



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Rodolpho Arcoverde Piccoli

Análise físico-química da qualidade das águas pluviais: estudo de caso - Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira , Rio Comprido – RJ

Rio de Janeiro

2014

Rodolpho Arcoverde Piccoli

**Análise físico-química da qualidade das águas pluviais: estudo de caso -
Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira , Rio Comprido – RJ**



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

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jr.

Rio de Janeiro

2014

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

P589 Piccoli, Rodolpho Arcoverde.
Análise físico-química da qualidade das águas pluviais:
estudo de caso - Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues
da Silveira , Rio Comprido – RJ / Rodolpho Arcoverde
Piccoli. - 2014.
137 f.

Orientador:. Alfredo Akira Ohnuma Jr.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio
de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Ambiental. 2. Águas pluviais –
Dissertações. I. Ohnuma Jr, Alfredo Akira. II. Universidade
do Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 628.1.037

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

Assinatura

Data

Rodolpho Arcoverde Piccoli

**Análise Físico-química da Qualidade das Águas Pluviais: Estudo de Caso -
Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira , Rio Comprido – RJ.**

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

Aprovado em: 15 de abril de 2014.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alfredo Akira Ohnuma Jr (Orientador)
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof.^a Dr.^a Luciene Pimentel Da Silva
Faculdade de Engenharia – UERJ

Prof.^a Dr.^a Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora
Universidade Federal Fluminense – UFF

Rio de Janeiro

2014

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os meus familiares e em especial aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que me deram e dão apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

A todos os meus companheiros de trabalho (Qualy Pan), em especial a minha chefe Carla, que sempre me apoiaram e ajudaram quando requisitados.

Ao meu orientador, professor Akira, por ter aceitado me guiar durante o mestrado.

Agradeço a grande ajuda que a Jessica Maria Luzardo Inácio me deu durante todo o trabalho.

Ao Wagner Accioly, pelo auxílio fundamental com a sonda multiparâmetro utilizada no presente trabalho.

A minha amiga Mariana Bittencourt Oliveira, pela ajuda que me deu na dissertação.

A minha tia Ana Lúcia, pela correção ortográfica e pelo apoio de sempre.

A todos os meus amigos pelo apoio e força em toda essa caminhada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente.

À professora Luciene Pimentel da Silva pela ajuda em momentos importantes do projeto.

Ao projeto MAPLU, pelo financiamento do projeto.

À professora Marcia Marques Gomes pela coordenação das ações do projeto.

Ao CAp UERJ por ceder suas instalações para a implementação do sistema de captação de águas pluviais, em especial ao diretor Lincoln Tavares.

RESUMO

PICCOLI, Rodolpho Arcoverde Piccoli. *Análise físico-química da qualidade das águas pluviais: estudo de caso - Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, Rio Comprido – RJ. 2014. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.*

Com o desenvolvimento da espécie humana, a sociedade humana passou demandar quantidades cada vez maiores de diversos elementos naturais, principalmente a água. Por estar presente em uma pequena quantidade no planeta (3%), com relação a toda hidrosfera, as águas disponíveis para consumo humano (Ex: Mananciais) são as que mais sofrem com a ação antrópica. A degradação destes recursos se dá por fatores como: poluição, desperdício e falta de políticas públicas sobre conservação dos recursos hídricos. Buscando a implementação de estratégias para a melhor gestão dos recursos hídricos, a utilização de águas pluviais como fonte hídrica alternativa, ganha importância diante desse cenário. Além de uma fonte hídrica de fácil acesso em muitas regiões (com média anual de precipitação em 1589 mm na região da Tijuca – Alerta Rio, 2013), estudos demonstram que sua qualidade permite sua utilização em atividades não potáveis, resultando na economia de águas que são tratadas e destinadas para consumo humano. Visando colaborar com as questões expostas anteriormente, a presente dissertação de mestrado buscou avaliar a qualidade das águas de chuva em uma determinada região e os fatores que possam interferir na qualidade das águas pluviais, como: tipo de material da superfície de captação, proximidade a focos de poluição atmosférica e período de estiagem antecedente ao evento pluviométrico. Para tal tarefa, foi instalado um sistema de captação de águas pluviais no Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, localizado no bairro do Rio Comprido, região norte da cidade do Rio de Janeiro. Os parâmetros físico-químicos para qualidade da água pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, potencial de oxi-redução e condutividade foram analisados com o auxílio da sonda multiparâmetro. Ao correlacionar a presença de sólidos na água de chuva com os períodos de estiagem, verificou-se que quanto maior o período de seca, maior a quantidade de sólidos nas amostras. Com relação aos marcos regulatórios (Portaria 2914/2011, MS; Padrões de potabilidade, OMS; CONAMA 357 e NBR 15.527) , os resultados para estes parâmetros ficaram de acordo com os limites exigidos pelas mesmas, exceto o pH. Com a análise dos resultados, recomenda-se estudos para determinar quais fatores podem estar interferindo na acidificação das águas coletadas no estudo.

Palavras Chaves: Aproveitamento águas pluviais. Qualidade águas pluviais. Primeiro descarte (*first-flush*).

ABSTRACT

PICCOLI, Rodolpho Arcoverde Piccoli. *Physico-chemical analysis of rainwater quality: case study - Institute for Application Fernando Rodrigues da Silveira, Rio Comprido, RJ.* 2014. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

Society has demanded increasing amounts of various natural elements, mainly water. Because fresh water occurs in relatively small amounts on the planet (3%), the water available for human consumption are the most impacted by anthropic action. The degradation of these resources occurs by factors such as pollution, waste and lack of public policies on conservation of water resources. In order to implement strategies for better management of water resources, the use of rainwater as an alternative water source became important. Besides a water source easily accessible in many regions (with mean annual rainfall 1589 mm in the Tijuca area – Alerta Rio, 2013), studies show that their quality allows their use in non-potable activities, resulting in water savings that are treated and intended to human consumption. Aiming to collaborate with the issues previously exposed, this dissertation sought to evaluate the quality of rainwater in a particular region and factors that might interfere in the quality of the rainwater, as the type of the material on the uptake surface, proximity to air pollution sources and drought period preceding the rainfall event. For this task, it was installed a system of rainwater harvesting at the Institute Fernando Rodrigues da Silveira, where CAp UERJ, located in municipally Rio Comprido, northern of Rio de Janeiro. The physico-chemical parameters: pH water, turbidity, temperature, dissolved oxygen, total dissolved solids, oxi-reduction potential and conductivity were analyzed with the aid of water quality multiparameter probe. By correlating the presence of solids in rainwater with drought periods, it was found that the longer the dry period, greater is the amount of solids in the samples. Except for pH, all parameters (physical-chemical) met, regulatory limits (Decree 2914/11, MS; Standards of potability). It is recommended that further investigation is developed in order to better identify factors interfering with water acidification found in this study.

Keywords: Harnessing rainwater. Quality rainwater. First-flush.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Gráficos demonstrando o consumo percentual de cada setor econômico no total da vazão retirada e consumida no Brasil.....	24
Figura 2	Normal climatológico da precipitação dos trimestres: (1) Março, Abril e Maio; (2) Junho, Julho e Agosto; (3) Setembro, Outubro e Novembro; (4) Novembro, Dezembro e Janeiro.....	39
Figura 3	Média histórica da precipitação na cidade do Rio de Janeiro nos intervalos de 1961 à 1993 e 2003 à 2012).....	40
Figura 4	Somatório da precipitação na cidade do Rio de Janeiro no ano de 2012.....	41
Figura 5	Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial.....	44
Figura 6	Dispositivos para remoção de materiais grosseiros.....	46
Figura 7	Desenho esquemático do sistema de coleta de água de chuva.....	48
Figura 8	Coletor de Águas de Primeiro descarte, com diferentes volumes de descarte inicial.....	50
Figura 9	Reservatório de auto-limpeza com boia de nível.....	51
Figura 10	Tipos de Reservatórios ou Cisternas.....	52
Figura 11	Área de estudo onde: (1) Mapa do Brasil; (2) Mapa da Cidade do Rio de Janeiro; (3) Bairro do Rio Comprido e bairros periféricos [tracejado de vermelho da esquerda para direita: Tijuca, Maracanã, Rio Comprido e Centro; (4) Localização do CAP UERJ e as vias Av. Paulo de Frontin e Vevd. Eng. Freyssinet.....	74
Figura 12	Colégio de Aplicação da UERJ – Cap UERJ.....	75
Figura 13	Distância entre CAP UERJ (1) e Estação Tijuca 4 (2).....	76
Figura 14	Planta baixa do CAP UERJ e Superfície de Captação das Águas Pluviais.....	78
Figura 15	Calhas e Condutores do Sistema de Captação de Águas Pluviais.	79

Figura 16	Tela de filtragem para separação de material grosseiro.....	80
Figura 17	Sistema de vedação do <i>First-Flush</i>	81
Figura 18	Reservatório de Armazenamento (RA).....	82
Figura 19	Média histórica mensal para precipitação na estação Tijuca 4.....	83
Figura 20	Pontos de Coleta.....	84
Figura 21	Controles da Sonda (1) e Sensores (2).....	85
Figura 22	Correlação entre os acumulados pluviométricos diários das estações Tijuca (Alerta Rio) e “83743” (INMET).....	88
Figura 23	Fluxograma da Metodologia de Trabalho.....	90
Figura 24	Média anual RJ x Altura pluviométrica anual Tijuca 4 – de 1997 a 2013.....	92
Figura 25	Média mensal RJ x Média mensal Tijuca 4 – 1997 a 2013.....	93
Figura 26	Correlação entre dias antecedentes sem chuva x condutividade na precipitação direta.....	98
Figura 27	Correlação entre dias antecedentes sem chuva x sólidos totais dissolvidos na precipitação direta (PD).....	99
Figura 28	Filtro First-Flush (FF). Foto antes e depois um evento Pluviométrico.....	101
Figura 29	Correlação entre Condutividade x Dias de Estiagem no (FF) para o cenário 01 (c/filtro).....	103
Figura 30	Correlação entre STD x Dias de Estiagem no (FF) para o cenário 01 (c/filtro).....	104
Figura 31	Correlação entre Condutividade x Dias de Estiagem no (FF) para o cenário 02 (s/filtro).....	105
Figura 32	Correlação entre STD x Dias de Estiagem no (FF) para o cenário 02 (s/filtro).....	105
Figura 33	Médias de condutividades no (FF) para as condições: seca, normal e úmida.....	106
Figura 34	Médias de STD no (FF) para as condições: seca, normal e úmida..	107

Figura 35	Correlação entre período de estiagem x condutividade no (RA).....	109
Figura 36	Correlação entre período de estiagem x sólidos totais dissolvidos no (RA).....	109
Figura 37	Médias de Condutividade no (RA) para as condições: seca, normal e úmida.....	111
Figura 38	Médias de Turbidez no RA para as condições: seca, normal e úmida.....	111
Figura 39	Médias de STD no (RA) para as condições: seca, normal e úmida.	112
Figura 40	Resultados para pH e os limites descritos nos marcos regulatórios	113
Figura 41	Resultados para Oxigênio Dissolvido e os limites descritos nos marcos regulatórios.....	114
Figura 42	Resultados para Turbidez e os limites descritos nos marcos regulatórios.....	115
Figura 43	Resultados para Sólidos Totais Dissolvidos e os limites descritos nos marcos regulatórios.....	116
Figura 44	Resultados para condutividade nos três pontos de coleta.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Marcos regulatório nas regiões Nordeste, Norte e Centro Oeste.....	33
Tabela 2	Marcos regulatório nas regiões Sul e Sudeste.....	34
Tabela 3	Marcos legais e limites relacionados ao aproveitamento de águas pluviais.....	38
Tabela 4	Resultado dos parâmetros analisados para água do Precipitação direta (PD).....	67
Tabela 5	Resultado dos parâmetros analisados para água do <i>First-Flush</i> (FF).....	67
Tabela 6	Resultados dos parâmetros analisados para água do Reservatório de Armazenamento (RA).....	68
Tabela 7	Correlação entre os dados pluviométricos, condição de umidade antecedente do solo e umidade relativa do ar entre as estações Tijuca (Alerta Rio) e Tijuca (Alerta Rio) e “83743” (INMET).....	88
Tabela 8	Médias mensais de precipitação (mm) do Sistema Alerta Rio – Estação Tijuca 4.....	91
Tabela 9	Representação dos dias de estiagem, intervalo amostrado, total acumulado (mm), dia da coleta e observações.....	95
Tabela 10	Dias de coleta, Total Precipitado nos 5 dias anteriores e a Condição de Umidade Antecedente.....	96
Tabela 11	Comparação entre condição de umidade antecedente dos solos, condutividade e STD em amostras de precipitação direta.....	98
Tabela 12	Tabela com resultados para precipitação direta.....	99
Tabela 13	Comparação entre condição de umidade antecedente, condutividade e STD em amostras de Fist-Flush.....	102
Tabela 14	Tabela com os resultados para <i>First-Flush</i>	107

Tabela 15	Comparação entre condição de umidade antecedente, condutividade e STD em amostras do Reservatório de Armazenamento.....	110
Tabela 16	Tabela com os resultados para Reservatório de Armazenamento...	112

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
1.1	Consumo de Água	23
1.2	Aproveitamento de Águas Pluviais	27
1.2.1	<u>Principais Aspectos a Serem Considerados</u>	27
1.2.2	<u>Marcos Regulatórios para Água de Chuva</u>	32
1.3	Índice Pluviométrico no Brasil e no Rio de Janeiro	39
1.4	Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações Escolares	41
1.5	Metodologias para Captação e Utilização de Águas Pluviais	43
1.6	Método do Soil Conservation Service (SCS) para determinação da umidade antecedente	57
1.7	Caracterização da Qualidade da Água Pluvial para Consumo Humano	59
1.7.1	<u>Parâmetros Físico-Químicos para a Análise da Água</u>	59
1.7.2	<u>Qualidade de Águas Pluviais para Aproveitamento</u>	62
2	METODOLOGIA	73
2.1	Área de Estudo	73
2.2	Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira	74
2.3	Índice Pluviométrico	75
2.4	Sistema de Coleta de Águas Pluviais	76
2.4.1	<u>Cálculo para Dimensionamento do Sistema de Captação de Águas Pluviais</u>	76
2.4.2	<u>Superfície de Captação (Telhado)</u>	77
2.4.3	<u>Sistema de Transporte das Águas Pluviais (Condutores e Calhas)</u> ...	78
2.4.4	<u>Reservatórios (<i>First-flush</i> e Armazenamento)</u>	80
2.5	Amostragem e Análise Qualitativa das Águas Pluviais	83

2.5.1	<u>Período de Amostragem</u>	83
2.5.2	<u>Pontos de Coleta</u>	84
2.5.3	<u>Sonda Multiparâmetros para análise Físico-Química</u>	85
2.5.4	<u>Método do Soil Conservation Service (SCS) para determinação da umidade antecedente</u>	86
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
3.1	Dados Pluviométricos	91
3.2	Dimensionamento do Reservatório de Armazenamento (RA)	93
3.3	Precipitação e período de estiagem	94
3.4	Análise da qualidade das águas pluviais de precipitação direta (PD)	96
3.5	Caracterização da água de <i>First-Flush (FF)</i>	100
3.6	Caracterização da água armazenada (RA)	108
3.7	Comparação da qualidade das águas pluviais entre os pontos analisados e perante os marcos legais	113
4	CONCLUSÕES	118
5	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	121
	REFERÊNCIAS	122
	APENDICE A - Relatório de Coleta para Águas Pluviais	131
	APENDICE B - Tabela do Excel para Armazenamento e Análise dos Dados de Coleta	132
	APENDICE C - Manual de Coleta	133

INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da espécie humana, principalmente depois da primeira revolução industrial, a sociedade humana passou demandar quantidades cada vez maiores de diversos elementos naturais. Porém, todo esse crescimento em muitas vezes não foi, é, ou será planejado de forma a mitigar os impactos que o homem pode causar ao meio ambiente. Logo, a falta de uma gestão mais consciente e eficiente destes recursos, provocou uma importante degradação dos mesmos ao longo do tempo. Dentre eles, a água provavelmente é um dos recursos que mais foram e são impactados por esse consumo desenfreado, uma vez que ela é utilizada em praticamente todas as atividades antrópicas.

Mesmo sendo a água um recurso abundante no planeta, ocupando 97% de sua superfície, apenas 3% dela apresenta-se em uma forma viável para o consumo humano. Logo, essa pequena porcentagem de água disponível para consumo direto do homem é a mais impactada pelas ações dessa espécie, provocando assim problemas relacionados a ela, como a escassez e poluição de fontes hídricas, em diversas regiões do planeta (EMBRAPA, 2011).

O Brasil encontra-se em uma posição relativamente confortável em termos de disponibilidade hídrica quando comparado a outros países do mundo. Porém, essa água não está distribuída de forma homogênea no território nacional, que concentra 80% de suas fontes hídricas na região norte do país (ANA, 2012). Quando comparamos a capacidade de armazenamento de água e a população de diferentes regiões hidrográficas (RH) do Brasil, fica mais evidente o desequilíbrio na distribuição da mesma no país. A RH do Tocantins-Araguaia possui uma capacidade de armazenamento de 115.798 hm³ e uma população de 8.572.716 habitantes enquanto a RH Atlântico Sudeste, uma das principais bacias de aporte de água para a região sudeste, apresenta uma capacidade de armazenamento de 10.504 hm³ e uma população de 28.236.436 habitantes. Logo, como o exemplificado, algumas regiões apresentam grandes demandas por água e pouca disponibilidade da mesma gerando com isso, problemas de escassez em diversas áreas do território nacional.

Diante do exposto, sobre a atual situação das águas no Brasil e no mundo, fica evidente a necessidade de encontrar soluções e medidas que façam com que os recursos hídricos destinados para o consumo humano sejam administrados de uma forma sustentável, possibilitando assim que as futuras gerações possam utilizar tais recursos em suas vidas.

Objetivando solucionar ou mitigar os problemas relacionados aos recursos hídricos, como a pouca disponibilidade de água potável associado à grande demanda por ela, é possível encontrar soluções que otimizem o uso deste recurso e os direcionem para atividades onde realmente são necessários. Uma das soluções para que nossas águas sejam melhor aproveitadas está em encontrar fontes alternativas para suprir tais necessidades. Dentre estas fontes, a que ganha cada vez mais importância, por ser amplamente estudada e estar disponível em grande parte do planeta, é a água pluvial, que aparece como importante trunfo na solução dos problemas relacionados a este recurso.

A utilização das águas pluviais como uma fonte alternativa frente aos recursos hídricos habitualmente utilizados, pode gerar alguns benefícios para o ambiente e a humanidade. A substituição, parcial ou integral, da água tratada por água de chuva é um exemplo de como o uso dessa fonte pode colaborar para a solução dos problemas relacionados a ela. Uma vez que as águas pluviais podem ser utilizadas em atividades onde não são necessárias águas com alto padrão de qualidade (como as águas tratadas para o consumo humano), espera-se uma menor pressão sobre os recursos hídricos naturais habitualmente utilizados, viabilizando assim uma maior economia destes mesmos recursos.

Porém, para que a captação e uso das águas pluviais seja viável, alguns fatores devem ser levados em consideração antes mesmo de sua utilização, independente para qual atividade a mesma seja destinada. O levantamento do histórico pluviométrico, consumo demandado e condições climáticas de uma determinada região estão entre os principais fatores que podem ou não viabilizar o aproveitamento da chuva em uma determinada área. Contudo, a caracterização da

qualidade destas águas é que vai determinar para quais atividades as mesmas podem ser destinadas.

A caracterização da qualidade das águas de chuva vem sendo determinada por diversos estudos ao redor do mundo, abrangendo assim as mais diferentes condições ambientais e climatológicas. Em seus resultados, como veremos no presente trabalho, a qualidade destas águas normalmente atende aos requisitos básicos para atividades não potáveis, tornando-a uma alternativa hídrica viável. Somando-se a isso, a análise da qualidade da água também pode indicar possíveis alterações da condição natural do ambiente como, por exemplo, a poluição atmosférica.

Além de indicar uma possível poluição atmosférica, a análise destas águas também pode indicar uma provável contaminação por agentes biológicos. Logo, o levantamento da presença de possíveis patógenos é de fundamental importância, uma vez que a água aparece como uma importante fonte disseminadora de doenças como hepatite, cólera entre outras patologias.

Vislumbrando as possibilidades positivas que o uso das águas pluviais podem trazer, o presente trabalho busca colaborar com diversos outros estudos ao redor do mundo sobre a mesma temática. Esta colaboração se dá através de estudos realizados na cidade do Rio de Janeiro, que buscam caracterizar a qualidade das águas de chuva de uma determinada região da capital fluminense, determinando assim, quais medidas devem ser tomadas para avaliar o potencial de aproveitamento para fins não potáveis em regiões densamente urbanizadas.

Problemática e Justificativa

O Brasil, em números totais, está bem colocado em relação à disponibilidade hídrica para seus habitantes. Para se ter uma ideia da capacidade brasileira, a Conjuntura de Recursos Hídricos 2012 (ANA, 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.

Todavia, esta vasta disponibilidade não se reflete para todo o território nacional. Para exemplificar, tomemos como 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 às 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 Saneamento (SNIS, 2011), 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.

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, temos a poluição como outro elemento que afeta a qualidade das águas, diminuindo assim sua disponibilidade. De acordo com o Índice de Desenvolvimento Sustentável 2012 (IDS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), o Rio Paraíba do Sul está na 9ª colocação da 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 tornem-se viáveis para o consumo humano.

Ao observar tal problema, fica evidente a necessidade de buscar soluções para mitigar ou até mesmo solucionar, de forma integral, as questões de racionalização das águas. Para isso, têm-se buscado fontes alternativas de água para atender à demanda requerida nas atividades não potáveis. Dentre as fontes mais pesquisadas na atualidade e com um uso já disseminado em alguns países do mundo, o aproveitamento das águas pluviais tem sido bastante estudado. Além da economia de água, o uso da chuva pode gerar uma grande economia para a população. Levando-se em consideração a média tarifária de R\$ 3,14 por m³ na cidade do Rio de Janeiro e o consumo per capita médio da cidade de 298,1 l/hab/dia, em um mês (30 dias) são gastos R\$ 28,08 per capita. Considerando-se que até 30% da água consumida em uma residência seja em atividades não

potáveis, o uso da água de chuva para essas atividades poderia gerar uma redução na fatura mensal per capita de R\$ 28,08 para R\$19,65.

Mesmo com um número crescente de estudos ao redor do planeta sobre as águas pluviais, buscando entender os fatores que influenciem na composição das mesmas, não é possível dar um veredito sobre a qualidade da água de chuva 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.

Com o objetivo de enriquecer o conhecimento dos fenômenos pluviométricos na cidade do Rio de Janeiro, mais especificamente no bairro do Rio Comprido (zona norte do capital fluminense) o presente trabalho estudou a qualidade das águas pluviais a partir de sua captação em área disponível pela cobertura da quadra poliesportiva. Este experimento está incluído no Projeto Manejo de Águas Pluviais (MAPLU) que visa no âmbito nacional apoiar iniciativas, estudos e pesquisas com soluções para uma melhor utilização das águas pluviais em todo o Brasil.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade qualitativa e operacional do aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis em edificações escolares.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar qualitativamente as amostras de águas pluviais dentro dos parâmetros específicos para: precipitação direta (PD), primeiro descarte (*First-Flush*) e água armazenada (RA);
- Verificar a interferência dos períodos de estiagem na qualidade das águas pluviais;
- Classificar as águas pluviais de acordo com as classes estabelecidas nos marcos regulatórios;
- Verificar como o filtro instalado no *first-flush* influencia na qualidade das águas pluviais.

Metodologia de Desenvolvimento da Pesquisa

A natureza da metodologia do trabalho foi de base investigativa e experimental. Foi desenvolvida através do levantamento de dados primários referentes aos índices pluviométricos da região estudada. Para este estudo, foi utilizado como objeto de estudo o Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira para verificar a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais na região onde esta instituição de ensino está inserida. Foram utilizados dados climáticos, tendo ênfase as alturas pluviométricas, e dados físicos (área de captação do telhado) do local estudado. A metodologia experimental abrangeu as análises físico-químicas utilizadas para avaliar qualitativamente as águas pluviais coletadas do

telhado do Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, no Rio Comprido, região urbana do município do Rio de Janeiro.

Estrutura da Dissertação

O presente trabalho está dividido em capítulos onde, no capítulo introdução, são abordados temas como: disponibilidade de água no planeta e os problemas a ela relacionado, problemática e justificativa do trabalho, os objetivos, natureza da metodologia do trabalho e a estrutura da dissertação.

O capítulo 1 descreve o comportamento do consumo de água no Brasil, residências e instituições de ensino. Ele também apresenta as vantagens, desvantagens, principais características de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais e os marcos regulatórios que abordam a temática no Brasil, estado e município do Rio de Janeiro. Este capítulo também levanta o índice pluviométrico distribuído pelo território brasileiro, as principais metodologias utilizadas para a captação e aproveitamento de águas pluviais e qual o quadro geral da qualidade destas águas pelo mundo.

O capítulo 2, METODOLIGIA, aborda as características da área urbana aonde está situada o Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, local selecionado para alocar as instalações do projeto. Neste capítulo é mencionada a metodologia utilizada tanto para a obtenção de dados pluviométricos da região estudada quanto para a obtenção das águas pluviais utilizadas para determinar a qualidade das chuvas nesta região. Três diferentes pontos foram analisados, através de parâmetros físico-químicos, com o intuito de verificar o comportamento da qualidade de águas durante o processo de captação destas águas, sendo eles: Precipitação Direta (PD), Primeiro Descarte ou *First-Flush* (FF) e Reservatório de Armazenamento (RA).

O capítulo 3, RESULTADOS E DISCUSSÃO, apresenta os dados obtidos durante o trabalho, discutindo-os de acordo com a literatura revisada e suas respectivas variantes.

No capítulo 4, CONCLUSÕES, trás as conclusões obtidas durante o trabalho.

O capítulo 5, RECONDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS, descreve algumas recomendações para a continuidade e melhoria do presente trabalho.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1. Consumo e Desperdício de Água

O Brasil, por sua grande extensão e população, caracteriza-se por ser um país que apresenta uma grande demanda de água. Essa demanda varia de região para região de acordo com: disponibilidade hídrica, qualidade das águas, demanda por água, população, atividade econômica predominante, dentre outros fatores. O estudo apresenta um panorama da situação do país, visando o entendimento de como o uso de águas pluviais pode ajudar na racionalização de um dos recursos naturais mais importantes para humanidade, a água.

A demanda de água no Brasil aumenta ano após ano e isso se dá por motivos como: crescimento populacional e econômico do país. Esse crescimento fica mais claro quando se analisa o Atlas Brasil de Abastecimento Urbano (ANA, 2010). De acordo com ele, a demanda por água no país em 2005 foi de 494 m³/s. A projeção que este estudo faz é que em 2015 essa demanda chegue a 570 m³/s, podendo chegar à 630 m³/s em 2025.

Quando se analisam os resultados por regiões, é possível verificar que a região sudeste (que concentra a maior atividade econômica do país e possui a maior população) é a que apresenta um maior valor no Brasil, com uma demanda de 247 m³/s em 2005. Como não poderia ser diferente, essa região acompanha a tendência nacional de aumento da demanda por água ao passar dos anos, com a expectativa de que ela chegue a 275 m³/s em 2015 e 298 m³/s em 2025 (ANA, 2010).

Na Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2012), o consumo pode ser dividido de acordo com o tipo demanda para qual foi requerido, sendo essas demandas: Urbana, Rural, Animal, Irrigação e Industrial.

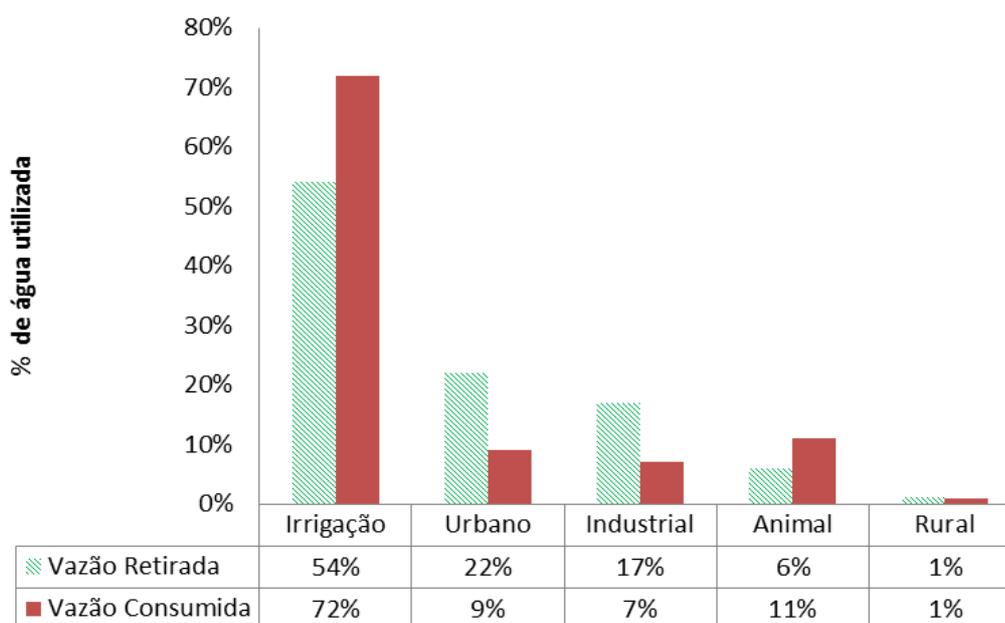


Figura 1: Gráficos demonstrando a parcela de cada setor econômico no total da vazão retirada e consumida no Brasil. (ANA, 2012).

Conforme ilustrado na figura 1, grande parte do consumo nacional é destinado para Irrigação (54% da vazão retirada e 72% da vazão consumida), sendo esta uma atividade que pode ser beneficiada com programas de aproveitamento de águas pluviais, o que quer dizer, com grande potencial de racionalização de água no país.

A conjuntura da ANA (2012) também revela uma diferença entre a vazão retirada (2.373 m³/s) e vazão consumida (1.212 m³/s) de 51%, que pode indicar uma perda durante o processo de consumo dos recursos hídricos, levando a um grande desperdício de água. Uma parte significativa deste problema pode ser explicado pelas perdas de água que acontecem durante sua distribuição pós-tratamento onde, no Brasil, em média 38,8% destas águas é desperdiçada em vazamentos, problemas de medição e ligações clandestinas (SNIS, 2011).

Outro indicador utilizado para mensurar a quantidade de água consumida por uma determinada população é o consumo per capita de determinadas regiões. No Brasil, a média para este consumo é de 162,6 l/hab/dia. Porém, ao se analisar cada região, esse consumo pode ser maior ou menor variando de acordo com alguns

fatores como: consumo da população, demanda industrial, consumo agrícola, entre outros (SNIS, 2011).

O alto consumo da região sudeste, com média per capita de 189,7 l/hab/dia, pode ser explicado pelo fato desta região possuir grande densidade demográfica, sendo Rio de Janeiro e São Paulo a segunda e terceira cidades mais densamente povoadas no Brasil, respectivamente (CESNSO, 2010). Com isso a demanda imposta pelo consumo destas regiões é muito alto o que, junto a uma relativa boa oferta de recursos, explica o perfil do consumo no sudeste.

Ainda dentro da região sudeste, mais especificamente no Rio de Janeiro, observa-se a maior média de consumo per capita no Brasil, sendo o consumo médio de 237,8 l/hab/dia. Em sua capital, o consumo atinge um valor de 298,1 l/hab/dia sendo maior do que a média estadual.

Consumo Residencial

Grande parte do consumo d'água requerido pelos mais diferentes tipos de construções (casas, empresas, indústrias e etc.), não necessita de águas com alto padrão de qualidade, como as que são destinadas à potabilidade.

Segundo Rocha & Barreto (1999) uma casa unifamiliar pode destinar até 27% de todo seu consumo diário, para fins que não necessitam de água enquadrada nos padrões de potabilidade vigente no Brasil. Dentre esses usos ele cita: bacia sanitária (5%), lavadora de roupas (11%), lavatório (8%) e tanque (3%).

Barreto (2008) também demonstrou em seu trabalho que um significativo percentual de água potável é utilizado para fins que não necessitam de uma água com um alto nível de tratamento, como as que são destinadas para nossas residências pelas concessionárias de água. De acordo com seu trabalho, 33,8% da água utilizada nas casas monitoradas pelo estudo era utilizada em atividades que não requeriam água potável para as mesmas.

Consumo em Instituição de Ensino

A análise do consumo de água em instituições de ensino é importante no entendimento do consumo de água de uma determinada região. Isso se deve ao fato destas instituições terem um consumo relativamente alto, em comparação a outras. Segundo Farina (2011), 20% do consumo de água da cidade de Bologna (Itália), é destinado para instituições de ensino, deixando estes estabelecimentos em segundo lugar na lista dos que mais consomem água na cidade, ficando atrás apenas do consumo demandado pela irrigação, com 30% do total.

Em estudo realizado por Fasola (2009), levantou-se o consumo de duas escolas do município de Florianópolis, SC (uma estadual e outra municipal). Obteve-se um consumo de 4,29 m³/dia na escola municipal e 6,14m³/dia na escola estadual. Pensando no uso de possíveis fontes alternativas de água para atividades não potáveis, também foram levantados os valores do consumo final de águas utilizadas em atividades não potáveis, ficando em 26% (municipal) e 74% (estadual) do consumo total das escolas. Ainda no mesmo estudo, constatou-se que o vaso sanitário é um dos maiores consumidores de água nestas instituições de ensino, sendo que sua representatividade foi de 20% e 30% nas escolas Municipal e Estadual.

O trabalho de Marinoski e Ghisi (2008), realizado no SENAI/Florianópolis, levantou o consumo local para avaliar o potencial de economia de água potável ao lançar mão do uso de águas pluviais. O consumo médio mensal no ano de 2007 ficou em 201,25 m³, custando em média R\$ 887,20 por mês. Do total de 201.250 L/mês consumidos pela instituição, 127.883 L/mês eram destinados para atividades não potáveis, representando 64% do consumo total. Assim como no trabalho anterior, o levantamento do consumo entre atividades e aparelhos do local de estudo apontou a bacia sanitária como atividade/aparelho que mais consome água, chegando ao consumo mensal de 120.494 L/mês.

