



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

Paulo Mario Ripper Vianna

ESTUDO DA CAPACIDADE DE REUSO DAS ÁGUAS PROVENIENTES DA
INFILTRAÇÃO NOS RESERVATÓRIOS DA BACIA DO CANAL DO MANGUE NA
GRANDE TIJUCA

Rio de Janeiro

2018



UFRJ

Paulo Mario Ripper Vianna

ESTUDO DA CAPACIDADE DE REUSO DAS ÁGUAS PROVENIENTES DA
INFILTRAÇÃO NOS RESERVATÓRIOS DA BACIA DO CANAL DO MANGUE NA
GRANDE TIJUCA

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em Engenharia
Urbana da Universidade Federal do Rio de
Janeiro, como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Urbana.

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho

Rio de Janeiro

2018

Vianna, Paulo Mario Ripper.

Estudo da capacidade de reuso das águas provenientes da infiltração nos reservatórios da bacia do canal do mangue na grande Tijuca – 2018.

60 f.: 18 il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2018.

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho.

1. Reaproveitamento de águas. 2. Tanques de armazenamento. 3. Lençol freático. 4. Qualidade de águas infiltradas. 5. Bombeamento. I. Pina Filho, Armando Carlos de. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. III. Título.



UFRJ

ESTUDO DA CAPACIDADE DE REUSO DAS ÁGUAS PROVENIENTES DA
INFILTRAÇÃO NOS RESERVATÓRIOS DA BACIA DO CANAL DO MANGUE NA
GRANDE TIJUCA

Paulo Mario Ripper Vianna

Orientador: Armando Carlos de Pina Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof. Armando Carlos de Pina Filho, D.Sc., PEU/POLI/UFRJ

Prof. Roberto Machado Corrêa, D.Sc., PEU/POLI/UFRJ

Prof^a. Sylvia Meimaridou Rola, D.Sc., FAU/UFRJ

Rio de Janeiro

2018

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas realizações, minhas conquistas e por ter chegado até essa etapa.

Ao meu orientador, Prof. Armando Carlos, por ter acreditado mesmo quando eu já havia desistido.

A todos os meus companheiros do PEU pelo apoio.

A minhas filhas, presente de Deus, mais valiosas na minha vida, combustível que me trouxe forças para retomar.

Ao Laboratório de limnologia/Instituto de Biologia/UFRJ pelas coletas das águas.

RESUMO

VIANNA, Paulo Mario Ripper. Estudo da Capacidade de Reuso das Águas Provenientes da Infiltração nos Reservatórios da Bacia do Canal do Manguê na Grande Tijuca. Rio de Janeiro, 2018. Dissertação (Mestrado Profissional) - Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

O presente trabalho está relacionado ao reaproveitamento das águas infiltradas do lençol freático pelas paredes diafragma no conjunto dos grandes reservatórios na Bacia Hidrográfica do Canal do Manguê na Grande Tijuca. Aplicando uma abordagem bibliográfica aliada a resultados laboratoriais qualitativos, pretende-se ampliar a discussão sobre o reuso das águas infiltradas, a partir da análise de sua qualidade e pronta utilização como água de rega e de lavagem. Para fins de complementação, foi realizado um estudo de caso, no qual foram feitas visitas aos tanques, bem como aos setores responsáveis da PMCRJ, para maiores informações dos *modus operandi* em cada etapa, bem como obter acesso aos projetos e maiores detalhes do funcionamento de todo o sistema de captação, armazenamento e extravasamento. Devido à perene infiltração, bem como à qualidade desse recurso hídrico depositado no fundo dos grandes tanques, em grandes volumes diariamente, e a fácil adequação de logística vinculada ao bombeamento e transporte por caminhões pipa até os destinos, as áreas verdes ou lavagem de vias e passeios, pode-se indicar um prognóstico de economia para a PMCRJ por volta de 70% dos custos gastos na aquisição de água de rega/lavagem.

Palavras-chave: Reaproveitamento de águas, Tanques de armazenamento, Lençol freático, Qualidade de águas infiltradas, Bombeamento.

ABSTRACT

VIANNA, Paulo Mario Ripper. *Study of the Reuse Capacity of Infiltrated Waters in the Reservoirs of Mangue Canal Basin in Grande Tijuca. Rio de Janeiro, 2018. Dissertation (Professional Master's) - Urban Engineering Program, Polytechnic School, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.*

The present work is related to the reutilization of the infiltrated waters from groundwater by the diaphragm walls in the set of large reservoirs in the Mangue Canal Basin in Grande Tijuca. Applying a bibliographical approach allied to qualitative laboratory results, we intend to increase the discussion about the reuse of the infiltrated waters, from the analysis of their quality and use as irrigation and washing water. For completeness purposes, a case study was carried out, in which visits were made to the tanks, as well as to the responsible sectors of the PMCRJ, for more information on the modus operandi at each stage, obtaining access to the projects and further details of operation of the capture, storage and extravasation systems. Due to the perennial infiltration, as well as the quality of this water resource deposited in the bottom of the large tanks, in large volumes daily, and the easy adaptation of logistics linked to the pumping and transport by water trucks to the destinations, the green areas or washing of roads and pavements, we can indicate an economic forecast for PMCRJ of approximately 70% of the costs incurred in the acquisition of irrigation/washing water.

Keywords: Reusing waters, Storage tanks, Groundwater, Infiltrated waters quality, Pumping.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.3 METODOLOGIA	16
1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 HISTÓRICO DAS PRINCIPAIS ENCHENTES NO RIO DE JANEIRO	18
2.2 CONSEQUÊNCIAS DAS ENCHENTES NA METRÓPOLE.....	22
2.3 A REGIÃO DA TIJUCA	28
2.4 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO CANAL DO MANGUE	29
2.4.1 Rio Maracanã.....	31
2.4.2 Rio Trapicheiros	31
2.4.3 Rio Joana.....	31
2.4.4 Canal do Mangue.....	31
2.5 A IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO DOS TANQUES	32
3 ANÁLISE E PESQUISA DE CAMPO.....	38
3.1 PAREDES DIAFRAGMA	38
3.2 DESPERDÍCIO DA ÁGUA INFILTRADA NOS TANQUES	39
3.3 COLETA DA ÁGUA PARA ANÁLISE LABORATORIAL	44
3.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS COLETADOS.....	47
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração da Revista “O Malho”, nº 446/1911	18
Figura 2: Ilustrações da Revista “Caretá”, no 1028/1928	19
Figura 3: Capas do Jornal O GLOBO, janeiro/1966	20
Figura 4a&b: Colapso do sistema de transporte na enchente de 1966	24
Figura 5a&b: Enchente de 1988.....	26
Figura 6: Localização da Bacia do Canal do Mangue e macrorregiões de drenagem da cidade do Rio de Janeiro.....	29
Figura 7: Bacia Hidrográfica do Canal do Mangue	30
Figura 8: Vista do Canal do Mangue na Avenida Presidente Vargas, em 2011....	32
Figura 9: Mapa da drenagem da Bacia do Canal do Mangue	35
Figura 10: Obra do reservatório na Praça da Bandeira	37
Figura 11: Obra do reservatório triplo na Praça Niterói	37
Figura 12: Sequencia Executiva Básica de Parede Diafragma.....	39
Figura 13: Vista geral do reservatório da Praça Varnhagem, dezembro/2017.....	40
Figuras 14a&b: Água que infiltra no reservatório da Praça Varnhagem, dezembro/2017	41
Figura 15: Sistema de bombeamento do reservatório da Praça Varnhagem, dezembro/2017	42
Figura 16: Local do recuo para caminhões pipa na Praça Varnhagem, dezembro/2017	43
Figura 17: Aspecto límpido da água que infiltra no reservatório da Praça Varnhagem, dezembro/2017.....	43
Figura 18: Coleta da amostra de água infiltrante em recipiente de plástico na da Praça Varnhagem, dezembro/2017.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Reservatórios e suas características	36
Tabela 2: Parâmetros referenciais para as águas coletada nos tanques de armazenamento de águas pluviais da Grade Tijuca.....	49
Tabela 3: Características da água coletada no tanque da Praça Varnhagem, dezembro/2017	50
Tabela 4: Características da água coletada no tanque da Praça Niterói, dezembro/2017	51
Tabela 5: Quadro comparativo da água coletada no tanque da Praça Varnhagem	52
Tabela 6: Quadro comparativo da água coletada no tanque da Praça Niterói	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais enchentes no Estado do Rio de Janeiro.....	21
Quadro 2: Classes de enquadramento para águas doces.....	54

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

- ANA - Agência Nacional de Águas
- CBMERJ - Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro
- CEDAE - Companhia Estadual de Água e Esgoto do RJ
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- COR - Centro de Operações Rio
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
- DQO - Demanda Química de Oxigênio
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IDS - Índice de Desenvolvimento Sustentável
- NTU - *Nephelometric Turbidity Unit*
- OD - Oxigênio Dissolvido
- ORP - *Oxidation Reduction Potential*
- PH - Potencial Hidrogeniônico
- PMCRJ - Prefeitura Municipal da Cidade do Rio de Janeiro
- PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico
- RH - Região Hidrográfica
- SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
- STD - Sólidos Totais Dissolvidos
- FPJ - Fundação Parques e Jardins
- SECONSERVA - Secretaria Municipal de Conservação
- COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Com o desenvolvimento da sociedade a partir da revolução industrial, a humanidade passou a demandar quantidades cada vez maiores de diversos recursos naturais, sem, entretanto, ter realizado um planejamento prévio de forma a mitigar os impactos causados ao meio ambiente e a própria sociedade. Desta forma, a falta de uma gestão mais consciente e eficiente destes recursos provocou uma severa degradação dos mesmos ao longo da história, principalmente à água, visto que se trata de um dos recursos mais consumidos e sua utilização é realizada em praticamente todas as atividades antrópicas.

Mesmo considerado um recurso natural abundante em nosso planeta, ocupando 97% de sua superfície, apenas 3% da água existente se caracteriza como própria para o consumo humano, e assim, somente essa pequena porção de água está disponível para consumo, bem como para ação direta do homem, visto os problemas relacionados a ela, como a escassez e poluição de fontes hídricas, em diversas regiões do planeta (CPRM, 2016).

O Brasil, em números totais, está bem colocado em relação à disponibilidade hídrica para seus habitantes. Para ter uma ideia da capacidade brasileira, a Conjuntura de Recursos Hídricos, apresentada em 2012, estima que o Brasil possua um volume de 3.607 m³ de águas armazenadas em reservatórios artificiais por habitante. Esse valor supera o encontrado em continentes como a Oceania (3.452 m³), Europa (1.486 m³) e Ásia (353 m³), segundo a mesma conjuntura (ANA, 2012).

Todavia, esta vasta disponibilidade não se reflete em todo o território nacional. Considere, por exemplo, a região hidrográfica (RH) do Tocantins – Araguaia e RH do Atlântico Sudeste (onde está inserido o Rio de Janeiro). A RH do Tocantins – Araguaia (capacidade de armazenamento de 115.798 hm³) apresenta uma grande disponibilidade hídrica per capita (13.508 m³/hab.) por possuir um volume armazenado em reservatórios de grande porte do setor

elétrico (Tucuruí e Serra da Mesa) e do reduzido número de pessoas residentes, quando comparada com as demais regiões. Já a RH Atlântico Sudeste, com disponibilidade de 372 m³/hab., além de possuir uma capacidade menor de armazenamento (10.504 hm³), também possui uma população maior (ANA, 2012).

