetros sociais como um dos mais relevantes relacionados aos desastres ambientais, a vulnerabilidade se torna um dos principais aspectos que devem ser observados. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC), órgão ligado às Nações Unidas e responsável pelo quadro oficial das mudanças climáticas, trata a vulnerabilidade como um grau de suscetibilidade de sistema, ou o quanto ele é incapaz de enfrentar efeitos adversos (IPCC, 2002).

A vulnerabilidade é função entre a natureza, a magnitude e o percentual de uma variação aos quais o sistema é exposto, além de sua sensibilidade e capacidade adaptativa. Para o autor, outros fatores devem ser levados em conta, como a relação complexa de situações econômicas, sociais, culturais e políticas, configuradas por eventos extremos já enfrentados por determinada sociedade (VICENTE, 2005).

Nos centros urbanos, em locais onde as habitações e a infraestrutura são precárias, costuma-se observar maior ocorrência de desastres hidrológicos. Já em regiões com construções que ocupam terrenos irregulares, como em encostas, tais desastres estão associados às altas taxas de precipitação e às características geológicas e topográficas em que a população está inserida. Sendo assim, ao se encontrarem expostas aos fenômenos naturais impactantes, parcelas importantes da população passaram a evidenciar condições de risco ambiental (MENDONÇA, 2004).

De acordo com Vicente (2005), a capacidade de previsão da ocorrência de tais fenômenos, assim como o conhecimento do limiar de estabilidade dos sistemas naturais e antrópicos, da dinâmica climática do lugar, são pontos fundamentais que precisam ser estudados para a diminuição da vulnerabilidade humana frente aos eventos climáticos extremos.

O autor evidencia ainda, a importância da relação entre tais informações, considerando que no Brasil, o regime climático das chuvas intensas e concentradas no verão ocasionam episódios negativos, como inundações e alagamentos que afetam principalmente a população de baixa renda que ocupa áreas de risco (VICENTE, 2005).

Ao refletir sobre as possíveis causas que acarretam em eventos extremos no município do Rio de Janeiro, admite-se que a ocupação do solo urbano ao longo dos anos, foi sendo realizada de maneira irregular sem que o desenvolvimento da cidade fosse capaz de suprir as necessidades da população.

Outro fator contribuinte se associa às obras de canalização realizadas em rios urbanos na cidade do Rio de Janeiro, como: Maracanã, Comprido e Trapicheiro. Entretanto, além da ocupação desordenada, devem ser consideradas as características geográficas e hidrográficas da cidade, deixando-a suscetível a riscos de diferentes magnitudes.

## 2.7 Medidas Preventivas de Desastres Hidrológicos

Tendo em vista que eventos hidrológicos extremos têm ganhado cada vez mais destaque, principalmente nos grandes centros urbanos, é importante realizar medidas preventivas por meio de planos específicos, de modo a prevenir e mitigar os riscos de desastres, bem como realizar a recuperação dos efeitos causados.

A Tabela 04 apresenta danos diretos e indiretos, causados por inundações, segregados por setores como habitação, comércio e indústria. Nela, é possível observar alguns dos frequentes problemas que a população da cidade do Rio de Janeiro está exposta, como é o caso dos prejuízos relacionados ao patrimônio e a interrupção de serviços, em casos de eventos críticos de inundações.

**Tabela 04 - Classificação de danos causados por inundações**

SETOR	DANOS TANGÍVEIS		DANOS INTANGÍVEIS	
	DIRETOS	INDIRETOS	DIRETOS	INDIRETOS
<b>Habitacional</b>	Danos físicos à construção, à estrutura e ao seu conteúdo.	Custos de limpeza, alojamento, medicamentos.	Fatalidades	Estado psicológico de estresse e ansiedade; danos de longo prazo à saúde.
<b>Comércio e Serviços</b>	Danos físicos à construção, à estrutura e ao seu conteúdo. Perdas e danos ao estoque.	Custos de limpeza. Lucro cessante. Desemprego. Perda de banco de dados.	Fatalidades	Estado psicológico de estresse e ansiedade; danos de longo prazo à saúde.
<b>Industrial</b>	Danos físicos à construção, à estrutura e ao seu conteúdo. Perdas e danos ao estoque de matérias-primas.	Custos de limpeza. Lucro cessante. Desemprego. Perda de banco de dados.	Fatalidades	Estado psicológico de estresse e ansiedade; danos de longo prazo à saúde.
<b>Serviços públicos e infraestrutura</b>	Danos físicos à construção, à estrutura e ao seu conteúdo. Danos físicos ao patrimônio.	Custos de limpeza e interrupção de serviços. Custos de serviços de emergência.	Fatalidades	Estado psicológico de estresse, ansiedade e falta de motivação; danos de longo prazo à saúde. Inconvenientes de interrupção de serviços.

<b>Patrimônio histórico cultural</b>	Danos físicos ao patrimônio.	Custos de limpeza e interrupção de serviços.	Fatalidades	Inconvenientes de interrupção de serviços.
--------------------------------------	------------------------------	--	-------------	--

Fonte: Adaptado de MACHADO *et al.* (2005).

Santos *et al.* (2019, p. 1) demonstram em seu estudo, a relação da precipitação com o seu potencial em ocasionar deslizamentos, em que a ocorrência de deslizamentos está diretamente relacionada com os eventos de chuva, podendo variar conforme as características da área de risco.

“Os desastres naturais de deslizamentos de terra e inundações são eventos que podem causar catástrofes de grandes proporções, levando a altos impactos socioeconômicos e ambientais em todo mundo. No Brasil, em estados como o Rio de Janeiro, sirenes para emissão de alertas são acionadas todo ano, avisando a população sobre a possibilidade da ocorrência de eventos de deslizamentos, enxurradas, inundações, causados por fortes chuvas”.

Segundo Castro (1999, p. 03), contingência é “a situação de incerteza quanto a um determinado evento, fenômeno ou acidente, que pode se concretizar ou não, durante um período de tempo determinado”. Desse modo, é necessário realizar questionamentos em busca de respostas mais rápidas e eficazes no combate aos eventos perigosos, como apresenta a Tabela 05 para cada tipo de estudo.

**Tabela 05 – Principais questionamentos sobre eventos perigosos e estimativa de riscos**

<b>EVENTO PERIGOSO</b>	<b>ANÁLISE DO RISCO</b>	<b>AVALIAÇÃO DO RISCO</b>	<b>GERENCIAMENTO DE RISCO</b>
Qual o tipo?	Quais elementos estão expostos?	O que é possível ocorrer?	O que é necessário fazer?
Quando ocorrerá?	O que poderá ocorrer?	O que não poderá ocorrer?	Quais são as alternativas?
Em quais áreas?	Como ocorrerá?	Quem será afetado?	O que pode ser feito?
Quais intensidades e efeitos?	No caso de mudanças, o que acontecerá?	O que será afetado?	Quais as fontes financeiras?

Quais eventos sequenciais?	Onde?	Quem decidirá? Como?	Quem executará? Como?
-------------------------------	-------	-------------------------	-----------------------

Fonte: Adaptado de ZUQUETTE, 2018.

Atualmente, diversas cidades têm avançado no gerenciamento de riscos a partir de procedimentos que buscam minimizar os impactos decorrentes de eventos extremos. Devido ao crescente aumento de desastres que envolvem inundações, alagamentos e enchentes em áreas urbanas e, conseqüentemente, os prejuízos e danos que causam, é necessário que sejam elaborados Planos de Contingência detalhados e de fácil implementação.

Conforme o Livro Base para Elaboração de Plano de Contingência, realizado pelo Ministério da Integração (MI), o Plano de Contingência deve se basear em um planejamento de resposta, devendo ser constituído em situação de normalidade em que são definidos procedimentos, ações e decisões a serem tomadas em casos de eventos extremos e desastres (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 2017).

Portanto, o Livro Base para Elaboração de Plano de Contingência (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 2017, p. 23) estabelece abordagens relacionadas às ações preventivas, mitigadoras, preparatórias, de resposta e de recuperação.

“(…) um bom plano de contingência tem a função de preparar instituições, profissionais e a população para uma resposta efetiva, e seu desenvolvimento envolve a tomada de decisão de forma antecipada no que diz respeito à gestão de recursos humanos e financeiros, institucionais, materiais/equipamentos, aos procedimentos de coordenação e comunicação, e à preparação técnica e logística de resposta”.

### 2.7.1 Defesa Civil e Plano de Contingência

Dentre as ferramentas utilizadas pela Fundação GEO-Rio, responsável por identificar e monitorar as áreas de risco, o órgão conta com uma rede de 30 estações pluviométricas remotas espalhadas pelo município denominada Sistema de Estações de Monitoração Pluviométrica Remota (SEMPRE), que integra o Sistema de Alerta de Deslizamentos (Alerta Rio).

Após análise do Plano de Contingência do Rio de Janeiro (PLANCON, 2017), foi possível observar determinadas medidas adotadas, como o Sistema de Alerta e Alarme Comunitário; Capacitação de Agentes Locais; Processo de Desocupação; Acionamento das Sirenes e Exercícios Simulados.

Para casos de eventos extremos, o plano se volta para os riscos que necessitam de desocupação rápida e segura dos moradores, realizada por meio do Sistema de Alerta e Alarme

Comunitário para Chuvas Fortes (Sistema A2C2), que em sua última instância conta com o Sistema de Alarme por Sirenes (PLANCON, 2017).

O PLANCON (2017, p. 3), também apresenta o Sistema de Alerta e Alarme Comunitário, ambos relacionados às ações de Redução de Riscos de Desastres (RRD), que são acionados mediante chuvas fortes e/ou prolongadas.

“O Programa de Proteção Comunitária está baseado em 3 (três) pilares: na Capacitação de Moradores, no Sistema de Alerta e Alarme Comunitário e na Atuação nas Escolas. Muito embora estas ações estejam, de alguma forma, relatadas neste Plano de Contingência, este documento destaca, com maior ênfase, a Operacionalização do Sistema de Alerta e Alarme Comunitário para Chuvas (Sistema A2C2), com atenção especial nas comunidades com imóveis em áreas de alto risco geológico”.

O Plano de Contingência enumera algumas instruções ao morador, em casos de alerta sonoro feito pelas sirenes, como manter a calma e reunir a família, assegurar que documentos e remédios necessários estejam disponíveis, desligar a energia do imóvel a partir da chave geral e interromper o sistema de gás. Além disso, são fornecidas orientações em folhetos explicativos do Sistema de Alerta e Alarme Comunitário para Chuvas Fortes, entregues aos moradores em visitas de esclarecimento, exercícios simulados de desocupação, palestras ou cursos realizados na comunidade e durante o Projeto Defesa Civil Itinerante.

De maneira remota, as sirenes são acionadas do Centro de Operações Rio (CO-Rio), e estão instaladas em estações que podem conter um ou vários sistemas sonoros, denominados “cornetas”. Cada comunidade pode possuir mais de uma estação, de modo que os moradores de áreas denominadas de Alto Risco, sejam capazes de ouvir o toque do alarme. O momento de acionamento, é determinado por protocolo elaborado pelo Alerta Rio, levando em consideração o volume e intensidade de chuvas, que são coletadas pelos 83 pluviômetros remotos instalados nas comunidades que possuem sirenes (PLANCON, 2017).

De acordo com a Figura 12, os avisos às comunidades são enviados por meio de alerta de mensagem (SMS) e alarme via Sirenes, onde são apresentados os procedimentos para cada estratégia utilizada.

**Figura 12 – Estratégias de Alerta por SMS e Alarme por Sirenes**



Fonte: PLANCON, 2017.

Por último, o Plano de Contingência da cidade do Rio de Janeiro é composto por seus anexos, que apresentam informações relevantes, capazes de auxiliar na tomada de decisões em casos de emergência, além de contribuir com dados relevantes para situações de eventos extremos.

De acordo com a Prefeitura do Rio de Janeiro e a Defesa Civil Municipal, os deslizamentos de encostas são o maior problema decorrente das chuvas fortes. Embora seja necessária a atuação direta para Prevenção, Preparação, Resposta e Reconstrução de todos os outros tipos de desastres, a Defesa Civil informa que os deslizamentos, principalmente para moradores de áreas de risco, é o foco deste órgão.

Portanto, verifica-se a necessidade de ampliar as propostas de prevenção aos riscos relacionados às inundações, alagamentos e afins, para que se possa minimizar os efeitos negativos vivenciados pela população.

## 2.8 Legislações Municipais e Plano Diretor do RJ

Segundo a Lei Complementar Nº 111/2011, que dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município e institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro, engloba um amplo conjunto de diretrizes, a exemplo do controle do processo de expansão urbana constituído pelas áreas ocupadas ou comprometidas com a ocupação e as destinadas ao crescimento da Cidade, como informa o Art. 9 da lei complementar.

O Plano Diretor Municipal possui uma seção associada aos riscos por inundação, incluindo algumas áreas restritas à ocupação urbana. Portanto, são relacionadas as áreas de baixada, sujeitas a alagamento, inundação ou rebaixamento decorrente de sua composição morfológica, dentre outras regiões (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011).

As áreas frágeis de baixadas, possuem usos condicionados à avaliação técnica, devendo considerar situações relacionadas à inundação e ao tipo de solo existente. As áreas de inundação são aquelas que, por suas condições naturais, obstáculos construídos ou deficiências do sistema de drenagem estejam sujeitas às inundações frequentes. Já quanto ao tipo de solo, são classificadas as áreas cujos solos são hidromórficos ou que tenham influência marinha (CARNEIRO e MIGUEZ, 2011).

Ainda, o Plano Diretor Municipal determina algumas medidas voltadas para o controle de inundações. De acordo com Carneiro e Miguez (2011, p. 231), o Plano faz referência à Lei de Parcelamento do Solo Urbano quanto à definição de certos parâmetros urbanísticos que:

“(...) deverá incluir o limite de vazão de águas pluviais correspondente às condições anteriores ao parcelamento. Entre as diretrizes da política de meio ambiente o plano inclui a exigência de manter a permeabilidade do solo urbano para minimizar a ocorrência de inundações, embora não defina valores mínimos de permeabilidade do solo a serem mantidos”.

No capítulo referente à política de saneamento e serviços públicos o Plano Diretor informa diversas diretrizes voltadas para o gerenciamento e controle de inundações, como “conceber de forma integrada e planejada os instrumentos de prevenção, minimização e gerenciamento das enchentes, reduzindo os prejuízos por meio do atendimento adequado da infraestrutura e do manejo das águas pluviais”. Além disso, busca-se “recuperar e valorizar o uso adequado de corpos d'água” seguindo determinadas ações prioritárias.

Outra legislação importante se apresenta pelo Plano Diretor de Manejo das Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro (PDMAP), concluído em 2014. A partir dele, foi elaborado um relatório pelo Consórcio Hidrostudio-Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica - SP, para a Prefeitura do Rio de Janeiro, sob a coordenação da Secretaria de Obras/Rio-Águas.

Tal documento, pontua as principais questões acerca da atual situação da drenagem urbana no município, além de propor medidas corretivas e preventivas para o controle ou a minimização das enchentes urbanas no Rio de Janeiro (PDMAP, 2014).

No relatório, é possível observar o histórico da drenagem urbana na cidade do Rio de Janeiro, bem como as obras realizadas e os projetos e obras atuais. Dentre os objetivos do

PDMAP (2014), destacam-se o diagnóstico detalhado do sistema de drenagem, identificando os déficits de capacidade hidráulica no sistema para o tempo de recorrência de projeto de 25 anos. Outro objetivo relevante, compreende o estudo de alternativas para as bacias prioritárias, com as soluções que melhor atendam à adequação dos déficits e características de cada bacia.

Em 2015, foi desenvolvido o Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro com foco na Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (PMSB), com o intuito de controlar as enchentes na cidade do Rio de Janeiro e assegurar a saúde pública, a segurança da vida e do patrimônio público e privado.

Baseado e adaptado do Plano Diretor de Manejo das Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro de 2014, o PMSB (2015) contempla as principais características do território, os sistemas de macrodrenagem e suas condicionantes, algumas premissas e diretrizes e as intervenções propostas. Além disso define os aspectos econômicos e institucionais, informando a respeito das Estações Telemétricas de Precipitação e Nível (PN) e Qualidade e Nível (QN), a coleta, transmissão e disponibilização de dados.

Por fim, o Plano Municipal de Saneamento Básico deve ser um instrumento de planejamento dos serviços, de forma integrada, observando a interdisciplinaridade na qual a sua construção deve se basear, quando as diretrizes propostas são colocadas em prática.

## 2.9 Sistemas de Drenagem Urbana

Fontes (2003) explica que o processo de urbanização ocasiona em significativas transformações no uso do solo, impactando nos ciclos hidrológicos das áreas urbanizadas.

“Os primeiros sistemas de drenagem de águas pluviais surgiram ainda na Idade Antiga, seguindo a reboque as técnicas de evacuação aplicadas no setor de esgotamento cloacal, na tentativa de amenizar inconvenientes” (BAPTISTA *et al.*, 2005, p. 01).

Com o passar dos anos, os crescentes problemas urbanos relacionados aos eventos hidrológicos extremos têm sido os responsáveis por impulsionar buscas nessa área do conhecimento. Com o objetivo de solucioná-los, especialistas e técnicos responsáveis pela drenagem urbana, procuraram entender a gradativa diminuição na capacidade de armazenamento da água no solo urbano e o conseqüente aumento da velocidade de escoamento superficial. Pode-se dizer ainda, que “planejar ou gerenciar sistemas de drenagem envolve

tipicamente administrar um problema de alocação de espaço” (SHEAFFER e WRIGHT, 1982 *apud* CANHOLI, 2005, p. 21).

Tucci *et al.* (2001) apontam que o sistema de drenagem deve ser entendido como o conjunto da infraestrutura existente em uma cidade para realizar a coleta, o transporte e o lançamento final das águas superficiais. Para os autores, tal sistema deve ser constituído por uma série de medidas que visam minimizar os riscos que a população está exposta. Ainda, explicam que pode ser dividido em microdrenagem e macrodrenagem.

A microdrenagem é definida por Bidone e Tucci (1995, p. 77) como “sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou rede primária urbana”. Além disso, os autores segregam o dimensionamento de uma rede de águas pluviais em etapas como a subdivisão da área do traçado, determinação das vazões e o dimensionamento da rede de condutos.

Sabe-se ainda, que o sistema de microdrenagem deve contar com galerias, poços de visita, tubos de ligação, sarjetas, condutos forçados, entre outros dispositivos que, em conjunto, contemplam a função de drenar as águas pluviais (BIDONE e TUCCI, 1995).

Martins (1995, p. 167), evidencia que:

“As estruturas de macrodrenagem destinam-se à condução final das águas captadas pela drenagem primária, dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas, sarjetas, valas e galerias, que são elementos anteriormente englobados como estruturas de microdrenagem”.

Carneiro e Miguez (2011, p. 32), demonstram a relação da rede de macrodrenagem com o sistema de modo geral, considerando o bom funcionamento da rede de microdrenagem urbana e seus dispositivos.

“(…) mesmo considerando a microdrenagem adequadamente dimensionada e com capacidade de funcionar a contento, se a macrodrenagem não tiver condições de absorver o volume de água da microdrenagem, esta fica retida sobre a superfície, gerando escoamentos não desejados sobre as ruas”.

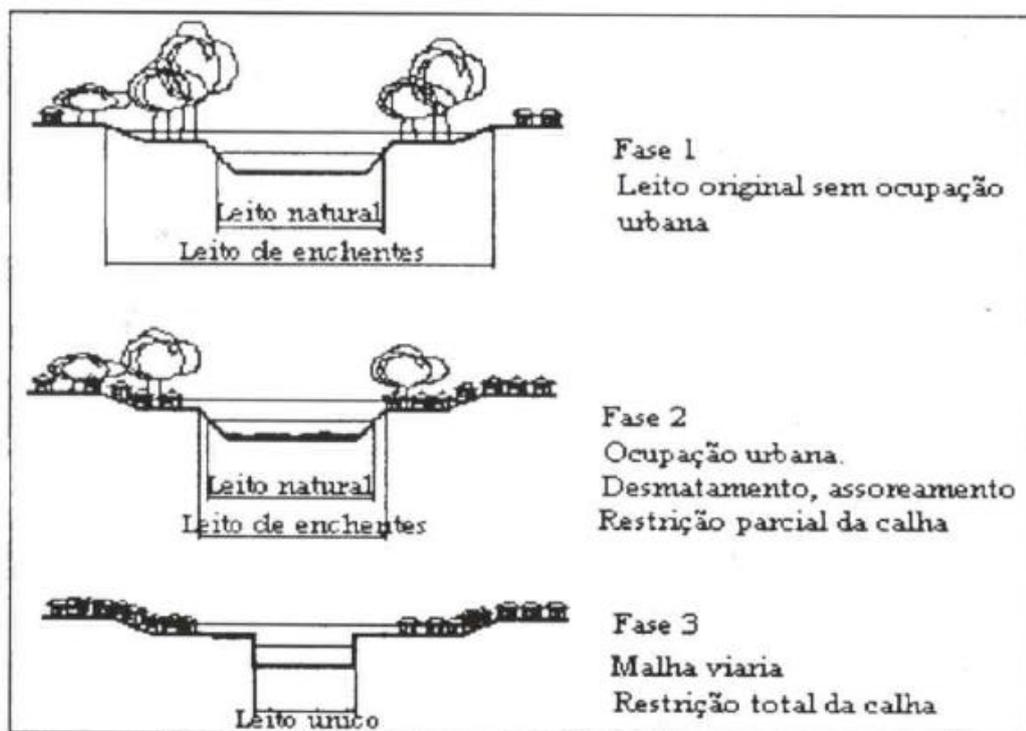
Por outro lado, os autores também levantam a situação oposta, quando a rede de microdrenagem está dimensionada de forma adequada, porém não funciona conforme o esperado. A exemplo citam a respeito do descarte irregular de resíduos que causam a obstrução de canais, ocasionando alagamentos localizados.

A degradação da drenagem natural é explicada por Martins (1995, p. 168) como:

“(…) gerenciamento inadequado, tanto da ocupação da bacia como da conservação de sua qualidade ambiental, levadas a efeito pela falta de controle sobre a impermeabilização dos solos, disposição incorreta ou falta de regras para disposição de lixo e de outros rejeitos, ausência de planejamento da expansão viária e, ainda, outros aspectos relativos à manutenção e conservação de leitos e vegetação lindeira”.

De acordo com Martins (1995), as características dos leitos dos rios estão divididas em três fases: a primeira sem a ocupação urbana que contempla o leito em sua forma original, a segunda fase em que a ocupação urbana limita parcialmente a calha dos rios e, a terceira fase com restrição total da calha dos rios, a partir de obras de drenagem urbana como a canalização de leitos naturais que os transformam em leitos únicos sujeitos ao transbordamento. A Figura 13 demonstra essas fases em processo de degradação, detalhando as modificações sofridas em cada uma delas.

**Figura 13 – Fases de degradação da drenagem natural**



Fonte: MARTINS, 1995.

Sendo assim, além de se conhecer os dados da bacia hidrográfica, informações hidrológicas e topográficas da região, é preciso entender como ocorre o processo de

urbanização, de modo a facilitar a elaboração de projetos de drenagem, considerando dados de uso e ocupação do solo, zoneamento local, políticas públicas existentes, entre outras questões.

## 2.10 Mecanismos para redução do volume de escoamento superficial

De acordo com o Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu, através do Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba-PR (2002), deve-se buscar integrar o projeto urbanístico à gestão das águas pluviais, por meio de “um conjunto de princípios que devem dar prioridade maior à avaliação o mais cedo possível de cada impacto de cada alternativa de layout sobre a drenagem”. Entretanto, essas alterações devem ser realizadas, na medida do possível, observando a conservação de faixas vegetadas ribeirinhas e a minimização das superfícies impermeáveis.

A *Ecological Restoration Society* (Sociedade de Restauração Ecológica) define restauração como o processo de modificação intencional de um local para sua forma natural, por meio de processos e intervenções capazes de equilibrar a sustentabilidade e saúde entre o natural e o cultural (RILEY, 1998).

Por outro lado, Wade *et al.* (1998) explicam a dificuldade em retornar um curso d’água à sua forma natural, uma vez que a falta de conhecimento necessário a respeito das condições ambientais originais, as limitações das características hidrológicas atuais e restrições financeiras, são fatores que limitam a prática de intervenções com esse objetivo.

Outro fator condicionante que dificulta o retorno de um curso d’água à suas condições naturais, é apontado por Gregory (2006) que explica a importância em considerar o estado avançado de degradação de alguns cursos d’água, além da modificação do entorno, podendo ser economicamente inviável a sua restauração.

Alguns procedimentos podem ser colocados em prática a fim de minimizar os impactos constantemente observados nas cidades. Dentre eles, pode-se citar a limpeza regular de canais, o resgate das faixas marginais de proteção, a captação, tratamento e armazenamento de águas pluviais, etc. Essas e outras medidas, quando aplicadas, são responsáveis contribuir com os sistemas de drenagem existentes, amenizando o escoamento superficial em situações de eventos críticos.

Tucci (2005), demonstra determinados impactos que dificultam a drenagem das águas pluviais urbanas, como a produção de resíduos sólidos que, além de reduzir a capacidade de escoamento, obstrui as deteções urbanas para o controle local do escoamento. O autor

menciona ainda, que os problemas de manutenção relacionados à limpeza dos canais de drenagem, também são responsáveis por dificultar a passagem do escoamento.

Segundo Tucci (2017, p. 100), as medidas de controle do escoamento podem ser classificadas conforme sua ação na bacia hidrográfica. Dentre elas, o autor destaca:

“Distribuída ou na fonte: é o tipo de controle que atua sobre o lote, praças e passeios; na microdrenagem: é o controle que age sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos; na macrodrenagem: é o controle sobre os principais riachos urbanos”.

Os diversos impactos relacionados às cheias urbanas e apresentados pela presente pesquisa, demonstram a falta de um modelo sustentável e adequado no processo de urbanização atual. Portanto, verifica-se que o crescimento populacional e a ocupação de novos territórios, aumentam as áreas impermeáveis nas cidades e ocasionam eventos críticos de maiores frequências em curtos espaços de tempo.

Outro fator a ser levado em conta é quando ocorre o assoreamento dos rios. Assim, Luna (2013, p. 13) explica:

“Ocorre quando existe o acúmulo de sedimentos carreados pela água, causando diminuição da capacidade de transporte do canal e, em alguns casos, bloqueio do fluxo com conseqüente transbordamento. O problema pode ser resolvido de maneira relativamente simples, retirando-se o excesso de sedimento do fundo do canal e regulando a velocidade da água para evitar mais deposição de sedimentos”.

É válido mencionar ainda, que o resgate da faixa marginal de proteção é uma medida relevante no combate às inundações e alagamentos nas cidades. De acordo com Sakai e Frota (2014, p. 8), deve-se buscar caminhos para o resgate dos rios urbanos, em função da questão ideológica abordadas em determinadas práticas de projeto, gestão e planejamento do espaço urbano.

“As intervenções urbanas abrangem diversas áreas multidisciplinares de atuação, entre elas a de projeto e planejamentos na qual está inserida a arquitetura e o urbanismo. Cada uma dessas áreas deve posicionar-se baseada na abordagem da cidade híbrida a natureza, buscando contribuir para a valorização dos cursos d’água”.

De acordo com Tucci (2007) dispositivos de controle de águas pluviais podem ser adotados a fim de auxiliar na redução do volume de escoamento superficial, como por exemplo

os pavimentos permeáveis, utilizados em áreas de tráfego menos intenso. Além disso, o autor informa a respeito da eficiência desse sistema, na remoção de poluentes. Portanto, são dispositivos que contribuem no controle de cheias e minimizam os efeitos da poluição urbana.

Outros dispositivos também podem ser aplicados para minimizar os impactos das cheias urbanas, como os coletores de água de chuva, as fundações verdes – permitindo que águas pluviais escoem por caminhos subterrâneos naturais – entre outros.

### 2.10.1 Medidas Estruturais e Não Estruturais

Obras de canalização de rios urbanos modificam o estado natural do escoamento, alterando seu curso, velocidade e outros fatores, de modo ser necessário adotar outras formas de reduzir o volume escoado na superfície, buscando meios preventivos dos eventos críticos, sempre que possível. Desta forma, seriam evitadas remediações e intervenções de natureza corretiva que, na maior parte dos casos, tem elevados custos para sua aplicação.

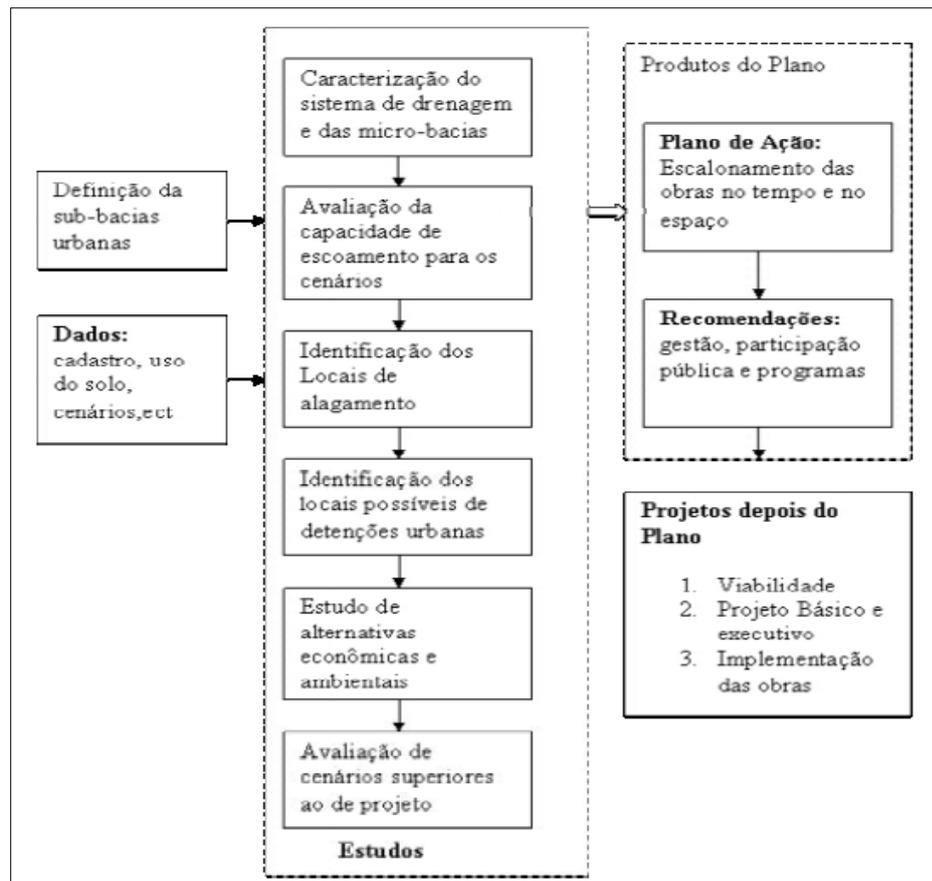
De acordo com Carneiro e Miguez (2011, p. 117):

“O processo de controle de cheias urbanas deve passar, necessariamente, pelo entendimento de que a bacia funciona como um sistema integrado e que ações sem a visão do conjunto, normalmente, apenas transferem os problemas. Projetos de drenagem têm que ser compatibilizados com o projeto de crescimento urbano”.

Segundo Canholi (2005, p. 25) “as medidas estruturais correspondem às obras que podem ser implantadas visando à correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes de enchentes”. Por outro lado, as medidas não estruturais são aquelas realizadas “pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo (...)” e podem ser eficazes por seu baixo custo e longo prazo de atuação.

As principais medidas não estruturais são evidenciadas por Tucci (2005), por meio de regulamentação a respeito do aumento da vazão em áreas urbanizadas e ocupação de risco em áreas ribeirinhas. Além disso, menciona a importância da gestão de serviços relacionados às águas pluviais”. Quanto às medidas estruturais, o autor define ações para o Plano de Bacia, conforme Figura 14.

**Figura 14 – Medidas Estruturais a partir do Plano de Bacia.**



Fonte: TUCCI, 2005.

Na Tabela 06, Barth (1997) descreve as principais medidas não estruturais implementadas de acordo com as situações de emergência, temporária e definitiva.

**Tabela 06 – Principais medidas não estruturais**

SITUAÇÃO	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
<b>EMERGENCIAL</b>	Instalação de vedação ou elemento de proteção temporária ou permanente nas aberturas das estruturas.
	Previsão de cheia e plano de procedimentos de desmobilização e apoio à população afetada.
<b>TEMPORÁRIA</b>	Criar e tornar o Manual de Drenagem um modelo dinâmico de como tratar a drenagem da bacia, para o qual foi definido.
	Regulamentação da ocupação da área de inundação, delimitar por cercas, por obstáculos naturais, constante divulgação de alertas e avisos para a não ocupação da área de risco, na comunidade, nas escolas e através da mídia local com a aplicação de penas para infratores.
<b>DEFINITIVA</b>	Estudos hidrológicos atualizados da bacia de contribuição e dos efeitos a jusante.
	Reserva de área para lazer e atividades compatíveis para os espaços abertos.

Seguro inundação
Programa de manutenção e inspeção das estruturas � prova de inundação, juntamente com o acompanhamento do controle da quantidade e da qualidade da água drenada.
Adequação das edificações ribeirinhas ao convívio de eventuais enchentes e/ou alagamentos, como estruturas sobre pilotis.
Regulamentação dos loteamentos e códigos de construção.
Desocupação de construções existentes em áreas de inundação e relocação de possíveis ocupantes.
Política de desenvolvimento adequada ao município, evitando prejuízos da inundação ou alagamento.
Educação Ambiental constante e dinâmica.

Fonte: Adaptado de BARTH, 1997.

Outras medidas também podem ser tomadas a fim de minimizar os impactos causados pelo crescimento populacional nas cidades. Silva e Cabral (2014, p. 17), explicam a importância das alternativas compensatórias de drenagem urbana.

“O objetivo de aplicar estas medidas é ajustar processos de ciclo hidrológicos através de infiltração e armazenagem do escoamento gerado, a fim de aumentar o tempo de concentração da bacia e diminuir os picos de escoamento gerados por um evento de precipitação”.

### 2.10.2 Sistemas de Amortecimento de Cheias Urbanas

Após definir os conceitos de medidas estruturais e não estruturais, e explicar suas principais características, é importante mencionar o uso de reservatórios de amortecimento de cheias como sistemas de compensação ou meios alternativos de drenagem das águas pluviais. Segundo Drumond (2012), pequenos reservatórios estão sendo implantados nas grandes cidades do país como forma de recolher o impacto provocado pela urbanização sem sistema de drenagem.

De acordo com Baptista *et al.* (2005), o local de detenção de águas pluviais, também conhecido como tanque residencial, é um tipo de técnica alternativa drenagem urbana com base em controle de origem de águas pluviais. Essa técnica visa acumular temporariamente o volume adicional de água gerado pelo aumento da área impermeável em lotes, mantendo o fluxo de pico perto as condições de pr -desenvolvimento.

Conforme o estudo sobre manejo de águas pluviais urbanas, Righetto *et al.* (2009) definem as bacias de retenção como estruturas projetadas com o objetivo de reter parte do volume escoado a montante na bacia hidrográfica, permitindo amortecer a vazão máxima escoada causada por precipitações mais intensas. Com o objetivo de impedir a inundação em áreas localizadas à jusante na bacia, os autores explicam o funcionamento desse sistema “concebidos para funcionar “em série” com a rede de drenagem, esvaziando-se completamente entre os eventos” (RIGHETTO *et al.*, 2009, p. 38).

Outra definição para reservatório de retenção, é dada por Carneiro e Miguez (2011, p. 120):

“Seu funcionamento depende do volume de armazenamento associado ao reservatório, de modo que parte do volume de cheia é temporariamente detido, sendo drenado por um dispositivo de descarga que restringe a vazão de saída. Os reservatórios de retenção são originalmente secos, acumulando água apenas durante a passagem de cheias e esvaziam em um momento posterior”.

Canholi (2005) explica que bacias de retenção devem possuir um sistema de controle para sua operação e um extravasor de emergência. Além disso, apresenta a importância de se prever sistemas de drenagem subsuperficiais compatíveis com o tipo de solo local, caso o reservatório seja planejado em áreas planas para recreação.

É importante mencionar que o projeto deve contemplar medidas de manutenção após os eventos de cheias. Carneiro e Miguez (2011) afirmam a necessidade de se evitar que a lâmina d’água ultrapasse 20 cm, caso o tempo de retorno seja de dez anos. Outras configurações de reservatórios de retenção devem considerar a paisagem urbana e suas diversas funções.

Quanto ao dimensionamento dos reservatórios, Nascimento *et al.* (2007) explicam que a abordagem mais tradicional é aquela realizada por meio de análise hidrológica, que considera a probabilidade de ocorrência de eventos hidrológicos associada a uma análise de custos de implantação, operação e manutenção. Com base no exposto, a Tabela 07 demonstra os tempos de retorno fixados conforme diferentes ocupações, de modo que as instituições públicas possam estabelecer determinados valores de projetos.

**Tabela 07 – Tempos de retorno para diferentes ocupações para projetos de drenagem.**

TIPO DE OBRA	OCUPAÇÃO DA ÁREA	TEMPO DE RETORNO (ANOS)
Microdrenagem	Residencial	2

	Comercial	5
	Áreas com edifícios de serviço público	5
	Aeroportos	2-5
<b>Macro drenagem</b>	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 - 10
	Áreas comerciais e residenciais	50 - 100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: DAEE/CETESB, 1980.

Além de considerar tempos de retorno para diferentes fins, é crucial verificar o funcionamento do sistema em casos de eventos mais significativos do que os adotados no dimensionamento. Portanto, Righetto *et al.* (2009) apontam a importância de realizar simulações de eventos com tempos de retorno acima do valor dimensionamento, a fim de que seja possível avaliar melhor os impactos e possibilitar planejar eventuais crises.

### 2.11 Estudo de Caso: Tijuca

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) possui diversos pontos de alagamentos e inundações, tendo a presente pesquisa como foco o bairro da Tijuca, na zona norte da cidade do Rio de Janeiro. A partir de uma análise do comportamento dos sistemas de drenagem de águas pluviais implementados na região, o estudo busca demonstrar os locais mais críticos em situações de precipitação intensa. Além disso, são propostas medidas de atenuação dos riscos que afetam direta ou indiretamente a população da região.

Portanto, para melhor compreender a atual situação que a região da Tijuca se insere, é importante mencionar os eventos extremos que historicamente marcaram o bairro e foram responsáveis por diversas modificações nos sistemas de drenagem local.

### 2.12 Histórico da Região

De acordo com Brandão (1997), foram desenvolvidos estudos a partir de enchentes urbanas, registrados desde o ano de 1811. Conforme demonstrado por Abreu (1987), a cidade do Rio de Janeiro já apresentava problemas, devido à presença de morros íngremes, que formam paredões entre a encosta e a baixada situada ao nível do mar, além da grande quantidade de solos encharcados como brejos e pântanos.

Segundo Abreu (1987), o único sistema de drenagem existente na época, era composto de valas de pouca declividade, com baixa capacidade de drenagem do escoamento. Tais valas, possuíam a função de drenar as águas pluviais, porém sem muito sucesso na ocorrência de chuvas intensas, pois se localizavam próximo ao nível do mar. O autor demonstra também a responsabilidade da sociedade pelos episódios ocorridos, uma vez que o lixo era constantemente depositado nas valas (ABREU, 1987).

Ao longo dos anos, sucessivos aterros foram sendo realizados em parte da cidade do Rio de Janeiro, modificando cada vez mais o litoral carioca. Assim surgiram o bairro da Urca, a região portuária e o Parque do Aterro do Flamengo. Outras alterações também ocorreram nos rios Maracanã, Trapicheiros, Joana e Comprido, que originalmente se localizavam nas proximidades da atual Praça da Bandeira (BACKHEUSER, 1946).

Devido às ocupações que preencheram a cidade, realizaram-se obras de correção e ampliação dos canais de baixa declividade, resultando na concentração da precipitação em locais específicos e, conseqüentemente, acentuando os casos de enchentes urbanas.

Com o agravamento do problema do aumento do escoamento superficial na microdrenagem e com a diminuição da velocidade do fluxo e da competência do canal, verificou-se uma maior deposição de sedimentos responsáveis por cobrir ralos e obstruir caixas de retenção, diminuindo a capacidade de escoamento das galerias pluviais (AMARANTE, 1960).

Segundo Costa et al. (2018, p. 9), com o passar dos anos ocorreram diversas intervenções na bacia do Canal do Mangue que alteraram significativamente a configuração original de macrodrenagem.

“Entre 1902 e 1906, os rios Joana, Comprido e Maracanã foram retificados e canalizados. Entre 1920 e 1922, foram feitas a Av. Maracanã e a desobstrução dos Rios principais. A foz do Rio Joana foi alterada para o Rio Maracanã. Mas não foram suficientes para a solução dos problemas”.

A partir de 1940 foi possível observar na região da Praça da Bandeira os sinais do agravamento da ocupação urbana associada aos eventos extremos. As Figuras 15 e 16 demonstram as enchentes ocorridas naquele ano, conforme aponta a Sociedade dos Engenheiros e Arquitetos do Estado do Rio de Janeiro (SEAERJ, 2013).

**Figura 15 – Automóvel em enchente na Praça da Bandeira (1940).**



Fonte: SEAERJ, 2013.

**Figura 16 – Transporte Público em enchente na Praça da Bandeira (1940)**



Fonte: SEAERJ, 2013.

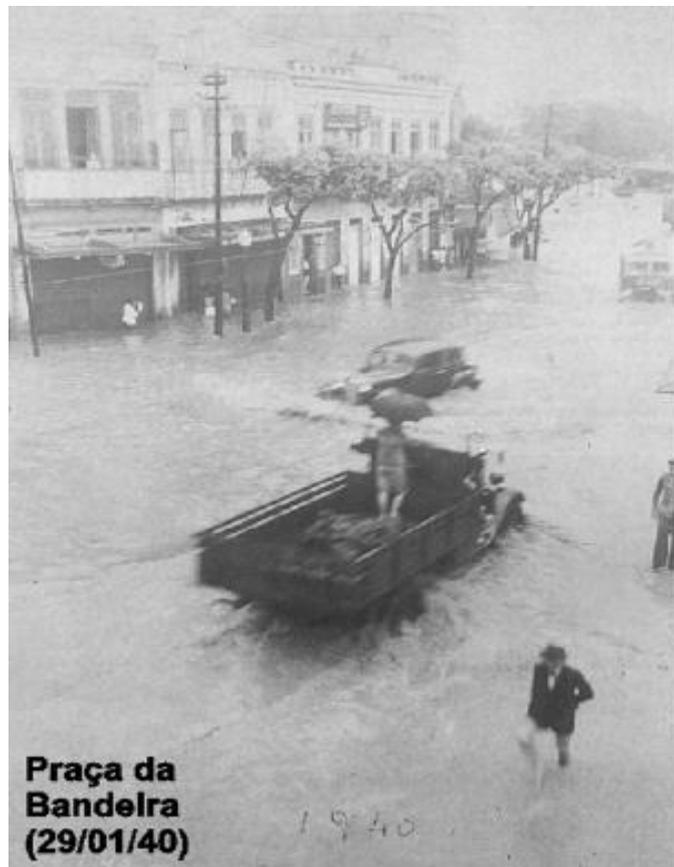
Conforme apontam Costa e Teuber (2001), por meio do estudo do Projeto PLANÁGUA da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio de Janeiro, a “necessidade da adoção da área da bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão, bem como, apresenta novos conceitos para o controle das enchentes e redução dos riscos de inundação e os consequentes prejuízos”.

Sabe-se que a magnitude das possíveis ocorrências, tem relação direta com a fragilidade das regiões ocupadas. Assim, Costa e Teuber (2001, p. 118) apresentam as consequências das inundações:

“Chuvas intensas e duradouras podem gerar um conjunto de incidentes que vão, desde um simples extravasamento, com alagamento temporário de pequenas proporções, passando pelo colapso dos serviços de infraestrutura urbana, até a perda de vidas humanas pela fatalidade de um acidente ou por doenças infecciosas que se seguem às inundações”.

A Figura 17 apresentada por Costa e Teuber (2001), demonstra a dificuldade de locomoção dos pedestres durante eventos de enchentes na Praça da Bandeira, no ano de 1940.

**Figura 17 – Pedestres em enchente na Praça da Bandeira (1940).**



Fonte: COSTA e TEUBER, 2001.

É possível afirmar também que os prejuízos decorrentes das inundações, além de dependerem da vulnerabilidade das regiões afetadas pelas inundações e enchentes, também deve-se atribuir a responsabilidade ao fator da insegurança dos investimentos públicos/privados. Costa e Teuber (2001, p. 119) evidenciam que, muitas vezes, “esse processo dinâmico não é precedido pelo mínimo de investimentos em infraestrutura urbana”.

Em janeiro de 1942, a cidade do Rio de Janeiro foi marcada por uma chuva de 132mm, provocando desabamentos no Morro do Salgueiro. As Figuras 18, 19 e 20 demonstram as consequências do episódio.

**Figura 18 – Enchente no Canal do Mangue (1942).**



Fonte: COSTA e TEUBER, 2001.

**Figura 19 – Enchente na Rua do Matoso – Tijuca (1942).**



Fonte: COSTA e TEUBER, 2001.

**Figura 20 – Enchente na Praça da Bandeira (1942).**



Fonte: COSTA e TEUBER, 2001.

Costa e Teuber (2001), explicam que durante e após os eventos de inundação em áreas urbanas, observa-se a interrupção temporária do tráfego e conseqüentemente, a redução das atividades comerciais. Portanto, a intensidade das chuvas e a declividade dos terrenos, quando relacionadas entre si, podem ser responsáveis pelo agravamento dos eventos de inundações.

Como consequência, a força das águas eleva os prejuízos materiais, arrastando veículos e equipamentos no percurso, conforme evidenciado nas Figuras 15 a 24. A Tabela 08 apresenta episódios críticos de inundações e alagamentos ocorridos na cidade do Rio de Janeiro e as principais consequências observadas.

**Tabela 08 – Enchentes Históricas na Cidade do Rio de Janeiro.**

<b>DATA</b>	<b>EVENTO/CONSEQUÊNCIA</b>
<b>17 de janeiro de 1944</b>	172mm/24 horas, ocasionando transbordamento do Canal do Mangue, Praça da Bandeira, além do Catete e Botafogo
<b>6 de dezembro de 1950 e março de 1959</b>	Habitual alagamento da Praça da Bandeira
<b>15 e 16 de janeiro de 1962</b>	242mm de chuva, com os alagamentos habituais e quedas de moradias irregulares
<b>11 de janeiro de 1966</b>	Chuva de 237mm/24horas. Nos dias subsequentes, a chuva continuou muito forte, com total colapso do sistema de transporte e na distribuição de energia elétrica
<b>janeiro e fevereiro de 1967</b>	Com efeito idêntico à chuva de 1966, atingiu os bairros da Zona Norte, principalmente a Tijuca

<b>26 de fevereiro de 1971, 17 de janeiro de 1973, 4 de janeiro de 1975 e 1 de maio de 1976</b>	Enchentes com chuvas variando de 125 a 150mm/24 horas provocaram desmoronamentos e impediram a circulação na Cidade
<b>8 de dezembro de 1981</b>	Chuva de quase 15% do total médio anual, com deslizamentos em toda a Cidade e transbordamento de rios e canais em Jacarepaguá
<b>3 de dezembro de 1982</b>	Apesar da pouca intensidade da chuva, ocorreram transbordamentos no Rio Faria Timbó
<b>20 de março de 1983 e em 24 de outubro de 1983</b>	Temporais em Santa Teresa e em Jacarepaguá com desabamentos de casas
<b>18 de março de 1985</b>	Enchentes provocaram 23 mortes e 200 desabrigados e em 12 de abril, caíram 144mm/24 horas, alagando Jacarepaguá
<b>6 e 7 de março de 1986</b>	Chuva de 121mm, provocou deslizamentos de encostas e, no dia 29 de dezembro do mesmo ano, temporal de 64 mm/3horas, fez transbordar o Rio Maracanã
<b>18 a 21 de fevereiro de 1988</b>	Considerada a maior enchente histórica deste século, com mais de 430mm de chuva
<b>18 de abril de 1990</b>	Enchente no Parque do Flamengo com 165mm/24 horas e, em 7 de maio, outra chuva com 103mm/24 horas, provocaram mortes nos bairros da Glória e no Maracanã
<b>5 de janeiro de 1992</b>	Temporal com 132mm/24 horas afetou o Maracanã e toda a Zona Norte da Cidade
<b>27 de fevereiro, 6 de março, 12 de março e 19 de março de 1993</b>	Chuvas de grande intensidade, com duração média de 6 horas, provocaram paralisações do transporte da Cidade
<b>9 de junho de 1994</b>	Enchente no Jardim Botânico, com chuva de cerca de 100mm, interrompeu o acesso à Zona Sul da Cidade
<b>14 de fevereiro de 1996</b>	Chuva com 200mm/8horas castigou as Zonas Oeste e Sul, provocando o caos urbano

Fonte: Adaptado de COSTA e TEUBER, 2001.

Segundo Costa *et al.* (2018, p. 9), as modificações urbanas ocorridas foram responsáveis pelo aumento dos episódios de inundações e alagamentos na cidade do Rio de Janeiro. Assim, afirmam os autores:

“Os sucessivos aterros, canalização dos rios, a substituição da floresta por mansões, favelas, arruamentos, entre outras obras de urbanização, trouxe alterações na geração de escoamento superficial e subsuperficial, modificando profundamente a infiltração e o deflúvio, ocasionando um aumento no total da precipitação útil. Além disso, os próprios sistemas de águas pluviais e de esgotos contribuem para a maior rapidez e tamanho das vazões de pico, já que muitas galerias pluviais e de esgotos têm como destino os canais principais dos rios cariocas”.

No que se refere especificamente à bacia do Mangue, os autores enfatizam as frequentes inundações ocorridas nos principais corpos hídricos da região. Conforme Costa et al. (2018, p. 10), outros pontos da cidade também estavam sendo afetados.

“A situação mais grave se apresentava nos rios Joana, Trapicheiros e Maracanã que desaguam no Canal do Mangue, na altura da Praça da Bandeira. Não apenas essa área, mas, a quase toda a cidade convive em maior ou menor grau com as enchentes urbanas e assiste, de tempos em tempos, intervenções nas bacias de drenagem que apontam para a solução do problema e de seus efeitos socioeconômicos e ambientais”.

De acordo com o trabalho apresentado pela SEAERJ (2013), a crescente urbanização e a ausência de um planejamento urbano adequado, foram responsáveis pela ocorrência das enchentes na cidade. Além disso, o material aponta outros fatores como o crescimento urbano e a impermeabilização do solo, o impacto no sistema de drenagem por canalização e ampliação da seção, transferindo as enchentes para jusante.

Em 2010, fotos registradas na Praça da Bandeira já demonstravam a problemática instalada na região, conforme ilustram as Figuras 21 e 22.

**Figura 21 – Transporte Público em enchente na Praça da Bandeira (2010).**



Fonte: SEAERJ, 2013.

**Figura 22 – Enchente na Praça da Bandeira (2010).**



Fonte: SEAERJ, 2013.

Conforme o relatório do projeto PLANÁGUA SEMADS/GTZ (2001), é evidente a necessidade de abordar conceitos que visam o controle das enchentes e redução dos riscos de inundação no Estado do Rio de Janeiro. O material permite refletir acerca dos procedimentos e critérios utilizados no controle das enchentes urbanas, assim como também demonstra medidas alternativas e complementares para a problemática (COSTA e TEUBER, 2001).

Costa e Teuber (2001) caracterizam as intervenções ocorridas na época – obras de retificação e canalização – como formas de direcionar e conduzir as águas das enchentes o mais rápido possível. Porém, atualmente, sabe-se que mesmo com as melhorias locais, na maior parte dos casos, tais intervenções transferem o problema para jusante, agravando de forma significativa a situação de eventos extremos. As Figuras 23 e 24 demonstram eventos ocorridos nos anos 1988 e 2000, na região da Tijuca (COSTA e TEUBER, 2001).

**Figura 23 – Força das águas na Avenida Maracanã (fev. /2000)**



Fonte: COSTA e TEUBER, 2001.

**Figura 24 – Rua Ibituruna – Tijuca (fev. /1988)**



Fonte: COSTA e TEUBER, 2001.

De acordo com Costa e Teuber (2001, p. 119), a dinâmica dos processos de inundações e enchentes, pressupõe uma observação sistemática dos eventos pluviométricos, além da sua

interpretação a partir da análise de hidrogramas e o mapeamento das áreas naturais de inundação.

“Consequências decorrentes de chuvas intensas, não seriam muitas vezes calamitosas, se houvesse maior conhecimento do espaço físico e geográfico antes de ser ocupado e se fossem respeitadas as necessidades naturais dos rios”.

Em 1989, uma iniciativa da Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas (SERLA), desenvolveu o estudo “Detecção de Áreas de Riscos de Inundações da Região da Baía de Guanabara”, com a definição de cinco níveis, conforme o grau de criticidade de uma área em função do seu potencial de inundação (Figura 25).

**Figura 25 – Grau de criticidade em função do seu potencial de inundação**

Nível	Risco associado às características físicas	Densidade de ocupação urbana
I	Alto Risco	Alta
II	Alto Risco	Baixa e Média
	Algum Risco	Média e Alta
III	Alto Risco	Muito Baixa a Baixa
	Alto Risco	Sem Ocupação - no Vetor de Crescimento
IV	Alto Risco	Muito Baixa a Baixa
	Algum Risco	Muito Baixa a Baixa
V	Risco Incipiente ou Ausente	Muito Baixa a Alta

Fonte: COSTA e TEUBER, 2001.

A partir da análise da Figura 27, percebe-se que quanto maior a ocupação urbana, maior é o risco associado. Desta forma, o mapeamento de áreas vulneráveis é um recurso de extrema importância para a leitura e compreensão dos episódios de inundações e alagamentos, uma vez que permite auxiliar no planejamento urbano e como incremento ao sistema de alerta, contribuir com as autoridades, Defesa Civil e a população local sujeita a esses eventos.

No ano de 1999, a SERLA, elaborou o Mapeamento dos Principais Pontos Críticos e Locais de Inundação da Rede Hidrográfica da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. Tal documento teve como base as reivindicações da sociedade, relatórios de vistorias e constatações em inspeções realizadas.

“É compreensível que a população atingida pelas inundações exija, das autoridades, obras para melhoria da situação das enchentes, evitando inundações e seus prejuízos. Mas isso nem sempre é possível quando áreas naturais de inundação forem ocupadas pela urbanização, quer seja planejada ou por força das invasões ilegais” (COSTA e TEUBER, 2001, p. 119).

Assim, foi desenvolvido um mapa com cerca de 700 pontos sujeitos à inundação. Dentre as possíveis causas apontadas pelo estudo, como fatores que auxiliam no agravamento de enchentes e inundações urbanas, identificaram-se pontes ou travessias subdimensionadas, seções estranguladas, sistema de comporta em más condições de funcionamento, ausência ou insuficiência de rede de microdrenagem. A Figura 26 aponta uma alternativa de armazenamento temporário em reservatórios subterrâneos, capaz de atenuar o volume do escoamento superficial em situações de precipitações intensas nos centros urbanos.

**Figura 26 – Representação de reservatório subterrâneo em meio urbano**



Fonte: COSTA e TEUBER, 2001.

No que se refere aos prejuízos e fatalidades decorrentes de chuvas intensas, estes estão diretamente relacionados à determinados fatores que devem ser observados, a exemplo dos períodos de retorno das vazões de pico, dos volumes gerados, do nível de proteção, do uso do solo, da conscientização e preparação da população para enfrentar o risco, entre outras situações contribuintes (COSTA e TEUBER, 2001, p. 126).

“Obras de controle de enchentes podem amenizar os efeitos negativos de um evento, até uma determinada probabilidade de ocorrência. Se as enchentes superarem as vazões máximas ou volumes estabelecidos nos critérios de projeto, certamente a área de

interesse sofrerá prejuízos, na maioria das vezes agravado pela despreocupação, pelo despreparo da população e pela acumulação de bens materiais dispostos na área supostamente protegida”.

### 3. METODOLOGIA

Inicialmente, a presente pesquisa se fundamenta a partir de uma revisão de literatura baseada em assuntos relevantes às questões de alagamentos e inundações em centros urbanos. Além de apresentar definições e métodos de drenagem urbana, foram demonstradas as principais legislações aplicadas no município do Rio de Janeiro que englobam um amplo conjunto de diretrizes e apresentam medidas voltadas para o gerenciamento e controle de inundações.

A partir dos dados pluviométricos da Estação da Tijuca e dados meteorológicos da Estação do Alto da Boa Vista, do Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro, a pesquisa se baseia nos eventos críticos entre 2008 e 2019. Com o intuito de atingir os objetivos propostos, foram utilizadas metodologias de cálculo baseadas em estudos hidrológicos e estatísticos.

Além disso, por meio de informações da mídia (jornais, noticiários e revistas) sobre eventos críticos no período mencionado e, correlacionados aos seus respectivos dados pluviométricos, foi realizado um levantamento das principais ocorrências de alagamentos e inundações no período de 2008 a 2019 na região da Tijuca.

Com base nos estudos hidrológicos e estatísticos, verificou-se a necessidade de implantação de um Plano de Ação Emergencial na região. Após análise do Plano de Contingência do município do Rio de Janeiro (PLANCON, 2017), foram adaptadas etapas de planejamento para situações relacionadas aos episódios críticos de alagamentos e inundações, considerando os componentes do Roteiro para elaboração de Plano de Ação de Emergência do Ministério do Meio Ambiente. Buscando auxiliar o Plano de Contingência Municipal na tomada de decisões, foi estabelecido um critério de vulnerabilidade associado aos eventos hidrológicos na região, a partir dos possíveis cenários de extrapolação dos reservatórios existentes na região.

De modo complementar, verificou-se o atendimento do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2015), aos componentes do Roteiro de Avaliação de Plano Municipal de Saneamento Básico do Ministério das Cidades (2016). Também, foi analisado o Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro (PDMAP, 2014), conforme os Princípios de Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas do Ministério do Desenvolvimento Regional, e o Termo de Referência (TR) da FUNASA e seus anexos.

De acordo com o Roteiro de Avaliação, foram avaliadas questões referentes a coordenação do processo, diagnóstico urbano e rural, objetivos e metas, soluções técnicas para os sistemas, medidas estruturantes e de gestão, programas, projetos e ações, divulgação e participação social e, por fim a avaliação sistemática do PMSB.

Os estudos preliminares se relacionam diretamente aos reservatórios localizados no bairro da Tijuca, utilizados como referência para análise do comportamento dos sistemas de amortecimento de cheias. Assim, a estrutura metodológica do presente estudo se apresenta na Tabela 09.

**Tabela 09 – Estrutura da Pesquisa**

<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	Fundamentação teórica com base em assuntos relacionados aos eventos hidrológicos extremos em meio urbano.
<b>DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO</b>	Apresentação do local escolhido para a realização da pesquisa.
<b>BREVE HISTÓRICO DA REGIÃO</b>	Demonstração da problemática e da motivação para o estudo na região selecionada.
<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	Informações gerais da região escolhida .
<b>MACRORREGIÃO E BACIA HIDROGRÁFICA</b>	Dados da Macrorregião Hidrográfica da Baía de Guanabara e Bacia do Canal do Mangue
<b>INTERVENÇÕES NA REGIÃO</b>	Apresentação dos Reservatórios da Praça da Bandeira, Praça Niterói e Praça Varnhagen, e o Desvio do Rio Joana.
<b>DADOS PLUVIOMÉTRICOS</b>	Análise de dados de precipitação no período de 2008 a 2019
<b>MODELO CHUVA-VAZÃO</b>	Cálculos hidrológicos como TR, Equação IDF, Precipitação Efetiva e Hidrograma de Cheias.
<b>ESTATÍSTICA APLICADA À HIDROLOGIA</b>	Cálculos estatísticos a fim de verificar situações futuras probabilísticas. Uso do Excel como ferramenta estatística.
<b>PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL</b>	Elaboração de mapas de vulnerabilidade aos eventos hidrológicos na região e adaptação de um critério de risco.
<b>PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO</b>	Avaliação do Plano Municipal de Saneamento Básico e do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais do município do Rio de Janeiro.

---

<b>RESULTADOS E CONCLUSÕES</b>	Análise dos resultados obtidos e criação de um critério de risco.
<b>RECOMENDAÇÕES</b>	Ponderações da Pesquisa e Proposição de Soluções.
<b>PRODUTOS</b>	Diagramação dos produtos desenvolvidos.

---

Fonte: AUTORA, 2020.

A fim de consolidar a pesquisa de Costa e Teuber (2001), e demonstrar as ocorrências mais recentes da área estudada, foi realizado um levantamento dos principais eventos críticos de inundações e alagamentos, considerando cinco anos antes da operação do primeiro reservatório construído, localizado na Praça da Bandeira. Portanto, as Figuras 27 e 28 apresentam os principais registros entre 2008 e 2019 no bairro da Tijuca, conforme notícias da época.

**Figura 27 – Principais Eventos Críticos entre 2008 e 2013 na Tijuca**



Fonte: AUTORA, 2020 (Informações extraídas de: NOTÍCIAS UOL; BRASIL ESTADÃO; G1 GLOBO; AGÊNCIA BRASIL).

