



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Diogo Fernandes Rosas

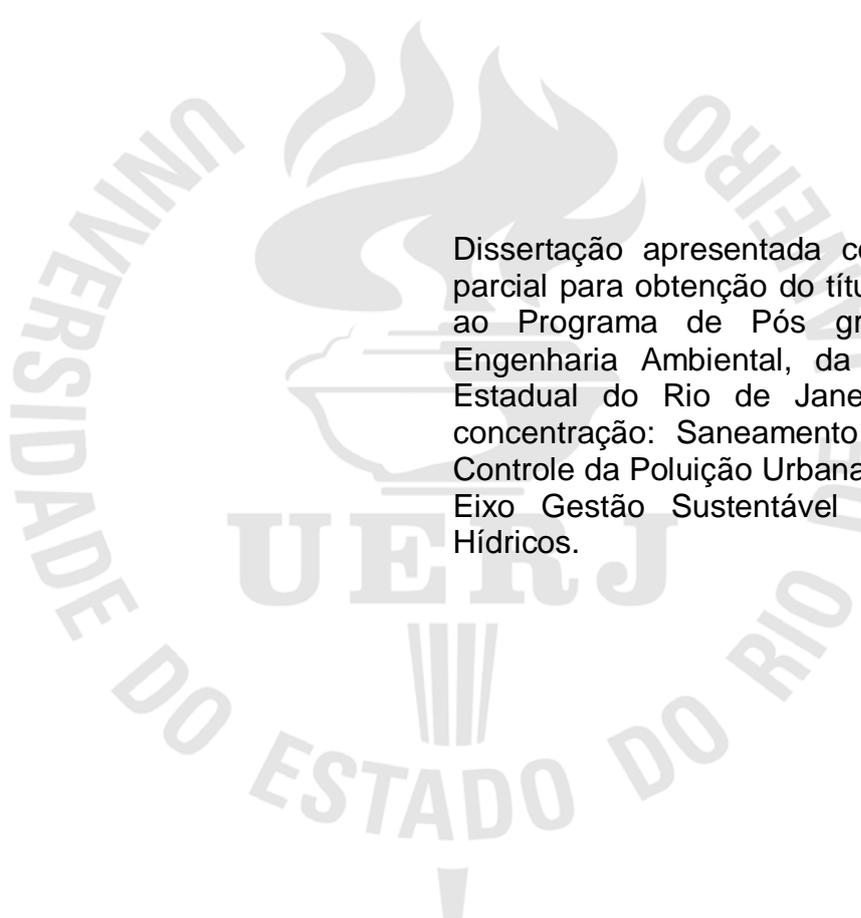
**Caracterização físico-química e análise da estrutura da comunidade
microbiana na água da chuva de um sistema de aproveitamento de
água pluviais**

Rio de Janeiro

2020

Diogo Fernandes Rosas

Caracterização físico-química e análise da estrutura da comunidade microbiana na água da chuva de um sistema de aproveitamento de água pluviais



Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial – Eixo Gestão Sustentável de Recursos Hídricos.

Orientador: Alfredo Akira Ohnuma Jr

Coorientador: Marcelo Obraczka

Rio de Janeiro

2020

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

R789 Rosas, Diogo Fernandes.
Caracterização físico-química e análise da estrutura da comunidade microbiana na água da chuva de um sistema de aproveitamento de água pluviais / Diogo Fernandes Rosas. – 2020.
128f.

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

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Contaminação microbiana - Teses. 3. Águas pluviais - Teses. 4. Água - Reuso - Teses. I. Amaral, Jorge Luís Machado do. II. Melo, Pedro Lopes de. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 628.1.037

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

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

Assinatura

Data

Diogo Fernandes Rosas

**Caracterização físico-química e análise da estrutura da comunidade
microbiana na água da chuva de um sistema de aproveitamento de água
pluviais**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial – Eixo Gestão Sustentável de Recursos Hídricos.

Aprovada em 10 de novembro de 2020.

Banca Examinadora:

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

Prof. Dr. Marcelo Obraczka – Coorientador
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof^a. Dra. Lia Cardoso Rocha Saraiva Teixeira
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof. Dr. Diogo de Azevedo Jurelevicius
Instituto de Microbiologia Professor Paulo de Góes - UFRJ

Rio de Janeiro

2020

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que estiveram próximos (física ou espiritualmente), torcendo e nos fazendo acreditar que somos capazes de ir além do que podemos enxergar.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos que sempre apoiaram nesse momento de novas escolhas profissionais e compreenderam as oscilações de humor nessa fase conturbada com muita paciência e carinho.

Um agradecimento especial aos professores Alfredo Akira e Marcelo Obraczka pela troca de conhecimentos ao longo do curso, por acreditarem em um projeto que demorou a se consolidar, mas que através de conversas objetivas foram fundamentais no processo de construção e desenvolvimento. Agradeço também pelos dias de futebol, onde era possível aliviar as conversas sobre artigos por alguns instantes.

Aos professores do PEAMB que contribuíram com nosso aprendizado e crescimento acadêmico durante este período intenso na UERJ, instituição pela qual adquiri profunda gratidão e espero retornar em novas oportunidades e desafios.

Aos membros da banca que aceitaram o convite e dedicaram seu tempo precioso para leitura e contribuição neste trabalho que certamente pode ser melhorado.

Aos amigos que fiz durante o curso, deixo um profundo agradecimento por todo estímulo dado em dias de dúvidas e questionamentos no Lorena. Flávio Giro, André Alcântara e Rafael Caldeira, obrigado.

À equipe de iniciação científica do Projeto SAP por todo suporte com as análises de amostras no Laboratório de Engenharia Sanitária da UERJ. Vocês foram incríveis!

Ao Laboratório de Biotecnologia e Ecologia Microbiana (LABEM-UFRJ), em especial ao grande amigo Diogo Jurelevicius e também à Laís Oliveira. Muito obrigado pela participação no projeto e pela oportunidade em desenvolver este conteúdo com a ajuda de vocês.

À Mari Otoni, responsável por alguns atrasos no horário da aula, meu muito obrigado. Sua contribuição nesse período foi imensurável. Incentivo, positividade, estímulo, ideias, conforto...

Aos amigos de longa data, não cabem palavras. Faltaria espaço para descrever a influência de cada um de vocês nesse processo.

É precisamente na fronteira do conhecimento que a imaginação tem seu papel mais importante. O que ontem foi apenas um sonho, amanhã poderá se tornar realidade.

Marcelo Gleiser

RESUMO

ROSAS, D. F.. *Caracterização físico-química e análise da estrutura da comunidade microbiana na água da chuva de um sistema de aproveitamento de água*. 2020. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

Este trabalho tem como objetivo analisar a operação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) em uma instituição de ensino privado, instalado no bairro de Vila Kosmos, na cidade do Rio de Janeiro, a partir de dados de consumo de água, da caracterização físico-química e de análise da estrutura da comunidade microbiana observados na água da chuva. Também foram avaliados os aspectos quantitativos do volume armazenado, quanto aos benefícios econômicos relacionados ao uso da água da chuva em substituição a água potável. A metodologia consiste da coleta e análise de amostras da qualidade da água pluvial armazenada nos pontos da precipitação direta (PD), *first-flush* (FF), reservatório (RR) e torneira disponível aos serviços de limpeza (TL) da instituição, no período entre março de 2019 e fevereiro de 2020. O estudo da estrutura da comunidade microbiana é realizada através da análise do gene que codifica o RNAr 16S, a partir da codificação genética pela técnica de reação em cadeia da polimerase (PCR) da comunidade bacteriana presente na água da chuva, com dendogramas obtidos pelo software *BioNumerics*. Os resultados indicam variabilidade e complexa comunidade bacteriana presentes na água da chuva nas amostras do FF, RR e TL. De modo geral, a qualidade da água utilizada para fins não potáveis na instituição atendem os limites estabelecidos pela NBR 15.527/2019, assim como os dados de consumo sugerem uma economia de 10% de com o uso da água de chuva e apresentam benefícios econômicos em aproximadamente 2 anos, de acordo com o custo envolvido na instalação e o tempo de retorno. Conclui-se que o uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em instituições de ensino, de forma planejada, pode reduzir em até 0,35 m³/ano.pessoa. Há necessidade de estudos ampliados da estrutura da comunidade microbiana presente na água da chuva, de modo a obter possíveis efeitos de padronização na distribuição das mesmas, sobretudo com o aumento dos períodos de coleta de amostras.

Palavras-chave: Estrutura da comunidade microbiana na água da chuva; Qualidade da água de chuva; Demanda de água para fins não potáveis; Sistemas de águas pluviais; Recursos hídricos.

ABSTRACT

ROSAS, D. F.. *Physical-chemical characterization and analysis of the microbial community structure in rainwater from a rainwater harvesting*. 2020. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

This work aims to analyze the operation of a rainwater harvesting system (RWHS) in a private educational institution, installed in the district of Vila Kosmos, in the city of Rio de Janeiro, based on water consumption data, physical chemical characterization and analysis of the microbial community structure observed in rainwater. The quantitative aspects of the stored volume were also evaluated, regarding the economic benefits related to the use of rainwater instead of drinking water. The methodology consists of collecting and analyzing samples of the quality of rainwater stored in the points of direct precipitation (PD), *first-flush* (FF), reservoir (RR) and tap available to cleaning services (TL) of the institution, in the period between March 2019 and February 2020. The study of the microbial community structure is carried out through the analysis of the gene that encodes the RNAr 16S, from the genetic coding by the polymerase chain reaction (PCR) technique of the bacterial community present in the rainwater, with dendograms obtained by the software BioNumerics. The results indicate variability and complex bacterial community present in rainwater in the FF, RR and TL samples. In general, the quality of the water used for non-potable purposes in the institution meets the limits established by NBR 15,527 / 2019, as well as the consumption data suggest a 10% savings from the use of rainwater and present economic benefits in short term, according to the cost involved in the installation and the turnaround time. It is concluded that the use of rainwater use systems in educational institutions, in a planned way, can reduce up to 0,35 m³/year.person. There is a need for expanded studies on the assessment of microbial community structure present in rainwater, in order to obtain possible standardization effects on the distribution of structures in the bacterial community, especially with the increase in sample collection periods.

Keywords: Microbial community structure in rainwater; Rainwater quality; Water demand for non-potable purposes; Rainwater harvesting systems; Water resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Regiões hidrográficas do Brasil.....	22
Figura 2 - Demanda de água por região geográfica do Brasil.....	24
Figura 3 - Regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro	26
Figura 4: Ciclo da água.	27
Figura 5 - Mapa de Potencial do uso de água de chuva na cidade do Rio de Janeiro	31
Figura 6 - Mapa de Potencial do uso de água de chuva com informações detalhadas	32
Figura 7 - Estruturas principais de um SAAP.	34
Figura 8 - Desenho esquemático de um SAAP	34
Figura 9 - Imagem simplificada da estrutura e área de captação.....	37
Figura 10 - Calhas e condutores	38
Figura 11 - Gradeamento e separadores de sólidos	39
Figura 12 - Dispositivo de descarte dos primeiros minutos de chuva (<i>first flush</i>)	40
Figura 13 - Exemplos de reservatórios de água de chuva	42
Figura 14 ´ - Dispositivo AquaLuz	58
Figura 15 - Dispositivo AquaPluvi.....	58
Figura 16 - ETA Chuva - TECNIPAR.....	59
Figura 17 - Fluxograma Metodológico.....	61
Figura 18 - Área de estudo da escola Pio XII (ajustar o mapa)	63
Figura 19 – Desenho esquemático do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais da instituição.	64
Figura 20 - Foto do sistema de captação de águas pluviais da instituição.....	65
Figura 21 - Fluxograma do SAAP da escola	66
Figura 22 - Área de captação da escola Pio XII, Vila Kosmos, Rio de Janeiro - RJ..	67
Figura 23 – Condutores na área interna do ginásio	68
Figura 24 - Filtro separador de folhas, <i>first flush</i> , conexões e acessórios como componentes do sistema de coleta das águas pluviais aos reservatórios	69
Figura 25 – Reservatórios instalados no SAAP da escola Pio XII e dimensões.....	70
Figura 26 - Área de abrangência da estação pluviométrica da Penha.....	71
Figura 27 - Média Pluviométrica mensal da estação Penha entre 1997 e 2019.....	72

Figura 28 - Média de chuvas na cidade do Rio de Janeiro e na Estação Penha entre 1997 e 2019.	73
Figura 29 - Pontos de coleta de amostras no SAAP da escola Pio XII.....	74
Figura 30 - Metodologia para análise da comunidade microbiana.	78
Figura 31 - Cuba de eletroforese.....	79
Figura 32 - Média de consumo de água na instituição a partir de leitura de hidrômetro da CEDAE (m ³) entre 2012 e 2019.	81
Figura 33 - Linígrafo ou sensor de medição de nível d'água instalado no reservatório do SAAP.....	82
Figura 34 - Tela do software "Levellogger" para leitura dos dados do linígrafo.....	83
Figura 35 - Gráfico de variação de nível dos reservatórios para cálculo de consumo no SAAP.....	84
Figura 36 – <i>Box plot</i> de pH.....	88
Figura 37 – <i>Box plot</i> de Cor aparente	90
Figura 38 – <i>Box plot</i> de Turbidez	91
Figura 39 – <i>Box plot</i> de Condutividade.....	93
Figura 40 – <i>Box plot</i> de Alcalinidade	94
Figura 41 – <i>Box plot</i> de Dureza.....	96
Figura 42 – <i>Box plot</i> de Cloreto.....	97
Figura 43 - Dendograma de variabilidade da comunidade microbiana presente na água da chuva.....	99
Figura 44 - Gráfico de correlação dos parâmetros físico-químicos obtidos na água da chuva do sistema de águas pluviais instalado na instituição de ensino.	100
Figura 45 - Consumo de água da CEDAE no período de estudo.....	104
Figura 46 - Consumo de água no período de estudo e média de consumo entre 2012 e 2020.	105
Figura 47 - Precipitação Total Anual (PRPTOT) na estação Penha e volume potencial de captação entre 1997 e 2019.....	106
Figura 48 - Consumo mensal de água de chuva obtida do SAAP.....	107
Figura 49 - Percentual do consumo de água de chuva e consumo total de água. ...	108
Figura 50 - Consumo de água da concessionária, consumo de água de chuva e economia gerada entre junho de 2019 e maio de 2020.	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Densidade demográfica e concentração dos recursos hídricos no Brasil	23
Tabela 2 - Tipos de contaminantes presentes em água de chuva.	46
Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos do Anexo XX da Portaria nº5/2017.....	47
Tabela 4 – Parâmetros mínimos de qualidade para fins não potáveis da NBR 15527/2019.	48
Tabela 5 – Legislações estaduais e municipais sobre uso racional/captação de água pluvial.....	52
Tabela 6 - Média de consumo de água por estabelecimento.....	56
Tabela 7 - Fabricantes de tecnologia para SAAP.....	59
Tabela 8 - Quantidade de hidro sanitários atendidos pelo SAAP.....	66
Tabela 9 - Parâmetros de qualidade para fins não potáveis.....	75
Tabela 10 – Parâmetros físico-químicos do Anexo XX da Portaria nº5/2017.....	75
Tabela 11 – Data de coletas realizadas para análises dos parâmetros físico-químicos e comunidade microbiana.....	76
Tabela 12 - Parâmetros, Método e Legislação.....	80
Tabela 13 - Consumo de água na instituição a partir de leitura de hidrômetro da CEDAE (m³) entre 2012 e 2019.....	81
Tabela 14 - Estrutura tarifária comercial de consumo de água da concessionária da cidade do Rio de Janeiro (CEDAE, 2019).	84
Tabela 15 - Volume de água utilizada pelo sistema de aproveitamento de águas pluviais da instituição.....	85
Tabela 16 - Estatística descritiva para análise do parâmetro pH.....	87
Tabela 17 - Estatística descritiva para análise do parâmetro Cor aparente.....	89
Tabela 18 - Estatística descritiva para análise do parâmetro de turbidez (uT).....	91
Tabela 19 - Estatística descritiva para análise do parâmetro de Condutividade.	92
Tabela 20 - Estatística descritiva para análise da alcalinidade (mg/L).	94
Tabela 21 - Estatística descritiva para análise do parâmetro de Dureza (mg/L).....	95
Tabela 22 - Estatística descritiva para análise do parâmetro de Cloreto (mg/L).	97
Tabela 23 - Resultados das amostras coletadas para análise de coliformes na água da chuva.....	101
Tabela 24 – Comparação dos resultados obtidos por outros autores.	102

Tabela 25 – Análise descritiva do consumo médio da CEDAE entre 2012 e 2019, consumo no período de estudo e consumo de água de chuva (SAAP)	109
Tabela 26 - Economia financeira gerada pelo SAAP	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

APHA - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CPATSA - Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido

FF - *First Flush*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MS - Ministério da Saúde

NBR - Norma Brasileira

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PD - Precipitação Direta

RH - Regiões Hidrográficas

RR – Reservatório

RWH - *Roof Water Harvesting*

SAAP - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

TL – Torneira de Limpeza

UNEP - *United Nations Environment Programme*

UNESCO - *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

WWAP - *World Water Assessment Programme*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
Objetivo geral	18
Objetivos específicos	18
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
1.1 Recursos Hídricos	20
1.1.1. Recursos hídricos no Brasil	21
1.1.2. Recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro	24
1.2 Ciclo Hidrológico	27
1.3 Captação e aproveitamento de águas pluviais	28
1.3.1 O Aproveitamento da Água da Chuva no Brasil	30
1.4 Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial – SAAP	32
1.4.1 Área de captação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais ...	36
1.4.2 Calhas e condutores	37
1.4.3 Gradeamento, telas e filtros	38
1.4.4 Dispositivos de descarte dos primeiros minutos de chuva (<i>first flush</i>)	39
1.4.5 Armazenamento da água de chuva em reservatórios	41
1.5 Aspectos qualitativos da água da chuva	43
1.5.1 Parâmetros de qualidade da água	47
1.6 Legislação	50
1.7 Captação de água de chuva em instituições de ensino	55
1.8 Tecnologias de captação de água de chuva	57
2 METODOLOGIA	60
2.1 Área de estudo	62
2.2 Caracterização do sistema instalado	63
2.2.1 Área de captação do SAAP instalado na escola	67
2.2.2 Calhas e condutores	67
2.2.3 First Flush	68
2.2.4 Reservatórios	69
2.3 Análise do regime pluviométrico da região	70
2.4 Coletas e análises de amostras de qualidade de água de chuva	73

2.4.1	Análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas de água de chuva	74
2.4.2	Avaliação estrutural da comunidade microbiana presente na água da chuva	77
2.4.3	Análise dos parâmetros biológicos das amostras coletadas da água de chuva	80
2.5	Análise de consumo de água	80
2.5.1	Análise do consumo de água pela concessionária na instituição	80
2.5.2	Análise do consumo pelo SAAP	82
2.6	Análise econômica a partir de dados tarifários e de consumo	84
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	86
3.1	Qualidade da água coletada nos dispositivos do SAAP	86
3.1.1	Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos em amostras da água de chuva	86
3.1.2	Distribuição das bactérias presentes na água da chuva.....	98
3.1.3	Parâmetros microbiológicos de coliformes	101
3.1.4	Comparação dos resultados de outros autores	102
3.2	Resultados da análise da oferta de água de chuva e do consumo de água potável na instituição de ensino privada	103
3.2.1	Consumo de água da concessionária no período entre junho de 2019 e maio de 2020	103
3.2.2	Potencial de captação e consumo de água do SAAP	106
3.2.3	Análise do consumo total de água da concessionária e do SAAP.....	107
3.3	Viabilidade econômica e potencial do sistema	109
4	CONCLUSÕES	112
	REFERÊNCIAS	116
	Anexo A – Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos em amostras de águas pluviais.....	124
	Anexo B – Relatório de análise biológica para o <i>First Flush</i> (FF).....	126
	Anexo C – Relatório de análise biológica para Reservatório (RR)	127
	Anexo D – Relatório de análise biológica para Torneira de Limpeza	128

INTRODUÇÃO

Justificativa e Problemática

O aumento acentuado da população mundial e inevitavelmente o aumento do consumo de água potável, ocasiona a redução da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos (MARINOSKI, 2008). Uma pesquisa realizada pela ONU demonstra que a população mundial passará de 6,6 bilhões para 9,1 bilhões de habitantes em 2050. Estimativas indicam que nesse caso, o aumento de 10 bilhões de habitantes nos próximos 50 anos acarretará problemas no suprimento de água para cerca de 70% da população (CHRISTOFIDIS, 2003).

A baixa disponibilidade e degradação da qualidade dos recursos hídricos afetam a população de forma desproporcional, uma vez que as pessoas que residem nas áreas mais carentes, como comunidades nas grandes cidades ou na zona rural, são as mais atingidas (CUNHA, 2011).

A má gestão dos recursos hídricos associada à demanda crescente devido ao aumento da população e outros fatores torna a discussão do assunto em questão de grande relevância para perspectivas futuras (GUTERRES, 2019). Com isso, a mudança global do clima se soma dramaticamente a essa pressão e a educação como ferramenta de sensibilização e conscientização é um dos pilares mais importantes na busca pelo equilíbrio ambiental (ROSAS, 2019).

A crise hídrica, de forma geral, abrange diretamente três grandes áreas: social, econômica e ambiental. Fatores como ocupação irregular do solo e crescimento desordenado das cidades também geram a impermeabilização dos solos. Para Tucci (2008), essas ações têm como consequência a degradação dos mananciais, alterações no ciclo hidrológico, contaminação e desperdício de água, podendo conduzir o país a um quadro alarmante em relação à questão da sustentabilidade do abastecimento público de água.

De acordo com o Ministério de Meio Ambiente (2005), um dos principais fatores que limitam o desenvolvimento das cidades é a quantidade e a qualidade de água disponível. Para um uso sustentável dos recursos hídricos, deve-se haver o desenvolvimento de instrumentos que auxiliem no planejamento, na proteção e na utilização dos mesmos, de forma a conciliar o planejamento urbano com a

capacidade natural dos recursos hídricos. Desta forma, é necessária uma mudança de pensamento em todos os setores da sociedade, em prol do uso racional da água.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2019), estima-se que 2,1 bilhões de pessoas no mundo vivam sem água própria para o consumo humano, sendo que a degradação ambiental, o crescimento populacional e as mudanças climáticas tendem a agravar o estresse hídrico em proporções aceleradas.