Mesmo com um prognóstico negativo em relação à disponibilidade de águas para a região onde se encontra a cidade, verifica-se um grande consumo por parte do estado. Segundo os dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, o consumo per capita do estado do Rio de Janeiro gira em torno de 237,8 litros por dia. Este valor supera o consumo médio de outros estados da região sudeste como Minas Gerais (155,5 l/hab/dia), São Paulo (186,8 l/hab/dia) e Espírito Santo (192,0 l/hab/dia). Uma vez que o Sudeste é a região que mais consome no Brasil, o Rio de Janeiro torna-se, conseqüentemente, o estado que mais consome água no país (SNIS, 2011).

Associado à oferta reduzida de água para a região e ao alto consumo da cidade do Rio de Janeiro (298,1 l/hab/dia, maior do que a média do Estado), está o desperdício das águas compondo o conjunto de fatores que prejudicam a disponibilidade deste recurso para a população. Segundo os dados do SNIS (2011), 35,7% das águas que saem da estação de tratamento da CEDAE (concessionária responsável pelo abastecimento de água da cidade) é desperdiçado em vazamentos, problemas de medição e ligações clandestinas. Outra forma de desperdício das águas tratadas (potáveis) é a sua utilização em atividades que não necessitam de águas com esse nível de qualidade. O uso em atividades como rega de jardins, bacias sanitárias, limpeza de carros e calçadas podem chegar a 30% de todo o consumo de uma unidade unifamiliar segundo Rocha e Barreto (1999) e Barreto (2008).

Somando-se a todos os problemas citados, tem-se a poluição como outro elemento que afeta a qualidade das águas, diminuindo assim sua disponibilidade. De acordo com o Índice de Desenvolvimento Sustentável (IDS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), o Rio Paraíba do Sul está na 9ª colocação na lista das bacias de água doce mais poluída do Brasil. Essa colocação torna-se relevante para o estado do Rio de Janeiro e sua metrópole, pois o principal rio (Guandu) que fornece água para o abastecimento dessas

áreas é abastecido pelas águas do Rio Paraíba do Sul. Com isso aumenta-se o tempo de tratamento e o investimento necessários para que essas águas se tornem viáveis para o consumo humano.

1.2 OBJETIVOS

Com o objetivo de equacionar ou mitigar os problemas relacionados à falta de recursos hídricos, como a pouca disponibilidade de água com um bom grau de potabilidade, associado à grande demanda por ela, é possível encontrar soluções que facilitem a obtenção deste recurso e os direcionem para atividades onde são essenciais. Para isso, têm-se buscado fontes alternativas de água para atender à demanda requerida nas atividades não potáveis. No caso, demandas mais direcionadas para água servida e de rega em áreas verdes no município do Rio de Janeiro.

Mesmo com um número crescente de estudos ao redor do planeta sobre as águas pluviais armazenadas nos lençóis freáticos, buscando entender os fatores que influenciem na composição das mesmas, não é possível dar um veredito sobre a qualidade da água da chuva armazenada nos lençóis freáticos sem antes estudar a região de interesse. Fatores como geografia, urbanização, poluição atmosférica e outros, variam a cada caso e região, normalmente interferindo na formação desse fenômeno e na qualidade de suas águas.

Dessa forma, considerando como objetivo principal o reaproveitamento das águas depositadas diariamente nos tanques do *Programa de Controle de Enchentes na região da Tijuca*, a partir da infiltração do lençol freático, através das paredes estruturais de contenção do tipo “diafragma”, o presente estudo busca analisar a qualidade físico-química dessas águas infiltradas e, por conseguinte, a capacidade de sua reutilização. Com essa análise, pretende-se constatar se há a necessidade de algum tipo de tratamento antes de seu uso como água de rega nas áreas verdes do Município e/ou água servida para limpeza nas vias, ambas empregadas por parte da PMCRJ, que tem atualmente um custo relativo na obtenção desse recurso.

1.3 METODOLOGIA

Como metodologia, foram utilizadas referências bibliográficas relacionadas ao tema abordado, visando ampliar a discussão sobre o reuso das águas infiltradas nos tanques de reservação da Tijuca, a partir da análise de sua qualidade e pronta utilização como água de rega e de lavagem.

Com essa abordagem bibliográfica aliada a resultados laboratoriais qualitativos sobre as águas, buscou-se aliar o reuso sistemático das águas de chuva com o objetivo principal da construção desses grandes tanques, que é a acumulação das águas pluviais em momentos de chuvas de grande intensidade com posterior liberação dessa água retida nos rios Maracanã e Joana.

Para fins de complementação deste trabalho (como forma de aprofundar tal análise), foi realizado um estudo de caso, no qual foram feitas visitas aos tanques, bem como aos setores responsáveis da PMCRJ, pela manutenção e controle dos tanques de armazenamento da Grande Tijuca, como a RIO-ÁGUAS e COR (Centro de Operações Rio), para maiores informações dos *modus operandi* em cada etapa, bem como obter acesso aos projetos e maiores detalhes do funcionamento de todo o sistema de captação, armazenamento e extravasamento.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

No presente documento, o estudo será focado na gestão do reaproveitamento de águas infiltradas do lençol freático nos tanques de armazenamento de águas pluviais da Tijuca, zona norte do Rio de Janeiro, elaborando uma compilação dos estudos sobre o assunto e acrescentando informações locais.

O capítulo 1 apresenta a Introdução, com uma breve contextualização sobre o tema a ser estudado, além dos objetivos a serem alcançados e metodologia a ser aplicada.

No capítulo 2 será mostrado um histórico da região da Tijuca e das enchentes no município do Rio de Janeiro, seus impactos na urbanidade, principalmente junto à sociedade Carioca, e análise da resiliência da cidade a cada período de verão, com suas chuvas de grande intensidade. Em seguida, uma caracterização da Bacia do Canal do Mangue será apresentada, chegando-se aos dias atuais, com a instalação do *Programa de Controle de Enchentes na região da Tijuca*, que compreende a construção de três reservatórios, além do desvio do Rio Joana diretamente na Baía de Guanabara, inaugurados entre os anos de 2013 e 2015.

O capítulo 3 descreve a área objeto de estudo, sua delimitação e as grandezas medidas. Além disso, será apresentada uma análise laboratorial físico-química e dimensionamento a partir do volume infiltrado diariamente do lençol freático pelas paredes “diafragma” e armazenadas nas bases dos tanques. Serão avaliados o grau de tratamento necessário e a aplicabilidade dessas águas como rega para áreas verdes, bem como água de lavagem em vias utilizadas como feira-livre e outros empregos que necessitam de limpeza após seu uso.

Por fim, o capítulo 4 apresenta as considerações finais acerca do assunto estudado, das principais conclusões alcançadas a partir das análises realizadas, e sugestões para trabalhos futuros que possam dar continuidade a pesquisa realizada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 HISTÓRICO DAS PRINCIPAIS ENCHENTES NO RIO DE JANEIRO

A história do Rio de Janeiro se confunde com a história das suas enchentes. As inundações ocorridas devido aos fortes temporais de verão, desde muito provocam tragédias na cidade, com desabamento de casas, alagamento de ruas, destruição do comércio, problemas de transporte, doenças, falta de comida e outras mazelas que, muitas vezes, incluíam a morte de alguns cidadãos.

Há muitos anos, revistas e jornais têm documentado as inundações que ocorrem sistematicamente no Rio de Janeiro, como pode ser visto nas Figuras 1 a 3. As inundações são, acima de tudo, um problema social. Trata-se de um choque entre as cheias da bacia hidrográfica na qual a cidade se encontra e as escolhas feitas a partir de uma dada configuração social (BRAGA, 2012).



Figura 1: Ilustração da Revista “O Malho”, nº 446/1911.

A FORMIDAVEL ENCHENTE DE DOMINGO



I — Praia do Flamengo. II — Rua dos Invalidos em frente á Igreja de Sto. Antonio.

Figura 2: Ilustrações da Revista "Careta", nº 1028/1928.



Figura 3: Capas do Jornal O GLOBO, janeiro/1966.

No tocante ao uso do espaço, existe um problema histórico a partir dos fatos decorrentes da evolução urbana do Rio de Janeiro, no qual ocorre a inserção da cidade em um processo de modernização local, vinculado a redes comerciais capitalistas globais, as quais intensificam a propensão às enchentes. No caso do Rio de Janeiro, tal crescimento da zona urbana, ao impermeabilizar mais intensamente o solo da região, contribuiu para a maior recorrência do problema (Quadro 1), uma vez que “a conquista do espaço para a expansão urbana ocorreu exatamente sobre áreas sujeitas a inundações frequentes, como brejos, várzeas, pântanos e manguezais” (Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro/PMCRJ, dezembro/2015).

Quadro 1: Principais enchentes no Estado do Rio de Janeiro.

Data	Descrição
Setembro de 1711	Inundou um sítio entre a Baía de Guanabara e os morros. Não há informações sobre número de mortos.
Abril de 1756	Um grande temporal atingiu o Rio de Janeiro. Foram três dias consecutivos de fortes chuvas. Canoas fizeram parte da paisagem do centro. Não há informação exata sobre número de vítimas.
Fevereiro de 1811	Episódio conhecido como “águas do monte”. O Morro do Castelo (no centro) desmoronou, arrastando casas e vítimas. A construção da muralha do Castelo-Fortaleza de São Sebastião foi uma providência adotada.
Março de 1906	Foram 165 mm que precipitaram em 24 horas. O transbordamento do Canal do Mangue provocou alagamento em quase toda a cidade e houve desmoronamentos com mortes nos morros de Santa Tereza, Santo Antônio e Gamboa.
Abril de 1924	De novo no Canal do Mangue e inundação da Praça da Bandeira. Houve desabamento de barracos no Morro de São Carlos (no bairro do Estácio).
Janeiro de 1966	Resultou em 250 mortos e mais de 50 mil desabrigados.
Janeiro de 1967	Deslizamento em Laranjeiras com 200 mortos e 300 feridos, devido às fortes chuvas, uma casa e dois edifícios foram soterrados.
Março de 1982	Inundação com 6 mortos depois de deslizamentos no Morro Pau da Bandeira, inundando várias ruas com o transbordamento do Rio Faria-Timbó.
Março de 1983	Um grande temporal caiu na madrugada de 20 de março de 1983, provocando o desabamento de casas e a morte de 5 pessoas em Santa Teresa, onde a chuva atingiu 189 mm. O transbordamento de rios e canais em Jacarepaguá deixou mais de 150 desabrigados e 18 mortos.
Janeiro de 1987	Enchente na região serrana com 292 mortos, 20 mil desabrigados. Foi decretado pela primeira vez o Estado de Emergência e depois o Estado de Calamidade Pública.

Data	Descrição
Fevereiro de 1988	Enchente e deslizamento no Rio de Janeiro com 289 mortos, 734 feridos e 18.560 desabrigados.
Janeiro de 1999	Enchente na capital e região Serrana com 41 mortos, 72 feridos e 180 famílias desabrigadas.
Janeiro de 2000	Enchente na região Serrana com 22 mortos, 60 feridos e 133 famílias desabrigadas.
Fevereiro de 2003	Enchente na Região Serrana, Sul e Norte Fluminense com 36 mortos, 95 feridos, 870 desalojados e 823 desabrigados.
Abril de 2010	Deslizamento no Morro do Bumba (Niterói) com 264 mortos.
Janeiro de 2011	Enchente na região serrana com mais de 1 mil mortos e considerado o maior desastre natural da história do Brasil.