1.2. Aproveitamento de Águas Pluviais

1.2.1 Principais Aspectos a Serem Considerados

Ao se pensar na água de chuva como uma fonte hídrica alternativa, alguns pontos devem ser levantados para que tal opção possa ser realmente levada em consideração. Assim como em outras fontes normalmente utilizadas, o aproveitamento de águas pluviais tem seus pontos positivos e negativos, tais como:

- ✓ Elevada disponibilidade de águas pluviais em grande parte do território nacional;
- ✓ Racionalização da água da rede pública, diminuindo assim os custos de tratamento das concessionárias e das mensalidades da população como um todo;
- ✓ A água de chuva tem como principal destino as atividades não potáveis como: lavagem de pisos, irrigação de jardins e uso em bacias sanitárias;
- ✓ Não utilizar água tratada (potável) para essas atividades, gerando economia;
- ✓ O fato da instalação do sistema não ser economicamente alta e sua manutenção não demandar muitos investimentos financeiros e de tempo, em grande parte das situações, o retorno do investimento inicial é garantido e não demanda muito tempo;
- ✓ A iniciativa de utilizar as águas pluviais pode servir como incentivo aos habitantes locais a participar de ações de racionalização pelo uso da água;
- ✓ O aproveitamento de águas pluviais beneficia tanto o viés econômico quanto o ambiental, pois sua utilização irá reduzir os custos da obtenção de recursos hídricos viáveis para o consumo e economizará um recurso tão escasso em todo planeta, a água;
- ✓ Como parte das águas de chuva fica retida em reservatórios, as mesmas não chegarão, durante um evento pluviométrico, à rede de drenagem urbana, reduzindo assim a possibilidade de enchentes, cheias e alagamentos;
- ✓ Os usuários de águas pluviais tornam-se menos dependentes das águas disponibilizadas pela rede pública.

Segundo o PROSAB (2006), o uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais atende ao princípio do saneamento ecológico, por ser, na essência, independente de um sistema centralizado além de possuir características próprias e individualizadas que irão atender à demanda de onde são instalados. A utilização destes sistemas promove a autossuficiência e contribui de forma relevante para a conservação da água como um todo.

O PROSAB (2006) também cita a importância da captação da água de chuva na economia de energia elétrica. Segundo estudos, do total de energia produzida, de 25% a 45% são destinadas para operações de sistemas de abastecimento de água.

No trabalho realizado pela United Nations Environmental Programme (UNEP, 2009), *“Rainwater harvesting: a lifeline for human wellbeing”*, outros pontos relevantes são levantados sobre a utilização desse recurso natural, principalmente quanto aos benefícios que o uso dessa fonte hídrica pode ter na relação homem - meio ambiente - economia, tais como:

- ✓ O uso de águas pluviais aprimora a produção agropecuária, uma vez que aumenta a disponibilidade de água durante períodos tipicamente mais secos;
- ✓ Com o aumento do uso da água de chuva, fornece-se um abastecimento de água adicional que, conseqüentemente, reduz a pressão por demanda em águas superficiais e subterrâneas;
- ✓ A armazenagem de águas de chuva cria uma reserva para períodos do ano onde as outras fontes de água podem estar escassas. Ou seja, cria-se um reservatório para situações “emergenciais”;
- ✓ O aproveitamento de águas de chuva serve como um importante mecanismo de adaptação às mudanças climáticas. Isso se deve a grande variabilidade pluviométrica causada pelas mudanças, exigindo medidas que possam conservar todo tipo de recurso hídrico;
- ✓ Em muitos casos, o aproveitamento da água de chuva atua no crescimento da equidade, equilíbrio entre as classes sociais e o capital social em uma comunidade;
- ✓ A maior disponibilidade de água proporcionada pelo aproveitamento da chuva, também melhora o saneamento doméstico e a saúde da população;

- ✓ Intervenções para captação de chuva aparecem como uma importante opção de recursos naturais no gerenciamento de água e terra, contribuindo para o bem estar humano e a produtividade dos ecossistemas;

Em países com maiores dificuldades financeiras, como alguns localizados no continente africano, a implementação técnica para captura e armazenamento de águas pluviais pode ser um fator primordial para o desenvolvimento humano nessas regiões. No trabalho de Zimmermann *et al* (2009) são levantados alguns aspectos relevantes para a implementação de tal sistema nestes países. Foi constatado que é fundamental analisar quais tipos de sistema (processo operacional, material utilizado, custo, etc.) se enquadram melhor em cada comunidade para, assim, facilitar as adoções e disseminação de tais técnicas para população. O subsídio financeiro, por parte de instituições como os bancos, é apontado como o fator mais importante para a viabilização dos projetos de aproveitamento de águas pluviais.

Segundo estudo realizado por Chiu *et al* (2009), foi revelado que para um aproveitamento economicamente viável da chuva, é necessário pensar em economia de água e energia em paralelo. Logo, o uso de água de chuva não só conserva outras fontes, hídricas como também é fundamental para a economia de energia.

Além da contribuição ambiental relacionada à economia de água, estudos como o desenvolvido por Kahinda, Taigbenu e Boroto (2010), desenvolvem metodologias para utilizar o sistema de captação de águas pluviais como uma ferramenta para o monitoramento das mudanças climáticas através da análise das variações pluviométricas de cada região.

As alterações climáticas segundo Youn *et al.* (2012), foram também apontadas como um dos fatores que devem ser levados em consideração no desenvolvimento dos projetos de captação e armazenamento de águas pluviais. Isso explica-se pelo fato das mudanças climáticas alterarem, em muitas regiões do planeta, o regime de chuvas. Isso pode influenciar, por exemplo, no prolongamento de períodos tipicamente mais secos.

Entretanto, apesar das vantagens da utilização das águas pluviais recolhidas, é importante um planejamento adequado para tal intervenção. Mesmo com o desenvolvimento de diversos estudos sobre o tema, alguns problemas ainda atrapalham na adoção de técnicas para captura de águas pluviais visando sua posterior utilização, Helmreich & Horn (2009) citam alguns desses problemas, como:

- ✓ Muitas vezes a tecnologia utilizada é inapropriada, não atendendo à demanda da região, ou ela é, ainda, muito dispendiosa para ser implementada;
- ✓ Frequentemente há pouca aceitação, engajamento e motivação da população que poderia usufruir desta medida;
- ✓ Os dados hidrológicos e outras informações importantes para um planejamento o mais fidedigno possível (levando em consideração as necessidades locais), desenvolvimento e implementação do sistema, não existem ou estão incompletos de região para região;
- ✓ Em muitos casos não é dada a devida atenção para aspectos socioeconômicos como o desemprego e a posse da terra;
- ✓ O fato da população ter um conhecimento defasado ou, até a mesmo, falta do mesmo sobre a captação e utilização da água de chuva, faz com que seus benefícios sejam inadequadamente explorados;
- ✓ Outro problema que contribui para a carência de um uso mais disseminado das águas pluviais é a falta, em muitos casos, de estratégias governamentais de amplo alcance para esta questão.

Todavia, os estudos sustentam a premissa de que o uso de fontes alternativas como águas pluviais são vantajosas em diversos aspectos. Tomaz (2003), assim como constatado por diversos estudos, diz que a economia de água pode chegar a 30% das águas retiradas da rede pública, quando aproveita-se as águas da chuva.

No Brasil esse consumo pode variar de acordo com as condições meteorológicas de região para região. Segundo Ghisi & Oliveira (2007), no setor residencial, é possível projetar uma economia de água potável em torno de 48% na

região sudeste e 100% na região norte. Quando analisado o estado de Santa Catarina, região Sul, a economia pode variar entre 34% a 92%. Com isso, a análise por caso irá sempre indicar quais as possíveis condições de economia em cada região.

Em Sant Cugat Del Vallès, cidade espanhola com um consumo per capita de água relativamente alto (161 litros per capita por dia), Domènech & Saurí (2011) chegaram à conclusão que com o aproveitamento de água pluvial pode-se atender 16% de toda demanda doméstica da cidade, assumindo um coeficiente de escoamento de 0.8. Ainda sobre a mesma temática, Abdulla e Al-Shareef (2009) afirmam que na Jordânia, estima-se que o potencial de economia de água potável possa variar de 0,27% para 19,7%.

Quanto à viabilidade do sistema, estudos apontam diferentes variáveis como principais fatores que influenciem diretamente neste quesito. No trabalho de Cheng & Liao (2009), concluiu-se que o fator chave para uma economia de água mais eficaz está no índice pluviométrico. Um projeto simples, para o sistema de captação de chuva, também é considerado relevante para a eficiência do sistema.

Ghisi & Oliveira (2007) verificaram que, em determinados casos, o retorno econômico não acontece da maneira idealizada, dependendo do consumo e da tarifa mínima cobrada em uma determinada região. Em um dos seus estudos de caso, eles verificaram que a concessionária da região cobrava uma tarifa mínima que permite as residências consumirem até 10 m³/mês. Caso a família tenha um consumo abaixo deste volume por mês, o sistema de captação de águas pluviais pode não representar uma economia na fatura da conta de água.

Unindo-se aos trabalhos supracitados, Farreney, Gabarrell e Rieradevall (2011) verificaram em suas pesquisas que um somatório de fatores influenciam no retorno econômico favorável, referente à implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial. Os autores constataram que o custo-benefício do aproveitamento de chuva está diretamente ligado à densidade populacional da localidade, padrão pluviométrico da região e a tarifa sobre o consumo de água. Essas três variáveis podem colocar em dúvida o retorno econômico. Porém, com a

diminuição da disponibilidade das águas para abastecimento humano, o viés ambiental deve ser a principal prerrogativa para a instalação de sistema de aproveitamento de águas pluviais, pois sua utilização tem como um dos principais objetivos a preservação de fontes hídricas usuais (rios, lagos, etc).

Semelhante ao demonstrado no trabalho anterior, Basinger, Montalto e Lall (2010) citam que a viabilidade técnica do sistema de captação de águas pluviais é determinada por alguns fatores, tais como: padrão da precipitação local, contribuição da área de captação, volume do tanque de armazenamento e a distribuição temporal da demanda de funcionamento.

1.2.2 Marcos Regulatórios para Água de Chuva

a) Marcos Regulatórios no Brasil

A implementação de sistemas de captação de águas pluviais, visando seu aproveitamento, ainda é incipiente no Brasil. Um dos primeiros passos que buscou regulamentar essa atividade foi O Código das Águas – Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934 (BRASIL, 1934). Com uma abordagem rápida sobre o tema em seu Título “V – Águas Pluviais” são citadas em quais situações essas fontes hídricas podem ser exploradas.

Seguindo com a mesma premissa de regulamentar o uso das águas pluviais, a ABNT NBR 15527: 2007 (Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos) estabelece algumas normas para a utilização dessas fontes hídricas. Nela estão determinados os pontos que devem ser levados em consideração para o dimensionamento do sistema de captação (como índice pluviométrico); estabelece normas a serem cumpridas como instalação do sistema de captação e do dispositivo para remoção de detritos; 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. Para que as águas consigam atingir uma melhor qualidade, este

documento também cita a necessidade da instalação de um dispositivo automático para o descarte das águas iniciais.

Já no âmbito regional, as tabelas 1 e 2 trazem alguns dos principais marcos regulatórios, vigentes ou em processo de aprovação, de alguns estados das regiões do território nacional. Como se pode observar, esses marcos legais ainda apresentam muitas lacunas com relação à regulamentação do uso das águas pluviais sendo, os pontos destacados, as partes mais específicas das respectivas leis.

NORDESTE			
Marco Regulatório	Município (Estado)	Ano	Principais Pontos
Lei municipal de nº17.081	Recife (PE)	2005	Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Determina a instalação de um sistema de captação de águas pluviais em atividades que não requerem o uso de água tratada.
Projeto de Lei nº016/2012	Lauro de Freitas (BA)	2012	Obriga a implementação de mecanismo de captação e armazenamento de chuva. Torna essa implementação um requisito fundamental para o licenciamento da construção. Essas águas deveram ser utilizadas em atividades não potáveis.
NORTE			
Marco Regulatório	Município (Estado)	Ano	Principais Pontos
Lei nº 1.611	Rio Branco (AC)	2006	Institui o Plano Diretor da Cidade. Em seu Art. 71º, diz que deverão ser previstos reservatórios de aproveitamento de águas pluviais no interior de empreendimentos, que ainda serão regulamentados por leis específicas.
Lei nº 1.192,	Manaus (AM)	2007	Cria o Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações – PRO-ÁGUAS. Incentiva a utilização das águas pluviais como fonte hídrica alternativa para atividades não potáveis. Ainda prevê incentivos para as construções já instaladas que queiram instalar tais sistemas.
Projeto de Lei Nº. 1.364	Amapá	2009	Busca criar Programa de Captação de Água da Chuva. Descreve de forma simples quais os tipos de instalações devem ser utilizados para a captação e uso das águas pluviais. Ainda fala que as águas deveram ser utilizadas para atividades que não requeiram água tratada.
CENTRO OESTE			
Marco Regulatório	Município (Estado)	Ano	Principais Pontos
Lei Complementar nº 155	Goiânia (GO)	2006	Descreve uma série de normas para a instalação do sistema de captação. Ainda diz que os projetos elaborados pela prefeitura deverão conter o sistema para aproveitamento da chuva em atividades não potáveis.
Lei Complementar nº 150/2010	Campo Grande (MS)	2010	Cria o Imposto Ecológico. Dentre os incentivos previstos pela lei, está o desconto de 4% no IPTU, para o contribuinte que adotar um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Tabela 1: Marcos regulatório nas regiões Nordeste, Norte e Centro Oeste.

SUL			
Marco Regulatório	Município (Estado)	Ano	Principais Pontos
Lei nº 10.785	Curitiba (PR)	2003	Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Para o licenciamento de novas obras torna-se obrigatório a inclusão do sistema de captação e aproveitamento pluvial nos projetos hidráulicos das novas construções.
Lei Ordinária, nº 10.506	Porto Alegre (RS)	2008	Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Descreve como uma das ações de reaproveitamento das águas a captação, o armazenamento e a utilização de água proveniente das chuvas.
SUDESTE			
Marco Regulatório	Município (Estado)	Ano	Principais Pontos
Decreto Estadual nº 48.138	São Paulo	2003	Decreta que as áreas externas de instituições com participação pública em sua administração, deverão limpar suas áreas externa usando apenas água de reuso ou outras fontes (como água de Chuva).
Lei Ordinária nº 9.242	Belo Horizonte (MG)	2006	Cria o Grupo Movimento das Águas. Visa capacitar e instrumentalizar os cidadãos com soluções de captação e uso de águas de chuva.
Lei Estadual nº 12.526	São Paulo	2007	Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Obriga a implantação de sistema para a captação e retenção de águas pluviais em lotes, edificados ou não, que tenham áreas impermeabilizada superior a 500m ² .
Lei Ordinária nº 7079/2007	Vitória (ES)	2007	Institui o Programa de Conservação, Redução e Racionalização do Uso de Água nas Edificações Públicas. Prevê como algumas ações para conservação de água como: captação, armazenamento e utilização de água provenientes das chuvas.

Tabela 2: Marcos regulatório nas regiões Sul e Sudeste.

b) Marcos Regulatórios no Rio de Janeiro.

O estado do Rio de Janeiro é historicamente bem servido de águas pluviais durante praticamente todo o período do ano. Já estão previstos em leis estaduais e municipais, as formas de gestão dos recursos hídricos provenientes dos eventos pluviométricos em todo o estado.

No âmbito estadual, a primeira tentativa de estabelecer marcos para o aproveitamento de águas pluviais, foi criada a Lei Estadual nº 4248, de 16 de dezembro de 2003 que, institui o programa de captação de águas pluviais no âmbito do Estado do Rio de Janeiro. Porém, é uma lei que não oferece diretrizes, normas e instruções de como devem ser as medidas para o uso de águas pluviais no estado.

Por sua vez, a lei nº 4393, de 16 de setembro de 2004, dá algumas providências como obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil de prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas pluviais. Além disso, diz em seu parágrafo 2º que, as águas pluviais devem ser destinadas para atividades secundárias como rega de jardins, limpeza de banheiros, limpeza de prédios entre outras.

No município do Rio de Janeiro, através da lei nº 3899, de 2 de março de 2005, estabelece nova destinação para as águas de chuva e servidas dos edifícios residenciais e dá outras providências. Ele afirma, em seu parágrafo 1º, que as águas de chuva devem ser coletadas, armazenadas e filtradas em uma cisterna, para posterior uso do condomínio. Nesta mesma lei são estabelecidos algumas diretrizes para o projeto, instalação e manutenção do sistema de captação de águas pluviais.

Outros marcos regulatórios com diretrizes semelhantes às leis anteriormente citadas, estão em vigor no estado do Rio de Janeiro porém, em nenhum deles, está previsto incentivos (de qualquer natureza) para a implementação deste tipo de medida ambiental e econômica. Com isso, o aproveitamento de águas pluviais no estado e cidade do Rio de Janeiro é pouco disseminado e até mesmo conhecido por grande parte da população.

Toda via, o município de Niterói através da Lei 2630, de 07/01/2009, estabelece normas e diretrizes mais específicas para o uso de águas pluviais. Nesta lei, assim como outras citadas anteriormente, diz que as novas edificações, com área impermeabilizadas maiores que 500 m², deverão ser dotadas de reservatórios de águas pluviais com a finalidade de acúmulo de águas pluviais para uso com fins não potáveis e/ou reservatório de retardo, destinados ao acúmulo de águas pluviais e posterior descarga na rede pública. A mesma lei, apresenta recomendações para a instalação e manutenção de tal reservatório.

Porém, o diferencial da Lei 2630 das outras leis se dá através da Lei 2856, de 25/07/2013, que estende as obrigações da Lei citada no parágrafo anterior. Com esta lei, fica obrigatório o a racionalização de águas através do reuso de águas, como as águas pluviais, em edificações com consumo maior ou igual a 20 m³ de

água por dia. Esta lei também estabelece alguns limites de qualidade, para parâmetros como: Turbidez, pH, Cor , Cloro Residual, Coliformes Totais e Termotolerantes, Sólidos Totais Dissolvidos e Oxigênio Dissolvido. Sendo assim, está lei, diferente das encontradas em outras cidades do Rio de Janeiro e do Brasil, trás com ela informações que permitem uma melhor utilização das águas pluviais.

c) Marcos regulatórios relacionados a qualidade das águas pluviais

Ao pesquisar sobre os marcos legais para águas pluviais no Brasil, é possível observar lacunas na definição de um padrão de qualidade para seu aproveitamento. Atualmente existem apenas recomendações e algumas leis municipais para captação, armazenamento, tratamento e uso dessas águas. Porém, para se ter um quadro geral da qualidade dessas águas, foram utilizados alguns destes marcos legais para caracterizar a qualidade destas águas e para quais atividades elas podem ser utilizadas. Para isso foram utilizados os padrões estabelecidos pela:

- > Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS);
- > Padrões de potabilidade da Organização Mundial da Saúde (OMS);
- > Resolução CONAMA 357/2005 (que classifica os corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento);
- > O manual de conservação e reuso da água em edificações da ANA;
- > A NBR-ABNT 15.527:2007 (Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos);
- > A resolução conjunta SMG/SMO/SMU 001/2005 do município do Rio de Janeiro, que disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto 23940/2004, que, apesar de tornar obrigatório apenas o retardo das águas pluviais, prevê a utilização dessas em usos não potáveis;

> Padrões estabelecidos pela Lei nº 2856, de 25/07/2011, que estende as obrigações da Lei nº 2630 (Disciplina os Procedimentos Relativos ao Armazenamento de Águas Pluviais para Reaproveitamento e Retardo da Descarga na Rede Pública.

Como a utilização das águas pluviais dispõe de uma legislação frágil para classificação de usos, foram selecionadas algumas classes dos marcos regulatórios disponíveis com o intuito de elaborar uma comparação/enquadramento de forma compatível para o uso das águas pluviais. Da CONAMA 357/2005 foram utilizadas as **Classe 2** de águas doces (águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca) e a **Classe 3** de águas doces (águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais). Do Manual da ANA foram selecionados as **Classes 1** (usos preponderantes basicamente em descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos), **Classe 2** (usos preponderantes associados à fase de construção da edificação: lavagem de agregado, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeira), **Classe 3** (uso preponderante na irrigação de áreas verdes e rega de jardins) e **Classe 4** (uso preponderante no resfriamento de equipamentos de ar condicionado).

A tabela 15 apresenta os limites por parâmetro de cada marco legal. Parâmetros como temperatura, potencial de oxirredução e condutividade não estão presentes na tabela pelo fato dos marcos regulatório não contemplarem tais parâmetros.

MARCOS REGULATÓRIOS	LIMITE POR PARÂMETRO			
	pH	Turbidez (NTU)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)
Potabilidade OMS	6,5 - 8,5	≤ 5,0	-	-
Portaria 2914/2011 (MS)	6,0 - 9,0	≤ 5,0	-	≤ 1000,0
CONAMA 357/2005 (Classe 2)	6,0 - 9,0	≤ 100,0	≥ 2,0	-
CONAMA 357/2005 (Classe 3)	6,0 - 9,0	≤ 100,0	≥ 4,0	-
NBR-ABNT 15.527:2007	6,0 - 9,0	≤ 5,0	-	-
Manual ANA (Classe 1)	6,0 - 9,0	≤ 2,0	-	≤ 500,0
Manual ANA (Classe 2)	6,0 - 9,0	-	-	-
Manual ANA (Classe 3)	6,0 - 9,0	≤ 5,0	-	450 - 1500
Manual ANA (Classe 4)	5,0 - 8,3	-	-	-
Resolução 001/2005 RJ	6,0 - 9,0	-	-	-
Lei nº 2856/2011 Niterói	6,0 - 9,0	≤ 5,0	≥ 2,0	≤ 200,0

Tabela 3: Marcos legais e limites relacionados ao aproveitamento de águas pluviais.

1.3. Índice Pluviométrico no Brasil e no Rio de Janeiro

Ao considerar a opção do uso de águas pluviais em atividades não potáveis, um dos fatores que devem ser considerados é o índice pluviométrico da região interesse. A figura 2, com exceção do trimestre que vai de Junho a Agosto, demonstra que em todos os períodos do ano temos uma boa distribuição de chuvas por todo o território nacional. As regiões norte e nordeste destacam-se por ser uma a região com maior média pluviométrica e a outra a menor média, respectivamente.

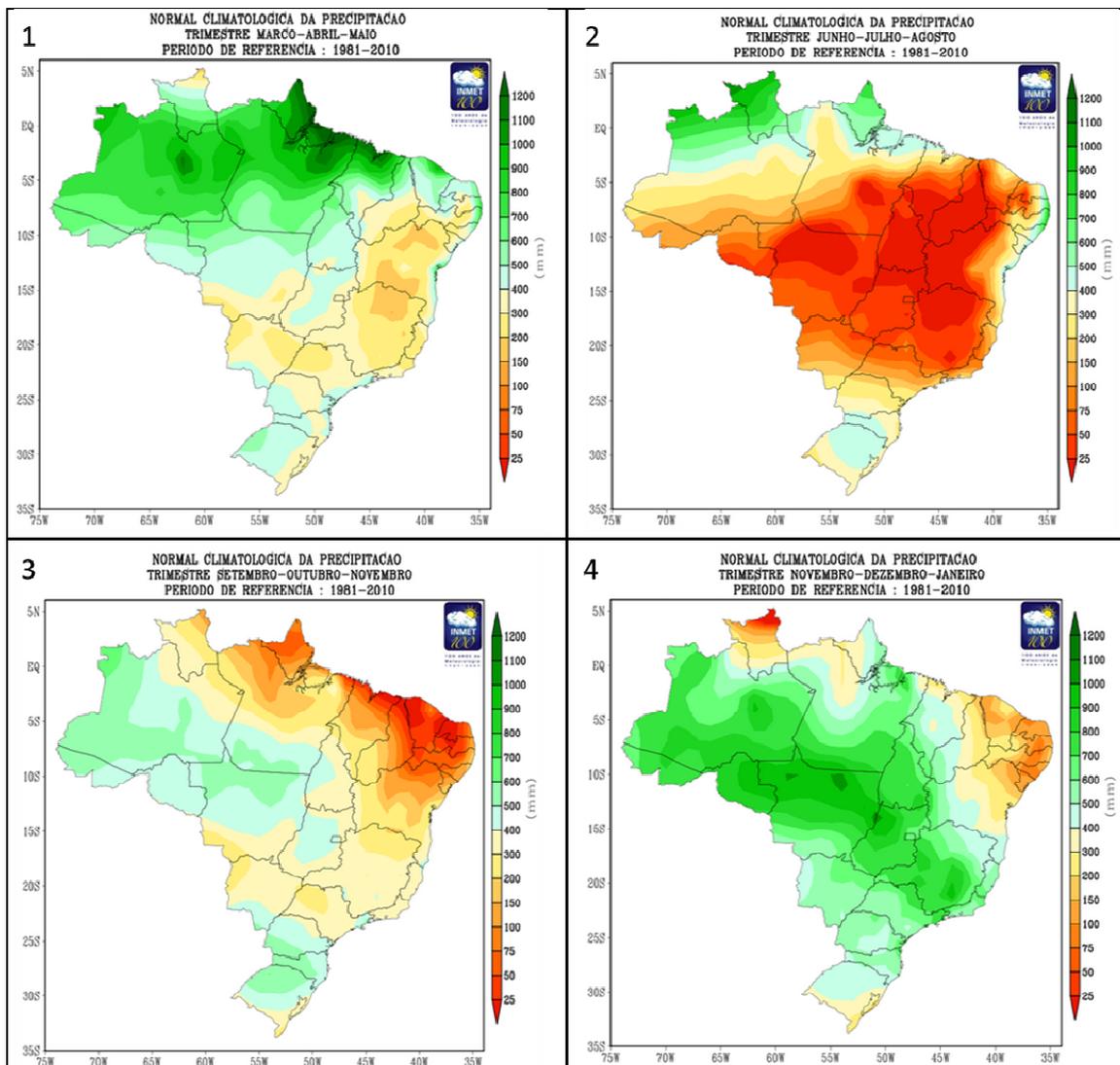


Figura 2: Normal Climatológico da Precipitação dos Trimestres: (1) Março, Abril e Maio; (2) Junho, Julho e Agosto; (3) Setembro, Outubro e Novembro; (4) Novembro, Dezembro e Janeiro. (Fonte: INMET, 2013)

Uma das vantagens para o aproveitamento de águas pluviais na cidade do Rio de Janeiro é a presença de chuvas em praticamente todo ano, com apenas um pequeno período de estiagem. A figura 3 demonstra o histórico da precipitação média na cidade.

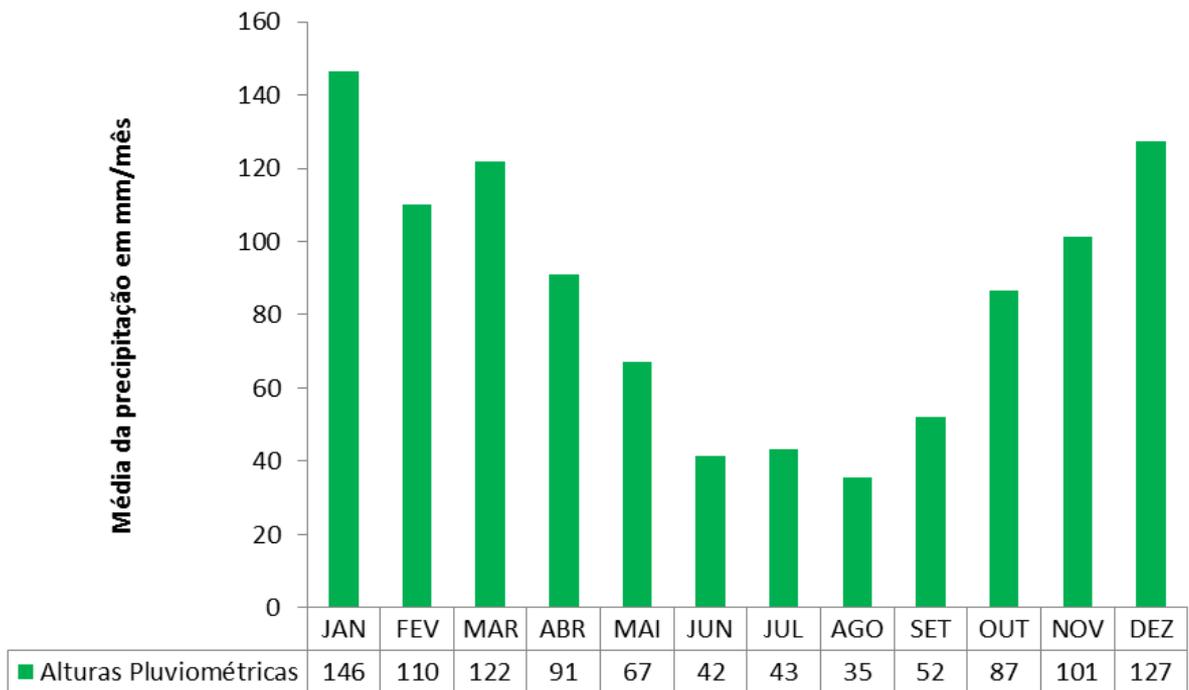


Figura 3: Média histórica da precipitação na cidade do Rio de Janeiro nos intervalos de 1961 à 1993 e 2003 à 2012. (Fonte: Dados da Rede do INMET).

Apesar de não acompanhar de forma fidedigna a tendência histórica observada na figura anterior, os acumulados mensais de precipitação apresentados na figura 4, demonstram que, apesar de um ano menos chuvoso, as precipitações se distribuíram de maneira mais homogênea durante o ano de 2012.

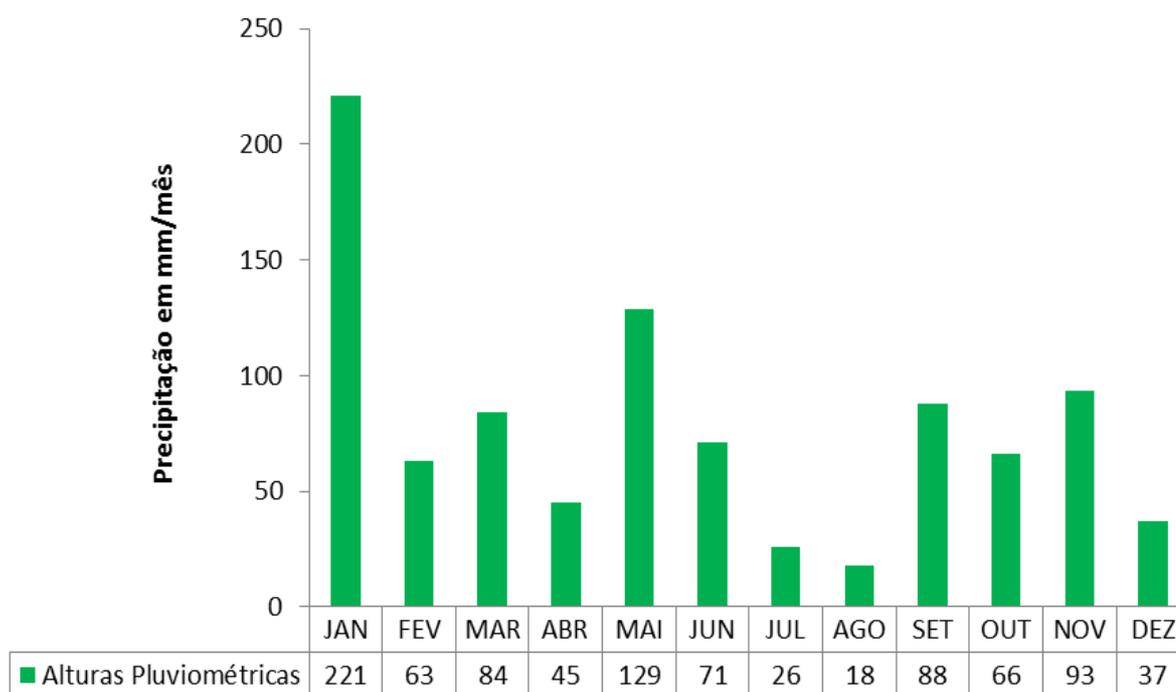


Figura 4: Somatório da precipitação na cidade do Rio de Janeiro no ano de 2012. (Fonte: Dados da Rede do INMET).

1.4. Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações Escolares

Cerca de 30% das águas utilizadas em residências unifamiliares, instituições de ensino e outros seguimentos, são utilizadas em atividades que não requerem águas de alta qualidade como as que são destinadas para atividades potáveis (Marinoski & Ghisi, 2008; Rocha & Barreto, 1999; Fasola, 2009). Esse capítulo irá apresentar o consumo de água em escolas e qual a importância que o aproveitamento de água de chuva pode ter em instituições de ensino.

Uma das formas de avaliar os benefícios da utilização de águas pluviais em instituições de ensino é determinar quanto é o consumo nestes locais. Segundo FARINA (2011), no município de Bologna (Itália), de 1194,19 m³ consumidos em um ano pela cidade, 259,463 m³ (20% do consumo total) foram utilizados por escolas deixando-as em segundo lugar no ranking do município, perdendo apenas para irrigação com seus 387,241 m³ (30%). O mesmo estudo demonstra que o consumo

de água cresce de acordo com a faixa etária que o colégio trabalha, sendo os colégios das fases mais iniciais de ensino os que mais consomem.

Além da faixa etária do colégio, como um dos fatores que podem influenciar em um maior consumo de água, outros dois fatores são fundamentais para o aproveitamento de água pluvial em instituições de ensino: área de captação e a quantidade de estudantes (WUNG *et. al*, 2006). Logo, as escolas com maior densidade de alunos irão demandar mais água do que as de menor densidade. E segundo os mesmos autores, e também de acordo com o constatado por Farina (2011), o uso da água de chuva pode ser mais bem explorado em escolas de ensino fundamental, uma vez que a faixa etária incluída nesse nível escolar costuma desperdiçar uma menor quantidade de água, fazendo com que as águas pluviais consigam atender a esta demanda com maior facilidade.