Guterres (2019) afirma que, em 2030, aproximadamente 700 milhões de pessoas em todo o planeta poderão ter que se deslocar de suas terras em função da intensa escassez de água. Esses dados apontam para a real necessidade de investir em novas políticas educacionais que aumentem a abordagem do estudo sobre recursos hídricos em todos os níveis de ensino como ferramenta transformadora da sensibilização ambiental para as gerações futuras, de forma a promover também debate sobre outros tópicos importantes como desastres ambientais que nos últimos anos têm acometido o Brasil.

Segundo o WWAP/UNESCO (2015) um aumento de 55% da demanda mundial de água é projetado para 2050. Esses números servem como diagnóstico de grave crise hídrica e maiores conflitos pela água no mundo. Dados da OMS/UNICEF (2015) apontam que globalmente a distribuição residencial canalizada de água atinge 79% nas áreas urbanas, em contraste com 32% áreas rurais. Logo, a captação e aproveitamento de águas pluviais se torna uma alternativa real e possível para o abastecimento humano de água (FLORES *et al.*, 2012; LEAL *et al.*, 2014; OLIVEIRA, 2020).

A implementação de ações de conservação e medidas alternativas de uso da água tornam-se necessárias como mecanismo que proporcione reduções significativas no consumo de água para garantir a resiliência hídrica.

As principais questões que envolvem a preservação e o uso dos recursos hídricos são os aumentos dos custos do fornecimento de água, a crescente demanda e poluição nos centros urbanos. O Rio de Janeiro é um grande exemplo destes problemas, como pode ser observado nas mais recentes crises hídricas do estado, onde a qualidade da água é afetada diretamente pela poluição dos corpos d'água responsáveis pelo abastecimento da população.

Estas dificuldades motivaram a comunidade acadêmica, agentes públicos e empresas a desenvolver programas de conservação, visando racionalizar o uso de

água potável especialmente em locais de maior demanda como grandes empreendimentos e estabelecimentos públicos.

Como exemplo, encontram-se leis específicas que obrigam postos de combustíveis, lava-jatos e demais estabelecimentos a implantarem Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) a serem utilizados na lavagem dos veículos como a lei estadual do Paraná (Lei nº 18.730/2016) e a lei municipal de Recife (Lei nº 17.606/2010). Outros municípios adotaram o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, com objetivo de combater o desperdício e conscientizar o proprietário, com a instalação de SAAP, como a Lei Municipal nº 691/2008 de Blumenau-SC e também da Lei Municipal nº 5.279/2011 do Rio de Janeiro-RJ.

Além disso, os resultados em economia de água não propiciam apenas benefícios pontuais aos sistemas prediais, mas também ganhos extensivos aos sistemas hidrográficos e conseqüentemente as cidades que se abastecem daquele recurso (NUNES, 2006).

Em muitos locais o aproveitamento da água de chuva é estratégico devido às condições específicas da região ou por deficiência do abastecimento local. Esses fatores são preponderantes para estimular o uso de sistemas de captação e aproveitamento das águas pluviais que possam suprir esta necessidade. Nas instituições de ensino essa alternativa também pode apresentar aos estudantes de forma didática e experimental o funcionamento do sistema e a importância na economia de recursos hídricos.

Segundo Evans (2005) a qualidade microbiológica e química da água de chuva armazenada em reservatórios pode ser diretamente impactada pelo escoamento ocorrido na área de captação (telhado/cobertura), por meio de deposições diretas de pássaros, decomposição de detritos orgânicos acumulados e deposição atmosférica de microrganismos transportados pelo ar. Tais alterações podem ser significativas se houver a finalidade para uso potável.

Este trabalho está diretamente relacionado ao consumo para aproveitamento em fins não potáveis como limpeza do pátio escolar, rega de jardins e descargas sanitárias em uma unidade educacional. Sua estrutura se caracteriza pela análise dos parâmetros físico-químicos e da comunidade microbiana da água de chuva, além de fatores relacionados a economia de água potável identificada no sistema estudado.

Relevância

A captação e o aproveitamento de águas pluviais podem proporcionar maior economia e segurança hídrica ao suprir ao menos parte da demanda de água em diversos empreendimentos/estabelecimentos, especialmente em locais de maior consumo como os de uso coletivo (LIMA, 2011).

Além de contribuir para reduzir a dependência quanto aos sistemas convencionais de abastecimento de água, os sistemas de aproveitamento podem ser implementados mediante uma melhor análise do seu potencial técnico e atrativo econômico.

Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a operação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) em uma instituição de ensino privado, instalado no bairro de Vila Kosmos, na cidade do Rio de Janeiro, quanto aos parâmetros físico-químicos de forma quantitativa e qualitativa da água da chuva.

Objetivos específicos

- Caracterizar os parâmetros físico-químicos da água da chuva, a partir de coletas de amostras de pontos específicos do sistema de águas pluviais;
- Analisar a estrutura da comunidade microbiana em amostras de água de chuva, através da análise do gene que codifica o RNAr 16S (PCR-DGGE);
- Avaliar os benefícios e a economia de água potável com o aproveitamento de águas pluviais na escola.

Estrutura do trabalho

O primeiro capítulo configura-se como o capítulo teórico, onde é apresentada a revisão bibliográfica a respeito dos sistemas de aproveitamento das águas pluviais para melhor compreensão do trabalho desenvolvido.

O segundo capítulo contempla as etapas metodológicas utilizadas no processo de construção da pesquisa, onde pode ser identificados: a estrutura do trabalho, a área de estudo, a caracterização do sistema, as análises de amostras de água da chuva, o volume pluviométrico, os consumos identificados na instituição, etc.

Os resultados encontrados a partir das análises elaboradas durante o processo de construção da dissertação são apresentados no terceiro capítulo, por meio de discussão dos valores e descobertas ao longo do trabalho.

No quarto e último capítulo, apresentam-se as conclusões e recomendações para pesquisas futuras, relacionadas à operação do sistema e das análises sobre a estrutura da comunidade microbiana presentes na água da chuva.

1 Revisão bibliográfica

1.1 Recursos Hídricos

Os recursos hídricos são de fundamental importância para manutenção da vida e equilíbrio nos ciclos da natureza. Oceanos e mares concentram 97% da água do mundo. Dos 3% restantes, três quartos (3/4) da água doce se encontra em geleiras e calotas polares, e as principais fontes constituem apenas 0,1% (BAIRD; MICHAEL, 2011). Tundisi (2003) e Rebouças *et al.* (2002) relatam conflitos em decorrência da água em várias partes do mundo, o que preocupa as gerações atuais e não somente as futuras com relação à disponibilidade de água potável.

A água não está limitada às fronteiras políticas dos países, razão pela qual quase metade da superfície terrestre é conformada por bacias hidrográficas de rios compartilhados por dois ou mais países. O Brasil compartilha cerca de 82 rios com países vizinhos, incluindo importantes bacias como a do Amazonas e a do Prata, além de compartilhar os sistemas de aquíferos Guarani e Amazonas. Esse cenário se traduz em diferentes e oportunas possibilidades para a cooperação e o bom relacionamento entre os países (ANA, 2018).

Muitos países no mundo sofrem com a escassez hídrica. Israel por exemplo, formulou a Lei da água em 1959 devido à carência local e em 1963 já apresentava legislação específica de reuso e que é considerada como uma prioridade nacional (FRIEDLER, 2011).

Israel precisou se adaptar e buscar aproveitar o máximo de água através de novas tecnologias para atingir a resiliência hídrica e hoje é considerada uma referência no tratamento e reuso de água, apresentando 80% da água destinada a agricultura local proveniente de sistemas de reuso. (JORDÃO e SANTOS, 2015; BATISTA, 2019).

Segundo Obraczka *et al* (2017), além da adoção de medidas visando racionalizar o uso e reduzir o desperdício de água, uma das opções que se apresenta para suprir a demanda hídrica é a utilização de fontes alternativas não convencionais, como as águas de chuva e o reuso de águas servidas.

Friedler (2006) considera que o aproveitamento e reuso de água são componentes da gestão integrada dos recursos hídricos e do desenvolvimento

sustentável em todo o mundo, não ficando restrito a regiões com escassez hídrica, mas também em áreas densamente povoadas, onde a degradação da qualidade das águas afeta diretamente os sistemas de abastecimento.

1.1.1. Recursos hídricos no Brasil

O Brasil apresenta abundância em recursos hídricos, porém a distribuição hídrica é desproporcional de acordo com as regiões mais populosas. O Brasil detém 60% da bacia amazônica, que escoar cerca de 1/5 do volume de água doce do mundo (GEO BRASIL, 2007). Em tempos de escassez de água e crises de desabastecimento, este patrimônio confere ao país uma responsabilidade especial quanto à sua conservação e uso sustentável.

As vazões médias geradas no território brasileiro totalizam cerca de 180 mil m³/s, o que corresponde a 12% da disponibilidade hídrica mundial, que é de 1,5 milhões de m³/s (ANA, 2010).

Em relação à distribuição per capita de água, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabelece um limite de 1.700 m³/habitante/ano, abaixo do qual um país é considerado em situação de estresse hídrico. No Brasil, a vazão média de água é de aproximadamente 33.000 m³/habitante/ano, cujo volume é cerca de 19 vezes superior ao estabelecido pela ONU (GEO BRASIL, 2007). Apesar do grande volume, a distribuição dos recursos hídricos no território brasileiro é desigual em termos geográficos e populacionais. O Brasil apresenta uma população de mais de 211 milhões de habitantes (IBGE, 2020), onde a grande maioria da população está concentrada nas áreas urbanas, que abrigam 84% da população total (PNAD, 2015).

Dividido em 12 (doze) grandes regiões hidrográficas brasileiras, o Brasil, a partir da Resolução do Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH) n° 32, de 15 de outubro de 2003, visa aprimorar a gestão dos recursos hídricos de forma planejada. A região hidrográfica é definida como um “espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos” (BRASIL, 2003).

A bacia hidrográfica é a unidade territorial de implementação da Política de Recursos Hídricos e atuação do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A delimitação de bacia e sub-bacias é necessária para a implementação de Comitês de Bacias Hidrográficas e para interação entre comitês de bacias de rios principais com os respectivos comitês de bacias de seus tributários. A área de atuação de cada comitê é estabelecida no decreto de sua instituição e na Divisão Hidrográfica Nacional (Figura 1) que apresenta as 12 regiões hidrográficas do país, incluída no Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, com seus níveis e vinculações.

Cerca de 80% do total de água disponível encontra-se na bacia Amazônica, onde a população residente é pequena, em comparação com outras áreas, e a demanda de água é menor. Uma parcela do escoamento superficial é destinada para o atendimento dos diversos usos da água.

Figura 1 – Regiões hidrográficas do Brasil



Fonte: ANA, 2019.

A relação entre densidade demográfica e concentração de recursos hídricos pelas regiões do país (Tabela 1) se apresenta de maneira desproporcional quando analisada sua distribuição. A região Norte concentra a maior parte dos recursos hídricos (68,5%), mas possui a menor densidade demográfica (4,12 hab/Km²). Por outro lado, a região Sudeste possui aproximadamente 42% da população brasileira,

com a maior taxa de densidade demográfica do país (86,92 hab/Km²), apresentando apenas 6% da água disponível em território nacional.

Tabela 1 - Densidade demográfica e concentração dos recursos hídricos no Brasil

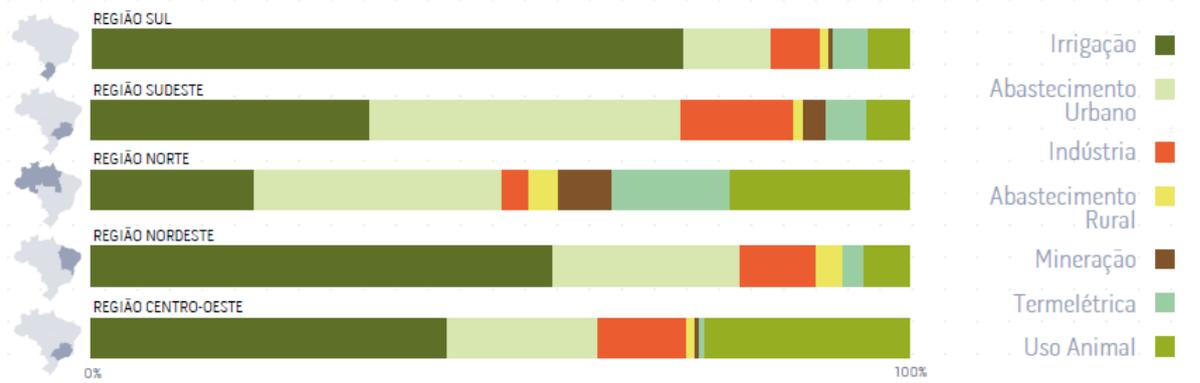
Região	Densidade demográfica (hab/km²)	Concentração dos recursos hídricos (%)
Norte	4,12	68,5
Nordeste	34,15	3,3
Centro Oeste	8,75	15,7
Sudeste	86,92	6
Sul	48,58	6,5

Fonte: IBGE / ANA

Para compreender melhor esses números é preciso saber que o aumento da população e das atividades econômicas intensivas em uso de água possui contribuição direta no aumento do estresse hídrico ao longo do tempo. Portanto, o histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país (ANA, 2019).

A demanda de água por região geográfica do Brasil (Figura 2) pode ser visualizada nos dados apresentados pela ANA (2019), na publicação “Conjuntura Nacional dos Recursos Hídricos - 2019”, onde é possível verificar que na Região Sudeste, por exemplo, a maior parte do consumo ocorre pelo abastecimento urbano devido a grande população que habita a região. De outra forma, na Região Sul, a maior responsável pela demanda hídrica local é a irrigação, correspondendo mais de 70% deste total. A Região Nordeste, apesar de apresentar a menor taxa de concentração de recursos hídricos, possui grande demanda e a irrigação lidera com 55% desse total por atividades. A Região Norte por sua vez, possui a maior demanda concentrada no abastecimento urbano.

Figura 2 - Demanda de água por região geográfica do Brasil



Fonte: ANA, 2019.

Nota-se que a irrigação é o principal uso de recursos hídricos no Brasil e fontes alternativas de captação e distribuição de água precisam e devem ser utilizadas como alternativas e práticas mais sustentáveis quanto ao uso da água.

1.1.2. Recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro

O Estado do Rio de Janeiro é composto de 92 municípios e está totalmente inserido na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste. De acordo com o Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população total no Estado do Rio de Janeiro é cerca de 16 bilhões de habitantes (8,4% da população total do país), sendo 81% de população urbana localizada nas sedes municipais, 16% de população urbana fora das sedes municipais e 3% de população rural (IBGE, 2013). Localizado na Região Sudeste do Brasil, possui um território com cerca de 43.780,172 km², o que corresponde a apenas 0,5% do território brasileiro.

Sua disponibilidade hídrica superficial é considerada boa, mas apresenta baixa presença de sistemas aquíferos, sendo ainda 85% dos seus municípios abastecidos exclusivamente por mananciais superficiais (ANA, 2010). Em termos de distribuição per capita, a região conta com 1.278,8 m³/hab./ano, próximo do limite de situação de estresse hídrico estabelecido pela ONU (ANA, 2013).

Destaca-se no Estado do Rio de Janeiro, o rio Paraíba do Sul, que nasce no Estado de São Paulo e acompanha longitudinalmente o Estado do Rio de Janeiro. O

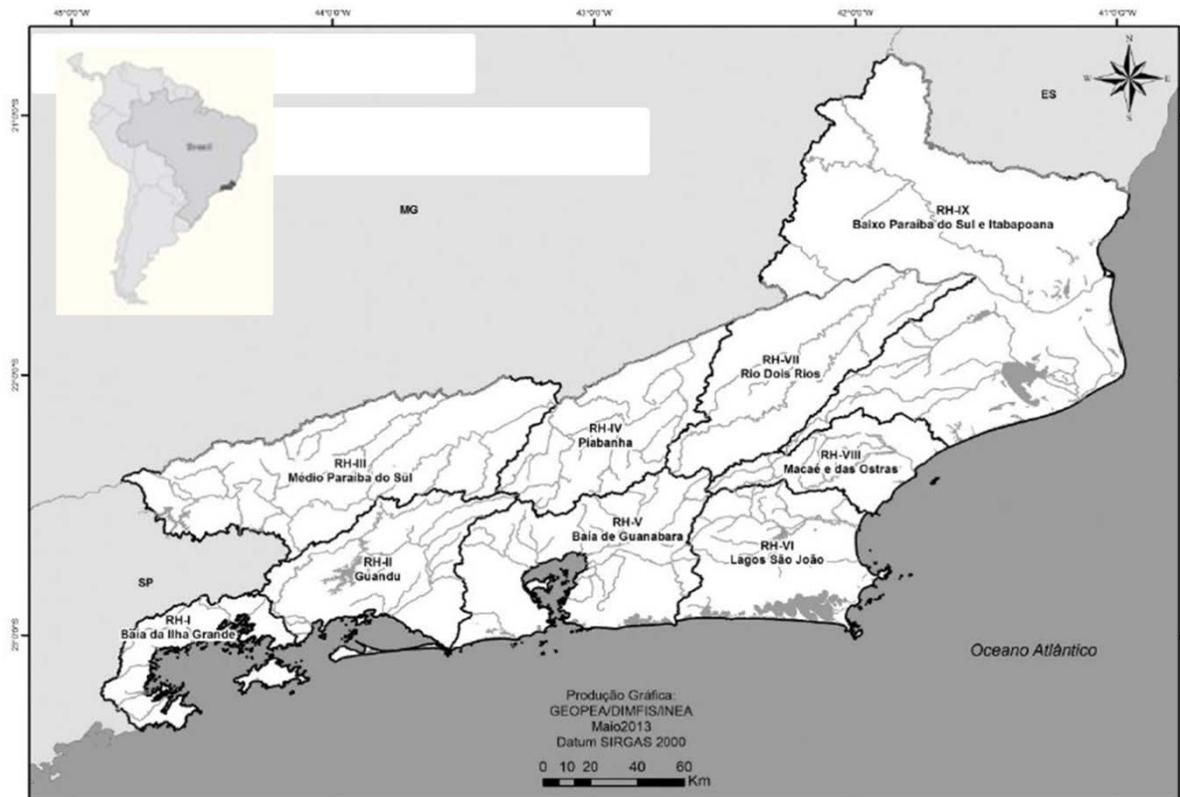
Rio Paraíba do Sul abastece 17 sedes municipais ao longo do seu percurso, além de 9 municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, através da transposição para o rio Guandu. O sistema de abastecimento do Guandu é formado por um complexo conjunto de estruturas hidráulicas existentes interligando as bacias hidrográficas dos rios Paraíba do Sul e Guandu. Este sistema é responsável pelo abastecimento de cerca de nove milhões de pessoas na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (INEA, 2019).

Com os últimos problemas apresentados na qualidade da água captada pelo sistema Guandu para distribuição a população, tem sido relevante avaliar sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP), como alternativas ao modelo convencional de abastecimento de água. Este estudo possibilita apresentar a importância do uso de fontes alternativas de água, assim como estimula seu uso em projetos futuros a partir de análises dos parâmetros de qualidade e os custos de implementação e retorno financeiro de projetos.

Para fins de gestão, o Estado do Rio de Janeiro está dividido em Regiões Hidrográficas de acordo com a Resolução CERHI-RJ nº 107, de 22 de maio de 2013, como mostra a Figura 3 (CERHI-RJ, 2013).

Segundo INEA (2014), o estado está dividido para fins de gestão em nove Regiões Hidrográficas (RH) (Figura 2), como: RH I (Baía da Ilha Grande), RH II (Guandu), RH III (Médio Paraíba), RH IV (Piabanha), RH V (Baía de Guanabara), RH VI (Lagos São João), RH VII (Rio Dois Rios), RH VIII (Macaé e das Ostras) e, por fim, RH IX (Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana).

Figura 3 - Regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro



Fonte: INEA, 2013.

A grande maioria da população do estado é abastecida com água de superfície, encontrada em rios, lagoas e lagoas de barragens. Estima-se que cerca de 80% da população seja abastecida pelas águas provenientes do Rio Guandu (INEA, 2014).

Quanto às reservas de água subterrâneas, o Rio de Janeiro possui alguns aquíferos em seu território, merecem destaque os aquíferos Macacu, Guandu, Guapiaçu, Macaé e Iguaçú. Porém, esses aquíferos ainda são pouco explorados para abastecimento da população em grande escala (INEA, 2018).

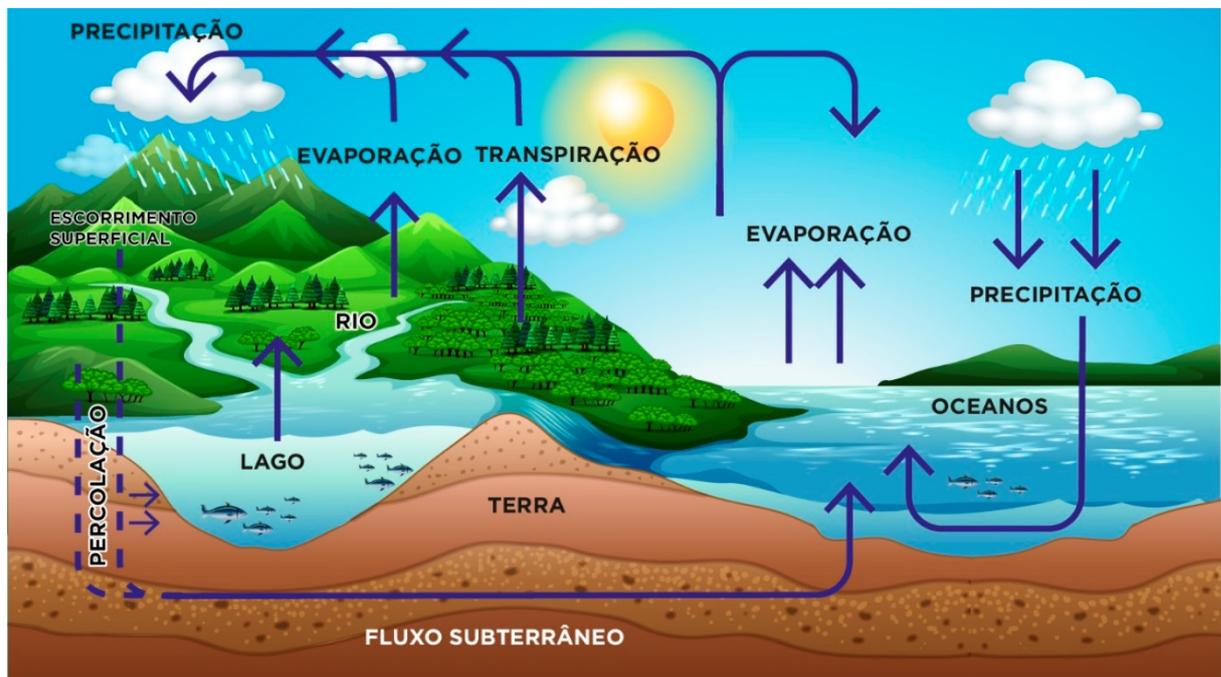
Há ocorrência de chuva no Rio de Janeiro praticamente ao longo de todo ano (DERECZYNSKI, 2009). Recentemente, os estudos a respeito deste tema tornaram-se mais frequentes devido ao aumento da preocupação acerca do uso sustentável da água. Sistemas de aproveitamento de água de chuva prometem suprir parte da demanda de água, reduzindo assim a quantidade de água necessária advinda de outras fontes (CHRISTIAN AMOS *et al*, 2016).