Fonte: <<http://www.cbmerj.rj.gov.br/museu>>, atualizado em 26/06/2014.

2.2 CONSEQUÊNCIAS DAS ENCHENTES NA METRÓPOLE

A história da cidade do Rio de Janeiro passa pelo horror de enchentes. Trata-se de um lugar que cresceu sobre mangue e com ocupação do solo desordenada (MAIA, 2013).

Ano após ano, a população do Rio de Janeiro enfrenta inundações. A localização da cidade a torna propícia a tal fenômeno, uma vez que se encontra na região transicional de conflito entre os sistemas polares e os sistemas intertropicais.

A partir de **1850**, alguns dos principais melhoramentos urbanos, que estavam até então apenas projetados, começam a ser efetivamente implementados, decorrentes, sobretudo, da preocupação com a febre amarela. Desta forma, a partir de **1851**, registros dos índices pluviométricos começam a ser formulados, o que propiciou o início do desenvolvimento de um sistema de esgoto sanitário, lembrando que a urbanização estava avançando sobre pântanos, córregos, lagoas, manguezais, e que mais tarde seriam justamente nessas áreas onde ocorreriam os principais danos causados pelas inundações, pois tratam-se de locais que foram dessecados por drenagem, para depois colocar-se simplesmente, como ainda hoje se faz, uma camada de aterro por cima.

Entretanto, no final do século XIX, com as reformas promovidas pelo então Prefeito Pereira Passos, foram canalizados os baixos cursos dos rios Maracanã e Trapicheiro; aberta a Avenida Francisco Bicalho e o novo Cais do Porto, com ligação até o mar. Da mesma forma, em **1922**, as obras realizadas pelo Prefeito Carlos Sampaio, como a abertura da Avenida Maracanã com o objetivo de solucionar as inundações no bairro Cidade Nova, assim como as desobstruções dos rios Trapicheiro, Joana e Maracanã, não obtiveram os resultados esperados a curto e médio prazo.

No século XX, a primeira informação de uma grande inundação foi a de **março de 1906**, reconhecida como uma das maiores que castigou a cidade com a precipitação de 165 mm em apenas 24 horas, levando ao transbordamento do Canal do Manguê, provocando o alagamento em quase toda a cidade. Houve desmoronamentos com mortes nos morros de Santa Tereza, Santo Antônio e Gamboa. **Em abril de 1924, e janeiro de 1940, 1942 e 62**, fortes chuvas se repetiram, provocando transbordamentos do Canal do Manguê, inundação em vários bairros, além do Rio Maracanã e Praça da Bandeira, ocasionando desabamentos de barracos com vítimas no Morro de São Carlos, Santo Cristo e Morro do Salgueiro, tendo os índices pluviométricos chegando até 242 mm e um total de 55 óbitos.

Em **janeiro de 1966** ocorreu uma das piores enchentes da história da cidade, com chuvas de até 237 mm em 24 horas. Nos dias subsequentes, a chuva continuou muito forte, com total colapso do sistema de transporte (Figura 4) e na distribuição de energia elétrica, atingindo os bairros da Zona Norte, principalmente a Grande Tijuca.

Com registros de enchentes também em alguns anos subsequentes, sempre nos meses entre dezembro e fevereiro, as consequências eram sempre as mesmas: transbordamento, desmoronamento de morros e encostas, e interrupção da circulação na cidade.



Figura 4a: Colapso do sistema de transporte na enchente de 1966.

Fonte: Jornal O GLOBO, janeiro/1966.



Figura 4b: Colapso do sistema de transporte na enchente de 1966.

Fonte: Jornal O GLOBO, janeiro/1966.

Entretanto, de **18 a 21 de fevereiro de 1988** (Figura 5), ocorreu a maior enchente histórica deste século, ocasionando deslizamentos com 289 mortos, 734 feridos e 18.560 desabrigados. A área mais afetada foi o Maciço da Tijuca, na Zona Norte da Cidade do Rio de Janeiro, com mais de 430 mm precipitados durante 4 dias, com período de recorrência estimado em 50 anos. Foi decretado estado de calamidade pública, com mais de 14.000 desabrigados. Avaliando as consequências desses eventos, pode-se inferir que as chuvas que contribuíram para as maiores inundações foram as mais intensas com duração de menos de duas horas (SERLA, s.d.).



Figura 5a: Enchente de 1988.

Fonte: Jornal O GLOBO, fevereiro/1988.



Figura 5b: Enchente de 1988.

Fonte: Jornal O GLOBO, fevereiro/1988.

Nos anos subsequentes, os eventos climáticos se repetiram, assim como suas consequências para a sociedade. Em quase todas as grandes enchentes do século XX, a Praça da Bandeira foi atingida, o que é bastante compreensível a partir da observação dos mapas do Rio de Janeiro, desde o início da colonização até a época atual. O estreitamento sofrido pela foz do Canal do Mangue, com os aterros para a construção do Cais do Porto, fez com que o escoamento ficasse pelo mesmo mais lento. A boca do canal que, segundo os cronistas, possuía mais ou menos 500 m de largura, passou a ter menos de 30 m (MAIA, 2013).

Dessa forma, é possível concluir que o problema das inundações é recorrente no Rio de Janeiro devido a fatores climáticos e geomorfológicos. No entanto, a negligência do poder público para com certas formas de uso do espaço urbano que se apropriam de zonas geomorfologicamente instáveis ou que até mesmo instabilizam a geomorfologia de uma área contribuem para que os efeitos das chuvas sejam sentidos com mais intensidade por um determinado grupo da população. Políticas públicas de longo prazo, aliadas ao esforço por uma transformação do *habitus* de percepção do risco por parte de tais segmentos, são medidas necessárias para combater um problema histórico, não apenas do ponto de vista climatológico, mas sobretudo do ponto de vista sociológico.

Nas principais cidades brasileiras, as áreas mais vulneráveis durante a ocorrência de chuvas de maior intensidade não mais se localizam apenas nas proximidades dos cursos d'água. Com a expansão territorial, os problemas de alagamentos e inundações foram se intensificando e se distribuindo ao longo das linhas naturais de escoamentos superficiais em função da planialtimetria da cidade e do grau de impermeabilização (<http://www.amigosdanatureza.org.br/>).

2.3 A REGIÃO DA TIJUCA

Tijuca, cujo nome na língua tupi significa brejo, lama, atoleiro, lodo ou lamaçal de cor escura, é um bairro da Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro cuja formação remonta a 1565, quando a região foi ocupada pelos padres jesuítas, que se instalaram em fazendas dedicadas ao cultivo da cana-de-açúcar. (RIO 450 ANOS - Bairros do Rio - Tijuca).

No ano de 1812, embora continuasse como freguesia rural, ocorreu uma intensa ocupação da área e, a partir de 1818, o governo começou a tomar medidas para coibir o desmatamento. Desde 1838, a Tijuca já era servida por transporte de tração animal.

O primeiro núcleo de loteamento-arruamento foi o bairro da Fábrica das Chitas, no entorno do Largo da Fábrica (atual Praça Sáenz Peña). A Tijuca viria também a incorporar a antiga freguesia do Engenho Velho.

No início do século XVIII, a população do pequeno núcleo urbano que constituía a Cidade já fazia passeios até a serra da Tijuca. Começou a florescer um lugarejo cercado de chácaras, vivendas e até mansões de ricos e nobres. No início do século XIX, a Tijuca ainda era um misto de zona rural, ocupada por uma população de hábitos urbanos que aos poucos ia transformando suas casas de campo em residências permanentes (<http://www.monumentosdorio.com.br/>).

A partir do final do século XIX e início do XX, a Tijuca passou a se urbanizar. Nessa época, as regiões chamadas de subúrbios eram áreas destinadas às elites e classes médias – uma espécie de refúgio contra os aglomerados urbanos insalubres e perigosos da época das indústrias; muitos desses espaços ficavam na região central do Rio de Janeiro.

Juntamente com outros bairros, tais como: Alto da Boa Vista, Praça da Bandeira, Maracanã, Grajaú, Vila Isabel, Andaraí e Aldeia Campista, a Tijuca faz parte de uma das subprefeituras do município do Rio de Janeiro, a Grande Tijuca, que representa a principal região atingida por enchentes na Bacia do Canal do Mangue.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA DO CANAL DO MANGUE

Para uma melhor compreensão da característica física e geográfica de um dos principais pontos de referência por sua importância na macrodrenagem, será apresentada uma caracterização da Bacia Hidrográfica do Canal do Mangue. A Bacia tem área de drenagem de 45,4 km², tendo como limites: ao norte a sub-bacia do Canal do Cunha; a Leste a Baía da Guanabara e a sub-bacia do Centro; ao sul e oeste o maciço da Tijuca (Figura 6).

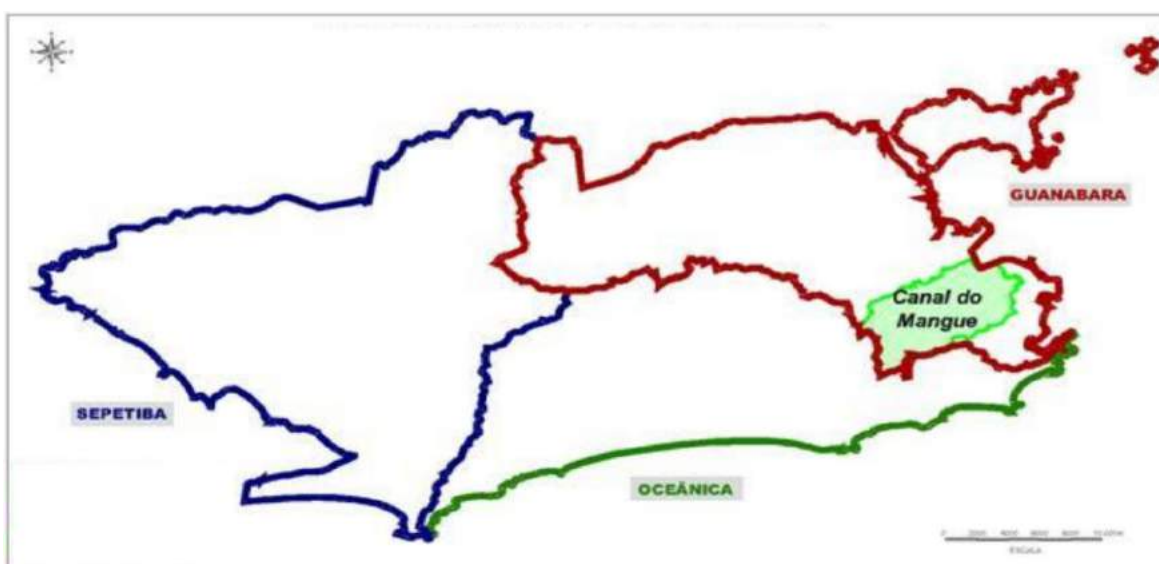


Figura 6: Localização da Bacia do Canal do Mangue e macrorregiões de drenagem da cidade do Rio de Janeiro. Fonte: PMSB da cidade do Rio de Janeiro - Manejo de Águas Pluviais.