**Figura 28 – Principais Eventos Críticos entre 2014 e 2019 na Tijuca**



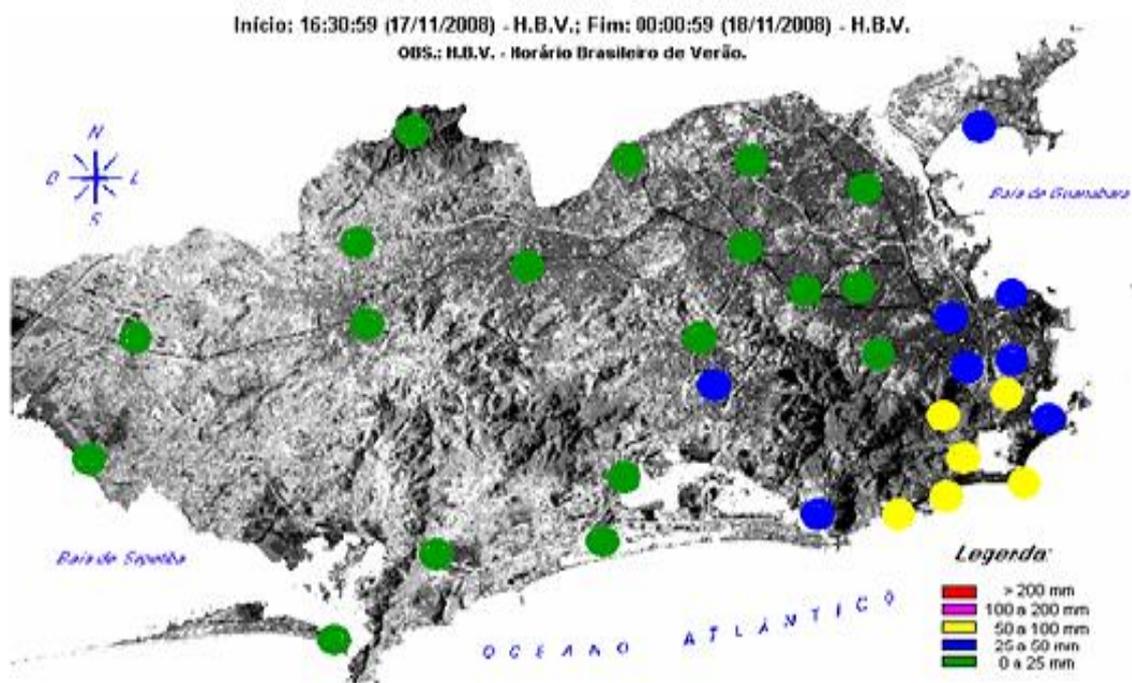
Fonte: AUTORA, 2020 (Informações extraídas de: G1 GLOBO; BRASIL ESTADÃO; O GLOBO; NOTÍCIAS UOL; VEJA ABRIL).

Os Relatórios Anuais de Chuvas produzidos pela Fundação GEO-Rio, apresentam os registros pluviométricos anuais provenientes das estações pluviométricas que integram o Sistema Alerta Rio. Neles é possível encontrar os registros com as precipitações máximas e acumuladas, por mês, de cada estação, além de uma análise estatística sobre a distribuição das chuvas no município do Rio de Janeiro.

Com o intuito de embasar as ocorrências apontadas nas Figuras 27 e 28, a presente pesquisa buscou identificar os eventos de chuvas mais significativos dos dados pluviométricos do Sistema Alerta Rio. Assim, foi possível observar a situação de tais ocorrências nas datas selecionadas.

No ano de 2008, os alagamentos em diversas ruas do Maracanã ocorridos no dia 17 de novembro, foram apontados no Relatório Anual de Chuvas do referido ano, com 47,2 mm de precipitação acumulada na Tijuca, como mostra a Figura 29.

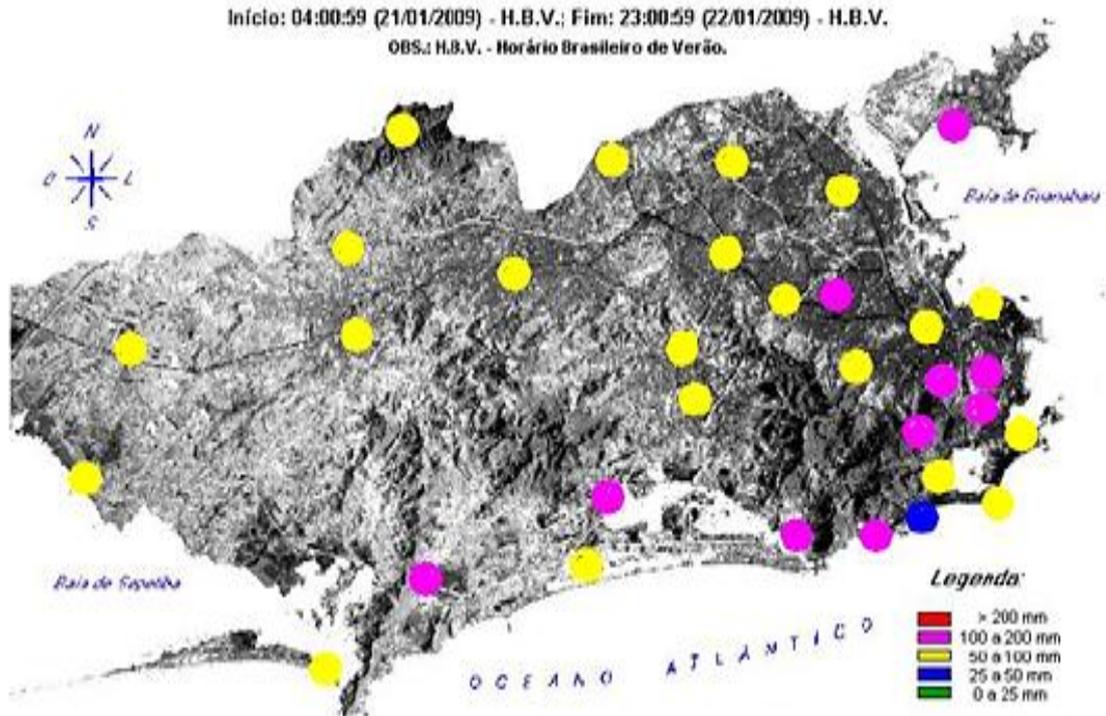
**Figura 29 – Precipitações observadas em estações pluviométricas na cidade do Rio de Janeiro do evento observado em 17 de novembro de 2008.**



Fonte: ALERTA RIO - Relatório Anual de Chuvas (2008).

Segundo o Relatório Anual de Chuvas de 2009, o evento ocorrido em 22 de janeiro apresentou uma precipitação acumulada de 151,6 mm na região da Tijuca, conforme Figura 30.

**Figura 30 – Precipitações observadas em estações pluviométricas na cidade do Rio de Janeiro do evento observado em 22 de janeiro de 2009.**



Fonte: ALERTA RIO - Relatório Anual de Chuvas (2009).

No dia 05 de abril de 2010, a região da Tijuca teve uma precipitação acumulada de 75,2 mm, registrada em 24 horas, conforme o Relatório Anual de Chuvas de 2010. Este mesmo relatório também informou que em 1 hora, foram registrados 57 mm de precipitação acumulada na Tijuca. De modo similar, o período entre 2011 e 2019 também registrou precipitações elevadas, como pode ser observado nos Relatórios Anuais de Chuva do Sistema Alerta Rio.

Os relatórios disponíveis pelo Alerta Rio (2020) contemplam os principais eventos de precipitação por ano, de modo que foram selecionados os eventos de maior precipitação acumulada na Estação Pluviométrica da Tijuca, entre os anos de 2008 e 2019, como mostra a Tabela 10.

**Tabela 10 – Maiores Precipitações Acumuladas nos anos de 2008 a 2019.**

ANO	PRECIPITAÇÃO MÁXIMA ACUMULADA (mm)	EVENTO	DURAÇÃO	TOTAL DE EVENTOS NO ANO
2008	149,0	13/03 (21:00) a 16/03 (03:00)	54h	5

<b>2009</b>	151,6	21/01 (04:00) a 22/01 (23:00)	19h	25
<b>2010</b>	431,4	04/04 (16:08) a 10/04 (20:18)	148h10min	29
<b>2011</b>	243,4	25/04 (17:45) a 27/04 (09:00)	39h15min	23
<b>2012</b>	91,4	07/06 (12:00) a 10/06 (00:30)	60h30min	21
<b>2013</b>	147,4	17/03 (16:00) a 18/03 (14:15)	22h15min	37
<b>2014</b>	108,2	14/04 (07:40) a 16/04 (09:10)	49h30min	15
<b>2015</b>	81,4	22/03 (14:45) a 23/03 (04:30)	13h45min	38
<b>2016</b>	156,6	12/03 (11:30) a 13/03 (14:30)	27h	34
<b>2017</b>	151,0	19/06 (22:45) a 22/06 (04:30)	53h45min	26
<b>2018</b>	77,8	07/11 (18:45) a 08/11 (21:30)	26h45min	31
<b>2019</b>	248,8	08/04 (15:15) a 10/04 (16:00)	48h45min	36

Fonte: AUTORA, 2020 (Informações obtidas do Relatório Anual de Chuvas 2008-2019).

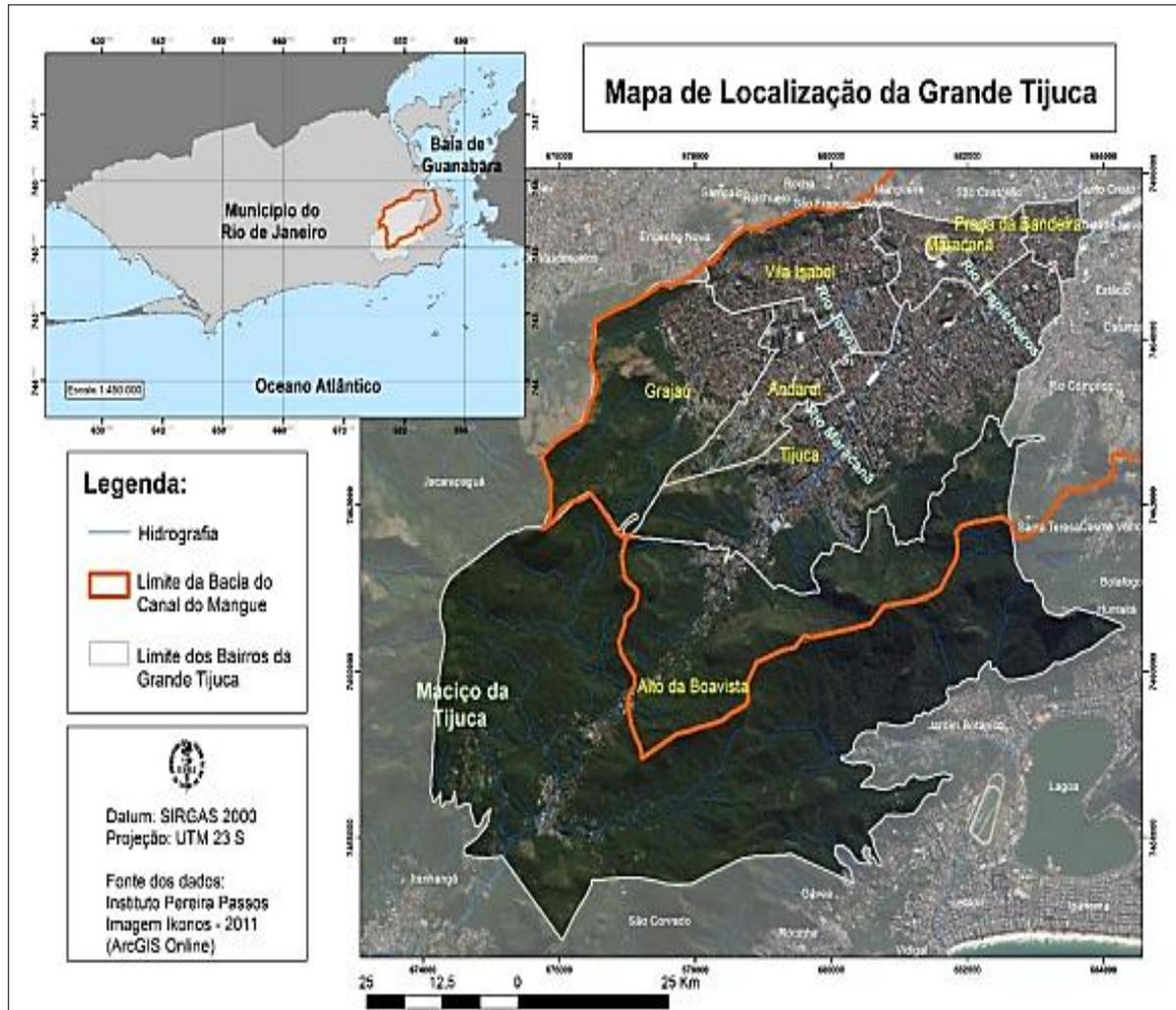
A partir da análise da Tabela 10, é possível perceber que a maioria dos eventos listados ocorreram entre os meses de novembro a abril. O presente estudo considera tal período para os cálculos hidrológicos e estatísticos, com base na média mensal pluviométrica dos anos analisados.

Além disso, acredita-se que entre 2005 e 2008 o Sistema Alerta Rio utilizava um determinado critério para definir um evento, que se diferencia do critério utilizado entre 2009 e 2019. Isto pode se justificar pela quantidade e duração dos eventos considerados em cada ano, se comparado com o período de 2009 a 2019. No entanto, não foram obtidas informações a respeito do critério de escolha dos eventos entre 2008 e 2019, e

### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

Conhecida como Grande Tijuca, a região compreende os bairros da Tijuca, Praça da Bandeira, Alto da Boa Vista, Grajaú, Andaraí, Vila Isabel e Maracanã (SANTOS et al., 2003). O mapa de localização da área de estudo é mostrado pela Figura 31.

Figura 31 – Mapa de localização da Grande Tijuca



Fonte: COSTA et al., 2018.

Localizada na Área de Planejamento 2, a região da Tijuca se caracteriza por núcleos habitacionais consolidados, com parte de sua área ocupada por construções antigas (PDMAP, 2014). A região da Tijuca compreende parte da zona norte do município do Rio de Janeiro e apresenta uma grande variedade de atividades econômicas e usos do solo.

Observa-se que na região, ocorre uma intensa movimentação de pessoas e veículos, justificada pela proximidade do centro da cidade e pontos turísticos como o Estádio do Maracanã e a Floresta da Tijuca.

### 3.1.1 Aspectos populacionais da área de estudo

Primeiramente, na região da Praça da Bandeira, em 2010 foram identificados 3.488 domicílios, sendo 3.435 particulares e 53 coletivos, conforme apontam os dados da DATA RIO

do Sistema de Informações da Prefeitura do Rio de Janeiro. Segundo a mesma fonte, a Praça da Bandeira possui 100 % de sua área urbanizada, com um total de 547.056 m<sup>2</sup> de área construída de acordo com dados de 2019. Da mesma forma, foram pesquisadas informações a respeito do Bairro Maracanã. Nele, foram identificados 9873 domicílios, sendo 9.854 particulares e 19 coletivos. Segundo o DATA RIO (2020), o Maracanã possui 100 % de sua área urbanizada, com um total de 1.637.147 m<sup>2</sup> de área construída de acordo com dados de 2019.

No Bairro de Vila Isabel, foram identificados 31.335 domicílios, sendo 31.097 particulares e 235 coletivos. Com 90 % de sua área urbanizada, possui um total de 2.863.955 m<sup>2</sup> de área construída de acordo com dados de 2019. Quanto ao Bairro do Andaraí, foram identificados 14.705 domicílios, sendo 14.688 particulares e 22 coletivos. Além disso, possui 77 % de sua área urbanizada, com um total de 1.739.130 m<sup>2</sup> de área construída de acordo com dados de 2019.

Na Tijuca foram constatados 62.544 domicílios em 2010, sendo 61.923 particulares e 621 coletivos. Em relação ao Uso do Solo e a Dinâmica Imobiliária no Bairro da Tijuca, dados do DATA RIO (2020) informam 63% de área urbanizada, com um total de 7.117.716 m<sup>2</sup> de área construída. Informações do DATA RIO (2020) apontam que o Bairro do Grajaú contemplava 14.353 domicílios em 2010. Destes, 14.214 eram particulares e 139 coletivos. A região possui 31 % de área urbanizada, com um total de 1.570.505 m<sup>2</sup> de área total construída.

Por fim, foram analisados os dados do Bairro do Alto da Boa Vista. Nele, observou-se um total de 3.123 domicílios, sendo 2.974 particulares e 151 coletivos. A região possui apenas 6% de sua área urbanizada, com 292.842 m<sup>2</sup> de área total construída, de acordo com a Figura 18.

### 3.1.2 Macrorregião Hidrográfica

A área de estudo está inserida na Região Hidrográfica V da Baía de Guanabara. Segundo o Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais (PDMAP, 2014), a cidade do Rio de Janeiro possui 48 bacias hidrográficas que drenam para três grandes corpos hídricos receptores, definidos pelas três macrorregiões de drenagem da cidade (Figura 32).

**Figura 32 – Macrorregiões de Drenagem da Cidade do Rio de Janeiro**



Fonte: PDMAP, 2014.

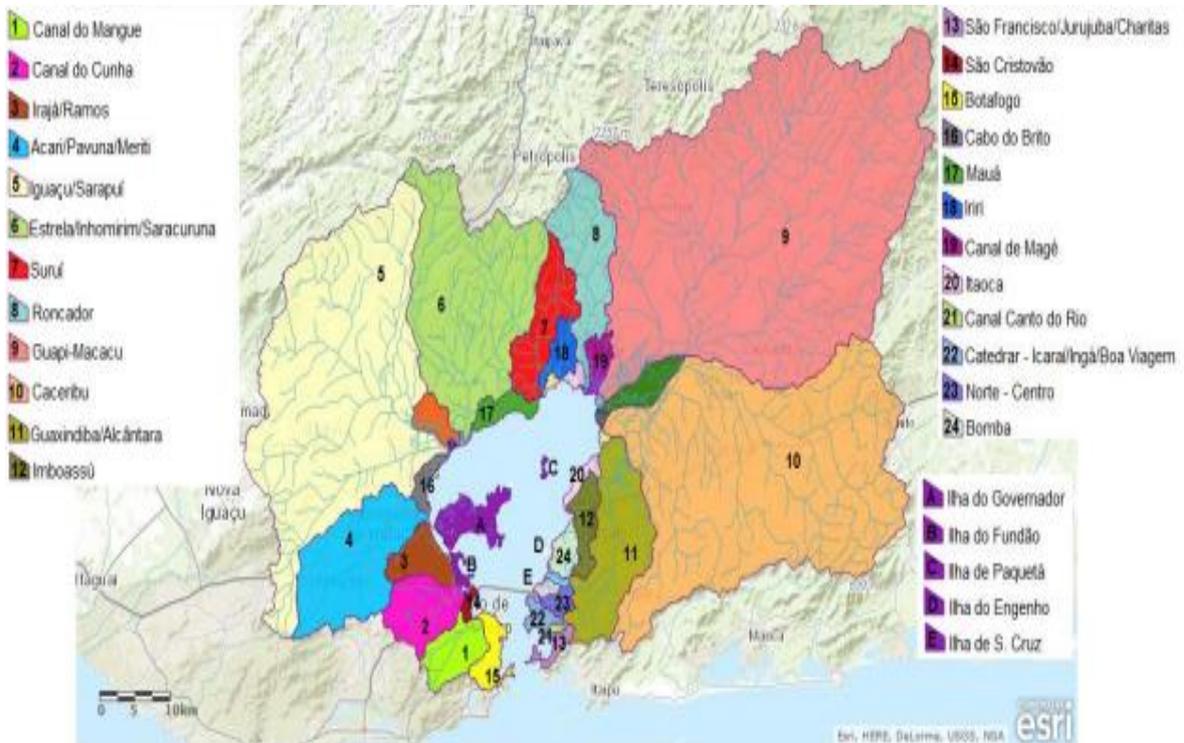
Como observado na Figura 34, as três macrorregiões de drenagem são:

- “Macrorregião da Baía de Guanabara – Abrange as bacias hidrográficas das Zonas Norte e Central da cidade e concentra 71% da população da cidade;
- Macrorregião Oceânica – Compreende as bacias da Zona Sul, Barra e Jacarepaguá, que deságuam no oceano Atlântico, e abrange aproximadamente 17% da população da cidade;
- Macrorregião da Baía de Sepetiba – Corresponde a toda a porção oeste do município, notadamente as regiões de Santa Cruz e Campo Grande, abrangendo ao todo 11% da população da cidade” (PDMAP, 2014).

O estudo de Diagnóstico do Estado da Baía de Guanabara (2016) realizado pela *KCI Technologies Inc.*, a partir da Secretaria de Estado do Ambiente, referente ao Programa de

Fortalecimento da Governança e da Gestão da Baía de Guanabara, mostra as sub-bacias da Macrorregião da Baía de Guanabara (Figura 33).

**Figura 33 – Sub-bacias da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara**



Fonte: DIAGNÓSTICO DO ESTADO DA BAÍA DE GUANABARA, 2016.

### 3.1.3 Sub-bacia do Canal do Mangue

A Macrorregião Hidrográfica da Baía de Guanabara está dividida em dez sub-bacias e duas microbacias cuja contribuição limita-se ao despejo das águas pluviais, como é informado no PDMAP (2014). São elas: Bacia da Urca; Bacia de Botafogo; Bacia do Rio Carioca; Bacia do Centro; Bacia do Canal do Mangue; Bacia do Canal do Cunha; Bacia do Rio Ramos; Bacia do Rio Irajá; Bacia dos Rios Acari / Pavuna / Meriti e; Bacia do Rio Sarapuí.

O bairro da Tijuca contempla a Bacia do Canal do Mangue, o presente estudo buscou descrever as características hidrográfica e hidrológicas mais relevantes, além de apresentar os principais rios que contribuem para esta bacia hidrográfica.

Segundo dados do PDMAP (2014), a Bacia do Canal do Mangue tem área de drenagem de 45,4 km<sup>2</sup>. Se limita ao norte a sub-bacia do Canal do Cunha, a Leste a Baía da Guanabara e a sub-bacia do Centro e ao sul e oeste o maciço da Tijuca. É considerada uma das bacias

hidrográficas prioritárias do PDMAP (2014). A Figura 34 apresenta a vista aérea da localização da bacia e os principais elementos urbanos que se destacam na região.

**Figura 34 – Elementos urbanos de destaque da Bacia do Canal do Mangue**

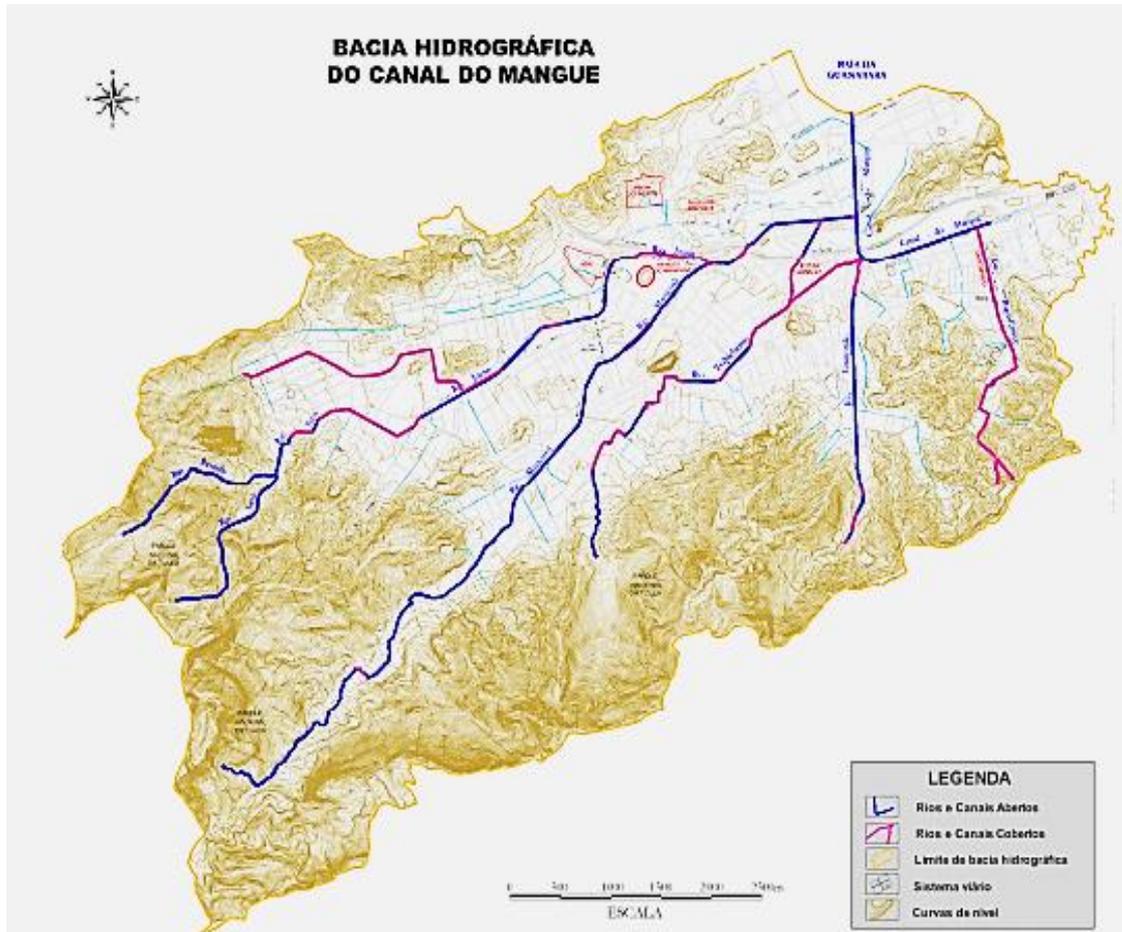


Fonte: PDMAP, 2014.

A referida bacia é responsável pela drenagem dos bairros: Tijuca, Grajaú, Vila Isabel, São Cristóvão, Rio Comprido, Maracanã, Santo Cristo e Cidade Nova, localizados na Macrozona de ocupação incentivada, de acordo com o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável da cidade (PDMAP, 2014).

Segundo Canholi e Graciosa (2011, p. 05), “a bacia é caracterizada por forte declividade, com cotas que variam entre 1022 m, no alto do maciço da Tijuca, e -3 m, na foz do Canal do Mangue, na Baía de Guanabara”. A Figura 35 apresenta a planta da bacia hidrográfica.

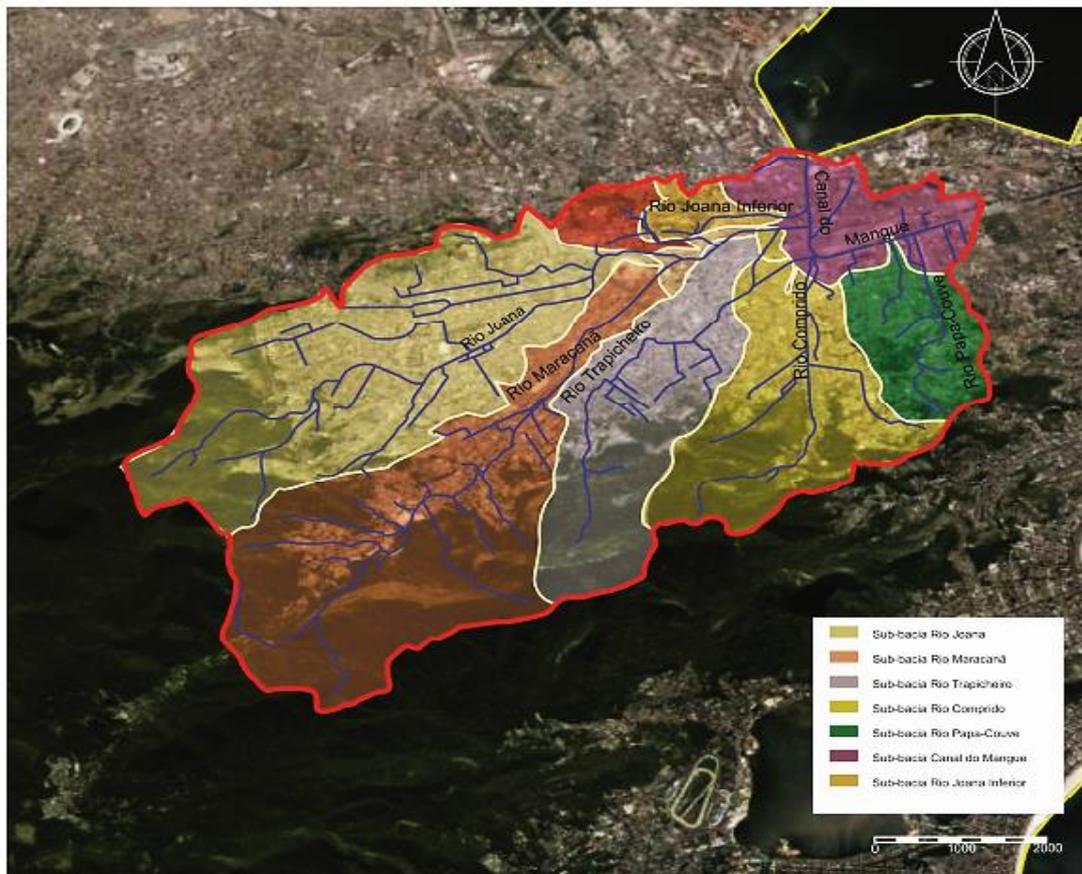
**Figura 35 – Planta da bacia hidrográfica do Canal do Mangue**



Fonte: CANHOLI & GACIOSA, 2011.

O Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais informa a respeito dos principais cursos d'água que compõem a Bacia do Canal do Mangue. Conforme ilustra a Figura 36, os rios Maracanã, Joana, Trapicheiros, Comprido e Papa-Couve têm suas nascentes no Maciço da Tijuca ou na Serra do Engenho Novo e afluem para o canal do Mangue que, finalmente, deságua na Baía de Guanabara (PDMAP, 2014).

**Figura 36 – Corpos Hídricos na Bacia do Canal do Mangue**



Fonte: MAGALHÃES, 2013.

A região se caracteriza por acentuados desníveis a oeste e sudoeste, onde localiza-se o maciço da Tijuca. Seguida por uma topografia menos acidentada, na região mais urbanizada da bacia, pode-se observar áreas totalmente planas (PDMAP, 2014). Os rios Maracanã, Joana, Trapicheiros, Comprido e Papa-Couve contribuem na drenagem da referida bacia hidrográfica, onde são apresentadas as principais particularidades destes corpos hídricos.

O Rio Maracanã, com 8,5 km de extensão, tem sua nascente na Floresta da Tijuca, com elevação de 730 m. De acordo com o PDMAP (2014), este rio recebe inúmeros afluentes até a região do Largo da Usina, que posteriormente percorre seu trecho urbano até chegar a sua foz no Canal do Mangue. Com elevação aproximada de 300 m, o Rio Trapicheiros possui 5,9 km de extensão, com sua nascente próxima ao Alto do Sumaré, também na Floresta da Tijuca. Por causa da construção de um extravasor na sua foz, tem a vazão dividida entre o rio Maracanã e o Canal do Mangue.

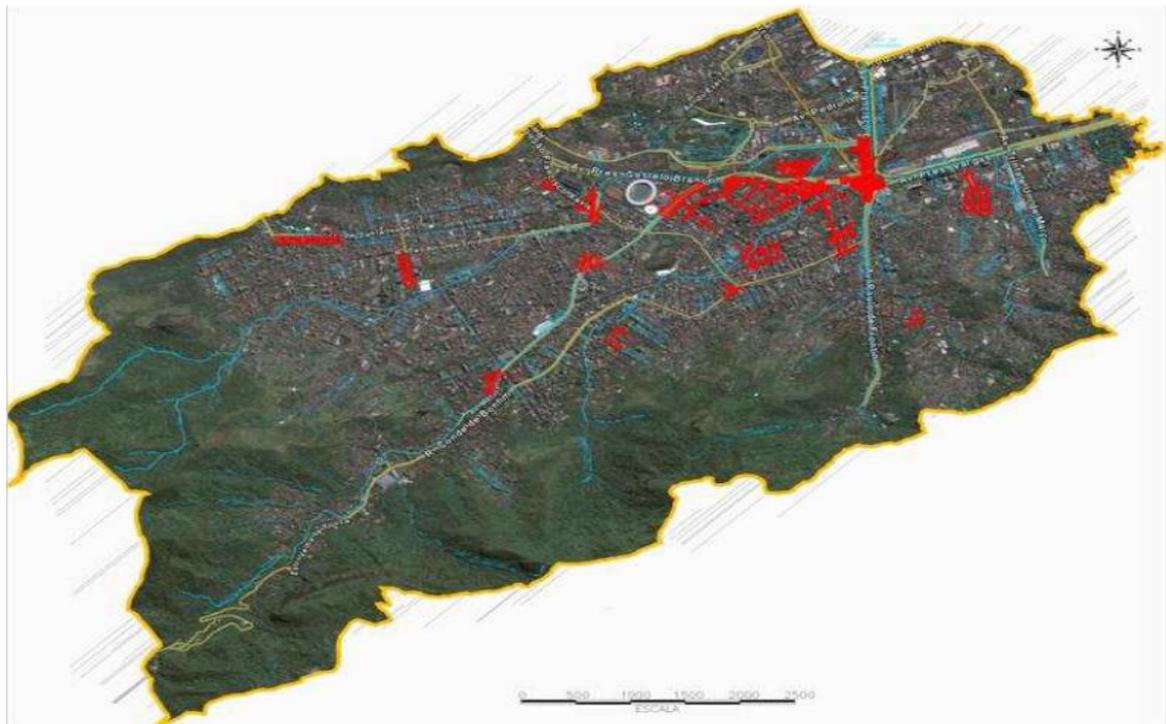
Outro importante corpo hídrico da região é o Rio Joana. Com elevação de 600 m, tem sua nascente junto os Pico do Andaraí, na Floresta do Grajaú. É formado pelos rios Perdido e Jacó, e percorre 8 km de extensão até o Rio Maracanã. O Rio Comprido percorre uma extensão

de 4,5 km até o Canal do Mangue. Tem sua nascente na Serra do Sumaré, na elevação de 590 m. Já o Rio Papa-Couve tem 2,9 km de extensão, sendo 600 m em seção aberta e o restante, em galerias, até o Canal do Mangue. Sua nascente está em área urbanizada, no morro do Catumbi (PDMAP, 2014).

### 3.2 Intervenções na região

Conforme o PMSB (2015), foram levantados os pontos críticos de inundações na bacia do Canal do Mangue. A Figura 37 apresenta as manchas de inundação na Bacia do Canal do Mangue, que possibilita delimitar as áreas atingidas. Este mapa é uma importante ferramenta de planejamento urbano, uma vez que auxilia o sistema de alerta local por meio dos resultados de previsão das cotas de inundação. Além disso, permite instruir os órgãos competentes e a população a respeito das possíveis áreas atingidas.

**Figura 37 – Manchas de Inundação da Bacia do Canal do Mangue**



Fonte: PMSB, 2015.

Com base no PMSB (2015), é possível notar as intervenções propostas para a Bacia do Canal do Mangue, como mostrado pelas Tabelas 11 e 12. A Figura 38 demonstra as obras realizadas.

**Tabela 11 – Intervenções propostas para a Bacia do Canal do Mangue (Reservatórios).**

<b>SIGLA</b>	<b>NOME</b>	<b>CURSO D'ÁGUA</b>	<b>ENDEREÇO</b>	<b>ÁREA DE DRENAGEM TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>	<b>COTA H (m)</b>	<b>VOLUME (m<sup>3</sup>)</b>
RT – 1	Heitor Beltrão	Rio Trapicheiros	Estacionamento do Supermercado Extra, Avenida Heitor Beltrão, 44	4,22	21,0	70.000
RT – 2	Praça da Bandeira	Rio Trapicheiros	Praça da Bandeira	0,22	28,0	18.000
RT – 3	Grajaú	Rio Joana	Rua Borda do Mato x Rua Mirandópolis	3,62	8,0	50.000
RT – 4	Praça Niterói	Rio Joana	Praça Niterói	8,68	25,0	58.000
RM – 1	Praça Varnhagen	Rio Maracanã	Praça Varnhagen	11,34	21,0	42.000

Fonte: Adaptado de PMSB, 2015.

**Tabela 12 – Intervenções propostas para a Bacia do Canal do Mangue (Canalizações no Trecho 1).**

<b>CURSO D'ÁGUA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>EXTENSÃO (m)</b>	<b>CAPACIDADE POJETADA (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>SEÇÃO (m<sup>2</sup>)</b>
Desvio Do Rio Joana	Entre a Praça Pres. Emilio Garastzu Médici e a Baía de Guanabara, em túnel sob a Quinta da Boa Vista e Canal ao longo da Rua São Cristóvão	3.400	100,0	38,0
Reforço Do Rio Joana	Entre a Rua Felipe Camarão e a Praça Niterói	450	33,0	10,0
Derivação Do Rio Maracanã Para Rio Joana	Ao longo da Rua Felipe Camarão	465	27,0	8,0

Fonte: Adaptado de PMSB, 2015.

Figura 38 – Intervenções realizadas na Bacia do Canal do Mangue



Fonte: RIO ÁGUAS, 2015.

De acordo com Canholi e Graciosa (2011), moradores foram entrevistados com o objetivo de delimitar as áreas de inundação frequentes. Desta forma, foi possível orientar e calibrar a modelagem hidráulica da bacia.

Além disso, estudos hidrológicos e hidráulicos também foram essenciais na avaliação das vazões de projeto e da capacidade dos canais de macrodrenagem. Tais análises, se tornaram base para as propostas de intervenções no controle de inundações na referida bacia. Nota-se que parte das intervenções propostas foram realizadas, e encontram-se discutidas no presente estudo nos capítulos 3.2.1 ao 3.2.4.

### 3.2.1 Reservatório da Praça da Bandeira

Segundo Ottoni *et al.* (2018), as inundações ocorridas na região da praça da Bandeira são pelo próprio processo de urbanização da cidade, por meio de aterramentos de áreas inundáveis.

A construção do reservatório localizado na Praça da Bandeira é do tipo “polder”, com reestruturação da captação da microdrenagem e isolamento da macrodrenagem. Com isso, o objetivo principal é evitar o retorno das águas do Rio Maracanã para a Praça da Bandeira, através do efeito de remanso em eventos de maré alta (PMSB, 2015).

Conforme demonstrado nas Figuras 17 a 24 anteriores, os problemas de alagamentos e inundações na região são episódios recorrentes, que desde muito tempo prejudicam a população local em diferentes aspectos. Nesse sentido, Souza e Ottoni (2015) explicam que as inundações podem ser agravadas por meio da obstrução hídrica fluvial no canal do Mangue e a ocorrência de chuvas intensas, capazes de provocar o transbordamento dos rios da região.

Em estudo publicado por Marques *et al.* (2014) a respeito do projeto e execução do reservatório localizado na Praça da Bandeira, os autores explicam por meio de análises numéricas com elementos finitos em 2D e 3D, a validação dos resultados obtidos pelo projetista. Os autores mencionam as etapas construtivas da obra, suas principais características e aspectos técnicos.

Marques *et al.* (2014) informam que a construção foi realizada com contenção de parede diafragma, medindo 40 m de diâmetro e aproximadamente 20 m de profundidade. Esta parede foi executada até o topo rochoso e possui 80 cm de espessura. No que se refere ao suporte interno, os autores relatam que a construção contou com seis anéis internos de compressão e um de coroamento, com o objetivo de auxiliar nos descolamentos e momentos fletores da

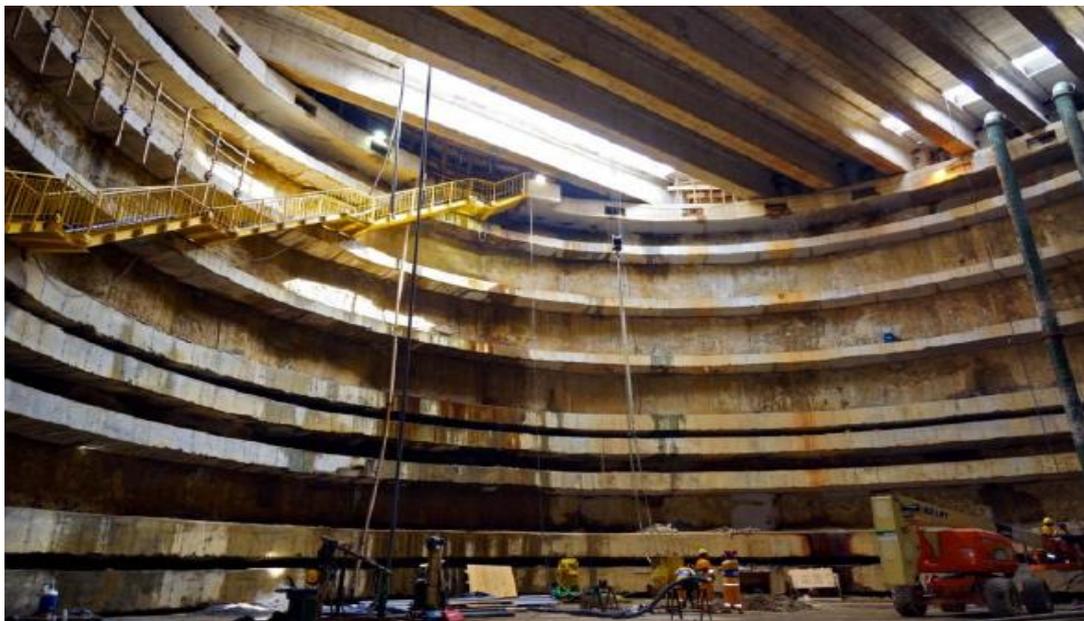
parede diafragma, durante e após a fase de escavação. As Figuras 39 e 40 demonstram o reservatório em sua fase de execução.

**Figura 39 – Obra do Reservatório da Praça da Bandeira**



Fonte: SEAERJ, 2013.

**Figura 40 – Obra do Reservatório da Praça da Bandeira**



Fonte: SEAERJ, 2013.

Por fim, os autores consideram que a análise do referido projeto permitiu entender com mais detalhes o comportamento geotécnico do Reservatório da Praça da Bandeira durante sua

escavação. Além disso, declaram a importância da realização de ensaios *in situ*, na busca por resultados numéricos próximos da realidade (MARQUES *et al.*, 2014).

“Os resultados, após calibrados, permitiram validar os resultados de deformações, esforços e recalques. Sendo assim, ficou assegurada a segurança e a boa qualidade deste projeto. Face aos bons resultados nesta obra, a Rio Águas e a Terratek adotarão esta mesma metodologia nos próximos reservatórios a serem construídos em 2014-2015” (MARQUES *et al.*, 2014, p. 08).

De acordo com a Prefeitura do Rio de Janeiro (2013), o reservatório localizado na Praça da Bandeira foi inaugurado no dia 29 de dezembro de 2013 e possui capacidade de armazenamento de 18.000 m<sup>3</sup>, com a função de captar as águas da drenagem local. Segundo Aluizio Canholi, coordenador do Plano Diretor de Drenagem Urbana do Rio de Janeiro, o reservatório foi projetado para receber apenas a água excedente do entorno, suportando no máximo em 1 hora, o equivalente a 50 mm de precipitação (PENNA *et al.*, 2019).

Conforme apontam Penna *et al.* (2019), em estudo sobre a utilização de reservatórios no amortecimento de vazões de cheia, foram observadas divergências nas opiniões técnicas em relação ao projeto da Praça da Bandeira.

“Entre os entraves identificados percebeu-se divergências de posicionamento em relação ao projeto por parte da prefeitura e dos especialistas, além do corte no orçamento para a execução do projeto impossibilitando sua construção com a capacidade total projetada inicialmente. Ainda sobre este quesito, foi observada a necessidade de que todo o sistema fosse executado simultaneamente para garantir que exerça sua função sem prejudicar determinados pontos, por receberem a água que deveria ser amortecida em outro reservatório” (PENNA *et al.*, 2019, p. 284).

### 3.2.2 Reservatório da Praça Niterói

Em 25 de outubro de 2015 o reservatório da Praça Niterói foi inaugurado. Segundo informações da Associação de Dirigentes de Empresas do Mercado Imobiliário do Rio de Janeiro (ADEMI-RJ, 2015), “o reservatório faz parte do Programa de Controle de Enchentes na região da Tijuca, que inclui a construção de três reservatórios para águas pluviais, além do desvio do Rio Joana diretamente na Baía de Guanabara”.

De acordo com a ADEMI-RJ (2015), o reservatório da Praça Niterói possui capacidade de armazenamento para 58 milhões de litros de água. Além disso, o projeto especifica em sua

composição três grandes poços, chamados de piscinões, com 26 metros de profundidade e 35 metros de diâmetro, como observado pela Figura 41.

**Figura 41 – Reservatório da Praça Niterói em construção**



Fonte: PET, 2018.

Considerando a importância do projeto para a localidade da Tijuca, a Prefeitura do Rio de Janeiro (2015) explica que os sistemas são responsáveis pela captação das águas pluviais e os excedentes dos rios da região, servindo para amortecer os volumes no pico de chuva. A água armazenada nos reservatórios será liberada de maneira controlada para os cursos d'água, com o objetivo de evitar episódios de alagamentos na região.

A Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro informa ainda que os três poços recebem os excedentes do Rio Joana, e estão interligados para que mantenham o mesmo nível de água. Além disso, quatro bombas d'água e uma bomba de manutenção são as responsáveis pelo controle de fluxo nos canais de entrada e saída (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2015).

Conforme o estudo de Ottoni *et al.* (2018) sobre o Reservatório da Praça Niterói, os autores afirmam que um dos principais impactos ambientais negativos da obra se relaciona à perda de carga do escoamento fluvial, agravada pela retenção de lixo carregado pelo rio.

A partir do exposto por Ottoni *et al.* (2018), como consequência, verifica-se a elevação do nível d'água do rio no referido ponto, causando seu transbordamento. Segundo os autores, tal situação afeta toda a região quando ocorre chuvas mais intensas. Por fim, demonstram a relevância de se implantar o Projeto de Gestão Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Joana,

com o objetivo de atenuar a concentração das vazões fluviais em frente à Praça Niterói e controlar a poluição hídrica deste rio.

A construção do reservatório foi realizada pela OAS engenharia, que relatou aproveitar 589 toneladas de vigas metálicas do Viaduto da Perimetral, cuja demolição foi concluída no final de 2014. Além disso, o projeto “inclui a revitalização da praça, que passa a contar com um novo paisagismo e equipamentos como pista de corrida, ciclovia, quadra poliesportiva, parque infantil, mesas de jogos e academia para a terceira idade” (OAS, 2015). A Figura 42 demonstra como ficou a Praça Niterói após a conclusão das obras do reservatório.

**Figura 42 – Praça Niterói após a construção do reservatório**



Fonte: CIMENTO ITAMBÉ, 2016.

### 3.2.3 Reservatório da Praça Varnhagen

Inaugurado em 12 de junho de 2016, o reservatório da Praça Varnhagen tem capacidade de armazenamento para 43 milhões de litros de água. De acordo com a Prefeitura do Rio de Janeiro (2016), sua construção foi a solução técnica encontrada para amortecer os grandes volumes em momentos de pico, principalmente no período mais chuvoso, durante o verão.

O reservatório foi construído numa área de 3.502 metros quadrados. Segundo informa a Prefeitura, sua estrutura é composta de um conjunto de bombas responsáveis por manter o

controle de fluxo de entrada e saída de água do canal, sala de controle operacional e painel de controle. A Figura 43 mostra o interior da estrutura do reservatório da Praça Varnhagen.

**Figura 43 – Reservatório da Praça Varnhagen**



Fonte: O GLOBO, 2020.

A Prefeitura do Rio de Janeiro explicou sobre o comportamento integrado dos reservatórios da região, que irá funcionar em sintonia com os outros quatro construídos na região. O reservatório localizado na Praça da Bandeira com capacidade para 18 milhões de litros e os três reservatórios da Praça Niterói, que recebem 58 milhões de litros (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2016). A Figura 44 mostra a revitalização da Praça Varnhagen, que se ampliou os usos do ambiente de convivência dos moradores da região.

**Figura 44 – Revitalização da Praça Varnhagen**



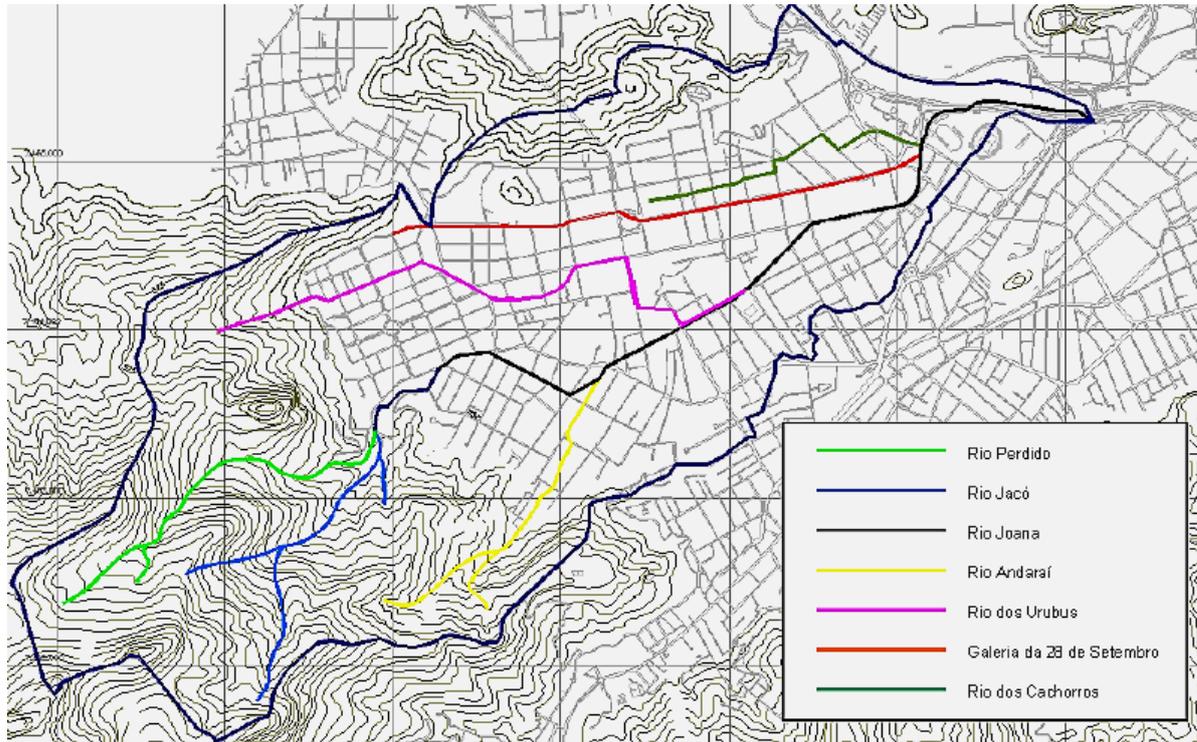
Fonte: PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2016.

#### 3.2.4 Desvio do Rio Joana

Como parte dos bairros do Grajaú, Andaraí, Vila Isabel e parte do Maracanã, o Rio Joana é considerado o maior afluente da Bacia do Canal do Mangue, com cerca de 29% da área total (NAGEM, 2008).

Nagem (2008) explica que a macrodrenagem da bacia do Rio Joana é composta pelos Rios Perdido, Jacó, dos Urubus e Andaraí e a galeria de águas pluviais localizada na Avenida 28 de setembro (Figura 45). De acordo com a autora, os dois principais afluentes do Rio Joana são o Rio Andaraí (margem direita) e o Rio dos Urubus (margem esquerda).

**Figura 45 – Componentes do Rio Joana**



Fonte: NAGEM, 2008.

Com relação aos trechos do Rio Joana, Nagem (2008) informa que o Rio Joana possui trechos em galeria e outros a céu aberto, com seu percurso junto às principais ruas da bacia. Segundo dados do PMSB (2015), o Rio Joana nasce no Pico do Andaraí, localizado na Floresta do Grajaú na elevação de 600 m, e percorre uma extensão total de 8,0 km até sua foz no rio Maracanã.

Em vídeo explicativo a respeito das obras de controles de enchentes na região da Tijuca, o jornal O Globo (2012) relatou as fases de implantação do projeto de desvio do Rio Joana. Conforme foi informado, o desvio prevê a construção de uma galeria de reforço do rio a fim de aumentar sua seção em galeria fechada, localizada sob a Rua Professor Manuel de Abreu. Após a implantação da galeria, o desvio atravessa o túnel que será perfurado sob os morros de São Cristóvão e da Rua Fonseca Teles. Por fim, o Rio Joana segue em galeria fechada até desaguar na Baía de Guanabara.

De acordo com informações da Prefeitura do Rio de Janeiro (2019), as obras de desvio do Rio Joana foram iniciadas em 2012, com uma extensão de 3.412 metros, sendo 2.400 metros de túnel e 1.012 metros de galeria. A Figura 46 ilustra uma etapa da construção do desvio realizado, que prevê evitar as sobrecargas na Bacia do Canal do Mangue.

**Figura 46 – Obras de desvio do Rio Joana**



Fonte: VEJA RIO, 2018.

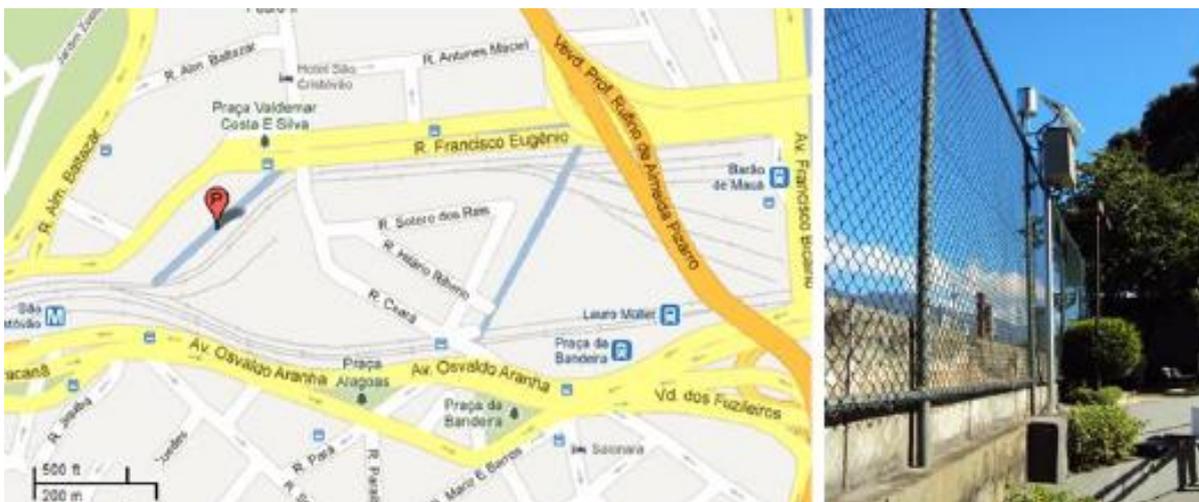
O desvio do Rio Joana foi inaugurado em 26 de abril de 2019. A Prefeitura declarou que na altura do Estádio do Maracanã foi construído um limitador de vazão. Este dispositivo “permite a passagem de até 7 metros cúbicos de água por segundo no curso normal do Rio Joana”. Com capacidade de escoamento do túnel de até 100 metros cúbicos por segundo, em casos de precipitações mais intensas, o volume de água que exceder o limite previsto seguirá pelo desvio até desembocar diretamente na Baía de Guanabara (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2019).

### 3.3 Dados Pluviométricos da Área de Estudo

Em 14 de abril de 2010, a Fundação Rio Águas iniciou a implantação de 19 estações telemétricas do tipo precipitação e nível (PN) e 7 estações telemétricas do tipo qualidade e nível (QN), totalizando 26 estações telemétricas.

De acordo com o PMSB (2015, p. 164), “As estações telemétricas de precipitação e nível (PN) são compostas por pluviômetros e sensores de nível que, a cada 5 minutos, transmitem os dados coletados por meio da tecnologia GPRS”. Na região da Tijuca, as principais estações são apresentadas nas Figuras 47 a 52.

**Figura 47 – Estação Telemétrica (PN) do Rio Maracanã (Prédio Ipiranga)**



Fonte: PMSB, 2015.

**Figura 48 – Estação Telemétrica (PN) do Rio Maracanã (Av. Maracanã)**



Fonte: PMSB, 2015.

As Estações do Rio Maracanã começaram a operar em períodos distintos. Em 16 de julho de 2010 iniciou a operação da Estação localizada no Prédio Ipiranga. Já em 14 de maio de 2011 a Estação da Avenida Maracanã começou a funcionar.

**Figura 49 – Estação Telemétrica (PN) do Rio Trapicheiros (Av. Heitor Beltrão)**



Fonte: PMSB, 2015.

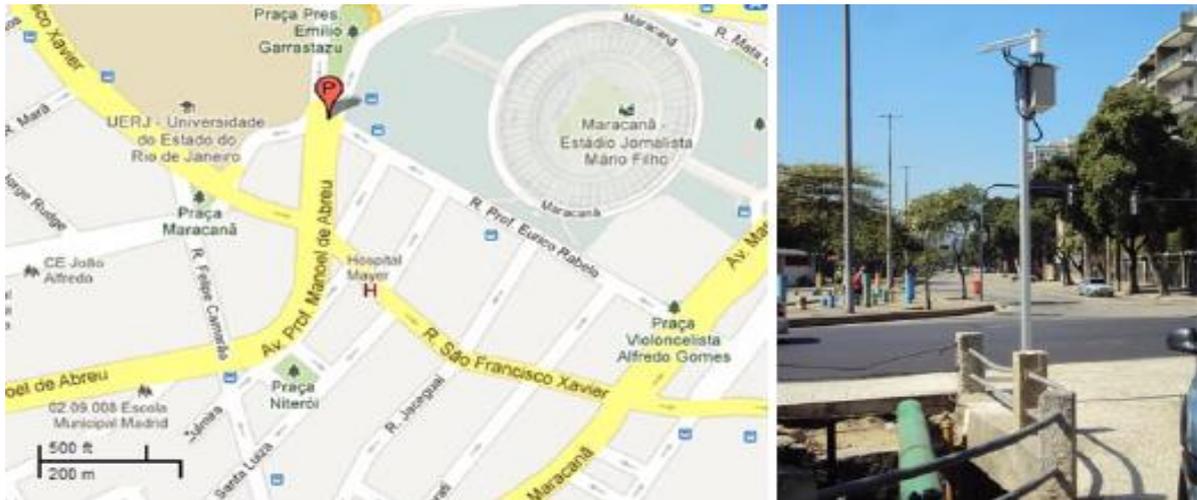
**Figura 50 – Estação Telemétrica (PN) do Rio Trapicheiros (Francisco Eugênio)**



Fonte: PMSB, 2015.

Do mesmo modo, o Rio Trapicheiro começou a ser monitorado em períodos diferentes. Em 17 de maio de 2011 a Estação localizada na Avenida Heitor Beltrão foi iniciada. No entanto, apenas em 29 de maio de 2013, começou a operação da Estação da Rua Francisco Eugênio.

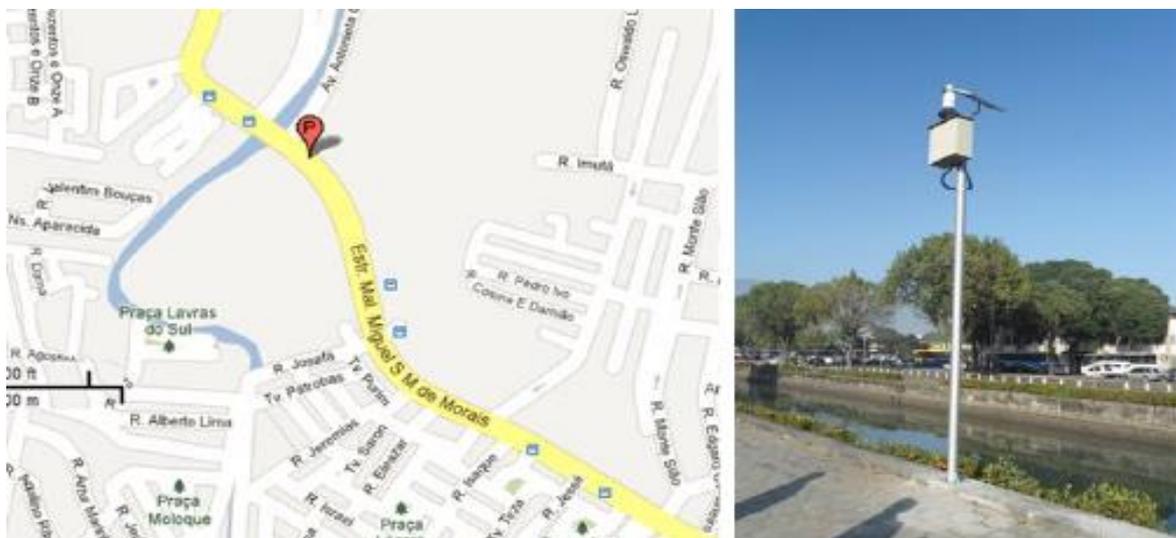
**Figura 51 – Estação Telemétrica (PN) do Rio Joana (UERJ)**



Fonte: PMSB, 2015.