Pelo fato da área de captação e o número de estudantes interferirem diretamente na eficácia de um projeto de aproveitamento de águas pluviais é de fundamental importância verificar se a demanda será atendida caso a caso. Em um estudo realizado por Anand e Apul (2011), em Toledo (Ohio – EUA), constatou-se que o reservatório de aproveitamento de águas pluviais não foi o suficiente para atender à demanda de água em atividades não potáveis em um complexo escolar com 2.200 alunos, que consumia uma quantidade de água maior do que a armazenada no reservatório de águas pluviais, sendo necessária a utilização de água proveniente da rede pública de abastecimento para atender a tal demanda. Com isso, quando comparado ao modelo padrão, não se alcançou nesse caso uma relação custo benefício favorável, tendo-se um retorno previsto para apenas 50 anos depois do investimento inicial.

Porém, a utilização de água pluvial em escolas pode ter um viés educacional mais importante até mesmo do que o econômico. Furamai (2008) diz que o uso de águas pluviais pode servir como uma relevante ferramenta de educação ambiental, uma vez que ela funciona como um exemplo presente no cotidiano dos alunos do uso sustentável da água em meios urbanos, tornando-os cidadãos mais conscientes sobre a temática ambiental.

Sendo assim, o investimento na captação da chuva, aproveitamento da mesma e sua utilização em redes de ensino fundamental são muito importantes. Cheng & Hong (2004), falam sobre a importância destas escolas de ensino fundamental, onde dizem que são uma importante fundação da nação e têm grande interferência no desenvolvimento da sociedade. O suprimento e utilização de água nas escolas afetam diretamente a saúde das crianças em processo de aprendizagem. Estes autores também citam que um grande volume de água usada na escola pode ser causado por uso impróprio ou por desperdício. Entretanto, um baixo uso da água pode não ser condizente com princípios de saúde e saneamento. Logo, um planejamento adequado do uso de água nas escolas (lançando mão de fontes como a água de chuva) irá contribuir na economia das mesmas e para o meio ambiente, uma vez que os recursos hídricos serão utilizados de uma forma mais consciente evitando-se o desperdício destes.

1.5 Metodologias para Captação e Utilização de Águas Pluviais

As águas pluviais captadas para um posterior aproveitamento devem apresentar um padrão de qualidade adequado para as atividades que serão destinadas, mesmo que não sejam para fins potáveis. Para isso, o sistema de captação deve garantir que essas águas sejam captadas, transportadas e armazenadas de forma que sua qualidade não seja afetada de forma negativa. Sendo assim, todo o sistema deve ser projetado pensando em atender à demanda local e a manter um bom padrão de qualidade.

As águas de chuva são coletadas em superfícies impermeáveis como: telhados, pátios ou áreas de estacionamento. Logo em seguida, essas águas são encaminhadas para reservatórios de acumulação.

Posteriormente, a água deve passar por unidades de tratamento para atingir os níveis de qualidade correspondentes aos usos estabelecidos em cada caso.

A NBR-15527 (Água de chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis- Requisitos) dá as diretrizes para a instalação do

sistema de águas pluviais, informando como devem ser cada um dos componentes de um sistema de captação e suas respectivas NBR's, como: calhas e condutores horizontais e verticais (NBR10844 – Instalações Prediais de Águas Pluviais), dispositivo para remoção de detritos (NBR 12213 – Projeto de superfície para abastecimento público) e os Reservatórios (NBR 12217 - Projetos de reservatório de distribuição de água para abastecimento público).

Conforme apresentado no manual da ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005), são fundamentais as seguintes etapas, como a metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial (Figura 5):

- ✓ determinação da precipitação média local (mm/mês);
- ✓ determinação da área de coleta;
- ✓ determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- ✓ caracterização da qualidade da água pluvial,
- ✓ projeto do reservatório de descarte;
- ✓ projeto do reservatório de armazenamento;
- ✓ identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- ✓ estabelecimento do sistema de tratamento;
- ✓ projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.).

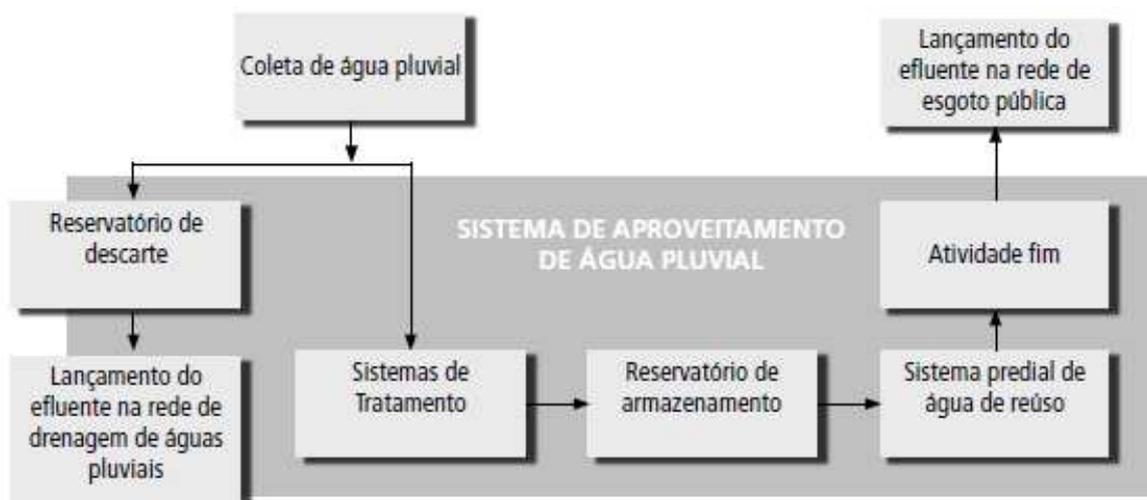


Figura 5: Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial. (Fonte: ANA, FIESP & SindusCon-SP,2005).

A precipitação média local deve ser estabelecida em função de dados mensais observados, preferencialmente na escala local, devido à dispersão regional dos índices pluviométricos variarem consideravelmente de local para local.

Superfície de Captação

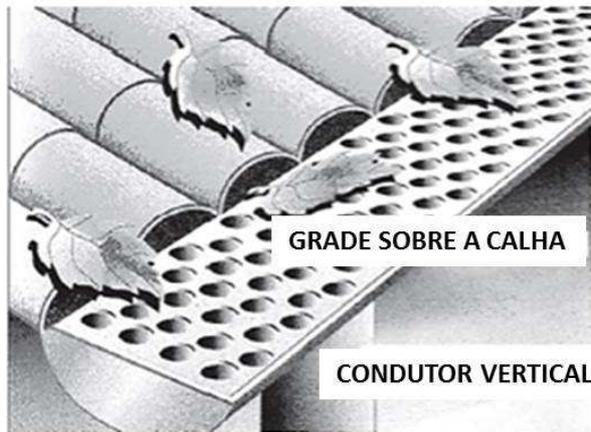
Dentre as áreas mais utilizadas para a captação de águas pluviais encontram-se as superfícies do solo e de telhados como as mais empregadas para esta finalidade. Porém, os telhados são mais utilizados e normalmente apresentam águas com maior qualidade quando comparadas as captadas no solo. Basicamente, dois fatores influenciam diretamente na qualidade das águas pluviais quando essas atingem o telhado: o tipo de material e a inclinação dos mesmos.

No documento do PROSAB (2006), os telhados podem ser compostos por diversos materiais como: telha cerâmica, fibrocimento, zinco, aço galvanizado, plástico, vidro, acrílico, ou ainda concreto armado ou manta asfáltica. Os telhados podem ser inclinados, pouco inclinados ou planos. O tipo de revestimento interfere no sistema de aproveitamento de água de chuva, devendo-se dar preferência, quando for o caso, para os de menor absorção de água, ou seja, as telhas que tenham um coeficiente de escoamento (C) maior, para minimizar as perdas, uma vez que nem toda água precipitada é coletada. Este escoamento superficial resultante, também conhecido como “coeficiente de Runoff”, é o quociente entre a água que escoar superficialmente pelo total da água precipitada. Esta ‘perda’ de água de chuva a ser considerada é devida à limpeza do telhado, à perda por evaporação, às perdas na autolimpeza, entre outras causas.

Remoção de Materiais Grosseiros

Antes de essas águas serem encaminhadas para os devidos reservatórios, recomenda-se a retirada de alguns materiais grosseiros que podem interferir na qualidade das águas e no funcionamento pleno do sistema, como: folhas, gravetos,

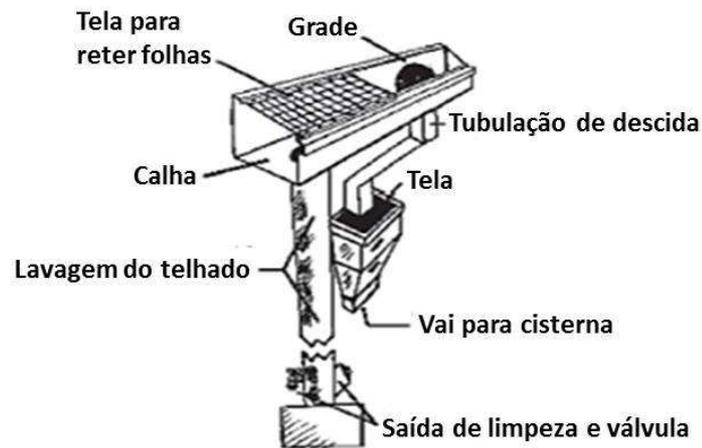
pedras, insetos e outros. Isso pode ser feito de forma simples, com a instalação de grades e telhas como ilustrado na figura 6.



a) Grade instalada nas calhas



b) Grelha para saída da calha



c) Sistema para retirada de materiais grosseiros

Figura 6: Dispositivos para remoção de materiais grosseiros (Fonte: Adaptado de Texas Guide to Rainwater Harvesting, 1997).

Ao se implementar essas telhas, se espera que ocorra um acúmulo dos materiais grosseiros aos quais as mesmas estão dispostas a reter. Logo, a manutenção e limpeza dos mesmos devem ser periódicas evitando o entupimento dos condutores de água, a fim de manter um funcionamento pleno do sistema de captação.

Calhas e Condutores

Conforme informa a NBR 10844 (Instalações Prediais de Águas Pluviais), as calhas devem ser feitas de chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.

Os condutores verticais e horizontais devem ser empregados tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro.

A mesma NBR, ainda diz que essas calhas e condutores devem permitir a limpeza e desobstrução de qualquer ponto no interior da instalação, impedindo que o sistema seja obstruído.

Descarte da Primeira Água ou *First-Flush*

Ao iniciar-se um evento pluviométrico, ocorre, a partir dos primeiros volumes de chuva, a limpeza atmosférica e das superfícies de captação. Sendo assim, essa chuva inicial, por ser mais poluída, deve ser descartada para que as águas destinadas para consumo apresentem a melhor qualidade possível. O reservatório de descarte destina-se à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação. Os volumes são determinados em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação, que ocorrem após diferentes períodos de estiagem.

Para atender a esse propósito, de armazenar temporariamente e posteriormente descartar os primeiros volumes de chuva, várias técnicas são utilizadas. No estudo realizado por Dacach (1990), utilizou-se um tonel de primeiro descarte, com capacidade para 50 litros que funcionava da seguinte forma: a água de chuva coletada pelo telhado passava pelas calhas e descia através de um condutor vertical chegando até o tonel que realizava o primeiro descarte, que tinha

um pequeno orifício (diâmetro de 0,5 cm) na parte inferior. Este orifício funcionava como um regulador de vazão, pois à medida que a água de chuva chegava ao tonel era descartada com uma vazão menor que a de entrada, fazendo com que o nível de água no tonel aumentasse gradativamente. Após o preenchimento do tonel de primeiro descarte, a água chegava até uma tubulação que a encaminhava as águas pluviais para o reservatório.

No trabalho de Valle *et al.*(2005) foi utilizado um sistema modificado dos condutores verticais. Nesse sistema a água captada no telhado escorre para as calhas até chegar ao condutor vertical. No final deste condutor existe uma derivação, que leva a água para o sistema de descarte. Ao se preencher esse sistema de descarte (com capacidade de 20 litros) a derivação encaminha água pluvial para a caixa de detenção (reservatório) que pode armazenar 1000 litros. Pelo fato deste trabalho também avaliar a qualidade de água do sistema de descarte, a água retida no mesmo foi descartada ao término da amostragem de cada evento pluviométrico, assim como na caixa de detenção (Figura 7).

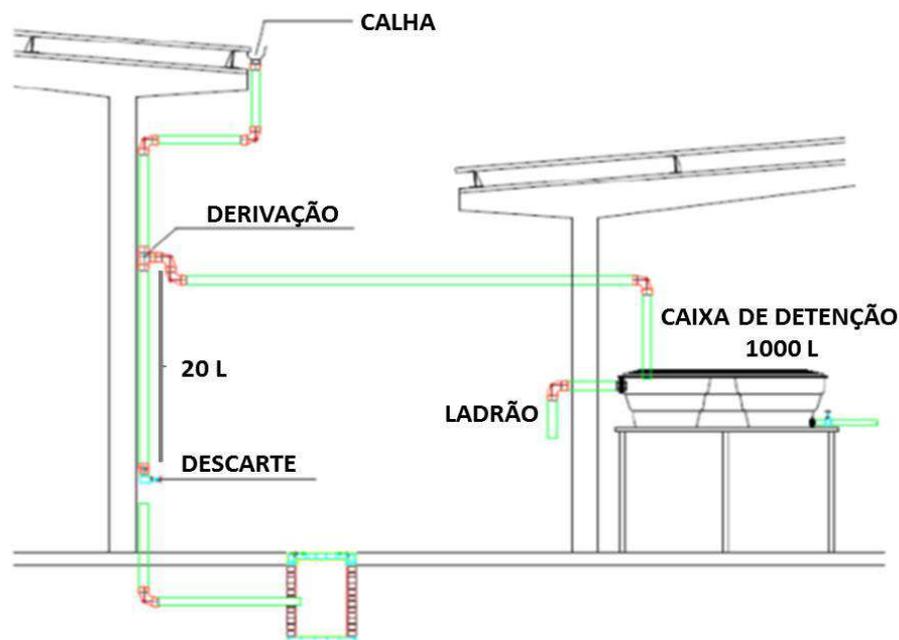


Figura 7: Desenho esquemático do sistema de coleta de água de chuva (Fonte: Valle, 2007).

Em duas pesquisas realizadas na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) na cidade de Vitória (PROSAB, 2006) e pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ (PEIXE, 2012) estudaram-se de três a quatro volumes de primeira chuva a serem descartados, sendo eles 0,5mm, 1,0mm e 1,5 mm (UFES) e 0,5mm, 1,0mm, 1,5 mm e 2,0 mm (UERJ) de primeira chuva, caracterizando assim, um volume crescente de descarte. Ambos os sistemas funcionavam de forma similar onde, a água da chuva, após passar por um filtro de tela auto-limpante, era direcionada, primeiramente, ao Reservatório de Eliminação de Primeira Chuva (REPC), cujo nível era regulado através de uma corda amarrada a uma bola leve, capaz de flutuar. Na parte superior do REPC instalou-se uma válvula de fechamento e direcionamento de fluxo, que era acionada quando a chuva atingia o volume determinado no interior do reservatório. Ao atingir o volume estabelecido no interior do reservatório, a bola flutuava acionando assim a válvula de fechamento e direcionamento de fluxo (válvula de retenção), fazendo com que a chuva passasse a seguir para o Reservatório de Armazenamento Final (RAF). Desta forma, com esta válvula, foi possível garantir que a primeira chuva não entrasse em contato com a chuva mais limpa a ser armazenada no RAF. A figura 8 mostra a foto do sistema utilizado no trabalho realizado pela UERJ.



Figura 8: Coletor de Águas de Primeiro descarte, com diferentes volumes de descarte inicial. (Fonte: Peixe, 2012)

Outra forma de descarte das chuvas iniciais é utilizando reservatórios de autolimpeza com torneira e boia. Ao chegar no nível pré-estabelecido a boia fecha o reservatório do primeiro descarte, retendo assim os volumes iniciais. Posteriormente a água é encaminhada para um reservatório de armazenamento. Importante salientar que, nesse sistema, assim como nos outros descritos anteriormente, é importante abrir o reservatório do primeiro descarte após o término de cada evento pluviométrico, para que retorne as condições iniciais de funcionamento. O esquema representado na figura 9 demonstra o tipo de reservatório citado.

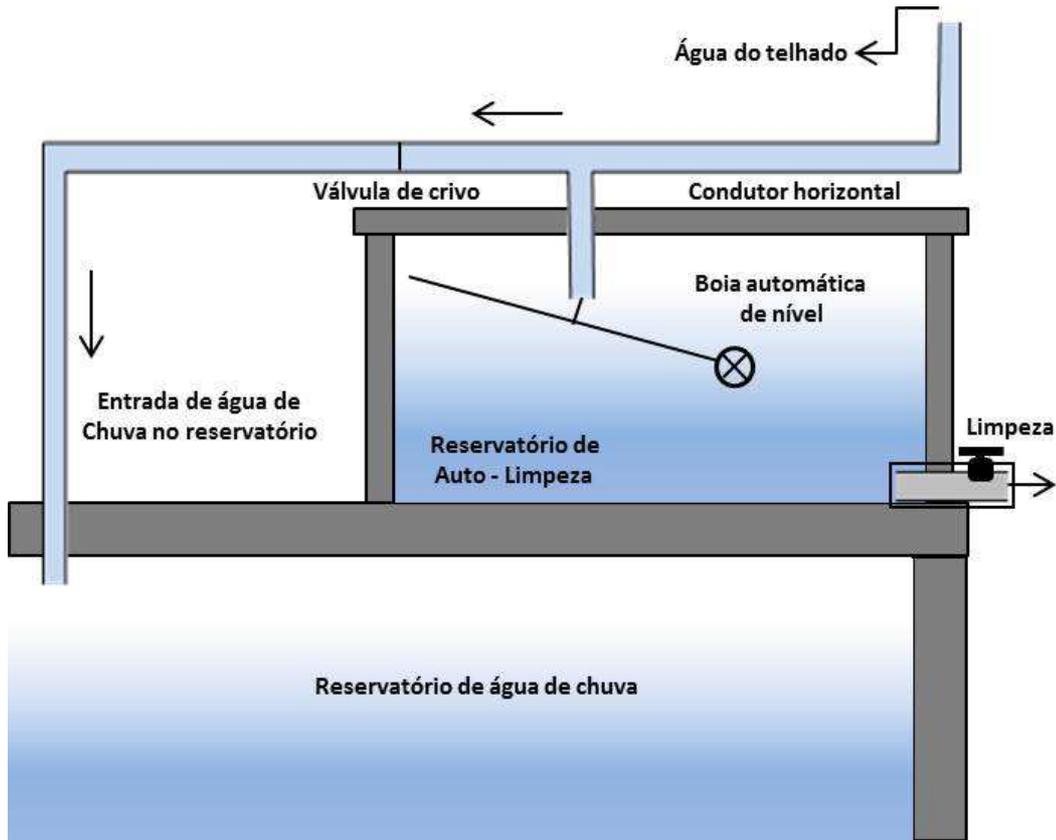


Figura 9: Reservatório de auto-limpeza com boia de nível. (Fonte: Próprio Autor).

Em alguns casos, o dimensionamento do sistema de descarte pode ser feito utilizando-se uma regra prática. Por exemplo, na Flórida (EUA), para cada 100 m² de área de telhado, descarta-se 40 litros, ou seja, 0,4 l/m², entretanto, no Brasil, mais especificamente na região de Guarulhos usa-se 1,0 l/m² ou 1 mm de chuva por metro quadrado (TOMAZ, 2003).

Porém, na NBR 15527 (Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos), recomenda-se que o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista. Se não houver dados suficientes para tal cálculo, se recomenda o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

Reservatórios

Após o descarte dos primeiros volumes de águas pluviais, o restante das águas provenientes do evento pluviométrico é encaminhado para o reservatório de armazenamento e lá ficam retidas, tendo a possibilidade de serem utilizadas posteriormente.

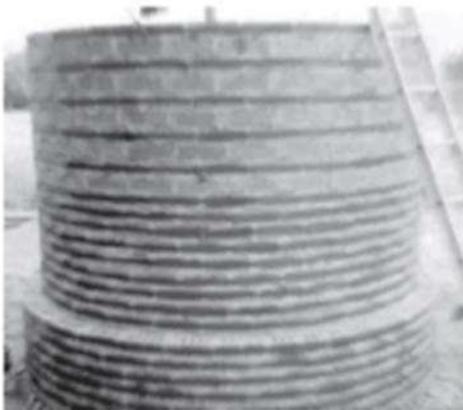
O reservatório pode estar apoiado, enterrado ou elevado. Podem ser de concreto armado, alvenaria, plástico, poliéster, etc. Sendo assim, o tipo de reservatório irá influenciar na composição da água armazenada (TOMAZ, 2006).



a) Cisterna em polietileno



b) Cisterna metálica



c) Cisterna em alvenaria



d) Cisterna de placas no semi-árido

Figura 10: Tipos de Reservatórios ou Cisternas. (Fonte: PROSAB, 2006)

Dimensionamento do Reservatório

Quanto ao seu dimensionamento, os volumes são calculados em base anual, considerando-se o regime de precipitação local e as características de demanda específica de cada edificação. Dentre os cálculos utilizados citam-se os mais utilizados: método de Rippl (demanda constate e chuvas mensais), Método da Simulação, Método de Azevedo, Método prático Alemão, Método prático Inglês, Método prático Australiano, etc (ABNT, 2007).

O **Método de Rippl** determina o volume do reservatório a partir da área de captação, índices pluviométricos locais (através do coeficiente de escoamento) e atendimento da demanda de ou vazão de consumo, podendo ser ela constante ou não. Neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias.

A equação (1) consiste em:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (1)$$

$$Q_{(t)} = C * \text{precipitação de chuva (t)} * \text{área de captação}$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0$$

Sendo que $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Sendo:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

No **Método de Simulação** a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação (2) da continuidade a um reservatório finito:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (2)$$

$$Q_{(t)} = C + \text{precipitação de chuva (t)} \times \text{área de captação}$$

Sendo que: $0 \leq S_{(t)} \leq V$

sendo:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t ;

$D_{(t)}$ é consumo ou demanda no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

O **Método de Azevedo Neto** considera que o volume do reservatório é igual a 4,2% do produto da precipitação média anual pela área de captação e pela quantidade de meses de seca ou pouca chuva. Para esse cálculo é utilizada a equação (3):

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (3)$$

sendo:

P = é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T = é o valor do número de meses de pouca chuva ou seca;

A = é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V = é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

O Método **Prático Alemão** é empírico. O menor valor do volume de um reservatório (6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável é dado pela equação (4).

$$V \text{ adotado} = \text{mín}(V; D) \times 0,06 \quad (4)$$

sendo:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, em litros (L);

D é o valor numérico da demanda anual de água não potável, em litros (L);

V adotado é o valor numérico do volume de água do reservatório, em litros (L).

O outro método utilizado para estimar o dimensionamento do reservatório, **Método Prático Inglês**, consiste em considerar o volume do reservatório como sendo 5% da água da chuva coletada nas áreas de captação, conforme a equação (5):

$$V = 0,05 * P * A \quad (5)$$

sendo:

P= é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A= é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V= é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

Por fim, o **Método Prático Australiano** se obtêm o volume de chuva a partir da equação (6):

$$Q = A * C * (P - I) \quad (6)$$

sendo:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P é a precipitação média mensal;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A é a área de coleta;

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

O dimensionamento do reservatório é feito por tentativas até que sejam utilizados valores otimizados de confiança, com a equação (7):

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (7)$$

sendo:

V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t;

V_{t-1} é o volume de d'água que está no tanque no início do mês t;

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

D_t é a demanda mensal.

Os métodos descritos anteriormente estão todos descritos na NBR 15527 (Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos), que trata do dimensionamento de reservatórios de águas pluviais. Toda via, as metodologias contidas nesta norma são compatíveis principalmente para a regularização de vazões (tradicionalmente utilizados para o dimensionamento de reservatórios para abastecimento público ou geração de energia) e não para o aproveitamento de águas pluviais (MIERZWA *et al*, 2007).

O método estudado por Mierzwa *et al* (2007) explora o conceito do máximo uso de água pluvial na estação chuvosa. Assim, demonstrou-se que é possível obter um maior aproveitamento das águas pluviais. O dimensionamento do reservatório, utilizando essa metodologia, se dá através uma simulação de vazões de entrada e de demandas diárias, de acordo com a área de contribuição (cobertura) e com o índice pluviométrico da região.

O volume de precipitação diária, vazão de entrada, é calculado utilizando-se a equação (8):

$$V_p = \frac{A * P}{1000} \quad (8)$$

sendo:

V_p = Volume de precipitação interceptado (m^3);

P = Precipitação (mm);

A = Área de captação (m^2).

Posteriormente, levanta-se o volume de água potencialmente aproveitado em função da capacidade do reservatório e da demanda de água, baseando-se no balanço diário de vazões no reservatório, conforme a equação (9):

$$\frac{dV}{dt} = V_p * C_e - Demanda \quad (9)$$

sendo:

$\frac{dV}{dt}$ = variação de volume no reservatório de armazenagem com o tempo;

V_p = volume de precipitação diário interceptado;

C_e = Coeficiente de aproveitamento de água interceptada;

Demanda = Demanda de água exercida (m^3).

1.6. Método do Soil Conservation Service (SCS) para determinação da umidade antecedente

O SCS é um método utilizado para calcular a precipitação efetiva (TUCCI, C. E. M *et al*, 2004). A partir das perdas iniciais, precipitação total e capacidade de armazenamento no solo. A precipitação efetiva é calculada pela equação (10):

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \Rightarrow P_e = \frac{(P - 0.2 \cdot S)^2}{(P + 0.8 \cdot S)} \Rightarrow \quad (10)$$

sendo:

P_e = Precipitação Efetiva (mm)

P = Precipitação (mm)

S = Capacidade de Armazenamento do Solo (mm)

I_a = Abstração Inicial

A capacidade de armazenamento do solo (S) é determinada em função do grupo de solo (A, B, C ou D), da umidade antecedente e do uso do solo através da equação (11):

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (11)$$

sendo:

S = Capacidade de Armazenamento do Solo (mm)

CN = Valor da curva número e é função do grupo de solo, umidade antecedente e uso do solo.

O método do SCS distingue em seu método 5 grupos de hidrológicos de solos, sendo eles.

Grupo A: Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a 8 %.

Grupo B: Solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menor teor de argila total, porém ainda inferior a 15 %.

Grupo C: Solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30 % mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidades de 1,2 m.

Grupo D: Solos argilosos (30 – 40 % de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50 cm de profundidade.

Grupo E: Solos barrentos como C, mas com camada argilosa impermeável ou com pedras.

Para a condição de Umidade Antecedente do Solo, o método prevê três condições de umidade antecedente do solo em função da chuva ocorrida nos dias anteriores (Condições de Umidade Antecedente do Solo I, II e III), e corrige os valores do parâmetro CN para estas condições:

$$1. \text{ Condição I (Seca: } P_{5 \text{ dias}} < 13 \text{ mm) } \rightarrow \text{CN(I)} = 4,2 \cdot \frac{\text{CN(II)}}{10 - 0,058 * \text{CN (II)}} \quad (13)$$

2. Condição II (Normal: $13 < P_{5 \text{ dias}} < 53 \text{ mm}$)

$$3. \text{ Condição III (Úmida: } P_{5 \text{ dias}} > 53 \text{ mm)} \rightarrow \text{CN(III)} = 23 \cdot \frac{\text{CN(II)}}{10 - 0,13 + \text{CN (II)}} \quad (14)$$

A CN de condição II adotado para Utilização ou Cobertura de Solo em lotes de Zonas Residenciais com 2000 m² é igual a 70, de acordo com a tabela do método SCS.

1.7. Caracterização da Qualidade da Água Pluvial para Consumo Humano

Ao analisar a qualidade das águas pluviais, deve-se levar em consideração fatores como localização geográfica, condições meteorológicas, presença ou não de vegetação nos arredores e a carga poluidora presente na atmosfera, que interferem diretamente na qualidade da água que será captada (PROSAB, 2009).

Para que as águas de chuva possam ser melhor caracterizadas, quanto a sua qualidade, é importante dividi-las em três etapas: chuva atmosférica, chuva após a passagem pela área de captação e chuva armazenada na cisterna ou reservatório. Essa divisão é relevante, pois, cada uma dessas fases é afetada por fatores ambientais, de diferentes formas (PROSAB, 2006).

1.7.1. Parâmetros (Físico-Químicos) para a Análise da Água

Alguns parâmetros devem ser levados em consideração para se definir a qualidade das águas pluviais. 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.

Físico-Químicos

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 pluviais, o valor do pH das chuvas pode produzir o efeito da chuva ácida. A chuva ácida, principalmente associada a 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; na distribuição de nutrientes no solo; na fisiologia de animais aquáticos; na destruição de colheitas entre outros efeitos. Baird (2011) reportou valores de pH na Escócia, bem baixos, iguais a 2,4. Outras regiões como Europa, incluindo Reino Unido, com pH atingindo a faixa entre 4,0 – 4,5 e a Califórnia (EUA) sofrem constantemente com esse fenômeno ambiental (BAIRD, 2011).

Outro parâmetro muito utilizado para medir a qualidade da água é o **Potencial de Oxirredução (ORP - Oxidation Reduction Potential)**. O potencial de oxirredução é a tendência que os elementos químicos têm de receber elétrons de outros elementos químicos sendo assim, reduzidos. Na água, o ORP demonstra o potencial que a água tem de adquirir elétrons de qualquer outra substância que for inserida na mesma. Valores elevados da ORP podem causar a oxidação de materiais metálicos com maior velocidade, podendo interferir na qualidade da água, caso a mesma entre em contato com tais materiais. Um efeito positivo do potencial de oxirredução com valores elevados é a propriedade antibacteriana que essa água passa a adquirir. Como a água tende a retirar os elétrons da parede bacteriana, estes microrganismos ficam com suas estruturas fragilizadas facilitando sua morte. Uma estratégia muito utilizada para aumentar a ORP da água é a utilização de Cloro, fazendo com que diminua o risco de contaminação de uma série de microrganismos.

A **Temperatura** interfere diretamente em processos físicos, químicos e biológicos, conseqüentemente afetando outras variáveis de qualidade da água como: pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, entre outros. É inversamente proporcional à solubilidade de gases dissolvidos e diretamente proporcional à solubilidade de sais minerais. A mudança drástica de temperatura em ambientes aquáticos tem um importante impacto no ecossistema aquático, uma vez que eles são adaptados para pequenas variações de temperatura.

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 produtividade, além de indicar a qualidade estética para o abastecimento humano. Sua unidade é expressa em NTU – Unidade Nefolométrica (EMBRAPA, 2011).

A **Condutividade Elétrica**, como o próprio nome já indica, diz respeito a capacidade que uma solução aquosa tem em conduzir corrente elétrica. A presença de íons, da concentração total, mobilidade, valência, concentrações relativas e medidas de temperatura são basicamente as variantes que interferem na condutividade. A interferência de fatores ambientais como a poluição, pode contribuir diretamente na medida desse parâmetro. A maior parte dos ácidos, bases e sais orgânicos são relativamente bons condutores. Ela é medida por condutivímetro e é expresso por μScm^{-1} (EMBRAPA, 2011). Esta medida está relacionada com a concentração de sólidos totais dissolvidos, facilitando a avaliação da qualidade da água por ser uma medida direta. Valores superiores a $1,000 \mu\text{Scm}^{-1}$ podem indicar problemas ambientais (PROSAB, 2009).

Ainda dentro dos parâmetros que medem a interferência de sólidos, temos a aferição dos **Sólidos Totais Dissolvidos (STD)**. Nele é medida a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água. Mede a concentração de substâncias iônicas e é expressa em mg L^{-1} . Ele funciona como um importante indicador da qualidade estética da água e agregam informações sobre a presença de possíveis poluentes presentes na água (EMBRAPA, 2011).

O **Oxigênio Dissolvido** é fundamental para manutenção de qualquer forma de vida aquática (fundamental no caso de microrganismos aeróbios), sendo um importante indicador de sua qualidade. Este parâmetro varia de acordo com fatores como: temperatura, salinidade, turbulência, atividade fotossintética e pressão do oxigênio na atmosfera. Tem papel fundamental no processo de autodepuração da água.

1.7.2 Qualidade de Águas Pluviais para Aproveitamento

Quando há necessidade de se utilizar qualquer tipo de fonte hídrica para o abastecimento de nossas demandas diárias, é fundamental conhecer a procedência e a qualidade de tais águas. A seguir, são apresentados estudos que concentraram seus experimentos na análise da qualidade das águas pluviais em localidades distintas conforme variáveis específicas ambientais e regionais.

Nesta seção do trabalho, divide-se a revisão em três etapas: Qualidade das Águas Pluviais de Precipitação Pura (PP), Qualidade das Águas Pluviais de Primeiro Descarte ou *First-Flush* (FF) e Qualidade das Águas Pluviais de Armazenamento (RA).

Qualidade das Águas Pluviais de Precipitação Pura (PP)

Uma forma de avaliar a real qualidade das águas pluviais de uma determinada região é estudando-se as águas da precipitação atmosférica. Isso se deve ao fato desta chuva não sofrer interferência dos prováveis poluentes encontrados na superfície de captação. A análise destas águas pode compor um conjunto de informações valiosas para a avaliação das condições do ambiente aonde são formadas. A composição dessas chuvas pode variar de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, as condições meteorológicas (estação do ano, regime dos ventos, intensidade da chuva, duração e tipo de chuva, etc), a presença de vegetação e as possíveis fontes poluidoras na região (TOMAZ, 2003).

A interferência da região geográfica na composição da água de chuva é estudada por alguns autores. Estudos demonstram que regiões litorâneas apresentam em sua composição uma maior concentração de elementos como sódio, potássio, magnésio e cloro. Já em áreas rurais, com vias públicas não pavimentadas (facilitando a suspensão de materiais presentes) apresentam maior concentração de sílica, alumínio, ferro, nitrogênio, fósforo e enxofre (Philippi *et al.*, 2006).