A Bacia é responsável pela drenagem dos bairros: Aldeia Campista, Andaraí, Tijuca, Grajaú, Vila Isabel, São Cristóvão, Rio Comprido, Maracanã, Santo Cristo e Cidade Nova, sendo seus principais cursos d'água os rios Maracanã, Joana, Trapicheiros, Comprido e Papa-Couve, os quais têm suas nascentes no Maciço da Tijuca ou na Serra do Engenho Novo e afluem para o canal do Mangue que, por sua vez, deságua na Baía de Guanabara, conforme apresentado na Figura 7.



Figura 7: Bacia Hidrográfica do Canal do Mangue. Fonte: <<https://www.aquafluxus.com.br/wp-content/uploads/2015/10/CanalMangue-e1445951969251-1024x835.jpg>>.

O relevo da bacia do Canal do Mangue apresenta acentuados desníveis nas regiões oeste e sudoeste, onde está localizado o maciço da Tijuca. Essa região é seguida por topografia menos acidentada, onde se inicia a área urbanizada da bacia, onde há áreas totalmente planas (proximidades do Canal do Mangue). Essa configuração topográfica dificulta o escoamento nos canais de macrodrenagem. Outra característica do relevo da bacia do Mangue é a ocorrência de maciços de baixa altitude e morros isolados nas baixadas, observando-se formas bastante peculiares, a maioria constituída de morros com vertentes convexas, suaves e topos arredondados (<http://www.rio.rj.gov.br>).

Serão analisados a seguir, mais especificamente, os rios Maracanã, Trapicheiros e Joana, os quais contribuem para a Bacia do Mangue e que nortearão o estudo tendo como objeto principal o potencial armazenamento de suas águas nos reservatórios da Grande Tijuca.

2.4.1 Rio Maracanã

O Rio Maracanã tem sua nascente junto à Pedra do Conde, na Floresta da Tijuca, na elevação 730 m. Percorre extensão de 8,5 km, até sua foz no canal do Mangue. Até a região do largo da Usina ele recebe inúmeros afluentes, dentre eles, o rio São João, Rio das Almas, rio Tijuca e rio Maracanã. Após o Largo da Usina, o rio Maracanã passa a percorrer seu trecho urbano até chegar a sua foz no Canal do Mangue.

2.4.2 Rio Trapicheiros

O Rio Trapicheiros tem sua nascente próxima ao Alto do Sumaré, na Serra da Carioca, na elevação aproximada 300 m. Percorre a extensão de 5,9 km até sua foz no Rio Maracanã. Em virtude da construção de um extravasor na foz do Rio Trapicheiro a vazão é atualmente dividida entre o rio Maracanã e o canal do Mangue.

2.4.3 Rio Joana

O Rio Joana tem sua nascente junto ao Morro Andaraí Maior, na Floresta do Grajaú, na elevação de 600 m, sendo formado pelos rios do Perdido e Jacó. O rio Joana percorre uma extensão total de 8,0 km até sua foz, no rio Maracanã.

2.4.4 Canal do Mangue

O Canal do Mangue tem seu ponto inicial na Avenida Presidente Vargas (Figura 8), na altura da Rua Marquês de Sapucaí. Após percorrer uma extensão de 1.400 m o canal apresenta uma acentuada curva de 90°, alterando seu curso em direção à Baía de Guanabara, onde deságua. Percorre uma extensão de 2.800 km, recebendo como afluentes os rios Papa-couve, Comprido e Maracanã, além do extravasor do rio Trapicheiros e inúmeras galerias.

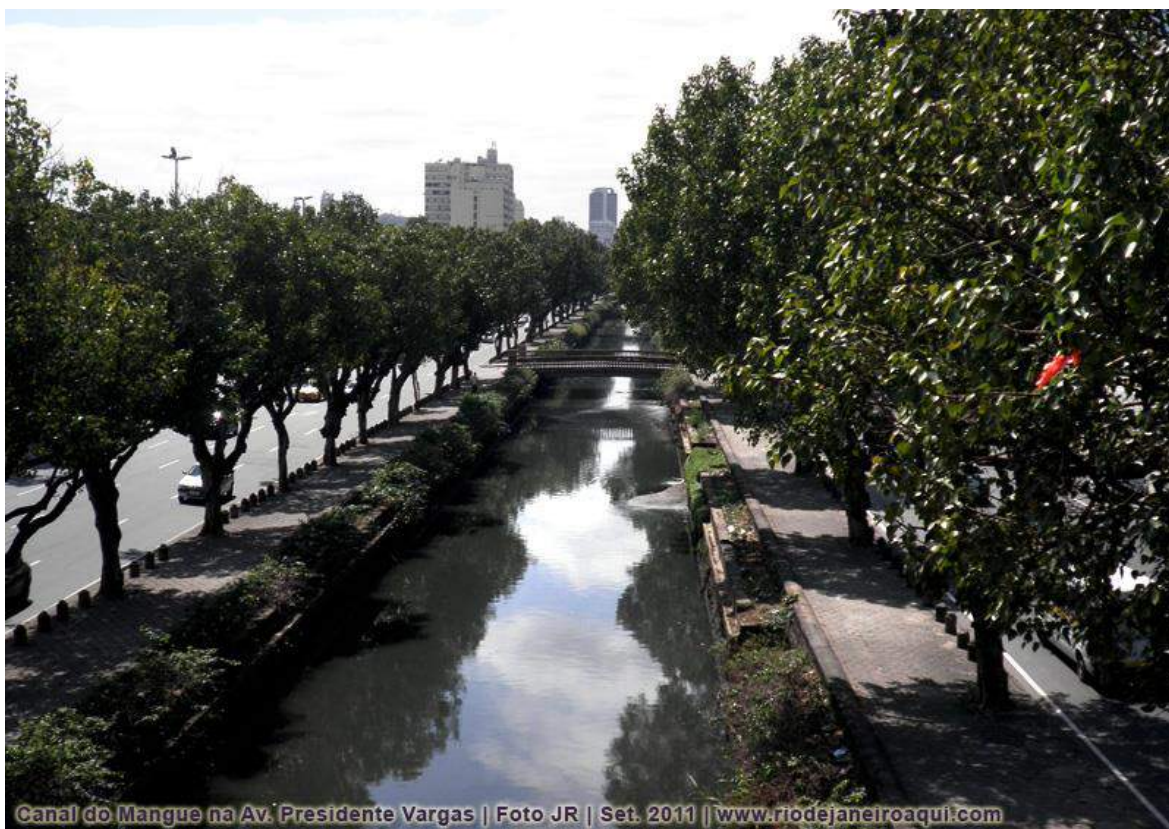


Figura 8: Vista do Canal do Mangue na Avenida Presidente Vargas, em 2011.

Fonte: <<http://www.riodejaneiroaqui.com/figuras1/canal-mangue-av-presidente-vargas-800.jpg>>

2.5 A IMPORTÂNCIA DA CONSTRUÇÃO DOS TANQUES

Basicamente, um sistema de drenagem pode ser considerado como composto por dois sistemas distintos, que devem ser planejados e projetados com critérios diferenciados: os sistemas de microdrenagem e de macrodrenagem.

A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais nos loteamentos ou na rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado, sendo formado pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, e bocas de lobo. Esse sistema é dimensionado para o escoamento de águas pluviais cuja ocorrência tem um período de retorno de até 10 anos. Quando bem projetado, elimina

praticamente os alagamentos na área urbana, evitando as interferências entre as enxurradas e o tráfego de pedestres e de veículos, e danos às propriedades.

Já o sistema de macrodrenagem é constituído, em geral, por estruturas de maiores dimensões, projetado para cheias cujo período de retorno deve estar próximo de 100 anos. A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem abrange áreas superiores a 4 km² ou 400 ha, sendo que esses valores não devem ser tomados como absolutos porque a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações. Este tipo de sistema deve ser projetado para acomodar precipitações superiores às da microdrenagem com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais.

Os sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais proporcionam benefícios importantes quando bem projetados. A aquisição de dados e informações para o planejamento dos sistemas e o exame prévio dos problemas de operação e manutenção futura destes sistemas é fundamental para o sucesso do empreendimento. Nestas fases, o emprego da tecnologia é fundamental, desde a obtenção de dados hidrológicos confiáveis, levantamentos planialtimétricos precisos, bem como definição da tecnologia a ser utilizada no controle dos sistemas projetados, os quais poderão ter comando centralizado, utilizando telemetria e perfeitamente integrado aos demais sistemas de serviços da cidade.

No sistema de drenagem urbana convencional, as águas pluviais são escoadas pelas sarjetas das ruas, captadas pelas bocas de lobo e levadas às galerias de águas pluviais. Nem sempre é necessária a existência de galerias, porque as sarjetas também têm capacidade de esgotamento; assim, a construção da galeria só se faz necessária quando a vazão escoada pela sarjeta se torna inconvenientemente volumosa, prejudicando o tráfego de veículos e pedestres ou inundando propriedades próximas.

No sistema de drenagem urbana sustentável é promovido o retardamento e o tratamento das águas das enxurradas, incluindo uma ou mais das seguintes estruturas: pisos permeáveis, valas de infiltração/filtração, trincheiras filtrantes, bacias de retenção (piscinões), entre outras. Estas ações apresentam menor impacto ambiental e menor custo de implantação, sendo descritas com maior detalhe nos itens seguintes (<http://www.amigosdanatureza.org.br/>).

A concepção clássica de um sistema de drenagem urbana surgiu em meados do século XIX, com o intuito de escoar as águas pluviais com a maior brevidade possível, reduzindo a incidência de uma série de doenças relacionadas à falta de saneamento e ao acúmulo de água parada. Este sistema foi adotado universalmente, com poucas variações, sendo eficaz até o momento em que as cidades atingiram um determinado porte. Na década de 1970 surgiram novas técnicas e conceitos de drenagem, buscando minimizar os efeitos da crescente urbanização, procurando aumentar a infiltração da água da chuva no solo e retardar o escoamento da água da chuva pelas galerias e rios durante a incidência de chuvas fortes. Estas técnicas compõem a chamada drenagem sustentável, buscando respeitar o ciclo hidrológico natural, incorporando novas tecnologias com o intuito de amortecer as vazões de pico. Dentre estas, destacam-se a procura de uma maior infiltração da água da chuva no solo e o armazenamento temporário, seja para reuso ou apenas para descarte após a ocorrência das chuvas (SANTOS & MAMEDE, 2013).

Atualmente, busca-se a implantação de sistemas de drenagem urbana sustentáveis, como descritos anteriormente. Soluções tecnológicas estão intimamente agregadas aos modernos sistemas de drenagem, permitindo um considerável nível de automação dos mesmos. Dentre estas tecnologias destaca-se a utilização de softwares dedicados à questão hidrológica, auxiliando no projeto e acompanhamento dos sistemas de drenagem, obtenção de dados meteorológicos cada vez mais precisos, medição em tempo real dos níveis dos cursos d'água, verificação dos parâmetros de qualidade da água e emprego da telemetria para comando remoto de controladores lógicos programáveis dedicados.

Tais sistemas e tecnologias agregadas estarão presentes nos reservatórios que estão sendo construídos na bacia hidrográfica do Canal do Mangue, onde o controle e operação de todo sistema será centralizado no Centro de Operações da Prefeitura, no bairro Cidade Nova (Figura 9). Espera-se que essa iniciativa possa resolver ou mitigar as enchentes na região, evitando ou reduzindo os vários problemas decorrentes das inundações (RAMALHO *et al.*, 2015).