Com sua operação iniciada em 18 de maio de 2011, a Estação Telemétrica do Rio Joana está localizada próxima a Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Já em 27 de junho de 2012, foi iniciada a operação da Estação Telemétrica do Canal do Mangue.

**Figura 52 – Estação Telemétrica (PN) do Canal do Mangue**



Fonte: PMSB, 2015.

De acordo com o PMSB (2015), os dados coletados pelos sensores são armazenados em um “datalogger” e transmitidos, a cada 5 minutos através de rede de telefonia celular com tecnologia GSM/GPRS, como pode ser observado na Figura 53.

**Figura 53 – Funcionamento de uma Estação Telemétrica**



Fonte: PMSB, 2015.

Para a Bacia do Canal do Manguê, foram coletadas informações da Estação Pluviométrica da Tijuca a partir do Sistema Alerta Rio. A Estação da Tijuca está localizada no Centro de Estudos do Sumaré, numa cota elevada do Maciço da Tijuca que auxilia no monitoramento pluviométrico na parte baixa da Grande Tijuca (PMSB, 2015).

O primeiro reservatório de retenção de cheias, combate e prevenção de inundações da Grande Tijuca foi inaugurado em 2013 na Praça da Bandeira. Este trabalho utilizou dados de precipitações ocorridas 5 anos antes da operação do referido sistema de drenagem, considerando os dados pluviométricos até o ano de 2019.

A partir do mapeamento de eventos críticos demonstrados pelas Figuras 27 e 28, verificou-se que as recorrências de alagamentos e inundações ocorreram de forma mais acentuada entre os meses de novembro a abril. Portanto, foram contemplados dados pluviométricos da Estação Tijuca, entre os referidos meses, no período de 2008 a 2019.

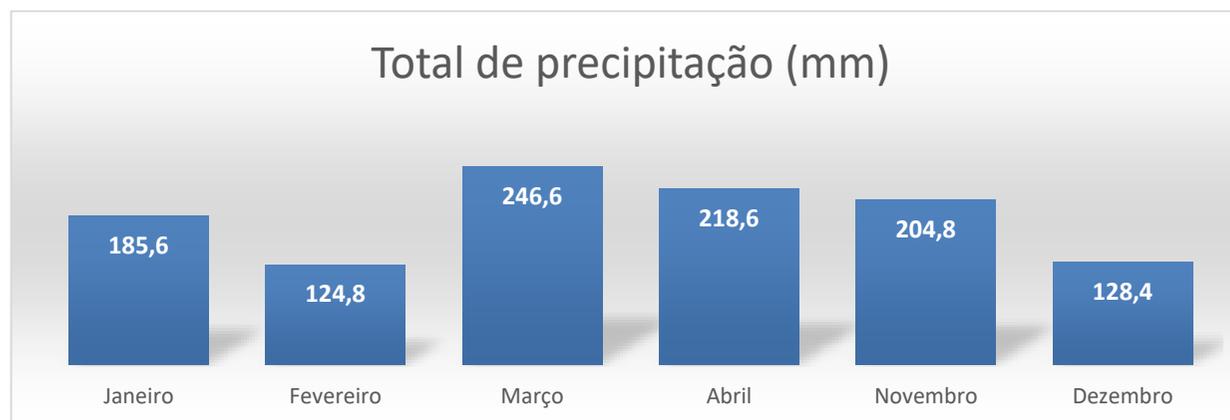
### 3.3.1 Análise dos Dados Pluviométricos

Por meio dos Relatórios Anuais de Chuva disponíveis pelo Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro, foi elaborada a Tabela 13 que apresenta os dados pluviométricos mensais entre os anos de 2008 e 2019. Além disso foram desenvolvidos gráficos que contemplam os dados pluviométricos nos anos mencionados, considerando apenas os meses de novembro a abril como período intenso de precipitação.

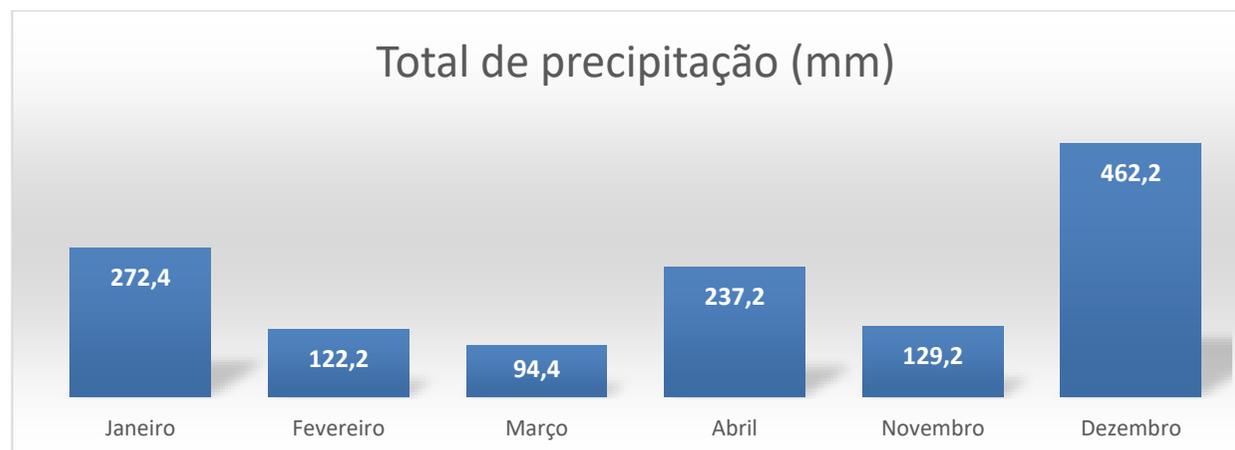
**Tabela 13 – Dados pluviométricos mensais entre 2008 e 2019**

ANO	TOTAL PRECIPITADO POR MÊS (mm)											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<b>2008</b>	185,6	124,8	246,6	218,6	73,6	62	44,8	145,8	111,8	92	204,8	128,4
<b>2009</b>	272,4	122,2	94,4	237,2	55,2	73,2	109,8	58,2	132,2	225,6	129,2	462,2
<b>2010</b>	220,2	62,4	338,6	496,2	89,8	71,2	127	32,8	58,2	175,6	108,2	287,6
<b>2011</b>	103,6	87,4	149,6	357,4	171,4	39,8	46,6	36,2	57,2	138,2	33	172,6
<b>2012</b>	180	14,4	91	100,8	99,6	147,8	46,6	20,6	124,6	74,4	119,8	28,2
<b>2013</b>	353,8	83,4	358	85	169,2	42,6	171,8	22,2	75	88,8	138,4	221
<b>2014</b>	28,8	30,4	98,6	177	45,8	106	100,6	48,4	47,4	54,2	82,2	40,4
<b>2015</b>	78,8	84,8	136,8	118,4	40	131,2	13,4	10,4	130	32	197,4	80,4
<b>2016</b>	212,6	239	240,6	17,2	69,6	90	3,2	74,4	72	86,4	174,8	131,8
<b>2017</b>	122,4	33,2	66,6	73,8	11,2	163	41	64,8	10,8	61,6	105,8	109
<b>2018</b>	119,6	258,4	97,8	78,6	26	46,4	14,4	115,8	40,4	142,8	246	85
<b>2019</b>	44	259,8	331,4	293,4	163,6	96,2	21,4	105,6	147	61	189	92

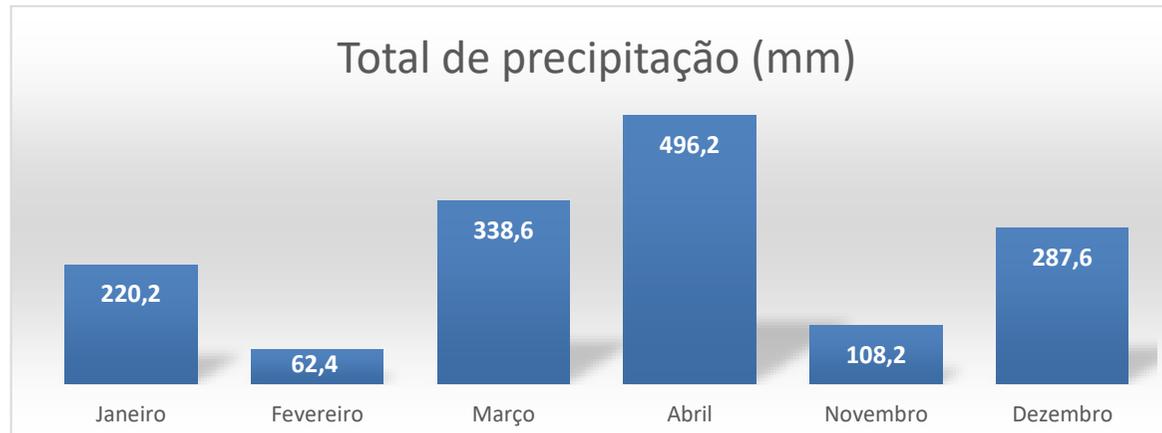
Fonte: AUTORA, 2020 (Informações obtidas dos Relatórios Anuais de Chuvas 2008-2019).

**Gráfico 01 – Dados mensais de precipitação intensa em 2008**

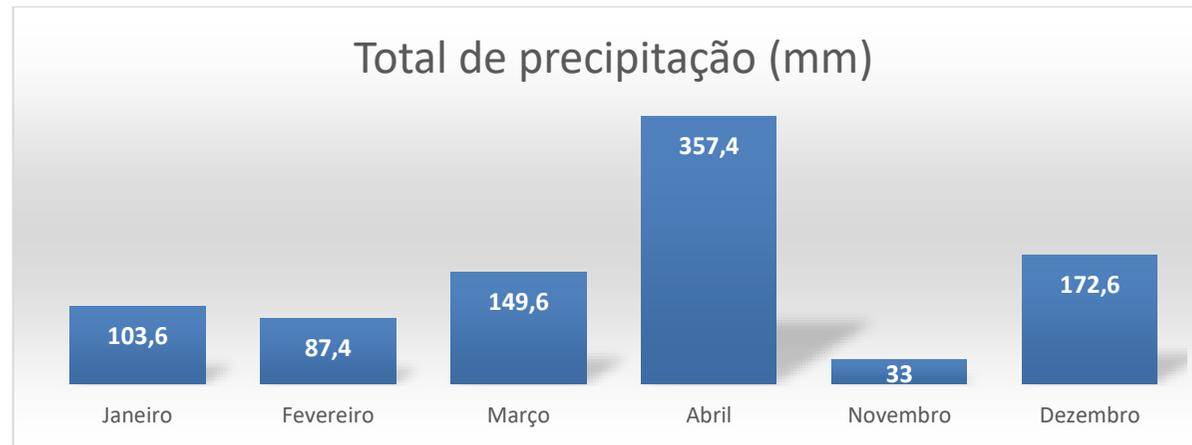
Fonte: AUTORA, 2020.

**Gráfico 02 – Dados mensais de precipitação intensa em 2009**

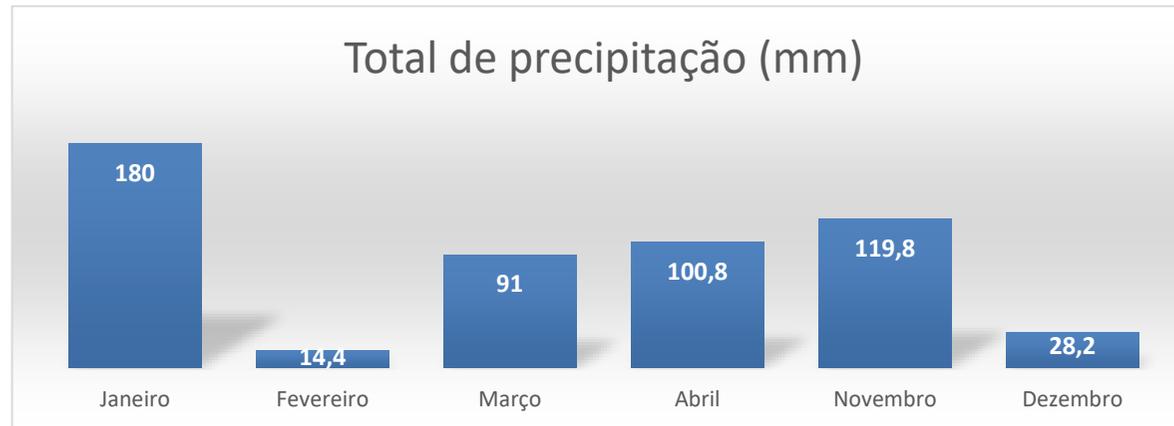
Fonte: AUTORA, 2020.

**Gráfico 03 – Dados mensais de precipitação intensa em 2010**

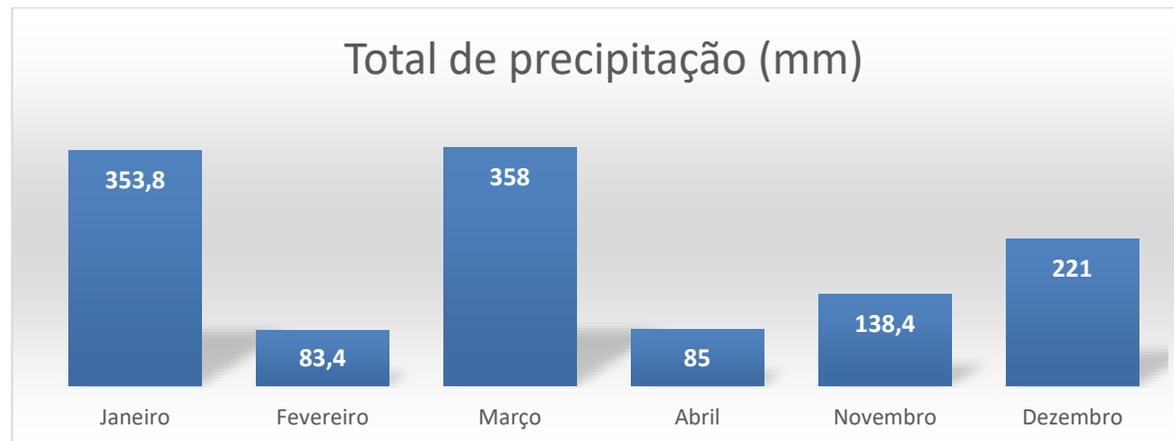
Fonte: AUTORA, 2020.

**Gráfico 04 – Dados mensais de precipitação intensa em 2011**

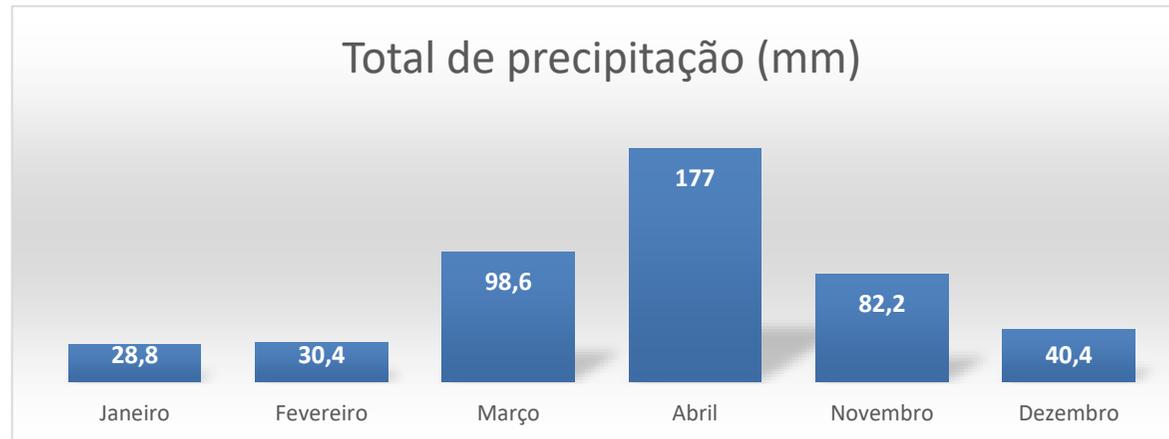
Fonte: AUTORA, 2020.

**Gráfico 05 – Dados mensais de precipitação intensa em 2012**

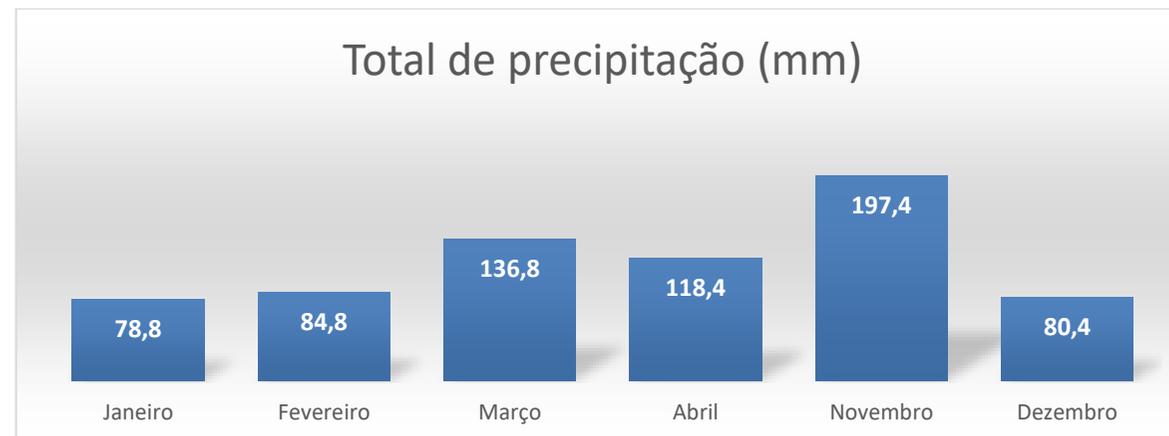
Fonte: AUTORA, 2020.

**Gráfico 06 – Dados mensais de precipitação intensa em 2013**

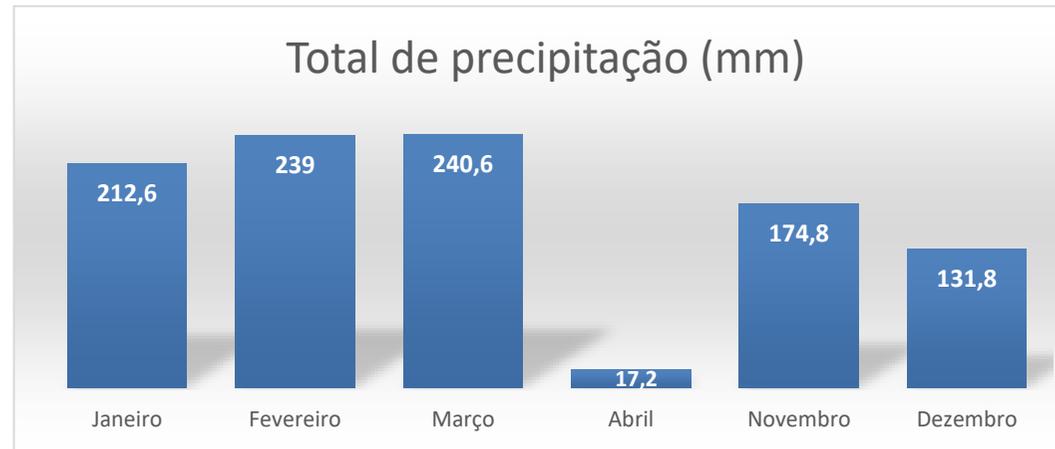
Fonte: AUTORA, 2020.

**Gráfico 07 – Dados mensais de precipitação intensa em 2014**

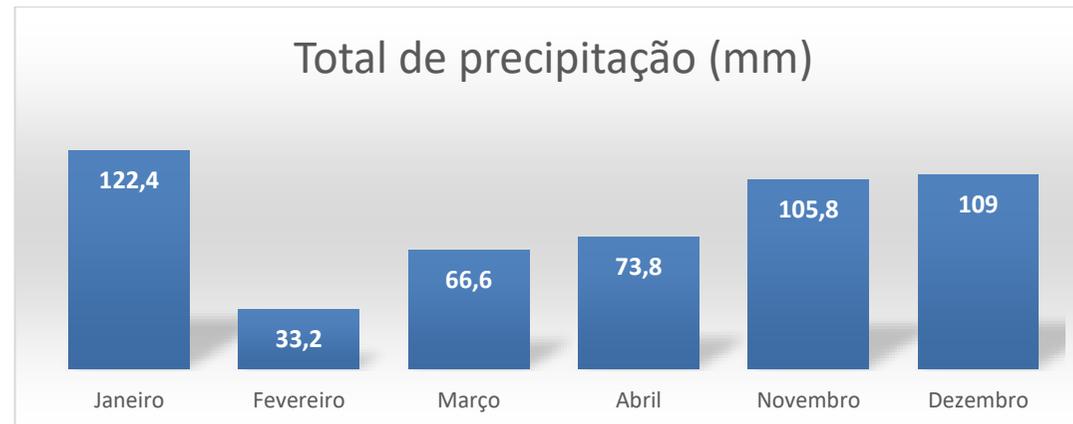
Fonte: AUTORA, 2020.

**Gráfico 08 – Dados mensais de precipitação intensa em 2015**

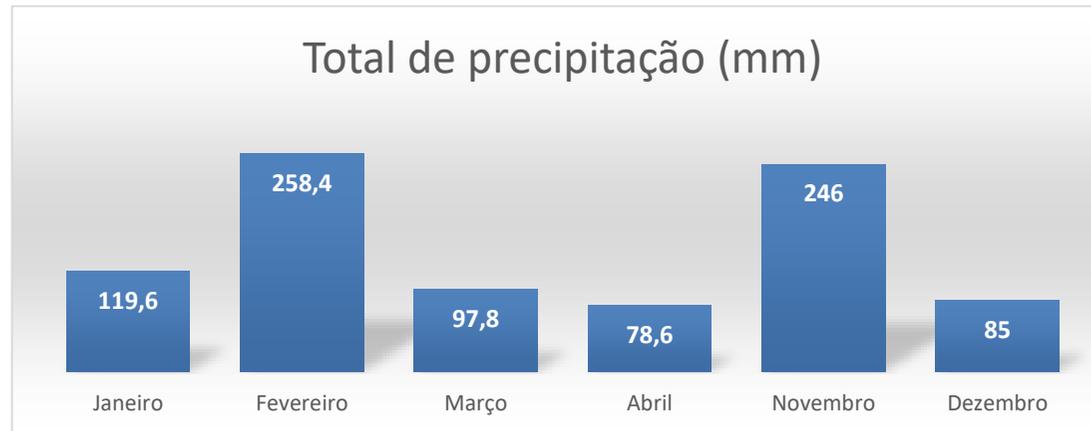
Fonte: AUTORA, 2020.

**Gráfico 09 – Dados mensais de precipitação intensa em 2016**

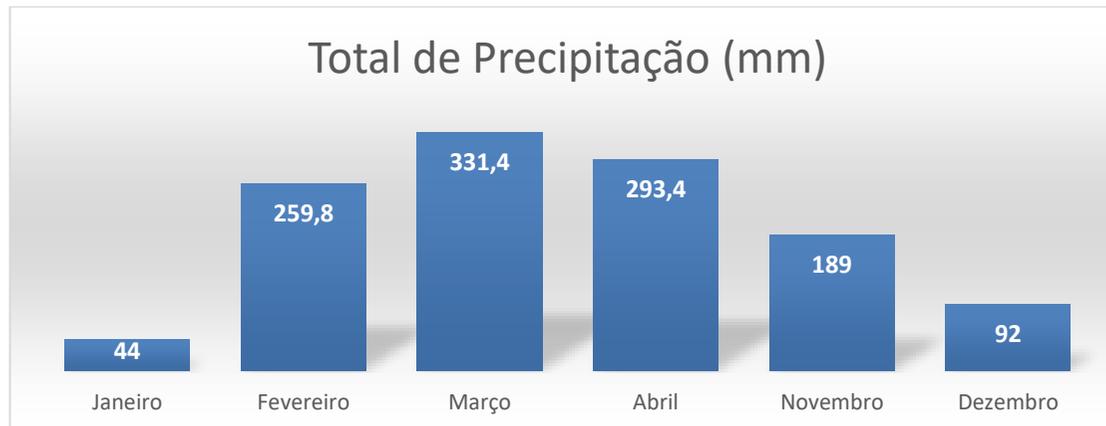
Fonte: AUTORA, 2020.

**Gráfico 10 – Dados mensais de precipitação intensa em 2017**

Fonte: AUTORA, 2020.

**Gráfico 11 – Dados mensais de precipitação intensa em 2018**

Fonte: AUTORA, 2020.

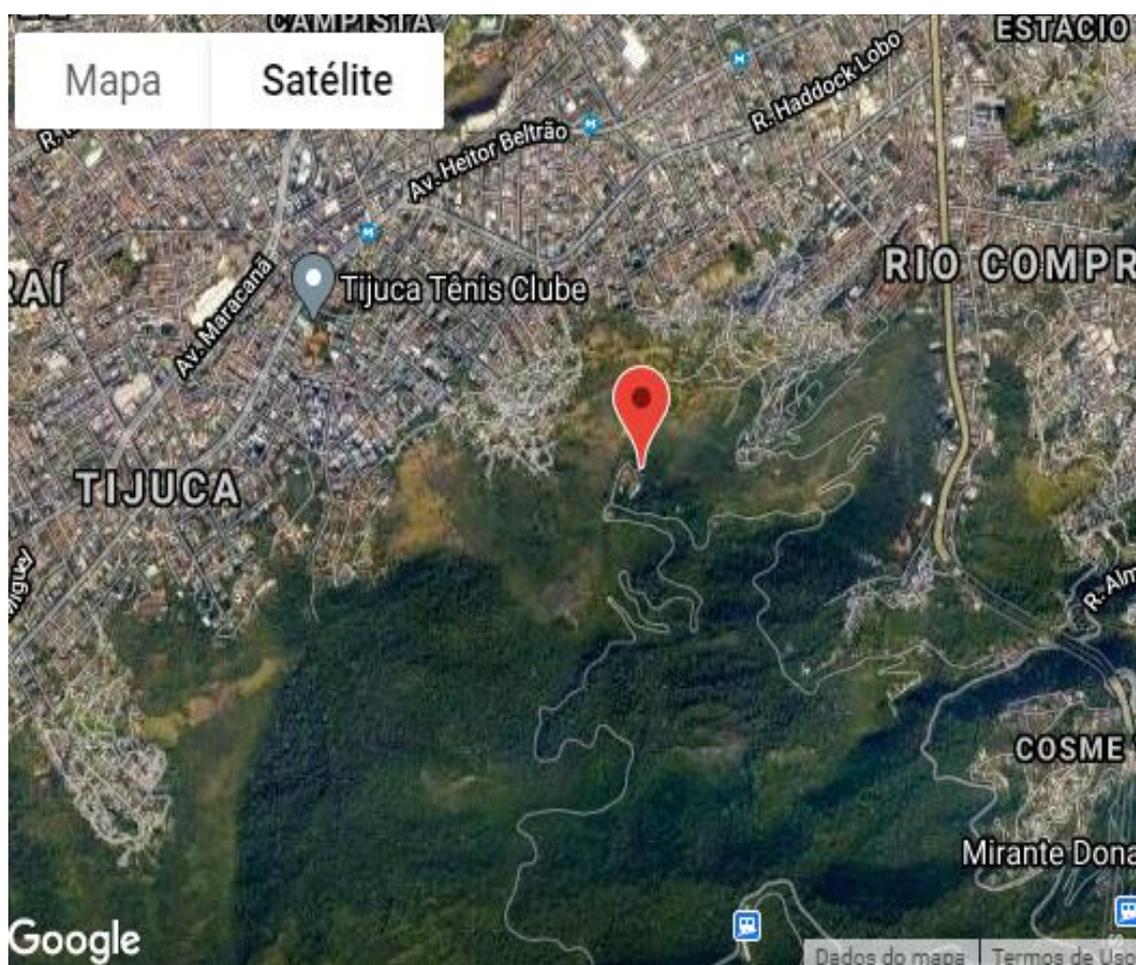
**Gráfico 12 – Dados mensais de precipitação intensa em 2019**

Fonte: AUTORA, 2020.

A partir da análise da Tabela 13, foi possível observar um comportamento similar dos dados de precipitação entre 2008 e 2019, com relação aos meses de maior intensidade pluviométrica. Sendo assim, os gráficos 01 a 12 apresentam o comportamento da precipitação nos meses considerados mais críticos, o que possibilita contribuir para a atuação dos órgãos competentes de gestão das águas pluviais e drenagem urbana da cidade do Rio de Janeiro, na implementação de medidas preventivas e de resposta para situações de alagamentos e inundações nesse período.

Conforme mencionado no item anterior, foram selecionados dados pluviométricos da Estação da Tijuca, entre os anos de 2008 a 2019. Localizada no Centro de Estudos do Sumaré, nas dependências do Palácio Apostólico, a Estação Pluviométrica da Tijuca está instalada em uma cota elevada do Maciço da Tijuca, auxiliando no monitoramento pluviométrico na parte baixa da Grande Tijuca, conforme mostra a Figura 54.

**Figura 54 – Localização da Estação Pluviométrica da Tijuca**



Fonte: ALERTA RIO, 2020.

### 3.4 Modelo Chuva-Vazão

Modelos hidrológicos do tipo precipitação-vazão apresentam diversas aplicações como previsão de cheias, definição de cheias de projeto, operação de hidrelétricas, estimativa da vazão para navegação, entre outros. Já os modelos de balanço de reservatório podem ser utilizados para regularização de vazões, amortecimento de cheias e operação de hidrelétricas. Além destes apresentados, os modelos estatísticos podem ser utilizados para preenchimento de falhas em séries de dados e determinação de vazões máximas e mínimas (TUCCI, 2005).

As parcelas do balanço hídrico sofrem alterações de acordo com a urbanização, modificando o comportamento natural do ciclo hidrológico. Com o intuito de avaliar o escoamento superficial da bacia do canal do mangue, foram realizados estudos a partir da aplicação do método *Soil Conservation Service (SCS)* de precipitação-vazão.

Este tipo de modelo é amplamente utilizado em atividades de projeto que exigem uma abordagem mais objetiva, pois são considerados menos complexos, necessitando menor quantidade de dados de entrada se comparado aos modelos contínuos. Assim, a partir do uso do modelo chuva-vazão, foram transformados os dados de entrada de precipitação concentrada em um determinado tempo, em vazão (saída de água mais distribuída no tempo).

De forma comparativa, o Método Racional permite estimar a vazão de pico em função do tempo de concentração e do coeficiente de escoamento da bacia, que é um parâmetro que descreve as características da bacia. O Método SCS é um modelo do tipo concentrado, utilizado para a simulação de hidrogramas de cheias de projeto de obras hidráulicas com um determinado risco (SCHUSTER, 2014).

Assim, enquanto o método SCS fornece como resultado um hidrograma de projeto, o método racional é utilizado para a determinação da vazão de pico, ou seja, a vazão máxima atingida durante o escoamento superficial direto. Além disso, outro critério de escolha do método, foi em relação à área de drenagem da bacia. Enquanto no dimensionamento de sistemas de drenagem urbana, o Método Racional é proposto em bacias de contribuição pequenas de até 3 km<sup>2</sup>, o Método SCS considera áreas de drenagem maiores que 8 km<sup>2</sup>.

#### 3.4.1 Método SCS

A definição do método SCS ao invés do método racional, se justifica pela necessidade em avaliar o volume de cheias de projeto e a distribuição temporal das vazões máximas. O

método do SCS também pode ser aplicado em função do volume de cheias para o dimensionamento de reservatórios, como utilizado neste trabalho.

Primeiramente, é realizada a separação do escoamento por meio do Número de Deflúvio ou da Curva Número (CN), de acordo com os atributos físicos da bacia e os diferentes tipos de uso e ocupação do solo. Foram utilizados dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA SOLOS, 2004), a respeito da caracterização dos solos na Bacia do Canal do Mangue. Correlacionados aos dados de solos, foram obtidas informações da Prefeitura do Rio de Janeiro (2013) quanto ao zoneamento urbano e densidade populacional da região de estudo, para o cálculo do coeficiente de escoamento ponderado.

Os cálculos pelo método SCS foram realizados basicamente em duas etapas: a separação do escoamento, onde é determinada a parcela da precipitação efetiva que esco superficialmente na bacia, e a propagação do volume escoado demonstrado no hidrograma unitário sintético triangular, para determinar o hidrograma de projeto.

Desta forma, a fim de avaliar a chuva de projeto, foram utilizadas as séries históricas de dados pluviométricos entre os anos de 2008 e 2019, conforme os eventos críticos do Sistema Alerta Rio. Posteriormente, foram calculados os valores das vazões de projeto para diferentes durações e períodos de retorno, o que corresponde ao pico dos deflúvios associado a uma precipitação crítica e a um determinado risco assumido.

### 3.4.2 Caracterização dos Solos

Quando a bacia de contribuição é composta por diferentes tipos de cobertura, o valor do CN pode ser estimado pela média ponderada de áreas, de acordo com a Equação VI.

$$\mathbf{CN} = \frac{\sum \mathbf{CN}_i \cdot \mathbf{A}_i}{\sum \mathbf{A}_i} \quad \mathbf{Eq. VI}$$

Onde:

$A_i$  é a área do tipo  $i$  ( $\text{km}^2$ );

$CN_i$  é o coeficiente CN correspondente para a área do tipo  $i$ ;

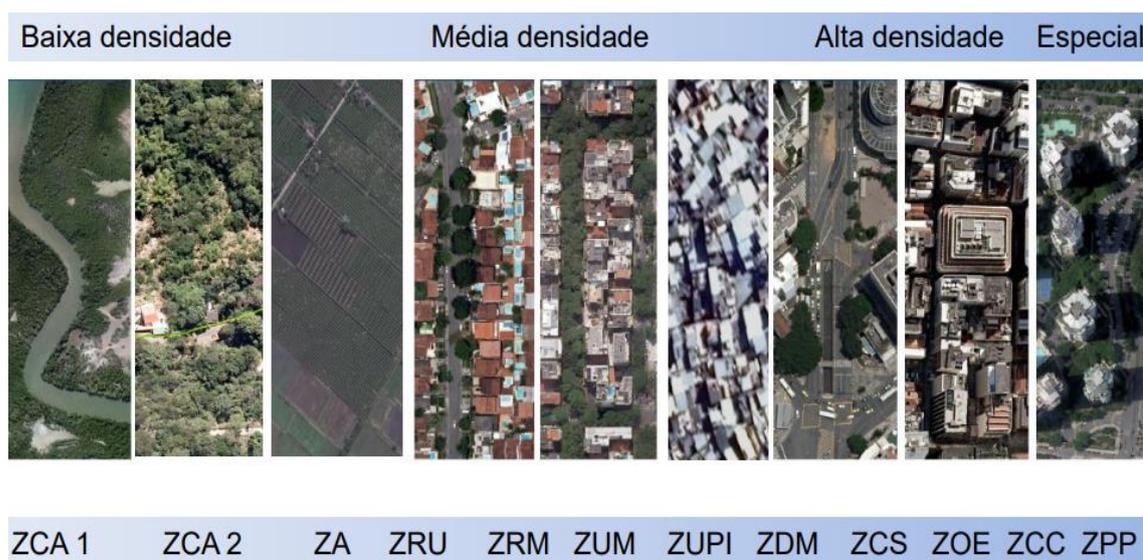
CN é o coeficiente CN resultante.

O Número de Deflúvio ou Curva Número (CN) varia entre 0, para condutividade hidráulica infinita, e 100 para uma bacia totalmente impermeável. A definição do valor de CN

considera valores tabelados, em função do tipo de solo, da umidade antecedente do solo (condições de umidade do solo anterior à precipitação analisada), e do tipo de atividade/ocupação da bacia.

A região de estudo da Grande Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro, está inserida na Área de Planejamento 2 (Figura 12 anterior), de modo a evidenciar que a região engloba os seguintes zoneamentos: Zona Residencial Multifamiliar 2 (ZRM2) que permite algumas atividades de comércio e serviços de apoio e complementariedade ao uso residencial, Zona Comercial e de Serviços (ZCS) onde predominam as atividades comerciais e de prestação de serviços de alcance regional ou municipal, e Zona de Uso Misto (ZUM) onde os usos residencial, comercial, de serviços e industrial podem ocorrer sem predominância. Portanto o zoneamento da região está compreendido entre áreas de média a alta densidade populacional (Figura 55).

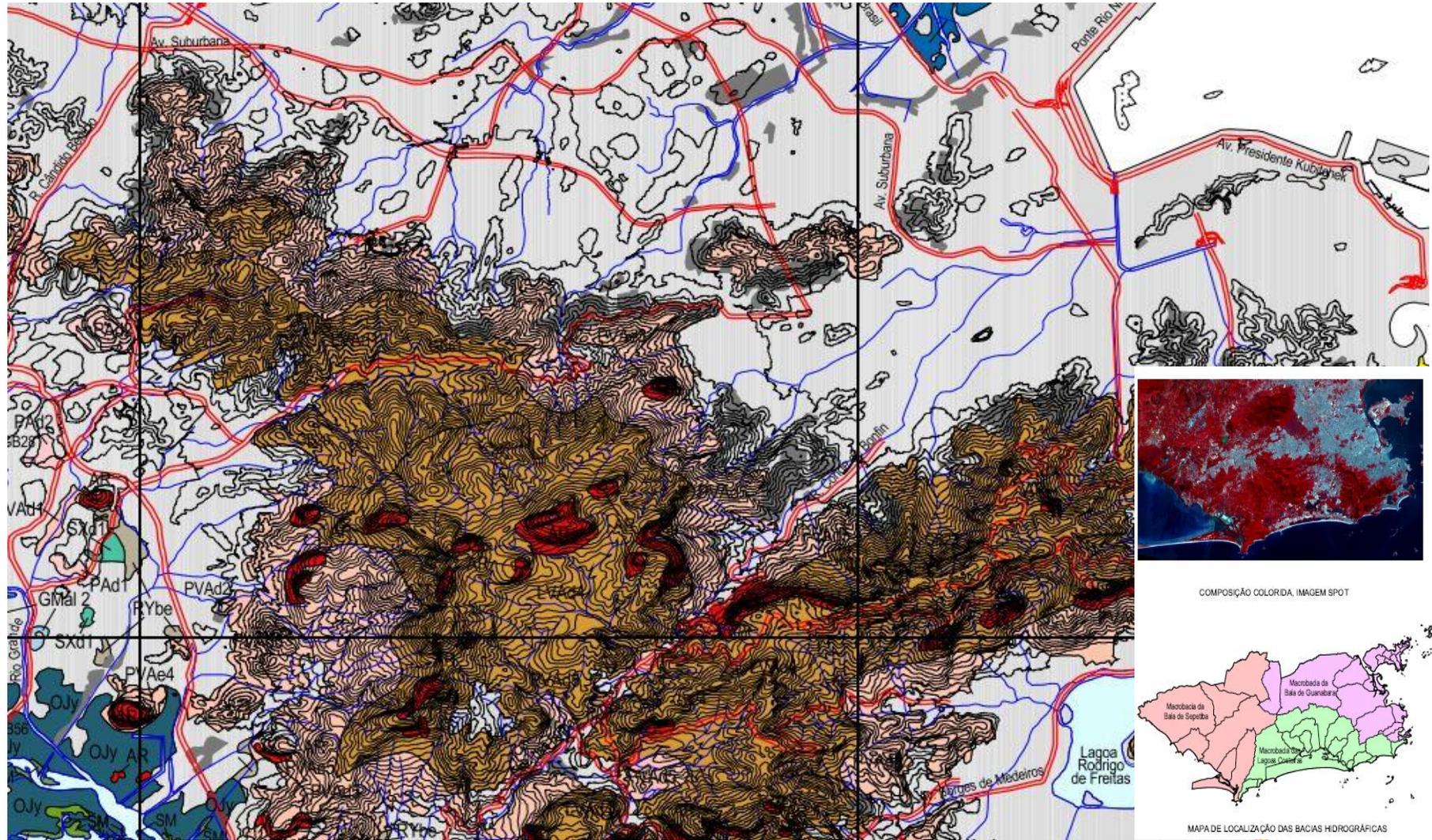
**Figura 55 – Densidades conforme Zoneamento Urbano**



Fonte: PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2013.

Em consulta ao Embrapa Solos (2004), foram identificados os principais tipos de solos da área de estudo, como observado na Figura 56, onde se verifica a predominância de solos do tipo argiloso na região a montante da bacia, nas proximidades do Maciço da Tijuca. Como característica de materiais argilosos, Oliveira e Brito (1998) descrevem sua ocorrência em áreas inundáveis nos períodos chuvosos e sua permeabilidade, com reduzida capacidade de infiltração.

**Figura 56 – Caracterização dos Solos na Bacia do Canal do Mangue**



Fonte: EMBRAPA SOLOS, 2004.

LEGENDA										
CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS			ÁREA		CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS			ÁREA		
			ha	%				ha	%	
PA	PA <sub>d1</sub>	ARGISSOLOS AMARELOS Distróficos	53.40	0.10	LVA	LVA <sub>d1</sub>	LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos	1163.50	1.00	
	PA <sub>d2</sub>		54.20	0.10		LVA <sub>d2</sub>		501.20	0.40	
PVA	PVA <sub>d1</sub>	ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos	676.40	0.60	LVA <sub>d3</sub>			1818.70	1.50	
	PVA <sub>d2</sub>		1650.30	1.40	LVA <sub>d4</sub>			7068.60	5.80	
	PVA <sub>d3</sub>		449.20	0.40	RY	be	NEOSSOLOS FLÚVICOS Tb Eutróficos	1024.50	0.80	
	PVA <sub>d4</sub>		922.60	0.80	RQ	g	NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Hidromórficos	854.90	0.70	
	PVA <sub>d5</sub>		10449.60	8.60	RQ	o	NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Úrticos	426.40	0.40	
	PVA <sub>d6</sub>		547.20	0.40	OJ	y	ORGANOSSOLOS TIOMÓRFICOS Hêmicos	1389.50	1.10	
PVAe	PVAe <sub>1</sub>	ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos	274.40	0.20	OX	yl	ORGANOSSOLOS HÁPLICOS Hêmicos	1423.20	1.20	
	PVAe <sub>2</sub>		1488.40	1.20		xy		2	643.80	0.50
	PVAe <sub>3</sub>		4696.10	3.80		xy		3	295.30	0.20
	PVAe <sub>4</sub>		1128.10	0.90	SX	d1	PLANOSSOLOS HÁPLICOS Distróficos	258.30	0.20	
	PVAe <sub>5</sub>		1616.20	1.30		d2		1512.20	1.20	
	PVAe <sub>6</sub>		143.40	0.10		d3		231.70	0.20	
MR	MR <sub>o</sub>	CHERNOSSOLOS AGILÚVICOS Úrticos	1369.00	1.10	SX	d4		858.00	0.70	
	ESK	ESPODOSSOLOS FERRIHUMILÚVICOS Hidromórficos	666.00	0.50	SX	d5		280.70	0.20	
243.30			0.20	SX	d6	684.60		0.60		
ESK	ESPODOSSOLOS FERRIHUMILÚVICOS Hiperespessos	283.50	0.20	SM		SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE	2577.00	2.10		
GJ	GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS Húmicos	3026.40	2.50	AR		AFLORAMENTOS ROCHOSOS	1254.70	1.00		
GZ	GLEISSOLOS SÁLICOS Úrticos	2264.50	1.90			PRAIA	511.20	0.40		
GM	GLEISSOLOS MELÂNICOS Alíticos	1865.60	1.50			CORPO DE ÁGUA	2227.10	1.80		
		1195.40	1.00						ÁREA URBANA	58173.10
GX	GLEISSOLOS HÁPLICOS Alíticos	1213.00	1.00			ÁREA NÃO MAPEADA	393.60	0.30		
LA	LATOSSOLOS AMARELOS Distróficos	183.50	0.20	<b>ÁREA TOTAL</b>			122031.50	100.00		

Fonte: Adaptado de EMBRAPA SOLOS, 2004.

O método do SCS prevê três condições de umidade antecedente do solo em função da chuva ocorrida nos dias anteriores, corrigindo os valores do parâmetro CN para estas condições. Foi considerada a condição normal II ( $13 \text{ mm} < P_5 \text{ dias} < 53 \text{ mm}$ ), e dados da Tabela 14 na obtenção dos dados de CN para média ponderada.

**Tabela 14 – Valores de CN para bacias urbanas e suburbanas**

DESCRIÇÃO DO USO DO SOLO		TIPOS DE SOLOS			
		A	B	C	D
Espaços Abertos:					
• Matos ou gramas cobrem 75% ou mais da área		39	61	74	80
• Matos cobrem 50 a 75% da área		49	69	79	77
Áreas comerciais (85% impermeáveis)		89	92	94	95
Distritos industriais (72% impermeáveis)		81	88	91	93
Áreas residenciais					
Tamanho do lote (m <sup>2</sup> )	Área impermeável (%)				
< 500	65	77	85	90	92
1000	38	61	75	83	87
1300	30	57	72	81	86
2000	25	54	70	80	85
4000	20	51	68	79	84
Parques e Estacionamentos, telhados, viadutos		98	98	98	98
Arruamentos e estradas					
• Asfaltadas e com drenagem pluvial		98	98	98	98
• Paralelepípedos		76	85	89	91
• Terra		72	82	87	89

Fonte: TUCCI, 2005.

Para o cálculo do CN foi utilizada a Tabela 15 que mostra a classificação dos grupos hidrológicos dos solos e sua capacidade de infiltração pelo método SCS.

**Tabela 15 – Classificação dos grupos hidrológicos dos solos**

<b>GRUPOS</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SOLO</b>	<b>CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO (cm/h)</b>
<b>A</b>	Areias e cascalhos profundos, muito permeáveis, com alta taxa de infiltração, mesmo quando saturados. Teor de argila até 10%.	1,20-0,80
<b>B</b>	Solos arenosos com poucos finos, menos profundos e permeáveis. Teor de argila 10%-20%.	0,80-0,40
<b>C</b>	Solos pouco profundos com camadas subsuperficiais que impedem o fluxo descendente da água, ou solos com porcentagem elevada de argila (20%-30%).	0,40-0,15
<b>D</b>	Solos compostos principalmente de argilas (acima de 30%) ou solos com nível freático elevado, ou solos com camadas argilosas próximas à superfície, ou solos rasos sobre camadas impermeáveis.	0,15-0,00

Fonte: Adaptado de CANHOLI, 2005.

Com a Tabela 16 de classes de uso e cobertura do solo e seus respectivos grupos de potencial de infiltração relativo, foi escolhido o grupo D de solos predominantemente argilosos para o cálculo do CN.

**Tabela 16 – Classes de uso e cobertura dos solos**

<b>GRUPOS</b>	<b>CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO (cm/h)</b>	<b>CLASSES</b>
<b>Potencial Alto</b>	$> 1,20$	Floresta; Floresta alterada
<b>Potencial Restrito</b>	$1,20 \leq 0,80$	Campo antrópico; Área urbana não consolidada
<b>Potencial Muito Restrito</b>	0,80	Solo exposto
<b>Potencial Condicionado</b>	0,15	Áreas úmidas; Vegetação em parques públicos
<b>Sem Potencial</b>	0,00	Áreas urbanas
<b>Escoamento Superficial</b>	0,00	Afloramento rochoso
<b>Áreas de Acumulação</b>	0,00	Águas continentais

Fonte: Adaptado de NASCIMENTO *et al.*, 2017.

De acordo com Oliveira e Botelho (2014), são relacionadas as alterações antrópicas em cursos de água, e o potencial de ocorrência de enchentes na bacia do Canal do Mangue. A Tabela 17 mostra a distribuição das classes do solo na referida bacia, conforme a área ocupada.

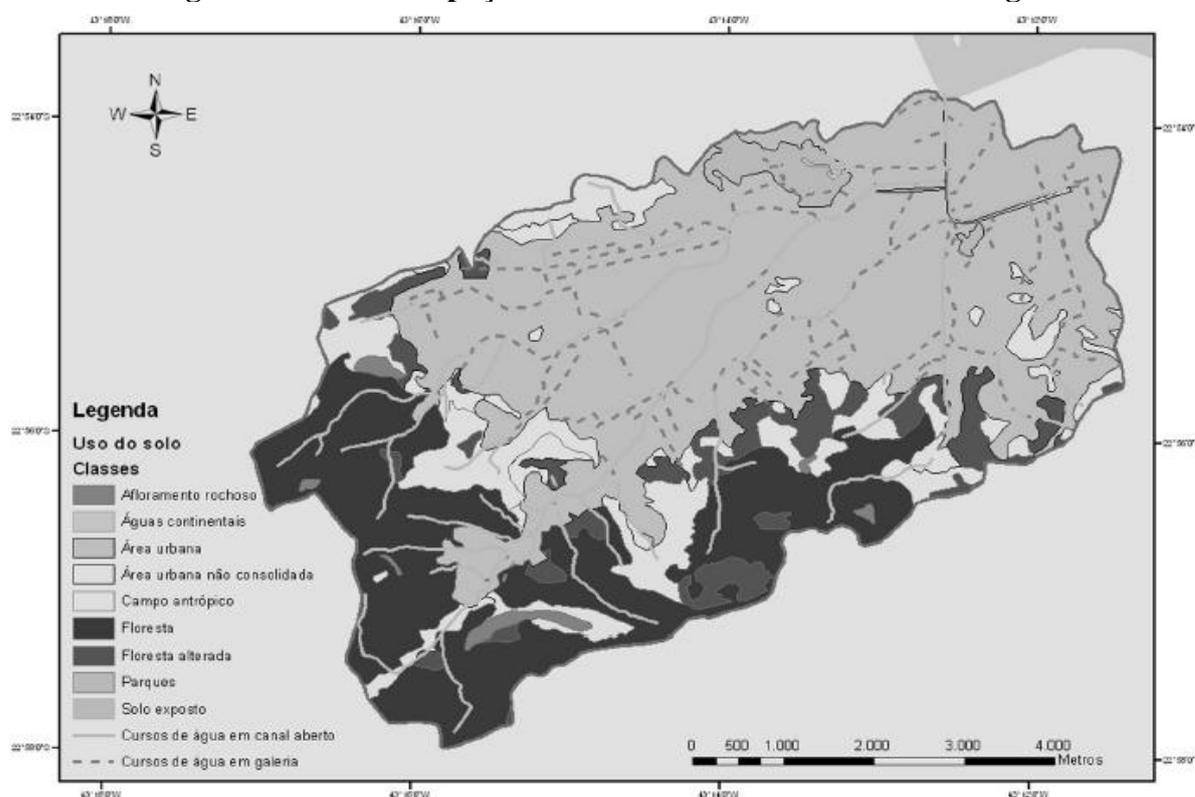
Tabela 17 – Distribuição das Classes na Bacia do Canal do Mangue

CLASSES	ÁREA OCUPADA (km <sup>2</sup> )	ÁREA OCUPADA (%)
Área urbana	23,56	51,89
Floresta	11,00	24,22
Campo Antrópico	5,07	11,18
Floresta Alterada	3,22	7,10
Área urbana não consolidada	1,17	2,57
Vegetação em parques públicos	0,77	1,70
Afloramento rochoso	0,40	0,88
Águas continentais e ambientes estuarinos	0,14	0,31
Solo exposto e área de mineração	0,06	0,14
<b>TOTAL</b>	<b>45,40</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2011.

A Figura 57 mostra o uso do solo na área de estudo, conforme as classes apresentadas na Tabela 25.

Figura 57 - Uso e ocupação do solo na Bacia do Canal do Mangue



Fonte: OLIVEIRA e BOTELHO, 2014.

Através da Equação VI, foi determinado o CN ponderado de 87. O potencial máximo de armazenamento do solo (mm), considerando perdas iniciais de 20% da capacidade máxima de armazenamento do solo, é mostrada na Equação VII.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad \text{Eq. VII}$$

Onde:

S é a capacidade de armazenamento do solo (mm);

CN é o coeficiente CN resultante.

Com o valor de CN igual a 87, foi obtido 37,95 mm de capacidade de armazenamento do solo.

### 3.4.3 Precipitação Efetiva e Hidrograma Unitário

O método SCS foi baseado em estudos que buscam correlacionar a precipitação total e a efetiva. Desta forma, a Equação VIII mostra como deve ser realizado o cálculo da precipitação efetiva a partir dos valores de perdas iniciais, e em função da capacidade de armazenamento do solo.

$$P_{ef} = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S} \quad \text{Eq. VII}$$

Onde:

$P_{ef}$  é a precipitação efetiva acumulada (mm);

P é a precipitação total acumulada (mm);

S é a capacidade de armazenamento do solo (mm).

Para o cálculo da  $P_{ef}$ , foram considerados os eventos de precipitação listados pelo Alerta Rio na Tabela 8 da presente pesquisa. Obteve-se então uma precipitação efetiva para os principais eventos ocorridos nos anos de 2008 a 2019 (Tabela 18).

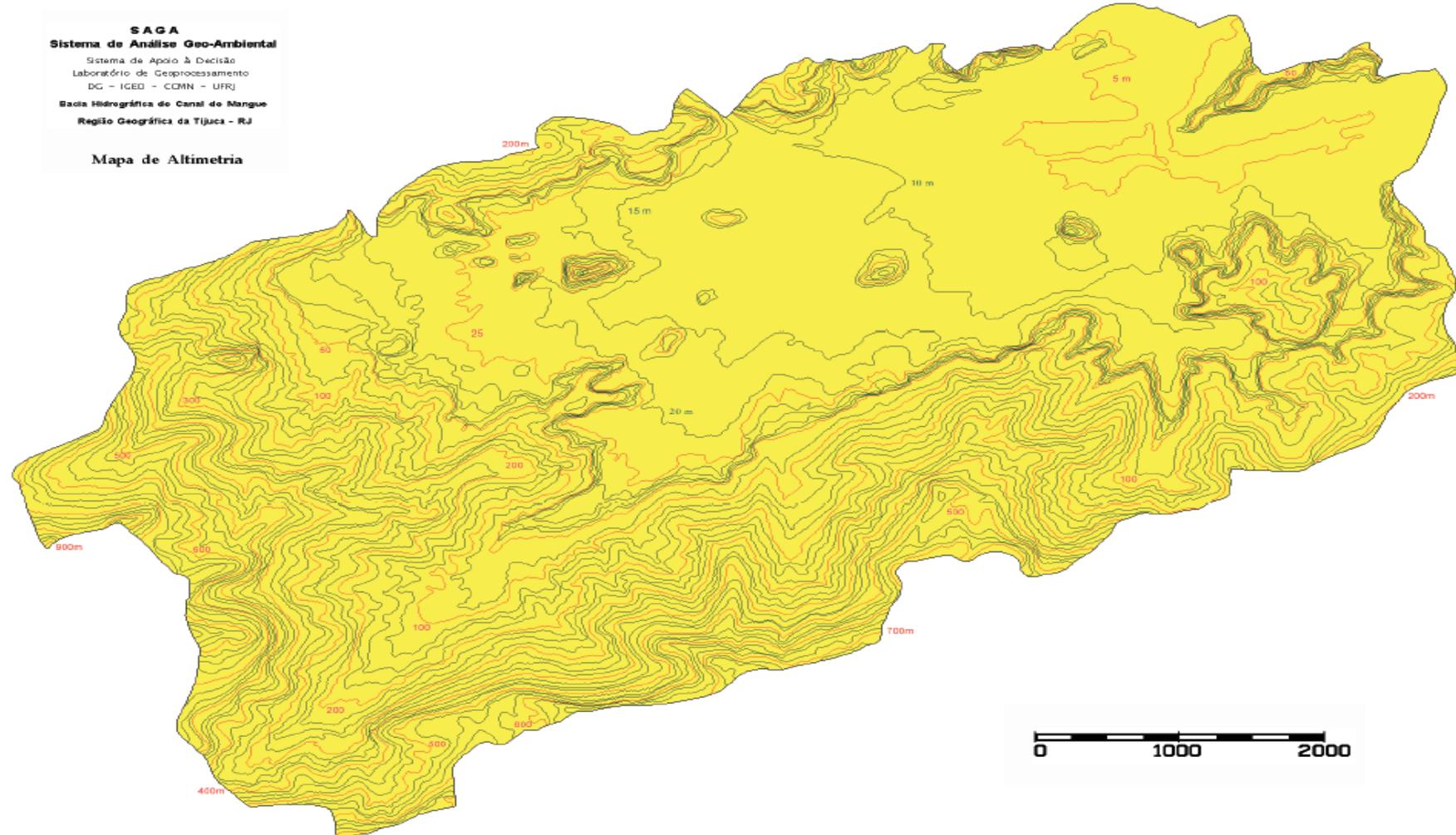
**Tabela 18 – Valores de Precipitação Efetiva (Eventos Alerta-Rio de 2008-2019)**

<b>ANO</b>	<b>PRECIPITAÇÃO MÁXIMA ACUMULADA (mm)</b>	<b>PRECIPITAÇÃO EFETIVA ACUMULADA (mm)</b>
<b>2008</b>	149,00	111,49
<b>2009</b>	151,60	113,97
<b>2010</b>	431,40	388,98
<b>2011</b>	243,40	203,12
<b>2012</b>	91,40	53,97
<b>2013</b>	147,40	109,96
<b>2014</b>	108,20	73,05
<b>2015</b>	81,40	48,75
<b>2016</b>	156,60	118,76
<b>2017</b>	151,00	113,40
<b>2018</b>	77,80	45,57
<b>2019</b>	248,80	208,42

Fonte: AUTORA, 2020.

Segundo Studart (2006) o tempo de concentração ( $t_c$ ) é definido pelo intervalo entre o início da precipitação até que toda a bacia hidrográfica correspondente passe a contribuir na seção de estudo. Para o cálculo do tempo de concentração ( $t_c$ ), necessita-se saber os valores do maior desnível da bacia e o comprimento do talvegue principal. A Figura 58 apresenta as curvas de nível e o maior desnível na Bacia do Canal do Mangue utilizado nos cálculos hidrológicos.

Além disso, os rios Maracanã, Joana, Trapicheiros, Comprido e Papa-Couve contribuem na drenagem bacia hidrográfica do Canal do Mangue. Considerando o rio Maracanã com a maior extensão entre os demais, este corpo hídrico também recebe contribuições de outros afluentes da bacia e, portanto, foi considerado como talvegue principal nos cálculos referentes ao tempo de concentração.

**Figura 58 – Curvas de Nível da Bacia do Canal do Mangue**

Fonte: MELLO FILHO, 2003.

Na elaboração do Hidrograma Unitário, foi necessário estimar valores específicos relacionados ao tempo de concentração ( $t_c$ ) a partir da Equação IX (STUDART, 2006).

$$t_c = 85,2 \cdot \left(\frac{L^3}{\Delta H}\right)^{0,385} \quad \text{Eq. IX}$$

Onde:

( $t_c$ ) é o tempo de concentração (min);

(L) é o comprimento do talvegue principal (km);

( $\Delta H$ ) é o maior desnível na bacia (m).

Em seguida, a Equação X (STUDART, 2006) mostra o tempo de pico ( $t_p$ ).

$$t_p = 0,5 \cdot t_r + 0,6 \cdot t_c \quad \text{Eq. X}$$

Onde:

( $t_p$ ) é o tempo de pico (h);

( $t_r$ ) é o tempo da chuva (h);

( $t_c$ ) é o tempo de concentração (min).

Por fim, o tempo de base ( $t_b$ ) é demonstrado através da Equação XI (STUDART, 2006).

$$t_b = 2,67 \cdot t_p \quad \text{Eq. XI}$$

Onde:

( $t_b$ ) é o tempo de base (h);

( $t_p$ ) é o tempo de pico (h);

Foram adotados os valores de precipitação e área da bacia, como:

- Precipitação = 1 mm
- Área da bacia = 45,40 km<sup>2</sup>

Após estimar o tempo de concentração da bacia ( $t_c$ ) em 1,23horas a partir da Equação IX, foram obtidos os valores:

- Tempo de pico ( $t_p$ ) = 0,86 h
- Tempo de base ( $t_b$ ) = 2,29 h

Para a elaboração do Hidrograma Unitário, utilizou-se a Equação XII (STUDART, 2006) a seguir:

$$Q_p = \frac{2 \cdot P \cdot A}{t_b} \quad \text{Eq. XII}$$

Onde:

( $Q_p$ ) é a vazão de pico ( $m^3/s$ );

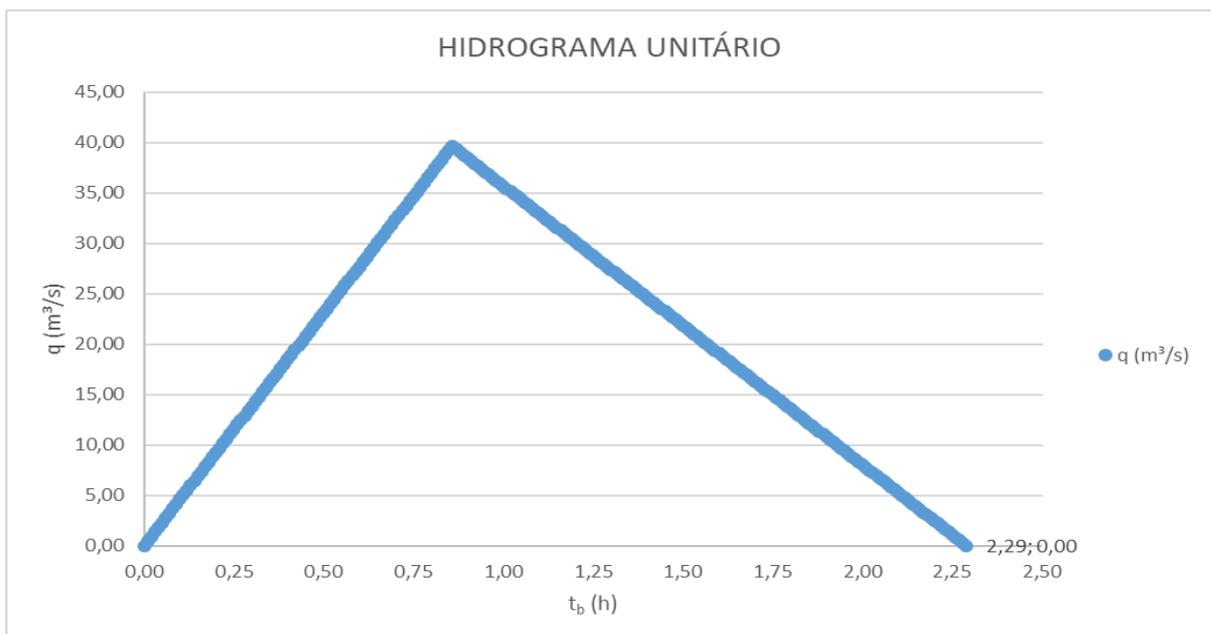
( $P$ ) é a precipitação (mm);

( $A$ ) é a área da bacia ( $km^2$ );

( $t_b$ ) é o tempo de base (h).