Outra variável que modifica as características das águas pluviais são as moléculas que podem compor o ar atmosférico (como possíveis poluentes), uma vez que as chuvas têm a capacidade de lavar e carregar com elas essas moléculas presentes na atmosfera. Isso se dá pelo fato da chuva possuir um poder agregador, capturando os possíveis agentes poluidores, que agem como núcleos de condensação ou são englobados pelas gotas de nuvens, que, ao se colidirem, aumentarão de dimensão, até precipitarem. Este processo de remoção dos poluentes conhecido como deposição úmida, irá refletir através das águas pluviais alguma das condições ambientais da região estudada (DANNI-OLIVEIRA e BAKONYI, 2003).

Um dos fenômenos que podem ser causados por esses poluentes atmosféricos é o conhecido como chuva ácida. Descoberto em meados de 1880, por Angus Smith, este fenômeno caracteriza-se por chuvas com pH inferiores da chuva natural. Importante salientar que as águas pluviais apresentam naturalmente um pH ácido (por volta de 5,6), concluindo assim que as chuvas só podem ser consideradas ácidas quando inferiores ao pH 5 (BAIRD. e CANN. , 2011)

Qualidade das Águas Pluviais de Primeiro Descarte ou *First-Flush* (FF) e Interferência da Superfície de Captação

As condições ambientais interferem diretamente nas características das águas pluviais. Assim como esses fatores interferem na qualidade dessas águas, antes mesmo delas serem coletadas, conseqüentemente eles irão influenciar nas fases que seguem na captação do escoamento.

Um dos fatores que pode influenciar diretamente na qualidade das chuvas são os períodos secos e úmidos que variam durante as estações do ano, e modifica a dinâmica dos poluentes.

Com relação às estações do ano, diversos estudos demonstram a interferência sazonal na qualidade das águas pluviais. Isso pode se explicar, pois em períodos mais secos há um acúmulo de materiais na superfície utilizada para a

captação, já que as águas de chuva e outras variantes que fazem a limpeza destas áreas ficam escassas ou inexistentes. Mesmo em regiões com poucas variações climáticas, é possível verificar a interferência das estações do ano nas águas captadas (A.K. DAOUD *et al*, 2011).

Dentro destas estações, de acordo com a região, o clima pode apresentar uma grande variação, sendo algumas estações mais chuvosas e outras mais secas. Esses fatores irão influenciar no acúmulo de materiais na superfície de captação (principalmente por deposição seca). No trabalho de Yaziz *et al.*(1989), foi encontrado uma relação positiva entre um maior acúmulo de sólidos nos telhados estudados e períodos secos (quanto maior o período de estiagem, mais sólidos). Isso pode ser comprovado principalmente pelo aumento no valor de parâmetros como sólidos totais suspensos e turbidez, de acordo com o acúmulo de dias sem chuvas na região estudada.

As águas de primeiro descarte, que tem como finalidade principal a de reduzir a quantidade de poluentes (principalmente sólidos) na chuva que será armazenada para utilização, é diretamente impactada pelas características de sua superfície de captação. Dentre estas características citam-se: a rugosidade, capacidade de retenção de materiais sólidos e líquidos, tipos de material e inclinação do telhado. Segundo Terry (2003), os melhores materiais para a captação de águas pluviais são, em ordem decrescente: metálicos, fibrocimento, plásticos e telhas cerâmicas. Diversos estudos apontam para as superfícies metálicas como a melhor opção para instalações de captação de água chuva, por esse tipo de material ter menor interferência no carreamento de poluição para a qualidade das águas de *first-flush* (FF) (GEORGIOS e VASSILIOS 2012; e LEE, BAK e HAM, 2011; MENDEZ. *et al*; JAQUES, 2005).

Um exemplo específico das vantagens do uso de superfícies metálicas (no caso aço galvanizado) está descrito no trabalho de e Lee, Bak e Ham (2011). Todas as amostras coletadas e analisadas, provenientes da superfície metálica, não apresentaram crescimento de *E.coli*. Isso se torna relevante pelo fato deste indicador microbiológico de contaminação de origem fecal, normalmente ser

encontrado em amostras de chuva captadas por sistemas de aproveitamento de águas pluviais onde, os parâmetros microbiológicos constantemente ultrapassam os limites legais de utilização. Logo, na ausência destes indicadores em um total de 40 amostras, se torna um forte indicador de que as superfícies metálicas são os melhores materiais para a construção de tais sistemas.

O pH, normalmente ácido nas chuvas, demonstraram em vários estudos que tendem a aumentar para a neutralidade ou até mesmo a alcalinidade, como demonstrado nos trabalhos de Hagemann (2009) e Jaques (2005). A interferência do tipo de material e dos sólidos ali depositados de forma seca ou úmida, normalmente explicam essa variação no pH.

A condutividade das amostras de *first-flush* e/ou que passam pelas superfícies de captação tem um valor de condutividade maior do que as águas de chuva coletadas diretamente da atmosfera. Isso se deve pela presença de sólidos dissolvidos nestas áreas, conforme Hagemann (2009) e Jaques (2005). Ainda no trabalho de Hagemann, verificou-se que a área mais próxima à rodovia RST 287 (com grande tráfego de veículos), obteve valores de condutividade maiores do que os outros pontos analisados no trabalho (dentre eles, um outro ponto que coletava águas de primeiro descarte).

Sobre a condutividade elétrica, os resultados de cinco pontos no trabalho de Gikas e Vassilos (2012), demonstram que o *first-flush* tem importante contribuição na melhoria das águas pluviais para o aproveitamento. Neste trabalho foi demonstrado que todos os resultados de condutividade foram maiores no primeiro descarte (FF) do que os aferidos nos respectivos reservatórios. Isso indica uma melhoria da qualidade destas águas, após o processo de descarte dos primeiros volumes de chuva.

A turbidez, outro parâmetro ligado à presença de sólidos no ambiente, 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. No trabalho de Hagemann (2009), uma área semelhante à descrita anteriormente, apresentou valores de turbidez maiores do que de áreas próximas a solos

pavimentados. Os valores de sólidos dissolvidos totais acompanharam a mesma tendência, apresentando valores mais elevados na área com solo exposto em relação às áreas pavimentadas.

Qualidade das Águas Pluviais de Armazenamento (RA)

Após passar pela superfície de captação e pelos primeiros volumes de chuva a serem descartados (*first-flush*), as águas são armazenadas em tanques, cisternas ou outros tipos de reservatórios. A qualidade dessa água varia de acordo com o tempo de armazenagem, material do reservatório, temperatura ambiente, dentre outros.

Na última etapa antes de sua utilização, onde a água está armazenada, um dos critérios que mais tem sido encontrado para a inviabilização das águas pluviais é o fato de se encontrar indicadores de contaminação de origem fecal (como as bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes) ou até mesmo a presença de patógenos que podem causar problemas à saúde humana como: *Citmbacter*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Campylobacter*, *Salmonella*, *Vibrio*, *Clostridium*, *Legionella*, *Cryptosporidium* e *Giárdia spp.*

Os trabalhos de Hagemann, (2009); Georgios & Vassilios (2012); Lee, Bak e Ham (2011) e Peixe (2012) entre outros autores, encontraram rotineiramente, nas amostras oriundas do reservatório de armazenamento, a presença de indicadores de substâncias provenientes do trato intestinal de vertebrados de sangue quente (aves e mamíferos), como os componentes do grupo dos coliformes.

Com o objetivo de mostrar um quadro geral de alguns trabalhos que abordam a temática da qualidade das águas pluviais em diferentes países, são apresentadas as tabelas 4, 5 e 6 com os resultados das três etapas: Precipitação Pura (PP), *First-Flush* (FF) e Reservatório de Armazenamento (RA).

Ano da Publicação - Autor / Parâmetro	REGIÃO/CLIMA	Variáveis de cada trabalho	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade (mS/cm)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	STS (mg/L)	STD (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Microbiológico: Coli. Totais (CT); Coli. Fecais (CF); E.coli (EC)
(2009) Hagemann	Rio Grande do Sul/Subtropical úmido	Próx. Rod. RST 287	5,88	7,6	24,6	5,8	15,8	-	-	0,58	3,6	2,0 (E.coli)
(2007) Lima et al.	Campo Mourão (PR)/Subtropical úmido	-	5,5	18	16,3	-	4,3	45	3,5	-	-	-
(2005) Jacques	Florianópolis (SC)/Subtropical úmido	Local Residencial + Praia	5,5	4,3	16,6	3,4	49,7	-	-	-	9,1	6,7 x 10 ¹ NMP/100mL

Tabela 4 - Resultados dos parâmetros analisados para Precipitação Pura (PP):

Ano da Publicação - Autor / Parâmetro	REGIÃO/CLIMA	Variáveis de cada trabalho	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade (mS/cm)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	STS (mg/L)	STD (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Microbiológico: Coli. Totais (CT); Coli. Fecais (CF); E.coli (EC)	
(2012) Peixe	Rio de Janeiro / Tropical semiúmido		5,0	82,0	0,1	-	-	-	95,6	-	-	4780 x 10 ¹ NMP /100 mL (CF)	
(2012) Georgios e Vassiliou	Grécia(nordeste) / Mediterrâneo	P1- Rural e Telha Cerâmica	6,5	39,5	394,0	-	-	-	-	-	-	3,0 x 10 ² NMP /100mL (CT)	
		P2- Rural e Telha Concreto	6,6	10,5	256,0	-	-	-	-	-	-	3,0 x 10 ² NMP /100mL (CT)	
		P3- Subúrbio e Concreto	7,0	9,5	272,0	-	-	-	-	-	-	2,0 x 10 ² NMP /100mL (CT)	
		P4- Subúrbio e Cerâmica	6,5	12,9	203,0	-	-	-	-	-	-	2,8 x 10 ² NMP /100mL (CT)	
		P5- Urbana e Cerâmica	6,4	10,2	67,0	-	-	-	-	-	-	-	-
(2011) Lee, Bak e Ham	Korea do Sul (Sul)/Continental	Telhado Madeira	6,7	-	-	-	-	213,9	-	3,3	5,6	14 UFC/mL (EC)	
		Telhado Concreto	7,2	-	-	-	-	309,0	-	2,6	3,6	18 UFC/mL (EC)	
		Telhado Cerâmica	7,2	-	-	-	-	-	219,3	-	1,9	3,1	8 UFC/mL (EC)
		Tel. Aço Galvanizado	6,5	-	-	-	-	-	285,8	-	2,8	2,9	4 UFC/mL (EC)
(2011) Mendez et al	Austin, Texas(EUA)/Subtropical Úmido	Telha Metal	5,9	20,0	39,0	-	-	30,0	-	-	-	82 UFC/ 100mL (CF)	
		Telha Cascalho (Shingle)	6,2	14,5	61,0	-	-	85,0	-	-	-	-	163 UFC/mL (CF)
		Próx. Rod. RST 287	7,3	14,8	112,0	5,5	28,0	22,8	66,5	-	-	-	21,3 NMP/100mL (EC)
(2009) Hagemann	Santa Maria (RS) /Subtropical úmido	Afastada da Rod. (+ isolado)	7,3	20,6	80,4	5,2	19,6	30,8	50,6	0,8	4,9	10,6 NMP/100mL (EC)	
		-	7,3	28,7	182,0	-	-	-	810,0	90,8	-	38,3	-
(2009) Klumb et al.	Pelotas (RS) / Subtropical úmido	-	7,3	34,5	70,8	-	14,9	172,0	10,9	-	-	-	
(2007) Lima et al.	Campo Mourão (PR)/Subtropical úmido	Telha Rugosa + Prox. Rod	7,5	8,3	103,0	-	-	-	-	7,0	-	12,5 x 10 ¹ NMP /100mL (CF)	
(2007) Szakli et al.	Grécia/ Mediterrâneo	Telha Concreto	8,3	-	-	-	-	-	-	-	-	1,5 x 10 ¹ NMP /100mL (CF)	
(2006) Peters	Florianópolis(SC)/Subtropical úmido	-	7,5	4,6	-	9,8	-	2,9	88,4	0,4	5,3	1,8 x 10 ³ NMP /100mL (CF)	
(2005) Jacques	Florianópolis (SC)/Subtropical úmido	Telhado Amianto	7,3	-	53,3	4,0	74,0	-	-	-	14,7	1,7 x 10 ³ NMP /100mL (CF)	
		Telhado Cerâmica	7,3	-	28,9	3,5	55,0	-	-	-	-	14,0	1,7 x 10 ³ NMP /100mL (CF)
(2005) Annechini	Vitória (ES)/Tropical	-	6,5	37,0	56,3	4,1	46,1	185,0	49,5	0,5	8,0	-	
(1989) Yaziz et al.	Malásia/Equatorial	Telhado Aço Galvanizado	6,6	22,0	97,0	-	-	91,0	28,0	-	-	-	4 NMP/100mL (CF)
		Telhado Concreto	6,9	56,0	135,2	-	-	153,0	47,0	-	-	-	13 NMP/ 100mL (CF)

Tabela 5 - Resultado dos parâmetros analisados para água do First-Flush (FF)

Ano da Publicação - Autor / Parâmetro	REGIÃO/CLIMA	Variáveis de cada trabalho	pH	Turbidez (NTU)	Condutividade (mS/cm)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	STS (mg/L)	STD (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Cloretos (mg/L)	Microbiológico: Coli. Totais (CT); Coli. Fecais (CF); E.coli (EC)
(2012) Georgios e Vassilios	Grécia(nordeste)/Mediterrâneo	P1- Rural e Telha Cerâmica	6,7	2,6	6,3	-	-	-	-	-	-	5,2 x 10 ⁶ NMP/100mL (C.T.)
		P2- Rural e Telha Concreto	6,6	1,7	6,8	-	-	-	-	-	-	2,0 x 10 ⁶ NMP/100mL (C.T.)
		P3- Subúrbio e Concreto	7,0	1,4	143,0	-	-	-	-	-	-	2,0 x 10 ⁶ NMP/100mL (C.T.)
		P4- Subúrbio e Cerâmica	6,6	4,2	37,0	-	-	-	-	-	-	3,5 x 10 ⁶ NMP/100mL (C.T.)
		P5- Urbana e Cerâmica	6,6	4,2	46,0	-	-	-	-	-	-	3,0 x 10 ⁶ NMP/100mL (C.T.)
(2011) Lee, Bak e Ham	Korea do Sul (Sul)/Continental	Telhado Madeira	6,5	-	-	-	35,5	-	0,3	0,3	0,7	1 UFC/mL NMP/100mL (EC)
		Telhado Concreto	7,3	-	-	-	45,0	-	0,3	0,3	0,4	2 UFC/mL NMP/100mL (EC)
		Telhado Cerâmica	7,1	-	-	-	41,6	-	2,8	2,9	2,9	< 1 UFC/mL NMP/100mL (EC)
(2011) C. Vialle et al.	França(Sul)/Mediterrâneo	Tel. Aço Galvanizado	6,2	-	-	-	15,1	-	0,0	0,0	0,1	0 (Ausência de EC)
		Área Rural (tile d roof)	6,2	2,0	38,2	-	-	-	2,4	2,4	-	2 UFC/mL NMP/100mL (EC)
		Verão (Quente e Seco)	8,5	1,1	286,4	-	-	-	137,5	-	-	Pres. 71% (CF)
(2011) A.k. Daoud et al.	Cisjordânia/Mediterrâneo	Inverno (Úmido e Frio)	7,2	0,6	378,5	-	-	-	177,6	-	-	Pres. 62% (CF)
		S/ First-Flush - Concreto(RR)	7,2	1,1	-	-	-	-	4,0	77,0	1,2	-
(2010) O' Hogan, S. et al.	Irlanda(Sudeste)/Oceânico	Temperado	7,2	1,1	-	-	-	180,0	33,8	-	7,8	-
(2009) Klumb et al.	Pelotas (RS) / Subtropical úmido	-	6,8	0,8	67,3	-	-	7,0	4,0	0,3	-	4,7 x 10 ¹ NMP/100mL (CF)
(2009) Ribeiro et al.	-	-	7,4	1,9	-	10,0	-	-	-	-	-	1,3 x 10 ¹ NMP/100mL (CF)
(2005) Jacques	Florianópolis (SC)/Subtropical úmido	Telhado de Zinco	5,1	-	32,3	1,0	12,4	-	-	-	13,9	-

Tabela 6 - Resultados dos parâmetros analisados para água do Reservatório de Reservação (RA)

Conforme observado nas tabelas 4,5 e 6, autores das mais diferentes partes do mundo estudam tal temática. Conforme é possível visualizar, muitos trabalhos concluíram que as águas pluviais tentem 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. As amostras apresentaram resultados fora do exigido pela legislação para pH e parâmetros microbiológicos (contagem de bactérias heterotróficas e coliformes totais), recomendando-se assim, o tratamento dessas águas.

Os resultados encontrados por Sazakli, E. *et.al* (2007), permitiram concluir que a composição química das águas captadas e armazenadas foram satisfatórias para atividades potáveis. Porém, assim como descrito em alguns trabalhos revisados, a presença de microrganismos inviabiliza sua utilização para atividades potáveis. Para tal, se faz necessário medidas de desinfecção do tanque de armazenamento e adoção de um sistema auto-limpante, para melhoria da qualidade das águas pluviais.

Lima *et. al* (2007), constatou a importância do descarte dos primeiros 10 minutos de chuva em prol de uma água com maior qualidade. Mesmo após o descarte destes primeiros volumes de água, concluiu-se que o tratamento simplifica, através da filtração, é importante para viabilizar a utilização destas águas em atividade não potáveis.

Através dos resultados encontrados em seu trabalho, Hangemann, S.E. (2009), verificou 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. Também se observou que, a proximidade de vias com fluxo contínuo de automóveis, áreas com grande exposição do solo e baixa intensidade de chuva, favorecem a um maior acúmulo de material sólido na superfície de captação. O descarte dos primeiros 10 minutos de chuva, revelou uma importante interferência na qualidade destas águas, melhorando sua qualidade e enquadrando-as nos limites estabelecidos pela CONAMA 357 (2005), com exceção do pH, que apresentou-se ácido em algumas ocasiões.

O'Hogain, *et.al.* (2010) confirmou a possibilidade de uso das águas de chuva para atividades não potáveis. Neste trabalho, 100% das amostras analisadas poderiam ser utilizadas para atividades não potáveis. Para isso, é fundamental uma manutenção regular do sistema de captação de águas pluviais para manter uma boa qualidade desses recursos.

A.K. Daoud *et. al.* (2011), reforçam o descrito por outros autores onde, as águas pluviais apresentam qualidade físico-química satisfatória até mesmo para atividades potáveis. De forma recorrente, a presença de grupos microbiológicos como coliformes totais e termotolerantes, indicam que essas águas devem passar por tratamentos que visem a redução de fatores que favoreçam o crescimento e a presença destes microrganismos. Para tal tarefa, medidas como descarte dos primeiros volumes de chuva (*First-Flush*), desinfecção dos tanques de armazenamento e manter os animais longe do telhado, figuram como importantes medidas para eliminar ou excluir a possibilidade de contaminação microbiológica destas águas.

Lee, Bak e Ham (2011), verificaram que a superfície de captação de aço galvanizado foi o tipo de superfície que apresentou melhor qualidade de águas pluviais. O tanque que armazenava as águas provenientes da superfície metálica, após o descarte dos primeiros volumes, obteve uma água que atendeu a todos os limites estabelecidos por lei, inclusive ao microbiológico. As altas temperaturas da superfície metálica (que dificultam o crescimento de alguns microrganismos) e o descarte do *first-flush*, podem explicar o bom nível de qualidade destas águas.

Mendez, C.B. (2011), conclui em seu trabalho que independente do material da superfície de captação, é necessário realizar um tratamento para que as águas pluviais atendam aos limites determinado pelos marcos regulatórios, principalmente no que diz respeito aos parâmetros: turbidez, coliformes totais e coliformes termotolerantes. Todavia, o telhado de material metálico apresentou menor contaminação microbiológica por indicadores de contaminação fecal. Neste trabalho, não observou-se uma superioridade de qualidade clara da superfície de material metálico quando comparado com os outros tipos de materiais.

O trabalho de C.Vialle *et.al.* (2011) também conclui que os parâmetros físico-químicos apresentam qualidade suficiente para atividades potáveis e não potáveis. Novamente, recomenda-se o descarte dos primeiros volumes de chuva para diminuir/eliminar a possibilidade de contaminação microbiológica.

Gikas, G.D. e Tsihruntzis, V.A. (2012), afirmaram através da análise seus resultados que, com relação aos parâmetros físico-químicos, com exceção do NH_4^+ , as águas pluviais ficaram de acordo com os padrões estabelecidos para potabilidade. Novamente, os parâmetros microbiológicos foram os que inviabilizaram o uso destas águas em atividades potáveis. Porém, ao utilizar um sistema auto-limpante para descarte dos primeiros volumes de chuva, as águas atingem uma qualidade maior e assim, tornam-se viáveis para atividades não potáveis como rega de jardins e descargas sanitárias.

Observando todos os trabalhos, é possível levantar algumas conclusões que convergem para mesma direção, traçando assim um perfil da qualidade das águas pluviais captadas para utilização em atividades potáveis e não potáveis.

Os trabalhos que utilizaram telhados de material metálico como superfície de captação, foram os que apresentaram os menores valores para pH. Isso aconteceu tanto nos resultados do *First-Flush* quanto no Reservatório de Armazenamento (Yaziz *et al*, 1989; Jaque, 2005; Mendez *et al*, 2011 e Lee, Bak e Ham, 2011).

Quanto à condutividade eletrolítica, observou-se que nas áreas urbanas ou suburbanas, os valores para este parâmetro foram maiores do que em áreas rurais.

Fatores como tráfego intenso de veículos automotivos nestas regiões, explicam estes elevados valores (Hagemann, 2009 e Georgios e Vassilios, 2012).

O trabalho de Peixe (2012), realizado na cidade do Rio de Janeiro, foi o que apresentou maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos e maior turbidez quando comparados a outras regiões com clima tropical ou subtropical, quando analisado os valores do *first-flush* (Annechini, 2005; Jaques, 2005; Peters, 2006; Lima *et al*, 2007; Klumb *et al*, 2009; Hagemann, 2009 e Mendez *et al*, 2011).

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

A área de estudo selecionada para o presente trabalho encontra-se no bairro de Rio Comprido, região norte do município do Rio de Janeiro.

No Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira, também conhecido como Colégio de Aplicação da UERJ (CAp UERJ) foi instalado o sistema piloto para a captação de águas pluviais, visando seu aproveitamento para fins não potáveis.

O Instituto de Aplicação está localizado no bairro do Rio Comprido, região norte da cidade do Rio de Janeiro, conforme ilustrado na figura 11. Com uma área de aproximadamente de 334,25 ha e uma população de 34.833 habitantes, este bairro está situado em uma região urbana, próxima a região central da cidade e próximo aos bairros como Santa Teresa, Tijuca e Maracanã (na zona norte e central) e também liga a zona sul da cidade às regiões anteriormente citadas (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 2013).

A área de estudo em questão está próxima às duas importantes vias marginais, sendo elas: Av. Paulo de Frontin e Vevd. Eng. Freyssinet (ligação entre a Zona Norte e Zona Sul do Rio de Janeiro), com um grande movimento de veículos diariamente.

O CAp UERJ, está próximo ao Maciço da Tijuca, que tem como característica vasta vegetação, sendo fator de influência no clima da região.



Figura 11: Área de estudo onde: (1) Mapa do Brasil; (2) Mapa da Cidade do Rio de Janeiro; (3) Bairro do Rio Comprido e bairros periféricos [tracejado de vermelho da esquerda para direita: Tijuca, Maracanã, Rio Comprido e Centro]; (4) Localização do CAp UERJ e as vias Av. Paulo de Frontin e Vevd. Eng. Freyssinet. (Fonte: Google Maps)

2.2. Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira

O Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira é uma instituição de ensino pública, que tem como um dos seus objetivos a formação docente inicial e continuada, junto a outras unidades da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Em paralelo com essa formação, o instituto tem como meta, oferecer educação básica de qualidade, de atividades de pesquisa em ensino e educação (IAFRS, 2013). Por ser uma instituição que incentiva a extensão universitária, o Instituto, além de abrigar o sistema de captação de águas pluviais (foco do presente

estudo), pode utilizar tais instalações como ferramenta nas matérias correlacionadas à educação ambiental.



Figura 12: Colégio de Aplicação da UERJ – CAp UERJ (Fonte: website Jornal Extra)

2.3. Índice Pluviométrico

Para o acompanhamento do índice pluviométrico da área de estudo, foram utilizados os dados disponibilizados no site do Alerta Rio, gerenciado pela Prefeitura do Município do Rio de Janeiro (ALERTA RIO, 2013).

A base de número 4, do Alerta Rio, utilizada para este estudo está localizada no Centro de Estudos do Sumaré, nas dependências do Palácio Apostólico – residência oficial do Arcebispo do Rio de Janeiro. Instalada numa cota elevada do Maciço da Tijuca, auxilia no monitoramento pluviométrico na parte baixa da Grande Tijuca (Estácio, Rio Comprido, etc). Esta estação está a aproximadamente 1.800 m do CAp UERJ, logo, os dados gerados por essa estação são os que melhor representam a situação pluviométrica da região estudada (ALERTA RIO, 2013).

outras metodologias indicadas pela norma brasileira e por Mierzwa *et al* (2007), uma vez que esses valores são também propostos para o dimensionamento do sistema de captação de águas pluviais. Ambas as metodologias estão descritas no item 1.5 (Metodologias para Captação e Utilização de Águas Pluviais).

2.4.2. Superfície de Captação (Telhado)

A superfície utilizada para captação das águas pluviais analisada está situada sobre a quadra poliesportiva do CAp UERJ. A seleção dessa área se deu por alguns fatores como: tipo de material do telhado, área de contribuição (superfície de captação disponível), condutores horizontais e verticais com acesso fácil e protegido. Por apresentar um telhado de alumínio, um tipo de material metálico, é o mais recomendado para sistemas de captação de águas pluviais por ter uma menor interferência na qualidade água (GEORGIOS e VASSILIOS 2012; e LEE, BAK e HAM, 2011; MENDEZ. *et al*; JAQUES, 2005).

A utilização de apenas uma parte do telhado justifica-se, principalmente, pelo posicionamento da calha e dos condutores. O condutor vertical transporta a água proveniente do telhado para uma área de acesso restrito (funcionários e os responsáveis pelo presente estudo), onde foram instalados os reservatórios de armazenamento e de *first-flush*. Este condutor está ligado a uma calha que recolhe a água diretamente do telhado, sendo que a área de contribuição desta calha permitiu que apenas 21,55 m² do telhado fossem utilizados para tal estudo.

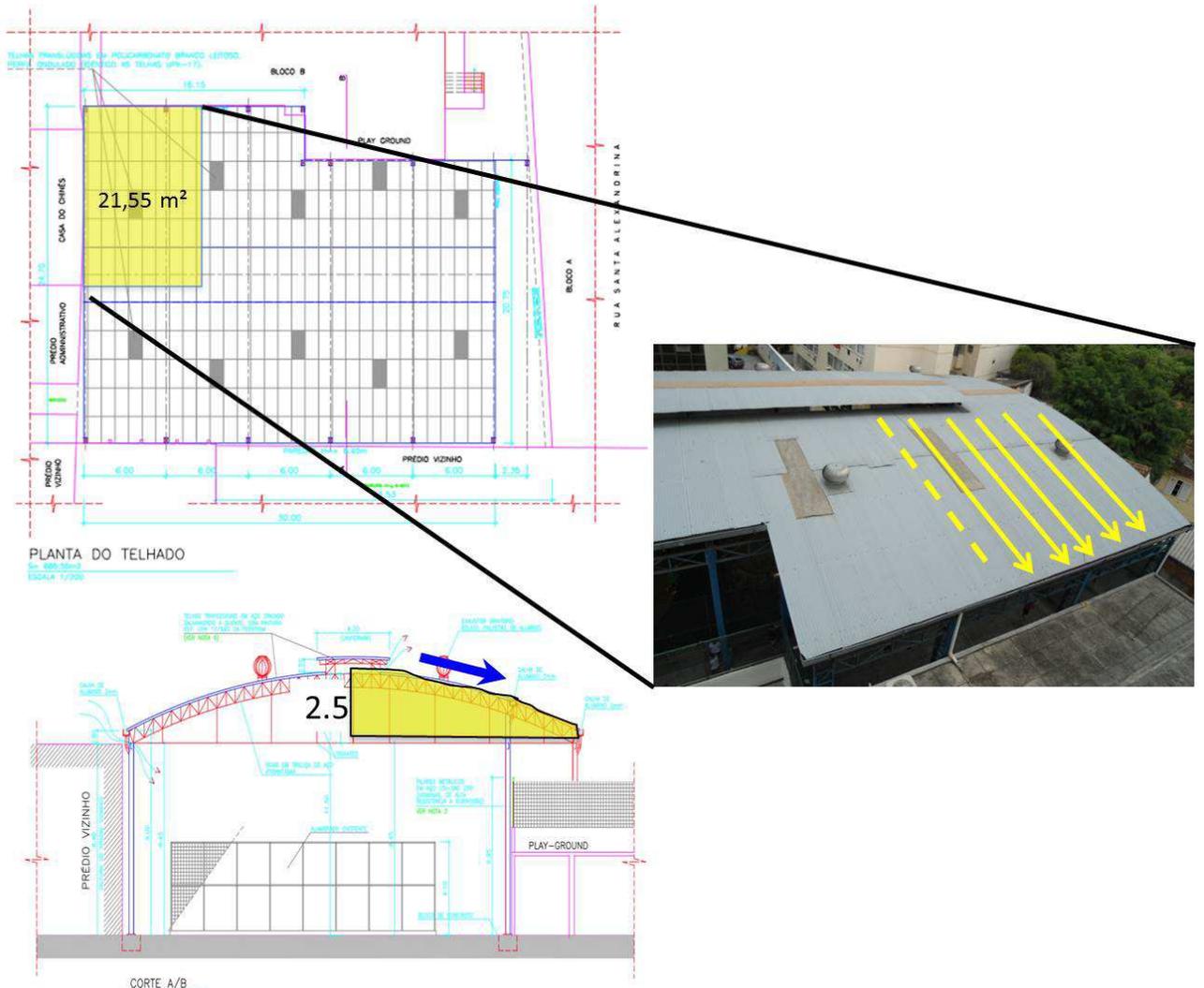


Figura 14: Planta baixa do CAP UERJ e Superfície de Captação das Águas Pluviais.

2.4.3. Sistema de Transporte das Águas Pluviais (Condutores e Calhas)

Conforme apresentado na figura 15, utilizam-se os condutores verticais existentes para transportar as águas pluviais até o reservatório de primeiro descarte ou *First-Flush* e para o Reservatório de Armazenamento.

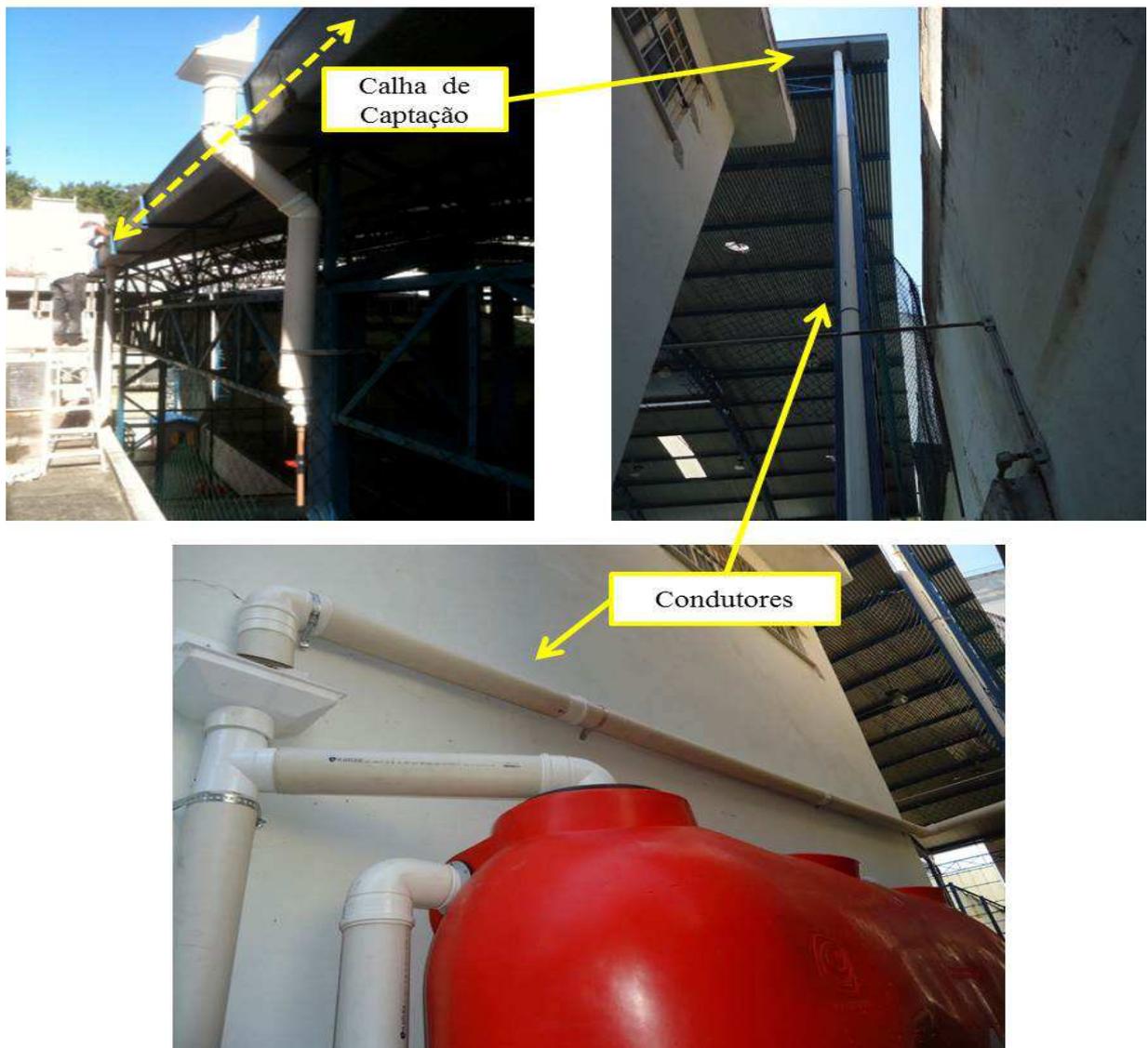


Figura 15: Calhas e condutores do sistema de captação de águas pluviais.