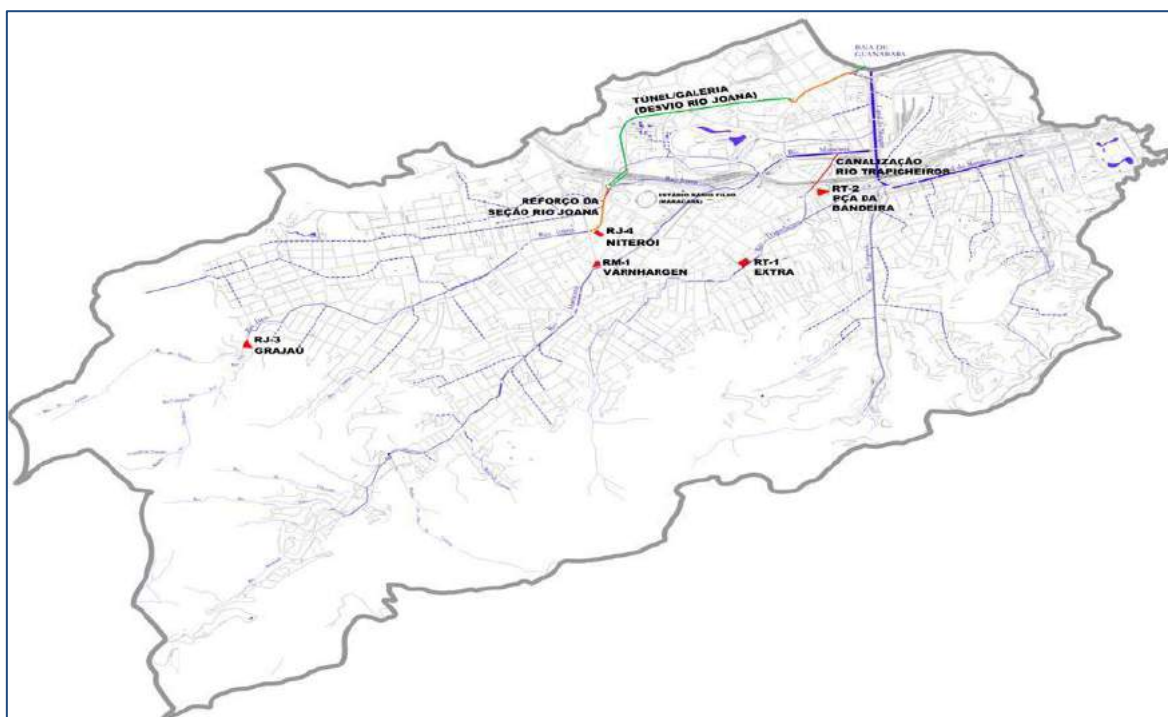


Figura 9: Mapa da drenagem da Bacia do Canal do Mangue.

Fonte: PMSB da cidade do Rio de Janeiro - Manejo de Águas Pluviais.

A Tabela 1 apresenta as características dos reservatórios que estão sendo construídos, enquanto nas Figuras 10 e 11 é possível verificar as obras dos reservatórios na Praça da Bandeira e na Praça Niterói, respectivamente.

Tabela 1: Reservatórios e suas características.

Piscinões	Capacidade	Área
1 Praça da Bandeira	18 milhões de litros = 7,2 piscinas olímpicas	962,11 m ²
2 Praça Varnhagen	43 milhões de litros = 17,2 piscinas olímpicas	1.993,86 m ²
3 Avenida Heitor Beltrão	70 milhões de litros = 28 piscinas olímpicas	3.587,37m ²
4 Praça Niterói	58 milhões de litros = 23,2 piscinas olímpicas	2.472,93 m ²

Fonte: PMCRJ.



Figura 10: Obra do reservatório na Praça da Bandeira.
Fonte: Jornal EXTRA, fevereiro/2015.



Figura 11: Obra do reservatório triplo na Praça Niterói.
Fonte: Jornal EXTRA, fevereiro/2015.

3 ANÁLISE E PESQUISA DE CAMPO

3.1 PAREDES DIAFRAGMA

Antes de realizar a análise propriamente dita, considerando que a estrutura dos tanques é formada pelas chamadas “paredes diafragma”, é importante definir o que seria esse componente e qual a sua funcionalidade para o projeto.

A parede diafragma consiste de muros verticais, de profundidades e espessuras variáveis, instalados no subsolo, constituídos de painéis elementares alternados ou sucessivos, e aptos a absorver **cargas axiais** (forças aplicadas no sentido longitudinal do painel, podendo ser de tração ou compressão), **empuxos horizontais** (forças horizontais que o solo exerce transversalmente sobre o painel para deslocá-lo) e **momentos fletores** (somatório resultante dessas forças).

A parede diafragma é moldada em painéis que se encaixam nas laterais com auxílio de tubos “sistema macho-e-fêmea” que são colocados após a escavação para dar assim continuidade (Figura 12). Esses tubos são retirados logo após o início do endurecimento do concreto. Todo processo se dá com rapidez executiva e flexibilidade na programação dos serviços, proporcionando vantagens, tais como: vibração praticamente nula e, portanto, evitando danos às estruturas vizinhas existentes; fácil adaptação à geometria do projeto; alcança profundidades acima e abaixo do lençol freático; serve como contenções de escavações profundas e possibilita que vários painéis possam fazer parte da estrutura permanente (BATTAGLIA, 2009).

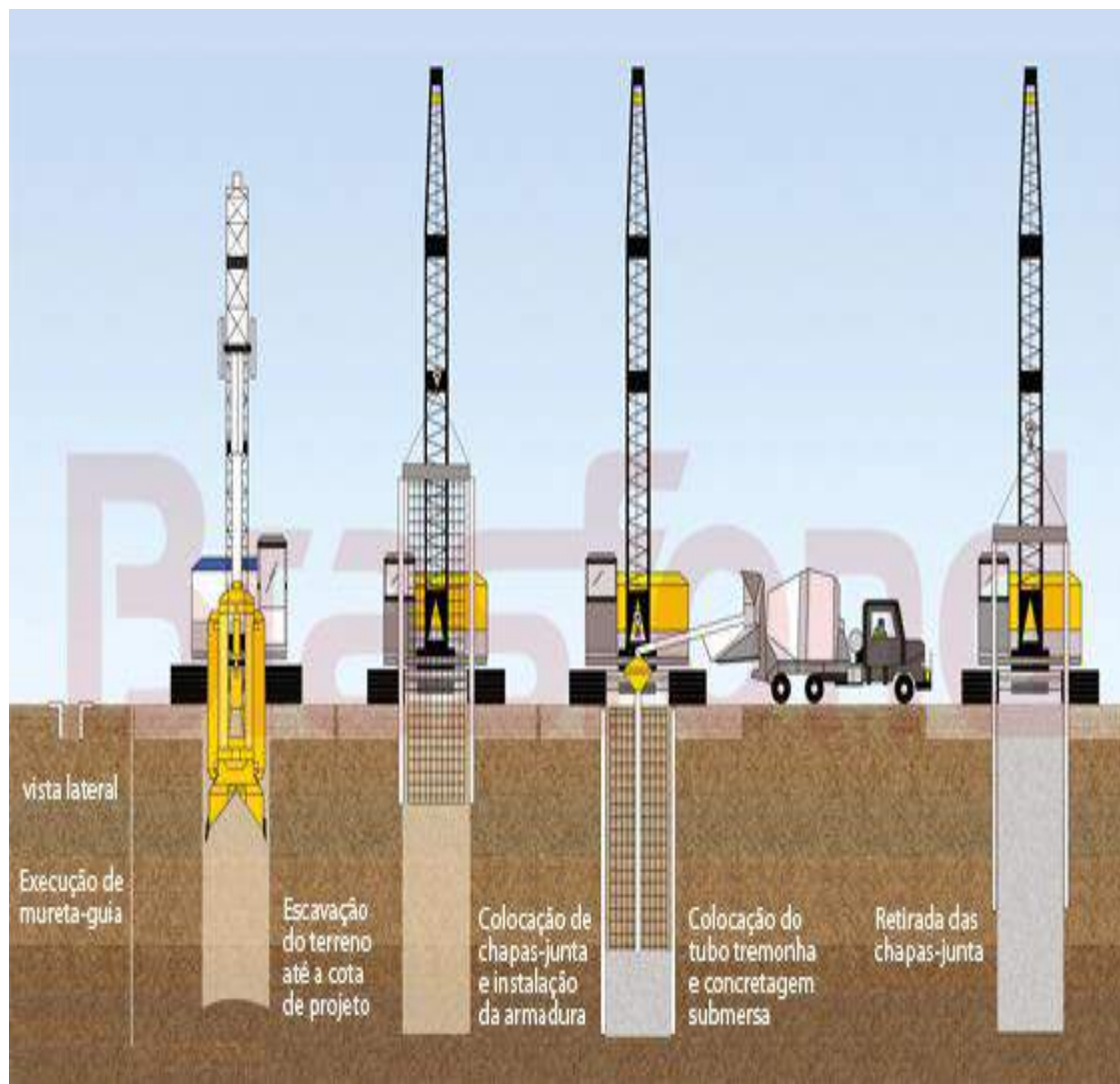


Figura 12: Sequência executiva básica de Parede diafragma.

Fonte: <http://www.brasfond.com.br/fundacoes/empresa.html>

3.2 DESPERDÍCIO DA ÁGUA INFILTRADA NOS TANQUES

Em visitas realizadas nos Tanques de armazenamento de águas pluviais da Grande Tijuca, a partir do projeto realizado pela Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro com o objetivo de atenuar as enchentes com a reservação temporária das águas pluviais, principalmente no período das grandes chuvas, com posterior liberação dessa água retida nos rios Maracanã e Joana, pôde-se verificar o grande volume de água infiltrada perenemente nas paredes diafragma e conseqüente escoamento e armazenamento no fundo dos tanques. Importante

ressaltar que não foram encontradas nas bibliografias técnicas, nem mesmo no acervo da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), quaisquer informações ou diagnósticos sobre possíveis patologias ou comprometimentos estruturais decorrentes dessas infiltrações nas paredes diafragmas.

Um dos reservatórios escolhidos para pesquisa de campo foi o da Praça Varnhagem (Figura 13), inaugurado em 12 de junho de 2016, com capacidade de armazenar 43 milhões de litros d'água.