1.2 Ciclo Hidrológico

O estudo da dinâmica da água usualmente se inicia com a abordagem do ciclo hidrológico (Figura 4), apresentado por meio de seus processos e elementos constituintes. A importância de contextualizar este conceito permeia desde informações sobre o consumo de água, abastecimento nas residências, geração de energia elétrica, produção de alimentos, até os impactos ambientais deste recurso natural por outras atividades antrópicas.

Um dos principais responsáveis pela entrada de água no ciclo hidrológico é a chuva. Quando precipita, parte dela escoia pelos rios, outra infiltra e o restante evapora ou é transpirada pelas plantas. Ao longo desse trajeto, a água pode ser utilizada de diversas maneiras até chegar ao mar, onde evapora e se transforma em nuvens que seguirão com o vento, reiniciando o ciclo (ANA, 2019).

Figura 4: Ciclo da água.



Fonte: UFG, 2020.

A água é captada de diversas formas como: pelas águas superficiais, subterrâneas e pluviais. Esses processos de captação são realizados para atender múltiplas demandas das quais se podem mencionar o abastecimento da população, irrigação, geração de energia, atendimento a indústrias, etc.

Mais recentemente o Reuso de águas servidas também pode ser considerado um mecanismo de fornecimento de água em condições de uso para diversas finalidades. A captação e aproveitamento da água de chuva também surge neste cenário como fonte alternativa de atendimento as demandas, através de estudos que analisam a variabilidade do regime pluviométrico e a qualidade da água que pode ser afetada por efeitos da ação antrópica e outros fatores externos.

1.3 Captação e aproveitamento de águas pluviais

A utilização de técnicas para captação e aproveitamento da água de chuva é apresentada pela literatura do tema indicando a sua aplicação há milhares de anos e entre várias civilizações. Os principais usos atribuídos eram: uso doméstico, dessedentação de animais e usos na agricultura.

Segundo Werneck (2006), a canalização da água para os múltiplos usos já existia, por exemplo, no Antigo Egito e na Mesopotâmia. Em 3.750 a.C. o abastecimento de água na Índia ocorria através de tubulações e a drenagem e a coleta de esgoto eram feitos nas ruas em canais que permitiam inspeção e as casas eram dotadas de banheiras e privadas. No Egito, no palácio do faraó Quéops foram encontrados encanamentos de cobre.

Gnadlinger (2000), afirma que na América Latina as técnicas de aproveitamento de água da chuva já era uma realidade vivida pelos povos pré-colombianos na Península de Iucatã, no México. Destacam-se duas grandes circunstâncias de aplicação para a captação e o aproveitamento de água de chuva: regiões de significativa pluviosidade, prevenção para minimização de cheias, e regiões de grande escassez, onde o objetivo é reservar a água das estações chuvosas para garantir a sobrevivência durante a estiagem. Nos vales, usavam-se outros sistemas de captação de água de chuva, como aguadas (reservatórios de água de chuva cavadas artificialmente com capacidade de 10 a 150 milhões de litros) e 'aquaditas' (pequenos reservatórios artificiais para 1.000 a 50.000 litros). As aguadas e aquaditas eram usadas para irrigar árvores frutíferas e/ou bosques, além de fornecer água para o plantio de verduras e milho em pequenas áreas. Muita água era armazenada, garantindo-a até durante períodos de seca inesperados (NEUGEBAUER, 1986, apud GNADLINGER, 2006).

Modelos de captação e aproveitamento de águas pluviais surgiram de maneira independente há milhares de anos e estão espalhados pelo mundo inteiro. Nas últimas décadas do século XX, foi à vez da Índia descobrir e usufruir dos benefícios das técnicas de captação de água de chuva. Foi através da captação das águas pluviais que diversas cidades indianas deixaram de ser meras importadoras de alimentos para se tornarem exportadoras.

Admirado com o sucesso da experiência do uso de técnicas de captação de águas de chuva, o ministro chefe do estado de Madhya Pradesh, ainda na Índia, repetiu a iniciativa em 7.827 cidades. O projeto atendia a quase 3,4 milhões de hectares de terra entre 1995 e 1998 (WORLD WATER COUNCIL, 2000 apud CARLON, 2005).

Formas mais eficazes de aproveitamento da água de chuva são alternativas crescentemente utilizadas. Essas águas captadas podem ser aproveitadas para usos menos exigentes, como descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de pisos e ambientes (SILVA, 2019).

O aproveitamento de água pluvial apresenta aspectos positivos, pois possibilita a redução no consumo de água potável, acarretando a diminuição do custo de água fornecido pelas companhias de abastecimento e contribui para preservação do meio ambiente, reduzindo a escassez de recursos hídricos (LIMA e MACHADO, 2008).

O conceito do uso racional para a conservação da água deve estar associado à gestão, não somente da demanda, assim como da oferta de água, de forma que água de qualidade inferior possa suprir necessidades menos nobres (OLIVEIRA *et al*, 2007).

Jongman (2016) verificou em seu estudo que a qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em reservatórios de aldeias rurais apresentou sequência de microorganismos nocivos que podem comprometer a saúde humana em caso de irrigação de culturas e uso doméstico. Neste caso faz-se necessário o tratamento antes do uso.

Seeger *et al* (2007) salientam que, atualmente, pela crescente preocupação com o meio ambiente e o uso consciente da água, a utilização de água tratada para alguns fins menos nobres tornou-se inviável, o que tem impulsionado o aumento crescente de sistemas de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis.

Para Ghaleb (2018) a captação da água de chuva pode desempenhar um papel muito importante na substituição e complementação ao abastecimento de água em instalações residenciais, comerciais e industriais, uma vez que respeite os parâmetros determinados pelos órgãos competentes.

1.3.1 O Aproveitamento da Água da Chuva no Brasil

Segundo Ghanayem (2001), no Brasil a instalação mais antiga de aproveitamento da água da chuva foi construída por norte-americanos em 1943, na ilha de Fernando de Noronha. Ainda nos dias de hoje a água da chuva é utilizada para o abastecimento da população. O Arquipélago não possui nascentes de água doce. Toda a água é captada no período das chuvas e armazenada durante a estiagem em açudes – Gato, Mulungu, Horta e Xaréu o maior de todos.

Uma forma muito utilizada para o aproveitamento da água da chuva é a construção de cisternas, principalmente, no Nordeste. Alguns programas foram criados pelo governo no intuito de melhorar a qualidade de vida da população do semi-árido brasileiro. Um deles foi a criação do Centro de Pesquisas Agropecuárias do Trópico Semi-Árido (CPATSA) em 1975, com o objetivo de coleta da água da chuva e de construção de cisternas para armazenamento de água para consumo, dentre outros (ANNECCHINI, 2005).

Segundo Brito (2017), até novembro de 2017 mais de 1,3 milhões de famílias foram assistidas com a instalação das cisternas da primeira água no semiárido brasileiro. Estas ações fizeram parte do programa “Água para todos”, criados pelo Ministério do Desenvolvimento junto com o Programa Nacional de apoio à Captação de Água de Chuva e outras tecnologias Sociais de Acesso à Água.

May (2004) ressalta que apesar dos benefícios visíveis e concretos da economia de água e da melhoria da qualidade de vida das pessoas que utilizam a chuva como fonte de água, a importância da coleta de água de chuva é pouco compreendida pela maioria dos técnicos, governantes e pela própria população. Dentro deste contexto há necessidade da realização de mais pesquisas no intuito de avaliar o potencial hídrico nas regiões do Brasil, além de estudos visando à otimização do processo de coleta, armazenamento e tratamento da água de chuva.

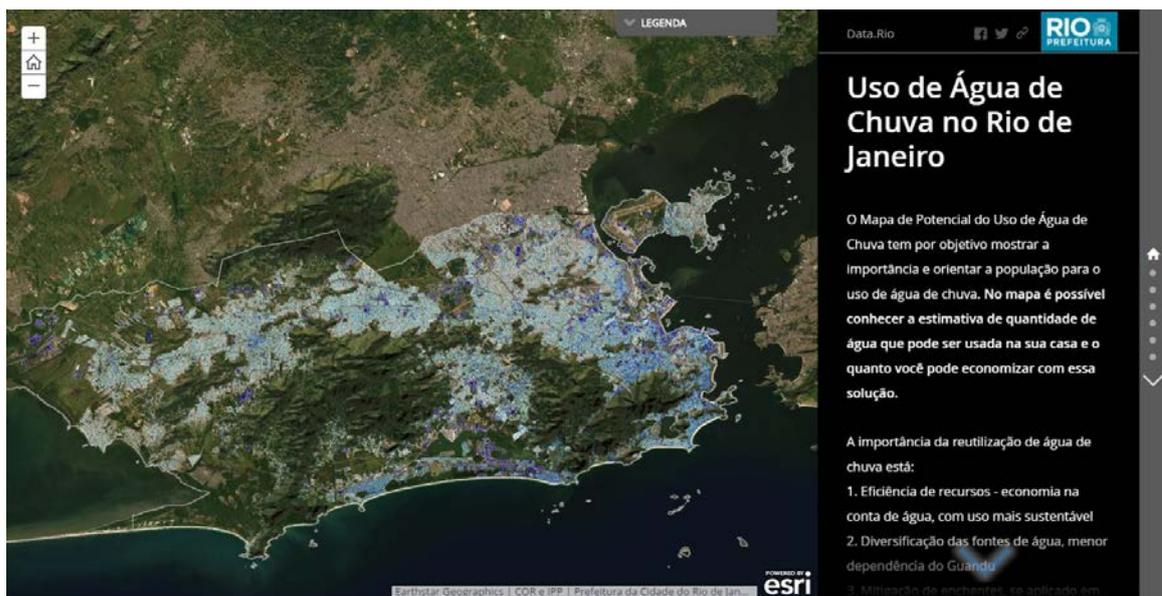
Jaques (2005) afirma que o baixo custo da água fornecida pelas concessionárias, onde o consumo é relativamente baixo, desestimula o investimento em um sistema de aproveitamento de água de chuva. Já em locais onde o volume de água utilizado é maior, a utilização de fontes alternativas de água, como a água de chuva pode ser extremamente viável, uma vez que o valor da tarifa cresce exponencialmente com o aumento do volume consumido. A incidência de uma tarifa de esgoto pode aumentar ainda mais a viabilidade de um SAAP.

Em janeiro de 2017 a cidade do Rio de Janeiro apresentou um estudo desenvolvido em parceria com outras instituições, no qual foi elaborado o “Mapa de Potencial do uso de água de chuva na cidade do Rio de Janeiro” (PCRJ, 2020).

A base cartográfica dos telhados foi fornecida pelo Instituto Pereira Passos (IPP), órgão de pesquisa e informação sobre a cidade do Rio de Janeiro, o que permitiu o cálculo de potencial de coleta de água de cada edifício.

O sistema apresentado em um mapa 3D da cidade (Figura 5) permite à população descobrir a possibilidade de economizar, de acordo com as dimensões da cobertura de seu edifício ou casa, com a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Figura 5 - Mapa de Potencial do uso de água de chuva na cidade do Rio de Janeiro

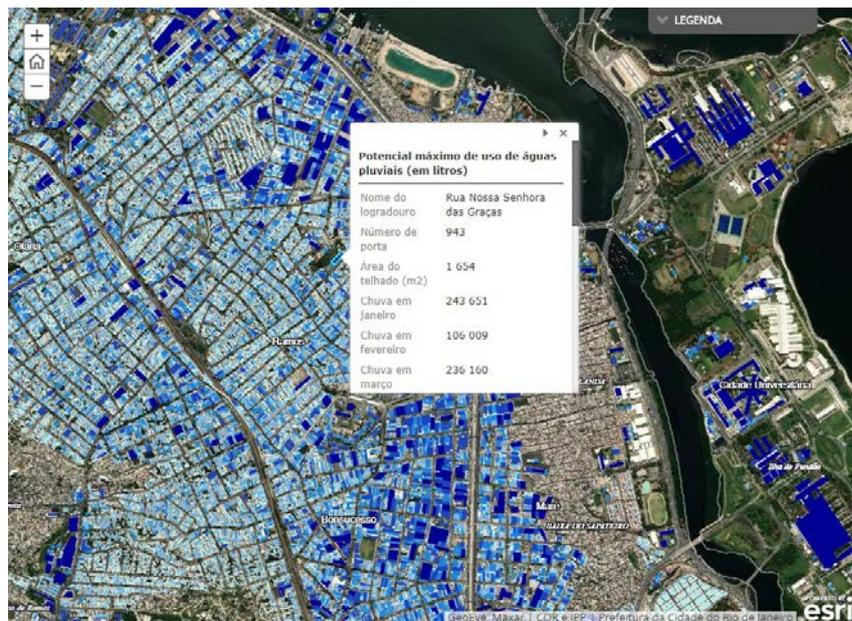


Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2020.

<https://pcrj.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=f6f9875485914fafb85ac69d0b004bef>

O mapa permite também verificar a intensidade de azul na área: quanto mais forte a cor de azul, maior o potencial (Figura 6). Ao clicar em cima do telhado no mapa, é possível verificar as médias mensal e anual da capacidade de coleta de água na edificação segundo dados do Sistema Alerta Rio.

Figura 6 - Mapa de Potencial do uso de água de chuva com informações detalhadas



Fonte: Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2020.

<https://pcrj.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=f6f9875485914fafb85ac69d0b004bef>

De acordo com o estudo da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, o potencial de economia na cidade com o uso de água de chuva pode chegar a 25% (PCRJ, 2020).

1.4 Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial – SAAP

Os Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial (SAAP) são estruturas que possibilitam a captação de água da chuva através de um conjunto de materiais, equipamentos e acessórios que permitem armazenar e usar a água pluvial como recurso em atendimento à diversas finalidades. Estes sistemas captam a água da chuva que precipita sobre superfícies, direcionando-a para reservatórios de armazenamento e posterior utilização. De maneira geral, a captação da água da

chuva é efetuada no telhado de edificações em residenciais, comerciais ou industriais.

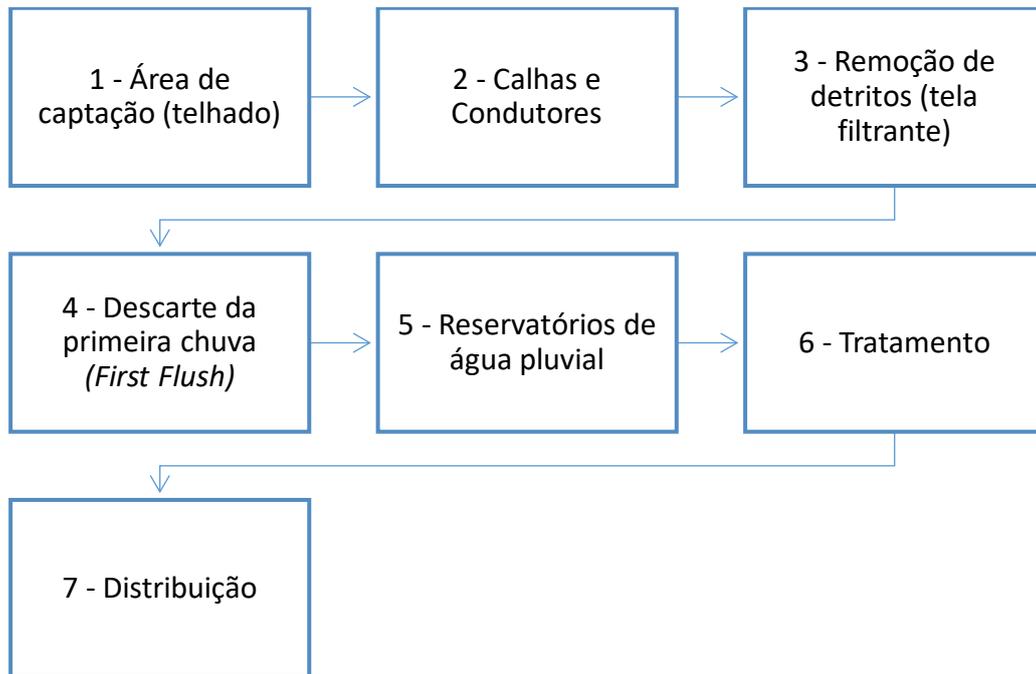
O SAAP é considerado um sistema descentralizado de suprimento de água, cujo objetivo fundamental é a conservação dos recursos hídricos, de modo a reduzir o consumo de água potável (KOENIG, 2003).

Para que este aproveitamento de água da chuva seja realizado, é recomendado o atendimento à fatores inerentes ao sistema, relacionados sobretudo à captação, tratamento, reservação e distribuição da água. A coleta e o armazenamento devem atender critérios técnicos e sanitários, encontrados na NBR 15.527/2019 (ABNT, 2019) e na NBR 10.884/1989 (ABNT, 1989). Além destes critérios técnicos, deve-se considerar critérios sociais e econômicos, em respeito às condições e características particulares de cada edificação e usos destinados à água pluvial.

A tecnologia necessária para operar um sistema de captação de águas pluviais deve integrar etapas, como: coleta das águas pluviais, descarte da água coletada no início da chuva, armazenamento em reservatórios, qualidade das águas pluviais, abastecimento local, distribuição, drenagem do excedente de águas, águas pluviais complementares às do abastecimento público da cidade (época de estiagem) (FENDRICH e OLIYNIK, 2002).

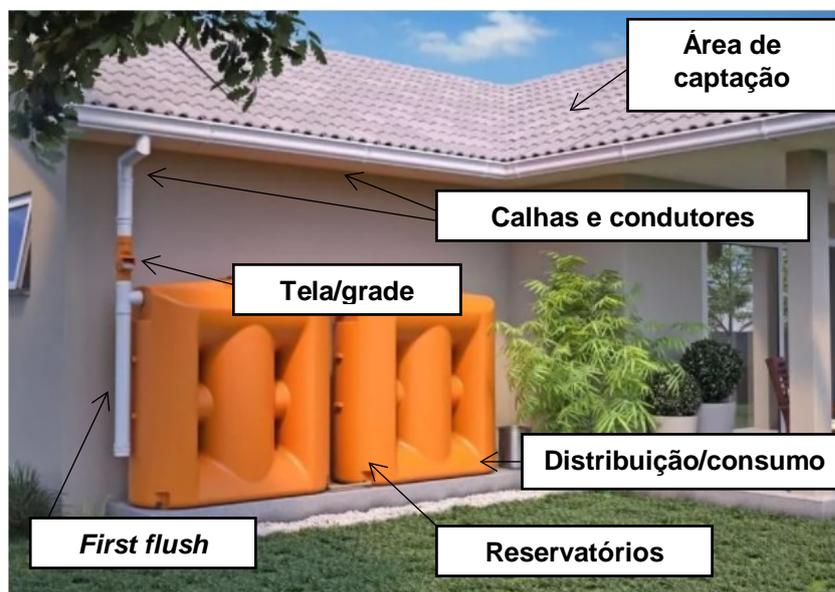
A caracterização da estrutura de um SAAP pode ser melhor observada nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 - Estruturas principais de um SAAP.



Fonte: O Autor, 2020.

Figura 8 - Desenho esquemático de um SAAP



Fonte: Fluxo consultoria, adaptado pelo autor, 2020.

Os critérios socioeconômicos devem considerar o local onde o sistema será implantado, as necessidades e limitações dos usuários envolvidos e os custos e mão de obra, tanto na etapa de construção, quanto nas etapas de manutenção e operação do sistema. As decisões quanto ao sistema a ser implantado devem ser

tomadas baseadas em estudos de dimensionamento, recomendações técnicas, estudos de caso anteriores e principalmente, visando atender às necessidades específicas do local. Antes de atingir a superfície, a água que precipita está sujeita às fontes de poluição atmosférica, como interferência externa, o clima, condições locais de fauna e flora, e uso e ocupação do solo capazes de causar a sua contaminação.

Os telhados das edificações acumulam sujeira como sedimentos, folhas, galhos e fezes de animais. Para a coleta, uma área impermeabilizada a céu aberto necessita de dispositivos que permitam a limpeza de contaminantes provenientes do ambiente, garantindo o funcionamento do sistema atendendo a critérios sanitários. Um sistema de tubulações leva a água do ponto de coleta aos pontos de tratamento e então até o reservatório de armazenamento.

Sistemas prediais de água não potável podem e devem fazer uso de fontes alternativas de água em usos que não oferecem riscos à saúde humana em edificações. O aproveitamento de água pluvial, portanto pode ser considerado um conceito simples, que envolve a coleta, o armazenamento e o uso da água de chuva como uma fonte complementar de abastecimento.

Segundo Lee *et al.* (2000), as técnicas mais comuns para coleta da água da chuva ocorrem através da superfície de telhados ou no solo. O sistema de coleta de chuva pela superfície de telhados torna-se mais simples e pode água de melhor. Independente da técnica utilizada, os componentes principais do sistema de aproveitamento da água da chuva são: a área de captação, telas ou filtros para remoção de materiais grosseiros, como folhas e galhos, tubulações para a condução da água e o reservatório de armazenamento (GHANAYEM, 2001).