Com os cálculos realizados no Excel, foram obtidos os valores de tempo de base e vazão de pico, como mostrado pelo Hidrograma unitário da Figura 59. Para uma vazão de pico estimada em  $39,64 m^3/s$ , o tempo de pico ( $t_p$ ) foi de 0,86 h, ou seja, aproximadamente 52 min. Admite-se que esta precipitação seja uniformemente distribuída sobre a bacia e a área do triângulo correspondente ao volume unitário de escoamento superficial direto.

**Figura 59 – Hidrograma unitário**



Fonte: AUTORA, 2020.

## 3.4.4 Tempo de Retorno e Equação IDF

A partir da Equação III contida na presente pesquisa, foram substituídos os valores dos parâmetros ajustados para a região da Tijuca, conforme a Tabela 19.

**Tabela 19 – Parâmetros das Estações Pluviométricas para a Equação IDF**

<b>ESTAÇÃO</b>	<b>SÉRIE (anos)</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>Anchieta</b>	17	2355,79	0,1900	31,60	0,8949	0,9964
<b>Bangu</b>	17	8398,17	0,1845	40,71	1,1534	0,9960
<b>Campo Grande</b>	17	3763,91	0,2212	72,80	0,9038	0,9910
<b>Cidade de Deus</b>	17	1306,84	0,1889	19,46	0,7938	0,9969
<b>Copacabana</b>	17	2140,17	0,1858	59,06	0,7951	0,9899
<b>Gericinó</b>	17	11547,8	0,1965	61,63	1,1501	0,9960
<b>Grajaú</b>	17	5274,55	0,2025	52,18	0,9844	0,9950
<b>Grande Méier</b>	17	1080,84	0,1991	13,79	0,7373	0,9961
<b>Grota Funda</b>	17	478	0,1973	15,35	0,5765	0,9919
<b>Guaratiba</b>	16	1107,14	0,2174	14,35	0,8000	0,9950
<b>Ilha do Governador</b>	16	1125,79	0,2317	11,24	0,7673	0,9941
<b>Irajá</b>	17	2181,48	0,1757	40,07	0,8451	0,9954
<b>Itanhangá</b>	15	1949,98	0,1654	40,71	0,8027	0,9965
<b>Jardim Botânico</b>	17	1217,8	0,1905	22,66	0,7496	0,9963
<b>Laranjeiras</b>	13	8518,56	0,2098	60,99	1,0953	0,9940
<b>Madureira</b>	17	2037,43	0,1940	30,02	0,8384	0,9953
<b>Mendanha</b>	12	531,79	0,1671	7,06	0,6272	0,9975
<b>Penha</b>	16	825,89	0,1916	14,85	0,7131	0,9964
<b>Piedade</b>	17	2028,23	0,1734	35,82	0,8190	0,9956
<b>Recreio</b>	17	6396,55	0,1891	50,25	1,0657	0,9957
<b>Riocentro</b>	17	1886,83	0,1842	37,42	0,7809	0,9947
<b>Rocinha</b>	17	10591,3	0,1893	77,35	1,0864	0,9939
<b>Santa Cruz</b>	17	6455,6	0,1711	45,89	1,0501	0,9969
<b>Santa Teresa</b>	17	2076,52	0,2038	40,21	0,8488	0,9944
<b>São Cristóvão</b>	17	1914,43	0,2357	26,59	0,8403	0,9935
<b>Saúde</b>	17	1222,52	0,1771	25,00	0,7499	0,9959
<b>Sepetiba</b>	17	1041,34	0,1989	19,14	0,7644	0,9954
<b>Sumaré</b>	12	1168,19	0,2066	19,94	0,6969	0,9953
<b>Tanque</b>	17	1896,25	0,2230	19,49	0,8627	0,9950
<b>Tijuca</b>	17	712,39	0,2050	15,48	0,6418	0,9953
<b>Urca</b>	17	1999,11	0,1868	31,01	0,8694	0,9967
<b>Vidigal</b>	17	2018,31	0,2000	26,65	0,8547	0,9959

Fonte: Adaptado de BRAGA, 2016.

Assim, a Equação III passou a ter os seguintes valores:  $I = \frac{712,39 \cdot TR^{0,2050}}{(t+15,48)^{0,6418}}$

Para a estimativa de precipitação máxima, foram considerados os tempos de retorno de 100, 150 e 200 anos. Com relação ao valor da chuva crítica, foi utilizado o mesmo critério informado no PDMAP (2014), sendo  $t = 2$  horas. Portanto, a Equação III passou a ter os seguintes valores:

$$I = \frac{712,39 \cdot TR^{0,2050}}{(120 + 15,48)^{0,6418}}$$

Onde:

(TR) é o tempo de retorno de 100, 150 e 200 anos;

(I) é a intensidade da precipitação em mm/h;

(t) é a duração de 120 minutos e;

(a, b, c, d) são os parâmetros ajustados para a região.

Conforme mencionado anteriormente, o reservatório da Praça da Bandeira foi projetado para receber apenas a água excedente do entorno. De acordo com Aluízio Canholi, coordenador do Plano Diretor de Drenagem Urbana do Rio de Janeiro, o reservatório em questão tem a capacidade de suportar no máximo de 1 hora, o equivalente a 50 mm de precipitação. Portanto, foram apresentados os valores de precipitação ocorridos entre 2008 e 2019, como mostra a Tabela 20, com precipitação máxima para o período de 1 hora.

**Tabela 20 – Precipitação Máxima em 1 hora**

MESES/ ANOS	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	NOVEMBRO	DEZEMBRO
<b>2008</b>	47,00	11,20	50,00	16,40	48,80	20,60
<b>2009</b>	41,80	35,20	25,00	22,20	28,00	32,40
<b>2010</b>	57,00	29,80	58,40	40,40	12,60	49,60
<b>2011</b>	29,20	26,20	9,60	60,40	4,40	21,60
<b>2012</b>	13,40	4,40	11,00	14,20	8,80	6,20
<b>2013</b>	54,20	14,40	63,00	12,80	15,20	42,40
<b>2014</b>	9,80	7,80	14,60	18,00	9,80	5,60
<b>2015</b>	41,20	18,00	37,40	16,40	23,20	11,80
<b>2016</b>	15,20	37,40	86,40	8,00	15,00	22,00
<b>2017</b>	26,40	12,20	6,20	5,40	9,00	21,00
<b>2018</b>	8,40	56,80	17,80	32,60	19,60	24,80
<b>2019</b>	27,00	32,20	40,20	61,00	31,80	23,80

Fonte: AUTORA, 2020 (Informações extraídas de Relatório Anual de Chuvas 2008-2019).

Sendo assim, foram aplicados os valores de tempo de retorno (100, 150 e 200 anos) na Equação III, com os seguintes resultados:

- Para um TR de 100 anos, estima-se uma precipitação de 78,43 mm/h;
- Para um TR de 150 anos, estima-se uma precipitação de 85,23 mm/h;
- Para um TR de 200 anos, estima-se uma precipitação de 90,40 mm/h.

Em notícia de 07 de fevereiro de 2020, o jornal O GLOBO informou a respeito dos transtornos ainda existentes na região da Grande Tijuca. “Segundo o presidente da Rio-Águas, foram iniciados, em outubro do ano passado, estudos para avaliar a necessidade de novas intervenções na drenagem da região”. De acordo com o presidente da Rio-Águas, “As redes foram dimensionadas para suportar picos de chuvas calculados em cima de registros de um período de 25 anos. Mas temos tido índices que não se viam há 35”.

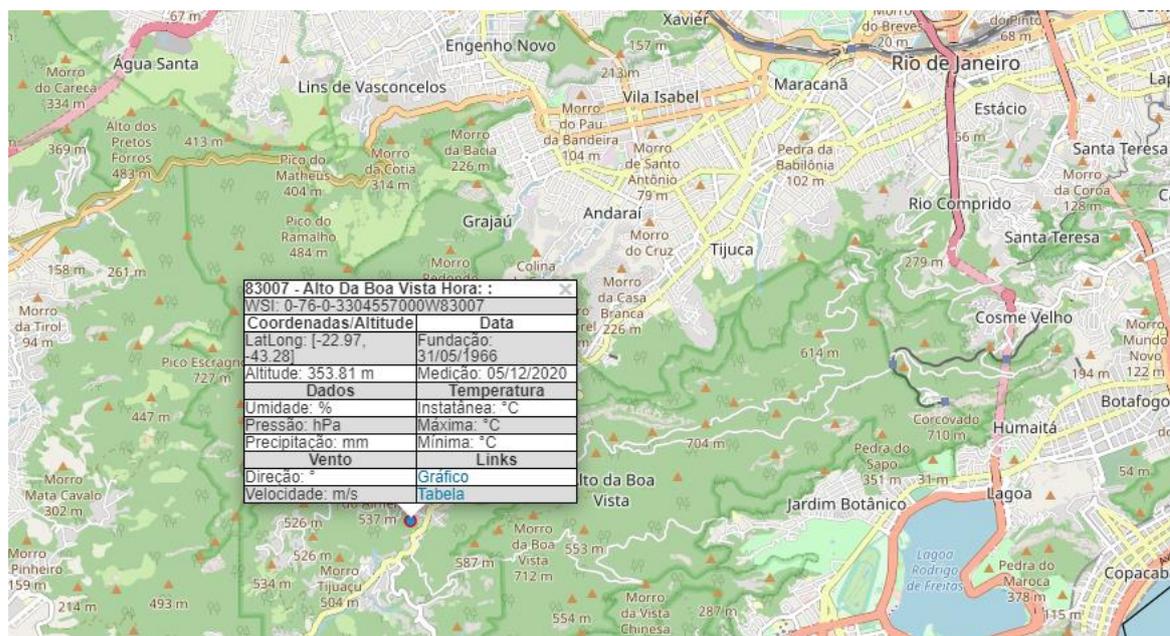
Portanto, verifica-se a necessidade de novos estudos que considerem tempos de retorno maiores que o valor dimensionado para os projetos da Tijuca, uma vez que é possível notar intensidades de precipitação acima da capacidade dos sistemas de drenagem implantados.

### 3.5 Estatística aplicada à Hidrologia

Considerando a necessidade de planejamento adequado da bacia hidrográfica em meio urbano, observa-se a dificuldade de se conhecer o comportamento futuro dos processos que interagem com o sistema hidrológico. Nesse sentido, é importante lembrar que nenhum processo hidrológico é puramente determinístico, ou seja, em sua grande maioria estão sujeitos à ação de fatores aleatórios. Desta forma, os processos estocásticos são aqueles que podem ser tratados através das leis de probabilidade e estatística.

#### 3.5.1 Dados Meteorológicos

Para compor os cálculos estatísticos, foram selecionados os dados meteorológicos da estação mais próxima da área de estudo. Portanto a Figura 60 apresenta a localização da Estação do Alto da Boa Vista, segundo o Sistema Alerta Rio, escolhida por sua proximidade com a área de interesse e por estar localizada à montante da bacia hidrográfica estudada, tendo grande influência para os cálculos realizados.

**Figura 60 – Estação Meteorológica do Alto da Boa Vista**

Fonte: ALERTA RIO, 2020.

Foram pesquisados os parâmetros de temperatura, pressão, direção do vento, umidade e velocidade do vento, em função da necessidade de relacionar estes parâmetros nos cálculos estatísticos e probabilísticos. Juntamente a esses dados, foram selecionadas as precipitações dos eventos críticos, também disponibilizados pelo Sistema Alerta Rio, de acordo com a Tabela 10.

Nesse sentido, a partir da compilação dos dados referentes à Estação Pluviométrica da Tijuca e os dados da Estação Meteorológica do Alto da Boa Vista, entre os anos de 2008 e 2019, obteve-se a Tabela 21.

**Tabela 21 – Dados Meteorológicos e Pluviométricos dos Eventos Críticos**

ANO	PRECIPITAÇÃO MÁXIMA ACUMULADA (mm)	EVENTO	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	UMIDADE MÉDIA (%)
2008	149	13/03 (21:00) a 16/03 (03:00)	-	-
2009	151.6	21/01 (04:00) a 22/01 (23:00)	-	-
2010	431.4	04/04 (16:08) a 10/04 (20:18)	-	-
2011	243.4	25/04 (17:45) a 27/04 (09:00)	19.9	96
2012	91.4	07/06 (12:00) a 10/06 (00:30)	16.7	97
2013	147.4	17/03 (16:00) a 18/03 (14:15)	21.4	-
2014	108.2	14/04 (07:40) a 16/04 (09:10)	19.8	-
2015	81.4	22/03 (14:45) a 23/03 (04:30)	20.9	98
2016	156.6	12/03 (11:30) a 13/03 (14:30)	23.2	95
2017	151	19/06 (22:45) a 22/06 (04:30)	18.5	96
2018	77.8	07/11 (18:45) a 08/11 (21:30)	-	-

<b>2019</b>	248.8	08/04 (15:15) a 10/04 (16:00)	22.4	97
-------------	-------	-------------------------------	------	----

Fonte: AUTORA, 2020 (Informações extraídas do Sistema Alerta Rio).

Sabe-se ainda que existem diversas técnicas de preenchimento de falhas, como por exemplo os dados estimados a partir de outras estações meteorológicas vizinhas, localizadas próximas à área de estudo ou com características similares. Por outro lado, essas técnicas apresentam resultados satisfatórios, quando utilizadas em preenchimento de falhas mensais e anuais. Sendo assim, conforme apontam outros autores como Fill (1987) e Bertoni e Tucci (2007), *apud* Oliveira, Fioreza, Medeiros e Silva (2010, p. 1187), esta técnica não é recomendada para o preenchimento de falhas de dados diários.

Portanto, a presente pesquisa utiliza apenas os dados entre 2011 a 2019 considerando as falhas de dados de umidade existentes, e os eventos considerados mais expressivos pelo Sistema Alerta Rio no referido período.

### 3.5.2 Média, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação

Primeiramente, foi utilizado o Excel para os cálculos de média, desvio padrão e coeficiente de variação. Assim, a partir dos valores de precipitação, temperatura e umidade disponíveis no Sistema Alerta Rio, foram analisados os dados correspondentes aos eventos críticos entre 2008 e 2019.

Para apresentar os valores calculados, é primordial demonstrar como a média e o desvio padrão atuam no tratamento dos dados da pesquisa. De acordo com Guimarães (2011, p. 07) “O mais importante parâmetro de localização é a média ou valor médio e representa o cento de gravidade do sistema”. É caracterizada neste estudo a partir da Equação XIII.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{Eq. XIII}$$

Onde:

( $\bar{x}$ ) é a média;

( $x_i$ ) são os dados (precipitação, temperatura e umidade);

(n) número total de dados.

Conforme explica Guimarães (2011), a dispersão pode ser definida como a posição dos dados em relação a um determinado referencial. Portanto, quando a média é tratada como

referência, a dispersão indica o modo como os dados se apresentam em torno do valor médio. Assim, ao verificar grande dispersão, significa que os desvios dos dados em relação à média são expressivos. A Equação XIV apresenta o desvio padrão:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad \text{Eq. XIV}$$

Onde:

(S) é o desvio padrão;

(x<sub>i</sub>) são os dados (precipitação, temperatura e umidade);

( $\bar{x}$ ) é a média;

(n) número total de dados.

Segundo explica Guimarães (2011), o coeficiente de variação é um parâmetro adimensional capaz de medir a variabilidade da amostra, como mostra a Equação XV.

$$C = \frac{S}{\bar{x}} \times 100 \% \quad \text{Eq. XV}$$

Onde:

(C) é o coeficiente de variação;

(S) é o desvio padrão;

( $\bar{x}$ ) é a média.

Além disso, Guimarães (2011, p. 11) explica que “quanto maior o coeficiente de variação, maior é o desvio padrão em relação à média, isto é, mais dispersos estão os dados em torno da média”. Com o uso da ferramenta Estatística Descritiva do Excel, através das Equações XIII, XIV e XV, foram calculados os valores, como mostra a Tabela 22.

**Tabela 22 – Estatística Descritiva de Dados Pluviométricos e Meteorológicos**

ANÁLISE DOS EVENTOS CRÍTICOS	PRECIPITAÇÃO		
	MÉDIA ACUMULADA (mm)	TEMPERATURA MÉDIA (°C)	UMIDADE MÉDIA (%)
MÉDIA	145,11	20,35	96,5
DESVIO PADRÃO	64,64	2,10	1,05

<b>COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)</b>	44,54	10,34	1,09
------------------------------------	-------	-------	------

Fonte: AUTORA, 2021.

A partir do tratamento de dados meteorológicos e pluviométricos, observou-se que dentre os resultados de desvio padrão obtidos, os parâmetros de umidade e temperatura possuem grande representatividade, ou seja, demonstram baixa variação em torno da média. No entanto, o parâmetro de precipitação analisado obteve uma expressiva variação, com base no valor médio.

Por fim, os dados de pressão, velocidade e direção do vento não foram estudados, uma vez que não se dispõe das informações necessárias a respeito da medição destes parâmetros.

### 3.6 Regressão Linear e Correlação entre Variáveis

Conforme o Manual Operacional para a Regressão Linear do autor Manuel António Matos (1995), “a regressão nasce da tentativa de relacionar um conjunto de observações de certas variáveis, designadas genericamente por  $X_k$  ( $k=1..p$ ), com as leituras de uma certa grandeza  $Y$ ”. De acordo com o autor, no caso da regressão linear, a equação utilizada é definida por  $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p$ .

A partir do conceito dado pelo referido autor, foi desenvolvido um modelo de regressão linear no programa Excel, com as variáveis: Precipitação Máxima Acumulada (mm), Temperatura Média ( $^{\circ}\text{C}$ ) e Umidade Média (%). Seus valores foram extraídos da Tabela 29 (Dados Meteorológicos e Pluviométricos dos Eventos Críticos), onde optou-se pela aplicação do método das médias para o preenchimento das falhas observadas.

Desta forma, obteve-se o modelo de regressão linear, como mostra a Equação XVI:

$$Y = 1845,382306 + 10,09270432 X_1 - 19,74774848 X_2 \quad \text{Eq. XVI}$$

Onde:

(Y) é a variável dependente (precipitação);

(X1) é a variável independente (temperatura média);

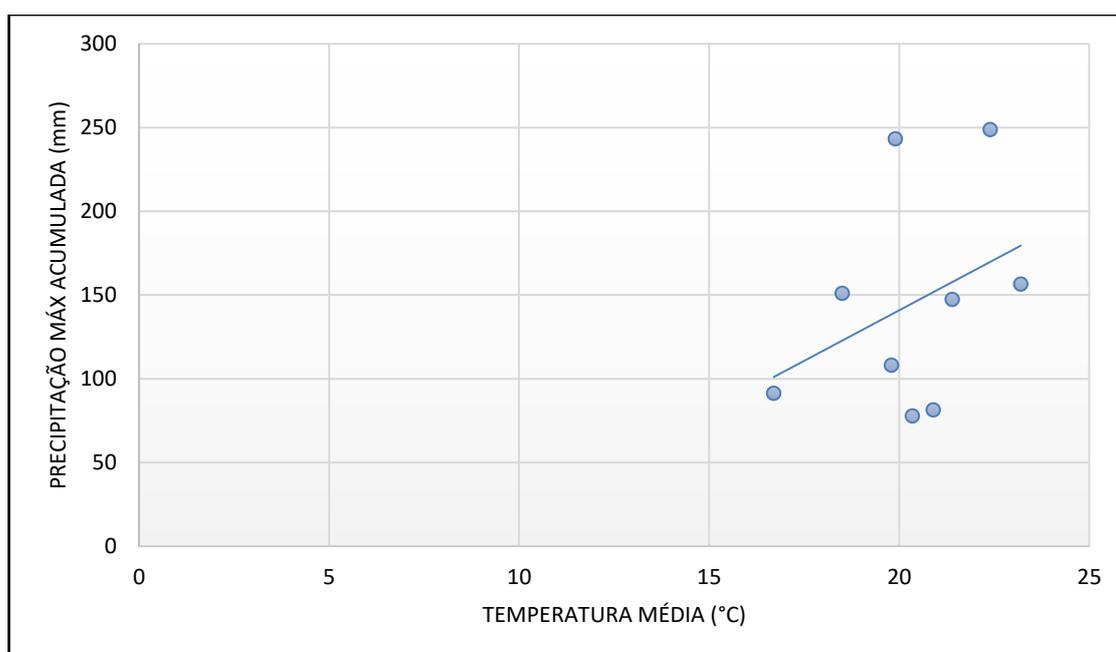
(X2) é a variável independente (umidade média).

Após definir a equação do modelo de regressão linear, foram estimados valores para X1 e X2. Nesta etapa, determinou-se o valor máximo de precipitação de 50 mm considerando um evento de 1 hora de duração, no qual levou-se em conta o projeto do Reservatório da Praça da Bandeira que, segundo informações obtidas, o referido sistema possui tal capacidade máxima de suporte.

Por meio da ferramenta *Análise de Dados* do programa Excel, foi calculado o valor de 0,44 do R-múltiplo, ou seja, a correlação entre as variáveis. Sabe-se ainda que, para valores de R entre 0 e 0,30 a correlação é considerada fraca, entre 0,30 e 0,60 define-se uma correlação média, entre 0,60 e 0,90 são valores de alta correlação e, quanto mais próximos de 1, maior será a correlação existente entre as variáveis analisadas. Portanto, os valores de Precipitação Máxima Acumulada (mm), Temperatura Média (°C) e Umidade Média (%) possuem correlação média.

Além dos cálculos, foi desenvolvido um gráfico que demonstra a correlação entre as variáveis. O Diagrama de Dispersão é um tipo de gráfico capaz de identificar entre duas variáveis a existência de possíveis relações entre elas. O Gráfico 13 demonstra a correlação entre os valores de Precipitação Máxima Acumulada (mm) e os valores de Temperatura Média (°C) entre 2011 e 2019.

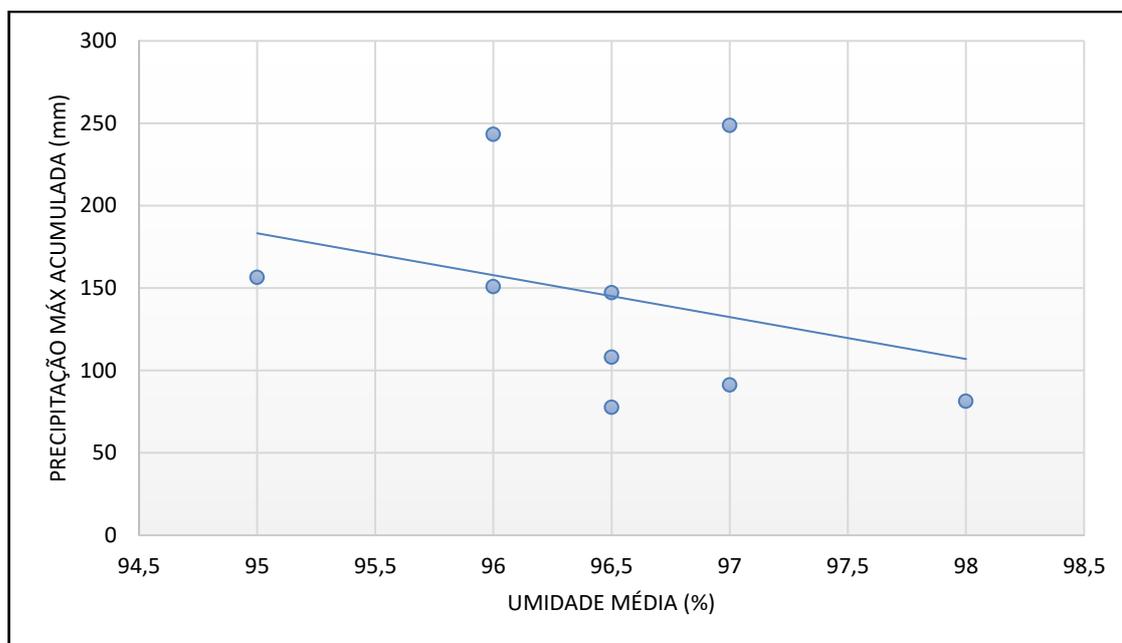
**Gráfico 13 – Correlação entre Precipitação Máx. Acumulada e Temperatura**



Fonte: AUTORA, 2021.

De maneira similar, o Gráfico 14 apresenta a correlação entre os valores de Precipitação Máxima Acumulada (mm) e os valores de Umidade Média (%) no mesmo período, ambos com base nos dados da Tabela 29 da presente pesquisa.

**Gráfico 14 – Correlação entre Precipitação Máx. Acumulada e Umidade**



Fonte: AUTORA, 2021.

Portanto, a partir da análise da média correlação entre as variáveis selecionadas, não se pode afirmar que apenas ajustes nos valores de Temperatura Média (°C) e Umidade Média (%) em um evento com 1 hora de duração e 50 mm de precipitação estimada, são os únicos fatores/parâmetros que devem ser considerados.

Além disso, verificou-se por meio dos Gráficos de Dispersão, pontos fora da linha de tendência denominados *outliers*. Estes, por sua vez, são caracterizados por estar fora da normalidade e devem ser descartados, para que a interpretação final dos resultados seja prejudicada.

### 3.7 Previsão de Médias de Precipitação

Com base nos valores da Tabela 20, de médias mensais de precipitação no período de 1 hora, é possível estimar uma previsão de precipitações médias futuras utilizando a ferramenta *Planilha de Previsão* do programa Excel. Sendo assim, obteve-se a Tabela 23 que demonstra a

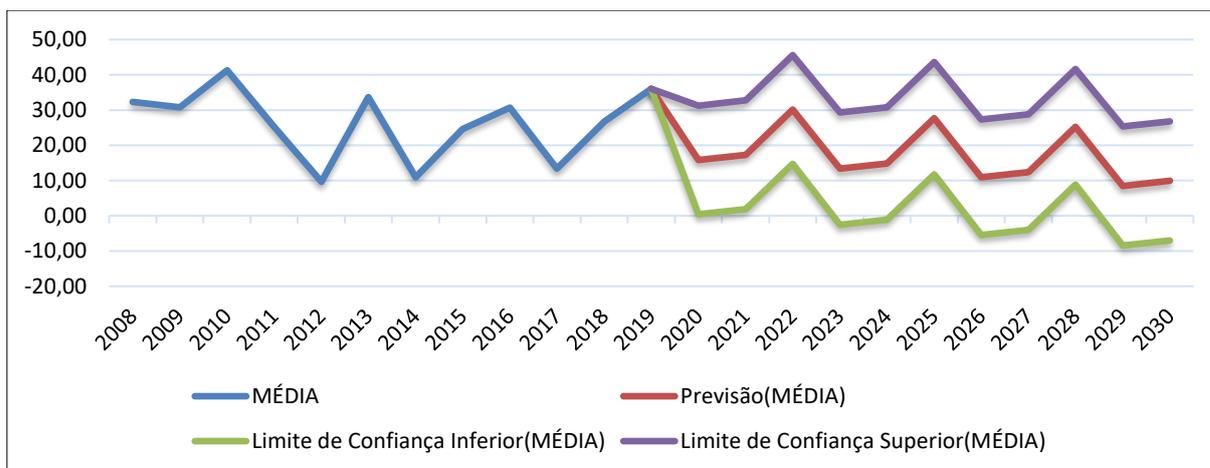
previsão de valores médios de precipitação com limites de confiança acima e abaixo das médias estimadas até o ano de 2030.

**Tabela 23 – Previsão das Precipitações Médias com duração de 1 hora**

<b>ANO</b>	<b>MÉDIA</b>	<b>Previsão (MÉDIA)</b>	<b>Limite de Confiança Inferior (MÉDIA)</b>	<b>Limite de Confiança Superior (MÉDIA)</b>
<b>2008</b>	32,33	-	-	-
<b>2009</b>	30,77	-	-	-
<b>2010</b>	41,30	-	-	-
<b>2011</b>	25,23	-	-	-
<b>2012</b>	9,67	-	-	-
<b>2013</b>	33,67	-	-	-
<b>2014</b>	10,93	-	-	-
<b>2015</b>	24,67	-	-	-
<b>2016</b>	30,67	-	-	-
<b>2017</b>	13,37	-	-	-
<b>2018</b>	26,67	-	-	-
<b>2019</b>	36,00	36,00	36,00	36,00
<b>2020</b>	-	15,85	0,42	31,28
<b>2021</b>	-	17,31	1,88	32,74
<b>2022</b>	-	30,16	14,74	45,59
<b>2023</b>	-	13,39	-2,54	29,31
<b>2024</b>	-	14,85	-1,07	30,77
<b>2025</b>	-	27,70	11,78	43,63
<b>2026</b>	-	10,93	-5,49	27,34
<b>2027</b>	-	12,39	-4,03	28,80
<b>2028</b>	-	25,24	8,83	41,66
<b>2029</b>	-	8,46	-8,44	25,37
<b>2030</b>	-	9,93	-6,98	26,83

Fonte: AUTORA, 2021.

Portanto, é possível verificar uma previsão entre 8,46 mm e 36 mm de precipitação média com duração de 1 hora. Conforme se observa na Tabela 23, foram estimados valores de precipitação com limites de confiança acima e abaixo da média. Além disso, a partir dos dados da Tabela 23, foi elaborado o Gráfico 15 para apresentar o comportamento das médias de precipitação até o ano de 2030, arbitrado nesse estudo como limite da previsão estimada.

**Gráfico 15 – Estimativa do comportamento da Precipitação Média Anual até 2030**

Fonte: AUTORA, 2021.

Com base no gráfico 15, é possível verificar o decaimento nos valores médios precipitados até o ano de 2030, tendo como referência o valor máximo de 36 mm de precipitação média em 2019.

### 3.8 Riscos de Projeto

Primeiramente, é importante diferenciar os sistemas de drenagem implantados na região da Tijuca. Sabe-se que o reservatório da Praça da Bandeira tem como objetivo evitar o retorno das águas do Rio Maracanã para a Praça da Bandeira, através do efeito de remanso, em eventos de maré alta (PMSB, 2015). Além disso, possui capacidade de suportar no máximo de 1 hora, o equivalente a 50 mm de precipitação, como informou Aluísio Canholi – coordenador do projeto.

Já o reservatório da Praça Niterói, possui três poços que recebem os excedentes do Rio Joana, estando interligados para que mantenham o mesmo nível de água, conforme mencionado anteriormente neste estudo. Da mesma forma, o reservatório da Praça Varnhagen é responsável por atenuar o escoamento local, estando conectado aos outros sistemas.

Segundo Canholi (2005, p. 180), no que se refere ao dimensionamento de projetos de grande porte (macro drenagem), estes devem ser analisados individualmente. Assim, o autor explica que “a disparidade encontrada nas regulamentações e diretrizes mostra que esse parâmetro não deve ser estabelecido de maneira indiscriminada”.

Conforme dados da DAEE/CETESB (1980), em obras de macro drenagem localizadas em áreas comerciais e residenciais, estima-se um tempo de retorno entre 50 e 100 anos. De

forma similar, este intervalo está compreendido entre 25 e 100 anos de acordo com Canholi (2005, p. 182).

O tempo de retorno é aquele em que se estima (em anos), quando uma cheia poderá ser igualada ou excedida. Nesse caso, é necessário se atentar para a probabilidade que tal ocorrência pode ser observada e o risco permissível. Assim, a Equação XVII apresenta o conceito de probabilidade relacionado ao tempo de retorno, calculado com base em 25 anos de acordo com os projetos implantados.

$$T = \frac{1}{P} \quad \text{Eq. XVII}$$

Onde:

(T) é o tempo de retorno (em anos);

(P) é a probabilidade.

Sendo assim, substituindo 25 anos na Equação XVII, obtém-se uma probabilidade de 4% de uma cheia ser igualada ou excedida. O risco de falha na obra ao longo da sua vida útil, pode ser deduzida pela Equação XVIII a seguir.

$$R = 100 \left[ 1 - \left( 1 - \frac{1}{T} \right)^n \right] \quad \text{Eq. XVIII}$$

Onde:

(R) é o risco permissível;

(T) é o tempo de retorno (em anos);

(n) é a vida útil da obra (em anos).

Canholi (2005) explica:

“Num período de 25 anos, por exemplo, a probabilidade de a vazão de projeto ser igualada ou superada é de cerca de 4%. Da mesma forma, ao adotar-se TR = 100 anos, o risco anual é de 1%, e o risco em um período de 25 anos, de 22,2%” (CANHOLI, 2005, p. 182).

No caso dos projetos de amortecimento de cheias implantados na Tijuca, calculados com o período de retorno de 25 anos, nota-se que são maiores as chances de a vazão de projeto

ser igualada ou superada, em termos percentuais, quando comparado ao período de retorno de 100 anos.

### 3.9 Protótipo de um Plano de Ação Emergencial

A partir dos quesitos apresentados no Livro Base para Elaboração de Plano de Contingência, foram analisados os principais componentes do Plano de Contingência do Município do Rio de Janeiro. Além disso, no escopo de riscos hidrológicos, foi adaptado o Roteiro para elaboração de Plano de Ação de Emergência (PAE) do Ministério do Meio Ambiente, a fim de auxiliar o Plano de Contingência Municipal na tomada de decisões.

Por fim, definiu-se um critério de vulnerabilidade associado aos eventos hidrológicos na região, considerando possíveis cenários de extrapolação dos reservatórios existentes na região. Os principais objetivos que se buscou atingir na utilização do presente documento, foram:

- Estabelecer procedimentos técnicos e administrativos a serem adotados em situações emergenciais na região;
- Promover as medidas básicas para restringir os danos a uma área previamente dimensionada, a fim de evitar que os impactos ultrapassem os limites de segurança preestabelecidos;
- Indicar as ações que visam evitar impactos e as que podem contribuir para agravá-los;
- Auxiliar na elaboração de um instrumento prático, de respostas rápidas e eficazes em situações de emergência;

Além disso, considerando o importante papel exercido por estudos hidrológicos e o levantamento de eventos históricos da região, foi estudada a suscetibilidade aos fenômenos de alagamentos e inundações. Sendo assim, foi possível delimitar algumas das vias mais vulneráveis a estes fenômenos, levando em conta a declividade da Bacia Hidrográfica na qual a área de estudo está inserida, além proximidade das vias com os reservatórios instalados.

Com o objetivo de melhor apresentar a situação de vulnerabilidade que a região em análise está exposta, foram elaborados mapas que demonstram os primeiros atingidos no caso de extrapolação dos sistemas de amortecimentos de cheias construídos na Tijuca, conforme apresentados no Apêndice A da presente pesquisa.

Além dos Mapas de Vulnerabilidade, foram utilizados como base de determinação dos critérios, a proximidade das pessoas que habitam/transitam as áreas sujeitas a inundações, alagamentos e enchentes nas regiões em análise.

### 3.10 Análise do Plano Municipal de Saneamento Básico

Por meio da análise do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro (PDMAP, 2014), com base nos Princípios de Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas, do Ministério do Desenvolvimento Regional, e no âmbito do Manejo de Águas Pluviais, foram observados os aspectos relacionados aos seguintes tópicos:

- Descrição geral do serviço de manejo de águas pluviais;
- Análise crítica do Plano Diretor Municipal e/ou do Plano Municipal de Manejo de Águas Pluviais e/ou de Drenagem Urbana;
- Levantamento da legislação existente sobre uso e ocupação do solo e seu reatamento no manejo de águas pluviais;
- Descrição da rotina operacional, de manutenção e limpeza da rede de drenagem natural e artificial;
- Identificação da existência de sistema único (combinado) e de sistema misto;
- Identificação e análise dos principais problemas relacionados ao serviço de manejo de águas pluviais;
- Levantamento da ocorrência de desastres naturais no município relacionados com o serviço de manejo de águas pluviais;
- Identificação do responsável pelo serviço de manejo de águas pluviais;
- Identificação e análise da situação econômico-financeira do serviço manejo de águas pluviais;
- Caracterização da prestação do serviço de manejo de águas pluviais segundo indicadores.

Quanto à análise do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2015), foram pontuados os principais aspectos observados no Roteiro de Avaliação de Plano Municipal de Saneamento Básico do Ministério das Cidades, e o Termo de Referência (TR) da FUNASA e seus anexos.

De acordo com o Roteiro de Avaliação, foram avaliadas questões referentes a coordenação do processo, diagnóstico urbano e rural, objetivos e metas, soluções técnicas para os sistemas, medidas estruturantes e de gestão, programas, projetos e ações, divulgação e participação social e, por fim a avaliação sistemática do PMSB, como pode ser observado no Apêndice B.

## 4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Primeiramente, quando a bacia de contribuição é composta por diferentes tipos de cobertura, o valor do Coeficiente de Escoamento (CN) pode ser estimado a partir de uma média ponderada de áreas. Nesse sentido, através de consulta em dados do Embrapa Solos e outras fontes, determinou-se o CN ponderado de 87. Em seguida, para o cálculo da precipitação efetiva, foram selecionadas as precipitações máximas acumuladas nos eventos medidos pelo Sistema Alerta Rio, entre 2008 e 2019.

Como resultado, a precipitação efetiva acumulada nos eventos variou entre 45,57 mm e 388,98 mm. Porém, acredita-se que entre 2005 e 2008 o Sistema Alerta Rio utilizava um tipo de critério para definir um evento, que se diferencia do critério utilizado entre os anos de 2009 a 2019. Isto se observa pela quantidade e duração dos eventos, entre os anos de 2008 e 2019.

Para a estimativa da vazão de projeto, foram calculados valores específicos relacionados ao tempo. Conforme o uso das equações, observou-se a necessidade de definir o talvegue principal para a obtenção do valor referente ao tempo de concentração. Assim, o Rio Maracanã foi selecionado por ser o mais extenso entre os corpos hídricos existentes na bacia, contemplando uma grande área de drenagem. O maior desnível na bacia foi consultado pelas curvas de nível da Bacia do Canal do Mangue, conforme a Figura 63.

Os cálculos que precedem a elaboração do hidrograma unitário, foram realizados no Excel adotando-se: precipitação de 1 mm e área da Bacia com 45,40 km<sup>2</sup>. Os valores ascendentes no Hidrograma se relacionam com a vazão de pico, e os valores obtidos para o tempo de base, variaram entre 0h e 2,29h. Portanto, para uma vazão de pico estimada em 39,64 m<sup>3</sup>/s, o tempo de pico ( $t_p$ ) foi de 0,86h, ou seja, aproximadamente 52 min. Admite-se que esta precipitação seja uniformemente distribuída sobre a bacia.

Conforme dados de projeto referentes ao Reservatório da Praça da Bandeira, foram observados valores de intensidade de precipitação máxima com 1 hora de duração, acima da capacidade de suporte do referido sistema, de acordo com levantamento de dados

pluviométricos do Sistema Alerta Rio, entre os anos 2008 e 2019 considerando apenas os meses mais críticos de: janeiro, fevereiro, março, abril, novembro e dezembro.

Quanto à estimativa da intensidade de precipitação conforme os parâmetros da Equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) da Tijuca, foram calculados os valores:

- Para um TR de 100 anos, estima-se uma precipitação de 78,43 mm/h;
- Para um TR de 150 anos, estima-se uma precipitação de 85,23 mm/h;
- Para um TR de 200 anos, estima-se uma precipitação de 90,40 mm/h.

Portanto, em comparação aos dados pluviométricos da Tabela 28, verificou-se a necessidade de novos estudos que considerem tempos de retorno maiores que o valor dimensionado para os projetos da Tijuca, uma vez que é possível notar intensidades de precipitação acima da capacidade dos sistemas de drenagem implantados.

No que se refere aos cálculos estatísticos, a presente pesquisa realizou um levantamento dos dados meteorológicos da estação mais próxima da área de estudo, localizada no Alto da Boa Vista. Os parâmetros selecionados para análise foram: Temperatura Média (°C), Umidade Média (%), Pressão (hPa), Direção do Vento (graus) e Velocidade do Vento (km/h). Porém, foram obtidos apenas os valores de Temperatura Média e Umidade Média, contendo algumas falhas nos dados.

Desta forma, foram utilizados os dados meteorológicos de 2011 a 2019 e os eventos considerados mais expressivos pelo Sistema Alerta Rio no referido período. A partir do tratamento de dados meteorológicos e pluviométricos, observou-se que entre os resultados de desvio padrão obtidos, os parâmetros de Umidade e Temperatura possuem grande representatividade, ou seja, demonstram baixa variação em torno da média. No entanto, o parâmetro de Precipitação analisado obteve uma expressiva variação, com base no valor médio.

Por outro lado, através da ferramenta “Análise de Dados” do programa Excel, foi calculado o valor de 0,44 do R-múltiplo, indicando média correlação entre as variáveis Precipitação Máxima Acumulada (mm), Temperatura Média (°C) e Umidade Média (%). Tal resultado demonstra a necessidade em considerar outros parâmetros, capazes de aumentar a correlação entre as variáveis do modelo, tornando-o mais satisfatório e próximo da realidade.

Após a definição do Modelo de Regressão Linear desenvolvido no Excel, considerando apenas as variáveis disponíveis – Precipitação Máxima Acumulada, Temperatura Média e Umidade Média – optou-se pela aplicação do método das médias para o preenchimento das falhas observadas.

Por fim, verificou-se através dos Gráficos de Dispersão, alguns pontos fora da linha de tendência denominados *outliers*. Como resultado entre a Precipitação Máxima Acumulada e a Temperatura, o gráfico indicou uma Moderada Correlação Positiva. Já o gráfico de dispersão entre a Precipitação Máxima Acumulada e a Umidade, obteve-se uma Moderada Correlação Negativa. Tais resultados reforçam a necessidade de considerar outros parâmetros, além da utilização de um maior volume de dados para compor a análise.

Outra avaliação estatística foi desenvolvida a fim de estimar o comportamento da precipitação média anual, até o ano de 2030. Com base nos valores da Tabela 30 referente às médias mensais de precipitação, verificou-se uma previsão entre 8,46 mm e 36 mm de precipitação no período de 1 hora. Com isso, observa-se uma previsão otimista em relação aos dados entre 2008 e 2019, pois enquanto a precipitação máxima neste período é de 36 mm, entre os anos de 2020 e 2030 tem-se uma máxima de 30,16 mm.

Para a probabilidade de ocorrência e o risco de projeto, estimou-se a probabilidade de 4% de uma cheia ser igualada ou excedida. Em termos de risco de projeto, pode-se concluir que no caso dos projetos de amortecimento de cheias implantados na Tijuca, calculados com o período de retorno de 25 anos, nota-se que são maiores as chances de a vazão de projeto ser igualada ou superada, em termos percentuais, quando comparado ao período de retorno de 100 anos.

Com o objetivo de contribuir com o Plano de Contingência Municipal do Rio de Janeiro (PLANCON, 2017), foi elaborado um Protótipo de um Plano de Ação Emergencial (PAE) conforme apresentado no Apêndice A da presente pesquisa. Por meio dos Mapas de Vulnerabilidade desenvolvidos, foram utilizados como base de determinação dos critérios, a proximidade das pessoas que habitam/transitam as áreas sujeitas a inundações, alagamentos e enchentes nas regiões em análise. De modo geral, a região da Grande Tijuca apresentou uma média percentual de 66,71% de área urbanizada, de acordo com os dados de 2019 disponibilizados pelo DATA RIO.

Sendo assim, para o entorno do reservatório da Praça da Bandeira, foram considerados os Bairros da Praça da Bandeira e do Maracanã como áreas de abrangência. Em comparação aos outros bairros, possui menor número de domicílios, sendo considerada uma região de média severidade. Devido à sua área ser praticamente 100% urbanizada, propiciando altos índices de escoamento superficial, foi considerada uma região com alta probabilidade e média amplitude. Portanto, o grau de vulnerabilidade foi estimado em 12.

Da mesma forma, foram avaliados os bairros de influência do reservatório da Praça Niterói, sendo eles: Vila Isabel, Grajaú, Andaraí e Maracanã. Mesmo com valores percentuais

menores referentes à área urbanizada, em comparação aos outros bairros, estas regiões apresentam altos números de domicílios configurando uma região de alta severidade. Além disso, possui uma média de 74,5% de área urbanizada, indicando uma baixa a média probabilidade, com média amplitude. Sendo assim, o grau de vulnerabilidade para o entorno do referido reservatório, teve uma margem entre 6 e 12.

Verificou-se ainda, que os bairros Tijuca e Maracanã são os mais próximos da área de abrangência do reservatório da Praça Varnhagen. Considerando a média de 81,5% de área urbanizada, adotou-se uma média probabilidade, com alta amplitude. Além disto, estas regiões apresentam uma elevada quantidade de domicílios, que se referem ao índice de alta severidade. Sendo assim, o grau de vulnerabilidade atribuído para o entorno do referido reservatório foi de 18.

A partir das três regiões analisadas, percebe-se que o grau de vulnerabilidade está compreendido entre 6 e 18. Portanto, é necessário que sejam implantadas medidas preventivas associadas às intervenções de drenagem de águas pluviais realizadas. Por fim, foi desenvolvido um Fluxograma Estratégico e de Planejamento a partir dos Graus de Risco e Vulnerabilidade a fim de auxiliar no processo de tomada de decisões.

Outro produto desenvolvido, se refere à análise do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2015), apresentado no Apêndice B. Primeiramente, foi realizada uma breve comparação do conteúdo do PDMAP (2014) e do PMSB (2015), no qual foram observados alguns componentes de avaliação da tabela contidos no PDMAP (2014), porém não listados/detalhados no PMSB (2015).

Através do Roteiro de Avaliação do Ministério das Cidades (2016), obteve-se a média aproximada de 4,05, classificando o PMSB na categoria AMARELO. Tal classificação determina que “O Plano contempla de forma moderada o conteúdo necessário, sendo que a parte de conteúdo não incluída pode inibir o alcance de melhores resultados na sua implementação, podendo ser necessário antecipar a revisão do Plano para incorporar este conteúdo faltante”.

Levando em conta que o PMSB está disponibilizado em documento síntese, concluiu-se que tal avaliação poderá ser realizada novamente a fim de considerar detalhes não observados no documento síntese.

Através da metodologia implementada, o presente estudo buscou estimular uma intervenção no manejo de águas pluviais com o intuito de minimizar possíveis eventos críticos, causados pela urbanização na região da Bacia Hidrográfica do Canal do Manguê, na Tijuca.

Além disso, é crucial buscar a viabilização de sistemas de amortecimento de cheias para locais considerados potencialmente suscetíveis a alagamentos e inundações.

Desta forma, pretende-se dar continuidade à pesquisa, aplicando uma metodologia de cálculo específica e utilização de modelagem matemática, com o auxílio de softwares e programas computacionais na elaboração de mapas de inundação, para outras regiões na cidade do Rio de Janeiro.

## 5 RECOMENDAÇÕES

Considerando que devido ao crescimento urbano acelerado e as condições e escoamento superficial que alteraram o ciclo hidrológico, como por exemplo, através do aumento na impermeabilização do solo e conseqüente aumento do escoamento superficial, observou-se a necessidade de implantar sistemas capazes de auxiliar na retenção das águas pluviais, em determinados locais na cidade do Rio de Janeiro.

No entanto, através da análise dos episódios históricos recentes, conforme levantamento entre os anos de 2008 e 2019, ficou comprovada a reincidência de alagamentos e inundações nas regiões onde tais sistemas de drenagem foram implantados. Desta maneira, observa-se necessidade da aplicação de um planejamento detalhado, com o objetivo de identificar medidas preventivas.

Aliadas ao Planejamento de Prevenção, é importante que sejam colocadas em prática medidas de resposta aos eventos, quando estes forem constatados pelos órgãos competentes. Sendo assim, nos casos de confirmação de alagamentos e inundações, recomenda-se adotar algumas medidas a fim de minimizar os impactos durante os eventos, como:

- Bloqueio das vias inundadas, com sinalizações e agentes de trânsito;
- Uso de rotas e pontos alternativos para os coletivos e orientação aos usuários;
- Uso de rotas alternativas pré-determinadas, para veículos em geral;
- Orientação aos pedestres e aos motoristas em geral indicando as rotas alternativas;
- Alerta de risco de contaminação por leptospirose e outras doenças de veiculação hídrica, por meio de mídias e redes sociais;
- Orientação aos motoristas a não estacionarem seus veículos em áreas inundáveis;
- Reforço do policiamento próximo às áreas atingidas pelo evento.

A definição dos Graus de Vulnerabilidade, contribui significativamente com os componentes do Roteiro para Elaboração do PAE, desenvolvido e adaptado para a área de estudo. Além disso, após a identificação dos Graus de Vulnerabilidade, a pesquisa apresenta algumas soluções complementares e ações específicas como parte do Planejamento Estratégico.

Com relação ao Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2015), sugere-se unificar os documentos em um único PMSB a fim de melhorar o processo de avaliação como um todo, contribuindo para uma análise mais concisa e eficaz de cada componente presente no Roteiro de Avaliação. Além disso, fica sugerida a disponibilização do PMSB na íntegra, para analisar melhor os componentes existentes/ausentes no documento.

Portanto, além de considerar a possibilidade de readequação dos Sistemas de Amortecimento de Cheias implantados, e a aplicação de um Planejamento Estratégico nas áreas inundáveis, é crucial aliar medidas não estruturais e ações sustentáveis na busca por um ambiente urbano resiliente e mais adaptável.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, M. de A. Evolução Urbana no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IPLANRIO/ZAHAR, 1987.
- ADEMI-RJ. Reservatório entra na fase final de obras. Matéria publicada em 16 de junho de 2015 pela Associação de Dirigentes de Empresas do Mercado Imobiliário do Rio de Janeiro. Disponível em: [http://www.ademi.org.br/article.php?id\\_article=62069&recalcul=oui](http://www.ademi.org.br/article.php?id_article=62069&recalcul=oui) Acesso em: 18/10/2020.
- AGÊNCIA BRASIL. Chuva forte no Rio provoca alagamento em vários bairros Disponível em: <http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-12-05/chuva-forte-no-rio-provoca-alagamento-em-varios-bairros> Acesso em: 12/10/2020.
- AMARANTE, A. P. Problemas de erosão e do escoamento das águas na cidade do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, ano XXII, n.4, p. 637-665, out-dez. 1960.
- AZEVEDO, J. P. et al. Infraestrutura de Drenagem Urbana. In: Rio Próximos 100 anos. GUSMAO, P. P., CARMO P. S., VIANNA, S. B. (Orgs). Rio de Janeiro: IPP – Instituto Municipal de Urbanismo Pereira Passos, 2008.
- BACKHEUSER, E. Geografia Carioca: O litoral da Guanabara. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro, ano IV, n. 44, p. 972- 981. 1946.
- BAPTISTA M., NASCIMENTO, N., BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266 p.
- BARTH, R. T. Planos diretores em drenagem urbana: proposição de medidas para a sua implementação. Tese de Doutorado – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1997.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: Tucci, C. E. M. Hidrologia ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH, 1993, p.177-242.
- BIANCHI, R. C. Análise hidrológica do escoamento superficial da bacia hidrológica do rio Canguiri, Região Metropolitana de Curitiba, PR. Dissertação (Mestrado) em Engenharia Florestal – Área de Conservação da Natureza, Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curitiba, 2012, 121 p.
- BIDONE, F. R. A.; TUCCI, C. E. M. Microdrenagem. Cap. 3. In: TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 1995, 428 p.
- BRANDÃO, A. M. As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência. In: ROSA, L. P., LACERDA, W. A. (orgs). Tormentas Cariocas – Seminário Prevenção e controle dos efeitos dos temporais no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1997. 162p. p.21-38.
- BRASIL. Lei 9.433 de 1997 - Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm) Acesso em: 04/01/2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/o-que-e-o-singreh> Acesso em: 04/01/2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Região Hidrográficas - Região Hidrográficas Atlântico Sudeste. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas/regiao-hidrografica-atlantico-sudeste> Acesso em: 04/01/2021.

BRASIL. Elaboração de Plano de Contingência: Livro Base. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Minimização de Desastres. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017. Disponível em: <https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/II---Plano-de-Contingencia---Livro-Base.pdf> Acesso em 03 de maio de 2020.

BRASIL ESTADÃO. Limpeza de rios e galerias d'água no Rio deve demorar 6 meses. Disponível em: <https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,limpeza-de-rios-e-galerias-dagua-no-rio-deve-demorar-6-meses,311330> Acesso em: 12/10/2020.

BRASIL ESTADÃO. Temporal faz transbordar Rio Maracanã, alaga estádio e arredores. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/noticias/geral,temporal-faz-transbordar-rio-maracana-alaga-estadio-e-arredores,1655744> Acesso em: 12/10/2020.

BRASIL. EMBRAPA SOLOS – Mapa semi-detalhado dos solos do município do Rio de Janeiro, 2004. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/89018/1/mapeamento-rj-1.pdf> Acesso em: 06/11/2020.

BURIAN, S.J. et al. Historical Development of wet-weather flow management. Journal of Water Resources Planning and Management, 1999, p.3-11.

CABRAL, J. J. S. P., CARTAXO, A. L.; ANTONINO, A. C. D. BORBA FILHO, B. F. L.; SANTOS L. L., Microrreservatório de detenção em logradouro público. In: Righetto, A. M. (coord.). Manejo de águas pluviais urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009, p. 256-286.

CANHOLI, A. P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. 2ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CANHOLI, A. P.; GRACIOSA, M. C. P. Enchentes na Cidade do Rio de Janeiro – Causas e Soluções – Estudo de Caso: Bacia do Canal do Manguê. XIX Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos. Maceió: ABRH, 2011, 20 p.

CARNEIRO, P. R. F.; MIGUEZ, M. G. Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas. Engenharia Urbana POLI – UFRJ. 1ª Ed. São Paulo: Annablume, 2011.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L.D.B da. Material da Disciplina de Hidrologia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/Instituto de tecnologia. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap5-INF.pdf> Acesso em: 27/09/2020.

CARVALHO, P. F. de. Instrumentos Legais de Gestão Urbana: Referências ao Estatuto da Cidade e ao Zoneamento. In: BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. (Orgs.) Estatuto da Cidade: Política Urbana e Cidadania. Rio Claro: LPM-IGCE-UNESP, 2000, p.41-59.

CASTRO, A. S.; GOLDENFUM, J. A.; DA SILVEIRA, A. L.; MARQUES, D. DA M. Avaliação da Evolução do Comportamento Quantitativo de Pavimentos Permeáveis no Controle do Escoamento Superficial. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Vol. 18, n.1. Porto Alegre: ABRH, 2013, p. 263-273.

CAVALCANTI, C. Condicionantes biofísicos da economia e suas implicações quanto à noção do desenvolvimento sustentável. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B.; LEONARDI, M. L. (Org.): Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas: Instituto de Economia da UNICAMP, 1997, p. 61-82l.

CBH-BG. Comitê da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara e dos Sistemas Lagunares de Maricá e Jacarepaguá Disponível em: <http://cbh-bg.maps.arcgis.com/home/index.html> Acesso em: 14/10/2020.

CIMENTO ITAMBÉ. Obras olímpicas: piscinões viram área de lazer - Reportagem de 17 de fevereiro de 2016. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/obras-olimpicas-piscinoes/> Acesso em 18/10/2020.

COBRADE. Governo do Estado do Ceará. Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres, 2009. Disponível em: [http://www.defesacivil.ce.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=101:inundacao&catid=14:lista-de-noticias&Itemid=81](http://www.defesacivil.ce.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=101:inundacao&catid=14:lista-de-noticias&Itemid=81) Acesso em: 25/09/2020.

COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de Pesquisa. In: Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. (Orgs.): GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2001, 416p.

COELHO, F. M.; COSTA, D. de M.; TRAVASSOS, P. H. da S.; TRAVASSOS, S. E. N. B.; CAVALCANTE, P. A.; SILVA, S. E. Revitalização do Rio Maracanã. Revista Projectus, Vol. 1, n.2. Rio de Janeiro: UNISSUAM, 2016, p. 98-103.

COSTA, B. D. F. da. Modelação Espacio-Temporal da Evapotranspiração Potencial pelo método de Hargreaves: Caso de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Vez. Dissertação (Mestrado) em Gestão Ambiental e Ordenamento do Território. Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 2015.

COSTA, A. J. S. T. da; CONCEIÇÃO, R. da S.; AMANTE, F. de O. As enchentes urbanas e o crescimento da cidade do rio de janeiro: estudos em direção a uma cartografia das enchentes urbanas. Revista Geo UERJ, Rio de Janeiro, n. 32, p. e25685, 2018.

COSTA, H.; TEUBER, W. Enchentes no Estado do Rio de Janeiro – Uma Abordagem Geral. Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, Projeto PLANÁGUASEMADS/GTZ. Rio de Janeiro: SEMADS 2001, 160 p.

DA PAZ, A. R. Hidrologia Aplicada. Disciplina Ministrada na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia. Caxias do Sul, 2004.

DAEE/CETESB. Drenagem urbana: manual de projeto. São Paulo: DAAE/CETESB, 1980, 468p.

DRUMOND, P. de P. Estudo da influência da reservação de águas pluviais em lotes no município de Belo Horizonte, MG: Avaliação Hidráulica e Hidrológica. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2012, 204 p.

FEAM. Cartilha de orientações básicas para drenagem urbana - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 2006. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/Cartilha%20Drenagem.pdf> Acesso em: 04/01/2021.

FONTES, A. R. M.; BARBASSA, A. P. Diagnóstico e prognóstico da ocupação e da impermeabilização urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Vol. 8, n. 2. São Paulo: ABRH, 2003, p. 137-142.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. Hidrologia. 2ª Ed. São Paulo: Ed. Blücher Ltda., 2002, 291p.

GONÇALVES, N.M.S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (Org) Clima Urbano. São Paulo: Contexto, 2003, 192p.

GOOGLE MAPS. Município do Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.google.com/maps/place/Rio+de+Janeiro,+RJ/@-22.9408563,-43.5929251,68133m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x9bde559108a05b:0x50dc426c672fd24e!8m2!3d-22.9068467!4d-43.1728965> Acesso em: 04/01/2021.

GRIBBIN, J. E. Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais. São Paulo: Cengage Learning, 4ª Ed., 2015.

GRILO, R. C. A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro/SP. 1992. 103 f. Dissertação (Mestrado) em Geografia – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1992.

G1 GLOBO. Chuva forte faz metrô do Rio estender horário de funcionamento. Disponível em: <http://g1.globo.com/vc-no-g1/noticia/2011/04/internautas-registram-em-video-o-temporal-que-atinge-o-rio.html> Acesso em: 12/10/2020.

G1 GLOBO. Chuva forte deixa Rio em estágio de atenção e provoca 300 km de congestionamentos. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/02/05/rio-entra-em-estagio-de-atencao-para-possibilidade-de-chuva-forte-nesta-quarta-feira.ghtml> Acesso em: 12/10/2020.

G1 GLOBO. Chuva de verão derruba árvores e Rio entra em estágio de atenção. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2014/12/chuva-de-verao-derruba-arvores-e-rio-entra-em-estagio-de-atencao.html> Acesso em 12/10/2020.

G1 GLOBO. Morador filma peixes 'invadindo' sua casa após rio Maracanã transbordar com forte chuva. Disponível em: <https://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/morador-filma-peixes-invadindo-sua-casa-apos-rio-maracana-transbordar-com-forte-chuva.ghtml> Acesso em: 12/10/2020.

IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 219p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?edicao=9077&t=sobre> Acesso em: 04/01/2021.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD, 2015. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html> Acesso em: 26/09/2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC Climate Change, 2001 - The Scientific Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.

LEOPOLD, L.B. Hydrology for Urban Planning - A Guide Book on the Hydrologic Effects on Urban Land Use. USGS, 1968. circ. 554, 18 p.

LIMA, W. P. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. 2ª Ed. São Paulo, 2008, 253 p.

LUNA, H A. Manutenção em canais de irrigação revestido em concreto. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2013.

MACHADO, M. L.; NASCIMENTO, N.; BAPTISTA, M. B. Curvas de Danos de Inundação versus Profundidade de Submersão: Desenvolvimento de Metodologia. Porto Alegre: REGA, v. 2, n. 1, 2005.