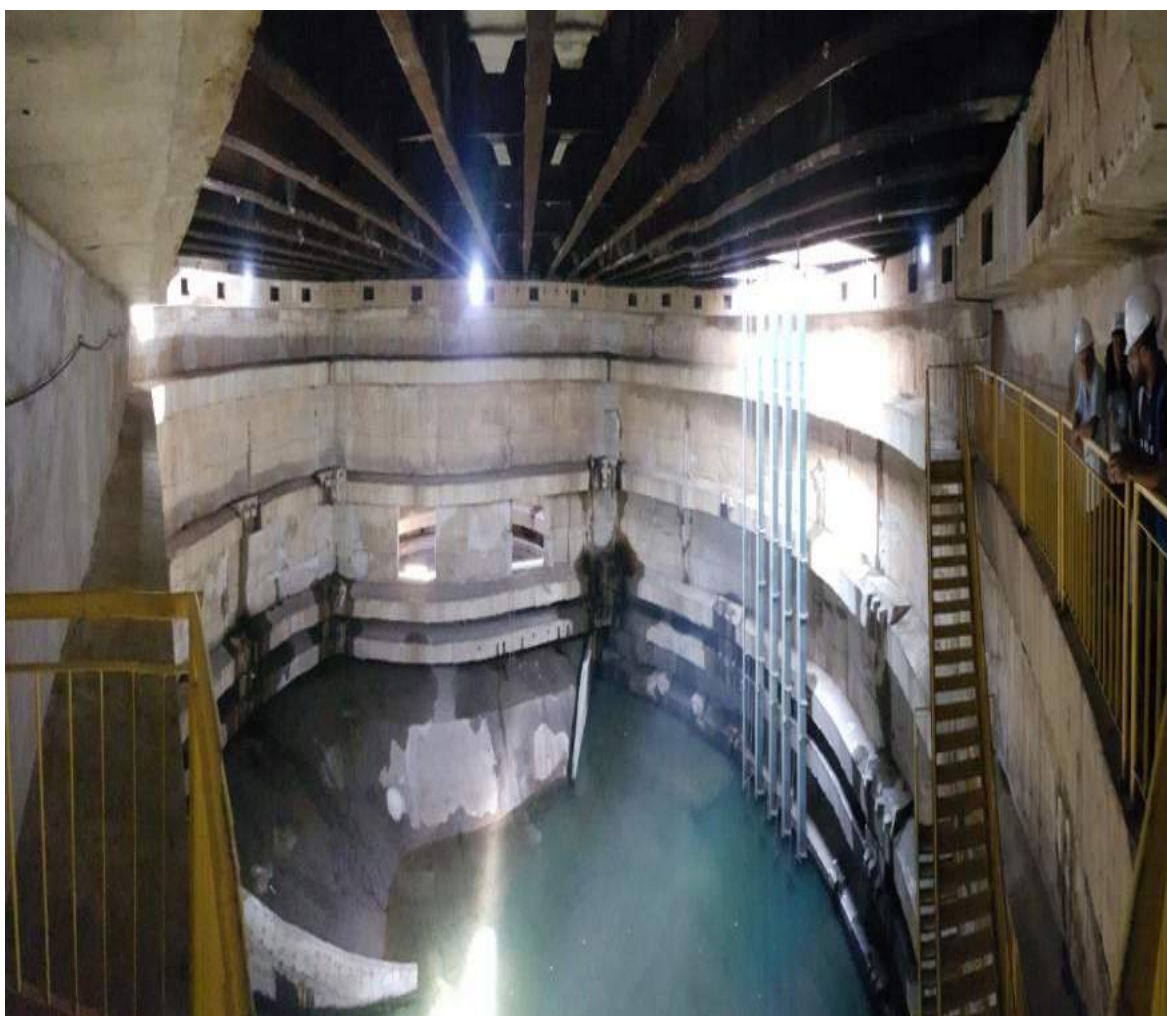


Figura 13: Vista geral do reservatório da Praça Varnhagem, dezembro/2017.

Constatou-se um volume médio de infiltração de aproximadamente 100.000 litros/dia (Figura 14a&b), ou seja, média de 10 caminhões pipa por dia que, por falta de destinação visando sua reutilização, são atualmente esgotados para os

corpos hídricos (Rios Maracanã e Joana), perfazendo assim, um ciclo negativo devido não só ao desperdício desse recurso hídrico, mas também por causa dos custos da energia elétrica para ativação do sistema de bombeamento d'água, além dos recursos humanos empregados.

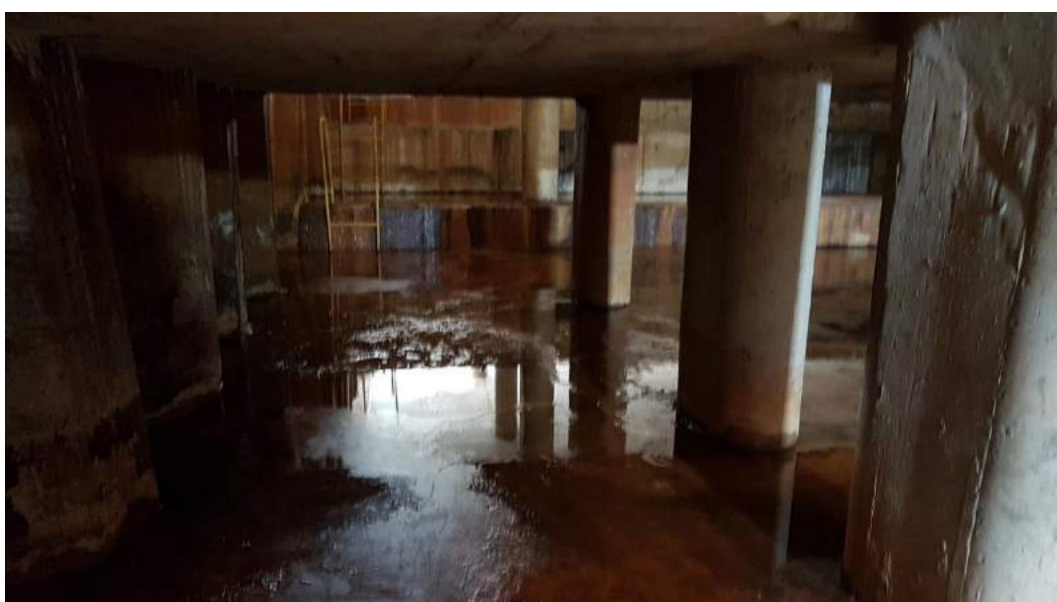


Figura 14a&b: Água que infiltra no reservatório da Praça Varnhagem, dezembro/2017.

Em uma análise mais específica na questão da logística de recolhimento e transporte dessa água residual, verificou-se que já existe um sistema de bombeamento em cada tanque, dividido em duas formas de manobra: a primeira composta por um conjunto de bombas centrífugas verticais de alta potência, e a outra por um equipamento de menor potência utilizado somente para limpeza dos tanques. Esse equipamento, composto somente por uma bomba d'água do tipo centrífuga vertical (7,5 hp), tem sua tubulação de recalque com 24 metros de comprimento, junto à parede do tanque com diâmetro nominal de 4", conectando a água armazenada até o corpo hídrico que passa de forma quase que tangencial ao primeiro (Figura 15).

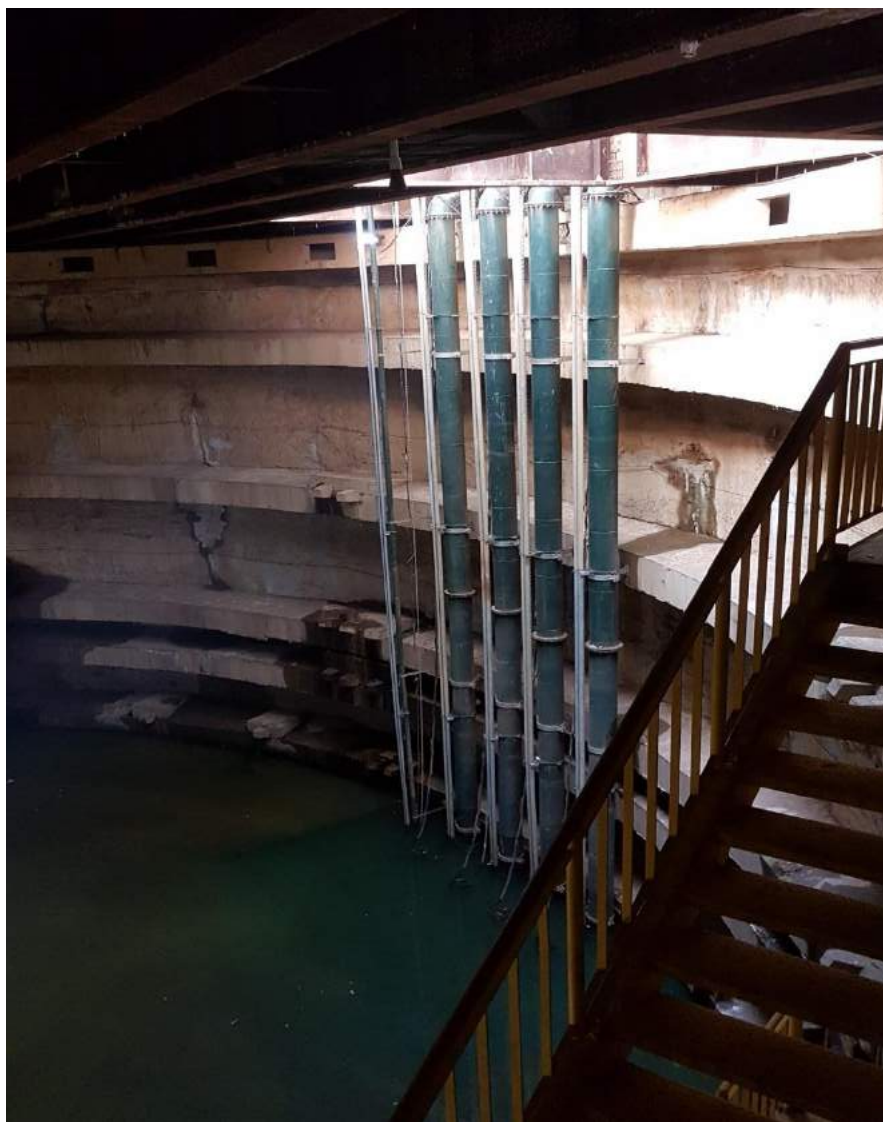


Figura 15: Sistema de bombeamento do reservatório da Praça Varnhagem, dezembro/2017.

Tal rede com diâmetro de 4” tem a possibilidade de ser acrescida na sua extensão em aproximadamente 3 metros, mantendo-se o mesmo diâmetro nominal, a partir de uma conexão de derivação do tipo “tê”, de forma conjunta aos registros de vedação para as manobras necessárias, sendo recalçada desta forma até o caminhão pipa, a ser estacionado no recuo junto à entrada do tanque (Figura 16).



Figura 16: Local do recuo para caminhões pipa na Praça Varnhagem, dezembro/2017.

Dessa forma, considerando a possibilidade de reaproveitamento das águas provenientes da infiltração, buscou-se avaliar sua qualidade, já que o aspecto da água é límpido (Figura 17). Uma análise laboratorial é necessária para avaliar parâmetros físico-químicos da água que confirmem a possibilidade de utilização da mesma como água de rega e de lavagem.



Figura 17: Aspecto límpido da água que infiltra no reservatório da Praça Varnhagem, dezembro/2017.

3.3 COLETA DA ÁGUA PARA ANÁLISE LABORATORIAL

Por ser a maior parcela do volume armazenado em sua mistura nos tanques, foi utilizada a mesma premissa de regulamentação do uso de águas pluviais, a ABNT NBR 15527: 2007 (Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos), que estabelece algumas normas para a utilização dessas fontes hídricas. Nela estão determinados os pontos que devem ser levados em consideração para estabelecer normas a serem cumpridas, tais como: instalação do sistema de captação e do dispositivo para remoção de detritos; e dimensionamento, limpeza e desinfecção do reservatório. Para o uso em atividades não potáveis, são mencionados os níveis aceitáveis para alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas.

Em um estudo básico de avaliação da qualidade das águas e do sedimento, levaram-se em consideração os seus usos preponderantes a partir da realização de uma série de coletas, para avaliar o grau de poluição ou assimilação de carga orgânica.

Estabelecer um plano de amostragem foi apenas uma das etapas necessárias para caracterização do meio a ser estudado, mas dele dependiam todas as etapas subsequentes: ensaios laboratoriais, interpretação de dados, elaboração de relatórios e tomada de decisões quanto à qualidade dessas amostras.