A calha que recebe a água diretamente do telhado é composta por um material metálico, sendo os condutores verticais em PVC com 100 mm de diâmetro.

2.4.4. Reservatórios (*First-flush* e Armazenamento)

Antes que chegue aos reservatórios (FF) e (RA), a água passa por duas grades que funcionam como filtros, e têm por objetivo reter materiais grosseiros como: folhas, insetos, pedras, entre outros (figura 16).



Figura 16: Tela de filtragem para separação de material grosseiro.

A água captada pelo telhado e transportada pela tubulação é direcionada primeiramente para o reservatório do *First-Flush*. Com capacidade para comportar 12 litros, esse reservatório possui um sistema de boia que permite um fechamento automático assim que atinge sua capacidade máxima. A água que chega neste reservatório suspende a boia presente em seu interior que, ao chegar à parte superior do reservatório do *first-flush* (FF) encontra com um redutor, vedando assim a entrada deste reservatório e encaminhando o restante das águas pluviais para o reservatório de armazenamento (RA). Isso faz com que os primeiros milímetros (0,5 mm) de chuva, que carregam as impurezas do telhado, sejam separados do restante das águas que são destinadas para o reservatório de armazenamento. Esse volume de descarte dos primeiros volumes de chuva, 0,5 mm, se assemelha ao utilizado em alguns trabalhos. No trabalho de Mendez *et. al* (2011), foi utilizado o valor de 0,5 mm

para o descarte dos primeiros volumes de águas pluviais. Já no trabalho de Gikas e Vasiliou (2012), foram descartados apenas 0,1 mm de chuva. A NBR-ABNT 15.527 (2007), não determina uma regra para esse cálculo, recomendando que tal cálculo seja feito pelo projetista do sistema e, caso não se tenha dados suficientes para esse dimensionamento, recomenda-se o descarte de 2 mm de chuva para a limpeza da superfície de captação (Figura 17).

O filtro instalado antes da torneira do reservatório *first-flush* (FF) foi mantido no período entre os dias 13/03 e 03/07. Como, em alguns casos, os resultados encontrados no *first-flush* (FF), principalmente para parâmetros relacionados à presença de sólidos, foram menores do que os analisados no reservatório de armazenamento (RA), diferente do encontrado na literatura. Com isso, levantou-se a hipótese de que tal filtro interfere na retenção de material sólido e, conseqüentemente, na qualidade das águas pluviais. Sendo assim, as amostras coletadas entre os dias 24/07 e 12/12 não sofreram influência do filtro, uma vez que ele foi retirado (Figura 17).

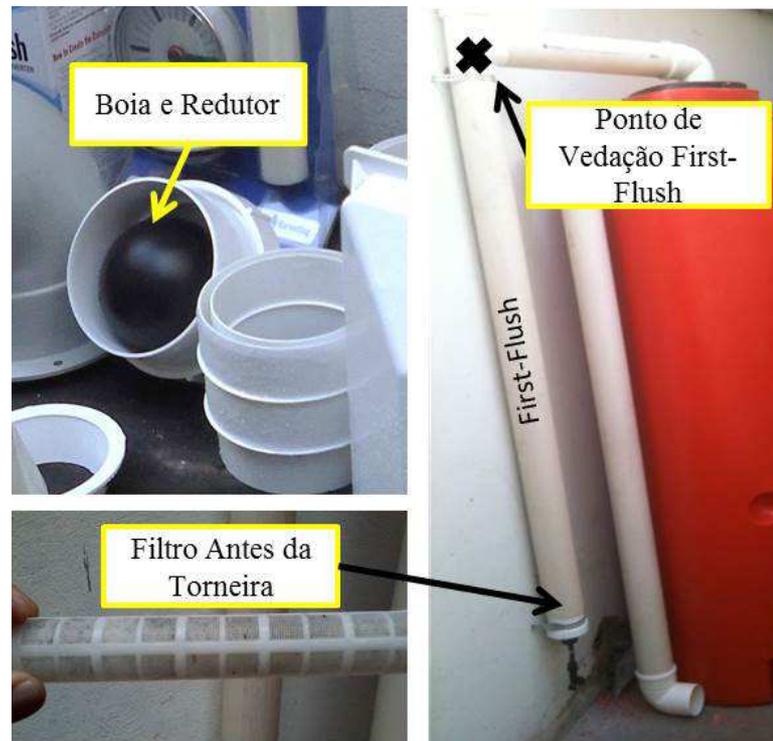


Figura 17: Sistema de vedação do *First-Flush*.

O reservatório de armazenamento (RA) tem a capacidade de 2460 litros, o material em polietileno e tem, como objetivo inicial, armazenar as águas pluviais coletadas a cada evento pluviométrico para uma posterior análise de sua qualidade. Após a análise dos resultados obtidos nesse experimento, espera-se que essas águas possam ser utilizadas como uma fonte hídrica alternativa, destinada para atividades não potáveis.



Figura 18: Reservatório de Armazenamento (RA).

2.5. Amostragem e Análise Qualitativa das Águas Pluviais.

A amostragem e a análise qualitativa das águas pluviais levam em consideração os seguintes itens: Período de Amostragem e Análise Físico-químico *In Situ* com uso da Sonda Multiparâmetro HORIBA – U52.

2.5.1. Período de Amostragem

O período de amostragem para realização das análises foi entre fevereiro de 2013 e Dezembro de 2013. Com isso, foi possível amostrar eventos em períodos secos (Jun-Jul-Ago) e períodos úmidos (Mar-Abr-Mai e Set-Out-Nov-Dez). Esses períodos foram caracterizados por análises das médias mensais de precipitação, de 1997 a 2013, disponibilizadas pela base de dados do Alerta Rio. A figura 19 representa graficamente os meses secos e úmidos na estação da Tijuca do Sistema Alerta Rio.

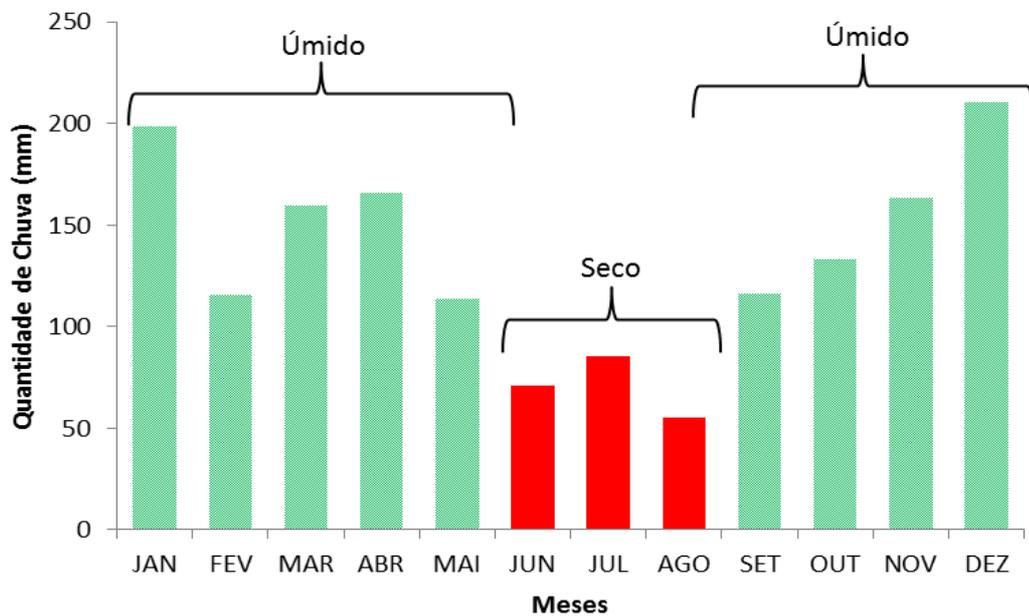


Figura 19: Média histórica mensal para precipitação na estação Tijuca 4. (Alerta Rio, 2013)

2.5.2. Pontos de Coleta

Com base no referencial teórico, foram escolhidos três pontos de coleta para a análise da qualidade de águas pluviais. Os pontos para Precipitação Direta (PD), Reservatório do *First-Flush* (FF) e Reservatório de Armazenamento (RA) assim como o ponto extra no RA (coletado esporadicamente), figura 20.



Figura 20: Pontos de Coleta.

Os três pontos foram selecionados com a finalidade de avaliar as variações da qualidade das águas pluviais durante sua captação. O ponto de coleta (PD), por coletar água sem interferência do sistema de captação, possibilita a obtenção de resultados que refletem a real qualidade das águas pluviais. No ponto do (FF), espera-se uma água com maior quantidade de sólidos (possíveis poluentes), uma vez que nesse ponto estão armazenadas as águas descartadas nos primeiros 0,5 mm de chuva, fazendo assim a lavagem do telhado. Por fim, os pontos presentes no (RA) permitem avaliar a importância do descarte dos primeiros volumes de chuva para a qualidade de águas pluviais que serão armazenadas e para quais atividades tais águas podem ser utilizadas após todo o processo de captação.

Com o objetivo de minimizar/eliminar interferência nos resultados de um evento pluviométrico para outro, após a análise de todos os pontos, os reservatórios

eram totalmente esvaziados e retirava-se as impurezas retidas nos filtros posicionados antes dos reservatórios.

2.5.3 Sonda Multiparâmetro para análises Físico-Químicas

Para a análise *In Situ* de alguns parâmetros físico-químicos, foi utilizada a sonda multiparâmetro.

A sonda para análise físico-química, utilizada no projeto, é da marca HORIBA modelo U52. Esta sonda tem a capacidade de medir os seguintes parâmetros: salinidade, oxigênio dissolvido, turbidez, pH, pHmv, temperatura, potencial de oxidação-redução (ORP), e sólidos totais dissolvidos (STD). Porém, para o estudo realizado no CAP UERJ, não foram considerados os valores de salinidade, uma vez que o resultado de todas as amostras foi igual a zero. Como as amostras são de águas pluviais, não se espera que tais águas apresentem uma salinidade elevada. Uma possível interferência do oceano (águas salgadas) nas amostras é improvável pelo fato da área de coleta se encontrar em uma região rodeada de morros, proporcionando um isolamento com relação às águas do mar.



Figura 21: Controles da Sonda (1) e Sensores (2).

Como etapa inicial para as atividades de análise da qualidade das águas pluviais, realizava-se a calibração do equipamento. O procedimento começava com a limpeza dos sensores, utilizando-se água deionizada, e posteriormente a calibração da sonda com uma solução padrão de pH 4,1 a 25°C da marca Hanna Instruments. Após a calibração, iniciava-se a análise da qualidade da água com a sonda, seguindo sempre a seguinte ordem de análise: Reservatório do *First-Flush* > Reservatório de Armazenamento > Precipitação Direta. Quando finalizada a análise em um determinado ponto de coleta, a sonda era novamente lavada com água deionizada para evitar a interferência do resultado de um ponto para outro.

Os resultados obtidos com o uso da sonda multiparâmetro foram anotados no relatório de análise das coletas de águas pluviais, vide APENDICE A. Estes resultados eram lançados em uma planilha no programa Excel (APENDICE B), para que fosse possível a análise final dos resultados.

Tais procedimentos, assim como os procedimentos de manutenção do sistema de captação de águas pluviais, são apresentados no APENDICE C, onde é apresentado o Manual de Coleta.

2.5.4. Método do Soil Conservation Service (SCS) para determinação da umidade antecedente.

No presente trabalho, um critério foi criado para verificar uma possível interferência dos períodos de estiagem na qualidade das águas pluviais. Para isso, foram utilizadas as condições de umidade antecedente do solo previstas no Método do Soil Conservation Service (SCS). Após a determinação da condição de umidade antecedente, fez-se uma correlação entre essa condição de umidade e a qualidade das águas pluviais captadas. Essa metodologia visa aproximar os resultados de umidade do solo, com os de umidade do ar. Todavia, se faz necessário aprofundar estudos futuros sobre os dados de umidade do ar para compatibilizar, de forma mais fidedigna, estas informações. Importante salientar que, não foram encontrados

estudos que possam correlacionar esses elementos, sobretudo para avaliar efeitos na qualidade das águas pluviais.

A umidade antecedente foi determinada por meio das condições de umidade antecedente apresentadas pelo método do SCS. Este método prevê três condições de umidade antecedente do solo, em função da chuva ocorrida nos 5 dias anteriores (Condições de Umidade Antecedente do Solo I, II e III), e corrige os valores do parâmetro CN para estas condições:

1. Condição I (**Seca**: $P_{5 \text{ dias}} < 13 \text{ mm}$) \Rightarrow $CN(I) = 4,2$
2. Condição II (**Normal**: $13 < P_{5 \text{ dias}} < 53 \text{ mm}$)
3. Condição III (**Úmida**: $P_{5 \text{ dias}} > 53 \text{ mm}$) \Rightarrow $CN(III) = 23$

A obtenção do acumulado pluviométrico nos 5 dias que antecederam os eventos amostrados, se deu através do somatório dos volumes precipitados nesses 5 dias, utilizando-se os dados do Sistema Alerta Rio. Assim, de acordo com o resultado do total precipitado dos 5 dias que antecederam o evento amostrado, a condição de umidade antecedente foi classificada como: Seca, Normal ou Úmida.

Junto à condição de umidade antecedente do solo, buscou-se utilizar dados de Umidade relativa do ar para correlacionar e entender de forma mais aprofundada, a interferência de fatores meteorológicos na qualidade das águas pluviais. Porém, devido a falta de dados referentes à Umidade Relativa do Ar na estação Tijuca – Alerta Rio (utilizada no presente trabalho para obter o índice pluviométrico da área de estudo), fez-se a tentativa de encontrar uma estação que apresentasse resultados correspondentes a da estação utilizada neste estudo.

Após pesquisar possíveis estações para tal correlação de dados, foi selecionada a estação “83743” (INMET). Ela foi selecionada por ser, dentre as outras estações pesquisadas, a que mais próxima da utilizada no presente estudo (Tijuca – Alerta Rio) e possuir dados pluviométricos e de umidade relativa do ar.

A partir dos dados obtidos nas duas estações, foi feita a correlação do acumulado pluviométrico diário de ambas as estações, para todos os dias do ano de 2013. Conforme é possível observar na figura 22 o valor do coeficiente entre estes

dados ($y = 0,706x$) foi considerado razoável para utilizar os dados da estação “83743” (INMET).

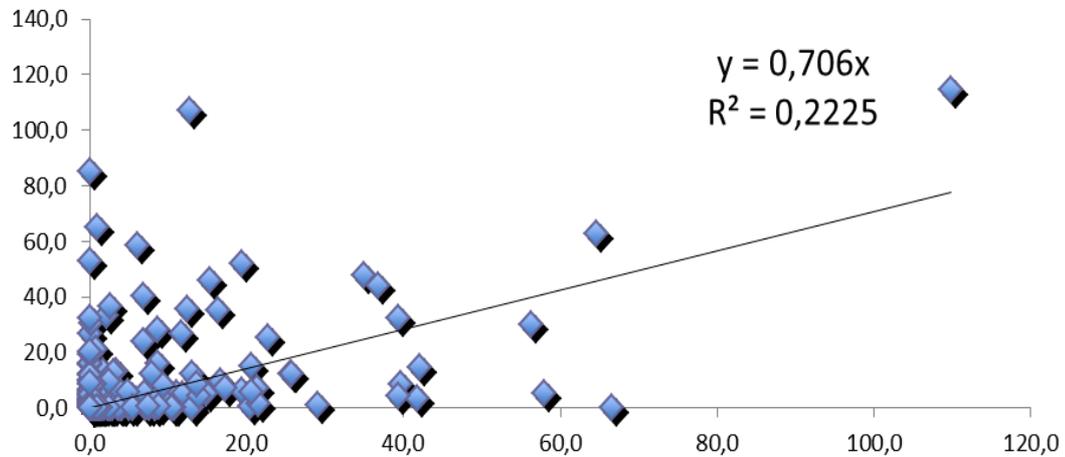


Figura 22: Correlação entre os acumulados pluviométricos diários das estações Tijuca (Alerta Rio) e “83743” (INMET).

Posteriormente, foram selecionados os dias em que foram realizadas as coletas e assim, estabelecidas as condições de umidade antecedente de ambas as estações. Paralelamente, foram levantados os dados de umidade relativa do ar nos 5 (cinco) dias que antecederam os eventos pluviométricos amostrados, com intuito de verificar as condições de umidade do ar nos dias que antecederam o evento pluviométrico analisado (Tabela 7).

Dias	Total Precipitado nos 5 dias anteriores		Cond. de Umid. antecedente do Solo	Umidade Relativa do Ar (%)					
	Tijuca (Alerta Rio)	83743 (INMET)		1º Dia	2º Dia	3º Dia	4º Dia	5º Dia	MÉDIA
19/11/2013	6	7	Seca	64	59	68	66	50	61
02/10/2013	11	3	Seca	86	61	55	60	62	65
18/10/2013	0	0	Seca	64	61	69	64	70	65
08/11/2013	5	0	Seca	72	72	70	58	63	67
17/06/2013	0	0	Seca	69	62	76	-	-	69
24/07/2013	19	31	Normal	67	67	73	72	68	69
28/08/2013	6	0	Seca	76	65	74	65	68	69
13/03/2013	66	68	Úmida	68	78	73	72	75	73
12/12/2013	55*	21**	Úmida*/Normal**	74	68	79	75	69	73
18/03/2013	40	24	Normal	75	75	67	74	75	73
03/07/2013	0,6	0,3	Seca	75	77	82	72	79	77
26/03/2013	67	70	Úmida	80	76	76	77	81	78
03/06/2013	14	32	Normal	85	86	69	76	82	79

Tabela 7: Correlação entre os dados pluviométricos, condição de umidade antecedente do solo e umidade relativa do ar entre as estações Tijuca (Alerta Rio) e Tijuca (Alerta Rio) e “83743” (INMET).

Esperava-se que a uma relação de proporcionalidade entre condição de umidade do solo e a umidade relativa do ar onde, os dias considerados mais Úmidos seriam os com umidade relativa mais elevada e os dias mais secos com umidade menor. Conforme disposto na tabela 7, onde as médias dispostas em ordem crescente organizam o restante da tabela, nem sempre a tendência esperada foi observada.

Dentre os dias que apresentaram umidade relativa do ar com média superior a 70%, é possível observar que alguns eventos considerados mais secos (com relação à umidade antecedente do solo) apresentaram umidade relativa do ar mais elevada na média, quando comparados a dias considerados mais úmidos pela condição de umidade antecedente, Não demonstrando assim uma correlação proporcionalmente direta. Porém, em praticamente todos os dias com média de umidade relativa do ar abaixo de 70% (com exceção do dia 24/07), a condição de umidade antecedente foi considerada Seca.

Com essa análise inicial é possível indicar que, há uma relação direta entre a condição de umidade antecedente do solo e os dados de umidade relativa do ar e que a tendência esperada foi encontrada na maioria das vezes. Porém, é importante realizar uma correlação abrangendo um maior número de eventos pluviométricos e uma possível correlação com dados de Umidade do Solo, para validar, em estudos posteriores, a metodologia utilizada neste estudo que, correlaciona a condição de umidade do solo com a qualidade das águas pluviais captadas.

Para resumir a metodologia utilizada no presente trabalho, a figura 23 demonstra um fluxograma com as etapas principais adotadas:

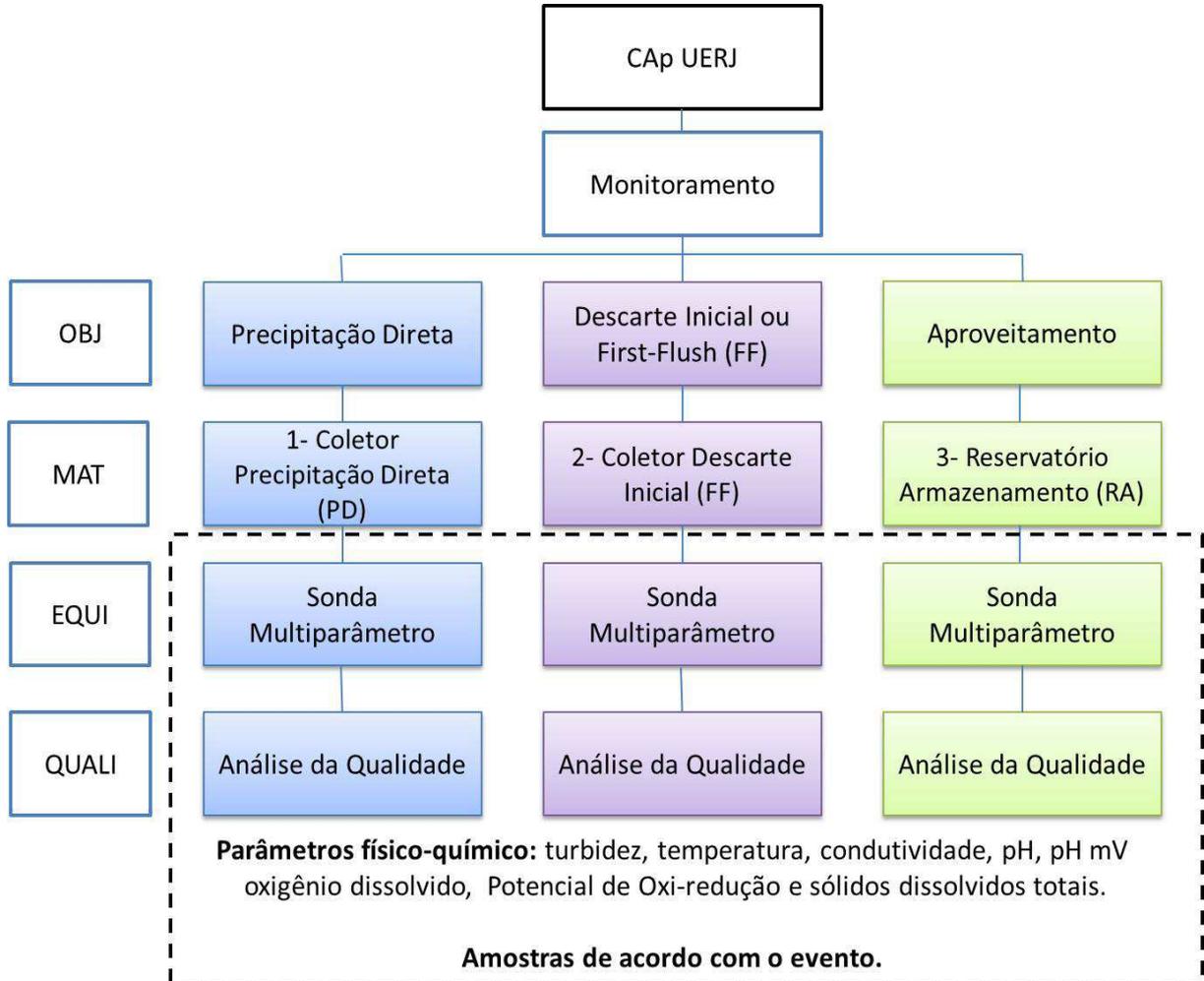


Figura 23: Fluxograma da Metodologia de Trabalho.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Dados Pluviométricos

A pluviosidade foi obtida a partir dos dados monitorados pelo Sistema Alerta Rio. A estação escolhida, conforme explicado na metodologia, foi a estação 4 (Tijuca), que fica a aproximadamente 1800 metros do local aonde foi instalado o equipamento de captura de águas pluviais.

A tabela 8 contém os dados mensais da estação 4 (Tijuca), entre os anos de 1997 e 2013. Nesta tabela é possível observar que os meses mais secos são os de junho a agosto, e que média mensal nesse período (17 anos) foi de 1589 mm.

MÉDIAS MENSAIS ESTAÇÃO ALERTA RIO - ESTAÇÃO 4 (TIJUCA)													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1997	195	34	80	86	68	38	21	48	74	107	129	119	998
1998	418	527	216	126	245	77	67	56	242	248	133	246	2600
1999	168	78	181	123	105	152	92	39	109	95	108	95	1343
2000	133	142	119	35	39	16	54	109	190	52	101	171	1160
2001	28	43	114	38	119	79	95	8	63	69	104	402	1162
2002	71	132	49	32	103	85	25	28	135	67	271	322	1320
2003	243	2	252	110	78	35	37	228	97	264	369	149	1865
2004	257	162	113	140	59	26	238	24	59	58	216	153	1505
2005	193	106	193	260	86	17	139	15	239	185	180	286	1899
2006	226	126	105	256	169	174	37	54	172	122	215	84	1739
2007	127	118	14	118	202	67	106	18	39	208	220	252	1489
2008	186	125	247	219	74	62	45	146	112	92	205	128	1639
2009	272	122	94	237	55	73	110	58	132	226	129	464	1974
2010	220	62	339	496	90	71	127	33	58	176	108	288	2068
2011	104	87	150	357	171	40	47	36	57	138	33	173	1393
2012	180	14	91	101	100	148	47	21	125	74	120	28	1048
2013	354	83	358	85	169	43	172	22	75	89	138	221	1809
MÉDIAS	199	116	160	166	114	71	86	55	116	133	163	211	1589
Legenda:	Chuvoso					Seco			Chuvoso				

Tabela 8: Médias mensais de precipitação (mm) do Sistema Alerta Rio – Estação 4 (Tijuca). (Fonte: Alerta Rio)

Ao analisar os dados disponíveis pelo Alerta Rio é possível verificar que a região estudada tem um elevado índice pluviométrico, superando em todos os anos a média da cidade do Rio de Janeiro, conforme ilustrado na figura 24.

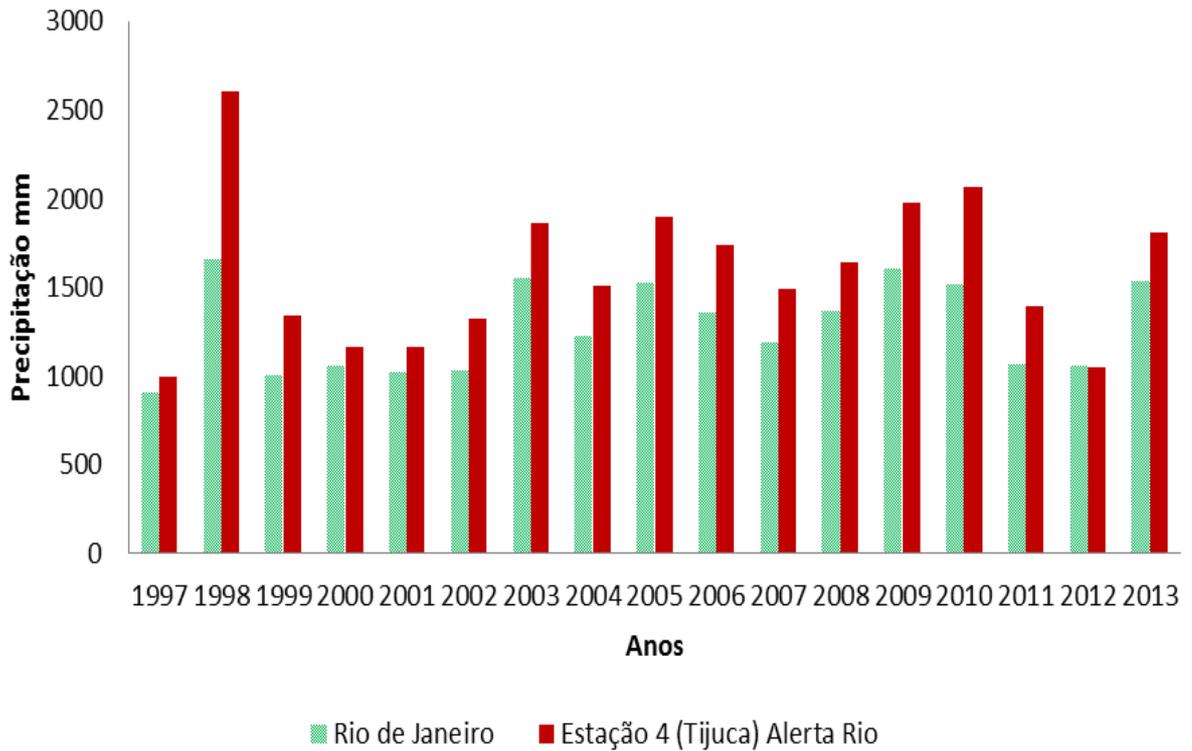


Figura 24: Média anual RJ x Altura pluviométrica anual Tijuca 4 – de 1997 a 2013.

Igualmente na figura 25, que compara as médias mensais do ano de 1997 a 2013, é também comprovada uma média maior da Estação Tijuca em comparação a cidade do Rio de Janeiro.

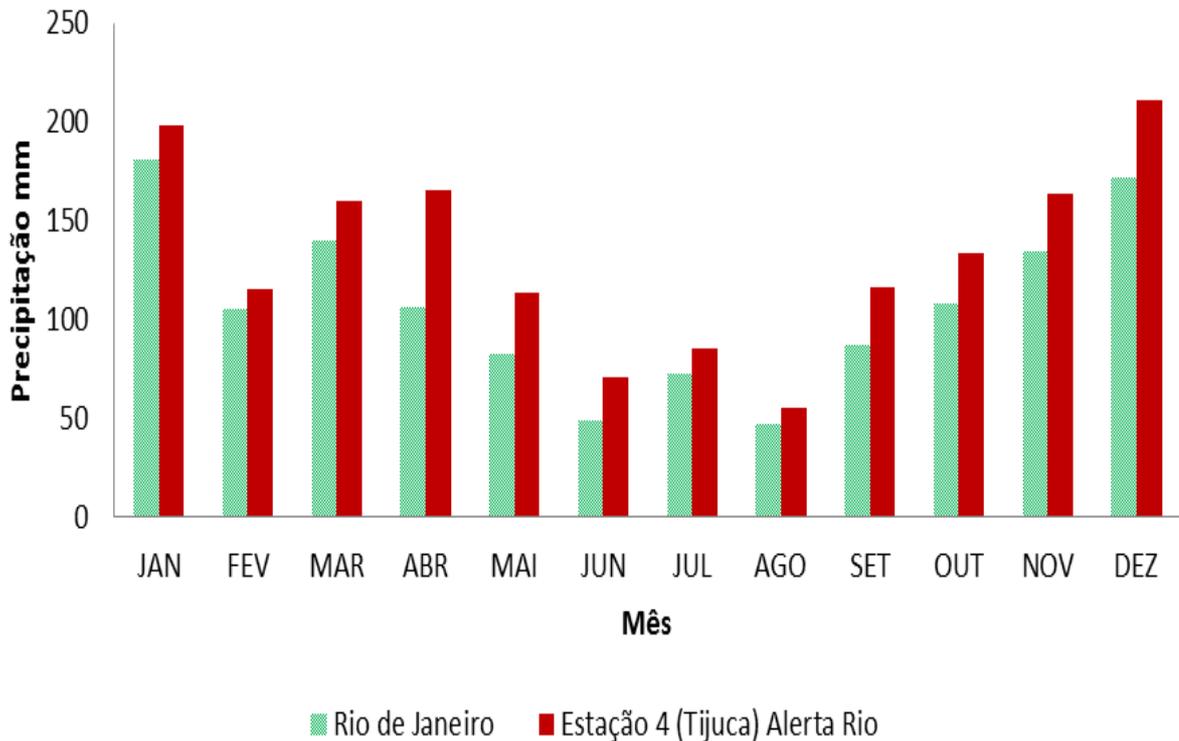


Figura 25 Média mensal RJ x Média mensal Tijuca 4 – 1997 a 2013.

3.2. Dimensionamento do Reservatório de Armazenamento (RA)

Para o dimensionamento do reservatório duas metodologias foram utilizadas: Método Prático Inglês e o Método de Azevedo Neto. Estes métodos foram selecionados devido aos parâmetros disponíveis para o cálculo, assim como para compatibilizar com o espaço disponível na área do CAp UERJ.

Para esses cálculos foram considerados os seguintes valores: Área Superfície de Captação de 21,55 m²; Somatório das Médias de Chuva de 1997 a 2013 de 1284,73 mm; Coeficiente de escoamento superficial 0,8; e os meses de seca ou pouca chuva igual a 3 (Junho, Julho e Agosto)

No método Prático Inglês, o resultado dos cálculos para o dimensionamento do reservatório definiu que este deveria ser capaz de comportar 1384,30 L. O cálculo foi feito levando-se em consideração:

$$V = 0,05 \times P \times A \rightarrow V = 0,05 \times 1284,73 \text{ mm} \times 21,55 \text{ m}^2 \rightarrow V = \mathbf{1384,30 \text{ L}}$$

Já para o Método Prático de Azevedo Neto, o tamanho do Reservatório foi estimado em 3488,43 L, onde:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \rightarrow V = 0,042 \times 1284,73 \text{ mm} \times 21,55 \text{ m}^2 \times 3 \text{ (n}^\circ \text{ de meses)} \rightarrow$$

$$V = \mathbf{3488,43 \text{ L}}$$

Sendo assim, o reservatório usado no presente trabalho, com capacidade de 2460 L, ficou superestimado com relação ao método prático Inglês e subestimado com relação a metodologia de Azevedo Neto. Fazendo uma média entre as duas metodologias, a fim de se determinar um valor de referência, encontrou-se o volume de **2436,36 L**. Assim, considerando-se a média entre as duas metodologias utilizadas neste estudo, o reservatório ficou de acordo com a capacidade demandada para região do Rio Comprido, com base em ambas as metodologias.

O reservatório utilizado no presente estudo, da empresa Harvesting do Brasil, foi dentre os reservatórios pesquisados no mercado, o que apresentou uma capacidade de armazenamento (2460 Litros) mais próximo ao demandado no cálculo de dimensionamento citado anteriormente, com o valor de 2436,36 litros.