MAGALHÃES, C. R. Bacia hidrográfica como referência de planejamento e expansão urbana para as cidades no século XXI. Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.

MARAGNO, A. L. F. C.; CALDERARI, E. S. Análise das modificações dos cursos d' água em áreas urbanas – Estudo de caso: Uberlândia/MG. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, 2009.

MARQUES, F.; ORTIGÃO, A.; SILVA, N.; SEPÚLVIDA, M.; FONSECA, P. Reservatório de controle de enchentes na Praça da Bandeira: projeto e execução. XVII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Goiânia: COBRAMSEG, 2014.

MARTINS, J. R. S. Obras de Macrodrenagem. Cap. 5. In: TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 1995, 428 p.

MENDONÇA, F. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 10, p. 139-148. Paraná: UFPR, 2004.

MIHELIC, J. R.; ZIMMERMAN, J. B. Engenharia Ambiental – Fundamentos Sustentabilidade e Projeto. 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MIGUEZ, M. G. Modelação matemática de grandes planícies de inundação, através de um esquema de células de escoamento, com aplicação ao Pantanal Matogrossense. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1994.

MIGUEZ, M. G. Modelo Matemático de Células de Escoamento para Bacias Urbanas. Rio de Janeiro: Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

MIGUEZ, M. G.; Di GREGORIO, L. T.; VERÓL, A. P. Gestão de Riscos e Desastres Hidrológicos. 1 Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

NAGEM, F. R. M. Avaliação Econômica dos Prejuízos Causados pelas Cheias Urbanas. Dissertação (Mestrado) em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2008, 125 p.

NAKAZONE, L. M. Implantação de reservatórios de detenção em conjuntos habitacionais: a experiência da CDHU. São Paulo: Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2005, 305p.

NASCIMENTO, P. W. F. do; CARVALHO, R. P. B. de; COSTA, V. C. da. Avaliação do potencial de infiltração relativo das bacias hidrográficas urbanas do rio anil e do rio grande (município do Rio de Janeiro). Revista Geo UERJ, n. 30, p. 364-390. Rio de Janeiro: Geo UERJ, 2017.

NOTÍCIAS UOL. Chuva provoca alagamentos e caos no Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/2008/11/17/ult5772u1597.jhtm> Acesso em: 12/10/2020.

NOTÍCIAS UOL Chuva forte coloca o Rio de Janeiro em estado de atenção; há pontos de alagamento. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2010/04/05/chuva-forte-coloca-o-rio-de-janeiro-em-estado-de-atencao-ha-pontos-de-alagamento.htm> Acesso em: 12/10/2020.

NOTÍCIAS UOL. Rio de Janeiro entra em estado de crise por fortes chuvas. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2018/02/15/rio-de-janeiro-entra-em-estado-de-crise-por-fortes-chuvas.htm> Acesso em: 12/10/2020.

O GLOBO. Rio tem chuva recorde, ruas alagam e Praça da Bandeira fecha. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/rio-tem-chuva-recorde-ruas-alagam-praca-da-bandeira-fecha-18863722> Acesso em: 12/10/2020.

O GLOBO. Projeto de controle de enchentes da Praça da Bandeira. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://oglobo.globo.com/videos/t/todos-os-videos/v/catalogo/1784254> Acesso em: 21/10/2020.

O GLOBO. Na Praça da Bandeira, piscinões que fazem parte de projeto de R\$ 500 milhões não evitaram novos alagamentos. Matéria de 07 de fevereiro de 2020. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/na-praca-da-bandeira-piscinoes-que-fazem-parte-de-projeto-de-500-milhoes-nao-evitaram-novos-alagamentos-1-24234670> Acesso em: 19/10/2020.

OAS Engenharia. A OAS entrega mais uma obra no Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.oas.com.br/oas-com/noticias/a-oas-entrega-mais-uma-obra-no-rio-de-janeiro.htm>  
Acesso em: 18/10/2020.

OLIVEIRA, R. C. de. Medidas não estruturais na prevenção e controle de enchentes em área urbanas, como subsídios para o planejamento de uso e ocupação do solo: estudo de caso: bacia do córrego do Gregório – São Carlos (SP). Dissertação (Mestrado) EESC-SP, São Carlos, 1998.

OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. de. Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 1998.

OLIVEIRA, M. M. Uma metodologia para o cálculo da infiltração superficial em modelos de balanço hídrico sequencial diários de solos. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos – APRH, 2004, p. 02.

OLIVEIRA, B. R. G. de; BOTELHO, R. G. M. Alterações antrópicas em cursos de água em ambiente urbano e o potencial de ocorrência de enchentes: O caso da bacia do canal do mangue (Rio de Janeiro - RJ). Revista Geografia, v. 39, n. 1, p. 125-142. Rio Claro: GEOGRAFIA, 2014.

OTTONI, A. B.; MATTOS, F. C. C. da S.; OTTONI, M. L. de S. Análise Crítica da Obra do Reservatório de Amortecimento (“Piscinão”) da Praça Niterói, Rio de Janeiro-RJ e Proposição de Soluções com Sustentabilidade Ambiental para o Controle das Inundações na Região. Revista Científica ANAP Brasil, Vol. 11, n. 23. Rio de Janeiro: ANAP, 2018, p. 108-122.

PARANÁ. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu – Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba-PR. Versão 1.0. Curitiba: 2002, 150 p. Disponível em: [http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu\\_versao01.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/pddrenagem/volume6/mdu_versao01.pdf)  
Acesso em: 03/10/2020.

PENNA, L.; RIBEIRO, F.; ROCHA, C.; FILHO, A. utilização de reservatórios de amortecimento de vazões de cheia: apresentação e discussão de casos do sudeste brasileiro. Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), n. 16. CEGOT, 2019, p. 275-295.

PHILLIPI JR.; A.; BRUNA, G.C.; SILVEIRA, V.F. Planejamento territorial: instrumentos de intervenção. IN: PHILLIPI JR., A. (ed.) Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri (SP): Manolo, 2005.

PISANI, M. A. J. As enchentes em áreas urbanas. São Paulo: SINERGIA, 2001.

POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Vol. 5, n.1. Porto Alegre: ABRH, 2000.

RECKZIEGEL, B. W. Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no Estado do Rio Grande do Sul no período de 1980 a 2005. Dissertação (Mestrado) em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, 2007, 261p.

REZENDE, O. M.; MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P. Manejo de Águas Urbanas e sua relação com o desenvolvimento urbano em bases sustentáveis integradas – Estudo de caso dos rios Pilar-Calombé, em Duque de Caxias/RJ. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Vol. 18, n. 2. Porto Alegre: ABRH, 2013, p.149-163.

RIGHETTO, A. M.; MOREIRA, L.F.F.; SALES, T.E.A. Manejo de águas pluviais urbanas. In: RIGHETTO, A. M. (coordenador). Manejo de Aguas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009, 396p.

RILEY, A. L. Restoring streams in cities: a guide for planners, policy makers, and citizens. Washington, DC: Island Press, 1998, 423 p.

RIO DE JANEIRO. Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro – Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas – PMSB, 2015. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4282910/4152311/PMSB\\_DRENAGEMEMANEJOD\\_EAGUASPLUVIAIS.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4282910/4152311/PMSB_DRENAGEMEMANEJOD_EAGUASPLUVIAIS.pdf) Acesso em: 29/09/2020.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura do Rio de Janeiro. Lei de Uso e Ocupação do Solo – Zoneamento Urbano, 2017. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6438610/4221811/74LUOSPLC572017.pdf> Acesso: 29/09/2020.

RIO DE JANEIRO. Lei Complementar nº 33/2013 – Define as condições disciplinadoras de uso e ocupação para ordenamento territorial da Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4224287/4103827/ProjetoLeiComplementar33\\_2013LUOS](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4224287/4103827/ProjetoLeiComplementar33_2013LUOS) Acesso em: 29/09/2020.

RIO DE JANEIRO. Lei Complementar nº 111/2011 – Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6165622/4162211/LC111\\_2011\\_PlanoDiretor.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6165622/4162211/LC111_2011_PlanoDiretor.pdf) Acesso em: 29/09/2020.

RIO DE JANEIRO. Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro – PDMAP, 2014. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4249724/RA0027.RA.3775\\_RELATORIOSINTESEPDMAP.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4249724/RA0027.RA.3775_RELATORIOSINTESEPDMAP.pdf) Acesso em: 29/09/2020.

RIO DE JANEIRO. Resolução nº 60 de 27 de março de 2017. Secretaria Municipal de Urbanismo. Revisão dos projetos de lei dos códigos previstos no Plano Diretor – Adequação às novas diretrizes de planejamento e gestão, 2017. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6438610/4221811/74LUOSPLC572017.pdf> Acesso em: 28/09/2020.

RIO DE JANEIRO. Plano de Contingência – PLANCON, 2017. Subsecretaria de Defesa Civil – SUBDEC. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/7502221/4203026/PLANODECONTINGENCIA\\_SUBDEC24112017.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/7502221/4203026/PLANODECONTINGENCIA_SUBDEC24112017.pdf) Acesso em 14 de maio de 2020.

RIO DE JANEIRO. Bacia Hidrográfica do Canal do Mangue - Diagnóstico do Sistema de

Drenagem e Plano Diretor Preliminar. Rio-Águas - Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, Subsecretaria de Gestão de Bacias Hidrográficas. Rio de Janeiro, 2010.

RIO DE JANEIRO. Diagnóstico do Estado da Baía de Guanabara, 2016. Programa de Fortalecimento da Governança e da Gestão da Baía de Guanabara, Secretaria de Estado do Ambiente (SEA/UEPSAM). Disponível em: <http://200.20.53.7/guanabara/Content/DOWNLOAD/Diagn%C3%B3stico%20da%20Ba%C3%ADa%20de%20Guanabara.pdf> Acesso em: 14/10/2020.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura entrega reservatório da Praça da Bandeira. Matéria de 29 de dezembro de 2013. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=4529026> Acesso em: 05/10/2020.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura inaugura três reservatórios de águas pluviais e a nova Praça Niterói. Matéria de 25 de outubro de 2015. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=5682346> Acesso em: 05/10/2020.

RIO DE JANEIRO. Prefeito entrega reservatório de águas pluviais da nova Praça Varnhagen. Matéria de 12 de junho de 2016. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/exibeconteudo?id=6196739> Acesso em: 05/10/2020.

RIO DE JANEIRO. Prefeitura inaugura maior túnel de drenagem urbana do país, ao fazer desvio do Rio Joana. Matéria de 29 de abril de 2019. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/rio-aguas/exibeconteudo?id=9541042> Acesso em: 05/10/2020.

RIO DE JANEIRO. Sistema Alerta Rio. Informações das Estações Pluviométricas. Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/dados-meteorologicos/info-estacoes/> Acesso em: 10/10/2020.

RIO DE JANEIRO. Sistema Alerta Rio. Relatório Anual de Chuvas (2008-2019). Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/documentos/relatorios-de-chuva/> Acesso em: 10/10/2020.

RIO DE JANEIRO. Portal GEO-Rio – Instituto Pereira Passos. Disponível em: [http://portalgeo.rio.rj.gov.br/mapa\\_digital\\_rio/?config=config/ipp/cadlog.xml](http://portalgeo.rio.rj.gov.br/mapa_digital_rio/?config=config/ipp/cadlog.xml) Acesso em: 10/11/2020.

SAKAI, D. I. S.; FROTA, J. A. D'Aló. Águas Urbanas: caminhos para um resgate. III Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo. Belém: UFPA, 2014.

SANTOS, A. M., LEITE, M. P. & FRANCA, N. Quando memória e história se entrelaçam: a trama dos espaços na Grande Tijuca. Rio de Janeiro: IBASE, 2003.

SANTOS, D. L., FRAGOSO, Jr. C. R.; SOUZA, V. C. B. Limiar de precipitação com potencial de gerar deslizamentos nos complexos de risco em uma zona urbana. Porto Alegre: REGA, v. 16, e12, 2019.

SCHERER, R. B.; SANTOS, R. C. dos. Inundações em centros urbanos: impactos ambientais gerados pelo crescimento populacional. Revista Brasileira de Gestão Ambiental. Vol. 6, n.1. Pombal – PB: RBGA, 2012, p. 42-45.

SCHUELER, T. Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban Best Management Practices. Washington, D.C: MWCOG, 1987.

SCHUSTER, R. C. Desenvolvimento de um Modelo Hidrológico de Transformação Chuva-Vazão e Propagação de Vazão em Reservatórios. Porto Alegre: UFRGS, 2014.

SEAERJ. Sociedade dos Engenheiros e Arquitetos do Estado do RJ. Disponível em: [https://www.seaerj.org.br/pps/Apresentacao\\_SEAERJ\\_1\\_2013.pdf](https://www.seaerj.org.br/pps/Apresentacao_SEAERJ_1_2013.pdf) Acesso em: 10/10/2020.

SHEAFFER, J. R. WHRIGHT, K. R. Urban Storm Drainage Management. New York: Marcel Dekker, Inc., 1982. In: CANHOLI, A. P. Drenagem Urbana e Controle de Enchentes. 2. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

SILVA, P. O.; CABRAL, J. J. S. P. Atenuação de picos de vazão em área problema: estudo comparativo de reservatórios de detenção em lote, em logradouros e em grande área da bacia. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Vol. 19, n. 2. ABRH, 2014, p. 7-18.

SMITH, K., Climatic Extremes as a hazard to humans. In: THOMPSON, R.D.; THOMPSON, A.P. (Org) Applied Climatology- principles and practices. London: Routledge, 1997. 352p.

SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, A. E. M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Vol. 17, n. 2. Porto Alegre: ABRH, 2012.

SOUZA, T. M. K. de; OTTONI, A. B. Análise Crítica das Causas e Soluções Sustentáveis para o Controle de Enchentes Urbanas: O Caso Prático da Bacia Hidrográfica da Praça da Bandeira (Estudo de Caso). Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 03, n. 17. ANAP, 2015, pp. 60-76.

STUDART, T. M. C. Apostila de Hidrologia Aplicada, 2006. Disponível em: [https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/320841/mod\\_folder/content/0/Livro%20Hidrogeologia.pdf?forcedownload=1](https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/320841/mod_folder/content/0/Livro%20Hidrogeologia.pdf?forcedownload=1) Acesso em: 10/06/2020.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. LA L.; DE BASTOS, M. T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 1995.

TUCCI, C. E. M. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção. Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH. vol. 2, n. 2. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS, 1997, p. 5-12.

TUCCI, C. E. M. Água no Meio Urbano. In: TUCCI, C. E. M. Livro Água Doce. Cap. 14. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 1997.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. Avaliação e Controle da Drenagem Urbana. 1 Ed., Vol. 2. Porto Alegre: ABRH, 2001, 548 p.

TUCCI, C. E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Ministério das Cidades – Global Water Partnership. World Bank: Unesco, 2005.

TUCCI, E. M. T. Modelos Hidrológicos. Colaboração da Associação Brasileira de Recursos Hídricos/ABRH. 2ª ed. Porto Alegre: UFRGS, 2005.

TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas: impactos da urbanização. Porto Alegre: ABRH, 2007, p. 87-124.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas – Estudos Avançados. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2008.

TUCCI, C. E. M. Gestão da drenagem urbana/Carlos E. M. Tucci. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48). 50p.

TUCCI, C. E. M. Plano estratégico de manejo de águas pluviais e prevenção de inundações urbanas de Taquara/RS. Relatório nº 4 – Estrutura de gestão de drenagem urbana. RHAMA Consultoria, 2018.

VEJA ABRIL. Temporal no Rio provoca alagamentos e ciclovias volta a ceder. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/galeria-fotos/fotos-temporal-no-rio-provoca-alagamentos-e-ciclovias-volta-a-ceder-09-04-2019/> Acesso em: 12/10/2020.

VEJA RIO. Prefeitura quer fazer piscinão para evitar inundações na Tijuca, 2018. Disponível em: <https://vejario.abril.com.br/cidade/prefeitura-quer-fazer-piscinao-para-evitar-inundacoes-na-tijuca/> Acesso em: 05/10/2020.

VICENTE, A. K. Eventos Extremos de Precipitação na Região Metropolitana de Campinas. Dissertação (Mestrado) em Geociências. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. São Paulo: UNICAMP, 2005.

VIOLA, H. Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – O estudo de caso da cidade do samba. Dissertação (Mestrado) em Ciências em Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, 2008, 398p.

WADE, P. M., LARGE, A. R. G.; De WALL, L. C. Rehabilitation of degraded river habitat: an introduction. In: de WALL, L. C., LARGE, A. R. G.; WADE, P. M. (eds.) Rehabilitation of rivers: principles and implementation (pp. 1-10). Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1998.

ZIN, W. Z. W., JAMALUDIN, S., DENI, S. M., JEMAIN, A. A. Recent changes in extreme rainfall events in Peninsular Malaysia: 1971 – 2005. Theoretical and Applied Climatology, v. 99, p. 303-314, 2010.

ZUQUETTE, L. V. Riscos, desastres e eventos naturais perigosos – Aspectos conceituais na Análise e Estimativa de riscos. 1 Ed., Vol. 1. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

ZUQUETTE, L. V. Riscos, desastres e eventos naturais perigosos – Fontes de Eventos Perigosos. 1 Ed., Vol. 2. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

## **APÊNDICES**

O Apêndice A conta com um Protótipo de Plano de Ação Emergencial para a região, através da elaboração de mapas de vulnerabilidade e avaliação do Plano de Contingência Municipal existente.

No Apêndice B foi desenvolvido um Parecer Técnico, no qual foi analisado o Plano Municipal de Saneamento Básico do Rio de Janeiro, conforme o Roteiro de Avaliação do Ministério das Cidades (2016).

# **APÊNDICE A**

**ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

# **PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL**

**ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

## **SUMÁRIO**

- 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**
- 2. INTERVENÇÕES REALIZADAS NA TIJUCA**
- 3. NECESSIDADE DE UM PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL PARA A REGIÃO**
- 4. CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES (COBRADE)**
- 5. MANUAL DE PLANEJAMENTO EM DEFESA CIVIL**
- 6. LIVRO BASE DE PLANO DE CONTINGÊNCIA**
- 7. DEFESA CIVIL MUNICIPAL**
- 8. INSTRUÇÃO NORMATIVA N. 1, DE 24 DE AGOSTO DE 2012**
- 9. METODOLOGIA**
- 10. BREVE DESCRIÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA (PLANCON)**
- 11. ANÁLISE DO PLANO DE CONTINGÊNCIA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO**
- 12. MAPAS DE VULNERABILIDADE**
- 13. DEFINIÇÃO DE SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA**
- 14. PROPOSTA DE AÇÕES E MEDIDAS PREVENTIVAS**
- 15. FLUXOGRAMA ESTRATÉGICO E DE PLANEJAMENTO**
- 16. CONSIDERAÇÕES FINAIS**
- 17. BIBLIOGRAFIA**

# **PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL**

## **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

### **1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

A cidade do Rio de Janeiro se destaca por possuir características geográficas e hidrológicas bastante relevantes que, quando associadas ao sistema de drenagem existente e às ocupações irregulares cada vez mais comuns, é palco de diversos eventos críticos como as inundações e os consequentes alagamentos.

Nesse contexto, a cidade do Rio de Janeiro possui diversos pontos de alagamentos, que podem ser justificados por fatores como: diferenças de cotas existentes, características específicas de infiltração do solo, sistemas de drenagem próprios, uso e ocupação do solo diversificados, entre outros.

Tendo em vista que eventos hidrológicos extremos têm ganhado cada vez mais destaque, principalmente nos grandes centros urbanos, é importante realizar medidas preventivas por meio de planos específicos, viabilizando prevenir e mitigar os riscos de desastres, bem como responder e recuperar-se dos efeitos causados.

Através do presente documento, serão levantados os principais aspectos referentes aos reservatórios localizados no bairro da Tijuca, utilizados como sistema de amortecimento de cheias. Além disso, pretende-se propor medidas e ações que possam minimizar possíveis impactos na região, no caso de extrapolação dos referidos sistemas implantados.

### **2. INTERVENÇÕES REALIZADAS NA TIJUCA**

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade do Rio de Janeiro (PMSB, 2015), foram levantados os pontos críticos de inundações na bacia do Canal do Mangue. A partir de diversos estudos, foram selecionados alguns locais estratégicos para a construção de reservatórios de amortecimento de cheias da região.

De acordo com informações da Prefeitura do Rio de Janeiro (2013), o reservatório localizado na Praça da Bandeira foi inaugurado no dia 29 de dezembro de 2013 e possui capacidade de armazenamento de 18.000 m<sup>3</sup>, com a função de captar as águas da drenagem local.

Já em 25 de outubro de 2015, o reservatório da Praça Niterói foi inaugurado. Conforme dados levantados pela Associação de Dirigentes de Empresas do Mercado Imobiliário do Rio de Janeiro (ADEMI-RJ, 2015), “o reservatório faz parte do Programa de Controle de Enchentes na região da Tijuca, que inclui a construção de três reservatórios para águas pluviais, além do desvio do Rio Joana diretamente na Baía de Guanabara”.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Ainda de acordo com a ADEMI-RJ (2015), o reservatório da Praça Niterói possui capacidade de armazenamento para 58 milhões de litros de água. Além disso, o projeto especifica em sua composição três grandes poços, chamados de piscinões, com 26 metros de profundidade e 35 metros de diâmetro.

Compondo o sistema, o reservatório da Praça Varnhagen foi inaugurado em 12 de junho de 2016, com capacidade de armazenamento para 43 milhões de litros de água. De acordo com a Prefeitura do Rio de Janeiro (2016), sua construção foi a solução técnica encontrada para amortecer os grandes volumes em momentos de pico, principalmente no período mais chuvoso, durante o verão.

O reservatório foi construído numa área de 3.502 metros quadrados. Segundo informa a Prefeitura, sua estrutura é composta de um conjunto de bombas responsáveis por manter o controle de fluxo de entrada e saída de água do canal. A Figura 01 apresenta um resumo das intervenções realizadas na Bacia do Canal do Mangue, na região da Tijuca.

**Figura 01 – Intervenções na Bacia do Canal do Mangue (Região da Tijuca)**



Fonte: Autora, 2020 (Informações extraídas da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro).

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

### 3. NECESSIDADE DE UM PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL PARA A REGIÃO

Considerando as ocupações que foram preenchendo a cidade ao longo dos anos, realizaram-se obras de correção e ampliação dos canais de baixa declividade, resultando na concentração da precipitação em locais específicos e, conseqüentemente, acentuando os casos de enchentes urbanas.

Além disso, sabe-se que a estrutura de drenagem na região é muito antiga. De acordo com Paulo Canedo – professor de recursos hídricos da Coppe/UFRJ – a questão é que até hoje o sistema de escoamento não foi inteiramente implantado, não podendo descartar a possibilidade de acontecer novos alagamentos durante as chuvas de verão (O GLOBO, 2020).

Outro agravante que pode ser considerado se refere aos projetos previstos e as obras realizadas. Originalmente, estava prevista a instalação de quatro piscinões com capacidade para 281 milhões de litros. No entanto, apenas três foram construídos, com capacidade de receber 119 milhões de litros ou 42,3% do que havia sido planejado (O GLOBO, 2020).

Através de um levantamento em sites e jornais, entre os anos de 2008 e 2019, foi possível observar que mesmo após a construção e operação dos referidos sistemas de drenagem, observou-se a ocorrência de alagamentos e enchentes na região. As Figuras 02 e 03 demonstram os principais registros entre 2008 e 2019 no bairro da Tijuca, conforme notícias da época.

**Figura 02 – Mapeamento de Eventos Críticos entre 2008 e 2013 na Tijuca**



Fonte: Autora, 2020 (Informações extraídas de: NOTÍCIAS UOL; BRASIL ESTADÃO; G1 GLOBO; AGÊNCIA BRASIL).

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

**Figura 03 – Mapeamento de Eventos Críticos entre 2013 e 2019 na Tijuca**



Fonte: Autora, 2020 (Informações extraídas de: G1 GLOBO; BRASIL ESTADÃO; O GLOBO; NOTÍCIAS UOL; VEJA ABRIL).

Sendo assim, verifica-se a necessidade de implantar medidas que possam auxiliar à população local, pedestres, turistas e todos que transitam pela região, no caso de episódios como os demonstrados nas figuras anteriores.

Através de estudos hidrológicos e estatísticos, verificou-se a necessidade de implantação de um Plano de Ação Emergencial na região, visto que mesmo após a construção e operação dos sistemas de amortecimento de cheias, é possível constatar alagamentos e enchentes nas proximidades. No entanto, os atuais episódios observados podem ser descritos como de menor impacto se comparados à época que não existiam tais intervenções no local.

Conforme mencionado na dissertação, o reservatório da Praça da Bandeira foi projetado para receber apenas a água excedente do entorno. No entanto, de acordo com Aluizio Canholi, coordenador do Plano Diretor de Drenagem Urbana do Rio de Janeiro, o reservatório em questão tem a capacidade de suportar no máximo de 1 hora, o equivalente a 50 mm de precipitação.

Após observar valores de precipitação que superam a capacidade de um dos reservatórios, a Tabela 01 apresenta as chuvas ocorridas entre 2008 e 2019, no período de 1 hora.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Tabela 01 – Precipitação Máxima em 1 hora

MESES/ ANOS	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	NOVEMBRO	DEZEMBRO
2008	47,00	11,20	50,00	16,40	48,80	20,60
2009	41,80	35,20	25,00	22,20	28,00	32,40
2010	57,00	29,80	58,40	40,40	12,60	49,60
2011	29,20	26,20	9,60	60,40	4,40	21,60
2012	13,40	4,40	11,00	14,20	8,80	6,20
2013	54,20	14,40	63,00	12,80	15,20	42,40
2014	9,80	7,80	14,60	18,00	9,80	5,60
2015	41,20	18,00	37,40	16,40	23,20	11,80
2016	15,20	37,40	86,40	8,00	15,00	22,00
2017	26,40	12,20	6,20	5,40	9,00	21,00
2018	8,40	56,80	17,80	32,60	19,60	24,80
2019	27,00	32,20	40,20	61,00	31,80	23,80

Fonte: AUTORA, 2020 (Informações extraídas de Relatório Anual de Chuvas 2008-2019).

Portanto, considera-se que para situações de precipitação com intensidade maior que 50 mm/h, o entorno do reservatório da Praça da Bandeira corre risco de alagamentos.

#### 4. CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES (COBRADE)

A Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), está dividida em duas grandes categorias. A categoria Desastres Naturais divide-se em cinco Grupos, treze Subgrupos, vinte e quatro Tipos e vinte e três Subtipos. Já a categoria Desastres Tecnológicos divide-se em cinco Grupos, quinze Subgrupos e quinze Tipos.

Considerando a classificação da COBRADE como referência, o Grupo Hidrológico está caracterizado pelos desastres relacionados às Inundações, Enxurradas e Alagamentos, conforme mostra a Figura 04 a seguir.

Figura 04 – Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)

CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	COBRADE
		1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	1.1.1.1.0
			2. Tsunami	0	1.1.1.2.0
		2. Emissão vulcânica	0	0	1.1.2.0.0
			1. Quedas, Tombamentos e rolamentos	1. Blocos	1.1.3.1.1
				2. Lascas	1.1.3.1.2

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

1. NATURAL	1. GEOLÓGICO	3. Movimento de massa		3. Matacões	1.1.3.1.3
				4. Lajes	1.1.3.1.4
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e ou rocha	1.1.3.2.1
			3. Corridas de Massa	1. Solo/Lama	1.1.3.3.1
				2. Rocha/Detrito	1.1.3.3.2
		4. Subsídências e colapsos	0	1.1.3.4.0	
		4. Erosão	1. Erosão Costeira/Marinha	0	1.1.4.1.0
			2. Erosão de Margem Fluvial	0	1.1.4.2.0
			3. Erosão Continental	1. Laminar	1.1.4.3.1
				2. Ravinas	1.1.4.3.2
	3. Boçorocas	1.1.4.3.3			
	2. HIDROLÓGICO	1. Inundações	0	0	1.2.1.0.0
		2. Enxurradas	0	0	1.2.2.0.0
		3. Alagamentos	0	0	1.2.3.0.0
	3. METEOROLÓGICO	1. Sistemas de Grande Escala/Escala Regional	1. Ciclones	1. Ventos Costeiros (Mobilidade de Dunas)	1.3.1.1.1
				2. Marés de Tempestade (Ressacas)	1.3.1.1.2
			2. Frentes Frias/Zonas de Convergência	0	1.3.1.2.0
		2. Tempestades	1. Tempestade Local/Convectiva	1. Tornados	1.3.2.1.1
				2. Tempestade de Raios	1.3.2.1.2
				3. Granizo	1.3.2.1.3
				4. Chuvas Intensas	1.3.2.1.4
				5. Vendaval	1.3.2.1.5
		3. Temperaturas Extremas	1. Onda de Calor	0	1.3.3.1.0
2. Onda de Frio			1. Friagem	1.3.3.2.1	
	2. Geadas		1.3.3.2.2		
4. CLIMATOLÓGICO	1. Seca	1. Estiagem	0	1.4.1.1.0	
		2. Seca	0	1.4.1.2.0	
	3. Incêndio Florestal	1. Incêndios em Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais	1.4.1.3.1		

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

				2. Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar	1.4.1.3.2
			4. Baixa Humidade do Ar	0	1.4.1.4.0
5. BIOLÓGICO	1. Epidemias	1. Doenças infecciosas virais	0		1.5.1.1.0
		2. Doenças infecciosas bacterianas	0		1.5.1.2.0
		3. Doenças infecciosas parasíticas	0		1.5.1.3.0
		4. Doenças infecciosas fúngicas	0		1.5.1.4.0
	2. Infestações/Pragas	1. Infestações de animais	0		1.5.2.1.0
		2. Infestações de algas		1. Marés vermelhas	1.5.2.2.1
				2. Ciano bactérias em reservatórios	1.5.2.2.2
		3. Outras Infestações	0		1.5.2.3.0

Fonte: COBRADE, 2009.

### 5. MANUAL DE PLANEJAMENTO EM DEFESA CIVIL (MPDC)

Através de consulta ao Manual de Planejamento em Defesa Civil (Volume II) do Ministério da Integração Nacional (1999), o documento se inicia introduzindo o planejamento tático, ações de resposta aos desastres, ações de combate aos sinistros e ações de socorro. Em seguida, são apresentadas as questões relacionadas com a assistência às populações afetadas e as atividades de reabilitação dos cenários.

A partir de análise preliminar do referido documento, foram observadas algumas definições pertinentes. “Denomina-se de contingência a uma situação de incerteza, quanto a um determinado evento, fenômeno ou acidente, que pode se concretizar ou não, durante um período de tempo determinado” (MPDC, 1999).

Além disso, o Manual define Plano de Contingência como: “Planejamento tático que é elaborado a partir de uma determinada hipótese de desastre (...) deve ser elaborado com grande antecipação, para atingir a finalidade de: facilitar as atividades de preparação para emergências e desastres; otimizar as atividades de resposta aos desastres” (MPDC, 1999).

Por fim, é válido mencionar que o Plano de Contingência deve ser desenvolvido em etapas, que segundo o Manual são:

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

- Designação do Grupo de Trabalho;
- Interpretação da Missão;
- Caracterização dos Riscos;
- Necessidades de Monitorização;
- Definição das Ações a Realizar;
- Atribuição de Missões aos Órgãos do SINDEC;
- Estabelecimento de Mecanismos de Coordenação;
- Detalhamento do Planejamento;
- Difusão e Aperfeiçoamento do Planejamento.

### 6. LIVRO BASE DE PLANO DE CONTINGÊNCIA

Outro documento que contribui para o entendimento do processo de elaboração de um Plano de Contingência é o Livro Base do Ministério de Integração Nacional. Nele, são observados alguns quesitos conforme a Tabela 02 a seguir.

**Tabela 02 – Quesitos do Livro Base para Elaboração de Plano de Contingência**

QUESITOS DO PLANO DE CONTINGÊNCIA	
1	Responsabilidades de cada órgão na gestão de desastres, especialmente quanto às ações de preparação, resposta e recuperação
2	Definição dos sistemas de alerta a desastres, em articulação com o sistema de monitoramento
3	Organização dos exercícios simulados, a serem realizados com a participação da população
4	Organização do sistema de atendimento emergencial à população, incluindo-se a localização das rotas de deslocamento e dos pontos seguros no momento do desastre, bem como dos pontos de abrigo após a ocorrência de desastre
5	Definição das ações de atendimento médico-hospitalar e psicológico aos atingidos por desastres
6	Cadastramento das equipes técnicas e de voluntários para atuarem em circunstâncias de desastres

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

### 7 Localização dos centros de recebimento e organização da estratégia de distribuição de doações e suprimentos

Fonte: Adaptado de Ministério da Integração Nacional, 2017.

Além disso, recomenda-se uma série de elementos que devem ser considerados na elaboração de um plano de contingência, devendo ser adotadas medidas contemplando o estudo de cenários de risco, os sistemas de monitoramento, alerta e alarme, planos de fuga (evacuação), ações de socorro, assistência às vítimas e ações de restabelecimento de serviços essenciais.

## 7. DEFESA CIVIL MUNICIPAL

No âmbito do município do Rio de Janeiro, os deslizamentos de encostas são o maior problema decorrente das chuvas fortes, conforme aponta a Defesa Civil Municipal. Embora seja necessária a atuação direta para Prevenção, Preparação, Resposta e Reconstrução de todos os outros tipos de desastres, o órgão informa que os deslizamentos, principalmente para moradores de áreas de risco, é o foco de planejamento da Defesa Civil Municipal.

Desta forma, na busca por garantir a integridade física dos moradores de áreas de alto risco, foi elaborado o Plano de Desocupação do Município do Rio de Janeiro, que tem por objetivo estabelecer procedimentos e preparar a desocupação rápida e segura dos moradores em caso de ocorrência desses eventos.

Entretanto, convém esclarecer que o documento analisado no presente estudo se refere ao Plano de Contingência elaborado pela Subsecretaria de Defesa Civil (SUBDEC), complementado pelos Planos de Acionamento e Mobilização (com os mapas e informações pertinentes de cada uma das comunidades) e pelos Planos Operacionais.

Quanto à reponsabilidade das ações durante e após a emergência: “A coordenação das ações a Nível Municipal, antes, durante e após a emergência, será coordenada pelo Centro de Operações Rio. A definição dos órgãos e instituições integrantes do Sistema, bem como suas atribuições estão descritas no Plano de Emergências da Cidade” (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2020).

Dentre as ferramentas utilizadas pela Fundação GEO-Rio, responsável por identificar e monitorar as áreas de risco, o órgão conta com uma rede de 30 estações pluviométricas remotas espalhadas pelo município denominada Sistema de Estações de Monitoração Pluviométrica Remota (SEMPRE), que integra o Sistema de Alerta de Deslizamentos (Alerta Rio). Maiores detalhes serão informados no item referente à descrição do Plano Municipal de Contingência (PLANCON, 2017).

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

### 8. INSTRUÇÃO NORMATIVA N. 1, DE 24 DE AGOSTO DE 2012

A Instrução Normativa nº 1 de agosto de 2012, estabelece os procedimentos e critérios necessários para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal. Além disso, estabelece o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e outras providências.

#### Trechos relevantes da Instrução Normativa nº 1 de agosto de 2012:

Art. 3º - Quanto à intensidade os desastres são classificados em dois níveis:

- a) nível I - desastres de média intensidade;
- b) nível II - desastres de grande intensidade.

§ 1º - A classificação quanto à intensidade obedece a critérios baseados na relação entre:

- I - a necessidade de recursos para o restabelecimento da situação de normalidade;
- II - a disponibilidade desses recursos na área afetada pelo desastre e nos diferentes níveis do Sindec.

§ 2º - São desastres de nível I aqueles em que os danos e prejuízos são suportáveis e superáveis pelos governos locais e a situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos mobilizados em nível local ou complementados com o aporte de recursos estaduais e federais.

§ 3º - São desastres de nível II aqueles em que os danos e prejuízos não são superáveis e suportáveis pelos governos locais, mesmo quando bem preparados, e o restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada das três esferas de atuação do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - Sinpdec e, em alguns casos, de ajuda internacional.

§ 4º - Os desastres de nível I ensejam a decretação de situação de emergência, enquanto os desastres de nível II a de estado de calamidade pública.

Art. 4º - Caracterizam os desastres de nível I a ocorrência de pelo menos dois dos danos descritos nos parágrafos 1º a 3º que, no seu conjunto, importem no prejuízo econômico público estabelecido no § 4º, ou no prejuízo econômico privado estabelecido no § 5º, e comprovadamente afetem a capacidade do poder público local de responder e gerenciar a crise instalada;

§ 1º - Danos Humanos:

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

I - de um a nove mortos; ou

II - até noventa e nove pessoas afetadas.

§ 2º - Danos Materiais:

I - de uma a nove instalações públicas de saúde, de ensino ou prestadoras de outros serviços danificadas ou destruídas; ou

II - de uma a nove unidades habitacionais danificadas ou destruídas; ou

III - de uma a nove obras de infraestrutura danificadas ou destruídas; ou

IV - de uma a nove instalações públicas de uso comunitário danificadas ou destruídas.

§ 3º - Danos Ambientais:

I - poluição ou contaminação, recuperável em curto prazo, do ar, da água ou do solo, prejudicando a saúde e o abastecimento de 10% a 20% da população de municípios com até dez mil habitantes e de 5% a 10% da população de municípios com mais dez mil habitantes;

II - diminuição ou exaurimento sazonal e temporário da água, prejudicando o abastecimento de 10% a 20% da população de municípios com até 10.000 habitantes e de 5% a 10% da população de municípios com mais de 10.000 habitantes;

III - destruição de até 40% de Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais.

§ 4º - Prejuízos econômicos públicos que ultrapassem 2,77% da receita corrente líquida anual do Município, do Distrito Federal ou do Estado atingido, relacionados com o colapso dos seguintes serviços essenciais:

I - assistência médica, saúde pública e atendimento de emergências médico-cirúrgicas;

II - abastecimento de água potável;

III - esgoto de águas pluviais e sistema de esgotos sanitários;

IV - sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação do lixo;

V - sistema de desinfestação e desinfecção do habitat e de controle de pragas e vetores;

VI - geração e distribuição de energia elétrica;

VII - telecomunicações;

VIII - transportes locais, regionais e de longas distâncias;

IX - distribuição de combustíveis, especialmente os de uso doméstico;

X - segurança pública;

XI - ensino.

## **PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

§ 5º - Prejuízos econômicos privados que ultrapassem 8,33% da receita corrente líquida anual do Município, do Distrito Federal ou do Estado atingido.

Art. 5º - Caracterizam os desastres de nível II a ocorrência de pelo menos dois dos danos descritos nos parágrafos 1º a 3º que, no seu conjunto, importem no prejuízo econômico público estabelecido no § 4º ou no prejuízo econômico privado estabelecido no § 5º, e comprovadamente excedam a capacidade do poder público local de responder e gerenciar a crise instalada.

§ 1º - Danos Humanos:

I - dez ou mais mortos; ou

II - cem ou mais pessoas afetadas.

§ 2º - Danos Materiais:

I - dez ou mais instalações públicas de saúde, de ensino ou prestadoras de outros serviços danificadas ou destruídas; ou

II - dez ou mais unidades habitacionais danificadas ou destruídas; ou

III - dez ou mais obras de infraestrutura danificadas ou destruídas; ou

IV - dez ou mais instalações públicas de uso comunitário danificadas ou destruídas.

§ 3º - Danos Ambientais:

I - poluição e contaminação recuperável em médio e longo prazo do ar, da água ou do solo, prejudicando a saúde e o abastecimento de mais de 20% da população de municípios com até 10.000 habitantes e de mais de 10% da população de municípios com mais de 10.000 habitantes;

II - diminuição ou exaurimento a longo prazo da água, prejudicando o abastecimento de mais de 20% da população de municípios com até dez mil habitantes e de mais de 10% da população de municípios com mais de 10.000 habitantes;

III - destruição de mais de 40% de Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais.

§ 4º - Prejuízos econômicos públicos que ultrapassem 8,33% da receita corrente líquida anual do Município, do Distrito Federal ou do Estado atingido, relacionados com o colapso dos seguintes serviços essenciais:

I - assistência médica, saúde pública e atendimento de emergências médico-cirúrgicas;

II - abastecimento de água potável;

III - esgoto de águas pluviais e sistema de esgotos sanitários;

IV - sistema de limpeza urbana e de recolhimento e destinação do lixo;

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

V - sistema de desinfestação e desinfecção do habitat e de controle de pragas e vetores;

VI - geração e distribuição de energia elétrica;

VII - telecomunicações;

VIII - transportes locais, regionais e de longas distâncias;

IX - distribuição de combustíveis, especialmente os de uso doméstico;

X - segurança pública;

XI - ensino.

§ 5º - Prejuízos econômicos privados que ultrapassem 24,93% da receita corrente líquida anual do Município, do Distrito Federal ou do Estado atingido.

Art. 6º - Quanto à evolução os desastres são classificados em:

I - desastres súbitos ou de evolução aguda;

II - desastres graduais ou de evolução crônica.

§ 1º - São desastres súbitos ou de evolução aguda os que se caracterizam pela velocidade com que o processo evolui e pela violência dos eventos adversos causadores dos mesmos, podendo ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais, sendo assim facilmente previsíveis.

§ 2º - São desastres graduais ou de evolução crônica os que se caracterizam por evoluírem em etapas de agravamento progressivo.

Art. 7º - A Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil adotará a classificação dos desastres constante do Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT), do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED) da Organização Mundial de Saúde (OMS/ONU) e a simbologia correspondente.

§ 1º - Quanto à origem ou causa primária do agente causador, os desastres são classificados em:

I - naturais; e

II - tecnológicos.

§ 2º - São desastres naturais aqueles causados por processos ou fenômenos naturais que podem implicar em perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos.

§ 3º - São desastres tecnológicos aqueles originados de condições tecnológicas ou industriais, incluindo acidentes, procedimentos perigosos, falhas na infraestrutura ou atividades humanas

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

específicas, que podem implicar em perdas humanas ou outros impactos à saúde, danos ao meio ambiente, à propriedade, interrupção dos serviços e distúrbios sociais e econômicos.

Art. 8º - Para atender à classificação dos desastres do Banco de Dados Internacional de Desastres (EM-DAT), a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil passa a adotar a Codificação Brasileira de Desastres - Cobrade, que segue como Anexo I desta Instrução Normativa.

Art. 9º - Quanto à periodicidade os desastres classificam-se em:

I - esporádicos; e

II - cíclicos ou sazonais.

§ 1º - São desastres esporádicos aqueles que ocorrem raramente com possibilidade limitada de previsão.

§ 2º - São desastres cíclicos ou sazonais aqueles que ocorrem periodicamente e guardam relação com as estações do ano e os fenômenos associados.

## 9. METODOLOGIA

Através dos quesitos apresentados no Livro Base para Elaboração de Plano de Contingência, serão analisados os principais componentes do Plano de Contingência do Município do Rio de Janeiro.

Além disso, será adaptado ao escopo de riscos hidrológicos, o Roteiro para elaboração de Plano de Ação de Emergência (PAE) do Ministério do Meio Ambiente, a fim de auxiliar o Plano de Contingência Municipal na tomada de decisões.

Por fim, pretende-se estabelecer um critério de vulnerabilidade associado aos eventos hidrológicos na região, considerando possíveis cenários de extrapolação dos reservatórios existentes na região. Os principais objetivos que se busca atingir na utilização do presente documento, são:

- Estabelecer procedimentos técnicos e administrativos a serem adotados em situações emergenciais na região;
- Promover as medidas básicas para restringir os danos a uma área previamente dimensionada, a fim de evitar que os impactos ultrapassem os limites de segurança preestabelecidos;
- Indicar as ações que visam evitar impactos e as que podem contribuir para agravá-los;

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

- Auxiliar na elaboração de um instrumento prático, de respostas rápidas e eficazes em situações de emergência;

Assim, espera-se que, se colocado em prática, o presente documento terá grande contribuição para minimizar os impactos ainda vivenciados pela população da Tijuca.

### 10. BREVE DESCRIÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA (PLANCON)

Primeiramente, o PLANCON (2017) apresenta o Sistema de Alerta e Alarme Comunitário, ambos relacionados às ações de Redução de Riscos de Desastres (RRD), que são acionados mediante chuvas fortes e/ou prolongadas. Assim, esclarece que as ações de RRD nas comunidades do Rio de Janeiro, teve como ação prioritária da Defesa Civil a mobilização e preparação das comunidades por meio da implantação dos Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUDEC's). Por fim, informa:

“O Programa de Proteção Comunitária está baseado em 3 (três) pilares: na Capacitação de Moradores, no Sistema de Alerta e Alarme Comunitário e na Atuação nas Escolas. Muito embora estas ações estejam, de alguma forma, relatadas neste Plano de Contingência, este documento destaca, com maior ênfase, a Operacionalização do Sistema de Alerta e Alarme Comunitário para Chuvas (Sistema A2C2), com atenção especial nas comunidades com imóveis em áreas de alto risco geológico” (PLANCON, 2017).

Cabe destacar que o Sistema de Alerta e Alarme Comunitário, pode ser realizado conforme duas estratégias, segundo o PLANCON (2017). A Figura 05 apresenta as estratégias do alerta por mensagem (SMS) e por alarme via Sirenes.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Figura 05 – Estratégias de Alerta por SMS e Alarme por Sirenes



Fonte: PLANCON, 2017.

No que se refere à capacitação dos agentes locais, o PLANCON (2017) informa que são profissionais que moram e trabalham nas comunidades, ou seja, conhecem bem a região, suas vulnerabilidades sociais e ambientais. Além disso, é válido mencionar que a Cruz Vermelha Brasileira, também participa como parceira da capacitação dos agentes, ministrando aula de Primeiros Socorros.

Outra etapa do PLANCON (2017) é o processo de desocupação temporária, que é ativado pela Mensagem de Mobilização (SMS). Assim, os Agentes Comunitários de Saúde (ACS), os Líderes Comunitários e demais pessoas cadastradas, são encarregados em divulgar as informações nas comunidades, a fim de mobilizar os moradores das áreas consideradas de alto risco. Tal procedimento é revalidado pelo Toque de Mobilização das sirenes, acionado sempre que a intensidade de chuva atinge o limite pré-estabelecido em protocolo específico elaborado pelo Sistema Alerta Rio.

O Plano de Contingência enumera algumas instruções ao morador, em casos de alerta sonoro feito pelas sirenes, como manter a calma e reunir a família, assegurar que documentos e remédios necessários estejam a mão, desligar a energia do imóvel através da chave geral e interromper o sistema de gás. Além disso, é necessário que as pessoas se dirijam de forma ordenada para o Ponto de Apoio predeterminado, aguardando as devidas orientações para retornar às suas casas. Tais orientações estão presentes em folhetos explicativos do Sistema de Alerta e Alarme Comunitário para Chuvas Fortes, que são entregues aos moradores em visitas de esclarecimento, exercícios simulados de desocupação, palestras ou cursos realizados na comunidade e durante o Projeto Defesa Civil Itinerante.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

De maneira remota, as sirenes são acionadas do Centro de Operações Rio (CO-Rio), e estão instaladas em estações que podem conter uma ou várias “cornetas”. Além disso, cada comunidade pode possuir mais de uma estação, de forma que os moradores de áreas denominadas de Alto Risco, sejam capazes de ouvir o toque do alarme. O momento de acionamento, é determinado por protocolo elaborado pelo Alerta Rio, levando em consideração o volume e intensidade de chuvas, que são coletadas pelos 83 pluviômetros remotos instalados nas comunidades que possuem sirenes (PLANCON, 2017).

Quanto aos procedimentos dos Exercícios Simulados, que são de extrema importância para que os moradores saibam como proceder em caso de acionamento das sirenes, o Plano informa que é por meio de treinamento e adaptação que são demonstradas na prática, de uma forma concreta e próxima da realidade, como serão realizadas as desocupações em Situação de Emergência (PLANCON, 2017).

Além das ações nas comunidades, o Plano indica a realização de exercícios simulados nas escolas da rede pública de ensino, destacando que:

“(…) também são realizados outros projetos com atuação nas escolas, como o Projeto Construindo a Cidadania nas Escolas e o Projeto Defesa Civil nas Escolas. Este último, que foi iniciado no ano de 2013 com foco em alunos do 5º ano de 38 Escolas da Rede Municipal de Ensino, propõe, de forma transversal, incorporar conceitos de Redução de Risco de Desastres ou Acidentes à educação escolar” (PLANCON, 2017).

Por último, o Plano de Contingência da cidade do Rio de Janeiro é composto por seus anexos, que apresentam informações relevantes, capazes de auxiliar na tomada de decisões em casos de emergência, além de contribuir com dados relevantes para situações de eventos extremos.

### 11. ANÁLISE DO PLANO DE CONTINGÊNCIA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

No que se refere à capacitação dos agentes locais, o PLANCON (2017) informa que são profissionais que moram e trabalham nas comunidades, ou seja, conhecem bem a região, suas vulnerabilidades sociais e ambientais. Além disso, é válido mencionar que a Cruz Vermelha Brasileira, também participa como parceira da capacitação dos agentes, ministrando aula de Primeiros Socorros.

Outra etapa do PLANCON (2017) é o processo de desocupação temporária, que é ativado pela Mensagem de Mobilização (SMS). Assim, os Agentes Comunitários de Saúde (ACS), os Líderes

## PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Comunitários e demais pessoas cadastradas, são encarregados em divulgar as informações nas comunidades, a fim de mobilizar os moradores das áreas consideradas de alto risco. Tal procedimento é revalidado pelo Toque de Mobilização das sirenes, acionado sempre que a intensidade de chuva atinge o limite pré-estabelecido em protocolo específico elaborado pelo Sistema Alerta Rio.

O Plano de Contingência enumera algumas instruções ao morador, em casos de alerta sonoro feito pelas sirenes, como manter a calma e reunir a família, assegurar que documentos e remédios necessários estejam a mão, desligar a energia do imóvel através da chave geral e interromper o sistema de gás. Além disso, é necessário que as pessoas se dirijam de forma ordenada para o Ponto de Apoio predeterminado, aguardando as devidas orientações para retornar às suas casas. Tais orientações estão presentes em folhetos explicativos do Sistema de Alerta e Alarme Comunitário para Chuvas Fortes, que são entregues aos moradores em visitas de esclarecimento, exercícios simulados de desocupação, palestras ou cursos realizados na comunidade e durante o Projeto Defesa Civil Itinerante.

De maneira remota, as sirenes são acionadas do Centro de Operações Rio (CO-Rio), e estão instaladas em estações que podem conter uma ou várias “cornetas”. Além disso, cada comunidade pode possuir mais de uma estação, de forma que os moradores de áreas denominadas de Alto Risco, sejam capazes de ouvir o toque do alarme. O momento de acionamento, é determinado por protocolo elaborado pelo Alerta Rio, levando em consideração o volume e intensidade de chuvas, que são coletadas pelos 83 pluviômetros remotos instalados nas comunidades que possuem sirenes (PLANCON, 2017).

No que se refere aos procedimentos dos Exercícios Simulados, que são de extrema importância para que os moradores saibam como proceder em caso de acionamento das sirenes, o Plano informa que é por meio de treinamento e adaptação que são demonstradas na prática, de uma forma concreta e próxima da realidade, como serão realizadas as desocupações em Situação de Emergência (PLANCON, 2017).

Além das ações nas comunidades, o Plano indica a realização de exercícios simulados nas escolas da rede pública de ensino, destacando que:

“(…) também são realizados outros projetos com atuação nas escolas, como o Projeto Construindo a Cidadania nas Escolas e o Projeto Defesa Civil nas Escolas. Este último, que foi iniciado no ano de 2013 com foco em alunos do 5º ano de 38 Escolas da Rede Municipal de Ensino, propõe, de forma transversal, incorporar conceitos de Redução de Risco de Desastres ou Acidentes à educação escolar” (PLANCON, 2017).

# **PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL**

## **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

Por último, o Plano de Contingência da cidade do Rio de Janeiro é composto por seus anexos, que apresentam informações relevantes, capazes de auxiliar na tomada de decisões em casos de emergência, além de contribuir com dados relevantes para situações de eventos extremos.

### **12. MAPAS DE VULNERABILIDADE**

Primeiramente, é importante definir o conceito de vulnerabilidade. Dentre as várias vertentes que envolvem os conceitos de vulnerabilidade, risco e perigo, Vicente (2005) explica que a vulnerabilidade é função entre a natureza, a magnitude e o percentual de uma variação aos quais o sistema é exposto, além de sua sensibilidade e capacidade adaptativa.

Para o autor, outros fatores devem ser levados em conta, como a relação complexa de situações econômicas, sociais, culturais e políticas, que são configuradas por eventos extremos já enfrentados por determinada sociedade (VICENTE, 2005).

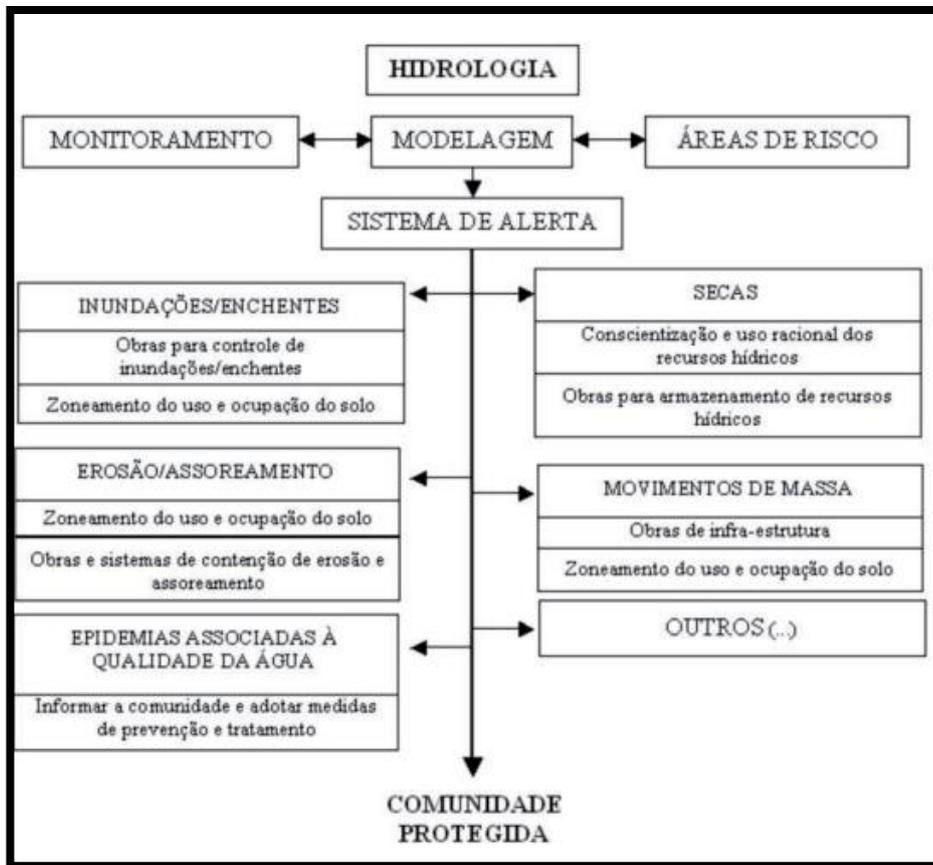
Considerando o importante papel exercido por estudos hidrológicos e o levantamento de eventos históricos da região, foi estudada a suscetibilidade aos fenômenos de alagamentos e inundações. Sendo assim, foi possível delimitar algumas das vias mais vulneráveis a estes fenômenos, levando em conta a declividade da Bacia Hidrográfica na qual a área de estudo está inserida, além proximidade das vias com os reservatórios instalados.

A Figura 06 apresenta um fluxograma do papel da Hidrologia na prevenção e mitigação dos desastres.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Figura 06 – Fluxograma do papel da Hidrologia na prevenção e mitigação dos desastres



Fonte: VESTENA, 2008.

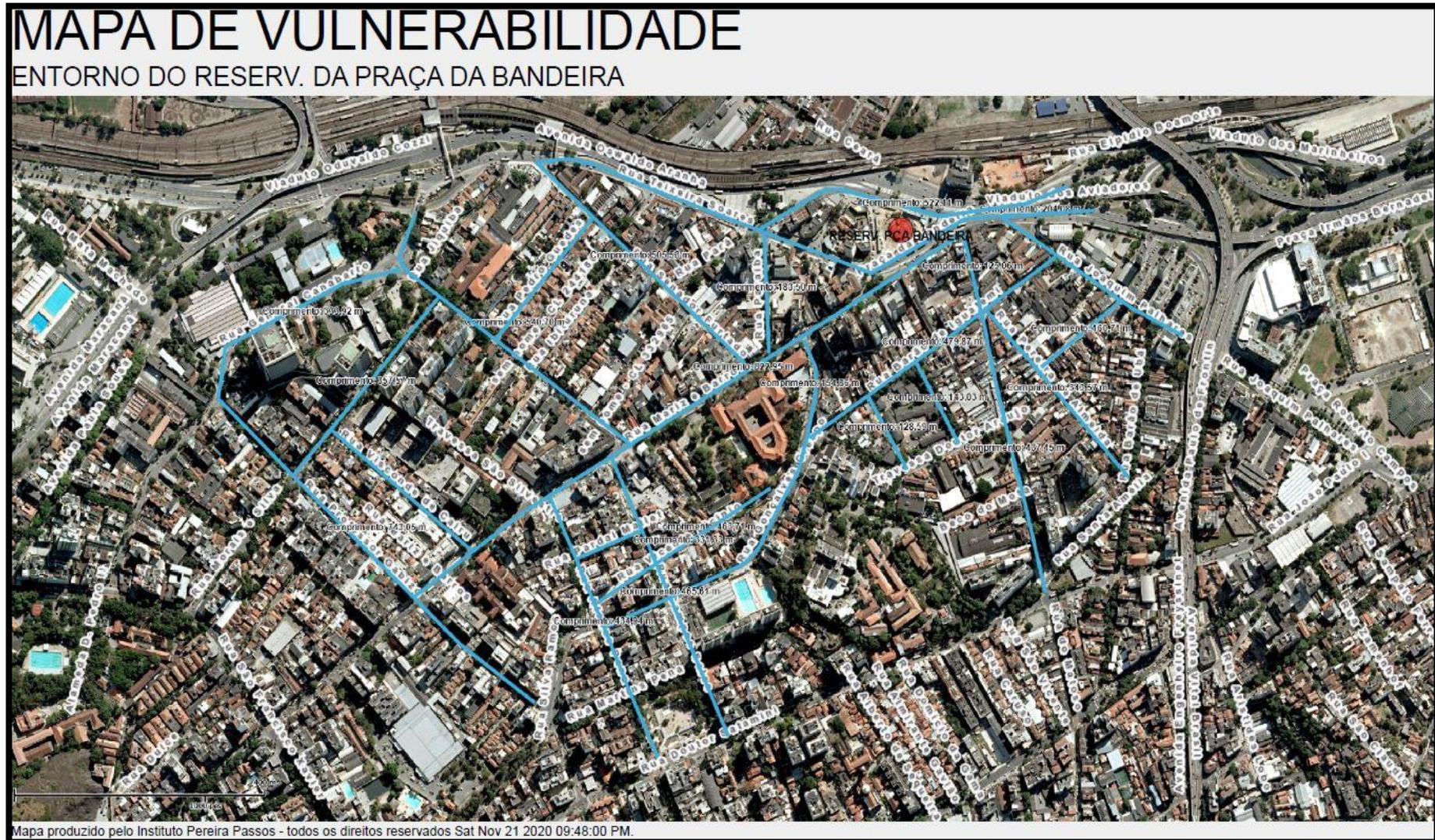
O mapeamento de áreas vulneráveis é um recurso de extrema importância para a leitura e compreensão dos episódios de inundações e alagamentos. A utilização dessa ferramenta permite auxiliar no planejamento urbano e como incremento ao sistema de alerta, contribuir com as autoridades, Defesa Civil e a população local sujeita a esses eventos.

Com o objetivo de melhor apresentar a situação de vulnerabilidade que a região em análise está exposta, foram elaborados mapas que demonstram os primeiros atingidos no caso de extrapolação dos sistemas de amortecimentos de cheias construídos na Tijuca, conforme demonstram as Figuras 07, 08 e 09 a seguir.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

FIGURA 07 – MAPA DE VULNERABILIDADE DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA PRAÇA DA BANDEIRA



Fonte: Autora (Dados extraídos do Portal GEO-Rio, 2020).