A definição do programa de coleta de amostras exige a consideração de algumas variáveis, tais como: usos, natureza, área de influência e características da área de estudo, pois a definição da metodologia de coleta, preservação de amostras e dos métodos analíticos depende desses fatores.

Nas coletas de água bruta e sedimento, de forma geral, recomenda-se que a coleta de água seja realizada antes da coleta de sedimentos, sendo que os primeiros frascos a serem preenchidos de água do local deverão ser direcionados aos ensaios microbiológicos, biológicos e aos que não podem sofrer aeração.

Para que sejam evitados problemas de contaminação cruzada durante a amostragem, foram utilizados materiais de coleta diferentes para cada amostra, como por exemplo, um recipiente de plástico e uma corda em cada ponto amostrado. Caso isto não fosse possível, esses materiais deveriam ser lavados em campo com água destilada ou deionizada e ambientados, ou seja, enxaguados com água do local a ser amostrado.

Foi preparado um recipiente de plástico (Figura 18) para distribuir seu volume proporcionalmente nos diversos frascos destinados aos ensaios químicos, como forma de garantir a homogeneidade da amostra, sendo que o procedimento foi repetido até que todos os frascos estivessem com o volume de água necessário para os ensaios, tomando o cuidado de manter um espaço vazio no frasco para sua posterior homogeneização.



Figura 18: Coleta da amostra de água infiltrante em recipiente de plástico.

3.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS COLETADOS

Como citado anteriormente, alguns parâmetros foram levados em consideração para se definir a qualidade das águas retiradas dos reservatórios. Dentre eles, alguns parâmetros físico-químicos foram selecionados por sua importância na representação dos limites da norma, bem como a interferência das condições de captação até o sistema de armazenamento.

O **Potencial Hidrogeniônico**, mais conhecido pela sigla **pH**, é uma grandeza que varia de 0 a 14 e indica a intensidade da acidez ($\text{pH} < 7,0$), neutralidade ($\text{pH} = 7,0$) e a alcalinidade ($\text{pH} > 7,0$). É rotineiramente utilizado como um dos parâmetros mais importantes na análise de água. Em determinadas condições, o pH na água pode interferir na precipitação de alguns químicos tóxicos como metais pesados (EMBRAPA, 2011).

Tratando-se de águas oriundas do lençol freático, que são armazenadas misturadas com as de origem pluviais, o valor do pH das chuvas pode produzir o efeito de chuva ácida. A chuva ácida, principalmente associada à presença de poluentes secundários como ácido sulfúrico e nítrico, podem interferir de diferentes formas no ambiente, como: destruição de fachadas, estátuas e outros tipos de construções; no carreamento de nutrientes no solo; na fisiologia de animais aquáticos; na destruição de colheitas, dentre outros efeitos.

A **Temperatura** interfere diretamente em processos físicos, químicos e biológicos, afetando desta forma outras variáveis referentes à qualidade da água como: pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, dentre outros. É inversamente proporcional à solubilidade de gases dissolvidos e diretamente proporcional à solubilidade de sais minerais.

A **Turbidez** é uma expressão da propriedade óptica que faz com que a luz seja espalhada e absorvida e não transmitida em linha reta através da amostra. Esta turbidez é normalmente causada por materiais em suspensão como: matéria orgânica e inorgânica dividida, compostos orgânicos solúveis coloridos, plâncton e outros organismos microscópicos. A clareza das águas pluviais pode determinar sua condição e utilidade, além de indicar a qualidade estética para o abastecimento humano. A turbidez varia bastante de acordo com as

características ambientais e da superfície usada. Áreas com o solo exposto podem influenciar na quantidade de sólidos nessas superfícies.

Dentro dos parâmetros que medem a interferência de sólidos, tem-se a aferição dos **Sólidos Totais Dissolvidos (STD)**. Nele é medida a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água. Mede-se a concentração de substâncias iônicas e é expressa em mg/l. Ele funciona como um importante indicador da qualidade estética da água e agrega informações sobre a presença de possíveis poluentes presentes na água.

A **Condutividade** das amostras que passam pelas superfícies de captação tem um valor de condutividade maior do que as águas de chuva coletadas diretamente da atmosfera. Após passar pela superfície de captação, as águas são armazenadas nos grandes tanques, sendo que a qualidade dessa água varia de acordo com o tempo de armazenagem, material do reservatório, temperatura ambiente, dentre outros (EMBRAPA, 2011).

Muitos trabalhos concluíram que as águas pluviais tendem a apresentar uma qualidade físico-química satisfatória para atividades não potáveis. Porém, os indicadores microbiológicos costumam ser um fator que dificulta o uso dessas águas sem um tratamento prévio. Yaziz *et al.*(1989), observou em seu trabalho que quanto maior o período de estiagem antes de um evento pluviométrico, maior a concentração de sólidos nas águas analisadas. Notou-se também que chuvas com intensidade menor realizam uma limpeza menos eficiente da superfície de captação, e verificou-se que as superfícies utilizadas para captação de águas pluviais concentram as principais variantes que podem modificar a qualidade das mesmas, como: concentração de materiais sólidos e material da superfície de captação (alumínio, cimento, cerâmica, etc). Tal afirmação se deu, pois as águas analisadas que não entraram em contato com a superfície de captação (precipitação direta) apresentaram qualidade superior com relação às águas pluviais que entraram em contato com uma determinada superfície de captação.

Desta forma, as amostras foram coletadas nos grandes tanques em garrafas plásticas de 500 mL e encaminhadas ao laboratório para realização de análises físico-químicas, para análise dos parâmetros pH, condutividade, turbidez, cor, dureza, cloretos, alcalinidade, STD, nitrito, nitrato, amônia e sulfatos. A

Tabela 2 apresenta os parâmetros referenciais para as águas coletadas nos tanques de armazenamento de águas pluviais da Grande Tijuca.

Vale ressaltar que foram tomados os devidos cuidados na coleta das amostras microbiológicas para não haver contaminação das mesmas, utilizando-se de frascos esterilizados contendo tiosulfato de sódio, mantendo as amostras refrigeradas até serem analisadas. As amostras microbiológicas foram analisadas por profissionais do laboratório, logo em seguida à coleta, sendo analisados os seguintes parâmetros: pH, turbidez, matéria orgânica, dureza, alcalinidade, cloretos, DQO e Sólidos Sedimentares, e em seguida comparados para verificação de alguma interferência não prevista, como resíduos de óleo dos veículos junto às águas coletadas.

Tabela 2: Parâmetros referenciais para as águas coletada nos tanques de armazenamento de águas pluviais da Grade Tijuca.

Parâmetros	
Variável	Enquadramento CONAMA 357
Temperatura (°C)	NA
pH	Classe I e II - Tratamento simplificado ou convencional: 6<pH<9 Classe III: pH<6 - tratamento avançado
ORP (mV)	NA
Condutividade (mS/cm)	NA
Turbidez (NTU)	Classe I e II - abaixo de 100NTU - Tratamento simplificado ou convencional
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Classe I e II - OD não abaixo de 4mg/L - Tratamento simplificado ou convencional Classe IV - OD abaixo de 2mg/L - uso paisagístico
Oxigênio dissolvido (%)	NA
Sólidos totais dissolvidos (g/L)	Entre Classe II e III - Tratamento convencional ou avançado
Salinidade	Água doce

Fonte: Laboratório de limnologia/Instituto de Biologia/UFRJ.

As classes citadas na Tabela 2 se referem ao enquadramento dos corpos d'água, definidos pela ANA (Agência Nacional de Águas), que incluem:

- Classe I: uso preponderante basicamente em descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos;
- Classe II: uso preponderante associado à fase de construção do edifício, lavagem de agregado, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeira;
- Classe III: uso preponderante na irrigação de áreas verdes e rega de jardins;
- Classe IV: uso preponderante no resfriamento de equipamentos de ar condicionado.

Tabela 3: Características da água coletada no tanque da Praça Varnhagem, dezembro/2017.

Variável	Rio Maracanã - Praça Varnhagem		
	P1 - Galeria prox. Rio Maracanã	P2 - Poço B - Escoamento de água de chuva	P3 - Água mina diafragma
Temperatura (°C)	24,6	23,43	23,41
pH	7	6	7,43
ORP (mV)	9	154	158
Condutividade (mS/cm)	0,606	0,454	0,458
Turbidez (NTU)	4,0	2,5	4,6
Oxigênio dissolvido (mg/l)	5,64	5,26	9,57
Oxigênio dissolvido (%)	108	63,2	112,6
Sólidos totais dissolvidos (g/L)	0,388	0,295	0,296
Salinidade (água doce)	0,3	0,2	0,2
Observações	Sem odor	aferido a aprox. 30cm	água coletada com béquer
Sugestões	adicionar DBO e Coliformes	adicionar DBO e Coliformes	adicionar dados de Nutrientes

Fonte: laboratório de limnologia/Instituto de Biologia/UFRJ.

Tabela 4: Características da água coletada no tanque da Praça Niterói, dezembro/2017.

Variável	Rio Joana - Praça Niterói			
	P1 - Galeria Rio Joana	P2 - Poço A	P3 - Água infiltração parede poço C	P4 - Água infiltração parede poço A
Temperatura (°C)	23,34	23,88	25,02	23,92
pH	6,29	6,94	6,02	6,93
ORP (mV)	124	149	116	7
Condutividade (mS/cm)	0,514	0,599	0,477	0,677
Turbidez (NTU)	28,1	21	42,1	9,2
Oxigênio dissolvido (mg/L)	10,72	1,37	8,7	8,36
Oxigênio dissolvido (%)	128	16,6	107,4	101,3
Sólidos totais dissolvidos (g/L)	0,329	0,383	0,31	0,433
Salinidade (água doce)	0,1	0,3	0,2	0,3
Observações	ponto de coleta muito raso - necessárias inúmeras subamostragens - sugestão: descartar valores de OD	sem odor	sem odor com sólidos em suspensão	sem odor
Sugestões	adicionar DBO e Coliformes	adicionar DBO e Coliformes	adicionar dados de Nutrientes	adicionar dados de Nutrientes

Fonte: laboratório de limnologia/Instituto de Biologia/UFRJ.

Assim, foram analisados somente dois dos três tanques de armazenamento, o da Praça Varnhagem e o da Praça Niterói, visto que o da Praça da Bandeira não apresentou o mesmo volume de infiltração e consequente armazenamento das águas do lençol no tanque, que justificasse financeiramente a implementação da logística de recalque dessa água. Dessa forma, as Tabelas 3 e 4 apresentam os valores obtidos nos tanques analisados.

Fazendo um comparativo entre a Tabela 2 (parâmetros referenciais para uso da água de acordo com o enquadramento CONAMA 357) e os valores resultantes, de uma média aritmética simples, das amostras coletadas na Tabela 3 (água coletada no tanque da Praça Varnhagem) e Tabela 4 (água coletada no tanque da Praça Niterói), obteve-se como resultado as análises apresentadas nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Quadro comparativo da água coletada no tanque da Praça Varnhagem, dezembro/2017.