Para Sacadura (2011), os SAAP são constituídos por componentes básicos que atendem às funções, como:

- Superfície de captação: inclui a superfície sobre a qual a chuva cai, isto é, a superfície de recolha, normalmente o telhado da habitação;
- Sistema de transporte: é constituído pelas componentes que encaminham a água do telhado para o tanque, e os tubos de queda;
- Dispositivos de filtração: têm como função a remoção de detritos e poeiras da água pluvial captada antes desta ir para o tanque (como exemplos podem referir-se os crivos de folhas, os desviadores das primeiras precipitações e os dispositivos de filtração);

- Dispositivos de armazenamento: englobam um ou mais tanques de armazenamento que podem também ser denominados de cisternas;
- Rede de distribuição: é o sistema de transporte da água pluvial para o seu uso final através de bombas ou gravidade;

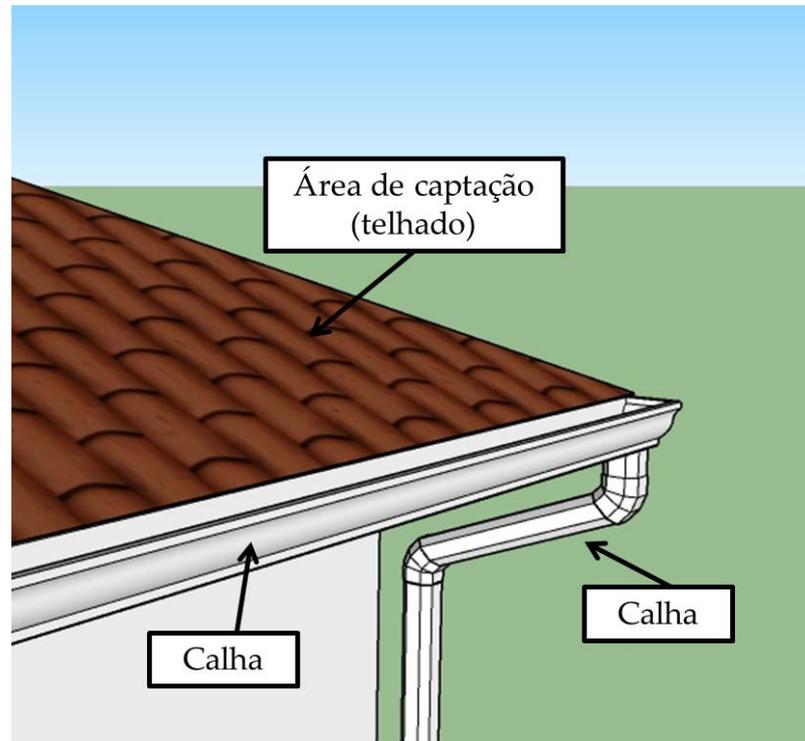
1.4.1 **Área de captação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais**

Um SAAP necessita de uma área de captação (Figura 9), de modo que esta área seja caracterizada por uma superfície ou telhado responsável por receber a água pluvial escoada até o reservatório.

Segundo Bertolo (2006), a área normalmente utilizada para a captação de água da chuva é o telhado ou a laje da edificação, podendo ser feita por meio de superfícies impermeabilizadas (calçadas, estacionamentos, pátios etc).

Os telhados para coleta da água da chuva podem ser de telha cerâmica, de fibrocimento, de zinco, de aço galvanizado, de plástico, de vidro, de acrílico, de concreto armado ou manta asfáltica, sendo que o tipo de revestimento também interfere no sistema de aproveitamento da água da chuva, devendo-se ter preferência para os de menor absorção de água, ou seja, as telhas que tenham um coeficiente de escoamento maior, para minimizar as perdas relacionadas à precipitação efetiva.

Figura 9 - Imagem simplificada da estrutura e área de captação



Fonte: O Autor, 2020.

O sistema de coleta através da superfície do solo pode ser empregado em locais com grande área superficial, sendo necessário que as mesmas possuam uma pequena inclinação, para o escoamento da água. Nesses sistemas é comum a construção de rampas ou canais para direcionar a água da chuva para dentro do reservatório. Deve-se evitar coletar água da chuva de superfícies por onde passam carros, pois nesses casos a água terá qualidade inferior, sendo contaminada por óleos combustíveis e resíduos de pneus (ANNECCHINI, 2005).

1.4.2 Calhas e condutores

Para abastecer os SAAP as edificações devem ser dotadas de calhas e condutores verticais para o direcionamento da água da chuva do telhado ao reservatório.

As calhas e condutores (Figura 10) são os responsáveis por levar a água da área de captação (telhados) até o dispositivo de descarte (*first flush*) dos primeiros minutos de chuva, quando este existir, ou direto ao reservatório de armazenamento. Os materiais utilizados com mais frequência são os tubos de PVC (Poli Cloreto de

Vinila), plástico, alumínio ou outros materiais inertes. Materiais rugosos tendem a favorecer a deposição/retenção de sujeiras e faz-se necessária a limpeza e manutenção destes dispositivos periodicamente.

Segundo Hagemann (2009) o uso de materiais metálicos pode apresentar corrosão devido ao baixo pH da água de chuva.

Figura 10 - Calhas e condutores



Fonte: O Autor, 2020.

De acordo com a NBR 15527/2019, no dimensionamento das calhas devem ser observados o período de retorno escolhido para precipitação, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica, além de outros requisitos especificados pela NBR 10844/89, que trata sobre “*Instalações Prediais de Águas Pluviais*”, estabelecendo critérios para calhas e condutores.

FENDRICH e OLIYNIK (2002) ressaltam que o subdimensionamento ou má instalação das calhas e condutores verticais pode reduzir significativamente a eficiência de coleta, comprometendo o funcionamento de todo o sistema de aproveitamento de água de chuva.

1.4.3 Gradeamento, telas e filtros

São fundamentais em um SAAP, as telas e filtros (Figura 11), que funcionam como estruturas responsáveis pela primeira filtragem da água da chuva, formando uma barreira contra detritos maiores, não permitindo sua entrada no sistema.

Por outro lado, o acúmulo de materiais grosseiros como folhas, gravetos, insetos, sujeiras e outros resíduos exige manutenção frequente para não permitir

obstrução nem comprometer a qualidade da água. A NBR 15527/2019 recomenda a inspeção mensal e limpeza trimestral, porém essa periodicidade pode ser alterada de acordo com a sazonalidade e uso do sistema.

Entre os materiais mais usados em gradeamentos, telas e filtros destacam-se o PVC, nylon, arames e aço galvanizado. Atualmente é possível encontrar no mercado peças fabricadas especificamente para este tipo de filtragem, de forma a atender às especificações da instalação.

Figura 11 - Gradeamento e separadores de sólidos



Fonte: O Autor, 2020.

A NBR 15527/2019 recomenda inspeção mensal e limpeza trimestral destes componentes. Essa periodicidade deve ser alterada de acordo com a necessidade, para manter a boa utilização do SAAP, sem que o mesmo tenha sua eficiência comprometida por eventuais acúmulos de sujeira.

1.4.4 Dispositivos de descarte dos primeiros minutos de chuva (*first flush*)

Os primeiros milímetros de chuva são responsáveis pela limpeza da atmosfera e da área de captação do sistema de coleta da água da chuva, promovendo o carreamento de possíveis poluentes. A qualidade desta água dependerá dos tipos de poluentes presentes na área e do período antecedente sem precipitação. Segundo Siciliano *et al* (2018), nos períodos secos ocorre maior acúmulo de resíduos como poeira, folha, fezes de animais, poluentes e outros.

Este procedimento é também denominado de autolimpeza da água da chuva (TOMAZ, 2005). O *first-flush* tem a finalidade de receber a chuva inicial, retendo-a ou descartando-a de forma que a mesma não entre em contato com o restante da chuva ou ainda com a chuva posterior, menos poluída, que será direcionada ao reservatório de armazenamento final.

A chuva inicial é mais poluída, pois esta é responsável por lavar a atmosfera contaminada por poluentes e a superfície de captação, quer sejam telhados ou superfícies no solo (GOULD, 1999).

Segundo Ohnuma (2014) o sistema *first flush* de captação de águas pluviais depende da área de cobertura, do coeficiente de *runoff*, da intensidade pluviométrica regional e das condições operacionais de separação do escoamento para obter um dimensionamento adequado. Este dispositivo (Figura 12) tem como objetivo principal evitar que a primeira parcela da chuva altere a qualidade da água coletada posteriormente.

Figura 12 - Dispositivo de descarte dos primeiros minutos de chuva (*first flush*)



Fonte: Chuva & Cia, 2020.

A forma mais utilizada para o dispositivo do *first flush* é um tubo de PVC que coleta os primeiros milímetros do volume precipitado. Ao encher este tubo, a água é desviada para outro que a conduzirá ao reservatório. Este tubo pode ser drenado por meio de uma válvula de retenção, como acessório à instalação do sistema.

A NBR 15527/2019 recomenda que pelo menos seja descartado 2mm de chuva.

Na Florida, para cada 100 m² de superfície de captação, elimina-se 40 litros de chuva, ou seja, elimina-se 0,4 mm de chuva por m² de área de captação (ANNECCHINI, 2005).

De acordo com Dacach (1981), o reservatório de eliminação de primeira chuva deve ter capacidade para armazenar de 0,8 a 1,5 L/m² de área de captação, o que também pode ser expresso como 0,8 a 1,5 mm de chuva por m² de área de captação.

1.4.5 Armazenamento da água de chuva em reservatórios

Após realizado o processo de tratamento da água da chuva, seja ele o processo simplificado de autolimpeza ou um processo que inclua etapas como filtração e desinfecção, em função do destino/uso a ser dado a água, ela é direcionada ao reservatório de armazenamento.

Alguns tipos de tratamento são utilizados para melhorar a qualidade da água de chuva captada pelos sistemas. Ganem (2019) em sua pesquisa intitulada “Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de assentamentos informais” encontrou resultados satisfatórios com a construção de um protótipo de baixo custo para tratamento, composto por pedras de dolomita e pastilhas de cloro para alcalinização e desinfecção do volume reservado. Este equipamento foi montado para atender um volume de descarte de 0,5 mm de acordo com sua área de estudo.

O reservatório de água pluvial exerce ainda uma importante função de amortecimento e acúmulo de água, especialmente para atendimento às demandas em períodos de estiagens prolongadas, proporcionando maior segurança ao sistema.

Os reservatórios de água de chuva podem ser enterrados, semienterrados, apoiados sobre o solo ou elevados. Esses reservatórios podem ser construídos de diferentes materiais, como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, aço, polietileno, e outros, e podem ter diversas formas (Figura 13).

Figura 13 - Exemplos de reservatórios de água de chuva



Fonte: Google imagens, 2020.

A escolha do local do reservatório, do modelo e do material a ser utilizado deve ser feita verificando as condições locais, inclusive do terreno. A instalação dos reservatórios pode apresentar restrições no que diz respeito ao espaço físico, principalmente em áreas urbanas e adensadas.

Os reservatórios assentados sob o terreno devem ser instalados em locais que disponham de área livre, tendo a vantagem de possibilitar alguns usos sem necessidade de bombeamento, como para lavagem de áreas impermeáveis e a rega de jardins.

Dependendo da arquitetura do telhado é possível instalar o reservatório sobre a estrutura da laje da cobertura, de acordo com o devido dimensionamento, evitando assim os gastos com o bombeamento da água. Já os reservatórios semienterrados ou enterrados, normalmente, necessitam de bombeamento, seja ele manual ou mecânico, salvo alguns casos, como das cisternas instaladas na região Nordeste do Brasil, onde a população utiliza baldes na cisterna para a retirada da água. O inconveniente dessa solução é a maior possibilidade de contaminação da água da cisterna pela introdução de objetos para a remoção da água.

Nos sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva, o reservatório de armazenamento é a parte mais onerosa do sistema, sendo que o custo varia de acordo com o tipo e com o tamanho do reservatório (BEZERRA, 2010).

Para maximizar o retorno financeiro do investimento, é preciso realizar um dimensionamento cauteloso e bem planejado, levando em conta o regime de chuvas, a área e o material de captação, a demanda, e a localização do sistema. Segundo Tomaz (2003), reservatórios enterrados de fibra de vidro custam cerca de US\$ 137 por m³, já os apoiados custam, aproximadamente, US\$ 105 por m³. Portanto, escolher a melhor opção para o reservatório e determinar apropriadamente o seu tamanho são itens fundamentais para tornar o sistema de aproveitamento de água de chuva funcional e viável economicamente.

O ideal é que funcione como fonte alternativa, suplementando o sistema de abastecimento de água potável, sendo direcionada para os fins não potáveis como desenvolveu Oliveira (2020) em seu trabalho sobre a viabilidade de um sistema domiciliar de aproveitamento de águas pluviais na cidade do Rio de Janeiro.

A qualidade da água coletada e o seu destino final é que vão definir o tipo e a necessidade de tratamento das águas pluviais e quanto maior a precipitação anual, maior o volume de água captado, porém o seu aproveitamento depende da área de captação e do tamanho do reservatório adotado.

1.5 Aspectos qualitativos da água da chuva

Com a necessidade e o crescente interesse no aproveitamento da água da chuva como fonte alternativa de suprimento crescem também as demandas e os questionamentos a cerca da qualidade do volume armazenado, principalmente, quando situados em centros urbanos, onde a poluição atmosférica é mais intensa.

O estabelecimento de parâmetros de qualidade e de seus respectivos limites tem como objetivo determinar um padrão de água não potável que permita seu uso seguro e ao mesmo tempo não incorra na necessidade de utilização de processos de tratamento muito restritivos e onerosos (CBIC, 2019).

São muitos os fatores que influenciam na qualidade da água da chuva. Dentre eles pode-se citar a localização geográfica, a presença de vegetação, as condições meteorológicas quanto ao regime dos ventos e chuvas, a estação do ano e a presença de carga poluidora na atmosfera.

Em regiões próximas aos oceanos existe uma maior probabilidade de encontrar sódio, potássio, magnésio e cloro na água da chuva. Já em regiões com grandes áreas não pavimentadas, provavelmente estarão presentes na água da chuva partículas de origem terrestre como a sílica, o alumínio e o ferro (PHILIPPI *et al*, 2006).

A qualidade da água captada depende dos materiais que compõem a estrutura do telhado e dos resíduos que nele se depositam. A água da chuva é carregada com sedimentos, folhas e detritos, o que pode alterar seus aspectos qualitativos. Por isso, a estrutura de um SAAP apresenta a etapa de separação desses materiais grosseiros que são transportados nos primeiros minutos de chuva.

Em regiões densamente urbanizadas e industrializadas apresentam compostos poluentes na atmosfera, como os óxidos de enxofre e nitrogênio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos, material particulado e outros, oriundos de lançamentos de chaminés e de automóveis (MATOS, 2014).

A chuva se destaca no que diz respeito à dispersão dos poluentes, posto que ao lavar a atmosfera, sedimenta o material particulado e auxilia na dissolução dos gases. Segundo Anecchini (2005) a precipitação também atua como agente agregador, capturando os particulados, que agem como núcleos de condensação ou são englobados pelas gotas de nuvens, que ao se colidirem aumentarão, formando gotas sempre maiores, que acabarão por precipitar-se. Nesse momento, tem início o processo de remoção dos poluentes por carreamento, um eficiente agente de limpeza da atmosfera também denominado deposição úmida (DANNI-OLIVEIRA e BAKONYI, 2003).

Além da qualidade do ar interferir diretamente na qualidade da água da chuva, as próprias superfícies de captação e coleta das águas pluviais também podem alterar as características naturais do volume armazenado. Durante os

períodos de estiagem, ocorre a deposição seca dos compostos presentes na atmosfera. Esse fenômeno consiste na sedimentação gravitacional e na interceptação do material particulado ou absorção de gases por superfícies (FORNARO e GUTZ, 2003). Portanto, a qualidade da água da chuva, na maioria das vezes, piora ao passar pela superfície de captação, a qual pode estar contaminada por fezes de pássaros e de pequenos animais, ou por óleo combustível, no caso de superfícies de captação no solo.

O tipo de material que recobre a superfície também pode interferir na qualidade da água da chuva. O ideal é que este revestimento não retenha muita sujeira, não promova o crescimento de bactérias e parasitas e não se decomponha com a chuva. Segundo Thomas *et al.* (2001), com relação ao aspecto bacteriológico deve-se ter preferência pelos telhados metálicos, seguidos pelos de plástico e por último pelos cerâmicos. Além disso, telhados de fibras naturais, como palha e bambu, devem ser evitados, pois costumam apresentar uma coloração amarelada à água da chuva (SOARES, 2004 apud Anecchini, 2005).

Segundo Budel (2014) a qualidade do escoamento de telhados com vegetação pode vir a ser dependente do tipo de telhado, tipo de área circundante (industrial, residencial ou comercial) e também das fontes de poluição do local.

Para Ariyananda (2005) a qualidade do volume armazenado apresenta baixo potencial de poluição e as características da água da chuva variam de acordo com a região.

Portanto, principalmente em áreas urbanas, deve-se direcionar o uso da água da chuva para fins não potáveis, como rega de jardins, descarga de sanitários, lavagem de pisos e roupas, podendo inclusive ser aproveitada em processos industriais.

Oliveira (2020) obteve resultados em sua pesquisa que garantiram a eficácia do tratamento realizado com a utilização do filtro de sólidos grosseiros e o descarte do volume inicial da chuva pelo *first flush*, atendendo aos requisitos físico-químicos (Turbidez e pH) da NBR 15527/2019 (ABNT, 2019) que define os parâmetros de qualidade da água da chuva para usos não potáveis.

Na mesma pesquisa os resultados encontrados dos parâmetros físico-químicos também atenderam os limites estabelecidos pela Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde após o tratamento, com exceção do parâmetro cor aparente.

Caso a água da chuva seja aproveitada para fins potáveis, recomenda-se utilizar processos de desinfecção por cloro ou radiação ultravioleta. Segundo Ariyananda (2005), em regiões onde a pobreza castiga a população, inclusive pela falta de água, o uso potável da água da chuva deve ser encorajado.

Para que se possa aproveitar todo o benefício da coleta e utilização da água da chuva de forma segura, é preciso estabelecer os padrões de qualidade devendo este ser de acordo com os usos destinados. A legislação federal brasileira estabelece padrões de qualidade para a água tratada destinada ao consumo humano, pela Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde. A NBR 15527/2019 também estabelece parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.

Segundo Mosley (2005), os contaminantes oriundos de diferentes fontes podem alterar as propriedades físico-químicas da água da chuva armazenada e provocar risco de contaminação (Tabela 2).

Tabela 2 - Tipos de contaminantes presentes em água de chuva.

Contaminantes	Fonte	Risco de contaminação no reservatório de retenção
Poeiras e cinzas	Sujeira do meio e da vegetação	Moderado: pode ser minimizado pela limpeza regular da calha e telhado e uso de dispositivo de escoamento adequado
Bactérias	Fezes de pássaros e outros animais	Moderado: Pode ser minimizado com o uso de escoamento do telhado e manutenção no reservatório de retenção.
Metais pesados	Poeiras, particularmente em áreas urbanas e industrializadas, materiais do próprio telhado.	Baixo: Ocorre apenas em situações em que o vento leve resíduos industriais, como metais fundidos e/ou com chuvas muito ácidas, essas situações ocorrem geralmente em locais vulcânicos.
Outros componentes inorgânicos	Descargas industriais no ar, sal ou outros minerais provenientes do mar, uso inadequados de reservatórios e materiais de telhados.	Baixo: apenas em regiões muito próximas do mar ou grandes ventais de atividades industriais.
Larva de mosquito	Ovos de mosquito em calhas ou reservatórios.	Moderado: se os reservatórios forem devidamente fechados o risco pode ser minimizado.

Fonte: Adaptado de Mosley (2005)

Silva (2019) avaliou a qualidade físico-química das águas de chuva captadas e armazenadas no Instituto Fernando Rodrigues da Silveira (CAp-UERJ), localizado na cidade do Rio de Janeiro – RJ e em seus resultados apresentou que os metais não atendem os requisitos de potabilidade da água de acordo com os limites estabelecidos pela Portaria nº5/2017 do Ministério da Saúde.

1.5.1 Parâmetros de qualidade da água

Segundo Tomaz (2005), a localização geográfica dos pontos de amostragem, proximidade de oceanos, e de áreas urbanas ou rurais influenciam na composição da água. Para Meera e Ahammed (2006) a contaminação da água pluvial pode ocorrer em quaisquer partes constituintes do sistema de aproveitamento.

Tais estudos reforçam a necessidade de se realizar análises dos parâmetros de qualidade da água, seguindo os padrões estabelecidos pelas legislações vigentes, garantindo segurança no consumo da água de sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Os parâmetros físico-químicos determinam as características da água, garantindo que ela seja consumida de forma segura e confiável (RICHTER e NETO, 2013).

A Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde estabelece padrões de potabilidade da água para consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água. Seu Anexo XX apresenta os padrões por parâmetros de qualidade de água, dentre os quais apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos do Anexo XX da Portaria nº5/2017

Parâmetro	Portaria nº5/2017
pH	6,0 – 9,5
Cor aparente	15 uH
Turbidez	5 uT
Dureza total	500 mg/L
Cloreto	250 mg/L
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL

Fonte: Adaptado de MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017

Outra referência utilizada é a NBR 15527/2019 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis. Esta norma abrange os usos: sistemas de resfriamento a água, descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos, lavagem de pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental e irrigação para fins paisagísticos. Os parâmetros mínimos de qualidade definidos pela NBR 15527/2019 são observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros mínimos de qualidade para fins não potáveis da NBR 15527/2019.

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia coli</i>	> 200 NMP/100 mL
Turbidez	> 5 uT
pH	6,0 – 9,0

Fonte: ABNT NBR 15527/2019.

Os resultados de análises físico-químicas e microbiológicas em amostras de água da chuva apresentaram respostas comprovando a poluição, devido a fatores como poluição atmosférica, tipo de superfície da área de captação e fezes de animais (GWENZI, 2015; ZDEB, 2016).

Alguns parâmetros são analisados com mais frequência devido a sua importância nas características da água. O pH é uma medida da concentração de íons hidrogênio que pode afetar os usos específicos da água. A maioria das águas naturais tem um pH entre 6 e 8, sendo que o pH igual a 7 indica uma condição de neutralidade, já o pH menor que 7 indica condições ácidas, enquanto o pH maior que 7 indica condições básicas (OLIVEIRA, 2016).

A cor aparente também faz parte dos parâmetros principais analisados. Para Oliveira (2016), cor aparente é aquela relacionada com a turbidez, que considera a existência de uma parcela de sólidos em suspensão, levando em consideração apenas as partículas que estão dissolvidas, com diâmetro inferior a 1 µm. O contato da água com a área de captação, através da lavagem do telhado, contribuiu diretamente para redução da qualidade da água no que se refere à este parâmetro.

Outro parâmetro fundamental é a turbidez, que por sua vez é uma propriedade ótica da água e representa a atenuação da luz ao atravessar uma determinada amostra de água (CETESB, 2012). Logo, pode-se dizer que a turbidez

ocorre a partir da interferência na passagem da luz através da água, causada por partículas insolúveis de solo, matéria orgânica, microorganismos e outros materiais.