## **PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

#### **DESCRIÇÃO DOS TRECHOS MAIS CRÍTICOS VERIFICADOS:**

- 1) Parte da Rua Mirabeau Souto Uchoa e do Viaduto dos Fuzileiros (comprimento aprox. 204,08 m), que se estende ao entorno da Praça da Bandeira até a Rua Teixeira Soares, cruzamento com a Rua Senador Furtado;
- 2) Trecho da Rua Joaquim Palhares que se estende desde a Rua Barão de Ubá até a Rua Teixeira Soares;
- 3) Trecho da Rua São Valentim com cerca de 160 m de extensão, que se encontra entre a Rua Pereira de Almeida e a Rua Joaquim Palhares;
- 4) Rua Pereira de Almeida até encontrar a Rua Barão de Iguatemi, com extensão aproximada de 343,57 m;
- 5) Primeiro trecho da Rua do Matoso com cerca de 125 m de comprimento até encontrar a Rua Barão de Iguatemi, após o cruzamento segue até a Rua Doutor Satamini medindo aproximadamente 437,45 m;
- 6) Rua Barão de Iguatemi entre a Rua Joaquim Palhares e a Rua Gonçalves Crespo, com cerca de 479,87 m;
- 7) Trechos da Rua Santa Filomena e Rua João Francisco, que se encontram paralelas, até chegarem à Rua Barão de Iguatemi;
- 8) Trecho da Rua Mariz e Barros até encontrar a Rua Professor Gabizo;
- 9) Rua Senador Furtado desde a Rua Mariz e Barros até a Rua Teixeira Soares com 505 m de extensão, aproximadamente;
- 10) Trecho da Rua Felisberto de Menezes até bifurcação com a Rua Gonçalves Crespo;
- 11) Trecho da Rua Felisberto de Menezes até bifurcação com a Rua Vicente Licínio;
- 12) Trecho da Rua Pardal Mallet;
- 13) Rua Campos Sales até a altura da Praça Afonso Pena, com 465 m de extensão aproximadamente;
- 14) Rua Professor Gabizo até encontrar a Rua General Canabarro, com 743,05 m de extensão. No sentido oposto, até encontrar a Rua Silva Ramos;
- 15) Trecho da Rua General Canabarro com aproximadamente 334 m, até a esquina da Rua Ibituruna;
- 16) Rua Ibituruna em toda sua extensão, medido cerca de 540 m;
- 17) Trecho da Rua Pedro Guedes até a Rua Senador Furtado;
- 18) Trecho da Rua Paraíba com cerca de 183,50 m;
- 19) Rua Visconde de Cairu, até chegar à Rua Mariz e Barros;
- 20) Rua Afonso Pena, com comprimento estimado de 435 m, até a altura da Praça Afonso Pena.

# **PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL**

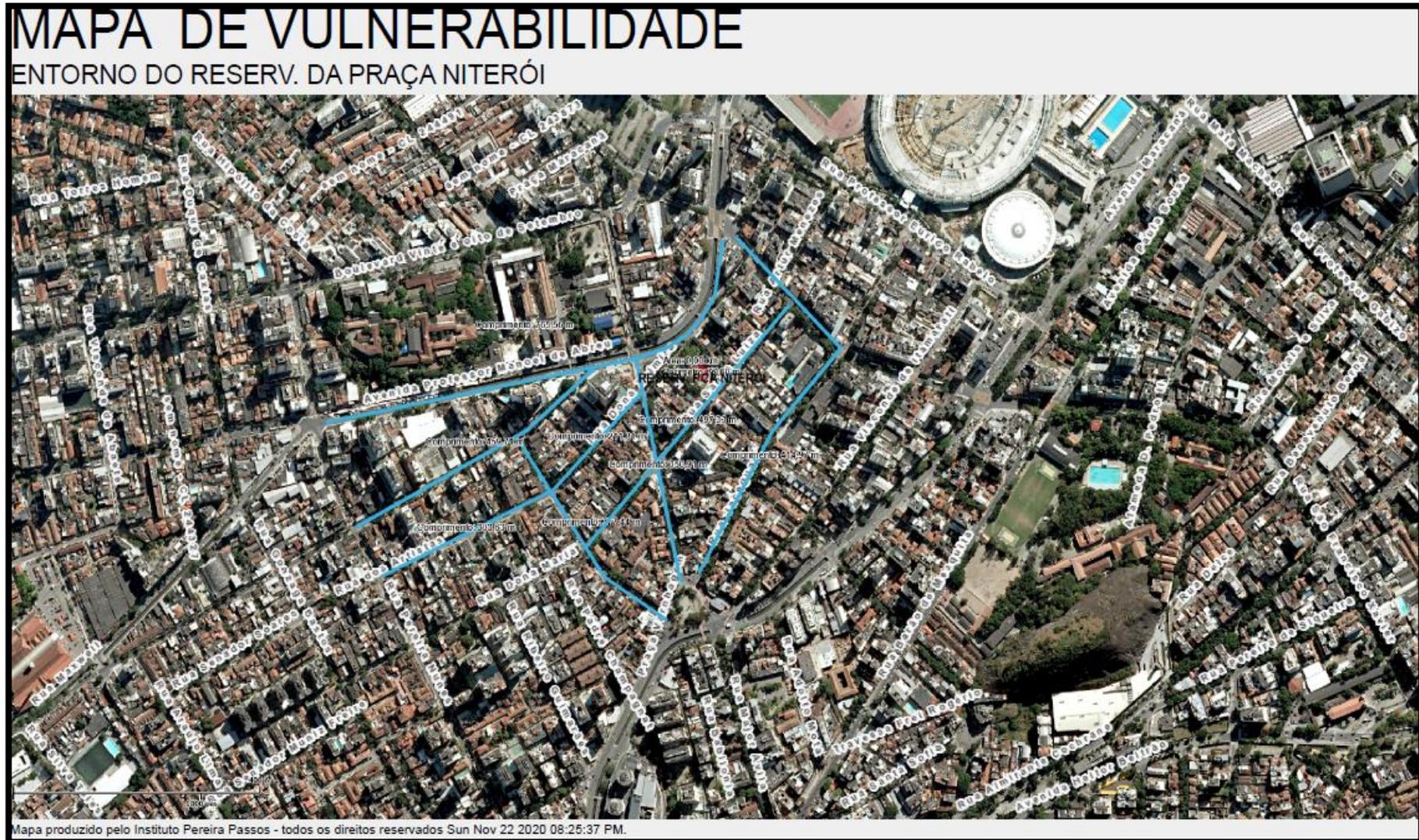
## **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

Obs.: Não foram demarcadas ruas sem saída, travessas e ruas privadas (de vilas). No entanto, devem ser considerados todos os trechos que se encontram nas proximidades do Reservatório da Praça da Bandeira, a fim de redirecionar os pedestres e o tráfego local, na ocorrência de extrapolação do referido sistema.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

FIGURA 08 – MAPA DE VULNERABILIDADE DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA PRAÇA NITERÓI



Fonte: Autora (Dados extraídos do Portal GEO-Rio, 2020).

## **PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

#### **DESCRIÇÃO DOS TRECHOS MAIS CRÍTICOS VERIFICADOS:**

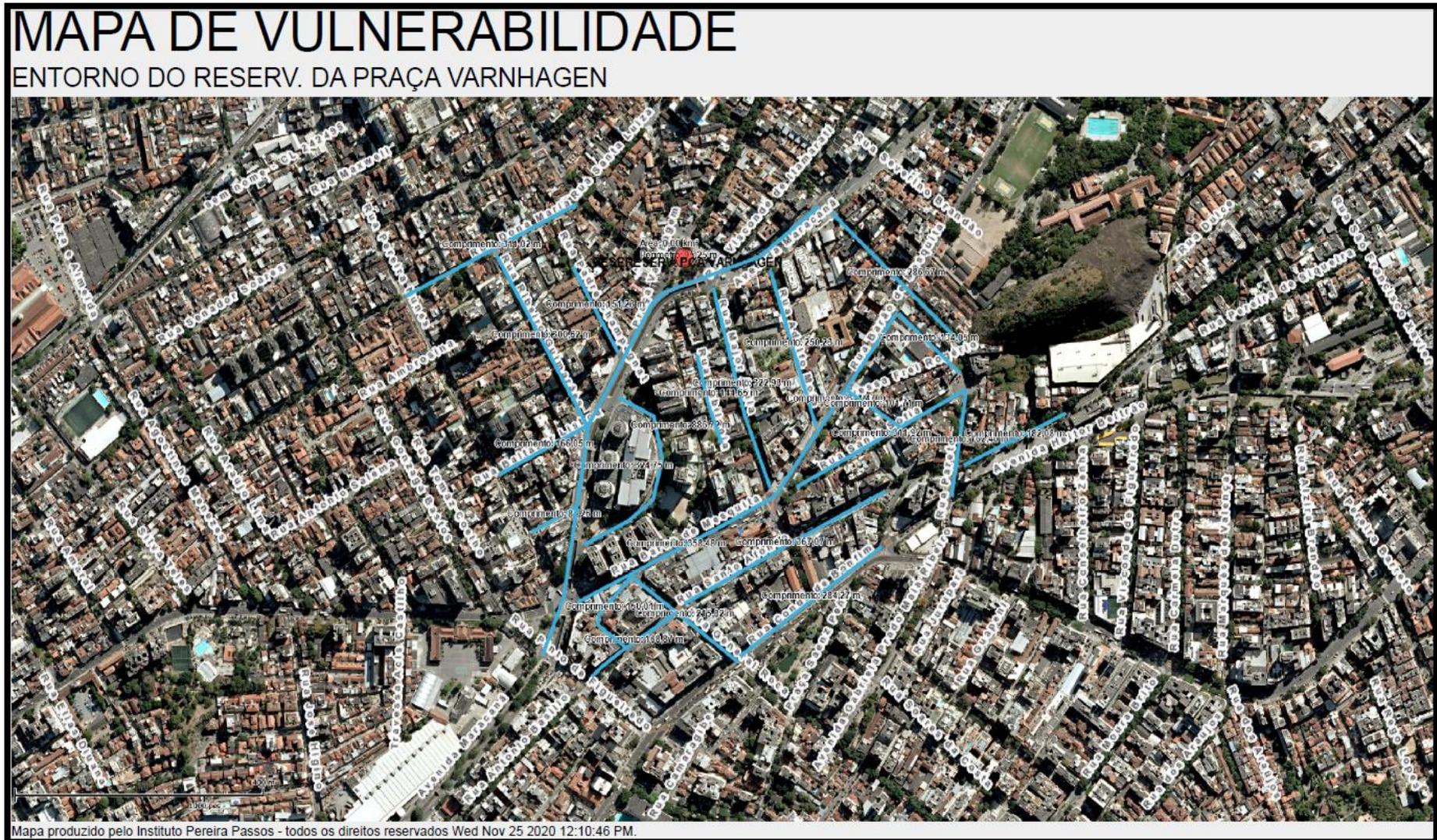
- 1) Trecho que se inicia na curva da Rua Professor Manoel de Abreu e encontra a Rua Dona Zulmira com cerca de 211,81 m de extensão;
- 2) Rua Santa Luiza até encontrar a Rua Almirante João Cândido Brasil. Em sentido oposto, trecho até a Rua São Francisco Xavier, medindo aproximadamente 497,33 m;
- 3) Trecho da Rua Jaceguai com 414,97 m de comprimento;
- 4) Rua Felipe Camarão, na altura da Praça Varnhagen até a Rua Professor Manoel de Abreu, com 350,91 m de extensão;
- 5) Rua dos Artistas até encontrar a Avenida Almirante João Cândido Brasil, medindo cerca de 303,63 m;
- 6) Trecho da Rua Maxuell entre a Avenida Professor Manoel de Abreu e a Rua Pereira Nunes, com aproximadamente 459,71 m de extensão;
- 7) Avenida Professor Manoel de Abreu desde o cruzamento com a Rua São Francisco Xavier até a altura da Rua Pereira Nunes (Trecho que possui parte do Rio Joana em canal aberto);
- 8) Trecho da Rua São Francisco Xavier entre a Rua Jaceguai e a Avenida Professor Manoel de Abreu.

Obs.: Da mesma forma, devem ser considerados todos os trechos que se encontram nas proximidades do Reservatório da Praça Niterói, a fim de minimizar os impactos locais, na ocorrência de extrapolação do referido sistema.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

FIGURA 09 – MAPA DE VULNERABILIDADE DO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA PRAÇA VARNHAGEN



Fonte: Autora (Dados extraídos do Portal GEO-Rio, 2020).

## **PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

#### **DESCRIÇÃO DOS TRECHOS MAIS CRÍTICOS VERIFICADOS:**

- 1) Trecho da Rua Barão de Mesquita, até cruzamento com a Rua Major Ávila, medindo cerca de 358,48 m de extensão;
- 2) Rua Antônio Basílio até cruzamento com a Rua General Roca, com 168,87 m de comprimento;
- 3) Rua Soriano de Souza com cerca de 150 m de extensão, aproximadamente;
- 4) Trecho da Rua Conde de Bonfim desde a Rua General Roca até encontrar a Avenida Heitor Beltrão, medindo 248,27 m de comprimento;
- 5) Rua Santo Afonso desde a Rua General Roca, até o cruzamento com a Rua Almirante Cochrane com cerca de 367 m de extensão;
- 6) Rua Barão de Mesquita desde a Avenida Maracanã, até o cruzamento com a Travessa Inácio Bittencourt, com um total de 700 m aproximadamente;
- 7) Entorno do Shopping Tijuca, entre a Avenida Maracanã e a Rua Engenheiro Enaldo Cravo Peixoto com cerca de 324,75 m de extensão;
- 8) Rua Pareto entre a Praça Hilda e a Avenida Heitor Beltrão, medindo cerca de 162,40 m de comprimento;
- 9) Trecho da Rua Almirante Cochrane com cerca de 182 m aproximadamente;
- 10) Rua Santa Sofia desde a Praça Hilda até encontrar a Rua Barão de Mesquita, com 312 m de extensão;
- 11) Travessa Vitório Emanuel com cerca de 102 m de extensão;
- 12) Travessa Frei Rogério com cerca de 151 m de extensão;
- 13) Travessa Inácio Bittencourt com cerca de 134,05 m de extensão;
- 14) Trecho da Rua Deputado Soares Filho até encontrar a Avenida Maracanã, com aproximadamente 267 m;
- 15) Rua Adolfo Mota com cerca de 250 m de comprimento, aproximadamente;
- 16) Rua Major Ávila entre a Avenida Maracanã e a Rua Barão de Mesquita, com cerca de 232 m de extensão;
- 17) Rua Babilônia com aproximadamente 144,65 m de comprimento;
- 18) Rua Baltazar Lisboa com cerca de 166,05 m de extensão;
- 19) Rua Costa Pereira com aproximadamente 81,26 m;
- 20) Trecho da Rua Ribeiro Guimarães com cerca de 300 m de comprimento;
- 21) Trecho da Rua Padre Campagnat com aproximadamente 151,23 m;
- 22) Trecho da Rua Dona Maria com 311 m de extensão;

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

- 23) Avenida Maracanã desde o cruzamento com a Rua Pinto de Figueiredo até o cruzamento com a Rua Deputado Soares Filho, medindo aproximadamente 887 m de extensão.

Obs.: Considerando a proximidade dos Reservatórios da Praça Niterói e Praça Varnhagen, deve-se observar os trechos que se encontram nas proximidades e, ao estimar a possível extrapolação de um dos sistemas ou ambos, buscar redirecionar o tráfego local e orientar os pedestres dos riscos associados.

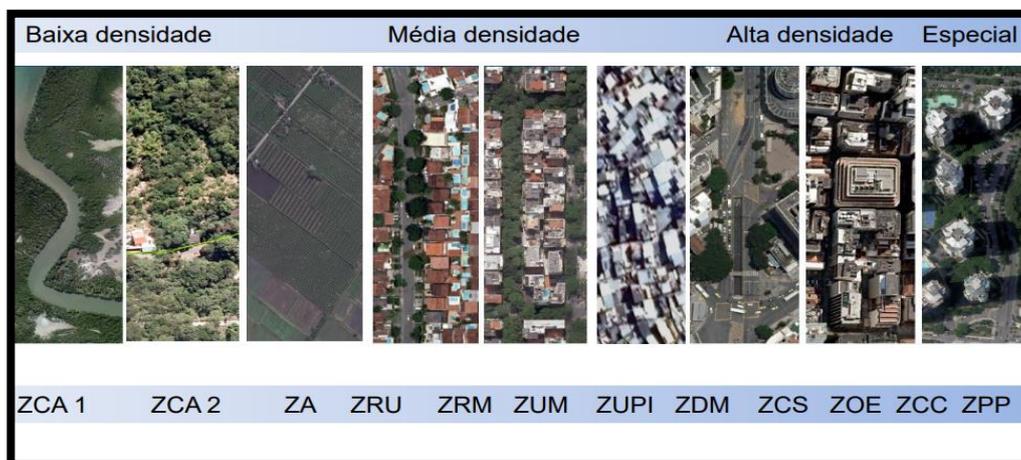
### 13. DEFINIÇÃO DO CRITÉRIO DE VULNERABILIDADE

Em decorrência dos altos índices de precipitação, observam-se frequentes episódios de alagamentos e inundações na região da Tijuca, que:

- Impedem o fluxo normal do trânsito;
- Dificultam o acesso aos coletivos;
- Provocam prejuízos ao comércio local;
- Comprometem a segurança e saúde da população em geral.

Tendo em vista que a área analisada está inserida na Área de Planejamento 2, por meio da Figura 10 fica evidenciado que a região engloba os zoneamentos ZRM2, ZCS e ZUM, ou seja, áreas de média a alta densidade populacional.

**Figura 10 – Densidades conforme Zoneamento Urbano**



Fonte: PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2013.

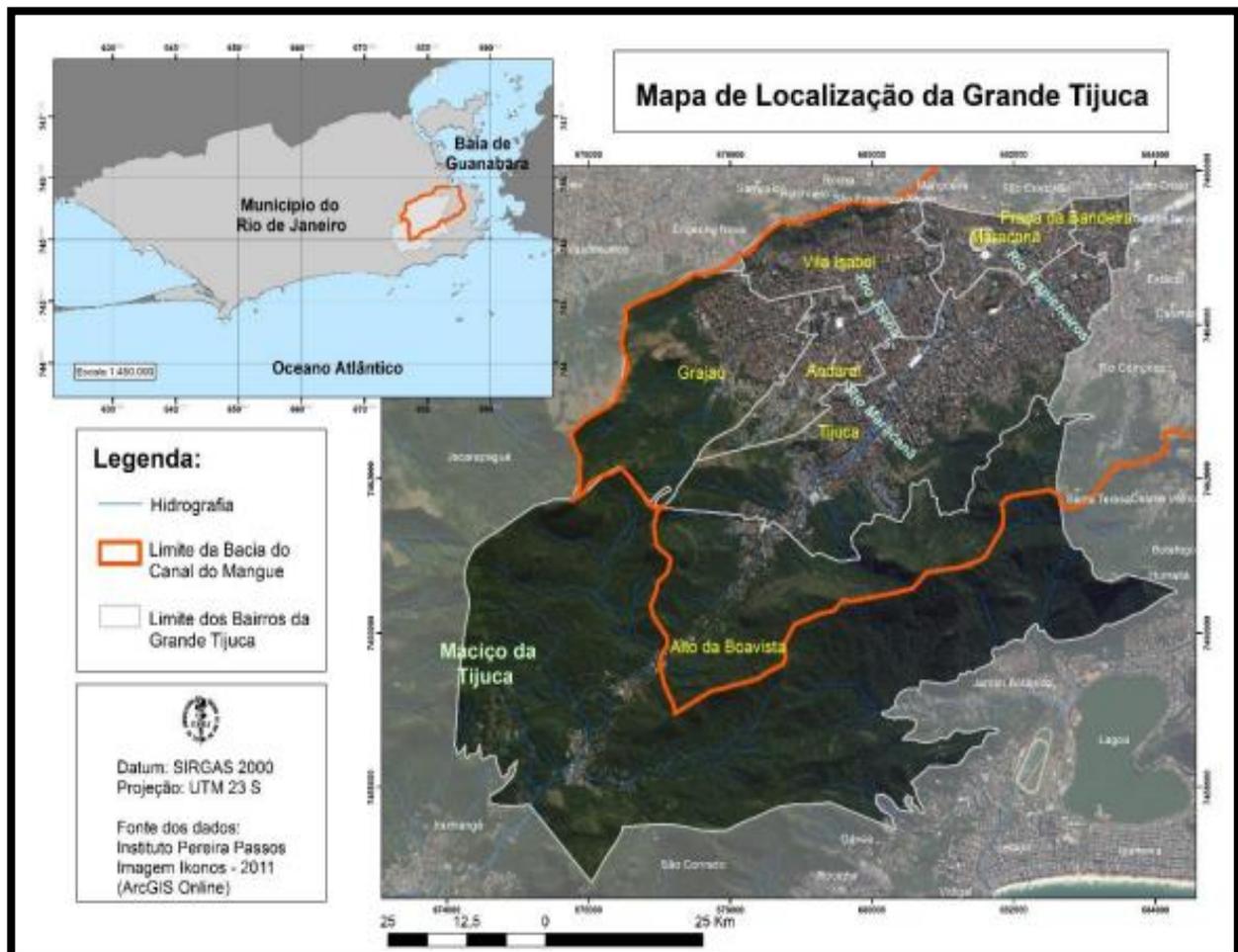
# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Para a elaboração do critério de determinação dos graus de vulnerabilidade, foram consideradas as situações de possível extrapolação dos três reservatórios construídos na Tijuca, levando em conta sua capacidade de armazenamento, intensidade de precipitação, características de microdrenagem local, proximidade de moradias e estabelecimentos diversos, fluxo de veículos e pedestres, entre outros aspectos relevantes.

Sabe-se que a Grande Tijuca compreende os bairros da Tijuca, Praça da Bandeira, Alto da Boa Vista, Grajaú, Andaraí, Vila Isabel e Maracanã (SANTOS et al., 2003). O Mapa de localização da área de estudo é mostrado pela Figura 33.

**Figura 11 – Mapa de localização da Grande Tijuca**



Fonte: DA COSTA et al., 2018.

## **PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

Com o objetivo de ilustrar as informações de ocupação do solo nos Bairros da Grande Tijuca, as Figuras 12 a 18 demonstram a delimitação destas regiões, e configuram a proximidade das edificações com os reservatórios da Praça da Bandeira, Praça Niterói e Praça Varnhagen.

Primeiramente, na região da Praça da Bandeira, em 2010 foram identificados 3.488 domicílios, sendo 3.435 particulares e 53 coletivos, conforme apontam os dados da DATA RIO do Sistema de Informações da Prefeitura do Rio de Janeiro. Segundo a mesma fonte, a Praça da Bandeira possui 100 % de sua área urbanizada, com um total de 547.056 m<sup>2</sup> de área construída de acordo com dados de 2019. A Figura 12 mostra a delimitação do Bairro da Praça da Bandeira e suas características de ocupação.

Da mesma forma, foram pesquisadas informações a respeito do Bairro Maracanã. Nele, foram identificados 9873 domicílios, sendo 9.854 particulares e 19 coletivos. Segundo o DATA RIO (2020), o Maracanã possui 100 % de sua área urbanizada, com um total de 1.637.147 m<sup>2</sup> de área construída de acordo com dados de 2019, como mostra a Figura 13.

No Bairro de Vila Isabel, foram identificados 31.335 domicílios, sendo 31.097 particulares e 235 coletivos. Com 90 % de sua área urbanizada, possui um total de 2.863.955 m<sup>2</sup> de área construída de acordo com dados de 2019, como mostra a Figura 14.

Quanto ao Bairro do Andaraí, foram identificados 14.705 domicílios, sendo 14.688 particulares e 22 coletivos. Além disso, possui 77 % de sua área urbanizada, com um total de 1.739.130 m<sup>2</sup> de área construída de acordo com dados de 2019, como mostra a Figura 15.

No Bairro da Tijuca, foram constatados 62.544 domicílios em 2010, sendo 61.923 particulares e 621 coletivos. Em relação ao Uso do Solo e a Dinâmica Imobiliária no Bairro da Tijuca, dados do DATA RIO (2020) informam 63% de área urbanizada, com um total de 7.117.716 m<sup>2</sup> de área construída, de acordo com a Figura 16.

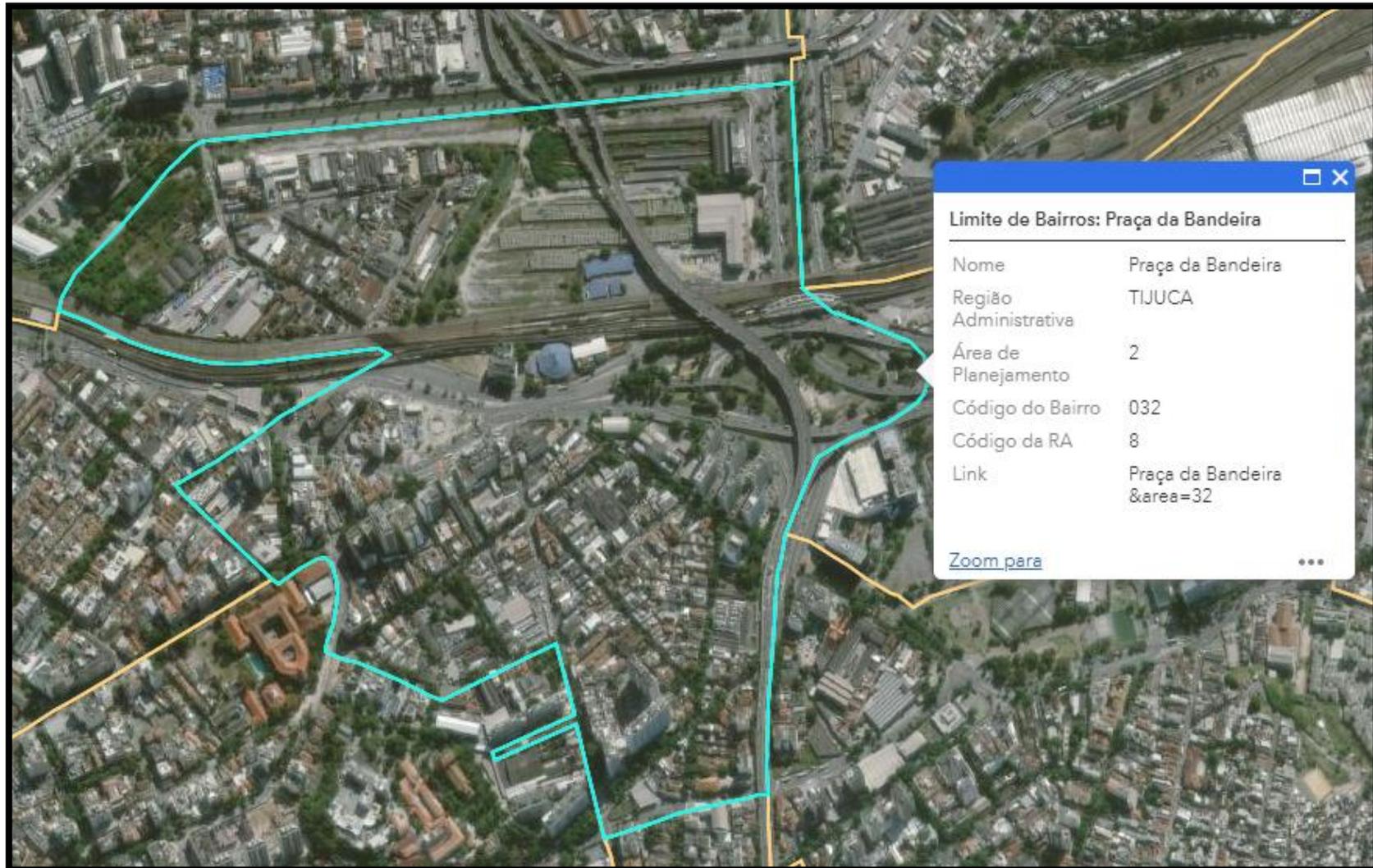
Informações do DATA RIO (2020) apontam que o Bairro do Grajaú contemplava 14.353 domicílios em 2010. Destes, 14.214 eram particulares e 139 coletivos. A região possui 31 % de área urbanizada, com um total de 1.570.505 m<sup>2</sup> de área total construída, conforme mostra a Figura 17.

Por fim, foram analisados os dados do Bairro do Alto da Boa Vista. Nele, observou-se um total de 3.123 domicílios, sendo 2.974 particulares e 151 coletivos. A região possui apenas 6% de sua área urbanizada, com 292.842 m<sup>2</sup> de área total construída, de acordo com a Figura 18.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Figura 12 – Bairro da Praça da Bandeira

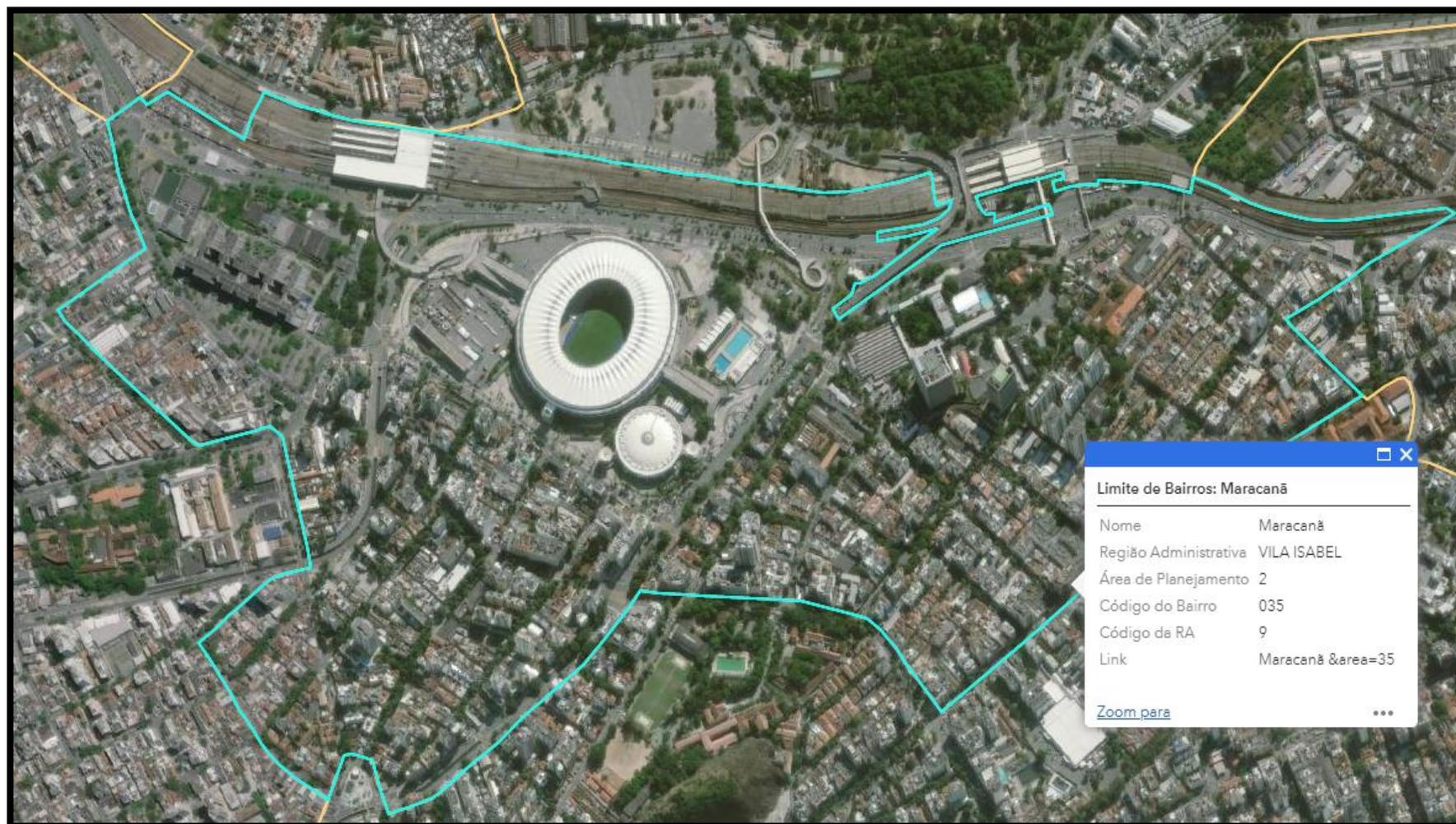


Fonte: DATA RIO, 2020.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Figura 13 – Bairro do Maracanã

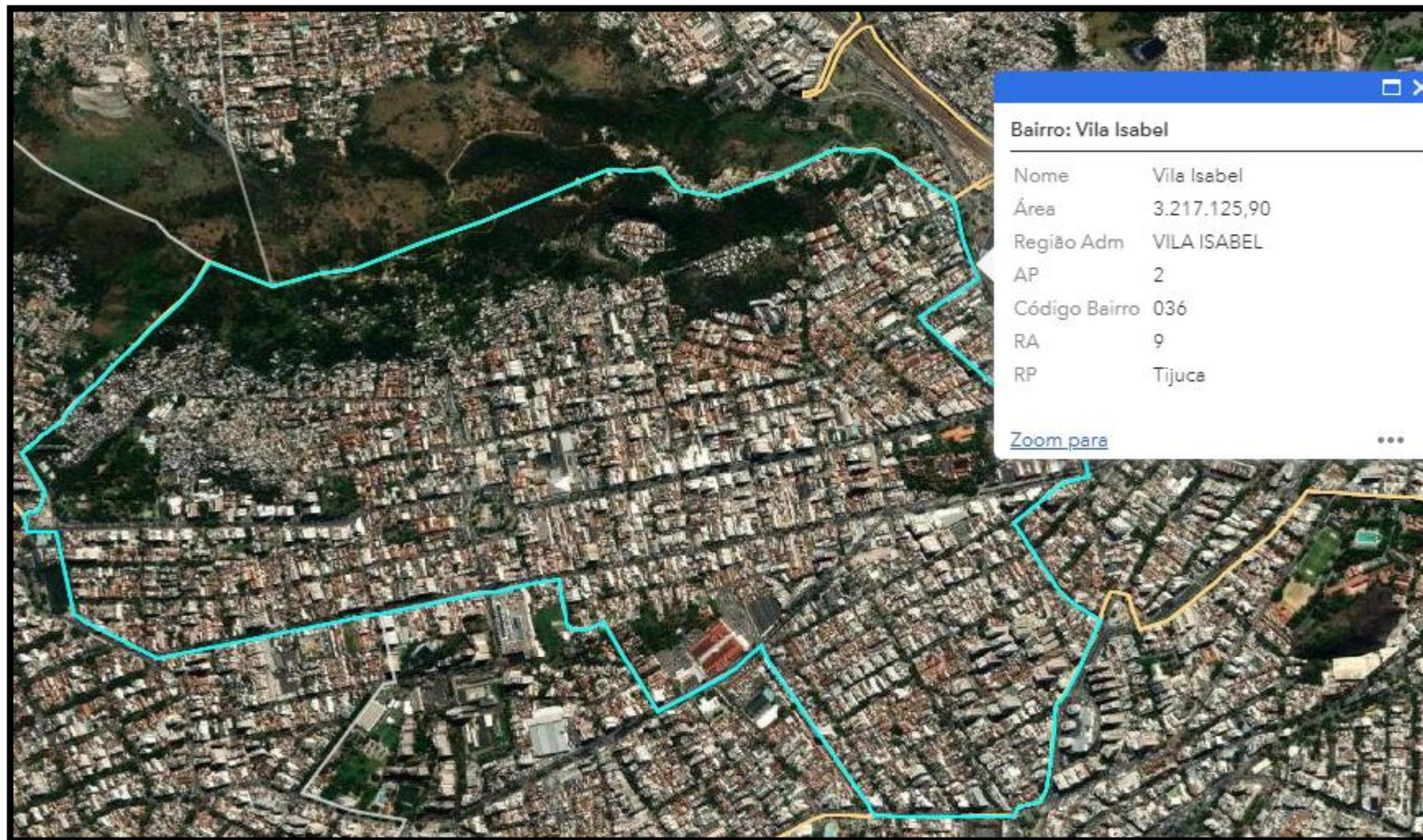


Fonte: DATA RIO, 2020.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Figura 14 – Bairro de Vila Isabel

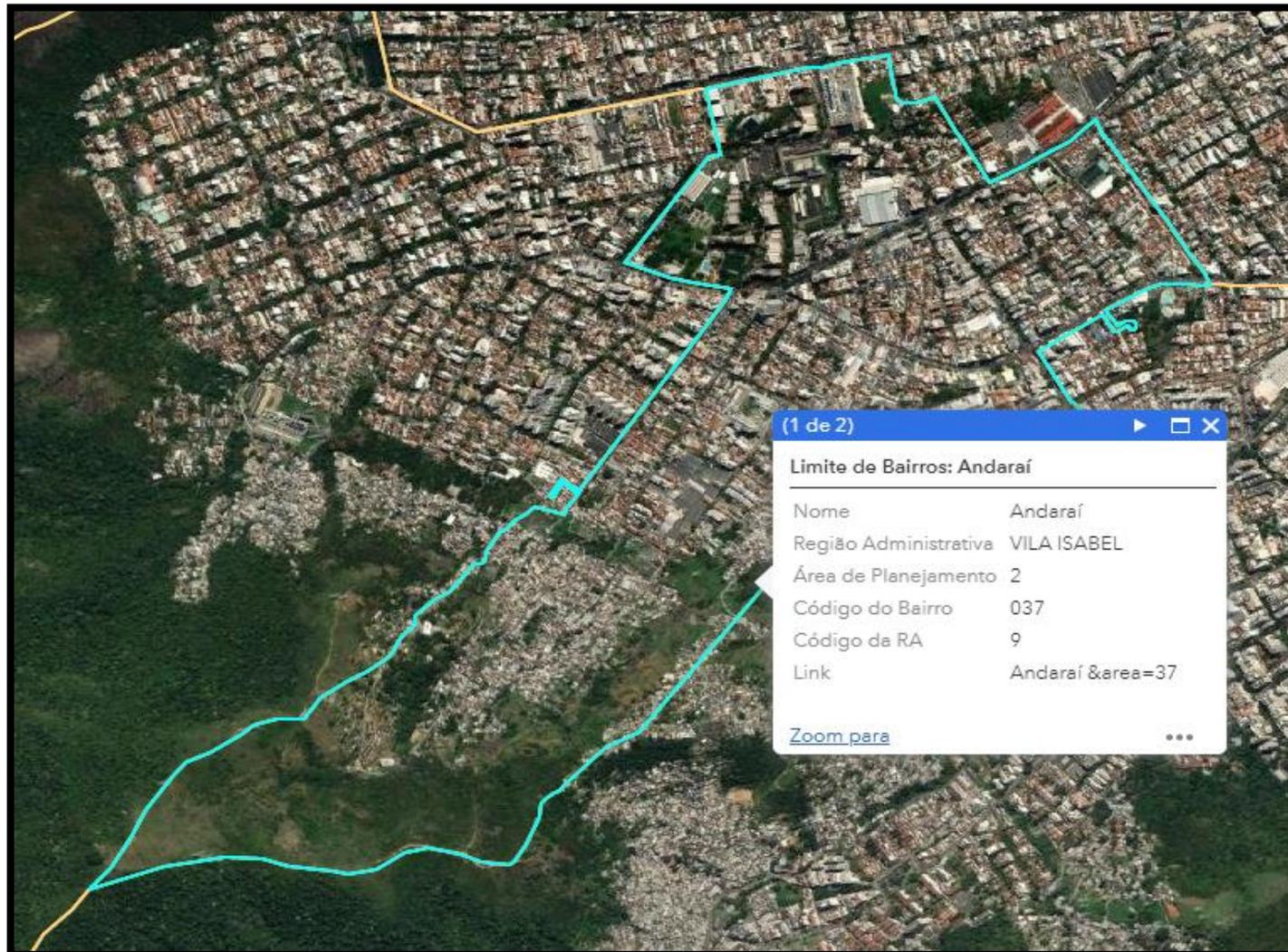


Fonte: DATA RIO, 2020.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Figura 15 – Bairro do Andaraí

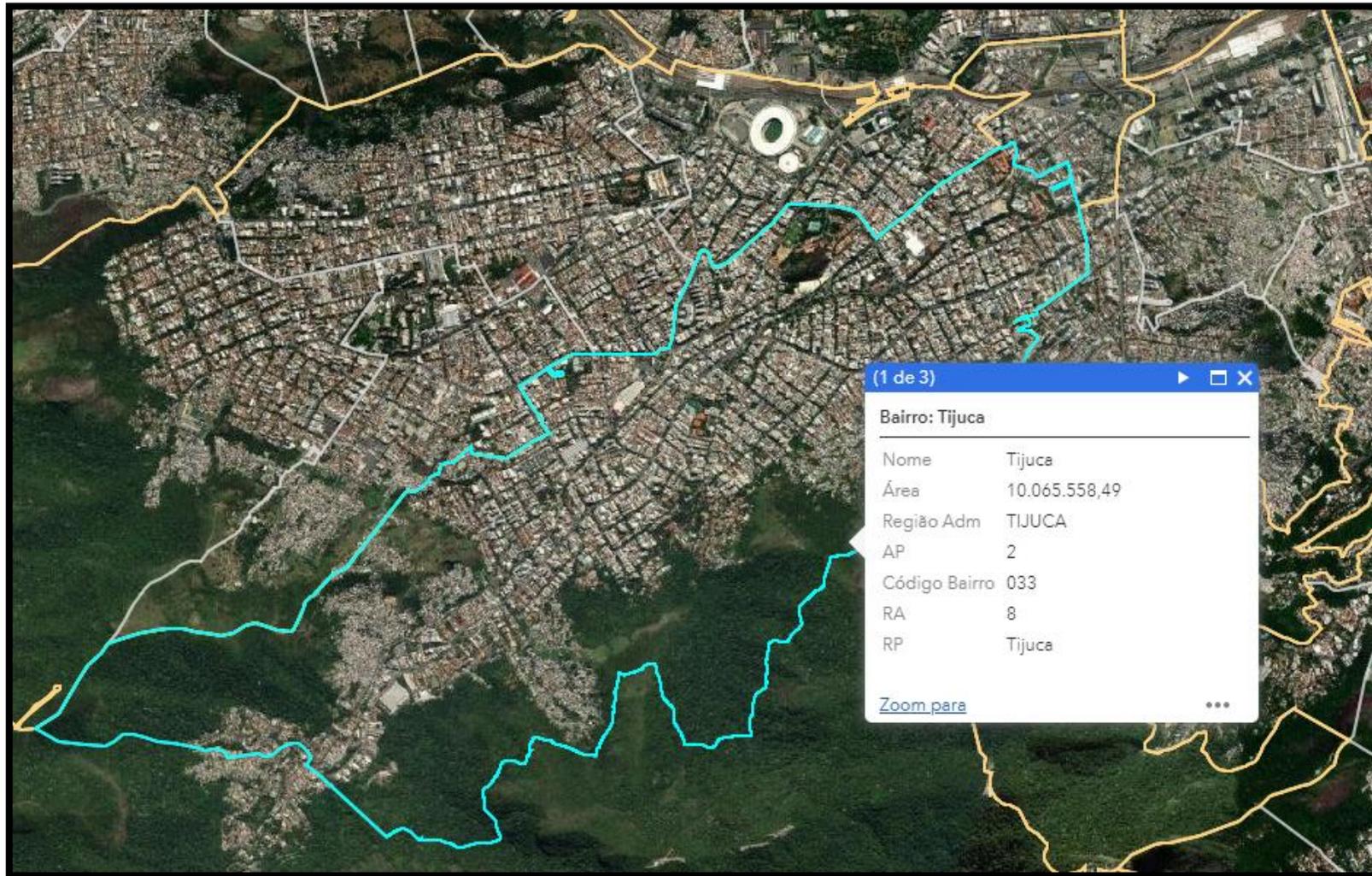


Fonte: DATA RIO, 2020.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Figura 16 – Bairro da Tijuca

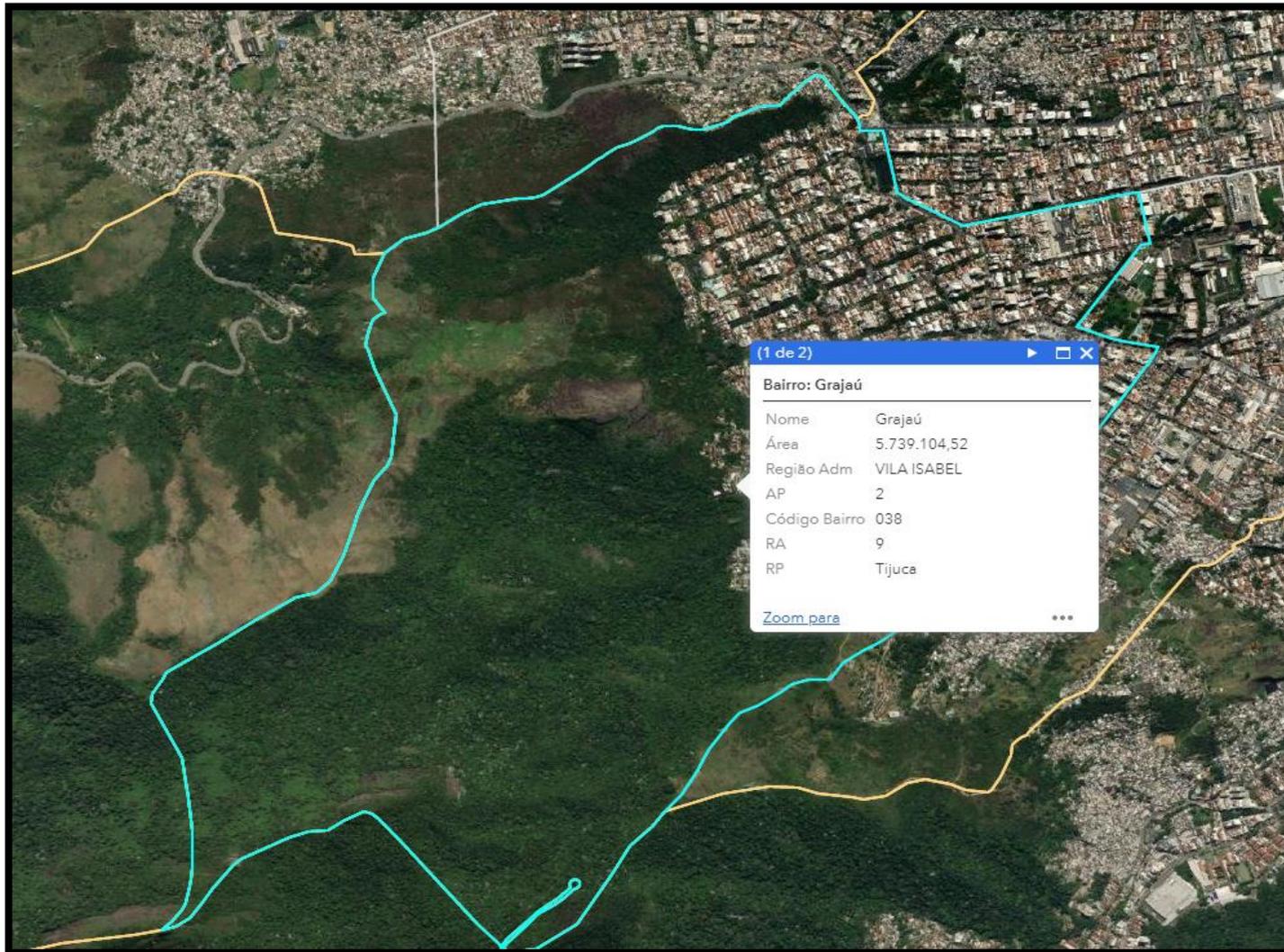


Fonte: DATA RIO, 2020.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Figura 17 – Bairro do Grajaú

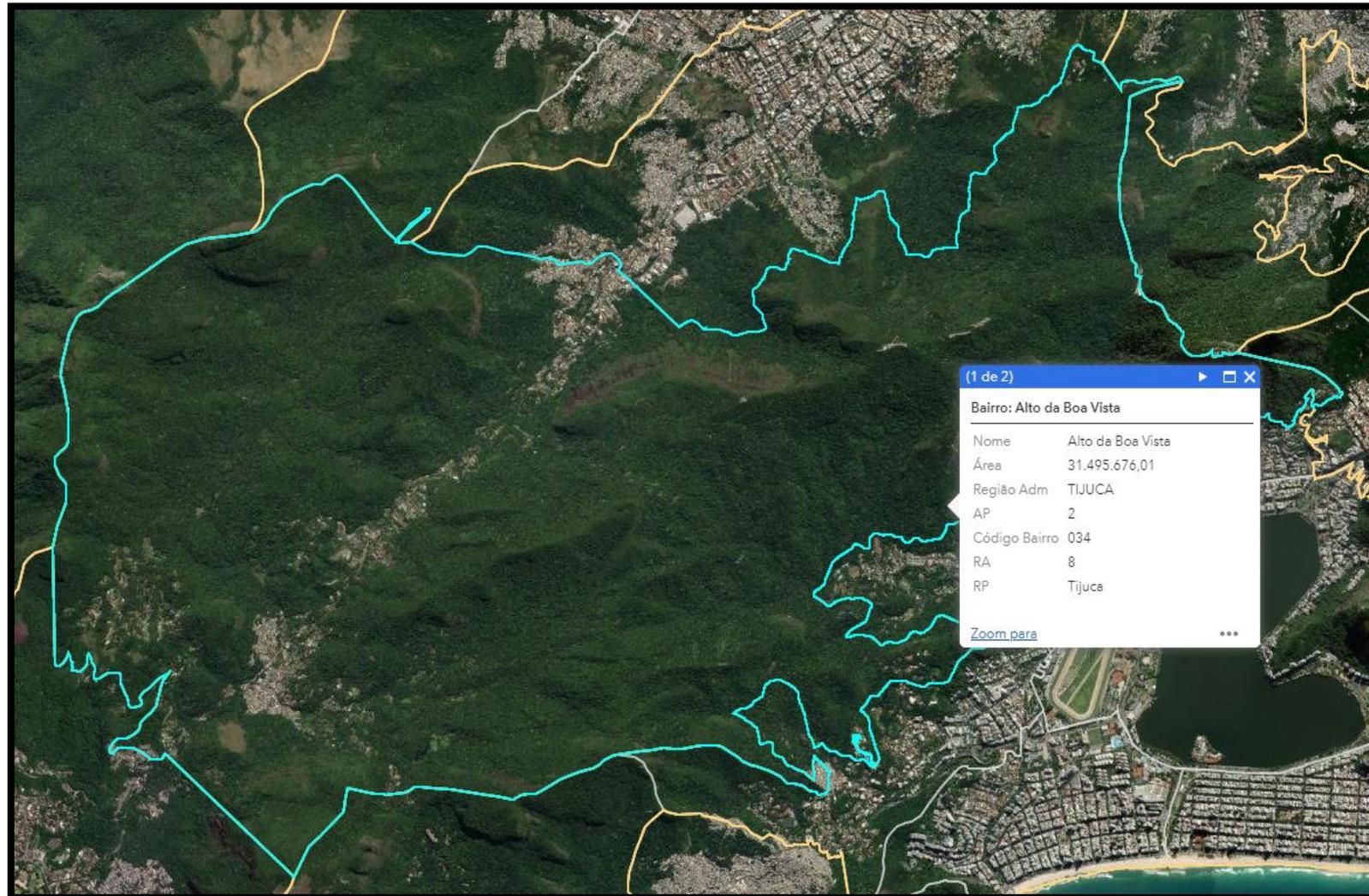


Fonte: DATA RIO, 2020.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Figura 18 – Bairro do Alto da Boa Vista



Fonte: DATA RIO, 2020.

## PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

A matriz representada na Figura 19, mostra os Graus de Vulnerabilidade considerando os aspectos de Frequência/Probabilidade associados aos níveis de Severidade. Quanto maior o valor dos eixos horizontal e vertical, maior será a vulnerabilidade.

**Figura 19 – Graus de Vulnerabilidade a Alagamentos e Inundações**

SEVERIDADE	FREQUÊNCIA ou PROBABILIDADE								
	BAIXA (1)			MÉDIA (2)			ALTA (3)		
	AMPLITUDE			AMPLITUDE			AMPLITUDE		
	BAIXA (1)	MÉDIA (2)	ALTA (3)	BAIXA (1)	MÉDIA (2)	ALTA (3)	BAIXA (1)	MÉDIA (2)	ALTA (3)
BAIXA (1)	1	2	3	2	4	6	3	6	9
MÉDIA (2)	2	4	6	4	8	12	6	12	18
ALTA (3)	3	6	9	6	12	18	9	18	27

Fonte: AUTORA, 2020.

Além dos Mapas de Vulnerabilidade, foram utilizados como base de determinação dos critérios, a proximidade das pessoas que habitam/transitam as áreas sujeitas a inundações, alagamentos e enchentes nas regiões em análise. De modo geral, a região da Grande Tijuca apresenta uma média percentual de 66,71% de área urbanizada, conforme apontam os dados de 2019 do DATA RIO.

Sendo assim, para o entorno do reservatório da Praça da Bandeira, foram considerados os Bairros da Praça da Bandeira e do Maracanã como áreas de abrangência. Em comparação aos outros bairros, possui menor número de domicílios, sendo considerada uma região de média severidade. Devido à sua área ser praticamente 100% urbanizada, propiciando altos índices de escoamento superficial, foi considerada uma região com alta probabilidade e média amplitude. Portanto, o grau de vulnerabilidade foi estimado em 12, conforme demonstrado pela Figura 19.

Da mesma forma, foram avaliados os bairros de influência do reservatório da Praça Niterói, sendo eles: Vila Isabel, Grajaú, Andaraí e Maracanã. Mesmo com valores percentuais menores referentes à área urbanizada, em comparação aos outros bairros, estas regiões apresentam altos números de domicílios configurando uma região de alta severidade. Além disso, possui uma média de 74,5% de área urbanizada, indicando uma baixa a média probabilidade, com média amplitude. Sendo assim, o grau de vulnerabilidade para o entorno do referido reservatório, teve uma margem entre 6 e 12.

## PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Por fim, verificou-se que os bairros Tijuca e Maracanã são os mais próximos da área de abrangência do reservatório da Praça Varnhagen. Considerando a média de 81,5% de área urbanizada, adotou-se uma média probabilidade, com alta amplitude. Além disto, estas regiões apresentam uma elevada quantidade de domicílios, que se referem ao índice de alta severidade. Sendo assim, o grau de vulnerabilidade atribuído para o entorno do referido reservatório foi de 18.

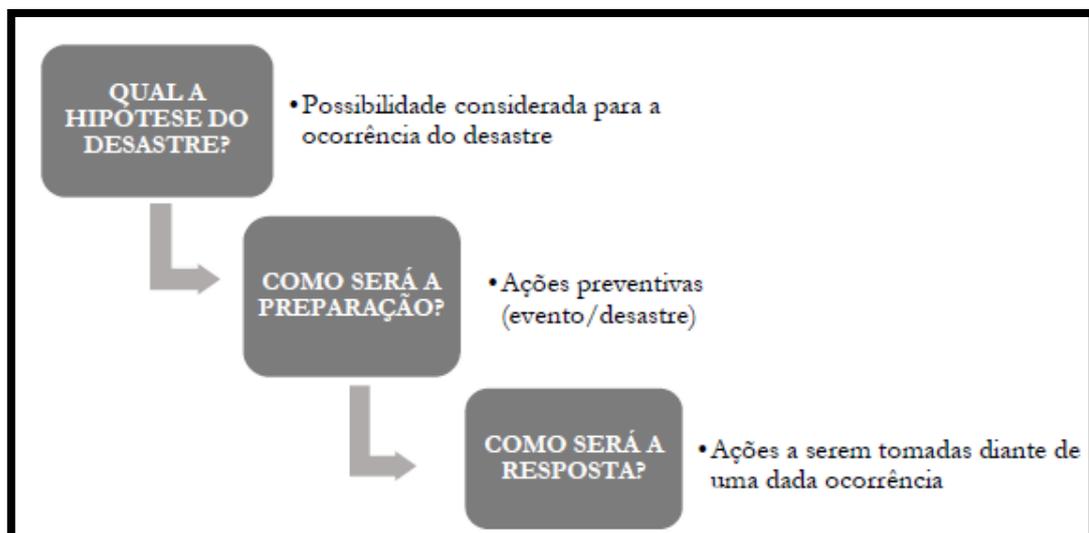
Considerando as três regiões analisadas, percebe-se que o grau de vulnerabilidade está compreendido entre 6 e 18. Portanto, é necessário que sejam implantadas medidas preventivas associadas às intervenções de drenagem de águas pluviais realizadas.

#### 14. PROPOSTA DE AÇÕES E MEDIDAS PREVENTIVAS

Primeiramente, é importante ressaltar que o Plano de Contingência Municipal (PLANCON, 2017), através da Defesa Civil, tem foco em riscos relacionados à deslizamentos de encostas, e atendimento à população de áreas sensíveis a esses eventos. Porém, é de extrema necessidade considerar medidas para antes, durante e após desastres relacionados à alagamentos, inundações e enchentes, uma vez que estes também são recorrentes, afetando o cotidiano da população local.

Sugere-se ainda, a integração dos setores responsáveis (Alerta-Rio e CET-Rio), para conduzir de forma preventiva, medidas de atenuação do fluxo dos transportes e pedestres no local, considerando o volume suportado pelo Reservatório e as condições da microdrenagem local.

**Figura 20 – Questões relevantes para a preparação de um plano emergencial**



Fonte: Adaptado de RED CROSS, 2012.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Tendo como base o Roteiro para elaboração de Plano de Ação de Emergência do Ministério do Meio Ambiente (MMA), foram adaptadas etapas que poderão auxiliar na composição do atual PLANCON (2017), mais precisamente nas áreas próximas aos reservatórios de amortecimento de cheias na Tijuca. A Tabela 03 apresenta os componentes que poderão ser desenvolvidos.

**Tabela 03 – Componentes do Plano de Ação Emergencial**

INTRODUÇÃO	Breve histórico dos eventos críticos de alagamentos, inundações e enchentes. Apresentar as atividades de atendimento a emergências e disponibilidade de infraestrutura existentes.
OBJETIVOS	Estabelecer os principais objetivos do Plano de Ação Emergencial da região.
DEFINIÇÕES	Conceitos e termos técnicos utilizados.
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	Descrever as características da região, adensamentos populacionais do entrono, aspectos de uso e ocupação, entre outros detalhes relevantes.
PRESSUPOSTOS BÁSICOS	Considerações, justificativas e razões da necessidade de um PAE para a região.
ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PLANO	Descrever a delimitação da área de atuação do Plano (Regional, Municipal, Estadual, Federal).
ESTUDOS PROBABILÍSTICOS	Levantamento de informações (precipitação, declividade, sistemas de drenagem, escoamento superficial) e estudos de probabilidade dos eventos hidrológicos na região.
ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	Organograma do Plano, coordenação, grupos de trabalho e equipes, etc. Atribuições e responsabilidades dos órgãos competentes, descrição das atividades e obrigações dos envolvidos.
ACIONAMENTO	Fluxograma de acionamento do PAE com a sequência de etapas e nível hierárquico de decisão dos envolvidos.
PROCEDIMENTOS EMERGENCIAIS	Avaliar e identificar os problemas, dimensionar a magnitude dos eventos e descrever os procedimentos iniciais para o controle da situação. Lista de ações pós-desastres para restabelecer as condições normais da área afetada.
ATUALIZAÇÃO, AVALIAÇÃO E MANUTENÇÃO	O Plano deve dispor de: a) sistema de revisão, manutenção e atualização permanente, de acordo com a experiência adquirida tanto nos atendimentos realizados como em treinamentos específicos, e de medidores de desempenho, que permitam avaliar a eficiência e a eficácia das metas e objetivos previstos; b) sistema de atualização de informações; c) registro de

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

atendimentos; d) reavaliação periódica dos procedimentos; e) reposição e renovação dos recursos humanos e materiais.

DIVULGAÇÃO	Distribuir as informações sobre o Plano aos participantes, aos segmentos públicos e privados, com interesse ou vínculo no desenvolvimento das atividades.
INTEGRAÇÃO COM OUTROS PLANOS	O Plano deve prever trabalhos integrados com outros planos, que envolvam instituições públicas e privadas e/ou de auxílio mútuo existentes em uma determinada localidade.
ANEXOS	Formulário de registro de ocorrências, relatórios e formulários de atendimento telefônico; Relação de equipes técnicas, empresas, órgãos públicos, recursos materiais disponíveis; Mapas, gráficos e tabelas.

Fonte: Adaptado de MMA, 2020.

Além dos tópicos mencionados na Tabela 03, é imprescindível que na composição do PAE sejam informados os quesitos do Livro Base para Elaboração de Plano de Contingência, do Ministério da Integração.

Considerando que o escopo do Plano de Contingência Municipal do Rio de Janeiro, está voltado para riscos de deslizamentos de encostas e apoio à população de comunidades e áreas vulneráveis a esses eventos, observa-se a necessidade de uma complementação do Plano a fim de englobar todos os outros eventos, incluindo os alagamentos, inundações e enchentes.

Nesse sentido, é importante descrever as responsabilidades de cada órgão na gestão de desastres, especialmente quanto às ações de preparação, resposta e recuperação dos alagamentos, inundações e enchentes. Também é crucial buscar uma articulação dos sistemas de alerta com o de monitoramento.

Por fim, outro fator de extrema relevância, capaz de minimizar os impactos vivenciados pela população local, é a adoção de rotas de deslocamento e definição estratégica de pontos seguros no momento do desastre, tanto para veículos automotores quanto para pedestres e habitantes da região.

## ANÁLISE CRÍTICA DA ATUAL SITUAÇÃO DA REGIÃO

A interação do uso e ocupação do solo e os processos hidrológicos superficiais são extremamente relevantes, pois estão intimamente associados aos problemas relacionados às inundações urbanas (POMPÊO, 2000).