A princípio, o reservatório utilizado neste estudo teve como finalidade principal avaliar a qualidade das águas pluviais antes e durante o seu processo de captação. Outras metodologias de dimensionamento constantes na NBR 15527:2007, assim como aquela apresentada por Mierzwa et. al (2007), são recomendadas para um efetivo armazenamento dado outros parâmetros para cálculo da capacidade do reservatório baseado em balanço de vazões.

3.3. Precipitação e períodos de estiagem

Foram levantadas as alturas pluviométricas acumuladas, referentes aos dias em que as amostras foram coletadas. A tabela 9 apresenta os dados referente às amostras coletadas considerando: período antecedente sem chuva, intervalo amostrado, precipitação acumulada, dia da coleta e observações. O intervalo amostrado corresponde ao período de chuva que foi realmente amostrado, por exemplo: A coleta realizada no dia 13/03/2013 foi referente ao período de chuvas

que aconteceram entre os dias 09/03 e 11/03, sendo coletadas apenas no dia 13/03. O período antecedente sem chuva está relacionado ao intervalo amostrado, sendo assim, o período de chuva que foi do dia 09/03 a 11/03 foi antecedido de dois dias sem chuva.

Período Antecedente Sem Chuva	Intervalo Amostrado	Precipitação Acumulada (mm)	Dia da Coleta	Observação
2 dias	09/03 - 11/03	40,2	13/03/2013	-
0 dias	13/03 - 18/03	107,0	18/03/2013	Choveu 15,8mm até 17/03
3 dias	23/03 - 24/03	30,6	26/03/2013	-
1 dia	31/05.	5,2	03/06/2013	-
10 dias	15/06.	3,4	17/06/2013	-
02 dias	01/07 - 02/07	62,8	03/07/2013	-
02 dias	19/07.	0,2	24/07/2013	-
01 dia	17/08-18/08	16,4	28/08/2013	Registro 0mm entre 19 - 28
02 dias	29/09.	1,8	02/10/2013	-
08 dias	16/10 - 18/10	40,0	18/10/2013	-
04 dias	05/11 - 07/11	65,8	08/11/2013	-
04 dias	17/11 - 18/11	20,1	19/11/2013	-
03 dias	10/12 - 12/12	139,0	12/12/2013	-

Tabela 9: Representação dos dias de estiagem, intervalo amostrado, total acumulado (mm), dia da coleta e observações.

Para esses períodos, foram classificadas as condições de umidade antecedente, descritas na metodologia do SCS que indica os períodos como: Secos, Normais e Úmidos. A tabela 10 ilustra a condição de umidade antecedente dos eventos pluviométricos analisados.

Dias	Total Precipitado nos 5 dias anteriores aos eventos (mm)	Cond. Umid. antecedente
13/03/2013	66	Úmida
18/03/2013	40	Normal
26/03/2013	67	Úmida
03/06/2013	14	Normal
17/06/2013	0	Seca
03/07/2013	0,6	Seca
24/07/2013	19	Normal
28/08/2013	6	Seca
02/10/2013	11	Seca
18/10/2013	0	Seca
08/11/2013	5	Seca
19/11/2013	6	Seca
12/12/2013	55	Úmida

Tabela 10: Dias de coleta e a Condição de Umidade Antecedente.

O efeito destes períodos será melhor discutido nos itens 3.3, 3.4 e 3.5, que apresentam a qualidade das águas pluviais dos pontos de coleta de Precipitação Direta (PD), *First-Flush* (FF) e Reservatório de Armazenamento (RA), respectivamente, conforme as condições de umidade antecedente.

3.4. Análise da qualidade das águas pluviais de precipitação direta (PD)

Durante o período entre março de 2013 e dezembro de 2013, foram coletadas 13 amostras do coletor para precipitação direta. Foram realizadas as análises dos parâmetros: temperatura, pH, pHmV, potencial de oxirredução, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos com a sonda multiparâmetro.

O pH das amostras de água de precipitação direta tiveram como valores máximos e mínimos entre 6,1 – 4,9, respectivamente. Na média, o pH encontrado foi de 5,6, valor muito próximo à média dos trabalhos realizados por Jaques (2005); Lima *et al.* (2007) e Hagemann (2009). Assim, as águas analisadas no trabalho seguem a tendência global, onde apresentam naturalmente um pH próximo a 5,6

(BAIRD e CANN , 2011). Porém, nas amostras dos dias 03/07/13, 24/07/13, 18/10/13, 08/11/13 e 19/11/13 os valores analisados ficaram abaixo da média de 5,6. Com relação a chuva do dia 12/12/13, o valor de 4,94 caracterizou-se como o pH de chuva ácida. O fato de 50% das amostras apresentarem um pH abaixo da média global, sendo um deles resultado de chuva ácida, é explicado pela proximidade de uma via de grande fluxo de trânsito, sendo determinante como foco de poluição atmosférica na região.

O potencial de oxi-redução obteve valores entre 277 e 192, durante o período avaliado. Não foram encontrados trabalhos que analisassem esse parâmetro em amostras de precipitação direta.

Quanto à presença de sólidos nesta etapa do experimento, foi possível constatar que essas águas não sofreram grandes interferências da deposição (seca/úmida) de sólidos. Para a precipitação direta, os resultados para turbidez, condutividade e sólidos totais suspensos ficaram entre 40,8 - 0 NTU; 0,172 - 0,013 mS/cm; 0,112 – 0,008 g/L, respectivamente. As médias para turbidez (4,8 NTU) e condutividade (0,06 mS/cm), foram menores do que os resultados encontrados por Jaques (2005), Lima *et al.* (2007) e Hagemann (2009). Todavia, a média para sólidos totais suspensos (40 mg/L), foi maior do que o encontrado no trabalho de Lima *et al.* (2007).

Para avaliar a possível interferência da condição de umidade antecedente nas amostras, foram analisados os resultados, considerando dias de estiagem com a condutividade e sólidos totais dissolvidos. Esta relação demonstrou alguma interferência nos resultados dos parâmetros que mediram a quantidade de sólidos na água. Conforme analisado, os 5 eventos que apresentaram maior presença de sólidos (para condutividade e sólidos totais dissolvidos –STD), foram em dias com condições de umidade antecedentes consideradas secas ou normais, estando os 3 dias com maiores concentrações de sólidos incluídos na condição seca. Já os dois menores resultados para os mesmo parâmetros, foram encontrados em dois dias com condição úmida. A tabela 11 classifica, os resultados para condutividade e STD, destacando os dias com maiores valores (laranja) e menores valores (verde).

Dias	Período antecedente sem chuva	Cond. Umid. Antecedente	Condutividade (mS/cm)	STD (mg/L)
12/12/2013	03 dias	Úmida	0,013	8
13/03/2013	02 dias	Úmida	0,026	17
03/07/2013	02 dias	Seca	0,028	18
08/11/2013	04 dias	Seca	0,04	26
19/11/2013	04 dias	Seca	0,044	28
18/03/2013	00 dias	Normal	0,046	30
26/03/2013	03 dias	Úmida	0,051	33
24/07/2013	02 dias	Normal	0,054	35
18/10/2013	08 dias	Seca	0,075	48
03/06/2013	01 dias	Normal	0,093	60
28/08/2013	01 dias	Seca	0,111	72
17/06/2013	10 dias	Seca	0,172	112
02/10/2013	02 dias	Seca	-	-

Tabela 11: Comparação entre condição de umidade antecedente dos solos, condutividade e STD em amostras de precipitação direta.

Quando realizada uma comparação entre os dias antecedentes sem chuva e os parâmetros STD e condutividades, não encontrou-se um padrão que demonstrasse a interferência dos dias sem chuva com a qualidade das águas pluviais. Porém, o dia (17/06), que obteve os maiores resultados para ambos parâmetros, também apresentou o maior período antecedente sem chuva (10 dias), vide figuras 26 e 27.

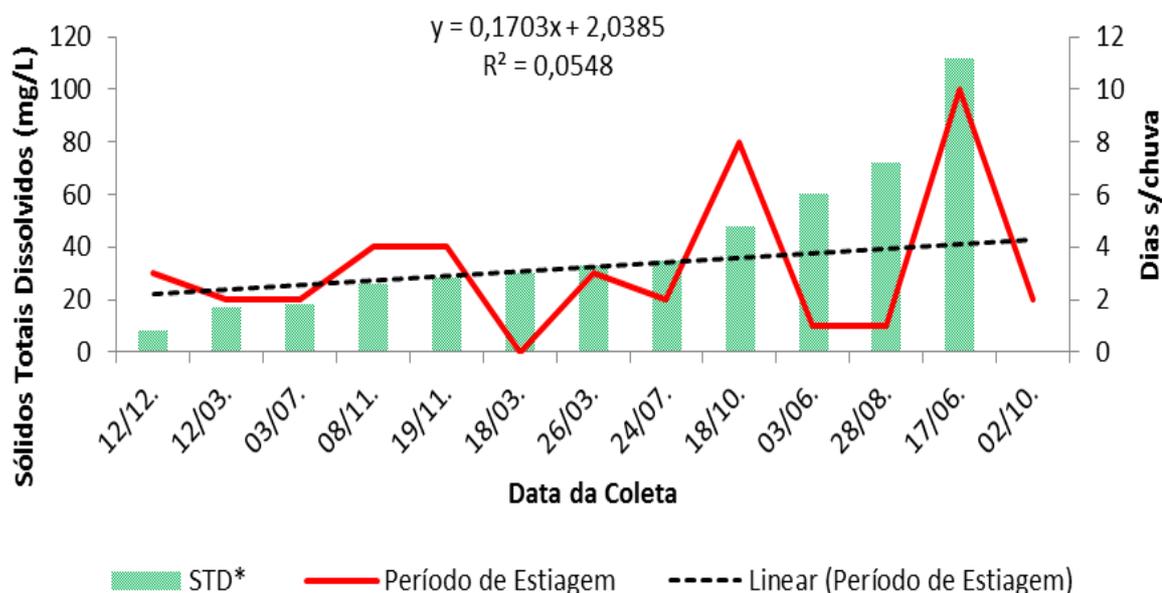


Figura 26: Correlação entre dias antecedentes sem chuva x condutividade na precipitação direta (PD)

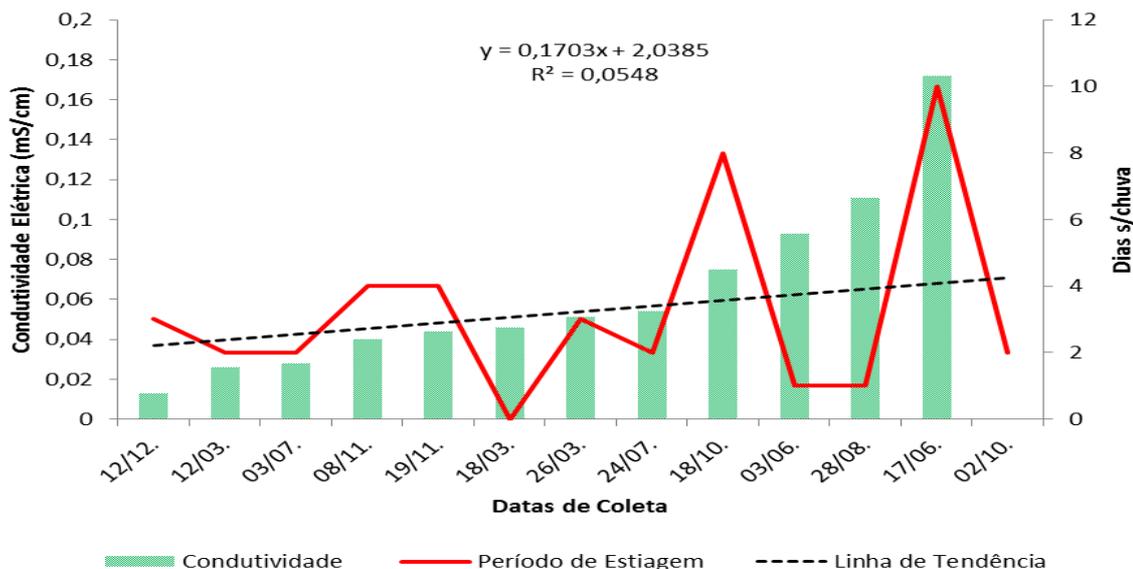


Figura 27: Correlação entre dias antecedentes sem chuva x sólidos totais dissolvidos na precipitação direta (PD)

O oxigênio dissolvido das amostras de precipitação direta ficou entre 8,36 – 5,55 mg/L. Como o coletor de águas para precipitação direta é mais exposto aos raios solares, sua temperatura normalmente é maior, acarretando em uma menor solubilidade do oxigênio nestas amostras, podendo explicar seu valor reduzido em alguns dos eventos amostrados.

A tabela 12, demonstra os resultados de todos os parâmetros amostrados em todos os dias em que foram realizadas amostragens da precipitação atmosférica direta.

Dias	Período de Estiagem	Total precipitado	Temp. (°C)	pH	pH mV	ORP	Condutividade . (mS/cm)	Turbidez NTU	OD mg/L	STD (mg/L)
13/03/2013	2 dias	40,2	35,4	6,1	42	267	0,026	0	6,68	17
18/03/2013	0 dias	107	22,32	5,8	48	275	0,046	0	7,87	30
26/03/2013	3 dias	30,6	27,7	6,2	29	220	0,051	2,4	6,36	33
03/06/2013	1 dia	5,2	20,87	5,8	28	260	0,093	1,6	6,43	60
17/06/2013	10 dias	3,4	23,63	6,1	20	192	0,172	0,4	8,36	112
03/07/2013	02 dias	62,8	22,09	5,3	72	281	0,028	1,7	8,07	18
24/07/2013	02 dias	0,2	16,85	5,4	56	267	0,054	0	7,05	35
28/08/2013	01 dia	16,4	20,19	5,9	14	233	0,111	3,5	5,55	72
18/10/2013	08 dias	40,0	23,62	5,5	36	249	0,075	4	7,36	48
08/11/2013	04 dias	65,8	25,77	5,3	42	230	0,04	0,2	7,11	26
19/11/2013	04 dias	20,1	25,41	5,3	61	262	0,044	3,4	6,12	28
12/12/2013	03 dias	139,0	23,23	4,9	67	277	0,013	40,8	7,17	8

Tabela 12: Tabela com resultados para precipitação direta.

3.5. Caracterização da água de *First-Flush* (FF)

Para os resultados de *first-flush*, dois cenários foram analisados. No cenário 01, as amostras coletadas do *first-flush* sofreram a interferência de um filtro, que estava instalado imediatamente antes do ponto de saída de onde eram retirados os volumes a serem analisados. Este mesmo filtro foi mantido entre as coletas do dia 13/03/2013 a 03/07/2013. Já no cenário 02, o filtro foi retirado para que fosse possível avaliar a interferência do mesmo na qualidade das águas de *first-flush*, sendo esta condição adotada entre 24/07/2013 e 12/12/2013.

Os resultados obtidos para pH variaram entre 5,79 - 4,12. Em média os resultados atingiram o valor de pH igual a 5,0. Além do valor da média, que indica uma acidificação em relação à água coletada no coletor de precipitação direta, verificou-se que em 50% das amostras, o pH dessas águas assemelhou-se ao de uma chuva ácida (pH < 5,0). A acidificação das águas provenientes da chuva pode ser explicada pela presença de poluentes no telhado da quadra poliesportiva, provavelmente fruto da deposição de poluentes (seca e úmida), carregados pelo fluxo constante de veículos automotivos em vias próximas ao colégio e do acúmulo de dejetos de animais na superfície de captação, como o de pequenos mamíferos e aves que transitam pela região. Outra variável, que pode ter afetado o pH, é o tipo de material do telhado em aço galvanizado. Conforme Lee, Bak e Ham (2011), o material do telhado tem influenciado na redução dos valores de pH quando sua composição possui metais pesados.

Com relação ao potencial de oxi-redução (ORP), os valores flutuaram entre 344 – 202 mV. Conforme o trabalho de Peixe (2012), que encontrou resultados de oxi-redução semelhantes ao do presente estudo, (onde o valor máximo foi de 325 mV), o resultado é considerado baixo.

Os parâmetros relacionados à presença de sólidos como condutividade, turbidez e sólidos totais dissolvidos, tiveram comportamentos diferentes antes e depois da retirada do filtro, no ponto de coleta do *first-flush*. Nas coletas realizadas

entre os dias 13/03/2013 ao dia 03/07/2013 (total de 6 coletas), os resultados ficaram entre 0,142 – 0,03 mS/cm; 11,4 – 0 NTU; 0,09 – 0,02 g/L para condutividade, turbidez e sólidos dissolvidos totais, respectivamente. Diferente do que é encontrado na literatura, os resultados deste cenário 01 (onde ainda contava com a presença do filtro no FF), as amostras relacionadas à presença de sólidos foram em alguns casos menores do que os resultados dos mesmos parâmetros no reservatórios de armazenamento. A explicação é exatamente a presença do filtro nestas coletas, que conteve a maior parte dos sólidos da primeira lavagem da superfície de captação. A figura 28, mostra como o filtro fica antes e depois de um evento pluviométrico.

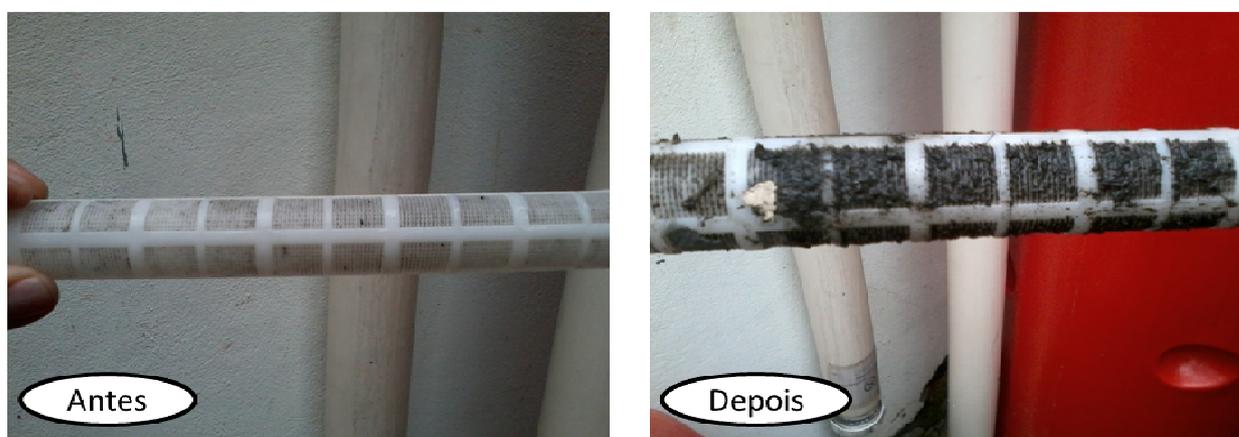


Figura 28: Filtro *First-Flush* (FF). Foto antes e depois um evento pluviométrico.

No cenário 2, no qual o filtro foi retirado, os resultados encontraram-se superiores ao cenário 1. Os valores ficaram entre 0,76 – 0,05 mS/cm; 238 – 47,2 NTU; 0,48 – 0,03 g/L para condutividade, turbidez e sólidos dissolvidos totais respectivamente. Os resultados relativos à presença de sólidos no volume do primeiro descarte são maiores do que os encontrados na precipitação direta e no reservatório.

Para condutividade é possível observar que na média (0,167 mS/cm) os resultados do presente trabalho ficaram abaixo dos encontrados na literatura como nos trabalhos de Georgios e Vassilios (2012), Mendez, *et al* (2012); Hagemann (2009); Klumb *et al.*(2009) e Lima *et al.* (2007). O trabalho com resultado mais próximo foi o realizado por Peixe (2012), com valor de 0,1 mS/cm na média. Para

turbidez, a média de 63,27 NTU foi superior em comparação com praticamente todos os autores anteriormente descritos, com exceção do resultado de Peixe (2012), que teve como média o valor de 82 NTU. Por último, os resultados para sólidos totais dissolvidos chegaram a uma média de 106 mg/L, sendo esta média a maior encontrada em todos os estudos antes apresentados. Os mesmos autores, afirmam que a presença maior de sólidos deve-se ao fato de que água de chuva nos primeiros minutos realizar uma limpeza das superfícies de captação, carreando assim as partículas ali presentes. Os fatores que interferem na quantidade desses sólidos na superfície são: tempo de estiagem, vegetação nas proximidades, fontes poluidoras (indústrias, rodovias, etc), regime de ventos, etc.

Quando se relacionam os dados de condutividade e sólidos totais dissolvidos (STD) com os dados de condição de umidade antecedente, foi possível verificar um comportamento semelhante entre os dois cenários. Os dias que apresentaram maiores valores de condutividade e STD foram os dias com condições de umidade seca, sendo o dia 17/06 para o cenário 01 e o dia 28/08 para o cenário 02. Porém, esse padrão não foi encontrado em toda a coleta do *First-Flush*. A tabela 13 ilustra os resultados encontrados, em ordem crescente, para estes parâmetros em seus respectivos dias e condições de umidade.

Dias	Período de Estiagem	Cond. Umid. antecedente	Condutividade. (mS/cm)	STD (mg/L)	
03/06/2013	01 dias	Normal	0,031	20	Cenário 01 (c/filtro)
03/07/2013	02 dias	Seca	0,047	30	
13/03/2013	02 dias	Úmida	0,069	43	
18/03/2013	00 dias	Normal	0,07	45	
26/03/2013	03 dias	Úmida	0,093	60	
17/06/2013	10 dias	Seca	0,142	92	
12/12/2013	03 dias	Úmida	0,047	28	
18/10/2013	08 dias	Seca	0,091	59	
19/11/2013	04 dias	Seca	0,169	108	
02/10/2013	02 dias	Seca	0,215	139	
24/07/2013	02 dias	Normal	0,254	164	
28/08/2013	01 dias	Seca	0,757	484	
08/11/2013	04 dias	Seca	-	-	

Tabela 13: Comparação entre condição de umidade antecedente, condutividade e STD em amostras de *First-Flush*.

Porém, ao se realizar uma análise da correlação entre a qualidade das águas pluviais e o período de estiagem, verificou-se que a presença do filtro interferiu novamente nos resultados. No cenário 01 observa-se que quanto maior o período de estiagem, maior a concentração de sólidos. O parâmetro que deixou mais clara essa relação foi o da condutividade, onde os dias com maior período de estiagem apresentaram valores mais elevados. A ordem decrescente dos períodos de estiagem apresentaram os valores: 0,142 mS/cm (10 dias) > 0,093 mS/cm (03 dias) > 0,069 e 0,047 mS/cm (02 dias) > 0,031 mS/cm (01 dia). A mesma ordem foi encontrada nos resultados para sólidos totais dissolvidos (STD). A coleta do dia 17/06, com 10 dias de estiagem, apresentou os maiores resultados do cenário 01 para os parâmetros relacionados à presença de sólidos (turbidez, condutividade e sólidos totais dissolvidos). O efeito dos períodos sem chuva sobre a qualidade da água foi observado por Yanzi *et al* (1989), onde verificou-se uma relação, na maioria dos casos, entre quantidade de poluentes na água e período sem chuva (quanto maior o período de estiagem, maior a concentração de poluentes). A interferência do período de estiagem está ilustrada nas figuras 29 e 30.

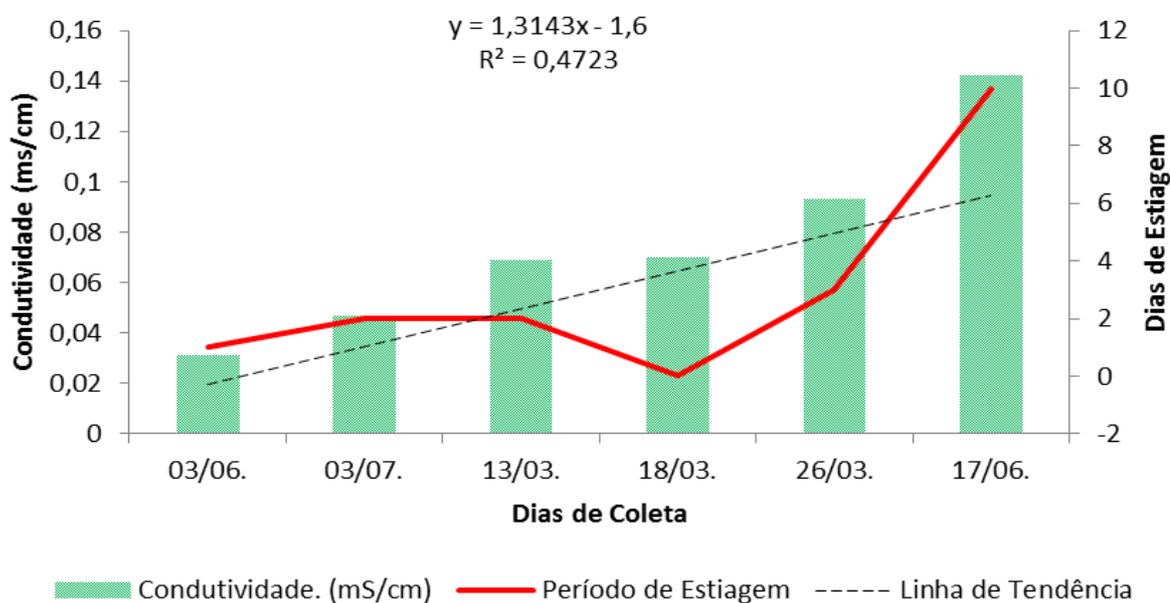


Figura 29: Correlação entre Condutividade x Dias de Estiagem no (FF) para o cenário 01 (c/filtro).

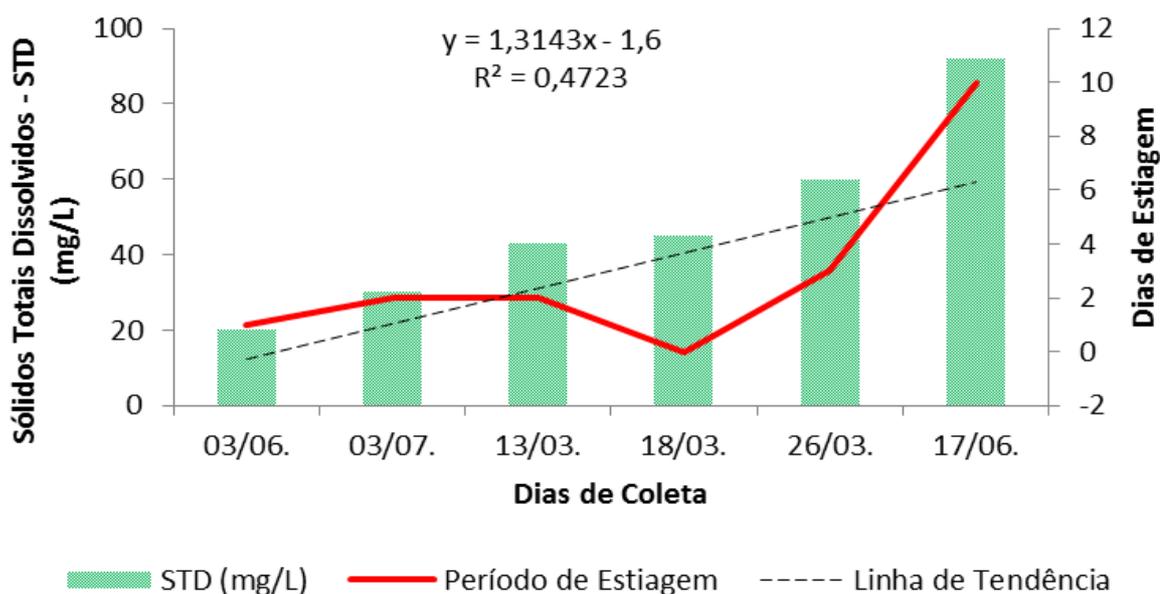


Figura 30: Correlação entre STD x Dias de Estiagem no (FF) para o cenário 01 (c/filtro).

Ao contrário do primeiro, no cenário 02 não foi possível estabelecer claramente a relação entre quantidade de sólidos e período seco. Para os parâmetros utilizados para detectar a presença e quantidade de sólidos na amostra, não se verificou uma correlação direta entre os dias de estiagem e a quantidade de material sólido na água. Em 18/10, dia que verificou-se um período antecedente, sem chuva de 8 dias, não apresentou os maiores resultados para a presença de sólidos, sendo os dias que apresentaram maiores valores para sólidos: 28/01 (01 dia de estiagem), 24/07 (02 dias) e 02/10 (02 dias). As figuras 31 e 32 ilustram o relatado anteriormente.

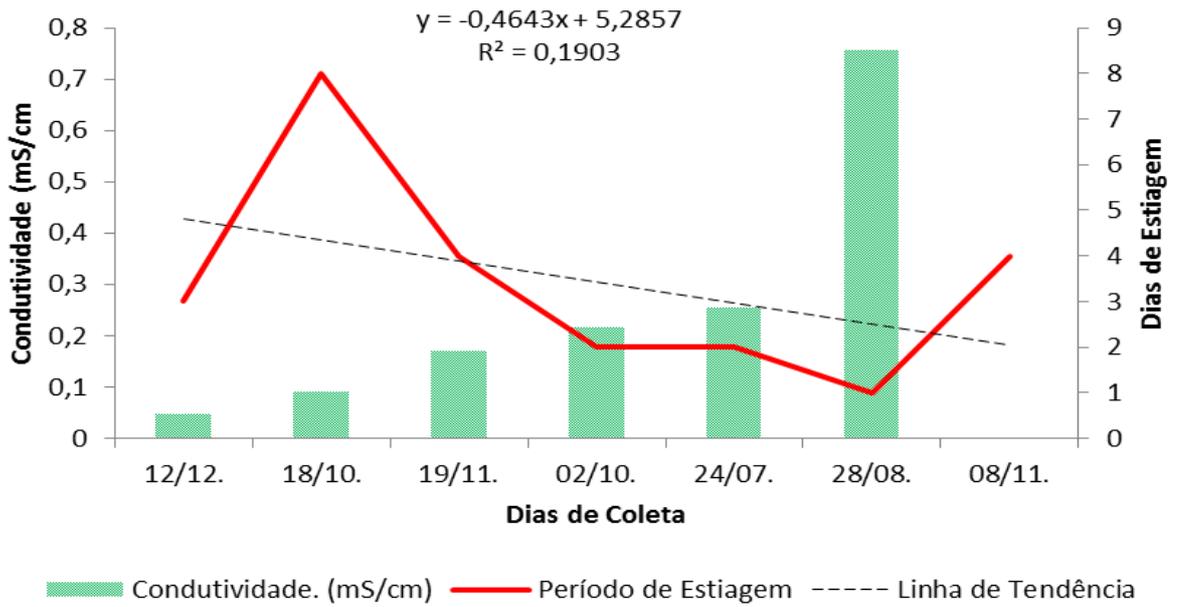


Figura 31: Correlação entre Condutividade x Dias de Estiagem no (FF) para o cenário 02 (s/filtro).

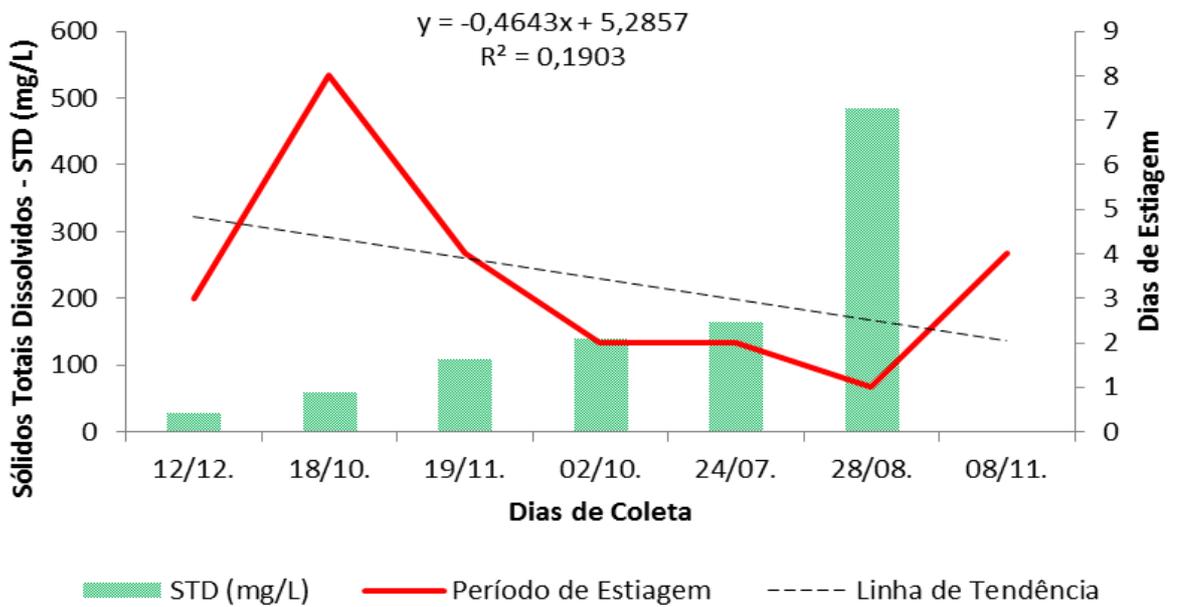


Figura 32: Correlação entre STD x Dias de Estiagem no (FF) para o cenário 02 (s/filtro).

Analisando-se as médias dos resultados de condutividade e STD nas condições seca, normal e úmida (para os cenários 01 e 02), nota-se que os dias com umidade antecedente considerada seca, foram os que apresentaram os maiores valores. O fato da condição úmida apresentar valores mais elevados do que a condição normal, no cenário 01, pode ser explicado pela quantidade de dias antecedentes sem chuva. Os dois eventos classificados como normal (18/03 e 03/06) apresentaram 0 dias (zero) e 1 dia sem chuva, respectivamente. Já os dias classificados como úmido (dias 13/03 e 26/03) apresentaram períodos de estiagem mais prolongados com, 2 dias e 3 dias sem chuva, respectivamente. Logo, é importante não só observar a condição de umidade antecedente, mas também, os dias antecedentes sem chuva, pois se espera que, quanto maior o período sem chuva, maior a concentração de sólidos na superfície de captação (Figuras 33 e 34).