A capacidade da água de conduzir corrente elétrica é definida pela condutividade elétrica. A partir da condutividade elétrica é observada a pureza da água, pois representa uma medida direta de substâncias ionizáveis, quanto maior a resistência da água em relação a passagem da corrente elétrica, maior a sua pureza (MARTINS, 2008).

Segundo Von Sperling (1995), a alcalinidade é determinada devido à presença de carbonatos de bicarbonatos. A água da chuva, com pH mais reduzido, pode entrar na cisterna agredindo as superfícies das paredes de cimento, alterando sua constituição e conseqüentemente a qualidade da água.

A dureza é uma propriedade caracterizada pela presença de sais alcalino-terrosos (cálcio, magnésio, e outros) e, em menor intensidade, de alguns metais (MORAES, 2008). Também pode ser definida como a medida da sua capacidade de precipitar sabão, ou seja, nas águas que a possuem os sabões transformam-se em complexos insolúveis, não formando espuma até que o processo se esgote. Com isso, é muito mais frequente encontrar dureza elevada em águas subterrâneas do que nas águas superficiais (CETESB, 2012).

O ânion cloreto (Cl⁻) tem origem natural ou antrópica, sendo a dissolução de minerais e a intrusão de águas salinas, principalmente em regiões costeiras, as principais fontes (VON SPERLING, 2005). As principais fontes de origem antrópica são os despejos domésticos e industriais, além do retorno de águas utilizadas na irrigação.

A água potável não deve conter microorganismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal. Como indicadores de contaminação fecal, são eleitas como bactérias de referência do grupo coliformes (FUNASA, 2013). O principal representante desse grupo de bactérias chama-se *Escherichia coli*, que são indicadores da presença de microorganismos patogênicos na água. Os coliformes fecais existem em grande quantidade nas fezes humanas e, encontrados nas águas, significa que a mesma recebeu esgoto doméstico, podendo conter microorganismos causadores de doença.

Este grupo de bactérias também possuem características como capacidade de fermentação da lactose em presença de agentes tensoativos, nas temperaturas

de 35°C (coliformes totais) ou 44 à 45°C (coliformes fecais ou termotolerantes), com formação de ácido, gás e aldeído (WHO 2004).

Segundo Porto (2011) a presença de coliformes totais ressalta a importância desse grupo de bactérias como indicador de precárias condições higiênico-sanitárias. A ocorrência desse grupo microbiano em águas dá subsídios à discussão sobre falhas no sistema de tratamento ou distribuição de água, uma vez que esses microrganismos podem ser encontrados em diversos ambientes naturais, mas não na água potável (MICHELINA,2006).

1.6 Legislação

A legislação brasileira possui leis e regulamentos que incentivam ou exigem o uso de águas pluviais para projetos em construção civil, comércio, indústrias e outros estabelecimentos, de acordo com sua área impermeabilizada.

A lei nº 9.433 criada em 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos com a finalidade de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos: utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997).

O projeto de lei nº 7.818/2014 estabelece a Política Nacional de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e define normas gerais para sua promoção (BRASIL, 2014). O primeiro dos três objetivos já existentes da Política é assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. A Lei das Águas também visa à utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável. A Política busca, ainda, prevenir eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A Lei nº 13.501/2017 acrescenta um objetivo à Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97), onde o novo texto passa a ter o seguinte objetivo:

“incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais”.

Alguns países como Austrália, Alemanha, Estados Unidos e Índia, existem manuais e guias de orientação para a utilização da água da chuva de forma segura, que descrevem desde a implantação e escolha do material até as atividades de conservação da qualidade da água e manutenção dos reservatórios. São exemplos desses manuais o “*Texas guide to rainwater harvesting*” (Guia para Captação de Água de Chuva do TEXAS)(1997) e o “*Water Safety*” (Segurança Hídrica)(2005) da Austrália.

Em Curitiba, a Lei Nº 10.785/03 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, com o objetivo de conservar e fazer uso racional da água, utilizar fontes alternativas para captação de água e conscientizar os usuários.

As ações de utilização de fontes alternativas compreendem a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas e a captação e armazenamento e utilização de águas servidas. A legislação orienta que as fontes alternativas de água devem ser aproveitadas em atividades que não requeiram o uso de água tratada, como rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos, lavagem de vidros, calçadas e pisos.

A cidade de Niterói-RJ, por exemplo, criou em 2008 a Lei nº 2626, que previa obrigatoriedade, na construção ou reforma de prédios públicos ou privados no Município de Niterói, a realização de projeto e execução de sistema de retardamento do escoamento de águas pluviais para a rede de drenagem e seu aproveitamento para uso não potável.

Especificamente no estado do Rio de Janeiro, foi criada a Lei nº 7.463/2016, que regulamenta os procedimentos para armazenamento de águas pluviais (os reservatórios devem ser de acumulação, para uso de fins não potáveis e será necessário contar com pelo menos um ponto de água destinado a esta finalidade) e águas cinzas para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública e dá outras providências. Também no Rio de Janeiro houve a criação da Lei nº 6042/2015, na qual foi vedado aos munícipes utilizar água potável para lavagem de calçadas, exceto quando a mesma for realizada com água de reuso ou de aproveitamento de água de chuva.

A norma brasileira NBR 15527/2019 caracteriza o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em áreas urbanas como, por exemplo, para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais (ABNT, 2019). Em 2019 a mesma sofreu revisão e adquiriu novas orientações, deixando por exemplo, a critério do projetista a definição das condições técnicas, ambientais e econômicas.

Também em 2019 foram publicadas as novas normas ABNT NBR 16782 - Conservação de água em edificações e ABNT NBR 16783 - Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. A primeira especifica requisitos e estabelece procedimentos e diretrizes para a conservação de água em edifícios, novos e existentes, na combinação de ações para a gestão da demanda e para a gestão da oferta, conforme viabilidade técnica e econômica caso a caso. A segunda estabelece procedimentos e requisitos para caracterização, dimensionamento, uso, operação e manutenção de sistemas de fontes alternativas de água não potável em edificações.

Tabela 5 – Legislações estaduais e municipais sobre uso racional/captação de água pluvial

Cidade	Estado	Legislação	Ano	Definições
Curitiba	PR	Lei Municipal nº 10785	2003	Cria no município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações - PURA
Rio de Janeiro	RJ	Decreto Municipal nº 23.940	2004	Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.
São Paulo	SP	Lei Municipal nº 14.018	2005	Institui o programa municipal de conservação e uso racional da água em edificações e dá outras providências.
Distrito Federal	DF	Lei Municipal nº 3.677	2005	Dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de reservatórios de captação de água para unidades habitacionais do Distrito Federal e dá outras providências.
Rio de Janeiro	RJ	Lei Municipal nº 3.899	2005	Estabelece nova destinação para as águas de chuva e servidas dos edifícios residenciais e dá outras providências.
Blumenau	SC	Lei Municipal	2006	Institui o "Programa de Conservação e Uso

		nº 691		racional de Água" no município de Blumenau.
Joinville	SC	Lei Municipal nº 220	2007	Dispõe sobre o reaproveitamento das águas pluviais nos casos que especifica e dá outras providências.
Niterói	RJ	Lei Municipal nº 2.626	2008	Dispõe sobre a instalação de sistemas de aquecimento solar de águas e do aproveitamento de águas pluviais na construção pública e privada no município de niterói e cria a comissão municipal de sustentabilidade urbana.
Vitória	ES	Lei Municipal nº 7.073	2008	Caberá ao proprietário do imóvel promover medidas que visem a sustentabilidade dos recursos hídricos, sob a orientação e incentivo do Poder Público Municipal.
Chapecó	SC	Lei Municipal nº 324	2008	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de reservatórios e valas de infiltração para aproveitamento da água da chuva em edificações e dá outras providências.
Porto Alegre	RS	Decreto Municipal nº 16.035	2009	Regulamenta a Lei nº 10.506/2008, que institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas.
Manaus	AM	Lei Municipal nº 1.192	2009	Cria, no município de Manaus, o Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas Edificações - Pro-Águas.
Goiânia	GO	Lei Municipal nº 17.128	2010	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos, e de equipamento para reaproveitamento de água das chuvas.
Paraíba	PB	Lei Estadual nº 9.130	2010	Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações Públicas da Paraíba, conforme especifica e adota outras providências.
Rio de Janeiro	RJ	Lei Municipal nº 5.279	2011	Cria no Município do Rio de Janeiro o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.
Maringá	PR	Lei Municipal nº 910	2011	Dispõe sobre o projeto, a execução e as características das edificações no município de Maringá e dá outras providências.
Rio Branco	AC	Lei Estadual nº 2.540	2012	Determina a inserção de sistema de captação e armazenamento de água da chuva nos projetos arquitetônicos das unidades escolares estaduais.
Camburiú	SC	Lei Municipal nº 2.544	2013	"Institui o programa de incentivo e desconto, denominado "IPTU verde" no âmbito do município de Camboriú e dá outras providências".
Salvador	BA	Lei Municipal nº 8.474	2013	Altera dispositivos da lei nº 7.186/2006, relativos ao pagamento, à isenção do imposto sobre a

				propriedade predial e territorial urbana - IPTU, concede incentivos fiscais, e dá outras providências.
Londrina	PR	Lei Municipal nº 11.381	2013	Institui o código de obras e edificações do município de Londrina.
João Pessoa	PB	Lei Municipal nº 12.515	2013	Institui a "Política Municipal de Apoio a Agricultura Urbana", e dá outras providências.
Florianópolis	SC	Lei Municipal nº 482	2014	Institui o plano diretor de urbanismo do município de Florianópolis que dispõe sobre a política de desenvolvimento urbano, o plano de uso e ocupação, os instrumentos urbanísticos e o sistema de gestão
Florianópolis	SC	Decreto Municipal nº 12.608	2014	Dispõem sobre as hipóteses de isenção do imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana - IPTU e sobre o desconto para edificações de uso sustentável.
Campo Grande	MS	Lei Estadual nº 4.699	2015	Institui a Campanha de Conscientização da Utilização da Água no âmbito do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande.
Recife	PE	Lei Estadual nº 15.630	2015	Torna obrigatória a instalação de sistema de captação de água de chuva para tratamento e reutilização da água empregada na lavagem de veículos pelos estabelecimentos comerciais que prestem este serviço e dá outras providências.
Macapá	AP	Lei Estadual nº 1.997	2016	Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de práticas e métodos sustentáveis na construção civil do Estado do Amapá e dá outras providências.
Macapá	AP	Lei Estadual nº 2.003	2016	Dispõe sobre o Poder Executivo, através do órgão responsável, inserir nos projetos arquitetônicos dos órgãos do Estado do Amapá a instalação de sistema de coleta para captação da água de chuva.
Rio de Janeiro	RJ	Lei Estadual nº 7.463	2016	Regulamenta os procedimentos para armazenamento de águas pluviais e águas cinzas para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública e dá outras providências.
Salvador	BA	Lei Estadual nº 13.581	2016	Dispõe sobre a instalação de um sistema de reaproveitamento da água da chuva nas unidades habitacionais construídas pelo Governo do Estado da Bahia, na forma que indica.
Fortaleza	CE	Lei Estadual nº 16.033	2016	Dispõe sobre a política de reuso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará.
Curitiba	PR	Lei Estadual nº 18.730	2016	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de cisternas em todos os estabelecimentos que especifica.
Teresina	PI	Lei Estadual nº 6.888	2016	Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de práticas e métodos sustentáveis na construção civil

				e dá outras providências.
Vitória	ES	Lei Estadual nº 10.624	2017	Obriga a instalação de sistema e de equipamentos para captação, tratamento e armazenamento de água da chuva em postos de serviços e abastecimento de veículos e assemelhados no Estado, e dá outras providências.
Palmas	TO	Lei Estadual nº 3.261	2017	Estabelece a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e define normas gerais para sua promoção.
Cuiabá	MT	Lei Estadual nº 10.799	2019	Dispõe sobre a instalação de sistemas de conservação e uso racional da água nos edifícios públicos do Estado de Mato Grosso.

Fonte: Teston et al., 2018, adaptado.

1.7 Captação de água de chuva em instituições de ensino

As escolas são estruturas potenciais para a implantação de sistemas prediais de aproveitamento das águas pluviais, uma vez que possuem grandes áreas de captação.

Segundo Tomaz (2001), o consumo médio de água para escolas e universidades varia de 10 a 50 litros/dia por aluno, e 210 litros/dia por empregado, sendo que este consumo é distribuído em diversos usos, variando conforme a tipologia da edificação. Com relação ao consumo de água nas áreas externas, como pisos e jardins, pode-se admitir um consumo de 3 L/m²/dia nos jardins, e para a lavagem dos pisos 4 L/m²/dia. Quanto à frequência desses consumos, são estimadas que essas atividades externas ocorram só oito dias por mês (PHILIPPI et al., 2006).

Para Pedroso (2008) existe uma grande variação de valores no indicador de consumo nas escolas devido a diferença nos regimes educacionais, hábitos diferenciados dos usuários, existência de vazamentos etc.

Reckziegel *et al* (2010) entendem que em instituições de ensino com instalação dessas estruturas, os alunos poderão acompanhar e avaliar na prática a gravidade da crise hídrica e formar opiniões expressando sua aceitabilidade na utilização do sistema de captação de água de chuva como alternativa de combate à escassez de água nas escolas, e conseqüentemente levar seus conhecimentos para a vida.

De acordo com Fasola *et al* (2011), o consumo de água em escolas pode variar bastante em função dos tipos de equipamentos sanitários e das dependências existentes no local. No entanto, para a implantação desses sistemas, são necessários estudos de viabilidade técnica e econômica, que verifiquem o potencial de economia de água potável e determinem a relação entre custo e benefício (SCHERER, 2003), pois a instalação completa do sistema, com um bom padrão de qualidade, ainda está associada a um elevado investimento.

A prática de captação e aproveitamento de água de chuva em instituições de ensino já ocorre em muitos países do mundo. O projeto “*Blue Schools*”, promovido pela organização suíça *International Rainwater Harvesting Alliance* (IRHA) – Aliança Internacional para coleta de Água de Chuva tem como objetivos contribuir para a melhoria do acesso à água potável e das condições de higiene nas escolas localizadas em locais com falta de abastecimento de água, além de promover a educação ambiental e conscientizar as crianças e a comunidade sobre a relação entre água e preservação do meio ambiente.

Desde 2005, o IRHA desenvolveu e implementou a infraestrutura da *Blue School* em 64 escolas, em 14 países, onde conseguiram promover o acesso a água em lugares com déficit de abastecimento hídrico, além da conscientização ambiental sobre o uso da água e reflorestamento em algumas regiões.

Esta iniciativa está alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente os objetivos 6, 11, 13 e 17, respectivamente, como: – Água potável e saneamento; Cidades e comunidades sustentáveis; Ação contra a mudança global do clima; e Parcerias e meios de implementação.

A coleta de água da chuva tem se tornado uma ferramenta eficaz para a adaptação às mudanças climáticas, ao mesmo tempo em que fornece um abastecimento de água com qualidade para as comunidades mais vulneráveis, o que inclui as instituições de ensino em determinadas localidades.

A tabela 6 estabelece uma relação entre determinadas atividades e o consumo de água, a partir do cálculo mensal estimado.

Tabela 6 - Média de consumo de água por estabelecimento

Tipologia de Edifício	Coefficientes de uso (Consumos médios diários de água)
Aeroportos	10 a 12 litros/ passageiros

Bares	40 litros/m ²
Cinemas	2 litros/ assento
Creches	50 a 80 litros/ criança
Edifício de escritórios	50 a 80 litros/ empregado ou 4 a 10 litros/m ²
Escolas (um turno)	10 a 30 litros/aluno
Escolas (externato)	50 litros/ aluno
Hospitais	250 litros/ leito
Hotéis	250 a 350 litros/ hóspedes
Indústrias (para fins higiênicos)	50 a 70 litros/ operários
Lojas e Estabelecimentos comerciais	6 a 10 litros/ m ²
Lava rápido automático de carros	250 litros/ veículo
Lavanderias	1 a 2 litros/kg de roupa
Parques e áreas verdes	2 litros/ m ²
Residências	200 litros/ pessoa
Restaurantes	20 a 30 litros/ refeição preparada
Shopping Centers	4 litros/ m ²
Teatros	7 litros/ m ²
	ou 5 a 10 litros/ assento

Fonte: Adaptado de NUNES (2006) e TOMAZ (2001).

1.8 Tecnologias de captação de água de chuva

A captação de águas pluviais ocorre desde a antiguidade. No entanto, com o passar do tempo as tecnologias avançaram e hoje se encontram disponíveis mecanismos que permitem otimizar e dar mais qualidade ao processo, como novas estruturas de adaptação por meio de filtros para retenção de sólidos grosseiros até aparelhos de purificação da água a partir da emissão de raios solares e sistemas de 2 etapas: filtração e desinfecção.

Criado pela *Safe Drinking Water for All* (SDW), uma startup socioambiental, o Projeto AquaLuz, por exemplo, consiste no tratamento e desinfecção de água de cisternas abastecidas por água pluvial em regiões remotas e quentes, com uso de raios solares. Premiado pela ONU em 2019, o equipamento (Figura 13) não precisa de substâncias químicas, filtros sofisticados e intervenções na cisterna. Sua montagem pode ser feita em até 10 minutos e uso diário por 20 anos, a manutenção é feita com água e sabão e seu custo é muito baixo se comparado a outras tecnologias.

Figura 14 - Dispositivo AquaLuz



Fonte: <https://sdwforall.com/tecnologias/aqualuz>

Outra tecnologia criada pelos mesmos idealizadores do AquaLuz é o AquaPluvi (Figura 15). Um dispositivo híbrido para coleta de água de chuva ou uso na rede de abastecimento de água a ser implantado em telhados pré-existentes (como pontos de ônibus, mercados e hospitais). O objetivo desta tecnologia é facilitar a higienização das mãos para pessoas em trânsito e população de rua.

Figura 15 - Dispositivo AquaPluvi



Fonte: <https://sdwforall.com/tecnologias/aquaplui>

Outro dispositivo considerado em sistemas de aproveitamento de águas pluviais é a ETA Chuva da TECNIPAR (Figura 16). Um sistema compacto para tratamento de águas pluviais com 2 etapas: filtração e desinfecção, capaz de tratar até 1.500 L/h, com um filtro cartucho do tipo polipropileno (PP) e uma bomba

dosadora automática de cloro. Possui também sensores que permitem acompanhar, em tempo real, via aplicativo ou painel, as trocas de cloro ou do filtro.

Figura 16 - ETA Chuva - TECNIPAR



Fonte: <https://www.tratamentodeagua.com.br/produto/eta-chuva/>

É possível encontrar fabricantes de tecnologias para aproveitamento de água de chuva em muitos países do mundo, como pode ser observado na Tabela 7. Essas tecnologias permitem a instalação de SAAP personalizados, com estruturas capazes de se adequar ao local desejado, atendendo as necessidades específicas da área.

Tabela 7 - Fabricantes de tecnologia para SAAP

Fabricantes	País	Tecnologias	Site
RH2O - Rainwater Harvesting System	Canadá	Sistema com filtragem, sifão de transbordo e filtro de sucção flutuante.	https://www.rh2o.com/rainwater/
Tricel Environmental	Reino Unido	Tanques e componentes específicos para coleta de água de chuva.	https://tricel.co.uk/sewage-treatment/
GutterMate - Rainwater Harvesting System	Reino Unido	Kit com Tanque vertical redondo para água da chuva e bomba.	https://www.rainwatersolutions.co.uk/rainwater-harvesting
Greyter Water Systems	Canadá	Tanques personalizados para uso subterrâneo ou não. Sistema equipado com processo de desinfecção microbológica.	https://greyter.com/
Rainman - Rainwater Harvesting	Irlanda	Sistema com filtragem, sifão de transbordo, filtro de sucção flutuante,	https://rainman.ie/

System		tanque subterrâneo e bomba submersível.	
Rain Rainwater Recycling Co Ltd	China	Tanques modulares de coleta e armazenamento de água de chuva.	http://www.doctorrain.net/Products/Module/
Monsoon Eco - Model 10 - Rainwater Harvesting System	Reino Unido	Tanque com sensores e uma bomba submersível que, a pedido, retira água da parte mais limpa do tanque através de um filtro de sucção flutuante que fornece água da chuva filtrada para o tanque de freio, unidade ou painel de controle pressurizado.	https://www.stormsaver.com/the-leader-in-rainwater-harvesting-systems
GEI Works, Inc.	EUA	Sistemas com tanques personalizados.	https://www.water-storage-tank.com/
Reinhardt GmbH	Alemanha	Sistemas comerciais e domésticos personalizados com tanques e filtragem.	https://www.reinhardt-gmbh.net/de/home.html

Fonte: O autor

O aproveitamento de águas pluviais pode suprir a falta de água de diversas maneiras com auxílio de tecnologias que permitem adequação e atendimento aos usuários finais do sistema.