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

“No período de chuvas intensas há um incremento do escoamento superficial das encostas, sendo o lixo e o esgoto escoados para as calhas dos rios, aumentando o assoreamento fluvial e as vazões nas partes baixas da bacia drenante, o risco de transbordamento dos rios e consequente inundação da região urbana. A falta de rede de saneamento básico, ao longo de toda a bacia drenante, e o lançamento de esgoto in natura nas calhas dos rios aumenta a vazão nas partes baixas da bacia, contribuindo para o transbordamento de água poluída dos rios, propiciando a disseminação de doenças de veiculação hídrica, gerando um problema de saúde pública” (OTTONI *et al.*, 2010).

De acordo com o estudo de Souza e Ottoni (2015), que versa sobre as causas e soluções sustentáveis para o controle de enchentes urbanas, os autores indicam os problemas mais relevantes observados na análise do projeto de controle de enchentes na Praça da Bandeira. “A falta de um programa de coleta de esgotos sanitários ao longo da bacia hidrográfica com a gradual despoluição das águas fluviais” é um dos problemas verificados.

No escopo da poluição hídrica analisada, os autores complementam “os reservatórios de retenção não funcionarão como reservatórios de água de chuva (provenientes do escoamento superficial hídrico do solo urbano), e sim como reservatórios de transbordo da água poluída dos rios” (SOUZA e OTTONI, 2015).

Nesse sentido, é válido ainda mencionar a parcela de responsabilidade da população local, quanto ao despejo correto dos resíduos gerados. Souza e Ottoni (2015) explicam “com a quantidade enorme de lixo lançado nos rios, também há o risco de entupimento das grades na entrada dos reservatórios, podendo causar novas manchas de inundação em áreas que antes não sofriam enchentes”.

Portanto, é necessária a integração de ações dos órgãos públicos com a conscientização da população a fim de que seja possível minimizar poluição hídrica local. Através da educação ambiental, os autores Martini e Lanna (2003) informam:

“Os instrumentos educativo-moral utilizam a persuasão como forma de induzir as pessoas a um comportamento ambientalmente desejável. O ponto central é colocar a questão ambiental fundamentalmente como um problema educacional a ser enfrentado pela sociedade, incorporando ao conjunto do saber humano o posicionamento ético do homem frente ao restante da natureza” (MARTINI e LANNA, 2003).

## PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Outro ponto levantado por Souza e Ottoni (2015) se refere à necessidade da criação de programas de recuperação de determinados aspectos da região. Os autores mencionam programas de replantio da mata ciliar e da vegetação das encostas, e programas de recuperação de áreas de retenção natural.

Segundo De Angelis Neto *et al.* (2004), a recuperação de uma área urbana degradada busca recuperar e conservar a flora local/regional, controlar os processos erosivos e recuperar áreas assoreadas, proteger os recursos hídricos através da implantação de mata ciliar/galeria, melhorar o microclima na área e seu entorno próximo, etc.

Através da recuperação de áreas de retenção natural é possível reduzir o escoamento superficial, aumentando a capacidade de infiltração do solo e, com isso, minimizando os casos de alagamentos. Além disso, certas técnicas ditas sustentáveis, quando aplicadas, podem auxiliar nos métodos de gerenciamento da drenagem urbana.

**Figura 21 – Funções da vegetação e sua influência sobre os processos selecionados**

Vegetação Funções	Processos do meio físico				Processos tecnológicos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Estabilização de determinada superfície pela fixação do solo pelas raízes das plantas	●	●	●	■	●	●	●	●	●	○	○	○	●
Obstáculo contra o vento e ruídos	○	■	□	□	●	●	●	●	○	■	○	●	●
Proteção da qualidade da água, impedindo que os poluentes escoem para os cursos d'água	●	●	■	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Filtragem e equilíbrio do índice de umidade do ar, diminuindo a poeira e poluição	○	□	□	□	●	●	■	■	○	■	■	○	●
Proteção às nascentes e mananciais	●	●	■	●	●	●	●	●	●	■	■	●	●
Aumento da taxa de infiltração das águas pluviais	●	●	●	■	■	●	○	○	○	□	□	□	○
Interação entre as atividades humanas e o meio ambiente	●	●	●	■	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Mantém as propriedades do solo: permeabilidade e fertilidade	●	○	●	○	●	●	○	■	●	□	□	□	●

● muito importante; ■ importante; ○ pouco importante; □ sem importância.

1. erosão; 2. assoreamento; 3. escorregamento; 4 subsidência; 5. obras de saneamento; 6. urbanização; 7. transporte e transmissão; 8 extração mineral; 9. agropecuária; 10. comércio e serviços; 11. usinas de geração de energia; 12. instalações terminais; 13. indústria de transformação.

Fonte: Angelis Neto e Angelis, 2000.

Como sugestões de ações para prevenção e mitigação dos eventos críticos ainda observados na região, a utilização de medidas capazes de aumentar a permeabilidade do solo urbano é fundamental. Podem ser através de pavimentos permeáveis ou até mesmo de captação e reuso de águas de chuvas.

Além disso, a coleta de esgotos sanitários e o seu encaminhamento para Estações de Tratamento, poderá reduzir as vazões dos rios e o assoreamento dos mesmos. Como mencionado anteriormente,

## PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

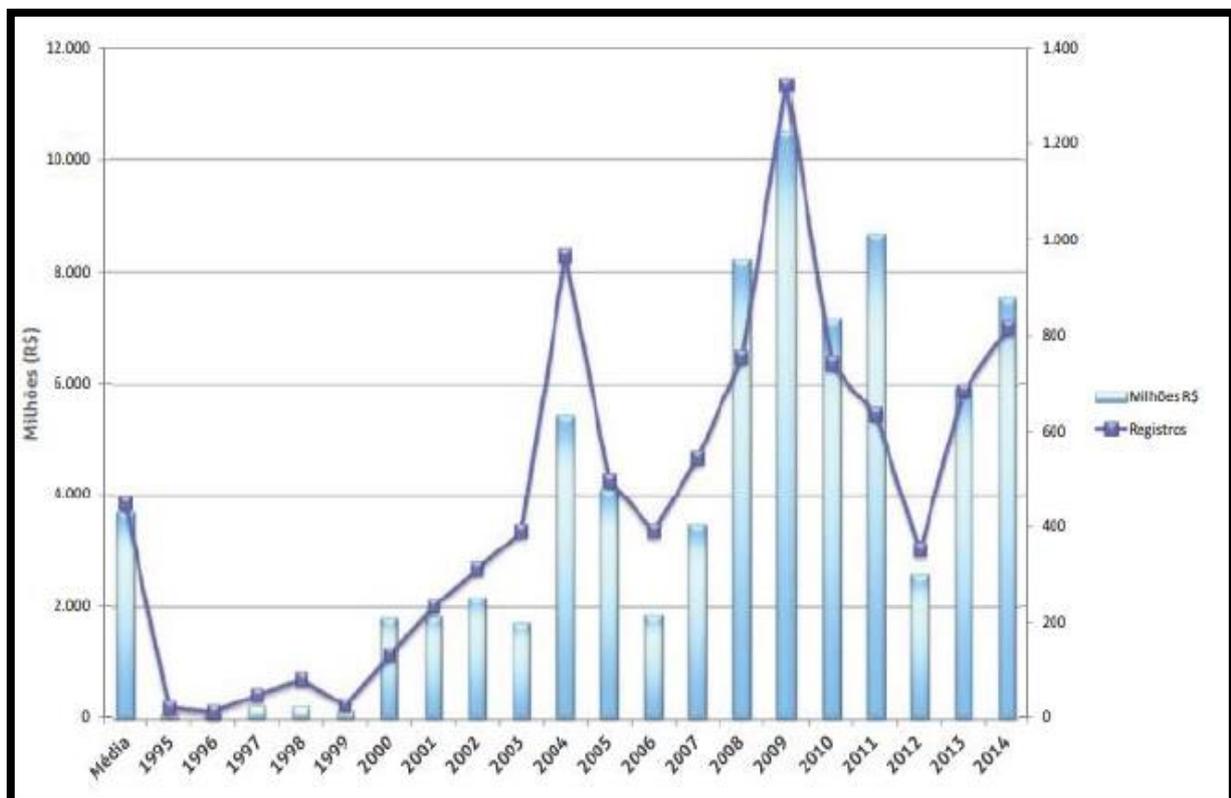
os resíduos lançados irregularmente nos corpos hídricos também contribuem para a ocorrência de alagamentos e inundações. Portanto a regular limpeza e desobstrução das calhas dos leitos dos rios e dos canais de drenagem, principalmente nos períodos chuvosos, é crucial para se evitar os transbordamentos e transporte de resíduos pelos rios e galerias urbanas.

Souza e Ottoni (2015) sugerem a “implantação de monitoramento por georreferenciamento permanente nas áreas críticas locais, visando a proteção ambiental da região e o controle das ocupações irregulares”. Por fim, os autores também evidenciam a necessidade de “reavaliação e revisão constante do sistema de drenagem pluvial”.

### MEDIDAS DE RESPOSTA AOS EVENTOS

De acordo com o CEPED/UFSC (2016), os prejuízos e danos materiais causados por eventos hidrológicos e geológicos (movimentos de massa, enxurradas, alagamentos, inundações e tempestades) de 1995 a 2014 custaram cerca de 72 bilhões de reais.

**Figura 22 – Distribuição Anual de Prejuízos Financeiros no Brasil causados por desastres Hidrológicos**



Fonte: CEPED/UFSC, 2016.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

No caso de confirmação de alagamentos e inundações, pode-se adotar as seguintes medidas a fim de minimizar os impactos durante os eventos:

- Bloqueio das vias inundadas, com sinalizações e agentes de trânsito;
- Uso de rotas e pontos alternativos para os coletivos e orientação aos usuários;
- Uso de rotas alternativas pré-determinadas, para veículos em geral;
- Orientação aos pedestres e aos motoristas em geral indicando as rotas alternativas;
- Alerta de risco de contaminação por leptospirose e outras doenças de veiculação hídrica, por meio de mídias e redes sociais;
- Orientação aos motoristas a não estacionarem seus veículos nas áreas possíveis de inundações;
- Reforço do policiamento próximo às áreas atingidas pelo evento.

### 15. FLUXOGRAMA ESTRATÉGICO E DE PLANEJAMENTO

Por fim, é de extrema importância colocar em prática medidas não estruturais aliadas às ações sustentáveis, na busca por um ambiente urbano resiliente e mais adaptável aos eventos hidrológicos críticos observados na Grande Tijuca. Sendo assim, através do estudo de Lima e Roncaglio (2001), os autores explicam:

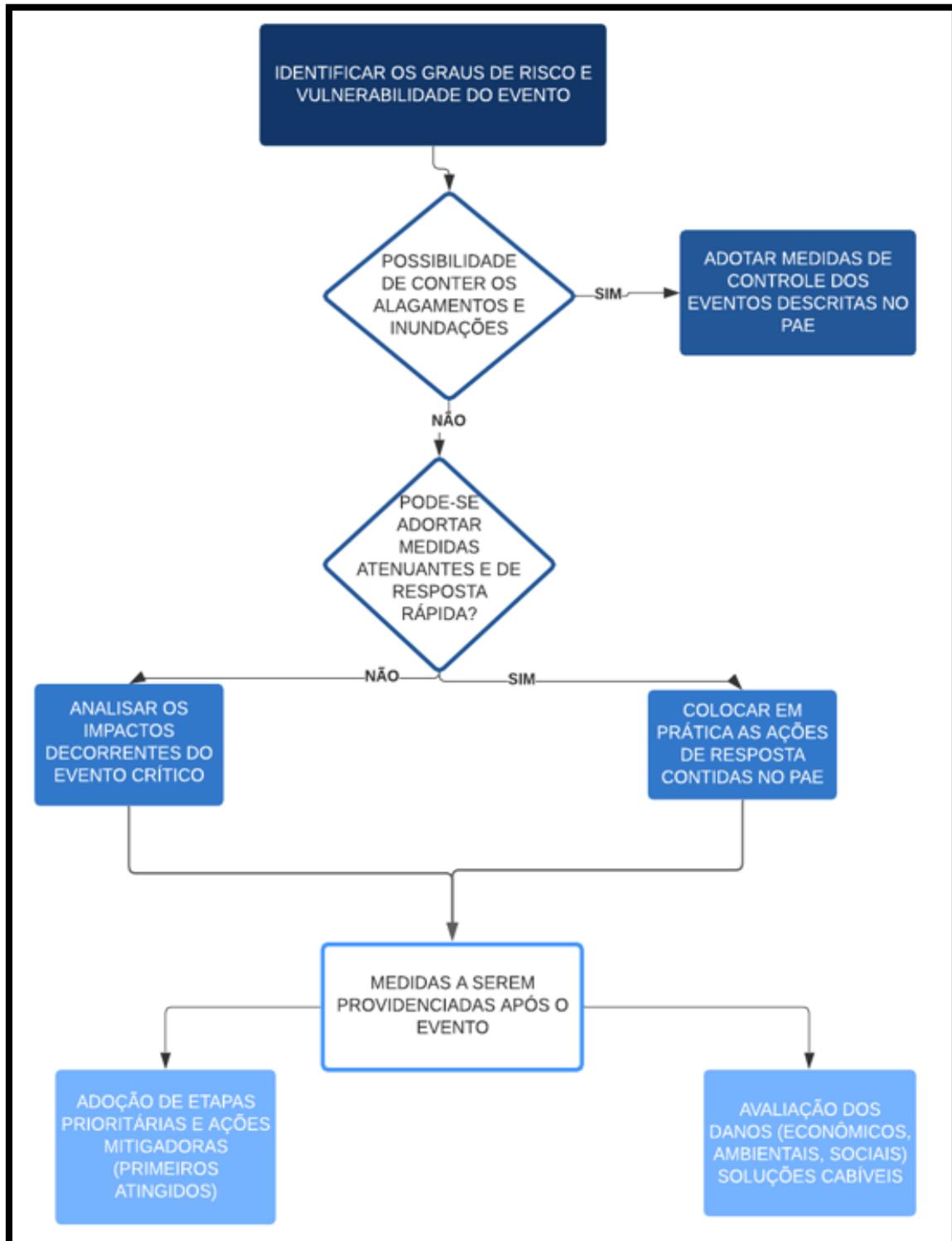
“A reflexão sobre as dinâmicas natural e social e os processos de degradação socioambiental torna possível compreender que o entendimento da gestão ambiental nas cidades, sobretudo nas metrópoles, necessita ser ampliado e reconstruído, incluindo uma reavaliação do próprio conceito de gestão urbana, da atuação do poder local (municipal) na busca de soluções urbanas adequadas, das políticas públicas vigentes, das intervenções tecno-científicas, do uso dos instrumentos comunicacionais, do papel das instituições sociais, das experiências comunitárias com relação aos usos sociais e econômicos dos recursos naturais” (LIMA e RONCAGLIO, 2001).

A Figura 23 apresenta uma proposta de etapas a serem seguidas no planejamento de desastres hidrológicos urbanos.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Figura 23 – Fluxograma de Planejamento de Desastres Hidrológicos Urbanos



Fonte: Autora, 2020.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

### 16. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que devido ao crescimento urbano acelerado e as condições e escoamento superficial que alteraram o ciclo hidrológico, como por exemplo, através do aumento na impermeabilização do solo e conseqüente aumento do escoamento superficial, observou-se a necessidade de implantar sistemas capazes de auxiliar na retenção das águas pluviais, em determinados locais na cidade do Rio de Janeiro.

No entanto, através da análise dos episódios históricos recentes, conforme levantamento entre os anos de 2008 e 2019, ficou comprovada a reincidência de alagamentos e inundações nas regiões onde tais sistemas de drenagem foram implantados. Desta maneira, observa-se necessidade da aplicação de um planejamento detalhado, com o objetivo de identificar medidas preventivas.

Aliadas ao Planejamento de Prevenção, é importante que sejam colocadas em prática medidas de resposta aos eventos, quando estes forem constatados pelos órgãos competentes. Sendo assim, nos casos de confirmação de alagamentos e inundações, recomenda-se adotar algumas medidas a fim de minimizar os impactos durante os eventos, como:

- Bloqueio das vias inundadas, com sinalizações e agentes de trânsito;
- Uso de rotas e pontos alternativos para os coletivos e orientação aos usuários;
- Uso de rotas alternativas pré-determinadas, para veículos em geral;
- Orientação aos pedestres e aos motoristas em geral indicando as rotas alternativas;
- Alerta de risco de contaminação por leptospirose e outras doenças de veiculação hídrica, por meio de mídias e redes sociais;
- Orientação aos motoristas a não estacionarem seus veículos em áreas inundáveis;
- Reforço do policiamento próximo às áreas atingidas pelo evento.

A definição dos Graus de Vulnerabilidade, contribui significativamente com os componentes do Roteiro para Elaboração do PAE, desenvolvido e adaptado para a área de estudo. Além disso, após a identificação dos Graus de Vulnerabilidade, a pesquisa apresenta algumas soluções complementares e ações específicas como parte do Planejamento Estratégico, conforme ilustra o Fluxograma na Figura 23.

## **PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ**

Por fim, através da metodologia implementada, o presente estudo busca estimular uma intervenção no manejo de águas pluviais com o intuito de minimizar possíveis eventos críticos, causados pela urbanização na região da Bacia Hidrográfica do Canal do Mangue, na Tijuca.

Portanto, além de considerar a possibilidade de readequação dos Sistemas de Amortecimento de Cheias implantados, e a aplicação de um Planejamento Estratégico nas áreas inundáveis, é crucial aliar medidas não estruturais e ações sustentáveis na busca por um ambiente urbano resiliente e mais adaptável.

# PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

### 17. BIBLIOGRAFIA

ADEMI-RJ. **Reservatório entra na fase final de obras.** Matéria publicada em 16 de junho de 2015 pela Associação de Dirigentes de Empresas do Mercado Imobiliário do Rio de Janeiro. Disponível em: [http://www.ademi.org.br/article.php3?id\\_article=62069&recalcul=oui](http://www.ademi.org.br/article.php3?id_article=62069&recalcul=oui) Acesso em: 18/10/2020.

AGÊNCIA BRASIL. **Chuva forte no Rio provoca alagamento em vários bairros** Disponível em: <http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2013-12-05/chuva-forte-no-rio-provoca-alagamento-em-varios-bairros> Acesso em: 12/10/2020.

ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B.L.D. **A vegetação e sua importância no controle de áreas urbanas degradadas.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ÁREAS DEGRADADAS, 4. 2000, p. 265. Blumenau - SC. Blumenau: FURB, 2000.

ANGELIS NETO, G. D.; ANGELIS, B. L. D. D.; OLIVEIRA, D. S. **O uso da vegetação na recuperação de áreas urbanas degradadas.** Revista Acta Scientiarum. Technology Maringá, v. 26, no. 1, p. 65-73, 2004.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 1, DE 24 DE AGOSTO DE 2012. Ministério da Integração Nacional. Disponível em: [http://www.editoramagister.com/doc\\_23667061\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_1\\_DE\\_24\\_DE\\_AGOSTO\\_DE\\_2012.aspx](http://www.editoramagister.com/doc_23667061_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_1_DE_24_DE_AGOSTO_DE_2012.aspx) Acesso em: 27/11/2020.

BRASIL. **Roteiro para elaboração de Plano de Ação de Emergência – PAE.** Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: [https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_p2r2\\_1/\\_arquivos/roteiro\\_pae.pdf](https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sqa_p2r2_1/_arquivos/roteiro_pae.pdf) Acesso em: 03/12/2020.

BRASIL. **Elaboração de Plano de Contingência: Livro Base.** Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Minimização de Desastres. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017. Disponível em: <https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/II---Plano-de-Contingencia---Livro-Base.pdf> Acesso em: 03/05/2020.

BRASIL ESTADÃO. **Limpeza de rios e galerias d'água no Rio deve demorar 6 meses.** Disponível em: <https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,limpeza-de-rios-e-galerias-dagua-no-rio-deve-demorar-6-meses,311330> Acesso em: 12/10/2020.

BRASIL ESTADÃO. **Temporal faz transbordar Rio Maracanã, alaga estádio e arredores.** Disponível em: <https://www.estadao.com.br/noticias/geral,temporal-faz-transbordar-rio-maracana-alaga-estadio-e-arredores,1655744> Acesso em: 12/10/2020.

CASTRO, A. L. C. de. **Manual de Planejamento em Defesa Civil, Volume II, 1999.** Ministério da Integração Nacional. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Publicacoes/Manual%20de%20Planejamento%20em%20Defesa%20Civil%20-%20Vol.%20II.pdf> Acesso em: 26/11/2020.

CEPED. **Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Relatório dos Danos: Materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais em Santa Catarina – 1995 a 2014.**

## PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

Florianópolis: UFSC, 2016. Disponível em: [https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2016/04/Relat%C3%B3rio-Danos-e-Preju%C3%ADzos-SC\\_290316-BAIXA.pdf](https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2016/04/Relat%C3%B3rio-Danos-e-Preju%C3%ADzos-SC_290316-BAIXA.pdf)  
Acesso em: 25/12/2020.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres, 2009.** Governo do Estado do Ceará. Secretaria de Segurança Pública e Defesa Social. Disponível em: [http://www.defesacivil.ce.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=101:inundacao&catid=14:lista-de-noticias&Itemid=81](http://www.defesacivil.ce.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=101:inundacao&catid=14:lista-de-noticias&Itemid=81) Acesso em: 25/09/2020.

DA COSTA, A. J. S. T.; DA SILVA C., R.; DE OLIVEIRA A., F. **As enchentes urbanas e o crescimento da cidade do Rio de Janeiro: Estudos em direção a uma cartografia das enchentes urbanas.** Rio de Janeiro: Geo UERJ, n. 32, p. e25685, 2018.

DATA RIO. **Bairros Cariocas, 2020.** Aplicativo desenvolvido pelo IPP com uma síntese das informações sobre a Cidade do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.data.rio/app/bairros-cariocas> Acesso em: 02/12/2020.

G1 GLOBO. Chuva forte faz metrô do Rio estender horário de funcionamento. Disponível em: <http://g1.globo.com/vc-no-g1/noticia/2011/04/internautas-registram-em-video-o-temporal-que-atinge-o-rio.html> Acesso em: 12/10/2020.

G1 GLOBO. Chuva forte deixa Rio em estágio de atenção e provoca 300 km de congestionamentos. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/02/05/rio-entra-em-estagio-de-atencao-para-possibilidade-de-chuva-forte-nesta-quarta-feira.ghtml> Acesso em: 12/10/2020.

G1 GLOBO. Chuva de verão derruba árvores e Rio entra em estágio de atenção. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2014/12/chuva-de-verao-derruba-arvores-e-rio-entra-em-estagio-de-atencao.html> Acesso em 12/10/2020.

G1 GLOBO. Morador filma peixes 'invadindo' sua casa após rio Maracanã transbordar com forte chuva. Disponível em: <https://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/morador-filma-peixes-invadindo-sua-casa-apos-rio-maracana-transbordar-com-forte-chuva.ghtml> Acesso em: 12/10/2020.

LIMA, M. Del V. de; RONCAGLIO, C. **Degradação socioambiental urbana, políticas públicas e cidadania.** Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 3, p. 53-63. Editora UFPR, 2001.

MARTINI, L. C. P.; LANNA, A. E. **Medidas Compensatórias Aplicáveis à Questão da Poluição Hídrica de Origem Agrícola.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH), v. 8, n.1, p. 111–136, 2003.

NOTÍCIAS UOL. Rio de Janeiro entra em estado de crise por fortes chuvas. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2018/02/15/rio-de-janeiro-entra-em-estado-de-crise-por-fortes-chuvas.htm> Acesso em: 12/10/2020.

NOTÍCIAS UOL. Chuva provoca alagamentos e caos no Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/2008/11/17/ult5772u1597.jhtm> Acesso em: 12/10/2020.

NOTÍCIAS UOL Chuva forte coloca o Rio de Janeiro em estado de atenção; há pontos de alagamento. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2010/04/05/chuva-forte->

## PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ  
[coloca-o-rio-de-janeiro-em-estado-de-atencao-ha-pontos-de-alagamento.htm](http://coloca-o-rio-de-janeiro-em-estado-de-atencao-ha-pontos-de-alagamento.htm) Acesso em: 12/10/2020.

O GLOBO. **Na Praça da Bandeira, piscinões que fazem parte de projeto de R\$ 500 milhões não evitaram novos alagamentos.** Matéria de 07 de fevereiro de 2020. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/na-praca-da-bandeira-piscinoes-que-fazem-parte-de-projeto-de-500-milhoes-nao-evitaram-novos-alagamentos-1-24234670> Acesso em: 19/10/2020.

O GLOBO. Rio tem chuva recorde, ruas alagam e Praça da Bandeira fecha. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/rio-tem-chuva-recorde-ruas-alagam-praca-da-bandeira-fecha-18863722> Acesso em: 12/10/2020.

OTTONI, A.; DESTRI, A.; ARAÚJO, M. **Diagnóstico preliminar e sugestões de soluções com sustentabilidade ambiental para as enchentes ocorridas na praça da Bandeira com as chuvas de abril/2010.** Rio de Janeiro: UERJ, 2010.

POMPÊO, C. A. **Drenagem urbana sustentável.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH, Vol. 5, n.1. Porto Alegre: ABRH, 2000.

RED CROSS. **International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies: Contingency planning guide.** Geneva, 2012 Disponível em: <https://www.ifrc.org/PageFiles/40825/1220900-CPG%202012-EN-LR.pdf> Acesso em: 13/05/2020.

RIO DE JANEIRO. Sistema Alerta Rio. Relatório Anual de Chuvas (2008-2019). Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/documentos/relatorios-de-chuva/> Acesso em: 10/10/2020.

RIO DE JANEIRO. **Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro - Lei de uso e ocupação do solo, 2013.** Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4224287/4103827/ProjetoLeiComplementar33\\_2013LUOS](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4224287/4103827/ProjetoLeiComplementar33_2013LUOS) Acesso em: 20/10/2020.

RIO DE JANEIRO. **Plano de Contingência – PLANCON, 2017.** Subsecretaria de Defesa Civil – SUBDEC. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/7502221/4203026/PLANODECONTINGENCIA\\_SUBDEC\\_24112017.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/7502221/4203026/PLANODECONTINGENCIA_SUBDEC_24112017.pdf) Acesso em 14 de maio de 2020.

RIO DE JANEIRO. Instituto Pereira Passos. Portal GEO-Rio. Disponível em: [http://portalgeo.rio.rj.gov.br/mapa\\_digital\\_rio/?config=config/ipp/cadlog.xml](http://portalgeo.rio.rj.gov.br/mapa_digital_rio/?config=config/ipp/cadlog.xml) Acesso em: 10/11/2020.

SANTOS, A. M., LEITE, M. P. & FRANCA, N. **Quando memória e história se entrelaçam: a trama dos espaços na Grande Tijuca.** Rio de Janeiro: IBASE, 2003.

SOUZA, T. M. K. de; OTTONI, A. B. **Análise crítica das causas e soluções sustentáveis para o controle de enchentes urbanas: o caso prático da bacia hidrográfica da Praça da Bandeira (estudo de caso).** Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 03, n. 17, p. 60-76, 2015.

VESTENA, L. R. **A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais.** Guarapuava-PR: Revista Ambiente, v.4 n.1, p. 151-162, 2008.

## PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE CONTINGÊNCIA E PROPOSTA DE UM PROTÓTIPO DE PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL NA REGIÃO DA TIJUCA, RIO DE JANEIRO- RJ

VEJA ABRIL. Temporal no Rio provoca alagamentos e ciclovia volta a ceder. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/galeria-fotos/fotos-temporal-no-rio-provoca-alagamentos-e-ciclovia-volta-a-ceder-09-04-2019/> Acesso em: 12/10/2020.

VICENTE, A. K. **Eventos Extremos de Precipitação na Região Metropolitana de Campinas.** Dissertação (Mestrado) em Geociências. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. São Paulo: UNICAMP, 2005.

# **APÊNDICE B**

**ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE  
ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

# **PARECER TÉCNICO**

**ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

## **SUMÁRIO**

- 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**
- 2. PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO**
- 3. LEGISLAÇÕES PERTINENTES**
- 4. ROTEIRO DE AVALIAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PMSB)**
- 5. TERMO DE REFERÊNCIA FUNASA PARA ELABORAÇÃO DE PMSB**
- 6. REFERÊNCIAS CONCEITUAIS DE PLANEJAMENTO**
- 7. PRINCÍPIOS DE MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS**
- 8. METODOLOGIA**
- 9. BREVE DESCRIÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO**
- 10. BREVE DESCRIÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**
- 11. ANÁLISE DOS COMPONENTES DO PMSB**
- 12. ATENDIMENTO AO TR FUNASA**
- 13. CONSIDERAÇÕES FINAIS**
- 14. RECOMENDAÇÕES**
- 15. BIBLIOGRAFIA**

# PARECER TÉCNICO

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

### 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição, diretamente relacionado à saúde pública, à qualidade de vida, às atividades econômicas e ao desenvolvimento do país. De acordo com a Lei 11.445/2007, a drenagem urbana consiste no conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

No geral, a rede de drenagem pluvial apresenta problemas como o transporte indevido de carga orgânica, presença do esgoto não coletado pela rede de esgoto sanitário, além da construção de canais e condutos que, geralmente, transferem as inundações de um local para outro. O município do Rio de Janeiro é caracterizado pelo o crescimento populacional e a falta de planejamento urbano, que evidenciam os diversos problemas relacionados à infraestrutura de drenagem existente.

Observa-se o carreamento de resíduos sólidos nos canais abertos que contemplam o sistema drenagem. Em alguns locais, verifica-se ainda a ocorrência de ligações clandestinas e a falta de rede sanitária, que contribuem para o mau funcionamento do sistema separador absoluto, estabelecido por lei. A Figura 01 apresenta a atual situação dos PMSBs, no entorno da Baía de Guanabara.

**Figura 01 – Políticas Públicas Municipais de Saneamento**



Fonte: Secretaria de Estado do Ambiente, 2016.

# PARECER TÉCNICO

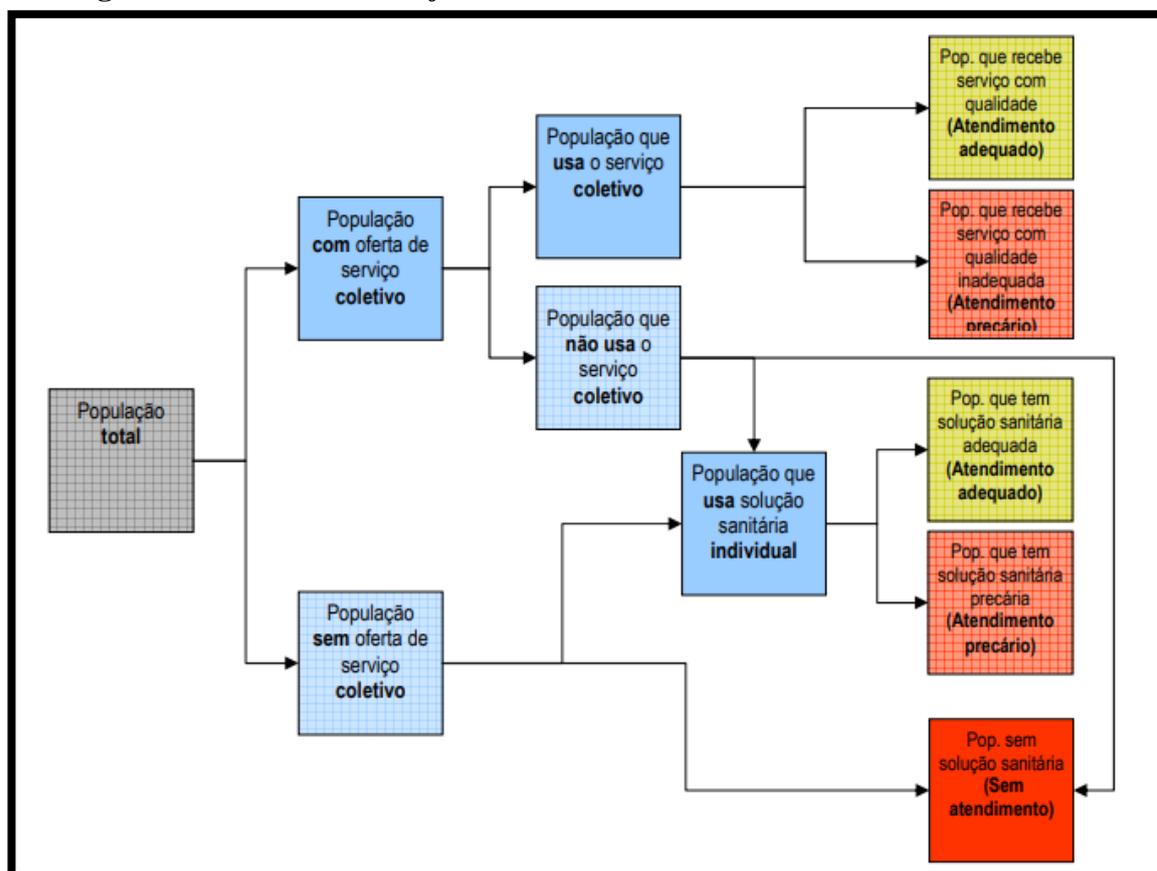
## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

### 2. PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO

Através da Lei nº 11.445/07, o conceito de saneamento básico foi definido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas. No Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2013) foram definidos três cenários de planejamento, designados para efeito de identificação, tendo sido adotado o primeiro deles como o cenário de referência para o planejamento. Já os dois outros cenários são mantidos como balizadores para o monitoramento de tendências, alimentando ajustes dinâmicos ao longo do período de execução do PLANSAB.

No que se refere ao procedimento de elaboração do PLANSAB (2013), este foi baseado nos princípios da política de saneamento básico, a maior parte deles presente na Lei nº 11.445/2007. Alguns se baseiam em conceitos que requerem precisão, sendo muitas vezes sem uma significação consensual pelos diversos autores que se ocuparam de discuti-los ou entre diferentes correntes teóricas. A Figura 02 demonstra o conceito de *déficit* em saneamento básico adotado no PLANSAB.

Figura 02 – Conceito de *déficit* em saneamento básico conforme o PLANSAB



Fonte: PLANSAB, 2013.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB, 2008) levantou dados sobre a ocorrência de inundações em um período de cinco anos prévios à pesquisa, realizada em 5.204 municípios brasileiros. Além disso, a PNSB (2008) também informa quanto às demandas especiais por drenagem urbana para atenuação de problemas ocasionados pela ocupação em áreas não saneadas, de encostas e taludes sujeitos a deslizamento de terra, de áreas de lençol freático alto, encharcadas ou úmidas e com ocorrência de processos erosivos no solo urbano, entre outros.

Ainda, é válido mencionar que dentre os municípios que participaram da PNSB (2008), 43% afirmaram ter tido problemas com enchentes ou inundações em um período de cinco anos. Desse total, a região que acusa a maior proporção de registros é a Sudeste, com 52% dos municípios (PLANSAB, 2013). A Figura 03 demonstra as ações do Governo Federal relacionadas ao saneamento básico.

**Figura 03 – Programas do Governo Federal e ações relacionadas ao Saneamento Básico**

CAMPO DE AÇÃO	PROGRAMAS	OBJETIVOS	MINISTÉRIO COORDENADOR
ÁREAS ESPECIAIS	Programa Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Semiárido - CONVIVER	Contribuir para a diminuição das vulnerabilidades socioeconômicas dos espaços regionais com maior incidência de secas, a partir de ações que levem à dinamização da economia da região e ao fortalecimento da base social do Semiárido	MI
	Programa Desenvolvimento Sustentável de Projetos de Assentamento	Desenvolver, recuperar e consolidar assentamentos da Reforma Agrária e tem como público alvo as famílias assentadas	MDA
	Acesso à Alimentação: Programa 1 Milhão de Cisternas	Uma das ações do programa é a construção de cisternas para armazenamento de água. Essa ação tem como finalidade universalizar as condições de acesso adequado à água potável das populações rurais de baixa renda no semiárido a partir do armazenamento de água em cisternas	MDS
DESENVOLVIMENTO URBANO E URBANIZAÇÃO	Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários	Melhorar as condições de habitabilidade de assentamentos humanos precários mediante sua urbanização e regularização fundiária, integrando-os ao tecido urbano da cidade	MCidades
	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Urbano de Municípios de Pequeno Porte - PRÓ-MUNICÍPIOS	Apoiar ações de infraestrutura urbana em municípios com população igual ou inferior a 100 mil habitantes	MCidades
	Pró-Municípios de Médio e Grande Porte	Apoiar a implantação e/ou adequação de infraestrutura urbana em municípios com população superior a 100 mil habitantes	MCidades
	Habitação de Interesse Social	Ampliar o acesso à terra urbanizada e à moradia digna e promover melhoria da qualidade das habitações da população de baixa renda nas áreas urbana e rural	MCidades
	Calha Norte	Aumentar a presença do Poder Público na região ao norte do rio Solimões/Amazonas, contribuindo para a defesa nacional, proporcionando assistência às suas populações e fixando o homem na região	MD
INTEGRAÇÃO E REVITALIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	Programa Integração de Bacias Hidrográficas	Aumentar a oferta de água nas bacias com baixa disponibilidade hídrica.	MI
	Programa de Revitalização de Bacias Hidrográficas em Situação de Vulnerabilidade e Degradação Ambiental	Revitalizar as principais bacias hidrográficas nacionais em situação de vulnerabilidade ambiental, efetivando sua recuperação, conservação e preservação	MMA
	Programa Conservação, Uso Racional e Qualidade das Águas	Melhorar a eficiência do uso dos recursos hídricos, a conservação e a qualidade das águas	MMA
	Promoção da Sustentabilidade de Espaços Sub-regionais – PROMESO	Induzir o aproveitamento dos potenciais endógenos, de forma articulada, com vistas à sustentabilidade das sub-regiões definidas pela Política Nacional de Desenvolvimento Regional	MI
AÇÕES DE GESTÃO	Gestão da Política de Desenvolvimento Urbano	Coordenar o planejamento e a formulação de políticas setoriais e a avaliação e controle dos programas nas áreas de desenvolvimento urbano, habitação, saneamento básico e ambiental, transporte urbano e trânsito	MCidades
	Fortalecimento da Gestão Urbana	Fortalecer a capacidade técnica e institucional dos municípios nas áreas de planejamento, serviços urbanos, gestão territorial e política habitacional	MCidades

Fonte: PLANSAB, 2013.

# PARECER TÉCNICO

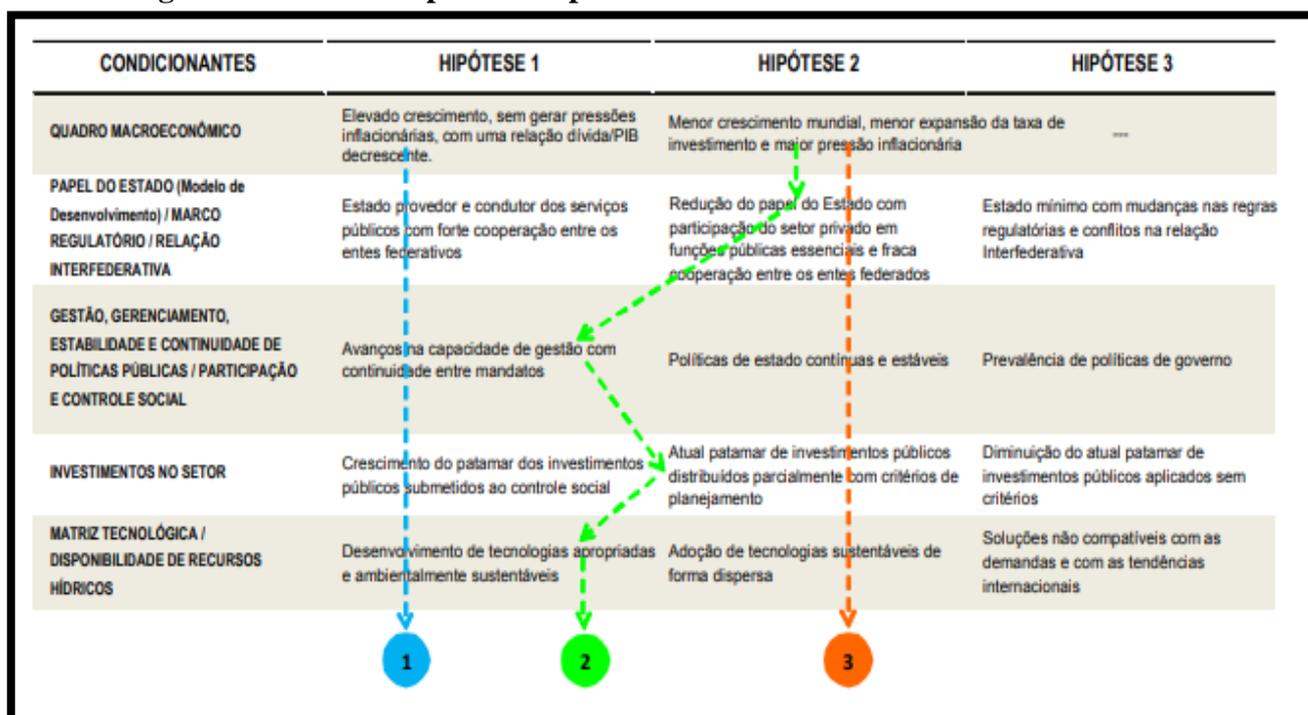
## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

Segundo o PLANSAB (2013), os programas do Governo Federal de maior impacto no saneamento básico são: Programa Serviços Urbanos de Água e Esgoto; Programa Saneamento para Todos; Programa de Infraestrutura Hídrica; Programa Resíduos Sólidos Urbanos; Programa Drenagem Urbana e Controle de Erosão Marítima e Fluvial.

Outros tópicos de relevância para o saneamento básico são levantados no Capítulo 4 do PLANSAB (2013), como a participação e controle social, a gestão associada, a prestação dos serviços e tarifas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, aspectos particulares da prestação de serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, entre outros.

No Capítulo 5, o PLANSAB (2013) relaciona os cenários para a política de saneamento básico no país, como mostra a Figura 04.

**Figura 04 – Cenários plausíveis para a Política de Saneamento Básico no Brasil**



Fonte: PLANSAB, 2013.

As metas (curto, médio e longo prazos) são descritas no Capítulo 6, e no Capítulo 7 são apresentadas as necessidades de investimentos para se elevar significativamente o nível do atendimento por abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, a destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e a implantação e manutenção da drenagem urbana no período de

## **PARECER TÉCNICO**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

2014 a 2033. Em seguida, no Capítulo 8 são apresentadas as macrodiretrizes e estratégias que deverão orientar a execução do PLANSAB e o cumprimento das metas estabelecidas.

No Capítulo 9, são propostos programas governamentais para a concretização das estratégias do PLANSAB, considerando a análise situacional do saneamento básico no Brasil, as metas físicas e as macrodiretrizes e estratégias estabelecidas, com o pano de fundo do cenário de referência, constituindo uma etapa crucial do planejamento. As etapas de monitoramento, avaliação sistemática e ajustes do planejamento original constituem o capítulo final do PLANSAB (2013).

### **3. LEGISLAÇÕES PERTINENTES**

#### **Trechos do Decreto N° 7.217/2010**

Art. 19. Os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com os planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas em que os Municípios estiverem inseridos.

Art. 24. O processo de planejamento do saneamento básico envolve:

- I - O plano de saneamento básico, elaborado pelo titular;
- II - O Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB, elaborado pela União; e
- III - Os planos regionais de saneamento básico elaborados pela União nos termos do inciso II do art. 52 da Lei no 11.445, de 2007.

§ 1º. O planejamento dos serviços públicos de saneamento básico atenderá ao princípio da solidariedade entre os entes da Federação, podendo desenvolver-se mediante cooperação federativa.

§ 2º. O plano regional poderá englobar apenas parte do território do ente da Federação que o elaborar.

Art. 25. A prestação de serviços públicos de saneamento básico observará plano editado pelo titular, que atenderá ao disposto no art. 19 e que abrangerá, no mínimo:

- I - Diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores de saúde, epidemiológicos, ambientais, inclusive hidrológicos, e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;
- II - Metas de curto, médio e longo prazos, com o objetivo de alcançar o acesso universal aos serviços, admitidas soluções graduais e progressivas e observada a compatibilidade com os demais planos setoriais;

## **PARECER TÉCNICO**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

III - Programas, projetos e ações necessários para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;

IV - Ações para situações de emergências e contingências; e

V - Mecanismos e procedimentos para avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.

§ 1º. O plano de saneamento básico deverá abranger os serviços de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de manejo de resíduos sólidos, de limpeza urbana e de manejo de águas pluviais, podendo o titular, a seu critério, elaborar planos específicos para um ou mais desses serviços.

§ 2º. A consolidação e compatibilização dos planos específicos deverão ser efetuadas pelo titular, inclusive por meio de consórcio público do qual participe.

§ 3º. O plano de saneamento básico, ou o eventual plano específico, poderá ser elaborado mediante apoio técnico ou financeiro prestado por outros entes da Federação, pelo prestador dos serviços ou por instituições universitárias ou de pesquisa científica, garantida a participação das comunidades, movimentos e entidades da sociedade civil.

§ 4º. O plano de saneamento básico será revisto periodicamente, em prazo não superior a quatro anos, anteriormente à elaboração do plano plurianual.

§ 5º. O disposto no plano de saneamento básico é vinculante para o Poder Público que o elaborou e para os delegatários dos serviços públicos de saneamento básico.

§ 6º. Para atender ao disposto no § 1º do art. 22, o plano deverá identificar as situações em que não haja capacidade de pagamento dos usuários e indicar solução para atingir as metas de universalização.

§ 7º. A delegação de serviço de saneamento básico observará o disposto no plano de saneamento básico ou no eventual plano específico.

§ 8º. No caso de serviços prestados mediante contrato, as disposições de plano de saneamento básico, de eventual plano específico de serviço ou de suas revisões, quando posteriores à contratação, somente serão eficazes em relação ao prestador mediante a preservação do equilíbrio econômico-financeiro.

§ 9º. O plano de saneamento básico deverá englobar integralmente o território do titular.

§ 10. Os titulares poderão elaborar, em conjunto, plano específico para determinado serviço, ou que se refira à apenas parte de seu território.

§ 11. Os planos de saneamento básico deverão ser compatíveis com o disposto nos planos de bacias hidrográficas.

## **PARECER TÉCNICO**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

Art. 26. A elaboração e a revisão dos planos de saneamento básico deverão efetivar-se, de forma a garantir a ampla participação das comunidades, dos movimentos e das entidades da sociedade civil, por meio de procedimento que, no mínimo, deverá prever fases de:

- I - Divulgação, em conjunto com os estudos que os fundamentarem;
- II - Recebimento de sugestões e críticas por meio de consulta ou audiência pública; e
- III - quando previsto na legislação do titular, análise e opinião por órgão colegiado criado nos termos do art. 47 da Lei no 11.445, de 2007.

§ 1º. A divulgação das propostas dos planos de saneamento básico e dos estudos que as fundamentarem dar-se-á por meio da disponibilização integral de seu teor a todos os interessados, inclusive por meio da rede mundial de computadores - internet e por audiência pública.

§ 2º. Após 31 de dezembro de 2017, a existência de plano de saneamento básico, elaborado pelo titular dos serviços, será condição para o acesso a recursos orçamentários da União ou a recursos de financiamentos geridos ou administrados por órgão ou entidade da administração pública federal, quando destinados a serviços de saneamento básico.

Art. 34. O controle social dos serviços públicos de saneamento básico poderá ser instituído mediante adoção, entre outros, dos seguintes mecanismos:

- I - Debates e audiências públicas;
- II - Consultas públicas;
- III - Conferências das cidades; ou
- IV - Participação de órgãos colegiados de caráter consultivo na formulação da política de saneamento básico, bem como no seu planejamento e avaliação.

§ 1º. As audiências públicas mencionadas no inciso I do caput devem se realizar de modo a possibilitar o acesso da população, podendo ser realizadas de forma regionalizada.

§ 2º. As consultas públicas devem ser promovidas de forma a possibilitar que qualquer do povo, independentemente de interesse, ofereça críticas e sugestões a propostas do Poder Público, devendo tais consultas ser adequadamente respondidas.

§ 3º. Nos órgãos colegiados mencionados no inciso IV do caput, é assegurada a participação de representantes:

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

- I - Titulares dos serviços;
- II - Órgãos governamentais relacionados ao setor de saneamento básico;
- III - Prestadores de serviços públicos de saneamento básico;
- IV - Usuários de serviços de saneamento básico; e
- V - Entidades técnicas, organizações da sociedade civil e de defesa do consumidor relacionadas ao setor de saneamento básico.

§ 4º. As funções e competências dos órgãos colegiados a que se refere o inciso IV do caput poderão ser exercidas por outro órgão colegiado já existente, com as devidas adaptações da legislação.

§ 5º. É assegurado aos órgãos colegiados de controle social o acesso a quaisquer documentos e informações produzidos por órgãos ou entidades de regulação ou de fiscalização, bem como a possibilidade de solicitar a elaboração de estudos com o objetivo de subsidiar a tomada de decisões, observado o disposto no § 1º do art. 33.

§ 6º. Será vedado, a partir de 31 de dezembro de 2014, acesso aos recursos federais ou aos geridos ou administrados por órgão ou entidade da União, quando destinados a serviços de saneamento básico, àqueles titulares de serviços públicos de saneamento básico que não instituírem, por meio de legislação específica, o controle social realizado por órgão colegiado, nos termos do inciso IV do caput.

Art. 54. São diretrizes da Política Federal de Saneamento Básico:

- I - Prioridade para as ações que promovam a equidade social e territorial no acesso ao saneamento básico;
- II - Aplicação dos recursos financeiros por ela administrados, de modo a promover o desenvolvimento sustentável, a eficiência e a eficácia;
- III - estímulo ao estabelecimento de adequada regulação dos serviços;
- IV - Utilização de indicadores epidemiológicos e de desenvolvimento social no planejamento, implementação e avaliação das suas ações de saneamento básico;
- V - Melhoria da qualidade de vida e das condições ambientais e de saúde pública;
- VI - Colaboração para o desenvolvimento urbano e regional;
- VII - Garantia de meios adequados para o atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais peculiares;

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

VIII - Fomento ao desenvolvimento científico e tecnológico, à adoção de tecnologias apropriadas e à difusão dos conhecimentos gerados;

IX - Adoção de critérios objetivos de elegibilidade e prioridade, levando em consideração fatores como nível de renda e cobertura, grau de urbanização, concentração populacional, disponibilidade hídrica, riscos sanitários, epidemiológicos e ambientais;

X - Adoção da bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento de suas ações; e

XI - Estímulo à implantação de infraestruturas e serviços comuns a Municípios, mediante mecanismos de cooperação entre entes federados.

Parágrafo único. As políticas e ações da União de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate e erradicação da pobreza, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida devem considerar a necessária articulação com o saneamento básico, inclusive no que se refere ao financiamento.

A partir da Lei 11.445/2007, foram estabelecidas as diretrizes nacionais para o saneamento básico, sendo compreendido como o conjunto das ações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo dos resíduos sólidos e manejo das águas pluviais. A Lei também definiu novas atribuições para os municípios, como titulares dos serviços, entre elas a implantação da política e a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB).

Além disso, o saneamento passou a ser orientado pelos princípios da universalização, integralidade, intersetorialidade, adoção de tecnologias apropriadas, consideração das peculiaridades locais e regionais, eficiência e sustentabilidade econômica, transparência, segurança, qualidade e regularidade (BRASIL, 2007).

Com a aprovação da Lei nº 14.026/2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico, fica atribuída à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento. Segundo a ANA (2020), as regras deverão ser seguidas pelas agências reguladoras de saneamento infranacionais (municipais, intermunicipais, distrital e estaduais) em sua atuação regulatória. Sendo assim, a ANA terá o papel de emitir normas de referência sobre:

## **PARECER TÉCNICO**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

- Padrões de qualidade e eficiência na prestação, na manutenção e na operação dos sistemas de saneamento básico;
- Regulação tarifária dos serviços públicos de saneamento básico;
- Padronização dos instrumentos negociais de prestação de serviços públicos de saneamento básico firmados entre o titular do serviço público e o delegatário;
- Metas de universalização dos serviços públicos de saneamento básico;
- Critérios para a contabilidade regulatória;
- Redução progressiva e controle da perda de água;
- Metodologia de cálculo de indenizações devidas em razão dos investimentos realizados e ainda não amortizados ou depreciados;
- Governança das entidades reguladoras;
- Reúso dos efluentes sanitários tratados, em conformidade com as normas ambientais e de saúde pública;
- Parâmetros para determinação de caducidade na prestação dos serviços públicos de saneamento básico;
- Normas e metas de substituição do sistema unitário pelo sistema separador absoluto de tratamento de efluentes;
- Sistema de avaliação do cumprimento de metas de ampliação e universalização da cobertura dos serviços públicos de saneamento básico;
- Conteúdo mínimo para a prestação universalizada e para a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços públicos de saneamento básico.

A ANA também passará a emitir normas de referência relacionadas ao manejo de resíduos sólidos e à drenagem de águas pluviais em cidades. As duas atividades integram o saneamento básico, assim como o abastecimento de água e a coleta e o tratamento de esgotos. Outro papel da ANA será promover cursos e seminários voltados à capacitação dos atores envolvidos na regulação do setor de saneamento nas esferas municipal, intermunicipal, distrital e estadual.

## **PARECER TÉCNICO**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

#### **4. ROTEIRO DE AVALIAÇÃO DE PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO**

Para estabelecer soluções de curto, médio e longo prazos e definir a forma de atuação das instituições e órgãos responsáveis, é de extrema importância planejar o saneamento básico onde se considere a participação da sociedade nas decisões sobre as prioridades de investimentos e a organização dos serviços. Segundo o Roteiro de Avaliação, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) é o “instrumento em que devem ser definidas as prioridades de investimentos, bem como os objetivos e as metas, de forma a orientar a atuação dos prestadores de serviços” (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

São de responsabilidade do poder público local e dos órgãos associados à política pública de saneamento básico, elaborar o Plano contando com a mobilização e a participação social. Desta forma, é necessário promover seminários, oficinas, audiências e consultas públicas, para que seja possível transmitir o conhecimento a respeito das atuações que envolvem aqueles que residem no município (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

No que se refere à elaboração do PMSB, o Ministério das Cidades (2016) informa que pode ser realizada pelos próprios técnicos da prefeitura municipal ou através de serviço terceirizado pela prefeitura. Nota-se que, em ambos os casos, ao final o Plano deve ser avaliado a fim de certificar se os conteúdos previstos na legislação foram contemplados. Recomenda-se que tal avaliação seja conduzida por profissional que não tenha participado da elaboração do Plano.

Com o intuito de analisar de forma rápida e simplificada o PMSB, é válido mencionar que o Roteiro de Avaliação “não se propõe a checar a precisão dos dados e informações, nem tampouco a avaliar em profundidade a qualidade do conteúdo presente no Plano”. Portanto, conforme mencionado no documento, o Roteiro de Avaliação contribui para tornar mais simples a tarefa de técnicos e gestores municipais que, mesmo sem muita experiência, desejam utilizar a ferramenta para avaliar o PMSB (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2016).

Sendo assim, como principal objetivo, este instrumento de avaliação se baseia em quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. No entanto, o presente Parecer Técnico irá avaliar as condições do último componente citado. Desta forma, busca-se verificar os requisitos mínimos no escopo da drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

## **PARECER TÉCNICO**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

Como metodologia, a aplicação do Roteiro será realizada através da apuração do conteúdo previsto na legislação, de acordo com um conjunto de itens apresentados na Tabela 01 sobre Conteúdo e Avaliação, utilizando buscas por palavras-chave contidas no PMSB (2015).

#### **5. TERMO DE REFERÊNCIA FUNASA PARA ELABORAÇÃO DE PMSB**

Assim como em sua versão original do ano de 2012, o Termo de Referência revisado em 2018 busca “oferecer aos entes federados, em especial aos municípios, órgãos e entidades ligadas ao setor de saneamento básico no Brasil, diretrizes e orientações para a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico”. Além disso, preconiza a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 e o Decreto de Regulamentação nº 7.217, de 21 de junho de 2010.

Em seu primeiro capítulo, apresenta os pilares legais, conceituais e metodológicos que sustentam o processo de elaboração do PMSB. No Capítulo 2, aborda três recortes do PMSB: o substantivo, o territorial e o temporal. Logo em seguida, no Capítulo 3, são apresentados os objetivos do PMSB, evidenciando as medidas estruturantes no contexto da gestão e as medidas estruturais relacionadas à infraestrutura.

Os capítulos seguintes abordam a respeito da Política de Saneamento Básico no Município e cita os procedimentos que devem ser adotados para aprovação do PMSB. Também apresenta através de um quadro, etapas do processo de elaboração do plano e seus respectivos Produtos. Por fim, o capítulo 6 explica o Escopo das Atividades a serem desenvolvidas em cada etapa.

Considerando as etapas listadas no Termo de Referência, fazem parte do processo de elaboração do PMSB:

- Formação dos Comitês do PMSB;
- Elaboração da Estratégia de Mobilização, Participação Social e Comunicação;
- Construção do Diagnóstico Técnico-Participativo para os 4 serviços de saneamento básico e respectivo Quadro Resumo e Analítico do Diagnóstico do PMSB;
- Construção do Prognóstico do Saneamento Básico no município, que inclui o Cenário de Referência para a Gestão dos Serviços, a definição dos Objetivos e Metas e das Prospectivas Técnicas para os 4 componentes;
- Proposição de Programas, Projetos e Ações do PMSB;
- Aplicação da Metodologia para Hierarquização das Propostas do PMSB;

## **PARECER TÉCNICO**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

- Definição da Programação da Execução do PMSB, organizada em um quadro-síntese;
- Proposição de Indicadores de Desempenho do PMSB.

#### **6. REFERÊNCIAS CONCEITUAIS DE PLANEJAMENTO**

Além do Roteiro de Avaliação e do Termo de Referência, o presente estudo se baseia nos cinco princípios do direito (universalidade, equidade, integralidade, intersetorialidade e qualidade), além de três categorias específicas: política municipal de saneamento básico, capacidade de gestão e sustentabilidade social e governança. De acordo com Pereira e Heller (2015), a universalidade se define através de soluções individuais, da apropriação das soluções ou serviços, das características sociais da população sem acesso, de metas para a universalização instrumentos e investimentos para a universalização.

Quanto ao princípio da equidade, os autores se referem às ocupações irregulares e comunidades especiais, áreas rurais, características sociais da população consideradas na definição de metas e priorização de investimentos, ações voltadas para a população carente, identificação dos usuários de baixa renda e apontamento de solução para o acesso aos serviços, tarifa social e/ou subsídios, e os critérios para a interrupção no abastecimento de água.

No princípio da integralidade, Pereira e Heller (2015) se baseiam nos quatro componentes do saneamento básico, no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, e no controle de vetores. Outro princípio evidenciado pelos autores é o da intersetorialidade, que aborda questões voltadas para a política urbana e plano diretor, habitação, o combate à pobreza e sua erradicação, os recursos hídricos e planos de bacias, política e plano de prevenção de riscos e desastres, política de saúde e proteção do meio ambiente, a promoção da igualdade racial e política de gênero.

Por fim, o princípio da qualidade referente aos serviços públicos, é levantada pelos autores quanto à qualidade da água e o tratamento do esgoto, o tratamento e disposição final de resíduos sólidos, controle de inundações, a cortesia no atendimento ao usuário, questões de regularidade/continuidade, além das condições técnicas, operacionais e de manutenção.

#### **7. PRINCÍPIOS DE MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS**

De acordo com o Manual de Princípios de Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR, 2015), são apresentados os princípios que regem as

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

iniciativas relativas à melhoria, ampliação e implantação de sistemas municipais de águas pluviais. Tem como fundamento o conceito de desenvolvimento urbano de baixo impacto, ou seja, aquele que proporciona soluções mais eficazes e econômicas em comparação com as soluções tradicionais de drenagem urbana.

Além disso, tem relação com a preservação do ciclo hidrológico natural a partir da redução do escoamento superficial gerado pelas alterações da superfície do solo, decorrentes do desenvolvimento urbano. Segundo o manual:

“A simples canalização de um trecho de córrego, por exemplo, poderá reduzir os riscos de inundação de uma determinada área por certo tempo. Essa solução, entretanto, causará sérios impactos. A aceleração do escoamento agravará as inundações a jusante, aumentará o transporte de lixo e sedimentos, que se acumularão nos trechos de menor velocidade, e aumentará a erosão no trecho subsequente ao trecho canalizado. A sensação de segurança provocada pela obra atrairá a população e as atividades econômicas para as áreas mais próximas ao córrego, reduzindo o espaço natural das enchentes” (MDR, 2015).

Portanto, deve-se buscar contornar esses impactos. Considerando a necessidade de investimentos cada vez maiores, para solucionar um problema que poderia ter sido evitado na origem, o manual explica que o plano de águas pluviais é uma ferramenta de planejamento que possibilita implantar soluções efetivas de baixo impacto.

Segundo o manual do MDR (2015), o Plano de Manejo de Águas Pluviais tem como finalidade dotar o município de um programa de medidas de controle estruturais e não-estruturais com os seguintes objetivos básicos:

- Reduzir os prejuízos decorrentes das inundações;
- Melhorar as condições de saúde da população e do meio ambiente urbano, dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais;
- Planejar os mecanismos de gestão urbana para o manejo sustentável das águas pluviais e da rede hidrográfica do município;
- Planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de evolução da ocupação urbana;
- Ordenar a ocupação de áreas de risco de inundação através de regulamentação;

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

- Restituir parcialmente o ciclo hidrológico natural, reduzindo ou mitigando os impactos da urbanização;
- Formatar um programa de investimentos de curto, médio e longo prazo que, associado aos benefícios produzidos por esses investimentos, viabilize a obtenção de recursos para a implantação das medidas propostas no Plano.