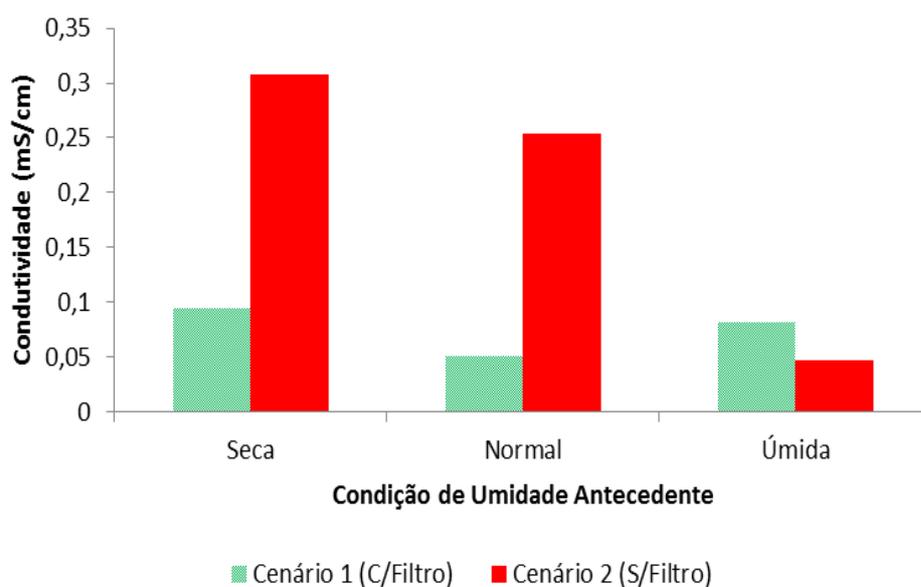


Figura 33: Médias de condutividades no (FF) para as condições: seca, normal e úmida.

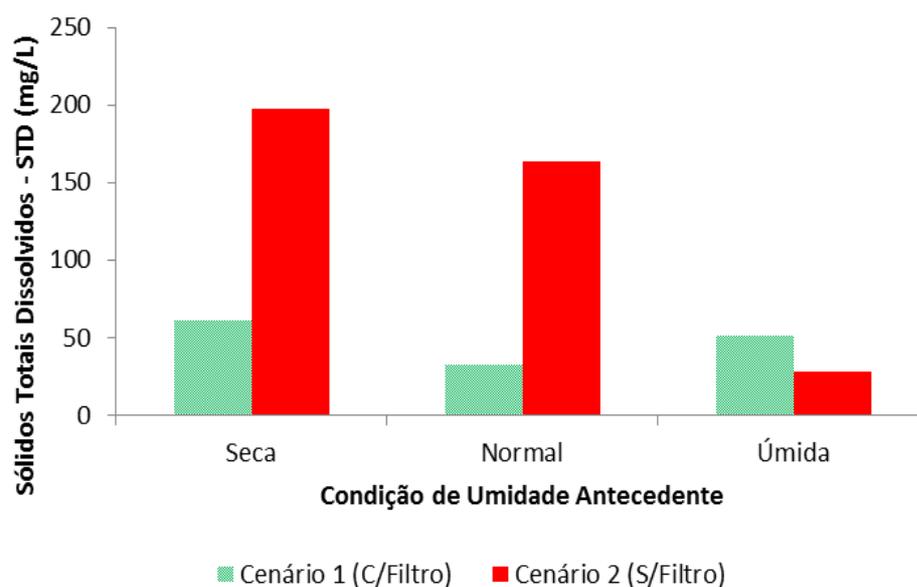


Figura 34: Médias de STD no (FF) para as condições: seca, normal e úmida.

A tabela 14 apresenta os resultados obtidos no *first-flush* no período amostrado.

Dias	Período de Estiagem	Total precipitado	Temp. (°C)	pH	pH mV	ORP	Condutividade. (mS/cm)	Turbidez NTU	OD Mg/L	STD (mg/L)	
13/03/2013	2 dias	40,2	27,43	4,68	111	372	0,069	0	6,87	43	Cenário 01 (c/filtro)
18/03/2013	0 dias	107,0	21,71	5,07	91	344	0,07	10	7,25	45	
26/03/2013	3 dias	30,6	26,05	5,79	53	254	0,093	0	4,63	60	
03/06/2013	1 dia	5,2	20,98	5,79	25	288	0,031	5,1	7,7	20	
17/06/2013	10 dias	3,4	22,37	5,76	41	253	0,142	11,4	9,34	92	
03/07/2013	02 dias	62,8	21,26	5,05	85	289	0,047	0,5	7,22	30	
24/07/2013	02 dias	0,2	17,98	4,98	80	224	0,254	47,2	8,94	164	Cenário 02 (s/filtro)
28/08/2013	01 dia	16,4	19,73	5,17	59	202	0,757	190	6,42	484	
02/10/2013	02 dias	1,8	22,9	4,76	80	237	0,215	238	7,16	139	
18/10/2013	08 dias	40,0	23,89	4,19	114	310	0,091	81,1	8,47	59	
19/11/2013	04 dias	20,1	23,7	4,75	90	262	0,169	51,9	7,69	108	
12/12/2013	03 dias	139,0	23,51	4,12	116	307	0,047	124	8,44	28	

Tabela 14: Tabela com os resultados para *First-Flush*.

3.6. Caracterização da água armazenada (RA)

As águas pluviais armazenadas no reservatório (RA) tiveram os mesmo parâmetros analisados pela sonda multiparâmetro entre o mesmo período amostral, de março de 2013 a dezembro de 2013.

O pH das águas pluviais de armazenamento variou entre 5,91 – 4,35. Constatou-se, em parte dos eventos analisados, houve um decréscimo do valor do pH, com relação aos outros pontos analisados (Precipitação Direta e *First-Flush*). A queda no valor do pH não foi constatada na literatura onde, pelo contrário, verificou-se uma tendência do aumento do pH durante o processo de captação das águas pluviais até chegar ao reservatório, por fatores como: sólidos depositados na superfície de captação e material da superfície de captação. Porém, no trabalho de Jaques (2005), o valor médio do pH (5,1) do reservatório que armazenou uma água proveniente de uma superfície de aço galvanizado, ficou próximo ao encontrado no presente estudo (5,2), onde o telhado apresentava um material semelhante ao do trabalho descrito.

Para o potencial de oxi-redução, os valores flutuaram entre 374 – 155 mV. Na média, o resultado ficou em 273,3 mV. Novamente, assim como nos outros pontos analisados, o resultado foi considerado baixo (tendo como referência o trabalho de PEIXE, 2012). Uma vez que esse parâmetro é um indicador da capacidade anti-microbiana da água, é recomendado que mesmo para águas destinadas para atividades não potáveis, seja realizado um tratamento visando a desinfecção da água.

Sobre a presença de sólidos nas águas de armazenamento os valores para turbidez, condutividade e sólidos totais dissolvidos ficaram entre 82,9 – 0 NTU; 0,133 – 0,012 mS/cm e 0,086 - 0,007 g/L respectivamente. Com relação aos valores médios encontrados, a turbidez ficou com 13,52 NTU sendo um resultado maior do que os resultados encontrados na literatura revisada (Georgios e Vassilios, 2012; Vialle *et al*, 2011; Daoud *et al.*, 2011; O'hogain *et al.*, 2010; Klumb *et al.*, 2009; Ribeiro *et al*, 2009 e Jaques, 2005). Todavia, a média de condutividade eletrolítica

(0,06 mS/cm) foi muito inferior à encontrada nos trabalhos antes citados. Quanto à média dos sólidos totais dissolvidos (40 mg/L), ficou muito próximo do encontrado por Klumb *et al.* (2009).

Conforme ilustrado nas figuras 35 e 36, quando correlacionados o período de estiagem aos parâmetros relacionados à presença de sólidos (sólidos totais dissolvidos e condutividade), não encontrou-se um padrão que estabelecesse uma relação direta entre os períodos de estiagem e a qualidade das águas pluviais. Em muitos casos, grandes períodos de estiagem não representaram elevadas concentrações de sólidos nas amostras de água.

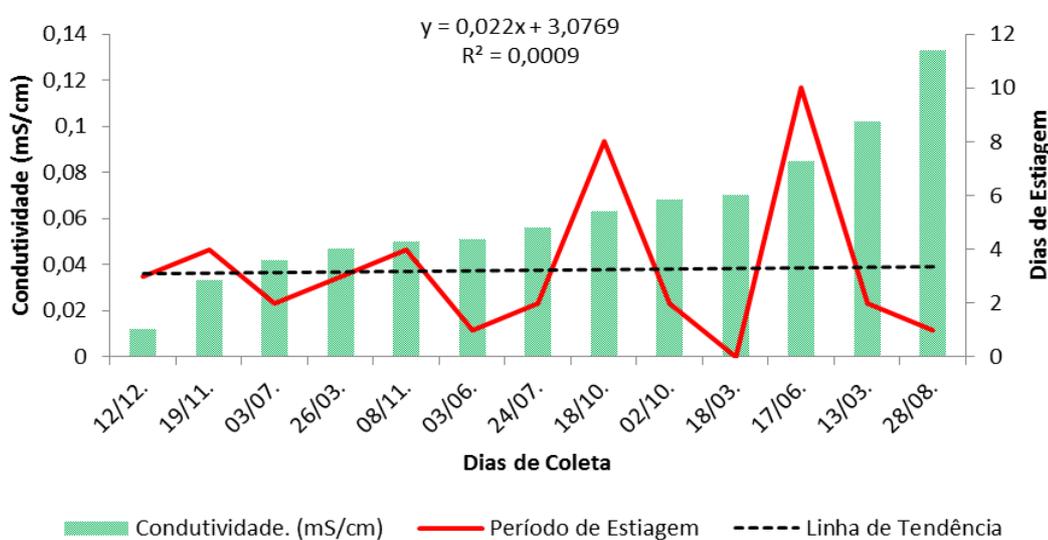


Figura 35: Correlação entre período de estiagem x condutividade no (RA).

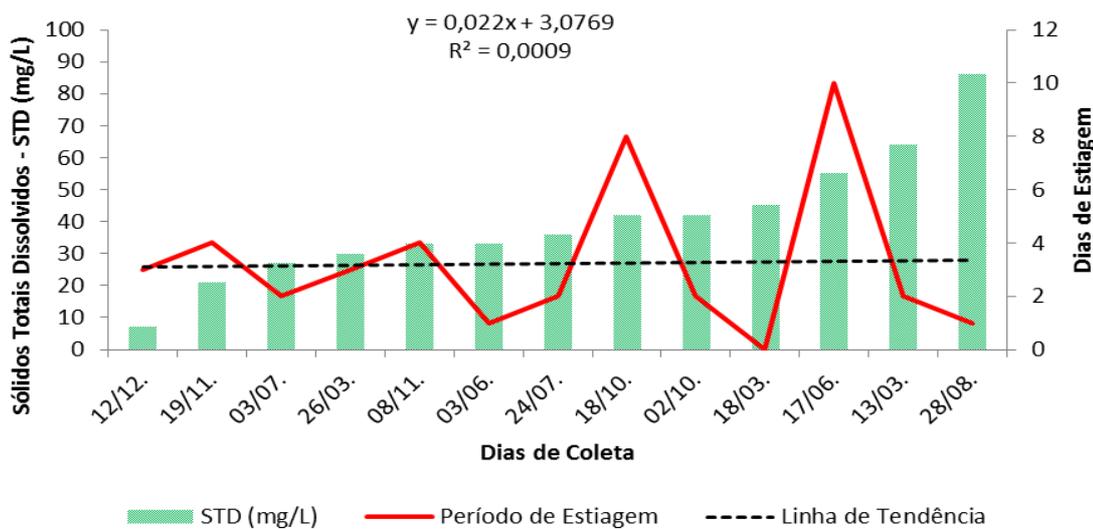


Figura 36: Correlação entre período de estiagem x sólidos totais dissolvidos no (RA).

Correlacionando os resultados de condutividade e sólidos totais dissolvidos (STD) com o período de umidade antecedente, foi possível constatar que praticamente todos os eventos que apresentaram os maiores resultados para esses dois parâmetros, ficaram entre as condições seca ou normal. Assim pode-se indicar que em períodos com menos chuva, ou seja, em períodos considerados secos, há uma tendência de maior acúmulo de sólidos nas águas de chuva armazenadas no reservatório. A tabela 15 demonstra os resultados encontrados para a comparação citada neste parágrafo.

Dias	Período de Estiagem	Cond. Umid. Antecedente	Condutividade. (mS/cm)	STD (mg/L)
12/12/2013	03 dias	Úmida	0,012	7
19/11/2013	04 dias	Seca	0,033	21
03/07/2013	02 dias	Seca	0,042	27
26/03/2013	3 dias	Úmida	0,047	30
08/11/2013	04 dias	Seca	0,05	33
03/06/2013	1 dia	Normal	0,051	33
24/07/2013	02 dias	Normal	0,056	36
18/10/2013	08 dias	Seca	0,063	42
02/10/2013	02 dias	Seca	0,068	42
18/03/2013	0 dias	Normal	0,07	45
17/06/2013	10 dias	Seca	0,085	55
13/03/2013	2 dias	Úmida	0,102	64
28/08/2013	01 dia	Seca	0,133	86

Tabela 15: Comparação entre condição de umidade antecedente, condutividade e STD em amostras do Reservatório de Armazenamento (RA).

As figuras 37, 38 e 39, demonstram graficamente a relação entre condição de umidade antecedem com os parâmetros: condutividade, turbidez e STD.

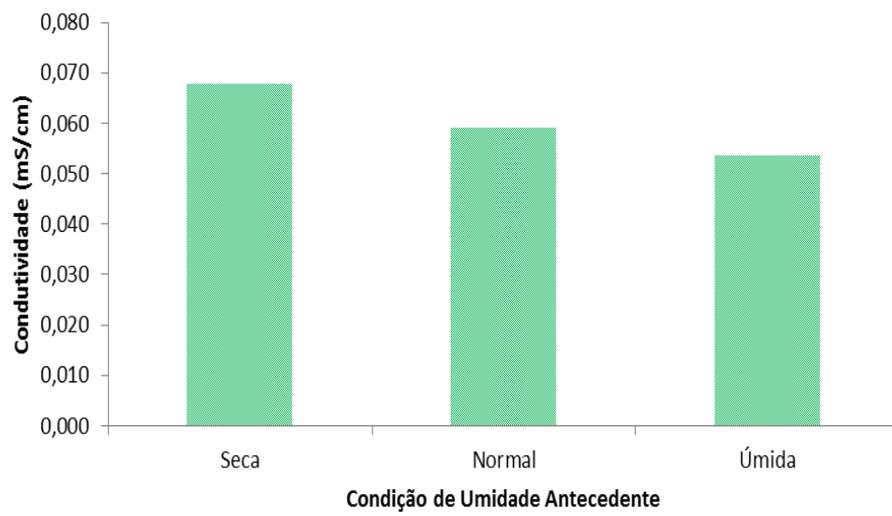


Figura 37: Médias de Condutividade no (RA) para as condições: seca, normal e úmida.

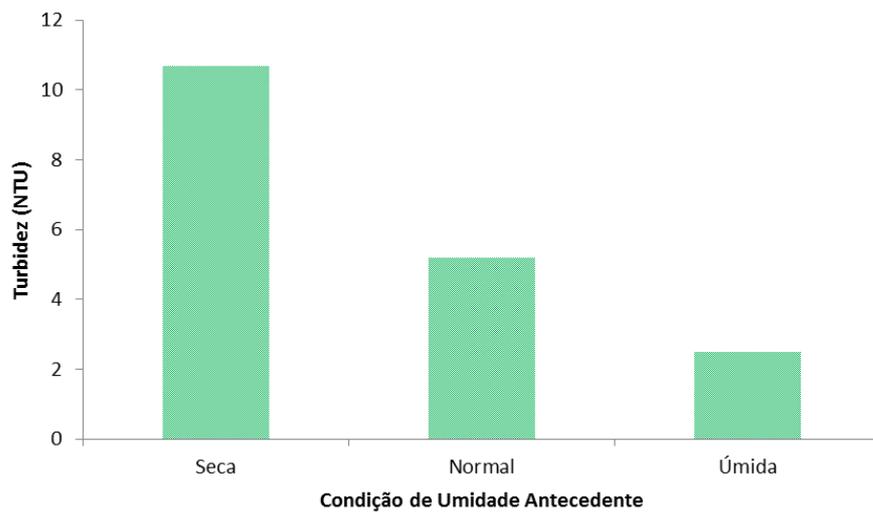


Figura 38: Médias de Turbidez no RA para as condições: seca, normal e úmida.

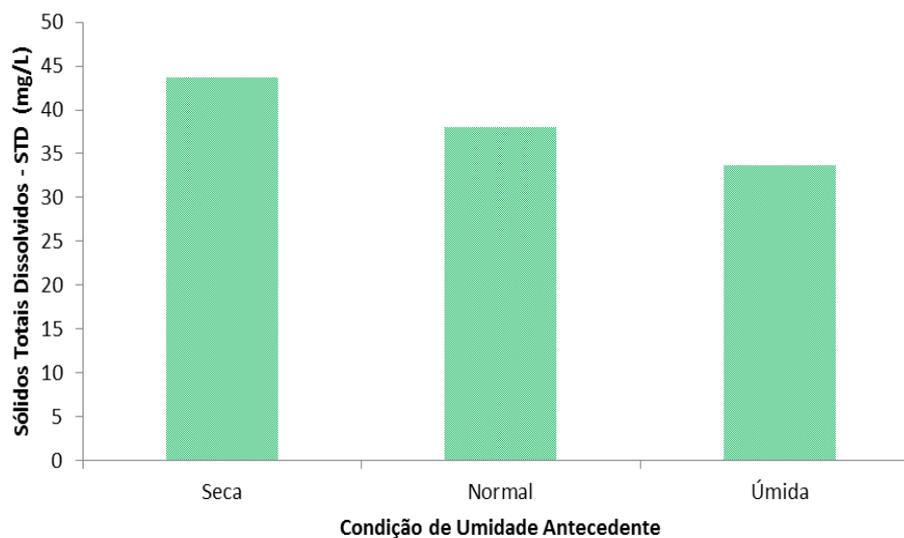


Figura 39: Médias de STD no (RA) para as condições: seca, normal e úmida.

Os resultados das coletas realizadas para as águas armazenadas no reservatório (RA) estão representados na tabela 16.

Dias	Período de Estiagem	Total precipitado (mm)	Temp. (°C)	pH	pH mV	ORP mV	Conduti. (mS/cm)	Turbidez (NTU)	OD mg/L	STD (mg/L)
13/03/2013	2 dias	40,2	26,95	4,35	143	374	0,102	0	9,74	64
18/03/2013	0 dias	107	22,35	5,14	87	341	0,07	7,6	9,58	45
26/03/2013	3 dias	30,6	25,67	4,96	102	359	0,047	2,5	8,05	30
03/06/2013	1 dia	5,2	21,3	4,95	74	329	0,051	6,63	9,27	33
17/06/2013	10 dias	3,4	22,34	4,74	101	288	0,085	11,5	9,73	55
03/07/2013	02 dias	62,8	20,69	5,38	66	296	0,042	2,2	8,09	27
24/07/2013	02 dias	0,2	18,69	5,85	30	161	0,056	1,3	6,62	36
28/08/2013	01 dia	16,4	20,34	5,91	16	155	0,133	3,3	6,48	86
02/10/2013	02 dias	1,8	22,89	5,46	39	162	0,068	33,4	6,82	42
18/10/2013	08 dias	40	23,6	5,22	53	259	0,063	15,2	7,9	42
08/11/2013	04 dias	65,8	22,49	5,08	55	256	0,05	5	9,56	33
19/11/2013	04 dias	20,1	23,07	5,57	43	277	0,033	4,2	7,84	21
12/12/2013	03 dias	139	22,91	4,91	69	296	0,012	82,9	7,9	7

Tabela 16: Tabela com os resultados para Reservatório de Armazenamento.

3.7. Comparação da qualidade das águas pluviais entre os pontos analisados e perante os marcos legais

Os resultados obtidos para pH, comparados com os limites legais, estão ilustrados na figura 40. Em praticamente todos os pontos de coleta e na maioria dos eventos analisados, as amostras estão fora dos padrões estabelecidos pelos marcos regulatórios. Porém, as águas de precipitação direta e do reservatório foram as que mais se aproximaram dos padrões mínimos exigidos para utilização em atividades como rega de jardim e bacias sanitárias.

Com relação ao pH durante o processo de captação, é possível observar que o ponto de coleta (PD) foi o que apresentou os maiores valores para esse parâmetro. Nos dias 13/03, 26/03 e 17/06 ocorreu uma acidificação das águas pluviais durante o processo de captação, ficando os valores de pH dispostos na seguinte ordem: (PD) > (FF) > (RA). Já nos demais eventos amostrados, observou-se um padrão onde o pH sofreu uma redução do ponto (PD) para o (FF). Posteriormente o pH voltava a aumentar entre os pontos (FF) e (RA), sendo o valor encontrado no (RA) maior do que o encontrado na (PD) nos dias 24/07 e 19/11.

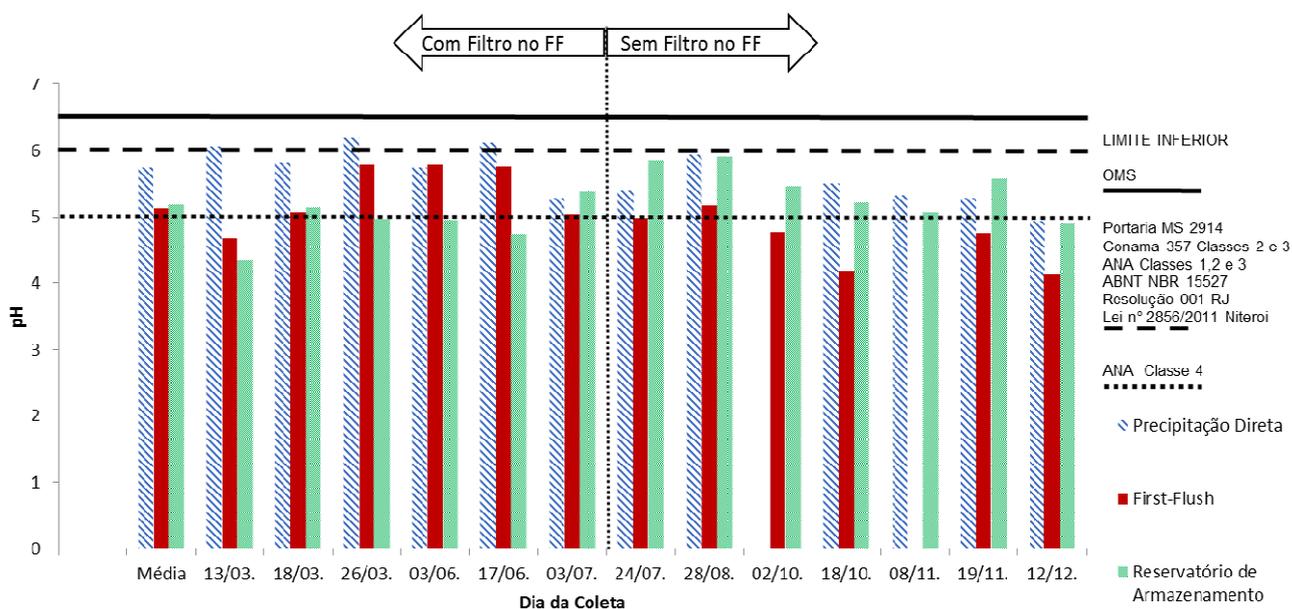


Figura 40: Resultados para pH e os limites descritos nos marcos regulatórios.

A figura 41 ilustra os valores obtidos para oxigênio dissolvido e os limites legais. Para este parâmetro, todos os pontos e eventos amostrados estavam de acordo com a CONAMA 357 classes 2 e 3 e a Lei nº 2856/2011 Niterói. Logo, com que diz respeito a esse parâmetro, essas águas podem ser utilizadas para atividades não potáveis.

Dentre os pontos amostrados, o ponto de coleta das águas de precipitação direta (PD) foi o que apresentou os menores valores para este parâmetro. Isso se deve pela maior exposição deste coletor aos raios solares que, aumentam a temperatura da água e diminuem a solubilidade do oxigênio na mesma.

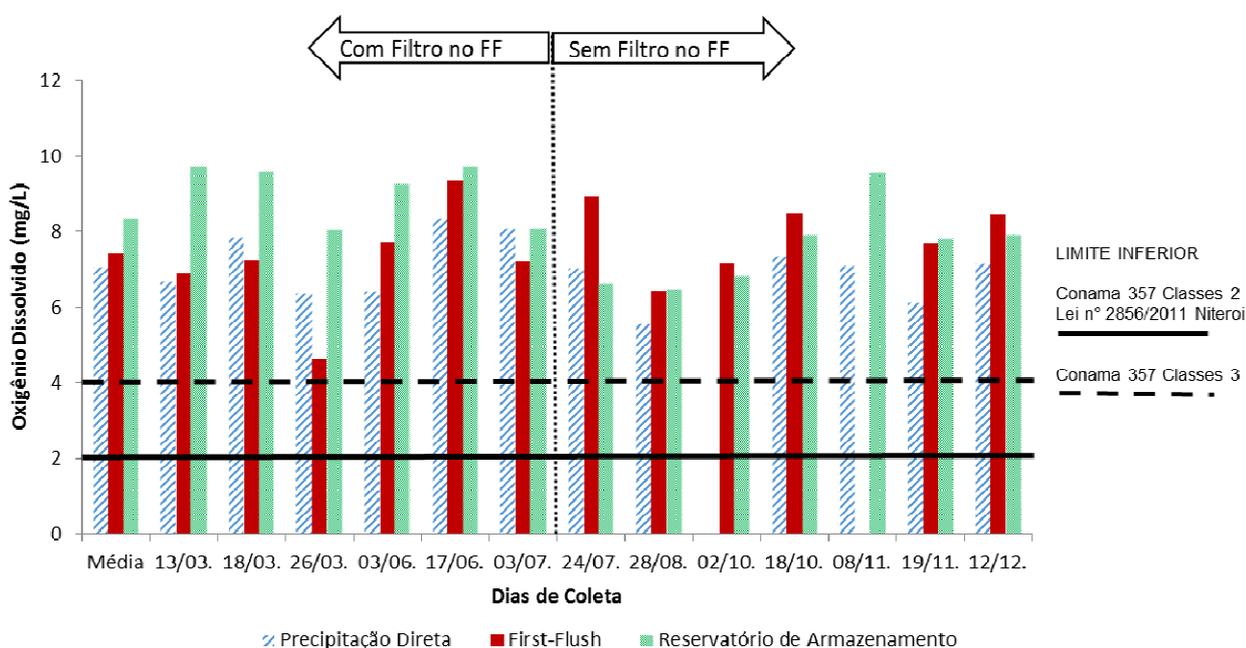


Figura 41: Resultados para Oxigênio Dissolvido e os limites descritos nos marcos regulatórios.

Os valores referentes à Turbidez estão representados na figura 42. Em grande parte dos eventos amostrados não foi possível caracterizar as águas deste trabalho como potáveis. Porém, as águas de precipitação direta e do reservatório de armazenamento estão, em todos os casos, dentro dos padrões estabelecidos pela CONAMA 357 nas Classes 2 e 3 e a Lei nº 2856/2011 Niterói.

Conforme o descrito na literatura (JACQUES, 2005; LIMA *et al*, 2007 e HAGEMANN, 2009), o ponto de coleta do *first-flush* (FF) foi o que apresentou em média, os maiores valores para turbidez. Novamente, o fato dos primeiros milímetros de chuva (FF) realizarem a limpeza da superfície de captação faz com que estas águas apresentem maiores quantidades de sólidos em sua composição, quando comparados aos outros pontos de coleta (PD e RA).

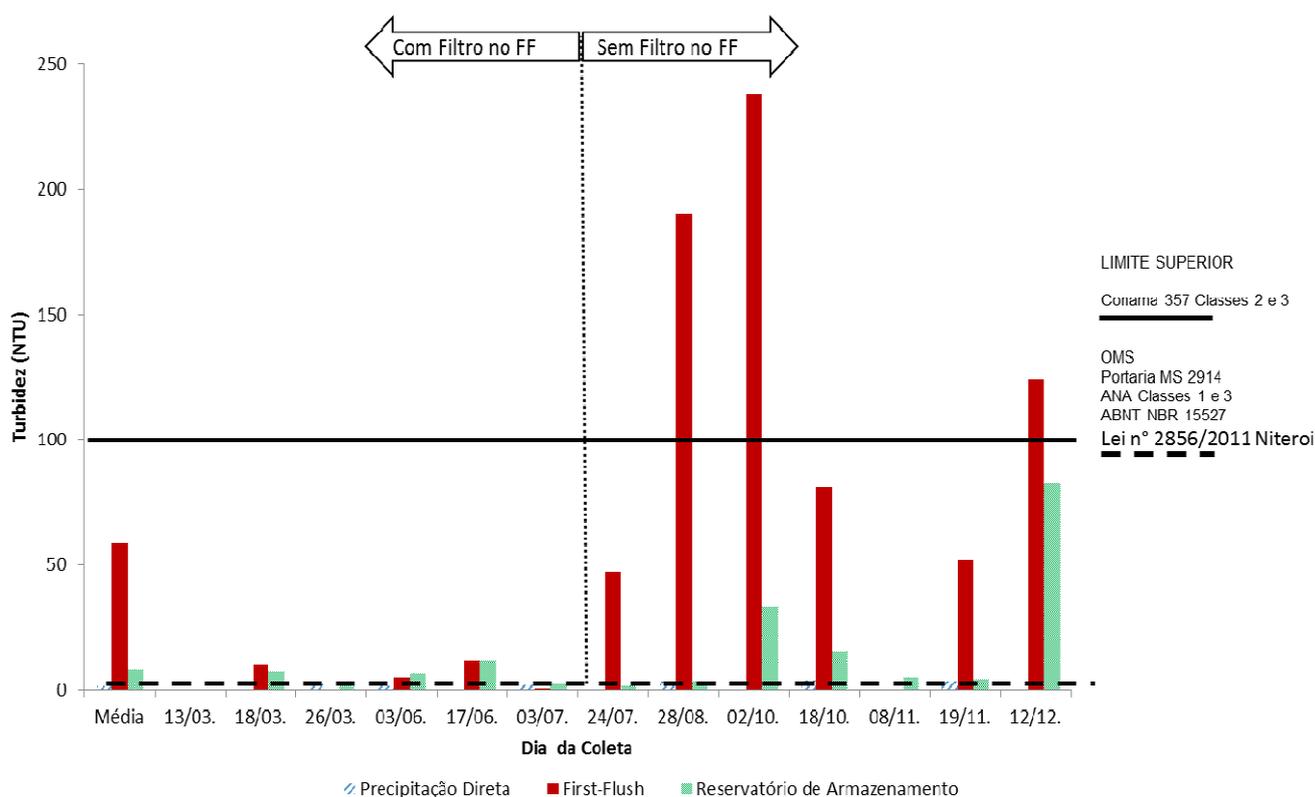


Figura 42: Resultados para Turbidez e os limites descritos nos marcos regulatórios.

Para comparação entre os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), foi necessário transformar os resultados, obtidos na sonda, de g/L para mg/L, conforme consta nos respectivos marcos regulatórios. Constatou-se que, tanto para os padrões de potabilidade do Ministério da Saúde (MS), quanto para as classes 1 e 3 do Manual da ANA e a Lei n° 2856/2011 Niterói, os resultados STD estão todos dentro dos limites estabelecidos por estes marcos, com exceção do resultado do *First-Flush* (FF) do dia 28/08/2013. Para atividades não potáveis, a presença de

sólidos no reservatório de armazenamento (de onde realmente a água será utilizada), não implica um tratamento adicional para retirada de impurezas desta natureza. Sua manutenção e limpeza são suficientes para manter a qualidade exigida nas normas aqui citadas para esse parâmetro específico (figura 43).

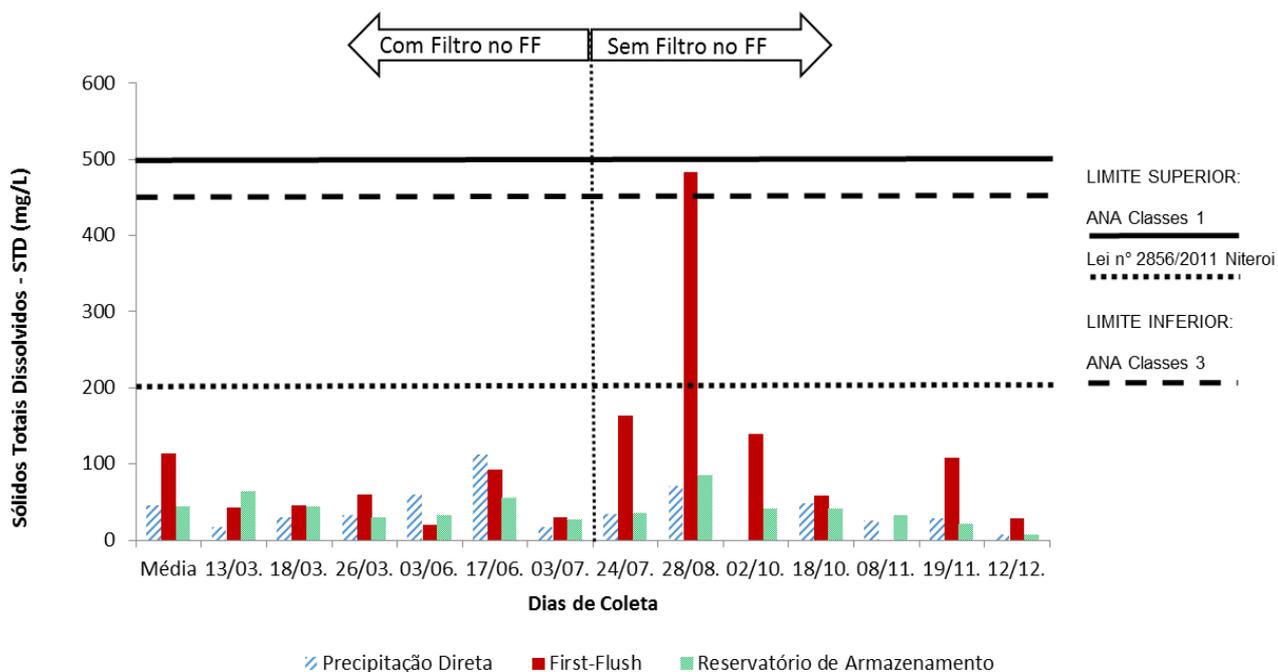


Figura 43: Resultados para Sólidos Totais Dissolvidos e os limites descritos nos marcos regulatórios.