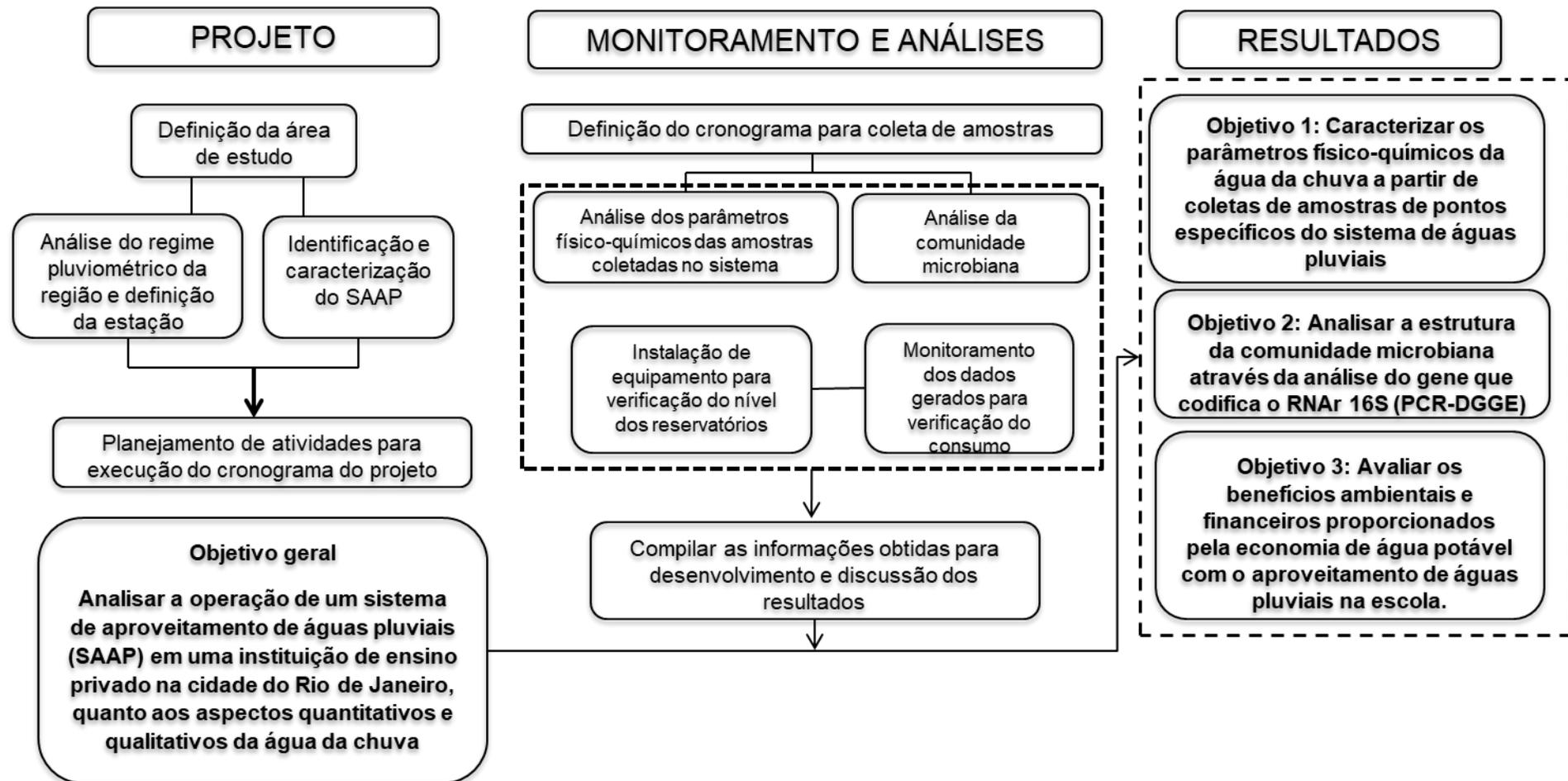
2 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste em avaliar os aspectos quantitativos e qualitativos de um sistema de aproveitamento de águas pluviais instalado em uma instituição de ensino privado, com as etapas descritas, como:

- Seleção da área de estudo para análise de regime pluviométrico e caracterização do sistema de aproveitamento de águas pluviais;
- Análise de demanda de água na instituição;
- Monitoramento e análise de parâmetros de qualidade de água da chuva, sobretudo quanto à análise da estrutura da comunidade microbiana;
- Análise dos custos e economia gerada pelo sistema.

O fluxograma metodológico da Figura 17 ilustra as etapas descritas, em atendimento aos objetivos propostos da pesquisa.

Figura 17 - Fluxograma Metodológico



2.1 Área de estudo

A escolha do local de estudo para desenvolvimento da pesquisa ocorreu durante o desenvolvimento de trabalhos sobre captação e aproveitamento de água de chuva ao longo do curso. Após conhecer uma empresa de instalações de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (Chuva & Cia), foi possível observar a estrutura de alguns dos clientes com sistemas já instalados e em funcionamento.

A partir destas verificações iniciou-se o contato com a direção da escola, onde foi apresentada a proposta de estudo do sistema, de forma que fosse possível montar um cronograma de coleta de amostras na instituição.

Fatores como a logística para acesso ao local, maior volume de armazenamento dos reservatórios e uso direto da água de chuva para fins não potáveis, foram fundamentais para este processo de consolidação da pesquisa, diferenciando das características encontradas em estudos anteriores.

A pesquisa ocorreu em uma escola da rede privada (Escola Pio XII), localizada na Av. Meriti, 265, Vila Kosmos, Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro, nas coordenadas geográficas 22°51'17.89"S e 43°18'28.39"O. (Figura 18)

Com início das atividades em fevereiro de 1954, e composta atualmente por um total de 600 estudantes, a instituição é mantida pela Sociedade Educação e Caridade, personificação civil da Congregação das Irmãs do Imaculado Coração de Maria, com sede em Porto Alegre – RS. A estrutura da instituição do estudo pertence a história do Bairro Vila Kosmos e da Paróquia Nossa Senhora do Carmo, da cidade do Rio de Janeiro – RJ.

A área de estudo tem localização privilegiada, em termos de transportes, com ônibus, BRT e metrô nas proximidades. O bairro Vila Kosmos tem intensificado o movimento no entorno da instituição desde a inauguração em 2011 do Shopping Carioca, ampliando e diversificando seu comércio local.

Figura 18 - Área de estudo da escola Pio XII (ajustar o mapa)

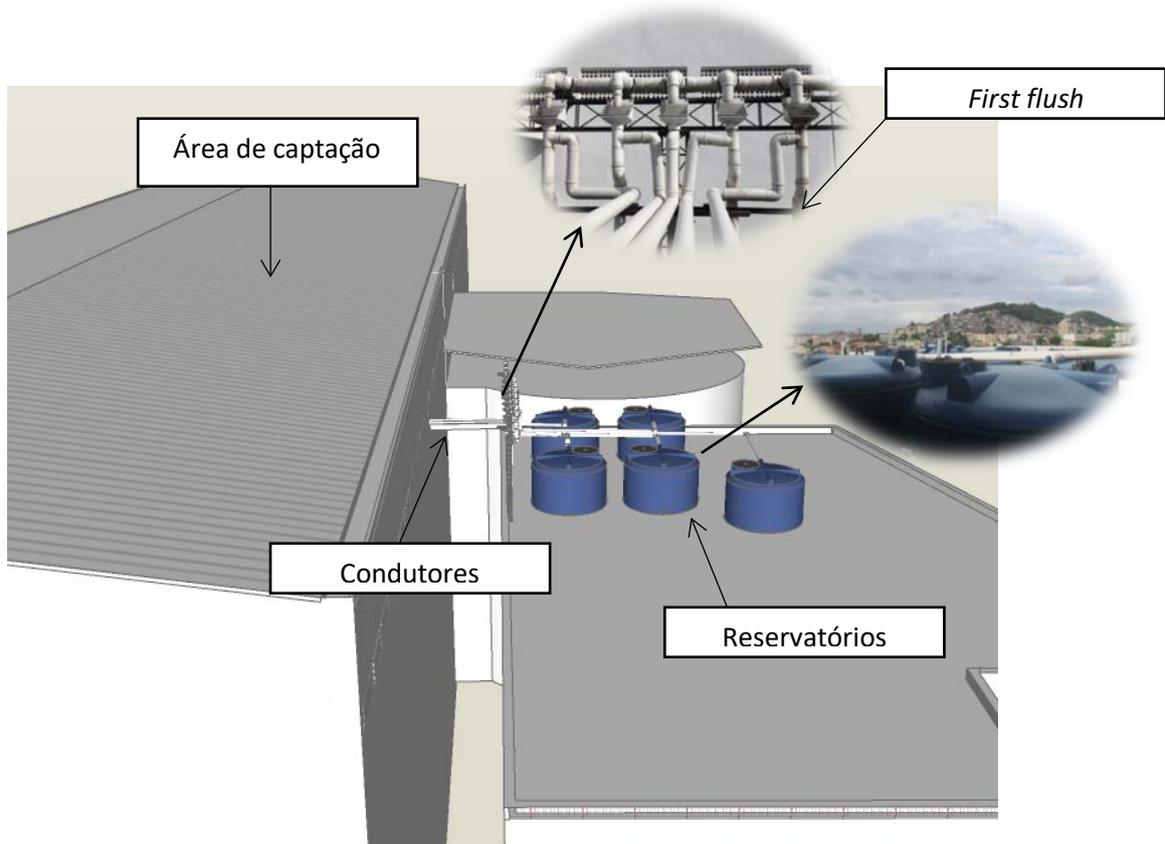


Fonte: O Autor, 2020.

2.2 Caracterização do sistema instalado

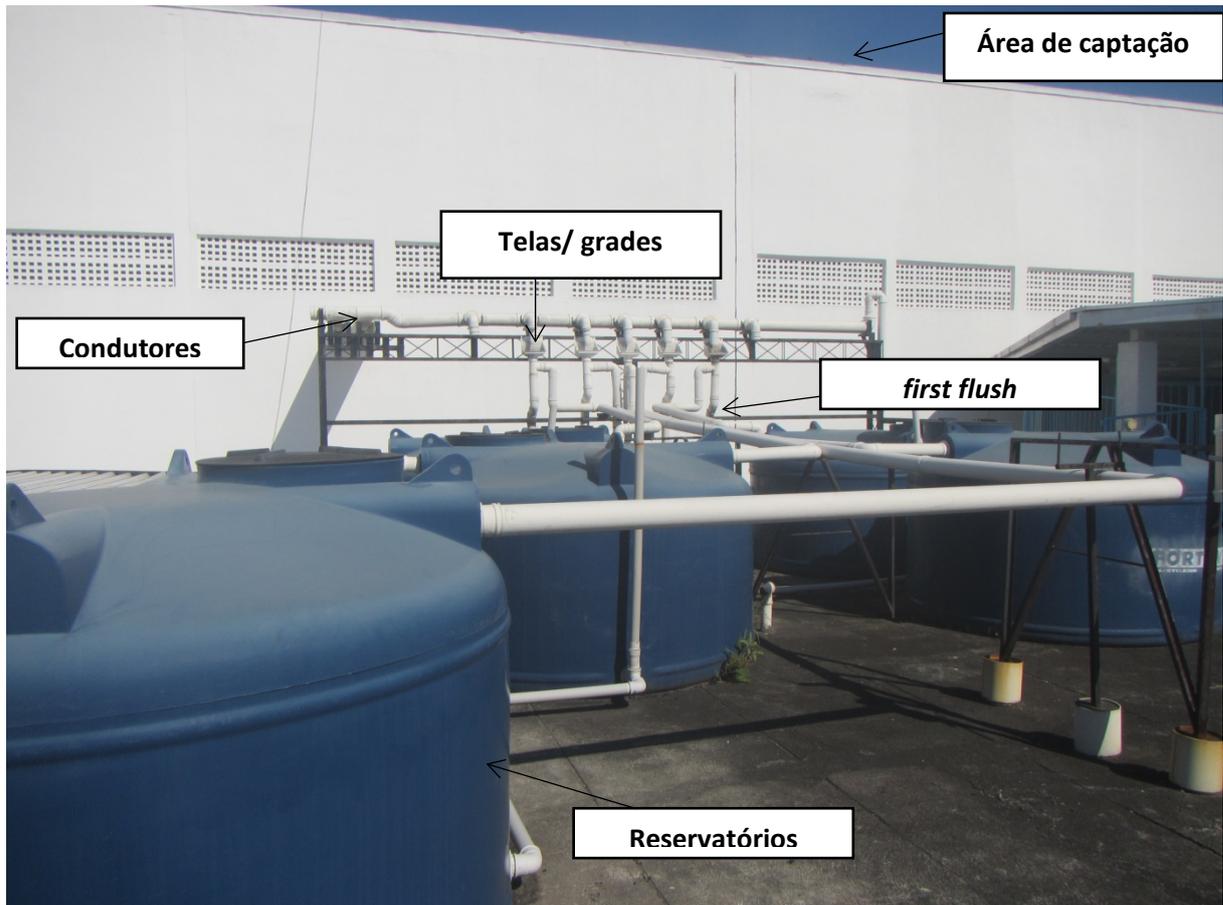
O Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) apresenta área de captação de 1.197 m² e capacidade total de 30.000 litros (Figuras 19 e 20), com operação desde junho de 2011.

Figura 19 – Desenho esquemático do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais da instituição.



Fonte: O Autor, 2020.

Figura 20 - Foto do sistema de captação de águas pluviais da instituição.

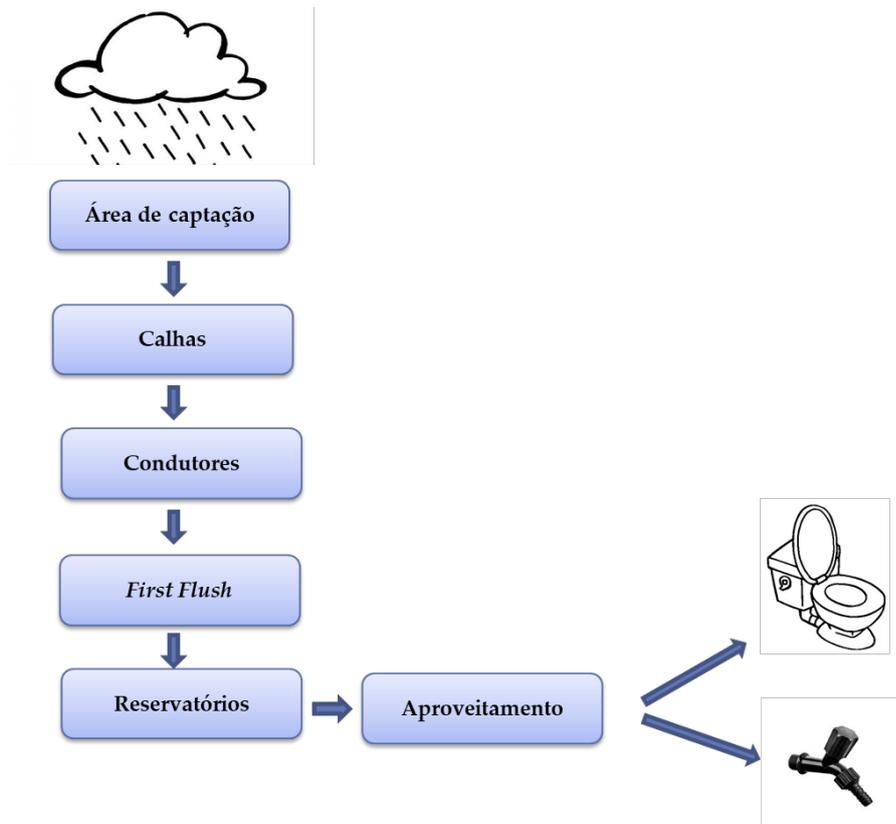


Fonte: O Autor, 2020.

O SAAP da instituição é formado por um conjunto de elementos constituintes que permitem a operação do sistema de forma automática com a distribuição da água aos pontos de consumo como pode ser observado no fluxograma da Figura 21.

Neste caso temos as seguintes etapas: Captação da água de chuva após a precipitação, fluxo pelas calhas e condutores, separação dos primeiros minutos de chuva no dispositivo *first flush* para evitar a passagem da água suja para os reservatórios, abastecimento dos reservatórios e distribuição aos pontos de uso.

Figura 21 - Fluxograma do SAAP da escola



Fonte: O Autor, 2020.

O aproveitamento da água da chuva na instituição de ensino é destinado para uso em: vasos sanitários, mictórios, torneira de limpeza do pátio escolar e irrigação de jardins. Desse modo, o volume de água captado e armazenado no sistema de águas pluviais permite o uso deste recurso para fins não potáveis, com o objetivo de garantir economia de água potável fornecida pela concessionária e também financeira, reduzindo os custos mensais.

Na Tabela 8 podemos verificar a quantidade de hidrossanitários atendidos pelo sistema e sua distribuição pela edificação.

Tabela 8 - Quantidade de hidro sanitários atendidos pelo SAAP

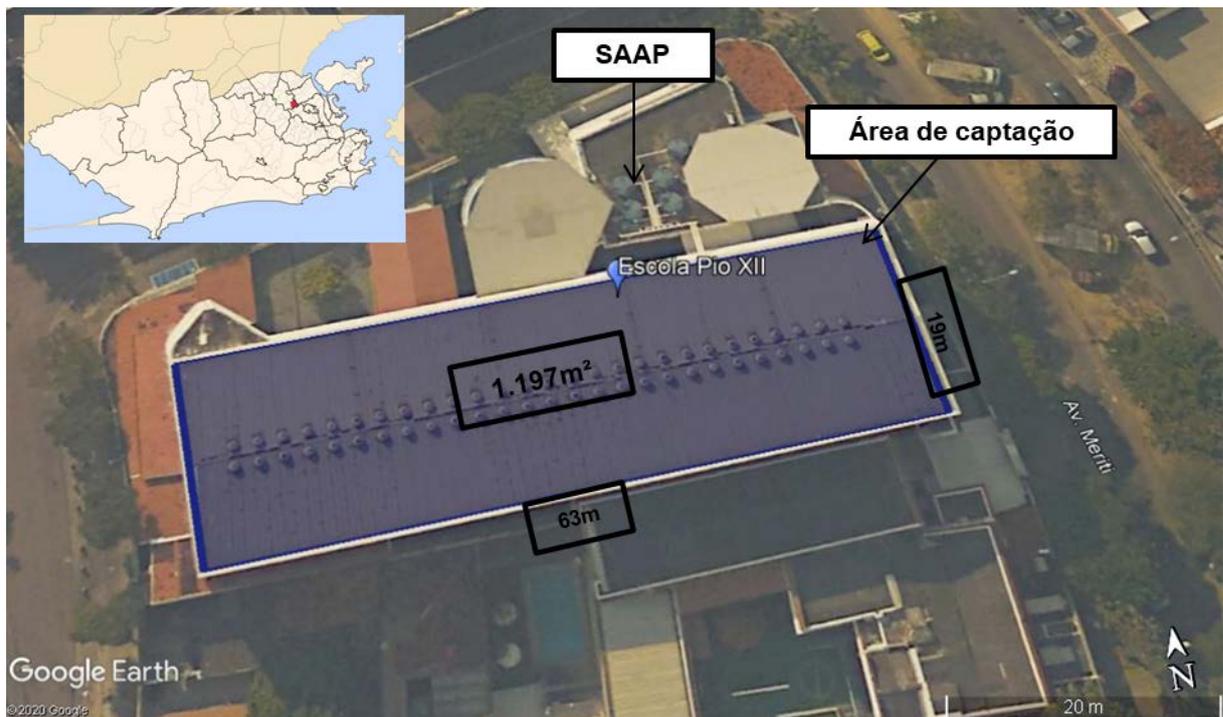
Hidrossanitários	Pavimentos					Total
	1º	2º	3º	4º	Ginásio	
Bacia sanitária	12	23	7	8	4	54
Mictório	2	3	.	2	1	8
Torneiras de limpeza	1	1

Fonte: O Autor, 2020.

2.2.1 Área de captação do SAAP instalado na escola.

A coleta de água pluvial na instituição ocorre pela estrutura total da cobertura do ginásio (Figura 22), que apresenta área de aproximadamente 1.200 m². O telhado da cobertura utilizada é composto por chapas galvanizadas.

Figura 22 - Área de captação da escola Pio XII, Vila Kosmos, Rio de Janeiro - RJ



Fonte: O autor, adaptado de imagens do Google Earth. 2020.

2.2.2 Calhas e condutores

Após a captação da água da chuva na cobertura do telhado do ginásio da escola, a água escoar por meio de calhas e condutores (Figura 23) de PVC, com tubulações de 150 mm nas laterais do ginásio com total aproximado de 130 m de tubos e conexões.

Na área externa as tubulações possuem diâmetro de 100 mm e apresentam aproximadamente 20 metros de materiais utilizados acoplados às conexões e acessórios das instalações hidráulicas prediais.

Figura 23 – Condutores na área interna do ginásio



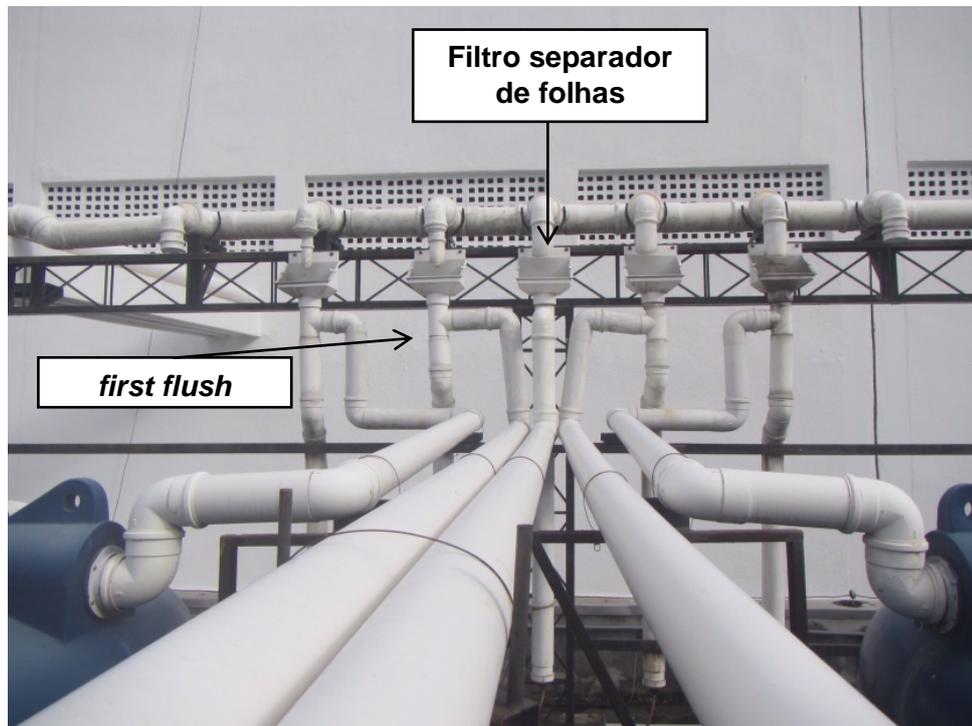
Fonte: O Autor, 2020.

2.2.3 First Flush

Por se tratar de um SAAP com grande área de captação, esta etapa de separação da água de lavagem do telhado é de grande importância devido a maior quantidade de material particulado e grosseiro que pode acumular na superfície da cobertura. Com isso, na instalação foi inserido um sistema de *first flush* (Figura 24) para cada reservatório, de forma que fosse possível reter esta água de qualidade inferior para que não se misturasse com a mais limpa que chega até os reservatórios.

O sistema possui um dispositivo para cada reservatório. As peças são montadas com tubos de 100 milímetros de diâmetro, possuem 1,80 metros de altura e sua capacidade de armazenamento é de 14,1 litros por dispositivo, representando uma capacidade de descarte de 0,08 mm da precipitação captada.