Os princípios que regem o Plano de Manejo de Águas Pluviais, na visão do desenvolvimento urbano sustentável, são:

1. Abordagem interdisciplinar no diagnóstico e na solução dos problemas de inundação;
2. O plano de águas pluviais é um dos componentes do plano de desenvolvimento urbano da cidade assim como o Plano Diretor, a Lei de Zoneamento, os planos de esgotos sanitários, de resíduos sólidos, o plano viário e de transportes. A drenagem faz parte da infraestrutura urbana, portanto deve ser planejada em conjunto com os outros sistemas que compõem essa infraestrutura.

“O controle de inundações é um processo permanente; não basta regulamentar, legislar e construir obras de proteção; é necessária atenção às violações potenciais das propostas do plano” (MDR, 2015). Recomenda-se que:

- Nenhuma área de risco seja desapropriada ou desocupada sem que seja utilizada imediatamente pelo poder público;
- A comunidade participe da elaboração do plano para que possa compreender seu funcionamento, para que possa perceber seus benefícios, para que possa colaborar com suas sugestões e assim se empenhar pela sua plena realização. Um plano só é viável e eficaz quando é bem aceito pela população;
- Os técnicos responsáveis pela gestão das medidas propostas, pela manutenção e operação das obras participem ativamente da elaboração do plano. É também recomendável que esses técnicos passem por um processo de capacitação orientado ao manejo das águas pluviais urbanas dentro das propostas do plano;
- Seja desenvolvido um trabalho de divulgação voltado aos profissionais locais que atuem nas diversas áreas afetas ao plano tais como: engenheiros, arquitetos, urbanistas, paisagistas, geólogos, agrônomos, administradores públicos, incorporadores e empreendedores;

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

- Seja desenvolvido, junto à população, um trabalho de educação ambiental orientado para o tema das águas urbanas.

Como orientação para elaboração do Plano de Manejo de Águas Pluviais, o manual sugere algumas etapas:

- a) Preparação das Bases Cartográficas;
- b) Levantamento de Dados e Informações;
- c) Formulação de Cenários;
- d) Diagnóstico e Prognóstico das Inundações;
- e) Otimização das Medidas Estruturais de Controle;
- f) Anteprojetos das Medidas Estruturais de Controle;
- g) Proposição de Medidas de Controle Não-Estruturais;

Por fim, são desenvolvidas as análises benefício-custo para auxiliar a seleção das alternativas mais adequadas e instrumentalizar os processos para obtenção de recursos. Dentre elas, o manual cita:

- a) Elaboração do Programa Municipal de Manejo de Águas Pluviais, que deverá conter:
  - As medidas emergenciais, de curto prazo que poderão ser tomadas pela Prefeitura para redução imediata dos riscos de inundação, sem que prejudiquem o planejamento e a implantação das demais medidas propostas;
  - Metas e prioridades;
  - Propostas a serem incorporadas pelo Plano Diretor do Município e na Lei de Zoneamento;
  - Proposta para a gestão da implementação do Plano, com a avaliação do sistema de gestão atual e definição das entidades que serão envolvidas nas ações previstas;
  - Procedimentos para fiscalização das obras, aprovação de projetos, operação e manutenção do sistema de manejo de águas pluviais e áreas de risco, e fiscalização do conjunto das atividades;
  - Definição das fontes de recursos;
  - Etapas de implantação das medidas de controle com a definição do sequenciamento de ações (tempo e espaço) relacionadas com o plano de cada sub-bacia;
  - Cronograma físico-financeiro;

## **PARECER TÉCNICO**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

- Avaliação dos benefícios esperados para cada etapa do Programa;
  - Programas complementares de médio e longo prazo, abrangendo: a complementação do cadastro da rede de drenagem, monitoramento, estudos complementares necessários ao aprimoramento e detalhamento do plano; manutenção, fiscalização, divulgação, interação com a comunidade e educação.
- b) Divulgação do Plano e Discussão com a Comunidade;
- c) Elaboração do Manual de Manejo das Águas Pluviais Urbanas, no qual serão estabelecidos:
- Variáveis hidrológicas regionalizadas para projetos de drenagem urbana;
  - Elementos hidráulicos para o projeto de estruturas de controle;
  - Critérios para a avaliação e controle dos impactos do desenvolvimento urbano sobre o sistema de drenagem;
  - Controle da qualidade da água pluvial;
  - Legislação e regulamentação associada.

## **8. METODOLOGIA**

Através do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro (PDMAP, 2014), será realizada sua análise com base nos Princípios de Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas, do Ministério do Desenvolvimento Regional. No âmbito do Manejo de Águas Pluviais, serão observados os aspectos relacionados aos seguintes tópicos:

- Descrição geral do serviço de manejo de águas pluviais;
- Análise crítica do Plano Diretor Municipal e/ou do Plano Municipal de Manejo de Águas Pluviais e/ou de Drenagem Urbana;
- Levantamento da legislação existente sobre uso e ocupação do solo e seu reatamento no manejo de águas pluviais;
- Descrição da rotina operacional, de manutenção e limpeza da rede de drenagem natural e artificial;
- Identificação da existência de sistema único (combinado) e de sistema misto;

## **PARECER TÉCNICO**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

- Identificação e análise dos principais problemas relacionados ao serviço de manejo de águas pluviais;
- Levantamento da ocorrência de desastres naturais no município relacionados com o serviço de manejo de águas pluviais;
- Identificação do responsável pelo serviço de manejo de águas pluviais;
- Identificação e análise da situação econômico-financeira do serviço manejo de águas pluviais;
- Caracterização da prestação do serviço de manejo de águas pluviais segundo indicadores.

Quanto à análise do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2015), serão pontuados os principais aspectos observados no Roteiro de Avaliação de Plano Municipal de Saneamento Básico do Ministério das Cidades, e o Termo de Referência (TR) da FUNASA e seus anexos. Sendo assim, primeiramente serão elencados os principais aspectos considerados na elaboração de uma PMSB.

De acordo com o Roteiro de Avaliação, serão avaliadas questões referentes a coordenação do processo, diagnóstico urbano e rural, objetivos e metas, soluções técnicas para os sistemas, medidas estruturantes e de gestão, programas, projetos e ações, divulgação e participação social e, por fim a avaliação sistemática do PMSB.

#### **9. BREVE DESCRIÇÃO DO PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS (PDMAP, 2014)**

O Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro, foi elaborado em 2014 através do Consórcio Hidrostudio-Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica-SP, para a Prefeitura do Rio de Janeiro, sob a coordenação da Secretaria de Obras/Rio-Águas. Nele, é possível verificar a síntese dos estudos e anteprojetos desenvolvidos por meio do diagnóstico da situação atual da drenagem urbana com o objetivo de realizar o controle ou a minimização das enchentes urbanas no Rio de Janeiro.

Dentre os objetivos do PDMAP (2014), destacam-se o diagnóstico detalhado do sistema de drenagem, identificando os déficits de capacidade hidráulica no sistema para o Tempo de Recorrência de Projeto de 25 anos. Outro objetivo relevante, compreende o estudo de alternativas para as bacias prioritárias, apresentando as soluções que melhor atendam à adequação dos déficits e características de cada bacia.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

Primeiramente, o PDMAP (2014) em seu capítulo 3, lista as características do território da Cidade do Rio de Janeiro, abordando os aspectos administrativos e fisiográficos. No capítulo seguinte, são demonstradas as três macrorregiões de drenagem em que a cidade do Rio de Janeiro foi dividida.

Após, o capítulo 6 apresenta a formulação do Plano de Manejo de Águas Pluviais, com os objetivos, a metodologia e premissas, as etapas de elaboração, entre outras atividades.

Já no capítulo 7, são descritas as intervenções propostas nas bacias prioritárias divididas por Macrorregiões, conforme Figura 05.

**Figura 05 - Bacias hidrográficas prioritárias identificadas no PDMAP (2014)**



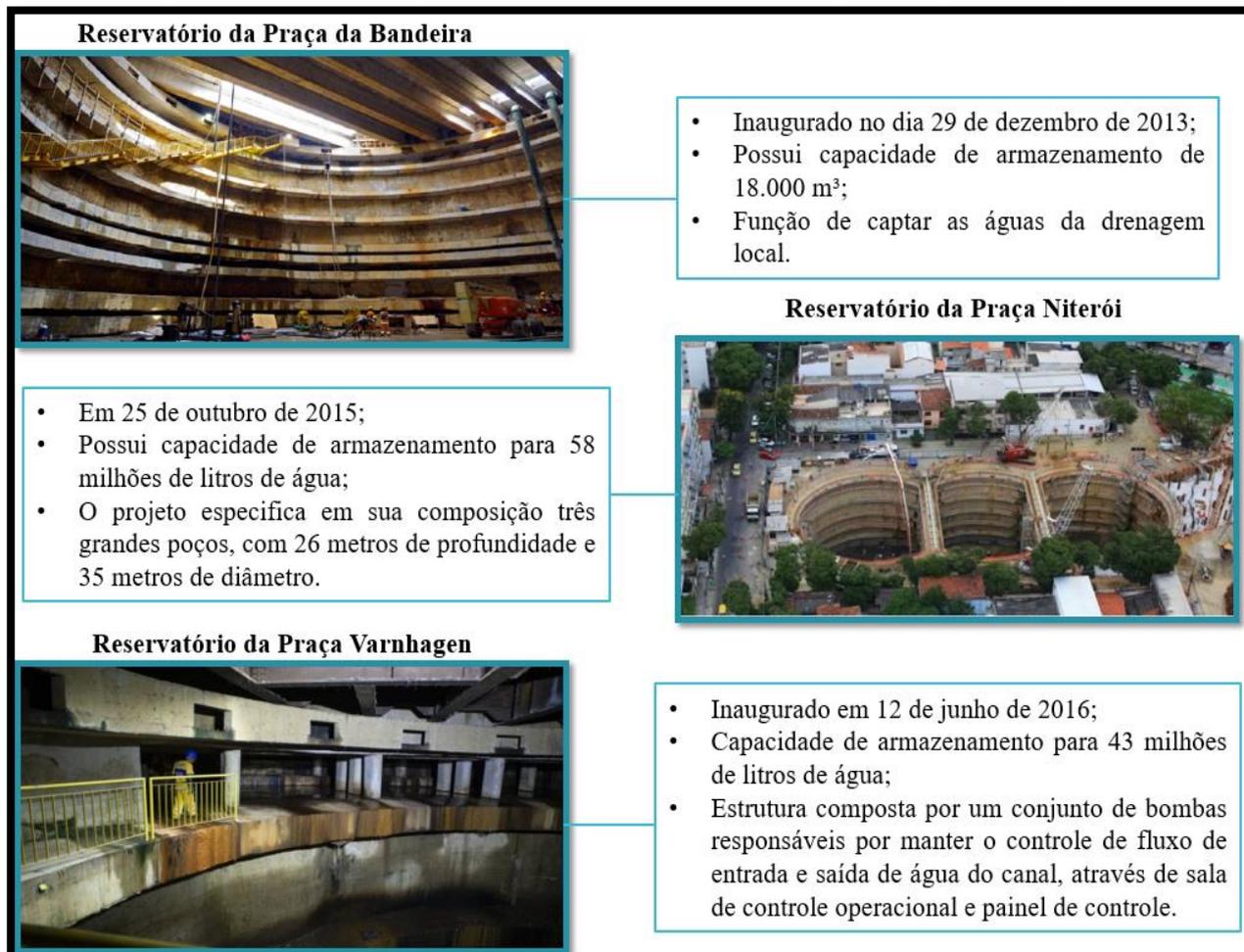
Fonte: PDMAP, 2014.

Na macrorregião da Baía de Guanabara, especificamente na Bacia do Canal do Mangue, são apresentadas as propostas de obras de drenagem. A Figura 06 apresenta um resumo das intervenções realizadas.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

**Figura 06 – Intervenções na Bacia do Canal do Mangue (Região da Tijuca)**



Fonte: Autora, 2020 (Informações da Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro).

O capítulo 8 apresenta as intervenções propostas para as demais bacias que não foram consideradas prioritárias, enquanto que o capítulo 9 demonstra os aspectos econômicos, através do estudo de custo-benefício das intervenções propostas no plano. Em seguida são explicados os aspectos institucionais da drenagem, abordando diversas interfaces.

No capítulo 11, são abordadas questões ambientais referentes à drenagem urbana, apresentando a caracterização dos meios receptores. No capítulo 12 são informados os aspectos jurídicos relacionados à drenagem urbana. Após, o capítulo 13 apresenta a rede de Monitoramento Hidrometeorológico, descrevendo os equipamentos e a localização das Estações Telemétricas de Precipitação e Nível (PN) e de Qualidade e Nível (QN) instaladas.

O capítulo 14 apresenta o SIG-ÁGUAS, descrevendo a Plataforma de Integração de Dados e Produtos do PDMAP (2014). Por fim, o capítulo 15 apresenta as referências bibliográficas utilizadas, assim como os índices das figuras e tabelas apresentadas ao longo do texto.

# PARECER TÉCNICO

## ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

### 10. BREVE DESCRIÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PMSB, 2015)

Baseado e adaptado do Plano Diretor De Manejo De Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro – Fundação Rio-Águas e Consórcio Hidrostudio - FCTH (Hidrostudio Engenharia Ltda. – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica), o Plano Municipal de Saneamento Básico de 2015, tem sua estrutura conforme mostra a Figura 07 a seguir:

**Figura 07 – Estrutura do PMSB (2015)**

<b>SUMÁRIO</b>	
<b>APRESENTAÇÃO</b>	
<b>1. TERRITÓRIO</b>	
O Território Administrativo	
Relevo e Topografia	
Geologia e Geomorfologia	
Hidrogeologia	
Áreas de risco	
Hidrologia	
Atividade Econômica	
Ocupação do território	
Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável da Cidade do Rio de Janeiro	
Sistemas de Drenagem	
<b>2. AS MACRORREGIÕES DE DRENAGEM</b>	
Especificidades da Macrorregião da Baía de Guanabara	
Especificidades da Macrorregião Oceânica	
Especificidades da Macrorregião da Baía de Sepetiba	
<b>3. CONDICIONANTES DA MACRODRENAGEM NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO</b>	
<b>4. PREMISSAS E DIRETRIZES</b>	
Levantamento de Dados	
Estudos Hidráulico-Hidrológico	
<b>5. INTERVENÇÕES PROPOSTAS</b>	
Macrorregião da Guanabara	
Macrorregião Oceânica	
Macrorregião de Sepetiba	
<b>6. ASPECTOS ECONÔMICOS</b>	
Classificação de Prejuízos decorrentes de enchentes	
Prejuízos causados por enchentes em áreas urbanas	
Susceptibilidades a enchentes de uma área urbana	
Susceptibilidades Econômico-Sociais Ligadas as Inundações	
A Identificação dos Prejuízos	
Benefícios e Beneficiários	
<b>7. ASPECTOS INSTITUCIONAIS</b>	
Interface com o Uso e Ocupação do Solo e a Moradia	
Interface com os Sistemas de Transportes e Viário	
Interface com o Saneamento Ambiental	
Interface com o Clima	
Ações Integradas - Intervenções Combinadas	
Articulação Política, Educação Ambiental e Mobilização	
Planos de Contingência contra Inundações e Escorregamentos	
Desenvolvimento e Disseminação das Novas Tecnologias	
Aperfeiçoamento dos recursos materiais e humanos	
Diretrizes para Modernização da gestão dos sistemas de Drenagem	
<b>8. REDE DE MONITOR-ÁGUAS</b>	
Estacoes Telemétricas Precipitação e Nível (PN)	
Estacoes Telemétricas Qualidade e Nível (QN)	
Coleta e Transmissão de dados	
Disponibilização dos dados	
<b>9. CONTROLE SOCIAL</b>	
<b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	
Índice Geral de Figuras	
Índice Geral de Tabelas	

Fonte: PMSB, 2015.

Portanto, a partir do Roteiro de Avaliação do Ministério das Cidades (2016), que se baseia em quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, o presente Parecer Técnico irá avaliar as condições do último componente citado, a fim de verificar os requisitos mínimos no escopo da drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, no Plano Municipal de Saneamento Básico.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

#### 11. Análise dos Componentes do PMSB – DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS (2015)

**Tabela 01 – Conteúdo e Avaliação**

1. Para cada item da Tabela atribuir menção “0, 2, 4, 6, 8 ou 10”, sendo 2 (dois) considerado pouco satisfatório e 10 (dez) muito satisfatório. A menção 0 (zero) equivale a item não identificado. Cada item somente pode receber uma das seis menções previstas.
2. O resultado final da avaliação corresponde à média aritmética simples das menções atribuídas a cada item, decorrendo daí a seguinte classificação: média menor ou igual a 10 e maior que 7, resulta em PLANO VERDE; média menor ou igual a 7 e maior que 4, resulta em PLANO AMARELO; e média menor ou igual a 4, resulta em PLANO VERMELHO.

Nome do município:		Rio de Janeiro		UF:	RJ
ITEM	CONTEÚDO DO PLANO	PALAVRAS-CHAVE	ORIENTAÇÕES PARA DEFINIR A MENÇÃO	MENÇÃO “0, 2, 4, 6, 8 ou 10	JUSTIFICATIVA / OBSERVAÇÃO
<b>I. COORDENAÇÃO DO PROCESSO</b>					
1	Plano elaborado e editado pelo titular (art. 19, § 1º, Lei; art. 24, inc. I, Decreto)	Titular; município; prefeito; prefeitura; comitê; executivo; coordenação; grupo de trabalho; poder público local; lei; decreto; portaria	1- Ter sido o plano elaborado pelo titular - até 6 pontos (formação dos comitês - até 3 pontos para coordenação e até 3 para executivo); 2- Ter o plano editado pelo titular - até 4 pontos.	4	Baseado e adaptado do PDMAP (2014), elaborado através do Contrato 027/2009, Concorrência 003/2008 (Fundação Rio-Águas e Consórcio Hidrostudio - FCTH (Hidrostudio Engenharia Ltda – Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica), cujos produtos elaborados integram o acervo técnico da Fundação Rio-Águas.
<b>II. DIAGNÓSTICO URBANO E RURAL</b>					
2	Situação dos serviços e sistemas de abastecimento de água (art. 19, inc. I, Lei; art. 25, inc. I, Decreto; art. 4, inc. I, Res. Concidades)	Diagnóstico; abastecimento; água; tratamento; rede; cobertura; atendimento; domicílio; habitante; perda; intermitência; qualidade; tarifa; tarifária; gestão; prestador; companhia; autarquia; regulação; regulador; agência	1- Conter caracterização física dos serviços de saneamento (p. ex: redes de distribuição de água, redes de coleta de esgotos, estações de tratamento, destinação final dos resíduos sólidos, etc.) e índices de cobertura (observando dados do IBGE ou de órgão equivalente estadual), dentre outros - até 6 pontos 2 – Ter sido o diagnóstico realizado em conjunto com a população,	2	É apresentado um breve retrospecto da história dos sistemas sanitários da cidade, através de um histórico entre 1857 a 1998. No entanto, não foram encontrados dados referentes à caracterização física dos serviços de saneamento. Algumas destas informações podem ser encontradas no outro documento PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

3	Situação dos serviços e sistemas de esgotamento sanitário (art. 19, inc. I, Lei; art. 25, inc. I, Decreto; art. 4, inc. I, Res. Concidades)	Diagnóstico; esgotamento; esgoto; sanitário; tratamento; efluente; rede; CONAMA; corpo receptor; qualidade; cobertura; atendimento; domicílio; habitante; tarifa; tarifária; gestão; prestador; companhia; autarquia; regulação; regulador; agência	apontando os problemas dos serviços de saneamento básico - até 4 pontos	2	Não foram encontradas evidências de diagnóstico realizado em conjunto com a população, no PMSB – Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de 2015. Porém, a CONAMA é mencionada no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
4	Situação dos serviços e sistemas de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (art. 19, inc. I, Lei; art. 25, inc. I, Decreto; art. 4, inc. I, Res. Concidades)	Diagnóstico; limpeza; coleta; seletiva; aterro; disposição final; resíduo; sólido; lixo; tratamento; cooperativa; reciclagem; cobertura; atendimento; domicílio; habitante; gestão; prestador; autarquia; regulação; regulador; agência; catador		2	Estas informações estão contidas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
5	Situação dos serviços e sistemas de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (art. 19, inc. I, Lei; art. 25, inc. I, Decreto; art. 4, inc. I, Res. Concidades)	Diagnóstico; água; pluvial; pluviais; drenagem; manejo; macrodrenagem; microdrenagem; galeria; boca-de-lobo; retenção; detenção; piscinão; alagamento; inundação; enchente; sarjeta; cobertura; atendimento; gestão; prestador; regulação; regulador; agência		8	Informações contidas ao longo do PMSB – Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de 2015.
6	Utilização de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais, hidrológicos e socioeconômicos (art.19, inc. I, Lei; art. 25, inc. I, Decreto; art.4, inc. I, Res. ConCidades)	Impacto; vida; salubridade; indicador; sanitário; epidemiológico; ambiental; hidrológico; socioeconômico; saúde; mortalidade; doença; diarreia; poluição; qualidade	1- Conter descrição de cada indicador - até 2 pontos para cada tema (sanitário, epidemiológico, ambiental, hidrológico e socioeconômico), totalizando no máximo 10 pontos	2	Não foram encontradas evidências de diagnóstico realizado em conjunto com a população, no PMSB – Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de 2015. Porém, a CONAMA é mencionada no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
<b>III. OBJETIVOS E METAS - URBANO E RURAL</b>					
7	Objetivos do plano para o abastecimento de água (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto; art.4, inc. II, Res. ConCidades)	Objetivo; princípio; universalização; equidade; igualdade; integralidade; qualidade; diretriz; estratégia; Plansab; saneamento; efetividade; participação; controle; social	1 - Ter os objetivos citados e relacionados aos problemas levantados na etapa do diagnóstico - até 6 pontos	2	A formulação do PMSB-Manejo de Águas Pluviais teve seu arcabouço fundamentado nos princípios e diretrizes e instrumentos definidos na legislação, em âmbito nacional, regional e local, e nos Programas e Políticas Públicas com interface com o Saneamento Básico. Além disso,
8	Objetivos do plano para o esgotamento sanitário (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto; art.4, inc. II, Res. ConCidades)		2 – Conter descrição detalhada dos objetivos - até 4 pontos	2	

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

9	Objetivos do plano para a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto; art.4, inc. I, Res. ConCidades)			2	agregou o CONTROLE SOCIAL, um dos princípios fundamentais da Lei Nacional de Saneamento Básico (Lei 11.445/2007). Apenas detalharam as premissas e diretrizes do Plano.
10	Objetivos do plano para a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto; art.4, inc. I, Res. ConCidades)			8	O objetivo do Plano Municipal de Saneamento Básico – Drenagem e Manejo de Aguas Pluviais Urbanas é o manejo adequado e sustentável das águas pluviais, visando o controle de enchentes na cidade do Rio de Janeiro e assegurando a saúde pública, a segurança da vida e do patrimônio público e privado, em atendimento à Lei 11.445/2007. Não são detalhados os objetivos, porém são listadas premissas e diretrizes do Plano de forma detalhada.
11	Metas de curto, médio e longo prazos para o abastecimento de água (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto; art.4, inc. I, Res. ConCidades)	Indicador; meta; domicílio; perda de água; tratamento; curto; médio; longo; prazo; %; ano; horizonte; solução; soluções; gradual; graduais; progressiva		2	Não foram encontradas evidências de metas neste quesito. Estas informações estão contidas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
12	Metas de curto, médio e longo prazos para o esgotamento sanitário (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto; art.4, inc. I, Res. ConCidades)			2	Não foram encontradas evidências de metas neste quesito. Estas informações estão contidas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
13	Metas de curto, médio e longo prazos para a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto)			2	Não foram encontradas evidências de metas neste quesito. Estas informações estão contidas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
14	Metas de curto, médio e longo prazos para a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto)			6	Não foram encontradas evidências de metas neste quesito. Apenas demonstram as propostas de intervenções a serem realizadas de acordo com cada região analisada no Plano.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

15	Compatibilidade do plano de saneamento com os planos de bacias hidrográficas nas quais o município está inserido (art. 19, § 3º, Lei; art. 19, Decreto; art. 25, § 11, Decreto; art. 5, Res. Concidades)	Plano; hidrográfica; rio; compatibilidade; estratégia; ação; ações	<p>1 – Estar citada a compatibilidade mencionada - até 6 pontos</p> <p>2 – Haver maior detalhamento da compatibilidade mencionada - até 4 pontos</p>	6	Não foram encontradas informações sobre tal compatibilidade entre os planos mencionados. No entanto, verifica-se a abordagem das condicionantes naturais e antrópicas da drenagem na cidade do Rio de Janeiro, além da caracterização das bacias hidrográficas nas quais o município está inserido.
<b>IV. SOLUÇÕES TÉCNICAS PARA OS SISTEMAS - URBANO E RURAL</b>					
16	Soluções técnicas de engenharia para o(s) sistema(s) de abastecimento de água (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto; art. 4º, inc. II, Res. Concidades)	Sistema; solução; soluções; gradual; graduais; progressiva; alternativa; croquis; técnica; engenharia; investimento	<p>1 – Haver descrição das soluções, apontadas com base nos problemas levantados na etapa do diagnóstico - até 6 pontos</p> <p>2 – Conter apresentação das soluções em croquis ou desenho esquemático - até 4 pontos.</p>	2	Não foram encontradas evidências de metas neste quesito. Estas informações estão contidas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
17	Soluções técnicas de engenharia para o(s) sistema(s) de esgotamento sanitário, incluindo o tratamento dos esgotos (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto; art. 4º, inc. II, Res. Concidades)			2	Não foram encontradas evidências de metas neste quesito. Estas informações estão contidas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
18	Soluções técnicas de engenharia para a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, incluindo tratamento e disposição final dos resíduos (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto; art. 4º, inc. II, Res. Concidades)			4	Foram mencionadas propostas para este quesito no PMSB (2015). Estas informações estão contidas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
19	Soluções técnicas de engenharia para o(s) sistema(s) de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (art. 19, inc. II, Lei; art. 25, inc. II, Decreto; art. 4º, inc. II, Res. Concidades)			8	Informações contidas ao longo do PMSB – Drenagem e Manejo de Águas Pluviais de 2015. São demonstradas as propostas de intervenções nas bacias do município por meio de projetos e obras de drenagem.
20	Atendimento da população rural dispersa, inclusive mediante a utilização de soluções compatíveis com suas características sociais e culturais (art. 54, inc. VII, Decreto; art. 4º, inc. III, Res. Concidades)	Rural; rurais; social; sociais; característica; cultural; culturais; dispersa; solução; soluções; local; locais	<p>1 – Ter identificação e listagem quantitativa, associada à localização da população rural dispersa - até 8 pontos</p> <p>2 – Ter apontamento e descrição das soluções propostas compatíveis com as características sociais e culturais locais, preferencialmente com</p>	2	Não foram encontradas informações deste quesito no PMSB (2015). No entanto, algumas menções são feitas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

			apresentação em mapa - até 2 pontos		
21	Identificação da população de baixa renda e apontamento de soluções para o acesso aos serviços (art. 25, § 6º, Decreto)	Baixa; renda; carente; solução; soluções; acesso; prioridade; necessitada; desprovida; pobreza; miséria	1 – Conter identificação e listagem quantitativa, associada à localização da população de baixa renda - até 8 pontos 2 – Ter apontamento e descrição das soluções propostas para o acesso, preferencialmente com apresentação em mapa - até 2 pontos	4	No PMSB (2015) foram mencionados alguns benefícios para a população carente, com as intervenções realizadas. No entanto, são detalhadas outras medidas de atendimento à população carente nas diretrizes do PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
<b>V. MEDIDAS ESTRUTURANTES E DE GESTÃO</b>					
22	Promoção do desenvolvimento institucional do prestador de serviços e demais órgãos responsáveis pela gestão do saneamento básico (art. 4º, inc. III, Res. Concidades)	Promoção; desenvolvimento; institucional; gestão; eficiência; estruturante; qualidade; aprimoramento; prestador; serviço; gerencial; gerenciais; técnico; tecnologia; apropriada	1 - Haver definição de estratégias e mecanismos que objetivem a promoção do desenvolvimento institucional do prestador de serviços e demais órgãos responsáveis pela gestão do saneamento básico - até 6 pontos 2 - Haver detalhamento dessas estratégias e mecanismos - até 4 pontos	8	São encontradas no PMSB (2015) Diretrizes para Modernização da gestão dos sistemas de Drenagem, no tópico Desenvolvimento Institucional. Porém não são detalhados demais órgãos responsáveis pela gestão, e as estratégias e mecanismos a serem utilizados.
23	Visão integrada e articulação dos componentes do saneamento básico nos aspectos técnico, institucional, legal e econômico (art. 4º, inc. III, Res. Concidades)	Visão; integração; integrada; articulação; aspecto; técnico; institucional; legal; econômico; interface	1 - Haver citação da visão integrada e a articulação dos componentes do saneamento básico: - no aspecto técnico - até 4 pontos - no aspecto institucional - até 2 pontos - no aspecto econômico - até 2 pontos - no aspecto legal - até 2 pontos	8	No que se refere ao aspecto de integração, o PMSB (2015) apresenta as Ações Integradas - Intervenções Combinadas, com tópicos como: Articulação Política, Educação Ambiental e Mobilização; Planos de Contingência contra Inundações e Escorregamentos; Desenvolvimento e Disseminação das Novas Tecnologias; Aperfeiçoamento dos recursos materiais e humanos.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

24	Interface, cooperação e integração com os programas de outras áreas (art. 4º, inc. III, Res. Concidades)	Interface; cooperação; integração; saúde; habitação; meio ambiente; educação ambiental; urbanização; desenvolvimento urbano; regularização; fundiária; assentamento; precário; habitacional	<p>1 - Estar citada e detalhada a interface com os programas de outras áreas - até 6 pontos</p> <p>2 - Estar citada e detalhada a cooperação com os programas de outras áreas - até 2 pontos</p> <p>3 - Estar citada e detalhada a integração com os programas de outras áreas - até 2 pontos</p>	8	Quanto ao aspecto de Integração e Articulação Multissetorial, o PMSB (2015) apresenta no Item Aspectos Institucionais alguns subitens de relevância, como: Interface com o Uso e Ocupação do Solo e a Moradia; Interface com os Sistemas de Transportes e Viário; Interface com o Saneamento Ambiental; Interface com o Clima.
25	Educação ambiental e mobilização social em saneamento (art. 4º, inc. III, Res. Concidades)	Educação; ambiental; ambiente; mobilização; social; meio	<p>1 - Estarem citadas a educação ambiental e a mobilização social no plano - até 6 pontos</p> <p>2 - Haver maior detalhamento do modo como ocorrerá a educação ambiental e mobilização social em saneamento - até 4 pontos</p>	8	Demonstrado no item “Articulação Política, Educação Ambiental e Mobilização” do PMSB (2015). Além disso, é informado que para as comunidades mais relutantes em participar sugere-se a aplicação de um Plano de Educação Ambiental com o tema “controle de inundações”.
26	Articulação com o Plano de Segurança da Água (art. 4º, inc. III, Res. Concidades)	Articulação; plano; segurança; qualidade; análise; saúde	<p>1 - Estar citada a articulação mencionada - até 8 pontos;</p> <p>2 - Haver maior detalhamento da compatibilidade mencionada - até 2 pontos</p>	4	Não foram encontradas informações a respeito do Plano de Segurança da Água no PMSB (2015). No entanto, verifica-se o monitoramento realizado através das estações telemétricas de qualidade e nível. Quanto à articulação com o referido Plano, não foram encontradas informações a respeito.
27	Avaliação e definição de parâmetros para tarifa, taxa, tarifa social e subsídio (art. 4º, inc. III, Res. Concidades)	Avaliação; definição; parâmetro; tarifa; taxa; social; subsídio; cobrança	<p>1 - Estarem definidos parâmetros para tarifa, taxa, tarifa social e subsídio no plano - até 8 pontos;</p> <p>2 - Haver mecanismos de avaliação dos parâmetros citados - até 2 pontos</p>	2	Informações contidas no item “Estrutura Tarifária” do PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
28	Diretrizes para os planos de racionamento e atendimento a aumentos de demanda temporária (art. 4º, inc. IV, Res. Concidades)	Diretriz; racionamento; demanda; temporária; flutuante; eventos; turismo	<p>1 - Estarem definidas as diretrizes para os planos de racionamento - até 8 pontos</p> <p>2 - Estarem definidas as diretrizes para atendimento a aumentos de demanda temporárias - até 2 pontos</p>	2	Informações contidas no item “Estrutura Tarifária” do PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano. É informada a taxa de retorno para dimensionamento de sistemas de esgotos de 80% do valor da demanda de água. No PMSB (2015), não foram encontradas informações sobre planos de racionamento e atendimento a aumentos de demanda temporária.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

29	Regras de atendimento e funcionamento operacional para situações críticas (art. 4º, inc. IV, Res. Concidades)	Regra; crítica; crítico; operacional; prioridade; situação	1 - Estarem definidas as regras de atendimento e funcionamento operacional para situações críticas, tais como enchentes, transbordamentos, alagamentos, desmoronamentos, etc. - até 8 pontos 2 - Haver maior detalhamento das regras de atendimento e funcionamento operacional para situações críticas - até 2 pontos	2	No PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano, é informado que “Para minimizar a probabilidade de ocorrência dessas situações críticas, devem ser adotados princípios para orientar os responsáveis pelas atividades que possam representar potencial risco de impacto”. No entanto, tais informações não foram encontradas no PMSB (2015).
<b>VI. PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - URBANO E RURAL</b>					
30	Definição de programas, projetos e ações (art. 19, inc. III, Lei; art. 25, inc. III, Decreto; art. 4, inc. III, Res. Concidades)	Associação; articulação; programa; projeto; ação; ações; ampliação; melhoria; sistema	1 - Haver definição dos programas, projetos e ações - até 6 pontos 2 - Haver detalhamento dos programas, projetos e ações - até 4 pontos	6	São informados alguns planos e ações de integração no PMSB (2015), nos itens: Integração e Articulação Multissetorial e Ações Integradas - Intervenções Combinadas.
31	Associação dos programas, projetos e ações com os objetivos e metas (art. 19, inc. III, Lei; art. 25, inc. III, Decreto; art. 4, inc. III, Res. Concidades)	Programa; projeto; ação; ações; meta; objetivo	1 - Estar citada a associação dos programas, projetos e ações com os objetivos, sendo desejável um detalhamento maior - até 6 pontos 2 - Estar citada a associação dos programas, projetos e ações com as metas, sendo desejável um detalhamento maior - até 4 pontos	4	No PMSB (2015) são pontuadas as principais Premissas e Diretrizes baseadas no Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro – PDMAP (2014). Foi informado que “ao longo do tempo, deverá buscar a compatibilização com os planos de ação dos diversos órgãos municipais e com as demais modalidades do Plano Municipal de Saneamento Básico, com o objetivo de definir prioridades conjuntas”.
32	Compatibilidade com o PPA e outros planos/programas governamentais (art. 19, inc. III, Lei; art. 25, inc. III, Decreto)	Programa; projeto; ação; ações; PPA; plurianual; plano; orçamento; município; estado	1 - Estar citada a compatibilidade mencionada com o PPA, sendo desejável um detalhamento maior - até 6 pontos 2 - Estar citada a compatibilidade mencionada com outros planos/programas governamentais, sendo desejável um detalhamento maior - até 4 pontos	2	O Plano Plurianual (PPA) é um instrumento de planejamento governamental que define as diretrizes, objetivos e metas da administração pública federal para o horizonte de quatro anos. No entanto, no PMSB (2015) ele não é mencionado, sendo encontrado apenas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano, no item “Instrumentos legais relevantes no âmbito municipal”.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

33	Possíveis fontes de financiamento (art. 19, inc. III, Lei; art. 25, inc. III, Decreto)	Programa; projeto; ação; ações; fonte; financiamento; recurso; investimento; fundo; FGTS; FAT; governo; municipal; estadual; federal	1 - Estarem citadas as fontes de financiamento - até 6 pontos 2 - Haver detalhamento das fontes de recursos e financiamento - até 4 pontos	2	Não foram encontradas menções de possíveis fontes de financiamento no PMSB (2015). Consta apenas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
34	Ações para emergências e contingências (art. 19, inc. IV, Lei; art. 25, inc. IV, Decreto; art. 4º, inc. IV, Res. Concidades)	Emergência; contingência; situação; crítica; ação; ações; plano; diretriz; prevenção; estratégia	1 - Estarem citadas as ações para emergências e contingências - até 6 pontos 2 - Haver detalhamento das ações para emergências e contingências - até 4 pontos	6	Informações encontradas no PMSB (2015), no item “Planos de Contingência contra Inundações e Escorregamentos”. Porém, não são detalhadas as medidas de contingência no documento. Este detalhamento pode ser observado no Plano de Contingência do Município (PLANCON, 2017).
35	Cálculo da necessidade de investimentos (art. 4º, inc. I, Res. Concidades)	Necessidade; estimativa; investimento; reais; R\$; recurso; financiamento; alcance; valor; montante; orçamento	1 - Estarem citadas as necessidades de investimentos - até 6 pontos 2 – Estarem as necessidades de investimentos baseadas nas estratégias, objetivos e metas - até 2 pontos 3 - Haver detalhamento das necessidades de investimentos - até 2 pontos	2	Cálculos/estimativas referentes à necessidade de investimentos, não encontrados no PMSB (2015). Estas informações estão contidas apenas no PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de Agosto do referido ano.
<b>VII. DIVULGAÇÃO E PARTICIPAÇÃO SOCIAL</b>					
36	Mecanismos e procedimentos para a garantia da efetiva participação da sociedade em todas as etapas (art. 3º - inc. IV, 9º - inc. V, 19 - § 5º, Lei; art. 26, inc. II e § 1º, Decreto; art. 3º, inc. I, II e IV, Res. Concidades)	Conferência; reunião; reuniões; audiência; consulta; órgão; colegiado; conselho; participação; controle; social; mecanismo; procedimento; comunidade; monitoramento	1 - Ter elaborado o plano de mobilização e participação social para acompanhar as diversas etapas da elaboração do PMSB - até 6 pontos 2 - Haver no PMSB o detalhamento do cumprimento do plano de mobilização social - até 4 pontos	8	No PMSB (2015) foi informado: “Com o objetivo de assegurar a participação social foi realizada a divulgação do Plano Municipal de Saneamento Básico na modalidade drenagem e manejo de águas pluviais, com a apresentação do estudo para a sociedade civil, organizações técnicas e conselhos municipais”. Em 19/11/2015 foi realizada audiência pública para apresentação do Plano.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

37	Procedimentos e mecanismos para a ampla divulgação do plano e de seu monitoramento, inclusive internet (art. 19, § 5º, Lei; art. 26, inc. I, Decreto; art. 4º, inc. VI e art. 3º, inc. III, Res. Concidades)	Internet; rádio; comunitária; jornal; jornais; revista; televisão; cartaz; faixa; carros de som; relatório; monitoramento; divulgação; acesso; internet	1 - Ter acontecido a ampla divulgação do plano em jornais, revistas, rádios, com cartazes, no site da Prefeitura, dos conselhos e dos prestadores - até 8 pontos 2 - Haver no plano maior detalhamento das formas de divulgação - até 2 pontos	8	No PMSB (2015) foi informado: “Com o objetivo de assegurar ampla divulgação, o Plano Municipal de Saneamento Básico na modalidade drenagem e manejo de águas pluviais foi disponibilizado a todos os interessados para consulta, por meio da internet, no site da SMAR, e por audiência pública”.
38	Utilização de órgão colegiado no controle social (art. 47, Lei; art. 34, inc. IV, Decreto; art. 3º, Res. Concidades)	Avaliação; monitoramento; colegiado; conselho; participação; sociedade; controle; social	1 - Ter submetido o plano e discutido seu conteúdo nos diversos órgãos de controle local - até 6 pontos 2 - Ter sido o Plano apreciado e aprovado pelo Conselho local que trata as questões de saneamento no município - até 4 pontos	8	O PMSB (2015) foi apresentado no Conselho Municipal de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro – CONSEMAC, criado pela Lei 2.390 de 01/12/1995 e recebeu a Moção de Aprovação pelo Conselho Municipal de Política Urbana da Cidade do Rio de Janeiro – COMPUR.
<b>VIII. AVALIAÇÃO SISTEMÁTICA</b>					
39	Mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática (art. 19, inc. V, Lei; art. 25, inc. V, Decreto; art. 2º - inc. VII, art. 4º - inc. VI, Res. Concidades)	Avaliação; monitoramento; acompanhamento; mecanismo; procedimento	1 - Ter no plano a previsão de mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática - até 6 pontos 2 - Haver detalhamento da forma como serão tais mecanismos e procedimentos - até 4 pontos	2	Não foram encontradas informações deste quesito no PMSB (2015). No entanto, algumas menções são feitas no PMSB – Água e Esgoto (2011).
40	Indicadores para avaliar a eficiência (art. 19, inc. IV, Lei; art. 25, inc. V, Decreto; art. 2º - inc. VII, art. 4º - inc. VI, Res. Concidades)	Avaliação; eficiência; indicador; procedimento	1 - Ter no plano a previsão de indicadores para avaliar a eficiência - até 8 pontos 2 - Haver detalhamento da forma como serão medidos tais indicadores - até 2 pontos	2	Não foram encontradas informações deste quesito no PMSB (2015). No entanto, algumas menções são feitas no PMSB – Água e Esgoto (2011).
41	Indicadores para avaliar a eficácia (art. 19, inc. IV, Lei; art. 25, inc. V, Decreto; art. 2º - inc. VII, art. 4º - inc. VI, Res. Concidades)	Avaliação; eficácia; indicador; procedimento	1 - Ter no plano a previsão de indicadores para avaliar a eficácia - até 8 pontos 2 - Haver detalhamento da forma como serão medidos tais indicadores - até 2 pontos	2	Não foram encontradas informações deste quesito no PMSB (2015). No entanto, algumas menções são feitas no PMSB – Água e Esgoto (2011).
42	Revisões previstas a cada 4 anos, anteriormente à elaboração do PPA (art. 19, § 4º, Lei; art. 25, § 4º, Decreto; art. 4, inc. VI, Res. Concidades)	Revisão; revisões; previsto; periodicidade; quatro; ano; plano; plurianual; PPA	1 - Estar citada a previsão de revisão a cada 4 anos - até 8 pontos 2 - Haver detalhamento do modo como deve se dar - até 2 pontos	2	Não foram encontradas informações deste quesito no PMSB (2015). No entanto, algumas menções são feitas no PMSB – Água e Esgoto (2011).
<b>SOMA:</b>				<b>170</b>	

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

MÉDIA ARITMÉTICA SIMPLES:	4,05
<b>RESULTADO GLOBAL DA AVALIAÇÃO:</b>	
(i) média menor ou igual a 10 e maior que 7: PLANO VERDE;	
<b>(ii) média menor ou igual a 7 e maior que 4: PLANO AMARELO</b>	
(ii) média menor ou igual a 4: PLANO VERMELHO.	
Para efeitos do presente Roteiro, considera-se os seguintes conceitos para os três níveis de avaliação:	
(i) PLANO VERDE: o Plano apresenta conteúdo abrangente, abordando a maior parte do escopo necessário, sendo que a parte de conteúdo não incluída no Plano tende a não inibir o alcance de bons resultados na sua implementação, não sendo necessário antecipar a revisão do Plano;	
<b>(ii) PLANO AMARELO: o Plano contempla de forma moderada o conteúdo necessário, sendo que a parte de conteúdo não incluída pode inibir o alcance de melhores resultados na sua implementação, podendo ser necessário antecipar a revisão do Plano para incorporar este conteúdo faltante; e</b>	
(iii) PLANO VERMELHO: O Plano contempla parte pequena do conteúdo necessário, com tendência de não atingir bons resultados na sua implementação, sendo necessário revisar imediatamente o Plano.	
<b>COMENTÁRIOS GERAIS DO AVALIADOR:</b>	
<p>Primeiramente, foi realizada uma breve comparação do conteúdo do PDMAP (2014) e do PMSB (2015), no qual foram observados alguns componentes de avaliação da tabela contidos no PDMAP (2014), porém não listados/detalhados no PMSB (2015). Levando em conta que o PMSB está disponibilizado em documento síntese, a presente avaliação poderá ser novamente realizada a fim de considerar detalhes não observados no documento síntese.</p> <p>Foram analisados dois documentos separadamente, ambos correspondentes ao PMSB. No escopo do PMSB - Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de agosto do referido ano, são tratadas apenas questões referentes ao abastecimento de água, tratamento de esgoto, tratamento de água e outros aspectos técnicos e de gestão relacionados. Por outro lado, o PMSB (2015) trata especificamente dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais, abordando as propostas de intervenções (obras hidráulicas) para regiões que apresentam problemas relacionados à inundações e alagamentos.</p> <p>Portanto, sugere-se unificar os documentos em um único PMSB a fim de melhorar o processo de avaliação do Plano de Saneamento como um todo. Desta forma, seria possível proceder uma avaliação mais concisa e eficaz, para cada componente presente no Roteiro de Avaliação. Além disso, fica sugerida a disponibilização do PMSB na íntegra, para analisar melhor os componentes existentes/ausentes no documento.</p>	

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

#### 12. ATENDIMENTO AO TR FUNASA (2018)

Considerando a avaliação dos componentes do PMSB (2015), o presente parecer busca aprofundar a análise de conteúdo do referido Plano, sabendo que o mesmo foi baseado no PDMAP (2014). Desta forma, foram analisados os itens de serviço de manejo do PDMAP conforme a Figura 08.

**Figura 08 – Itens de Serviços de Manejo**

#### **6.3.5. SERVIÇO DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

- a. Descrição geral do serviço de manejo de águas pluviais**
- b. Análise crítica do Plano Diretor Municipal e/ou do Plano Municipal de Manejo de Águas Pluviais e/ou de Drenagem Urbana**
- c. Levantamento da legislação existente sobre uso e ocupação do solo e seu reatamento no manejo de águas pluviais**
- d. Descrição da rotina operacional, de manutenção e limpeza da rede de drenagem natural e artificial**
- e. Identificação da existência de sistema único (combinado) e de sistema misto**
- f. Identificação e análise dos principais problemas relacionados ao serviço de manejo de águas pluviais**
- g. Levantamento da ocorrência de desastres naturais no município relacionados com o serviço de manejo de águas pluviais**
- h. Identificação do responsável pelo serviço de manejo de águas pluviais**
- i. Identificação e análise da situação econômico-financeira do serviço manejo de águas pluviais**
- j. Caracterização da prestação do serviço de manejo de águas pluviais segundo indicadores**

Fonte: Termo de Referência FUNASA, 2018.

Primeiramente, quanto à descrição geral do serviço de manejo de águas pluviais o PDMAP (2014) introduz o assunto de forma clara, destacando os principais aspectos relacionados às enchentes, inundações e alagamentos no meio urbano. Após, demonstra a relação do crescimento populacional urbano com as ocorrências destes eventos e aponta a questão dos riscos associados. Por fim, apresenta a importância do Plano de Manejo de Águas Pluviais para a cidade, através dos objetivos, propostas e finalidades.

No que se refere à análise crítica do Plano Diretor Municipal, verifica-se a relação do PDMAP (2014) com o Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável da Cidade do Rio de Janeiro, no estabelecimento das categorias de ocupação urbana e outros aspectos. Quanto ao levantamento da legislação existente sobre o uso e ocupação do solo, são relatados os principais acontecimentos históricos de ocupação territorial. Além disso, o item “Aspectos Jurídicos” trata de uma síntese do

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

arcabouço legal vigente, e as principais políticas governamentais que interferem no manejo de águas pluviais na cidade.

Em seguida, a análise dos “Aspectos Institucionais” possibilita verificar medidas de controle de poluição difusa, recomendações para preservação de áreas, medidas de mobilização e participação da população para a preservação dos recursos naturais, entre outras questões como o desenvolvimento tecnológico. No entanto, não foi detalhada a rotina operacional de manutenção e limpeza da rede de drenagem, apenas foi apresentada a importância de se realizar tal atividade a fim de evitar obstruções no sistema e os consequentes problemas causados.

A identificação da existência dos sistemas único e misto é realizada no PDMAP (2014), no item “Interface com o Saneamento Ambiental”. Nele é informado que “apenas 35% da área física do município é atendida pelo sistema separador absoluto”. Entre os principais problemas relacionados ao serviço de manejo de águas pluviais, o PDMAP (2014) descreve a poluição diretamente relacionada à drenagem urbana, causando a deterioração da qualidade das águas dos cursos receptores. Outro problema apontado é referente ao clima, “problemas climáticos decorrem, geralmente, do aumento indiscriminado das densidades construtivas, o que dificulta a circulação das massas de ar, formando ilhas de calor”.

Além dos problemas mencionados, os principais impactos sobre os sistemas de drenagem são listados pelo PDMAP (2014):

- A impermeabilização da superfície natural dos terrenos por construções e pavimentos, o que provoca a redução da infiltração e o aumento do escoamento superficial;
- A remoção dos pequenos canais da drenagem natural para tubulações subterrâneas;
- A retificação dos canais de drenagem natural, mudando sua extensão (aumento ou redução), para aproveitamento das áreas lindeiras;
- Aterro de áreas alagadas e mangues, modificando o percurso original dos rios, suprimindo margens e áreas de várzeas;
- O adensamento populacional sem a necessária adequação da infraestrutura de esgoto com a consequente sobrecarga das redes, resultando no lançamento indiscriminado de águas residuais nos córregos e canais.

O levantamento da ocorrência de desastres naturais no município foi realizado no PDMAP (2014) através do item “Inundações Históricas na cidade do Rio de Janeiro”, onde foram relatados

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

diversos eventos entre os anos de 1711 a 1999. Quanto à identificação de responsabilidade pelo serviço de manejo de águas pluviais, este é explicado na apresentação do documento, elaborado por meio do Consórcio Hidrostudio-Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica-SP, para a Prefeitura do Rio de Janeiro, sob a coordenação da Secretaria de Obras/Rio-Águas. Além disso, o PDMAP (2014) informa que “A implementação de ações integradas para resolução dos problemas de drenagem em bacias hidrográficas que abrangem mais de um município é responsabilidade do Governo do Estado, juntamente com os Consórcios de Bacias”.

É válido mencionar ainda que o Plano descreve as competências de gestão no item “Aspectos Institucionais”, explicando que:

- A implantação de infraestruturas de drenagem é de competência municipal para as bacias hidrográficas totalmente inseridas em seu território. Deve responsabilizar-se por todas as ações necessárias no âmbito de sua atuação;
- No caso da cidade do Rio de Janeiro, por ocasião da fusão dos Estados da Guanabara e do Rio de Janeiro, houve uma divisão das competências referentes à macrodrenagem. Em 2007 o Convênio firmado entre Estado e Município do Rio delegou ao município a administração dos corpos hídricos no interior da área municipal.

Já a identificação da situação econômico-financeira é descrita no item “Aspectos Econômicos”, classificando os prejuízos decorrentes de enchentes urbanas em: Prejuízos Tangíveis Diretos, Prejuízos Tangíveis Indiretos, Prejuízos Intangíveis. Além disso, são detalhados os danos causados ao sistema de tráfego, os custos com limpeza das áreas alagadas, custos para mitigação de doenças de veiculação hídrica, a relação dos eventos com a valorização imobiliária local. A análise é concluída no item referente à viabilidade financeira das intervenções propostas para a bacia do canal do mangue.

Por fim, a caracterização da prestação dos serviços de manejo de águas pluviais seguindo indicadores, não foi encontrada no documento. No entanto, em análise preliminar ao PMSB – Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de agosto do referido ano, é possível notar indicadores de abastecimento de água e do sistema de esgotamento sanitário.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

Considerando as etapas listadas no Termo de Referência, fazem parte do processo de elaboração do PMSB:

- Formação dos Comitês do PMSB;
- Elaboração da Estratégia de Mobilização, Participação Social e Comunicação;
- Construção do Diagnóstico Técnico-Participativo para os 4 serviços de saneamento básico e respectivo Quadro Resumo e Analítico do Diagnóstico do PMSB;
- Construção do Prognóstico do Saneamento Básico no município, que inclui o Cenário de Referência para a Gestão dos Serviços, a definição dos Objetivos e Metas e das Prospectivas Técnicas para os 4 componentes;
- Proposição de Programas, Projetos e Ações do PMSB;
- Aplicação da Metodologia para Hierarquização das Propostas do PMSB;
- Definição da Programação da Execução do PMSB, organizada em um quadro-síntese;
- Proposição de Indicadores de Desempenho do PMSB.

Em análise do PDMAP (2014), foram seguidas as etapas de elaboração:

- Estudos Preliminares;
- Plano Diretor Preliminar de Manejo de Águas Pluviais;
- Plano de Modernização da Gestão do Sistema de Drenagem;
- Campanha de Monitoramento;
- Diagnóstico Detalhado do Sistema de Drenagem;
- Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais.

Durante os estudos preliminares, foram realizados:

- Levantamento e síntese de estudos anteriores;
- Coleta de dados e informações relativas ao sistema de macrodrenagem;
- Caracterização das bacias hidrográficas elementares e da rede de macrodrenagem;
- Modelagem preliminar da rede de macrodrenagem;
- Análise da articulação entre planejamento urbano e o sistema de macrodrenagem;

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

- Caracterização e diagnóstico preliminar dos diferentes problemas associados ao funcionamento e à gestão do sistema de macrodrenagem – erosão urbana, risco geológico, carreamento de lixo, saúde pública, poluição dos meios receptores e interconexão entre as redes de drenagem pluvial e de esgotos doméstico e industrial.

Os dados levantados foram:

- Hidrológicos;
- Topográficos;
- Topo-Batimétricos e Cadastrais;
- Uso e ocupação do solo.

### 13. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise do documento síntese referente ao Plano Municipal de Saneamento Básico do Rio de Janeiro (2015), foi possível observar a falta de alguns componentes avaliados de forma mais detalhada. Através do Roteiro de Avaliação do Ministério das Cidades (2016), obteve-se a média aproximada de 4,05, classificando o PMSB na categoria AMARELO. Tal classificação determina que “O Plano contempla de forma moderada o conteúdo necessário, sendo que a parte de conteúdo não incluída pode inibir o alcance de melhores resultados na sua implementação, podendo ser necessário antecipar a revisão do Plano para incorporar este conteúdo faltante”.

Além disso, foram realizadas comparações entre os conteúdos do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais (PDMAP, 2014) e o PMSB (2015), sendo o primeiro utilizado como base de elaboração do segundo. Observou-se então que no PDMAP (2014), foram encontrados diversos componentes do Roteiro de Avaliação de forma mais completa e detalhada. No entanto, estas informações estão suprimidas/ocultas no PMSB (2015).

Por outro lado, ao analisar o PDMAP (2014) com base no TR FUNASA, foi possível perceber uma boa adequação aos itens de serviço de manejo, apresentados na Figura 08. Então, considerando que um documento foi utilizado para embasar o outro, e que o PMSB foi disponibilizado em formato síntese, pode-se necessitar de nova avaliação futura utilizando o documento na íntegra a fim de considerar detalhes não observados na presente análise.

## **PARECER TÉCNICO**

### **ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA**

#### **14. RECOMENDAÇÕES**

No escopo do PMSB - Água e Esgoto (2011), publicado no D.O. em 16 de agosto do referido ano, são tratadas apenas questões referentes ao abastecimento de água, tratamento de esgoto, tratamento de água e outros aspectos técnicos e de gestão relacionados. Por outro lado, o PMSB (2015) trata especificamente dos sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais, abordando as propostas de intervenções (obras hidráulicas) para regiões que apresentam problemas relacionados a inundações e alagamentos.

Portanto, sugere-se unificar os documentos em um único PMSB a fim de melhorar o processo de avaliação do Plano de Saneamento como um todo, contribuindo para uma avaliação mais concisa e eficaz de cada componente presente no Roteiro de Avaliação. Além disso, fica sugerida a disponibilização do PMSB na íntegra, para analisar melhor os componentes existentes/ausentes no documento.

Outra questão que deve ser observada, se refere aos princípios que regem o Plano de Manejo de Águas Pluviais, na visão do desenvolvimento urbano sustentável, sendo eles: Abordagem interdisciplinar no diagnóstico e na solução dos problemas de inundação; o plano de águas pluviais é um dos componentes do plano de desenvolvimento urbano da cidade assim como o Plano Diretor, a Lei de Zoneamento, os planos de esgotos sanitários, de resíduos sólidos, o plano viário e de transportes. A drenagem faz parte da infraestrutura urbana, portanto deve ser planejada em conjunto com os outros sistemas que compõem essa infraestrutura.

Por fim, após unificar o documento, sugere-se a inclusão dos componentes constantes no PDMAP (2014), referentes aos tópicos do Roteiro de Avaliação do Ministério das Cidades (2016), no PMSB para que seja possível realizar futuramente uma nova avaliação.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

#### 15. BIBLIOGRAFIA

BRASIL. **Lei Nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm) Acesso em: 10/11/2020.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2008**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?edicao=9077&t=sobre> Acesso em: 10/11/2020.

BRASIL. **Decreto Nº 7217 de 21 de junho de 2010**. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7217.htm) Acesso em: 10/11/2020.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB, 2013**. Ministério das Cidades. Disponível em: [http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/AECCBF8E2/Plansab\\_Versao\\_Consehos\\_Nacionais\\_020520131.pdf](http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/AECCBF8E2/Plansab_Versao_Consehos_Nacionais_020520131.pdf) Acesso em: 07/11/2020.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB, 2019 (documento em revisão)**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao\\_Consehos\\_Resolu%C3%A7%C3%A3o\\_Alta\\_-\\_Capa\\_Atualizada.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSDRU/ArquivosPDF/Versao_Consehos_Resolu%C3%A7%C3%A3o_Alta_-_Capa_Atualizada.pdf) Acesso em: 07/11/2020.

BRASIL. **Princípios de Manejo Sustentável das Águas Pluviais Urbanas, 2015**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: [https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/Principios\\_Manejo\\_Aguas\\_Pluviais\\_Urbanas.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Principios_Manejo_Aguas_Pluviais_Urbanas.pdf) Acesso em: 05/11/2020.

BRASIL. **Roteiro de Avaliação de Plano Municipal de Saneamento Básico, 2016**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Disponível em: [http://www.abesba.org.br/uploaded-files/cursos\\_e\\_eventos/Roteiro\\_Avaliacao\\_PMSB\\_SNSA\\_MCidades2016.pdf](http://www.abesba.org.br/uploaded-files/cursos_e_eventos/Roteiro_Avaliacao_PMSB_SNSA_MCidades2016.pdf) Acesso em: 06/11/2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Instrumento de apoio da Cooperação técnica da Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, 2018**. Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/documents/20182/23919/TR\\_PMSB\\_Revisado\\_marco\\_2018.pdf/17b783a9-84a0-429c-b52d-1edd849d07ba](http://www.funasa.gov.br/documents/20182/23919/TR_PMSB_Revisado_marco_2018.pdf/17b783a9-84a0-429c-b52d-1edd849d07ba) Acesso em: 10/11/2020.

BRASIL. **Lei Nº 14.026 de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm) Acesso em: 11/11/2020.

## PARECER TÉCNICO

### ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO E PLANO DIRETOR DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO ESCOPO DA DRENAGEM URBANA

PEREIRA, T. S. T.; HELLER, L. **Planos municipais de saneamento básico: Avaliação de 18 casos brasileiros**. Revista Eng. Sanit. Ambient., v. 20, n.3, p. 395-404, 2015. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522015000300395&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522015000300395&script=sci_abstract&tlng=pt)  
Acesso em: 05/11/2020.

RIO DE JANEIRO. **Decreto Nº 34290 de 15 de agosto de 2011**. Aprova o Plano Municipal de Saneamento para os Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário (PMSB-AE). Disponível em: [https://psam.eco.br/wp-content/uploads/2020/10/pmsb\\_rio\\_de\\_janeiro\\_agua\\_esgoto.pdf](https://psam.eco.br/wp-content/uploads/2020/10/pmsb_rio_de_janeiro_agua_esgoto.pdf) Acesso em: 07/11/2020.

RIO DE JANEIRO. **Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais – PDMAP, 2014**. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4249724/RA0027.RA.3775\\_RELATORIOSINTESEPDMAP.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4249724/RA0027.RA.3775_RELATORIOSINTESEPDMAP.pdf) Acesso em: 08/11/2020.

RIO DE JANEIRO. **Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB, 2015**. Disponível em: [http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4282910/4152311/PMSB\\_DRENAGEMEMANEJODEAGUASPLUVIAIS.pdf](http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4282910/4152311/PMSB_DRENAGEMEMANEJODEAGUASPLUVIAIS.pdf) Acesso em: 10/11/2020.

RIO DE JANEIRO. **Secretaria de Estado do Ambiente – SEA, 2016**. Programa de Saneamento Ambiental dos municípios no entorno da Baía de Guanabara. In: Abreu, N. de C.; Cabral, M. V. de F. Apontamentos sobre a Avaliação de Impacto de Política Pública de Saneamento Básico na Baixada Fluminense. Natal: XVIII ENANPUR, 2019.