Os marcos regulatórios utilizados neste trabalho, não mencionam limites para a condutividade elétrica. Porém, o comportamento deste parâmetro está ilustrado na figura 44. Assim como nos outros parâmetros referentes à presença de sólidos nas águas pluviais, a condutividade apresentou maiores valores no *first-flush* (FF), demonstrando a importância do descarte destes primeiros volumes de água com a finalidade de garantir uma água de maior qualidade para seu reaproveitamento.

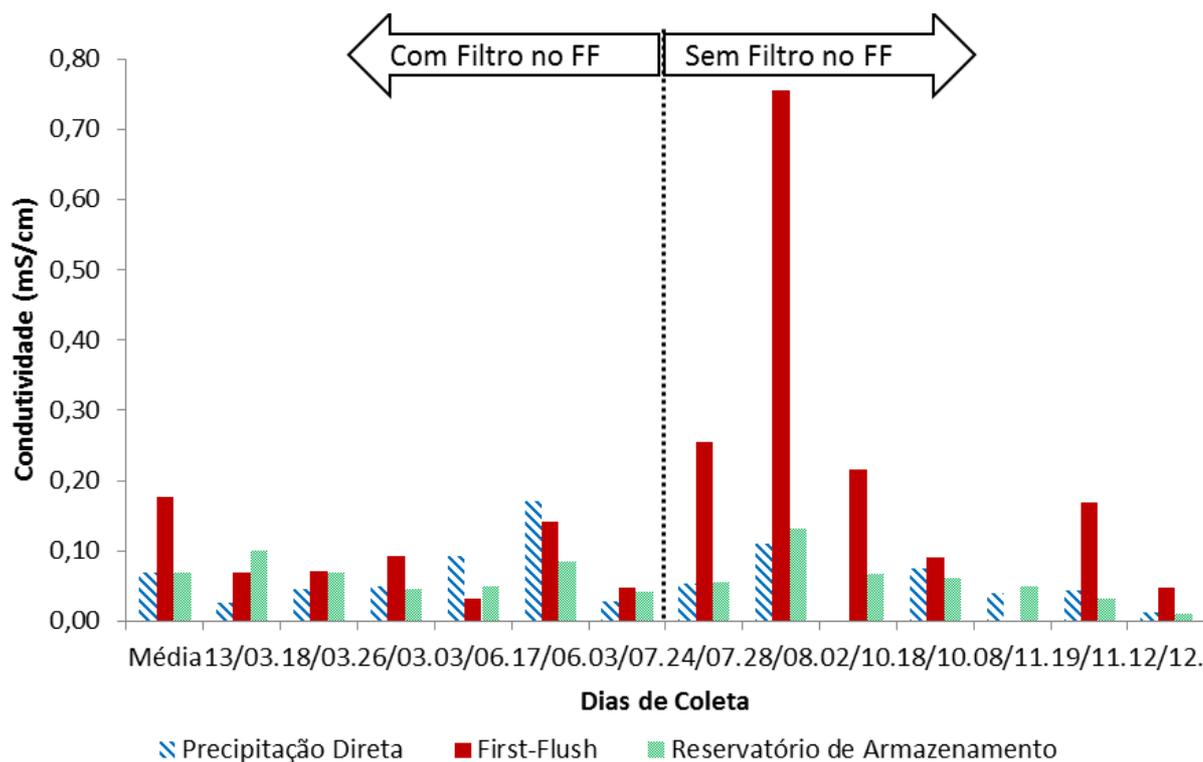


Figura 44: resultados para condutividade nos três pontos de coleta.

Importante ressaltar que, após a realização da análise de todos os pontos amostrados, todos os reservatórios eram esvaziados e os filtros limpos, para que possíveis materiais sólidos presentes em um determinado evento não influenciassem na qualidade das águas pluviais coletadas e analisadas em eventos posteriores.

Os resultados do presente trabalho, e os utilizados da revisão bibliográfica, demonstraram uma queda nos valores de sólidos entre o primeiro descarte e as águas armazenadas, ficando essa redução em média: 35% para condutividade, 21% para turbidez e 38% para STD. Comprova-se assim, a importância do descarte dos primeiros volumes de água de chuva (*first-flush*) com o intuito de diminuir a concentração de sólidos (muitas das vezes partículas poluidoras) nas águas pluviais destinadas para atividades não potáveis.

4. CONCLUSÕES

OBJETIVO GERAL: Avaliar a viabilidade qualitativa e operacional do aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis em edificações escolares.

. As águas pluviais analisadas no presente trabalho, com relação aos parâmetros físico-químicos, demonstraram qualidade suficiente para atividades não potáveis, salvo correção que deve ser feita no pH;

. O sistema de captação de águas pluviais não apresentou problemas que dificultassem sua utilização, com a finalidade de captar tais recursos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

A) Analisar qualitativamente as amostras de águas pluviais dentro dos parâmetros específicos para: precipitação direta (PD), primeiro descarte (*First-Flush*) e água armazenada (RA):

B)

. A média dos resultados de pH para as águas de precipitação direta ficou em 5,6, estando assim dentro da média normal para pH de águas pluviais encontrados na revisão bibliográfica;

. Diferente dos resultados encontrados na literatura, os resultados de pH sofreram uma queda em seu valor, conforme passagem da água pelo sistema de captação. Sendo assim, normalmente os maiores resultados de pH foram encontrados nas águas de precipitação. Com isso, é possível afirmar que ao entrar em contato com a superfície de captação (telhado) e com os poluentes ali presentes, ocorre uma acidificação das águas pluviais;

. Os resultados para a presença de sólidos acompanharam a tendência da literatura. As águas de precipitação direta apresentaram os menores valores de STD e condutividade. Os primeiros volumes descartados no *First-Flush* foram os que apresentaram os maiores resultados do trabalho (no cenário 02), uma vez que essas águas retiram as impurezas da superfície de captação. Já as águas do reservatório

de armazenamento apresentam qualidade superior ao *first-flush* sem o filtro (cenário 02) e inferior ao das águas de precipitação direta.

B) Verificar a interferência dos períodos de estiagem na qualidade das águas pluviais:

. Mesmo não sendo um padrão encontrado em todos os pontos e amostras, verificou-se pela comparação entre os resultados de sólidos nas águas pluviais, período de estiagem e condição de umidade antecedente que, os períodos mais secos tendem a apresentar uma maior quantidade de sólidos;

. Diferente do esperado, ao correlacionar a concentração de um determinado parâmetro com os períodos de chuva, observou-se que o período sem chuva e a umidade antecedente (retirada do método SCS), nem sempre tem uma correlação direta;

C) Classificar as águas pluviais de acordo com as classes estabelecidas nos marcos regulatórios:

. Com relação aos marcos regulatórios (Classes 2 e 3 da CONAMA 357, classes 1, 2, 3 e 4 do Manual da ANA e NBR-ABNT 15.527) a média de praticamente todos os pontos e parâmetros analisados, estava de acordo com os limites estabelecidos para o aproveitamento em atividades não potáveis. Apenas os resultados médios de pH ficaram fora dos padrões recomendados para atividades não potáveis, exceto para uso preponderante no resfriamento de equipamentos de ar condicionado;

D) Verificar como o filtro instalado no *first-flush* influencia na qualidade das águas pluviais:

. A presença do filtro no *first-flush* influenciou na qualidade das águas pluviais coletadas neste ponto, formando cenários diferentes. As águas coletadas com a presença do filtro (cenário 01) apresentaram menores quantidades de sólidos em sua composição. Já no cenário 02 (sem o filtro), apresentaram maiores quantidades de sólidos;

. O filtro utilizado no reservatório de *first-flush* demonstrou boa capacidade na retenção de sólidos. Quando comparados os resultados de condutividade, STD e turbidez, no cenário 01, constatou-se que os valores do (FF) foram menores que os do (RA) em 33% das análises para condutividade e STD e 67% para turbidez;

5. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- . O fato do filtro, colocado durante um período no *first-flush*, ter influenciado de forma positiva na quantidade de sólidos nas amostras coletadas neste ponto (diminuindo os valores de condutividade, STD e turbidez), torna factível a hipótese de que sua instalação no ponto de coleta do reservatório de armazenamento melhore a qualidade das águas pluviais armazenadas para aproveitamento;
- . Recomenda-se o estudo mais aprofundado dos fatores ambientais (poluição atmosférica e regime de ventos) e do sistema de captação de águas pluviais que possam interferir na acidificação das águas de chuva durante seu processo de captação;
- . Para futuros trabalhos no CAp UERJ é interessante incluir parâmetros microbiológicos como parte da análise ambiental uma vez que, os resultados encontrados na literatura para esses parâmetros, costumam indicar algum grau de contaminação nas águas pluviais;
- . Sugere-se também ampliar o número de amostras, assim como avaliar os resultados face aos parâmetros relacionados a poluição atmosférica;
- . No coletor de águas pluviais da precipitação direta (PD), recomenda-se a instalação de um sistema de vedação semelhante ao encontrado no *first-flush*. Tal procedimento visa a manutenção da quantidade e da qualidade das águas de chuva que ficam armazenadas neste reservatório visto que, em alguns eventos amostrados, a quantidade de água presente no reservatório era insuficiente para outras análises (ex microbiológica);
- . Pesquisar de forma mais detalhada a relação entre os dados de Umidade Relativa do Ar e as Condições de Umidade Antecedente do Solo, com o intuito de entender e validar a metodologia proposta no presente estudo. Incluir a esta correlação, dados de Umidade do Solo, que podem colaborar para o entendimento de tal relação.

REFERÊNCIAS

A. K. DAOUD et al. Quality assessment of roof-harvested rainwater in the West Bank, Palestinian Authority. United States Of America: Journal of Water and Health, 2011.

ABDULLA, F; AL-SHAREEF, A.W. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. Desalination 243: 195–207, 2009.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (BRASIL). Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água – Panorama Nacional [da] Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Vol. 1. Brasília: [s.n], 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (BRASIL). Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP); SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SindusCon-SP). Conservação e reuso da água em edificações, São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

ALERTA RIO – PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JAIERO. Disponível em: <http://www0.rio.rj.gov.br/alertario/> . Acesso em 23 de julho de 2013.

AMAPÁ. LEI Nº. 1.364, DE 23 DE SETEMBRO DE 2009. Autoriza o Poder Executivo a criar o Programa de Captação de Água da Chuva.

ANAND, C.; APUL, D. S. Economic and environmental analysis of standard, high efficiency, Rainwater flushed, and composting toilets. Journal of Environmental Management 92: 419-428, 2011.

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

BAIRD, C. e CANN, M. Química Ambiental. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Part. 1, cap 4, p. 167-195.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água - Ambiente Construído. Porto Alegre: [s.n], 2008.

BASINGER, B; MONTALTO, F; LALL, LALL, U. A rainwater harvesting system reliability model based on nonparametric stochastic rainfall generator. Journal of Hydrology 392: 105–118, 2010.

BELO HORIZONTE. Lei Ordinária nº 9.242, de 31 de julho de 2006. Cria o Grupo Movimento das Águas.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código das Águas.

BRASIL. Ministério da saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

CAMPO GRANDE. Lei Complementar nº 150/2010. Cria o Programa Imposto Ecológico.

CENSO – 2010. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>.

CHENG, C. L.; HONG, Y. T. Evaluating water utilization in primary schools. Building and Environment 39: 837-845, 2004.

CHENG, C.L; LIAO, M.C. Regional rainfall level zoning for rainwater harvesting systems in northern Taiwan. Resources, Conservation and Recycling 53: 421–428, 2009.

CHIU, Y.; LIAW, C; CHEN, L. Optimizing rainwater harvesting systems as an innovative approach to saving energy in hilly communities. Renewable Energy 34: 492–498, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). 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.

CURITIBA. Decreto nº 293. Regulamenta a lei nº 10.785/03 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providências.

DACACH, N. G. Saneamento básico. 3a edição revisada. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e científica, 1990.

DANNI-OLIVEIRA e BAKONYI. (2003). Condicionantes atmosféricos e a variabilidade das concentrações de MP total em Curitiba/PR. In: GONÇALVES, R.F. (Org.). Uso Racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. cap. 3, p. 73-152.

DOMÈNECH, L.; SAURÍ, D. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi- family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. *Journal of Cleaner Production* 19: 598-608, 2011.

EMBRAPA (BRASIL). Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-química de Água [da] Embrapa Florestas. Paraná: Colombo, 2011.

FARINA, M. et al. Water consumptions in public schools. *Procedia Engineering*, 2011.

FARRENY, R.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. Cost- efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods. *Resources, Conservation and Recycling* 55: 686–694. 2011.

FASOLA, G. B. Usos finais de água potável em escolas de Florianópolis. Relatório de Iniciação Científica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

FURUMAI, H. Rainwater and reclaimed wastewater for sustainable urban water use. *Physics and Chemistry of the Earth* 33: 340-346, 2008.

GEORGIOS, D. G; VASSILIOS, A. T. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. United States Of America: *Journal of Hydrology*, 2012.

GHISI, E; OLIVEIRA, S.M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. *Building and Environment* 42: 1731–1742, 2007.

GOIÂNIA. Lei complementar n.0 155, de 02 de junho de 2006. Introduz alterações na Lei 5.062, de 25 de novembro de 1975.

GOOGLE MAPS. <<https://maps.google.com.br/>> Acesso em 10 de novembro de 2013.

HANGEMANN, S. E. Avaliação da Qualidade de Água da Chuva e da Viabilidade de sua Captação e Uso. Santa Maria, RS: [s.n], 2009.

HELMREICH, B.; HORN, H. Opportunities in rainwater harvesting. *Desalination* 248: 118-124, 2009.

INSTITUTO DE APLICAÇÃO FERNANDO RODRIGUES DA SILVEIRA (IAFRS) – UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Web Site do CAp - UERJ. Disponível em < [www. cap.uerj.br](http://www.cap.uerj.br) >. Acesso em 5 de maio de 2013.

.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Índice de Desenvolvimento Sustentável 2012. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/>>, acesso em 18 de Dezembro de 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em 06 de novembro de 2013.

JAQUES, R.C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua Potencialidade para Aproveitamento em Edificações. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, 2005.

KAHINDA, M. J; TAIGBENU, A. E; BOROTO, R. J. Domestic rainwater harvesting as an adaptation measure to climate change in South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth* 35: 742–751. 2010.

LAURO DE FREITAS. Projeto de lei nº 016/2012. Estabelece a obrigatoriedade da implantação de mecanismos de captação armazenamento das águas pluviais nas coberturas das edificações, e a captação, reciclagem e armazenamento das águas servidas para posterior utilização em atividades que não exijam o uso de água tratada nos empreendimentos pluri-domiciliares e comerciais no Município de Lauro Freitas – BA.

LEE, Y. J; BAK, Gippeum; HAM, Mooyoung. Quality of roof-harvested rainwater e Comparison of different roofing materials. United States Of America: Environmental Pollution, 2011.

LIMA, A. N; CARVALHO, K. Q; FERREIRA, R.C; PORFÍRIO, M. S; PASSING, F. H. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no campus campo mourão da universidade tecnológica federal do Paraná. XIV SICITE – UTFPR – Vol I. Paraná, 2007.

MANAUS. Lei nº 1.192, de 31 de dezembro de 2007. CRIA, no município de Manaus, o Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações – PRO-ÁGUAS.

MARINOSKI, A.K. e GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. Ambiente Construído, Porto Alegre. 2008.

MCGINN, A.P. Do Rio Joanesburgo: A Importância de Oceanos Sadios no Combate à Pobreza. [2002]. Disponível em: <http://www.worldwatch.org.br/alertas/oceanos.htm>. Acesso em 04 de novembro 2009.

MENDEZ, C.B; KLENZENDORF, J. B; AFSHAR, B. R; SIMMONS, M. T; BARRETT, M. E; KINNEY, K. A; JO KIRISITS, M. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. Water research 45: 2049 e 2059, 2011.

MIERZWA, J. C; HESPANHOL, I; SILVA, M. C. C; RODRIGUES, L. B. R. Água: métodos de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. Rega: 29 – 37. 2007.

NITEROI. Lei nº 2630 de 07 de janeiro de 2006. Disciplina os procedimentos relativos ao armazenamento de águas pluviais para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública.

NITEROI. Lei nº 2856 de 25 de julho de 2011. Estende as obrigações da Lei nº 2630, de janeiro de 2009, instituindo mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas.

O GLOGO. Rio é a cidade com maior população em favelas do Brasil. Disponível em <http://oglobo.globo.com/pais/rio-a-cidade-com-maior-populacao-em-favelas-do-brasil-3489272> Acesso em 02 de agosto de 2012.

O'HOGAIN, S; MCCARTON, L; MCINTYRE,N; PENDER, J; REID,A. Physicochemical and microbiological quality of water from a pilot domestic rainwater harvesting facility in Ireland. *Water and Environment Journal*, 2010.

OHNUMA JR, A. A; PICCOLI, R. A.; ACCIOLY, W; MARQUES, M; SILVA, L. P. A influência da poluição atmosférica na qualidade das águas pluviais para captação direta, primeiro descarte e reservação. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos [Trabalhos Apresentados], 2013.

PEIXE, C. R. S. (2012). Águas pluviais para usos não potáveis em escolas municipais: estudo de caso na região da baixada de Jacarepaguá, RJ. 172f . Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

PHILIPPI, L.S. et al. (2006). Aproveitamento de água de chuva. In: GONÇALVES, R.F. (Org.). *Uso Racional da água em edificações*. Rio de Janeiro: ABES - PROSAB, 2006. cap. 3, p. 73-152.

PORTO ALEGRE. Lei nº 10.506, de 5 de agosto de 2008. Institui o programa de conservação, uso racional e reaproveitamento das águas.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Bairros Cariocas. Disponível em: http://portalgeo.rio.rj.gov.br/bairroscariocas/index_bairro.htm . Acesso em 26 de agosto de 2013.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SABIMENTO BÁSICO – PROSAB - GONÇALVES R. F.(coord). Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SABIMENTO BÁSICO – PROSAB – RIGHETTO A. M. (coord). Manejo de água pluviais urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RECIFE. Lei nº 17.081 de 12 de janeiro de 2005. Cria no município do Recife o programa de conservação e uso racional da água nas edificações.

RIO BRANCO. Lei nº 1611 de 27 de outubro de 2006. Aprova e institui o novo plano diretor do município de rio branco e dá outras providências.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual nº 4248, de 16 de dezembro de 2003. Institui o programa de captação de águas pluviais no âmbito do Estado do Rio de Janeiro.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 4393, de 16 de setembro de 2004. Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências.

RIO DE JANEIRO. Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro 2005. Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do decreto nº 23940 de 30 de janeiro de 2004.

ROCHA, A; BARRETO, D. Perfil do consumo de água de uma habitação unifamiliar[Trabalhos apresentados]. Rio de Janeiro: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1999.

SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 48.138, de 7 de outubro de 2003. Instituiu-se medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS (2011). Banco de Dados. Disponível em < <http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em 10 Janeiro de 2014.

STURM, M; ZIMMERNANN, M; SCHÜTZ, K; URBAN, W; HARTUNG, H. Rainwater harvesting as an alternative water resource in rural sites in central northern Namibia. *Physics and Chemistry of the Earth* 34: 776–7185. 2009.

THOMAS, TERRY et al. (2001). Bacteriological Quality of Water in DRWH – Rural Development. In: TOMAZ, P. Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. Rio de Janeiro: Editora Navegar, 2003.

TOMAZ, P. Aproveitamento da Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins Não potáveis, Editora Navegar, 2003.

TUCCI, C. E. M, 2004. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Editora da UFRGS/ABRH - Porto Alegre, 2004

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP)/ STOCKHOLM ENVIRONMENTAL INSTITUTE (SEI). Rainwater harvesting: a lifeline for human wellbeing, 2009.

VALLE, J. A. B.; PINHEIRO, A.; FERRARI, A. Captação e avaliação da água de chuva para uso industrial, *Revista de estudos ambientais* 9: 62-72, 2007.

VITÓRIA. Lei nº 7079/2007. Institui o programa de conservação, redução e racionalização do uso de água nas edificações públicas no município de vitória.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (Organização Mundial da Saúde - OMS). Guidelines for drinking- water quality: incorporating 1st and 2nd addenda, Vol. 1, Recommendations, 3rd edition, Geneva, 2008.

WUNG, T. C.; LIN, S. H.; HUANG, S. M. Rainwater reuse supply and demand response in urban elementary school of different districts in Taipei. Resources, Conservation and Recycling 46: 149-167, 2006.

YAZIZ, M. I; GUNTING, H; SAPARI, N; GHAZALI, A. W. Variations in rainwater quality from roof catchments. Wat. Res. Vol 23: 761-765, 1989.

YOUN, S; CHUNG, E; KANG, W; SUNG, J. H. Probabilistic estimation of the storage capacity of a rainwater harvesting system considering climate change. Resources, Conservation and Recycling 65: 136– 144. 2012.

APENCICE B – Tabela do Excel para Armazenamento e Análise dos Dados de Coleta.

N° Coleta	Data	Ponto de Coleta	Horário da Coleta	Parâmetros									
				Análise pela Sonda									
				Temp. (°)	pH	pH m	ORP	du. (n)	Turbid	OD (sonda)	TDS (g)	ppt	ot
1	13/03/2013	Precip. Direta	11:04	35,4	6,07	42	267	0,026	0	6,68	0,017	0	0
	13/03/2013	First-Flush	11:07	27,43	4,68	111	372	0,069	0	6,87	0,043	0	0
	13/03/2013	Reservatório	11:11	26,95	4,35	143	374	0,102	0	9,74	0,064	0	0
2	18/03/2013	Precip. Direta	10:48	22,32	5,81	48	275	0,046	0	7,87	0,03	0	0
	18/03/2013	First-Flush	10:25	21,71	5,07	91	344	0,07	10	7,25	0,045	0	0
	18/03/2013	Reservatório	10:20	22,35	5,14	87	341	0,07	7,6	9,58	0,045	0	0
3	26/03/2013	Precip. Direta	12:00	27,7	6,19	29	220	0,051	2,4	6,36	0,033	0	0
	26/03/2013	First-Flush	12:00	26,05	5,79	53	254	0,093	0	4,63	0,06	0	0
	26/03/2013	Reservatório	12:00	25,67	4,96	102	359	0,047	2,5	8,05	0,03	0	0
4	03/06/2013	Precip. Direta	10:30	20,87	5,75	28	260	0,093	1,6	6,43	0,06	0	0
	03/06/2013	First-Flush	10:05	20,98	5,79	25	288	0,031	5,1	7,7	0,02	0	0
	03/06/2013	Reservatório	09:50	21,3	4,95	74	329	0,051	6,63	9,27	0,033	0	0
5	17/06/2013	Precip. Direta	16:15	23,63	6,12	20	192	0,172	0,4	8,36	0,112	0,1	0
	17/06/2013	First-Flush	15:50	22,37	5,76	41	253	0,142	11,4	9,34	0,092	0,1	0
	17/06/2013	Reservatório	15:40	22,34	4,74	101	288	0,085	11,5	9,73	0,055	0	0
6	03/07/2013	Precip. Direta	15:30	22,09	5,29	72	281	0,028	1,7	8,07	0,018	0	0
	03/07/2013	First-Flush	15:11	21,26	5,05	85	289	0,047	0,5	7,22	0,03	0	0
	03/07/2013	Reservatório	15:17	20,69	5,38	66	296	0,042	2,2	8,09	0,027	0	0
7	24/07/2013	Precip. Direta	09:47	16,85	5,39	56	267	0,054	0	7,05	0,035	0	0
	24/07/2013	First-Flush	09:21	17,98	4,98	80	224	0,254	47,2	8,94	0,164	0	0
	24/07/2013	Reservatório	09:35	18,69	5,85	30	161	0,056	1,3	6,62	0,036	0	0
8	28/08/2013	Precip. Direta	11:30	20,19	5,94	14	233	0,111	3,5	5,55	0,072	0,1	0
	28/08/2013	First-Flush	11:10	19,73	5,17	59	202	0,757	190	6,42	0,484	0,4	0
	28/08/2013	Reservatório	11:15	20,34	5,91	16	155	0,133	3,3	6,48	0,086	0,1	0
9	02/10/2013	Precip. Direta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	02/10/2013	First-Flush	11:20	22,9	4,76	80	237	0,215	238	7,16	0,139	0	0
	02/10/2013	Reservatório	11:30	22,89	5,46	39	162	0,068	33,4	6,82	0,042	0	0
10	18/10/2013	Precip. Direta	17:08	23,62	5,51	36	249	0,075	4	7,36	0,048	0	0
	18/10/2013	First-Flush	16:49	23,89	4,2	114	310	0,091	81,1	8,47	0,059	0	0
	18/10/2013	Reservatório	16:52	23,6	5,22	53	259	0,063	15,2	7,9	0,042	0	0
11	08/11/2013	Precip. Direta	13:27	25,77	5,32	42	230	0,04	0,2	7,11	0,026	0	0
	08/11/2013	First-Flush	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	08/11/2013	Reservatório	13:10	22,49	5,08	55	256	0,05	5	9,56	0,033	0	0
12	19/11/2013	Precip. Direta	09:55	25,41	5,28	61	262	0,044	3,4	6,12	0,028	0	0
	19/11/2013	First-Flush	09:30	23,7	4,75	90	262	0,169	51,9	7,69	0,108	0	0
	19/11/2013	Reservatório	09:40	23,07	5,57	43	277	0,033	4,2	7,84	0,021	0	0
13	12/12/2013	Precip. Direta	10:16	23,23	4,94	67	277	0,013	40,8	7,17	0,008	0	0
	12/12/2013	First-Flush	09:53	23,51	4,12	116	307	0,047	124	8,44	0,028	0	0
	12/12/2013	Reservatório	09:58	22,91	4,91	69	296	0,012	82,9	7,9	0,007	0	0

APENDICE C – Manual de Coleta

INTRODUÇÃO

Com o objetivo de facilitar as atividades de coleta da água de chuva, no Colégio de Aplicação da UERJ (CAp UERJ), o presente manual trás instruções para tal atividade.

Esse documento descreve, de forma resumida, o passo-a-passo das atividades ligadas direta e indiretamente com o processo de coleta das águas pluviais.

PASSO-A-PASSO

A) Etapa Pré-Coleta

Antes de o (a) responsável pela coleta, de amostras de águas de chuva, se encaminhar para o local de coleta, o mesmo deverá atentar para a disponibilidade de itens fundamentais para tal atividade. Dentre estes itens, podemos citar:

- ✓ Isopor: para armazenamento e transporte das amostras de chuva;
- ✓ Gelo ou similar: tem como finalidade a aclimação e preservação das amostras de água de chuva até que, a mesma, chegue ao laboratório para análise;
- ✓ Frascos de coleta: para a coleta, 4 (quatro) tipos de frascos serão utilizados durante o processo. Logo, deve-se separar 3 (três) frascos com acidificante, 3 (três) frascos sem acidificante, 3 (três) frascos para análise de metais pesados e 3 (três) frascos para análise microbiológica;

OBS: Tomar maior cuidado com os frascos contendo acidificante pois, apesar da pouca quantidade de ácido, ele pode provocar acidentes se manuseado de forma incorreta. Informações sobre tais cuidados serão dadas mais a frente.

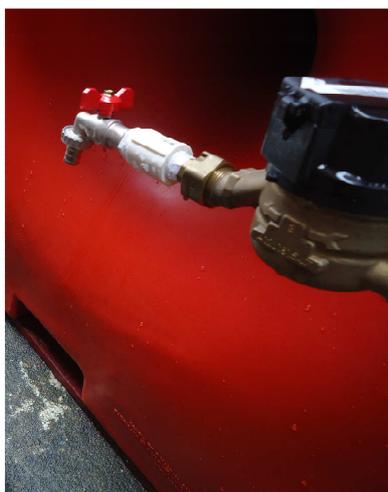
- ✓ Sonda multiparâmetro: verificar se ela está disponível para sua utilização no presente projeto;
- ✓ Insumos para manutenção da sonda: consiste basicamente em água destilada, papel toalha (para limpeza da sonda) e solução tampão (pH 4) para calibrar a sonda antes de sua utilização;

Após a verificação dos materiais e instrumentos necessários para a coleta, o responsável pela mesma pode dirigir-se ao CAP UERJ e iniciar as atividades de amostragem das águas pluviais.

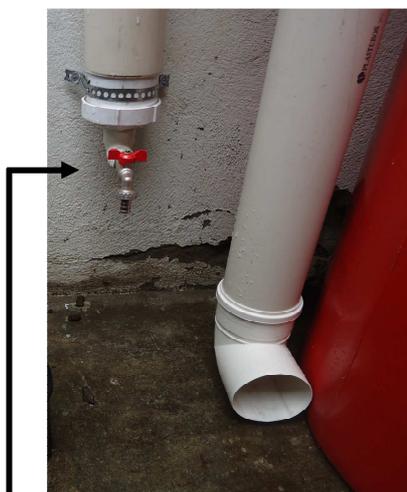
Ao chegar no CAP UERJ, solicitar aos responsáveis, a abertura da sala onde estão os equipamentos alocados, os equipamentos do projeto em questão. Na sala, preparar os materiais para a coleta.

PONTOS DE COLETA:

Os pontos de coleta situados no CAP UERJ estão ilustrados a seguir, sendo eles:



Ponto 1: Reservatório



Ponto 2: *First-Flush*



Ponto 3: Precipitação Direta

Os pontos 1 e 2 ficam no térreo do CAP UERJ, próximo à quadra de esportes. O ponto 3, fica no terceiro andar e sua entrada se dá pela sala onde estão armazenados os materiais e equipamentos do presente projeto.

B) Sonda Multiparâmetro

Ao iniciar as atividades de análise qualitativa das águas de chuva, coletada no CAP UERJ, teremos como primeira etapa a aferição dos parâmetros físico-químicos, através do uso da sonda multiparâmetro. Para sua utilização os seguintes procedimentos devem ser seguidos:

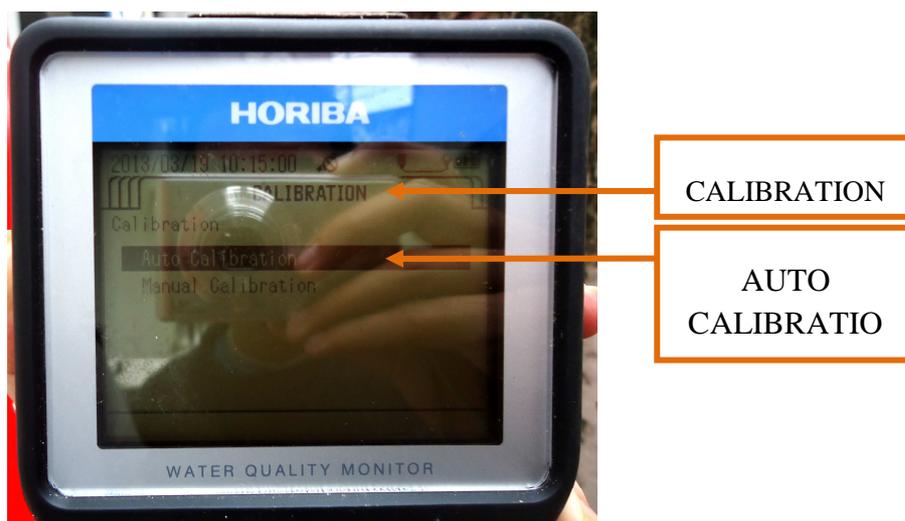
- 1) Plugar a parte que comanda as funções da sonda com a parte que tem os sensores que irão aferir os parâmetros físico-químicos.



- 2) Após a montagem da sonda, preparar sua calibração. Para que isso aconteça, deve-se colocar a solução de pH 4 no recipiente transparente, até a primeira marca delimitada no frasco. Esse volume irá garantir a imersão dos sensores desejados.



- 3) Com a sonda ligada, buscar no display de comando (colocando as setas para o lado) procurar a tela escrita “CALIBRATION” → selecionar AUTO CALIBRATION → seguir as instruções do aparelho. A calibração estará concluída quando os marcadores pararem de piscar e o pH estiver marcando aproximadamente 4.1 (ver relação pH – Temperatura no rótulo do reagente).



- 4) Após a calibração, limpar equipamento, com água destilada, e começar a analisar as amostras desejadas.

C) Etapa de Coleta

Após utilizar a sonda, as atividades de coleta das águas pluviais podem ser iniciadas.

Os pontos de coleta são os seguintes: Coletor de água de precipitação direta (PD), coletor de First-Flush (FF) e Reservatório (RS). Ao chegar a cada um desses pontos, os seguintes passos devem ser seguidos:

- 1) Coletar 500 mL de água de chuva em um frasco que **NÃO** contenha o acidificante.

A partir desse frasco serão analisados os seguintes parâmetros: OD, pH, STD, Fósforo Total e Nitrato.

- 2) Coletar 500 mL de água de chuva em um frasco que contenha o acidificante.

A partir desse frasco serão analisados a DQO e o Nitrogênio Amoniacal.

OBS: CUIDADO!!! O frasco destinado para análise da DQO e do Nitrogênio Amoniacal contém **ÁCIDO SULFÚRICO**, que é extremamente **PERIGOSO**. Logo, será de fundamental importância a realização das coletas com **LUVAS DE LATEX** e **JALECOS DE MANGA COMPRIDA**.

Importante lembrar que cada ponto vai utilizar um frasco de cada tipo, logo, por ponto, teremos o total de 2 frascos.