Figura 24 - Filtro separador de folhas, *first flush*, conexões e acessórios como componentes do sistema de coleta das águas pluviais aos reservatórios



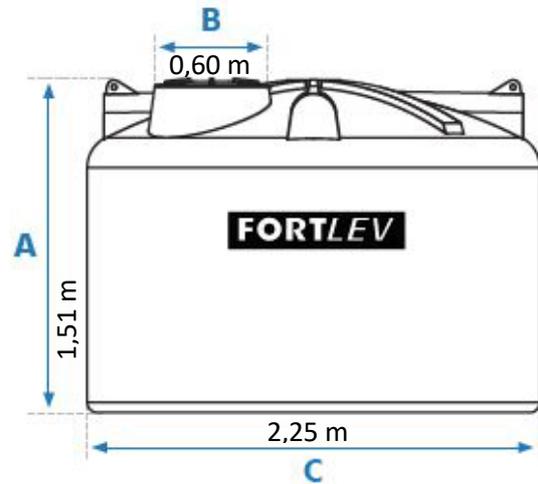
Fonte – O autor. 2020

2.2.4 Reservatórios

Os reservatórios em operação do SAAP possuem uma capacidade total de 30.000 L, divididos em 5 caixas interligadas de 5.000 litros instaladas sobre a laje da cobertura da edificação ao lado do ginásio de esportes e uma caixa de 5.000 litros na área interna que abastece os sanitários do ginásio. As especificações e dimensões dos tanques são observadas na Figura 25.

A água da chuva armazenada nos reservatórios atende diretamente algumas instalações da instituição. Quando o volume é insuficiente nos reservatórios de água de chuva, o funcionário responsável pelo monitoramento e manutenção do sistema aciona o fluxo de água da concessionária para as instalações atendidas, uma vez que a operação do sistema é manual.

Figura 25 – Reservatórios instalados no SAAP da escola Pio XII e dimensões



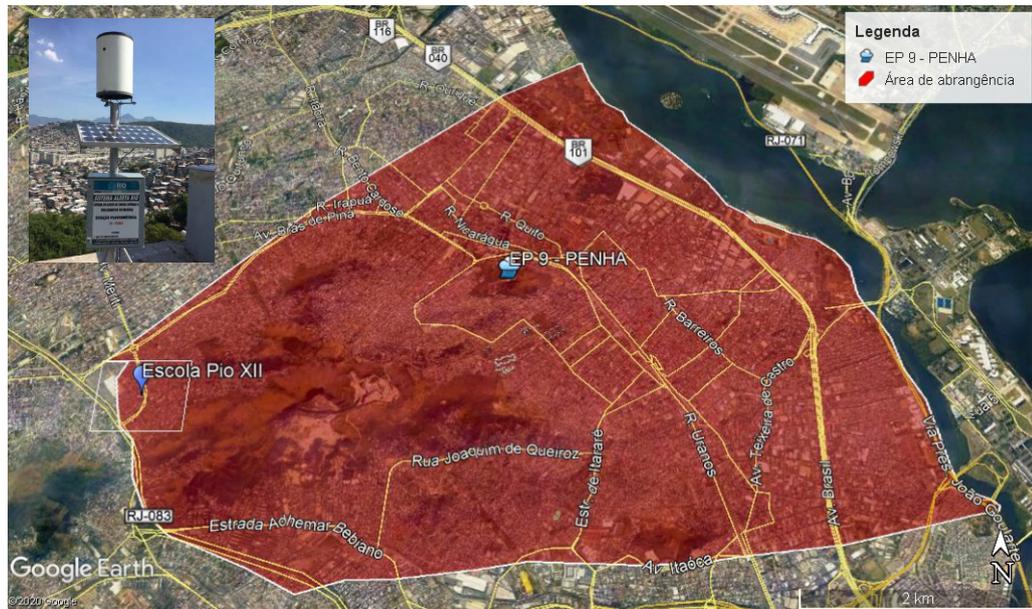
Fonte – O autor. 2020

2.3 Análise do regime pluviométrico da região

As condições pluviométricas da região são analisadas pela Estação Pluviométrica (EP) da Penha, responsável por fornecer os dados de chuva na área de abrangência do estudo (Figura 26). Esta área é definida pelo Sistema Alerta Rio, que disponibiliza a imagem georreferenciada com a delimitação de cada EP (Alerta Rio, 2020).

Distante cerca de 3,5 km da área de estudo da escola Pio XII, a EP da Penha localiza-se junto à Igreja da Penha, Zona Norte da cidade do Rio de Janeiro-RJ, nas coordenadas geográficas latitude $-22,84444^\circ$ e longitude $-43,27528^\circ$, UTM (SAD69 Zona 23). Os dados históricos disponíveis e utilizados neste trabalho compreendem o período de 01 de janeiro de 1997 até dezembro de 2019.

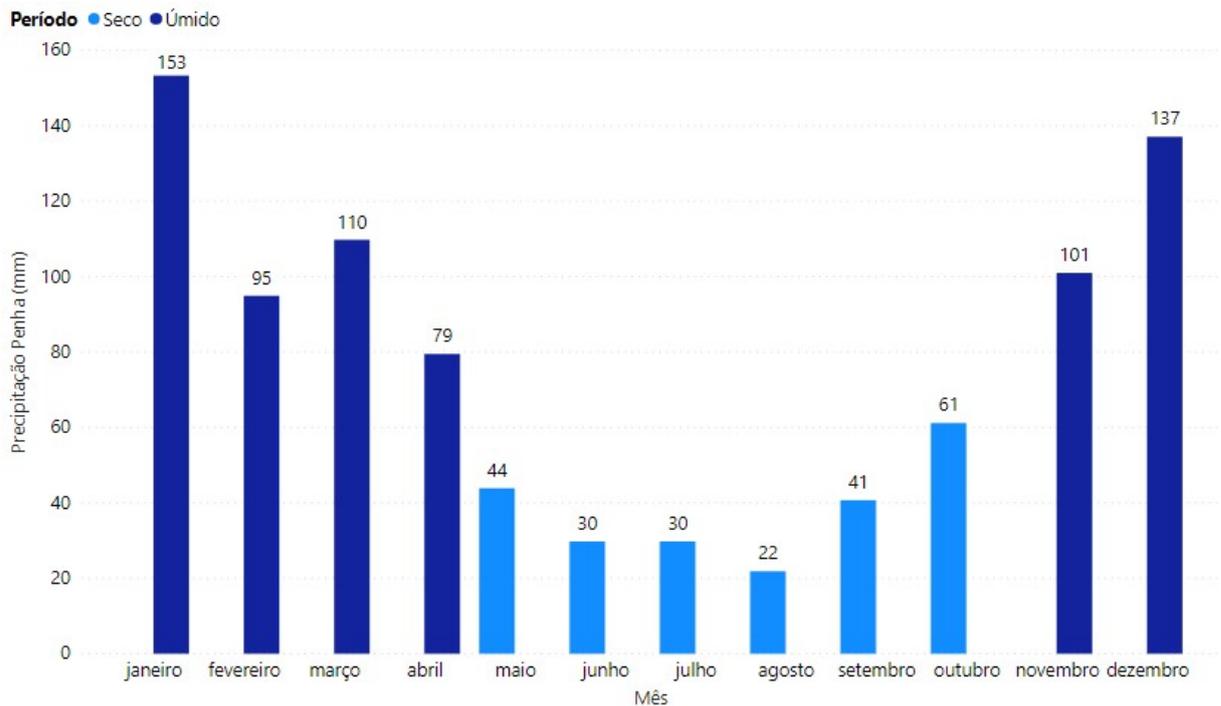
Figura 26 - Área de abrangência da estação pluviométrica da Penha



Fonte – Google Earth, adaptado pelo autor.

A Figura 27 apresenta a média pluviométrica mensal da estação pluviométrica da Penha, com dados observados da série histórica entre 1997 e 2019, de modo a caracterizar o período entre Novembro e Abril como úmido e entre Maio e Outubro como meses secos. Os dados pluviométricos foram obtidos pelo monitoramento do Sistema Alerta Rio, que disponibiliza essas informações gratuitamente em sua página virtual.

Figura 27 - Média Pluviométrica mensal da estação Penha entre 1997 e 2019.



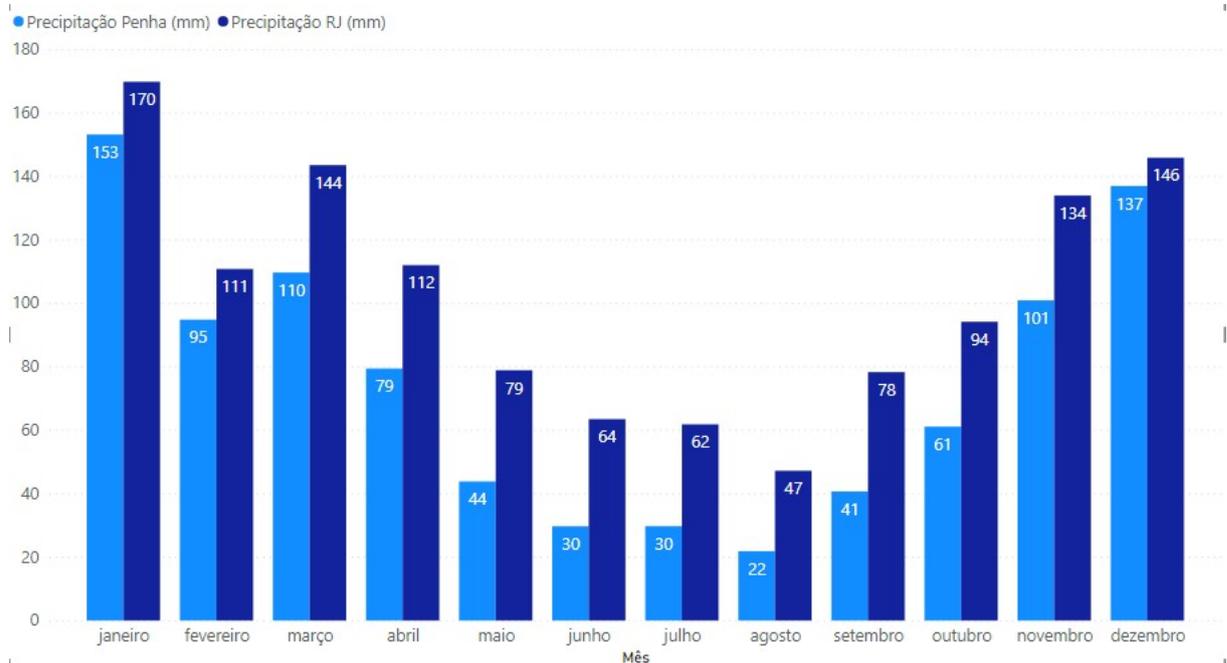
Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Sistema Alerta Rio (2020).

O volume médio mensal de chuva na cidade do Rio de Janeiro e na estação da Penha foi utilizado como forma de avaliação dos valores obtidos e a média pluviométrica da cidade do Rio de Janeiro, a partir da análise mensal da precipitação observada nas estações vizinhas com dados disponíveis pelo Sistema Alerta Rio (2020), da cidade do Rio de Janeiro. Observa-se, que a estação pluviométrica da Penha apresenta precipitação menor do que a média geral da cidade em todos os meses do ano (Figura 28).

No período seco, a diferença do volume de chuvas na Penha é até metade do valor se comparada à média pluviométrica da cidade, como observado entre Junho e Agosto.

Siciliano *et al* (2018) apresentam no trabalho sobre a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no município do Rio de Janeiro que agosto se caracteriza como o mês mais seco do ano, com precipitações médias de 20 mm nas regiões de Irajá, Penha, São Cristóvão e Av. Brasil/Mendanha. Como observado no gráfico anterior, a estação penha apresenta média de 22 mm no mês de agosto na série histórica analisada.

Figura 28 - Média de chuvas na cidade do Rio de Janeiro e na Estação Penha entre 1997 e 2019.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Sistema Alerta Rio (2020).

2.4 Coletas e análises de amostras de qualidade de água de chuva

As coletas de amostras para análise da qualidade da água de chuva iniciaram em março de 2019 e foram concluídas em fevereiro de 2020, totalizando 12 meses de caracterização dos parâmetros físico-químicos e 6 meses de análise da estrutura da comunidade microbiana da água armazenada no sistema de águas pluviais, para uso posterior de forma não potável em determinados aparelhos hidrossanitários existentes na instituição, como vaso sanitário e torneira externa.

Ainda que o sistema de tratamento opere corretamente e forneça água não potável de qualidade compatível com o exigido, outras partes do sistema, caso estejam inadequadas, podem comprometer a qualidade final da água (CBIC, 2019).

Os 4 pontos de coleta definidos (Figura 29) compreendem amostras obtidas da(o): Precipitação Direta (PD), *first flush* (FF), Reservatório (RR) e Torneira de Limpeza (TL).

O dispositivo PD foi confeccionado no LES pelos estudantes do grupo de pesquisa do projeto SAP UERJ e instalado em uma área aberta no terraço da

instituição em estudo. Sua capacidade de armazenamento é de 2,3 litros, possuindo 30 cm de altura e 100 milímetros de diâmetro.

Figura 29 - Pontos de coleta de amostras no SAAP da escola Pio XII

1 - Precipitação Direta (PD)	2 - <i>First Flush</i> (FF)
	
3 – Reservatório (RR)	4 - Torneira de Limpeza (TL)
	

Fonte: O autor, 2019.

Para cada ponto foi necessária a realização de coletas de amostras com aproximadamente 1 litro de água de chuva mensalmente e as análises de qualidade da água foram divididas entre parâmetros físico-químicos e análise da estrutura da comunidade microbiana presente na água da chuva.

2.4.1 Análise dos parâmetros físico-químicos das amostras coletadas de água de chuva

Após a coleta de amostras de água de chuva nos 4 pontos selecionados (PD, FF, RR e TL), as análises dos parâmetros físico-químicos foram realizadas no Laboratório de Engenharia Sanitária (LES) – UERJ. Os resultados das análises tiveram como referência os limites da NBR 15527/2019, que especifica os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis

(Tabela 9) e também o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde de 03 de outubro de 2017, que trata do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Tabela 10). Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, cor, turbidez, condutividade, alcalinidade, dureza e cloreto.

Tabela 9 - Parâmetros de qualidade para fins não potáveis

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia coli</i>	> 200 NMP/100 mL
Turbidez	> 5 uT
pH	6,0 – 9,0

Fonte: ABNT NBR 15527/2019.

Tabela 10 – Parâmetros físico-químicos do Anexo XX da Portaria nº5/2017

Parâmetro	Portaria nº5/2017
pH	6,0 – 9,5
Cor aparente	15 uH
Turbidez	5 uT
Dureza total	500 mg/L
Cloreto	250 mg/L
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL

Fonte: Adaptado de MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017

As coletas foram realizadas entre março de 2019 e fevereiro de 2020, totalizando um período de 1 ano. Apenas a coleta para análise de coliformes foi realizada em abril e as datas podem ser observadas na Tabela 11.

Tabela 11 – Data de coletas realizadas para análises dos parâmetros físico-químicos e comunidade microbiana

Coleta	Data	pH		Cor		Turbidez		Condutividade		Alcalinidade		Dureza		Cloreto		Comunidade microbiana		Coliformes	
		C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A		
1	28/03/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	
2	12/04/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	---	
3	16/05/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	
4	25/06/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	
5	25/07/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	
6	22/08/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	
7	18/09/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	---	
8	14/10/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	---	
9	19/11/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	---	
10	19/12/2019	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	---	
11	14/01/2020	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	---	
12	13/02/2020	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	---	---	
13	30/04/2020	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	x	
Total de Campanhas		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	05	01

Legenda: (C) Coleta e (A) Análise

Fonte: Elaborado pelo autor.

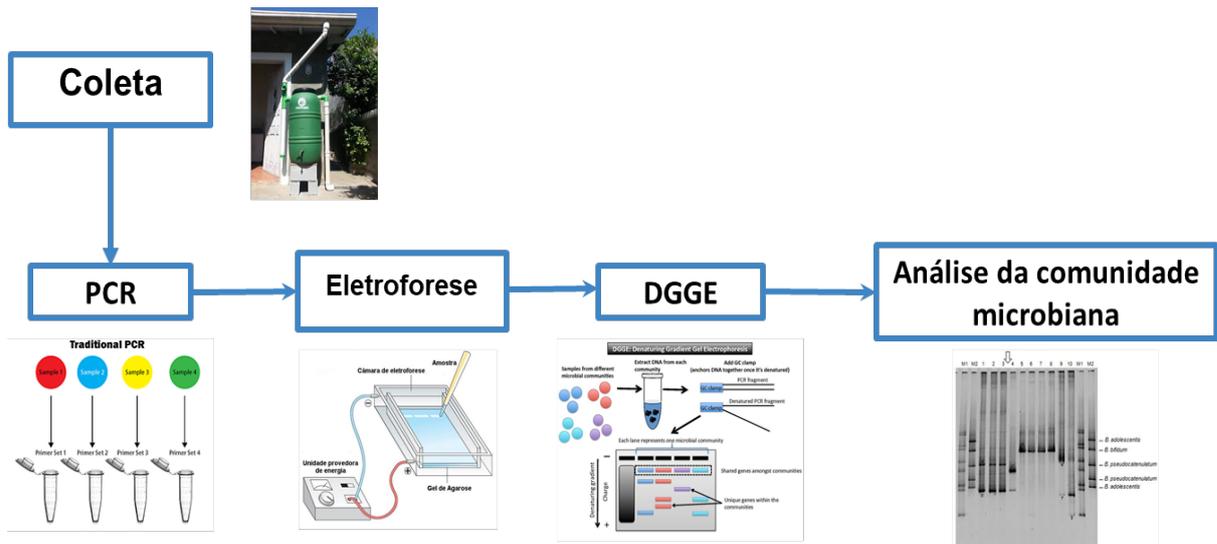
2.4.2 Avaliação estrutural da comunidade microbiana presente na água da chuva

Em parceria com o Laboratório de Biotecnologia e Ecologia Microbiana (LABEM) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) foi analisada a dinâmica da comunidade microbiana presente na água da chuva do SAAP, durante um período de 6 meses (5 coletas realizadas). Apesar de coletadas amostras para o período de 1 ano, não foi possível analisar os últimos 6 meses, devido ao período de distanciamento social provocado pela pandemia do COVID-19 e consequente paralisação das atividades no laboratório.

Para avaliar a estrutura da comunidade bacteriana presente nas diferentes amostras coletadas foi realizada a metodologia (Figura 30) de PCR-DGGE baseada no gene que codifica o RNAr 16S. A técnica de PCR (reação em cadeia da polimerase) foi utilizada para “copiar” e “amplificar” fragmentos de DNA presentes na comunidade microbiana das amostras estudadas, obtendo assim um produto amplificado de uma região específica do DNA bacteriano (no caso, fragmentos do gene que codifica o RNAr 16S da comunidade bacteriana presentes na água da chuva).

Esse gene codifica a subunidade ribossômica de menor tamanho e faz parte da síntese proteínicas (tradução) de células procarióticas. Portanto, o gene que codifica o RNAr 16S está presente em todas as bactérias. Devido a essas características esse gene é utilizado como marcador taxonômico de células procarióticas e, também, para avaliar a estrutura de comunidades microbianas em amostras ambientais. No presente estudo a técnica de PCR foi realizada tendo o DNA extraído das amostras coletadas no SAAP como material genético.

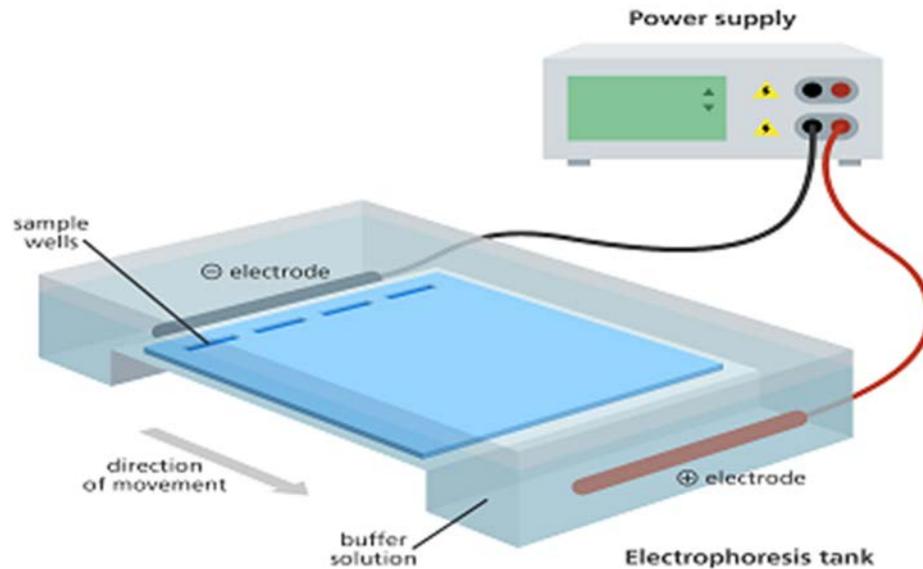
Figura 30 - Metodologia para análise da comunidade microbiana.



Fonte: LABEM, 2019.

Para verificação da amplificação do produto de PCR, as amostras foram submetidas à eletroforese em gel de agarose a 1,4% (p/v) (Figura 31) preparado em tampão TBE. Esta técnica envolve a passagem de uma corrente através de um gel contendo as moléculas de interesse. A extremidade contendo poços no gel onde as amostras são aplicadas está voltada para o eletrodo negativo e a extremidade sem poços, para onde os fragmentos irão migrar está voltada para o eletrodo positivo. As moléculas de DNA têm carga negativa, devido aos grupos fosfato, assim elas começam a se mover através da matriz do gel em direção ao pólo positivo. Os fragmentos vão se mover através do gel em função de seu tamanho, possibilitando confirmar a amplificação de fragmentos de DNA através da utilização de um marcador de peso molecular ("1Kb Plus DNA Ladder" Promega®). A eletroforese dos produtos de PCR foi realizada a 95V por 40 minutos em tampão TBE 1X. Para a visualização dos fragmentos de DNA foi utilizado o intercalante de DNA SYBR safe, que sob luz UV, permite a visualização dos fragmentos de DNA presentes no gel. O restante da reação foi estocado para análise por DGGE.

Figura 31 - Cuba de eletroforese



Fonte: Google imagens, 2019.