Análise- Quadro Comparativo			
	Enquadramento CONAMA 357	Água coletada da infiltração na parede diafragma (P3)	Resultado
pH	Classe I e II - Tratamento simplificado ou convencional: 6<pH<9 Classe III: pH<6 - tratamento avançado	6,81	Tratamento simplificado (6<pH<9)
Turbidez (NTU)	Classe I e II - abaixo de 100NTU - Tratamento simplificado ou convencional	3,7	Tratamento simplificado (Menor que 100 NTU)
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Classe I e II - OD não abaixo de 4mg/l - Tratamento simplificado ou convencional Classe IV - OD abaixo de 2mg/L - uso paisagístico	6,82	Tratamento simplificado (Maior que 4mg/l)
Sólidos totais dissolvidos (g/L)	Entre Classe II e III - Tratamento convencional ou avançado	0,326	Tratamento convencional
Salinidade	Água doce	0,23	Água doce

Tabela 6: Quadro comparativo da água coletada no tanque da Praça Niterói, dezembro/2017.

Análise- Quadro Comparativo			
	Enquadramento CONAMA 357	Água coletada da infiltração na parede diafragma (P3)	Resultado
pH	Classe I e II - Tratamento simplificado ou convencional: 6<pH<9 Classe III: pH<6 - tratamento avançado	6,55	Tratamento simplificado (6<pH<9)
Turbidez (NTU)	Classe I e II - abaixo de 100NTU - Tratamento simplificado ou convencional	25,1	Tratamento simplificado (Menor que 100 NTU)
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Classe I e II - OD não abaixo de 4mg/l - Tratamento simplificado ou convencional Classe IV - OD abaixo de 2mg/L - uso paisagístico	7,29	Tratamento simplificado (Maior que 4mg/l)
Sólidos totais dissolvidos (g/L)	Entre Classe II e III - Tratamento convencional ou avançado	0,364	Tratamento convencional
Salinidade	Água doce	0,23	Água doce

Conforme análise dos resultados apresentados nas Tabelas 5 e 6, considerando os parâmetros referenciais e recomendações citados na Tabela 2, concluiu-se que um tratamento simplificado das águas provenientes dos tanques de armazenamento analisados seria suficiente para atender às condições necessárias para utilização do recurso hídrico na destinação à irrigação das áreas verdes da Cidade, conforme apresentado no Quadro 2, podendo também ser aplicado na limpeza de vias e passeios (RESOLUÇÃO CONAMA 357, de 17 de março de 2005).

Quadro 2: Classes de enquadramento para águas doces.

USOS DAS ÁGUAS DOÇES	CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 	Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 					
Aquicultura 					
Abastecimento para consumo humano 	Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 					
Pesca 					
Irrigação 		Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cereálíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais 					
Navegação 					
Harmonia paisagística 					

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Fonte: Manual da ANA (Agência Nacional de Águas).

O Tratamento Simplificado apresenta como característica principal as ações de Filtração e Desinfecção, visto que o pH não precisa ser corrigido por ter apresentado características de valor neutro ($6 < \text{pH} < 9$). Considerando que a água infiltrada pelas paredes diafragma é de origem do lençol freático, e tais paredes funcionam como uma espécie de filtro, gerando dessa forma um aspecto límpido, inodoro e incolor (Figura 17, página 44), será necessário apenas a etapa de Desinfecção, com a adição de Cloro (Cl_2) ou a solução de **Hipoclorito de Sódio**, conhecida como “**cloro líquido**” ou “**água sanitária**”, diretamente no caminhão pipa na proporção de 200ml (copo tradicional) para 10.000 de água.

Desta forma, ele age destruindo ou anulando a atividade de microorganismos patogênicos, algas e bactérias. O **cloro líquido** ioniza o ânion hipoclorito ($\text{ClO}^{1-}_{(\text{aq})}$), que é desinfetante e bactericida. Além disso, ele também reage com a água (H_2O) formando o ácido hipocloroso ($\text{HClO}_{(\text{aq})}$), que é 80 vezes mais eficiente que o ânion hipoclorito (PEREIRA, 2014).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da pesquisa de campo e informações coletadas junto aos setores responsáveis da PMCRJ, verificou-se que a água infiltrada nos tanques de armazenamento da Bacia do Canal do Mangue, a partir do lençol freático, gera uma oferta de aproximadamente 100.000 litros/dia, devido à constante renovação dessas águas, que são atualmente desperdiçadas pela PMCRJ, pois não há uma logística de recolhimento de forma sistemática.

Uma simples adequação de logística vinculada ao bombeamento e transporte por caminhões pipa poderia oferecer uma solução interessante para reaproveitamento das águas. O processo consistiria em bombear a água com o sistema de recalque já existente, utilizando a bomba de recalque do ramal de limpeza, por se tratar de um equipamento de menor dimensão e potência. Esse equipamento já é utilizado diariamente para retirar o “excesso” de água depositada nos tanques por causa do volume diário que infiltra pelas paredes *diafragma*. Essa água excedente é bombeada atualmente para os corpos d’água que passam tangencialmente aos tanques, como o Rio Maracanã, no caso da Praça Varnhagem. Para abastecimento dos caminhões pipa seria utilizado um recuo já existente no local, adequado para o serviço.

Com relação à qualidade da água para irrigação de áreas verdes ou lavagem de vias e passeios, verificou-se por meio de análises laboratoriais, considerando parâmetros físico-químicos, tais como: pH, condutividade, turbidez, cor, dureza, cloretos, alcalinidade, STD, nitrito, nitrato, amônia e sulfatos, que as águas provenientes dos dois reservatórios analisados, da Praça Varnhagem e da Praça Niterói, apresentaram condições adequadas, sendo suficiente apenas um tratamento simplificado ou convencional.

Vale ressaltar que durante o período das chuvas de grande volume, normalmente entre outubro e março, não haverá captação da água infiltrada nos tanques, pois com esse regime, torna-se inviável a coleta, até porque com as grandes chuvas torna-se praticamente desnecessária a limpeza das vias e rega das áreas verdes na cidade do Rio de Janeiro.

Por fim, destaca-se como contribuição dessa pesquisa a busca de redução do uso de água tratada, a partir do reuso das águas pluviais armazenadas nos tanques, para a rega de áreas verdes e limpeza das vias da cidade, com a expectativa de uma considerável redução do custo de obtenção da água servida. Basicamente, seria considerado apenas o valor do transporte do caminhão pipa entre o tanque da Praça Varnhagem e as áreas verdes a serem irrigadas, visto que o custo da adição da solução de Hipoclorito de Sódio seria em uma proporção de 200ml (NaClO)/caminhão pipa, ou seja, basicamente desprezível levando em conta seu valor médio de 1 litro = R\$ 3,00, ou seja, 200ml = R\$ 0,60 (preço médio encontrado no mercado).

Em consulta junto aos setores da Prefeitura Municipal da Cidade do Rio de Janeiro (PMCRJ), sobre os valores, sendo esses a **Fundação Parques e Jardins - FPJ**, órgão vinculado à SECONSERVA, responsável pelo paisagismo e arborização da cidade e corresponsável pela administração dos parques municipais urbanos; bem como a **Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB**, órgão responsável pela rega e manutenção das áreas verdes no município do Rio de Janeiro, ambos não souberam informar a periodicidade e os custos praticados pela PMCRJ na obtenção e transporte desse recurso natural para operações de irrigação e limpeza de vias e passeios da cidade do Rio de Janeiro. Apesar disso, considerando a análise realizada neste trabalho, estima-se que a economia para a PMCRJ poderia chegar a 70% dos custos totais.

Como sugestões para trabalhos futuros, dando continuidade à pesquisa aqui apresentada, pode-se citar a realização de uma análise de viabilidade econômica, além do estudo de aspectos legais, institucionais e ambientais, e seus impactos positivos e negativos.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro 2007.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Biblioteca Virtual. Disponível em: http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes_2013.asp

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Classes de Enquadramento dos Corpos d'água, s.d. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/enquadramento-bases-conceituais.aspx>.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, 2012. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2012.pdf>.

BARRETO, D. Residential water profile and internal end uses. In: International Symposium Water Supply & Drainage for Buildings. Hong Kong: CIB, 2008.

BRAGA, D. D. C. Inundações no Rio de Janeiro (1850-1930): Um caso de injustiça ambiental? In: XV Encontro Regional de História da ANPUH-Rio, 2012.

BRASFOND FUNDAÇÕES ESPECIAIS S/A. Paredes diafragma. Disponível em: <http://www.brasfond.com.br/fundacoes/pdiafragma.html>.

CARETA. A Formidável Enchente de Domingo. Revista nº 1028, 1928.

CBMERJ - CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Principais enchentes no Estado do Rio de Janeiro. Museu Histórico CBMERJ. Disponível em: <http://www.cbmerj.rj.gov.br/museu>.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf.

COPPE - INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA. Bacia hidrográfica do Canal do Manguê. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.aquafluxus.com.br/wp-content/uploads/2015/10/CanalMangu-e1445951969251-1024x835.jpg>.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Coisas que Você Deve Saber sobre a Água, 2016. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br>.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química de Água. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/43042/1/Doc219.pdf>>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Índice de Desenvolvimento Sustentável (IDS), 2014.

MAIA, A. C. N. Rio de Janeiro, Cidade Submersa. Artigo publicado em dezembro 2013. Disponível em: <<http://riocidadesubmersa.blogspot.com>>.

O GLOBO. Dezenas de Mortes no Maior Temporal de Todos os Tempos, Mil Desabamentos e cerca de 200 mortos. Jornal O Globo, janeiro 1966.

O GLOBO. Enchente de 1988. Jornal O Globo, fevereiro 1988.

O MALHO. A Inundação no Rio de Janeiro. Revista nº 446, 1911.

PEREIRA, L. 9º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Feira de Santana/BA, agosto de 2014.

PICCOLI, R. A. Análise físico-química da qualidade das águas pluviais: estudo de caso - Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Rio Comprido - RJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2014.

PMCRJ - PREFEITURA MUNICIPAL DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Plano Municipal de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro, Secretaria Municipal de Saneamento e Recursos Hídricos, Fundação Instituto das Águas, dezembro 2015. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/6165511/4162116/pmsb_drenagem_e_manejo_de_aguas_pluviais.pdf>

RAMALHO, P. B.; RUFINO, I. A. A.; FEITOSA, P. H. C.; MELO FILHO, H. Proposição de Medidas Compensatórias para o Sistema Atual de Drenagem Urbana de Campina Grande – PB. In: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília - DF, 2015.

RIO 450 ANOS. Bairros do Rio - Tijuca, 2015. Disponível em: <<https://blogdabn.wordpress.com/2015/05/03/rio-450-anos-bairros-do-rio-tijuca/>>.

RIO DE JANEIRO AQUI. Vista do Canal do Mangue em 2011 em direção à Igreja da Candelária, no Centro do Rio, 2011. Disponível em: <<http://www.riodejaneiroaqui.com/figuras1/canal-mangue-av-presidente-vargas-800.jpg>>.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D. Perfil do consumo de água de uma habitação unifamiliar. In: Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, ABES, 1999.

SANTOS, L.; MAMEDE, B. Automação em Drenagem Pluvial e Controle de Enchentes: Aproveitamento das Águas nos Grandes Centros Urbanos. In: IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, 2013.

SERLA - Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas. Enchentes no Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAAUIAG/enchentes-no-estado-rio-janeiro-livro-8-publicacoes-serla?part=5>>.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011.

VIOLA, H. Gestão de Águas Pluviais em Áreas Urbanas - O Estudo de Caso da Cidade do Samba, RJ. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2008.

YAZIZ, M.; GUNTING, H.; SAPARI, N.; GHAZALI, A. Variations in rainwater quality from roof catchments. *Water Research* 23(6): 761-765, 1989.