Confirmada a presença de DNA nos produtos de PCR por eletroforese em gel de agarose, estes foram submetidos à técnica de DGGE (eletroforese em gel de poliacrilamida com gradiente desnaturante). Essa metodologia permite a separação de fragmentos amplificados DNA (produtos de PCR) de acordo com suas sequências de pares de bases, diferente da técnica de eletroforese que faz a separação de acordo com o tamanhos dos fragmentos de DNA. Para isso, alíquotas dos produtos de PCR (20 μ l) foram aplicadas em gel de poliacrilamida a 8% (peso/volume) em tampão TAE 1X contendo um gradiente desnaturante linear (concentração do gradiente de 46,5- 60%). Os géis foram então submetidos a uma eletroforese a 140V durante 17 horas a 60°C. Após a eletroforese, os géis foram corados utilizando-se solução de SYBR Green (Invitrogen - Molecular Probes, Eugene, OR, USA).

Para a comparação dos perfis de bandas obtidos nos géis de DGGE (cada banda no gel representa um grupo de espécie de bactérias presente nas águas estudada), matrizes foram geradas baseadas na presença e ausência de bandas. A partir destas matrizes, foram construídos dendrogramas através do software BioNumerics (Applied Maths, Ghent, Bélgica).

2.4.3 Análise dos parâmetros biológicos das amostras coletadas da água de chuva

Em abril de 2020 foi realizada a análise biológica para caracterização dos parâmetros de coliformes (termotolerantes, totais e *Escherichia coli*), no laboratório privado OCEANUS – Centro de Biologia Experimental. Devido a falta de recursos, esta análise foi realizada apenas uma vez a partir de amostras coletadas em 3 pontos do sistema: FF, RR e TL.

A metodologia aplicada foi seguida pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017) e os métodos utilizados por parâmetros analisados podem ser observado na Tabela 12.

Tabela 12 - Parâmetros, Método e Legislação

Parâmetro	Método	Portaria nº5/2017	NBR 15527/2019
Coliformes Termotolerantes	SMWW 9221 E	ND	ND
Coliformes Totais	SMWW 9221 B	Ausência em 100 ml	ND
<i>Escherichia coli</i>	SMWW 9223 B	Ausência em 100 ml	200 NMP

Fonte: Adaptado de APHA , 2017; Ministério da Saúde, 2017 e ABNT, 2019.

2.5 Análise de consumo de água

A análise de consumo de água na instituição foi realizada a partir das medições do volume de abastecimento de água fornecido pela concessionária Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE). Para estudo comparativo foram feitas medições na alteração do nível de água dos reservatórios do sistema de águas pluviais instalado na instituição, possibilitando a verificação do consumo de água pluvial no período entre junho de 2019 e maio de 2020.

Os dados foram compilados no *software Microsoft Power BI*, que possibilitou a construção de gráficos e *dashboards* interativos com as informações interligadas.

2.5.1 Análise do consumo de água pela concessionária na instituição

A análise do consumo de água da concessionária foi realizada utilizando dados de leituras do hidrômetro entre 2012 e 2019, medidos pela CEDAE (Tabela

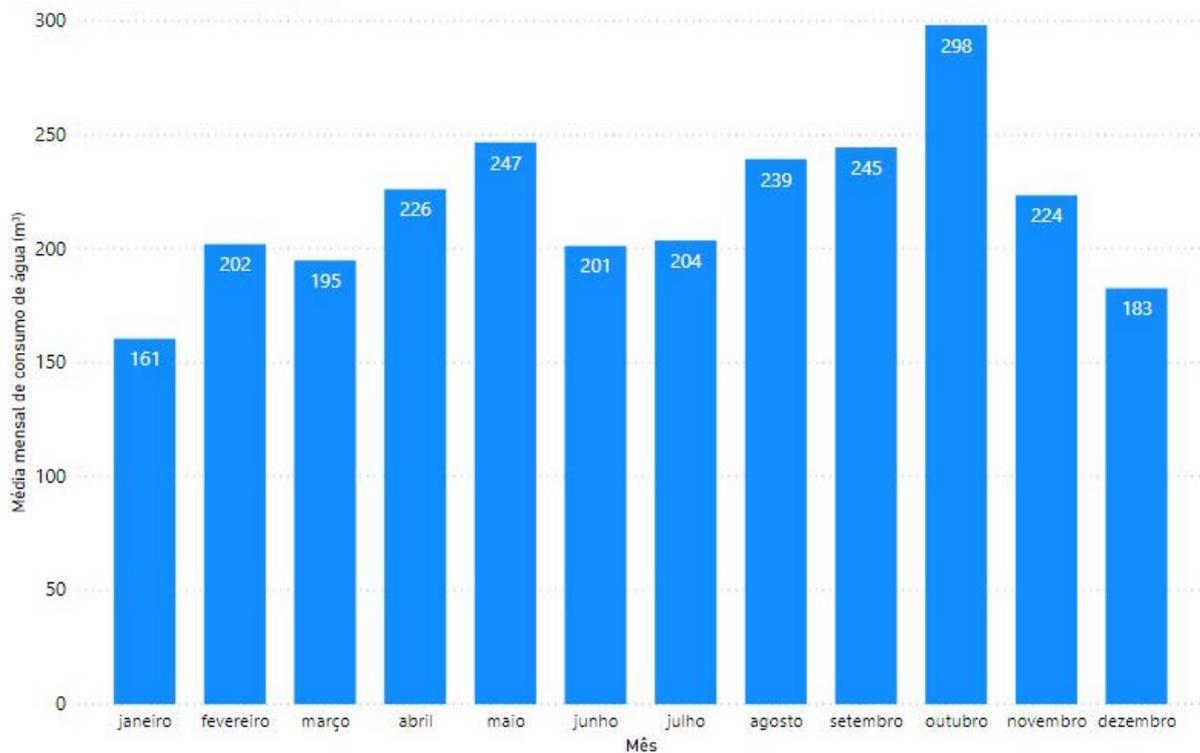
13). Estes valores foram consolidados para obtenção da média mensal de consumo da instituição (Figura 32).

Tabela 13 - Consumo de água na instituição a partir de leitura de hidrômetro da CEDAE (m³) entre 2012 e 2019

ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2019	207	236	229	243	302	219	242	232	226	231	205	203	2775
2018	156	188	208	315	168	204	195	141	206	233	208	198	2420
2017	171	172	208	187	238	220	178	195	209	308	188	365	2639
2016	187	223	188	194	308	197	200	174	202	344	161	86	2464
2015	162	231	187	249	197	203	83	327	285	362	274	147	2707
2014	185	220	221	200	300	134	251	307	339	316	269	151	2893
2013	127	120	119	226	262	258	290	243	260	273	240	122	2540
2012	89	226	199	195	199	175	190	296	229	319	243	189	2549
Média	161	202	195	226	247	201	204	239	245	298	224	183	2623

Fonte: CEDAE, 2020.

Figura 32 - Média de consumo de água na instituição a partir de leitura de hidrômetro da CEDAE (m³) entre 2012 e 2019.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Desse modo foi possível verificar a demanda atendida pela concessionária através da média mensal entre 2012 e 2019, avaliando o consumo na instituição no período estudado entre junho de 2019 e maio de 2020. O volume apresentado se refere ao total fornecido somente pela CEDAE, pois a medição de consumo do sistema de águas pluviais da instituição com o uso do linígrafo iniciou em junho de 2019.

2.5.2 Análise do consumo pelo SAAP

O consumo de água de chuva captado pelo sistema e aproveitado na instituição de ensino foi registrado com uso de um linígrafo (Figura 33) instalado no interior de um dos reservatórios. O equipamento utilizado é o modelo “Levellogger – 3001” fabricado pela empresa *Solinst*, especializada em instrumentação de monitoramento de águas subterrâneas e de superfície de alta qualidade. O dispositivo combina um sensor de pressão, detector de temperatura, registrador de dados em uma compacta caixa de aço inoxidável.

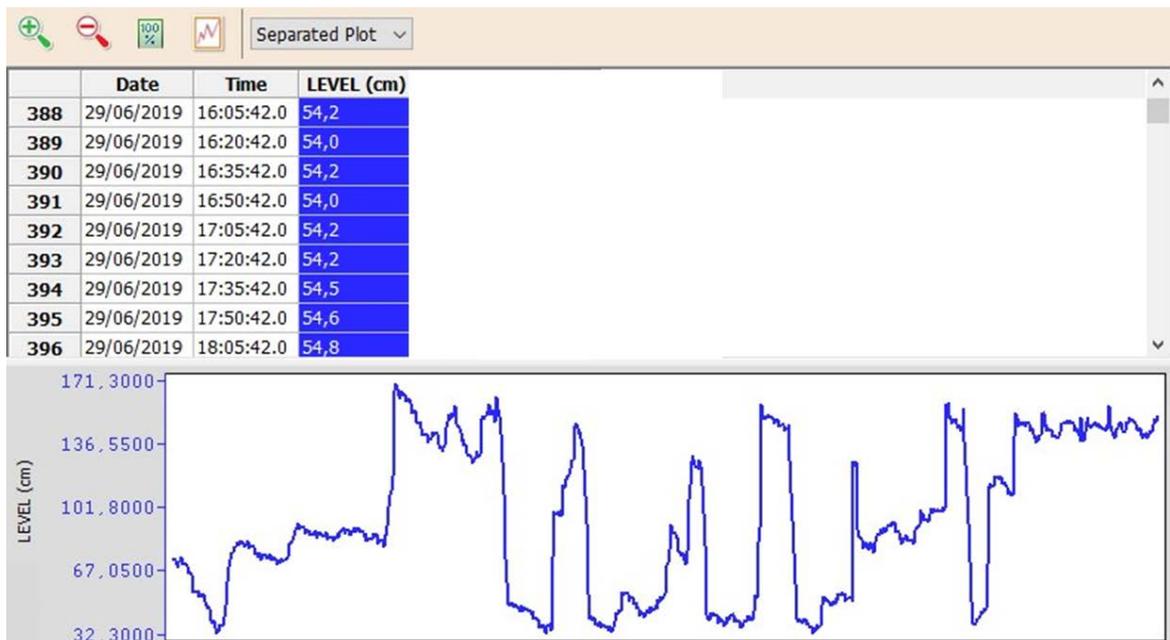
Figura 33 - Linígrafo ou sensor de medição de nível d’água instalado no reservatório do SAAP.



Fonte – SOLINST, 2020.

O linígrafo foi instalado em um dos 5 reservatórios externos existentes, pois os mesmos se encontram interligados. Os dados obtidos de nível e volume de água no reservatório compreendem o período de junho de 2019 até maio de 2020. Os registros consistem de leituras realizadas a cada 15 minutos, que permitem identificar a variação do nível de volume do reservatório (Figura 34).

Figura 34 - Tela do software “Levelogger” para leitura dos dados do linógrafo

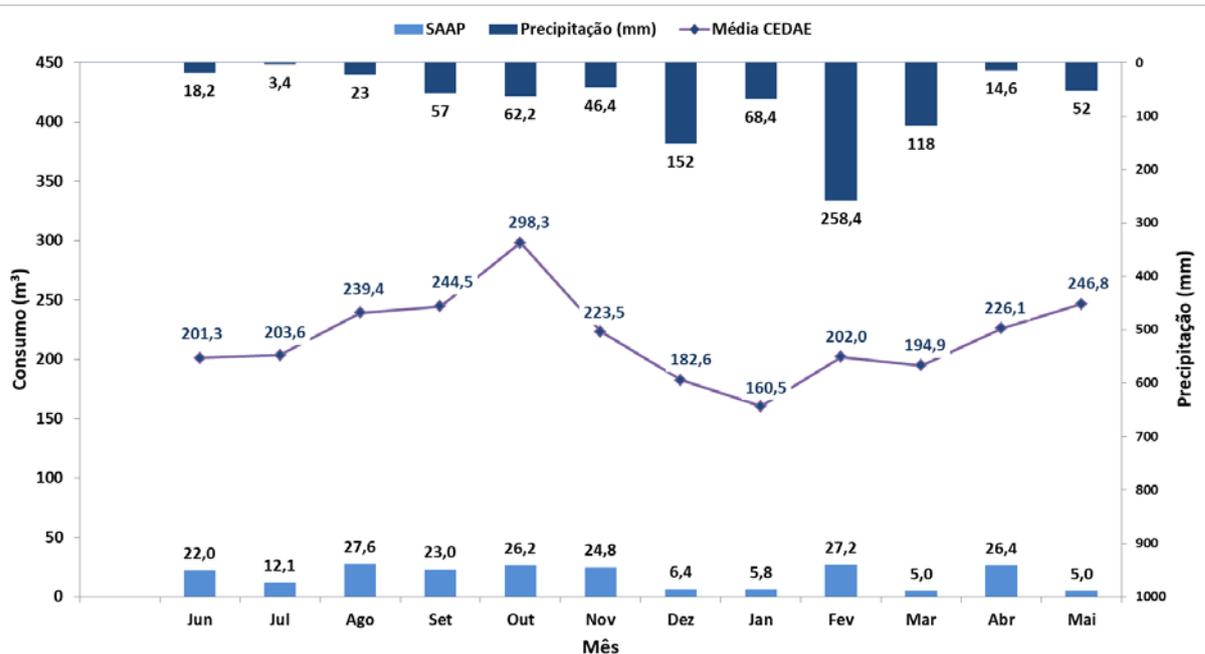


Fonte: O autor, 2020.

Para calcular a variação do nível nos reservatórios foi necessário efetuar o *download* dos dados armazenados no linógrafo por meio do *software* do fabricante. Com os dados extraídos, esses valores de nível d'água foram tratados para o ambiente de análise do *software Power BI*.

O procedimento adotado para essa verificação foi aplicado com a linguagem do *software* para calcular a variação do nível de água nos reservatórios através da movimentação do nível volumétrico durante os meses de estudo. Os valores encontrados do volume de água de chuva consumido estão representados graficamente em metros cúbicos (m³) e podem ser observados na Figura 35, junto com os dados de precipitação acumulada (mm) mensalmente na estação penha e a média de consumo mensal pela concessionária no mesmo período, mostrando o volume também em m³ do abastecimento realizado pela CEDAE.

Figura 35 - Gráfico de variação de nível dos reservatórios para cálculo de consumo no SAAP



Fonte: O autor, 2020.

2.6 Análise econômica a partir de dados tarifários e de consumo

A análise econômica do sistema de aproveitamento de águas pluviais já existente na instituição apresentada neste trabalho considerou os custos estimados dos reservatórios, tubulações e conexões.

Com isso, foi necessário inserir a estrutura tarifária comercial da CEDAE de 2019 (Tabela 14) para possibilitar o cálculo de economia proporcionada pelo sistema através do volume de água de chuva utilizado durante o período de análise. Cabe ressaltar que a instituição se enquadra na faixa "> - 30". Logo, a tarifa adotada na metodologia do presente estudo é de R\$ 25,573147.

Tabela 14 - Estrutura tarifária comercial de consumo de água da concessionária da cidade do Rio de Janeiro (CEDAE, 2019).

Faixa	Tarifa Água (R\$/m³)	Tarifa Esgoto (R\$/m³)
0 - 20	13,585733	13,585733
21 - 30	23,934867	23,934867

> - 30	25,573147	25,573147
--------	-----------	-----------

Fonte: CEDAE, 2019.

Para calcular o valor economizado ao longo do período de estudo, usou-se a medição mensal do volume de águas pluviais atendidas pelo sistema de aproveitamento que substituíram o consumo de água da concessionária pela água da chuva. Este valor multiplicado pela tarifa de água e esgoto da concessionária possibilitou a determinação do custo evitado pelo uso do SAAP.

Vale ressaltar que mesmo subutilizado o SAAP atende 10% do consumo total da escola durante o ano.

Tabela 15 - Volume de água utilizada pelo sistema de aproveitamento de águas pluviais da instituição.

Meses	SAAP (m³)	Tarifa Água (R\$)	Tarifa Esgoto (R\$)
Junho	22,0	25,6	25,6
Julho	12,1	25,6	25,6
Agosto	27,6	25,6	25,6
Setembro	23,0	25,6	25,6
Outubro	26,2	25,6	25,6
Novembro	24,8	25,6	25,6
Dezembro	6,4	25,6	25,6
Janeiro	5,8	25,6	25,6
Fevereiro	27,2	25,6	25,6
Março	5,0	25,6	25,6
Abril	26,4	25,6	25,6
Mai	5,0	25,6	25,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Qualidade da água coletada nos dispositivos do SAAP

Foram analisados os parâmetros físico-químicos e biológicos da água de chuva coleta no sistema de águas pluviais instalado na instituição de ensino, no período entre março de 2019 e fevereiro de 2020.

As coletas e análises apresentaram resultados dos pontos do sistema: Precipitação Direta (PD), *First Flush* (FF), Reservatório (RR) e Torneira de Limpeza (TL). Os resultados brutos constam no ANEXO A, onde estão apresentados todos os valores encontrados nas análises realizadas ao longo do estudo. Os parâmetros apresentados são: pH, cor, turbidez, condutividade, alcalinidade, dureza e cloreto.

A discussão de cada parâmetro é apresentada individualmente, de acordo como os limites estabelecidos pela NBR 15527/2019 e Anexo XX da Portaria nº. 5/2017 do Ministério da Saúde.

3.1.1 Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos em amostras da água de chuva

O período de coleta de amostras para análise dos parâmetros físico-químicos ocorreu entre 28/03/2019 e 13/02/2020, totalizando 12 coletas no período de estudo, para atender os padrões estabelecidos pela NBR 15527/2019 e pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (MS, 2017), que trata do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

As análises desses parâmetros são apresentadas a seguir com a estatística descritiva individual para cada um. Os resultados foram organizados de acordo com a ordem como os pontos de coleta se mostram nas etapas do SAAP: PD, FF, RR e TL sequencialmente.

3.1.1.1 *Potencial Hidrogeniônico (pH)*

A estatística descritiva do pH (Tabela 16) indica que os resultados encontrados apresentaram valores entre 5,19 e 7,87 entre todos os pontos de

amostras. Nas análises realizadas para o reservatório (RR), local onde da água é armazenada para uso posterior, os valores variaram de 5,19 a 7,25, apresentando 84% de amostras dentro dos parâmetros estabelecidos pela NBR 15527/2019 e Portaria nº 5/2017. Na Torneira de Limpeza (TL) e na Precipitação Direta (PD), 100% das amostras apresentaram-se conforme a Portaria nº 5/2017 e pela NBR 15527/2019. No *First Flush* (FF), apenas 8,3% das amostras apresentaram valor abaixo do padrão estabelecido.

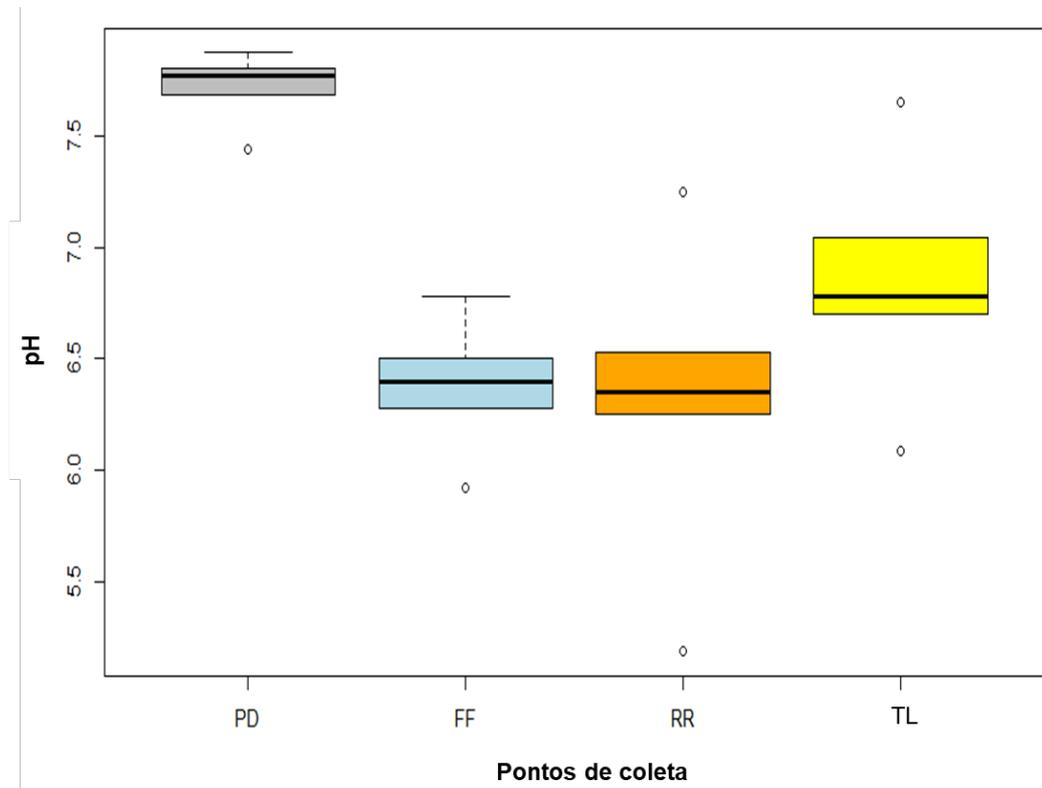
Tabela 16 - Estatística descritiva para análise do parâmetro pH

Período	Portaria nº 5/2017	Parâmetro	Pontos de coleta	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínima	Máxima
03/2019	6-9,5	pH	PD	7,72	7,78	0,19	7,44	7,87
			FF	6,38	6,40	0,21	5,92	6,78
RR			6,32	6,35	0,54	5,19	7,25	
TL			6,79	6,78	0,48	6,09	7,65	
a								
02/2020								

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A Figura 36 mostra a variação do pH ao longo das etapas do sistema, onde observa-se uma pequena variação nos valores do parâmetro nos pontos RR e TL, assim como no FF. A PD apresentou valores maiores, sem ultrapassar os limites exigidos pela Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

Figura 36 – Box plot de pH



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.1.2 Cor

A análise do parâmetro cor aparente apresentou valor mínimo igual à 0,0 na amostra de nº 11 em Janeiro de 2020, coletada na TL e valor máximo de 83,0 µH no FF, na amostra coletada em Novembro de 2019. Verificou-se que os valores para cor reduziram consideravelmente nos pontos RR e TL, caracterizando que o sistema de *first flush* atuou de forma eficiente e reduziu consideravelmente o parâmetro cor nas etapas posteriores (Tabela 17).

Os melhores resultados de cor foram encontrados na TL, onde 100% das amostras apresentaram-se abaixo do valor estabelecido de 15 µH. No RR, cerca de 92% das amostras também apresentaram resultados abaixo de 15 µH. O pior desempenho foi verificado no FF, onde apenas 16% das análises se mostraram dentro do valor estabelecido mas não comprometem os resultados uma vez que este é o dispositivo de descarte.

Tabela 17 - Estatística descritiva para análise do parâmetro Cor aparente

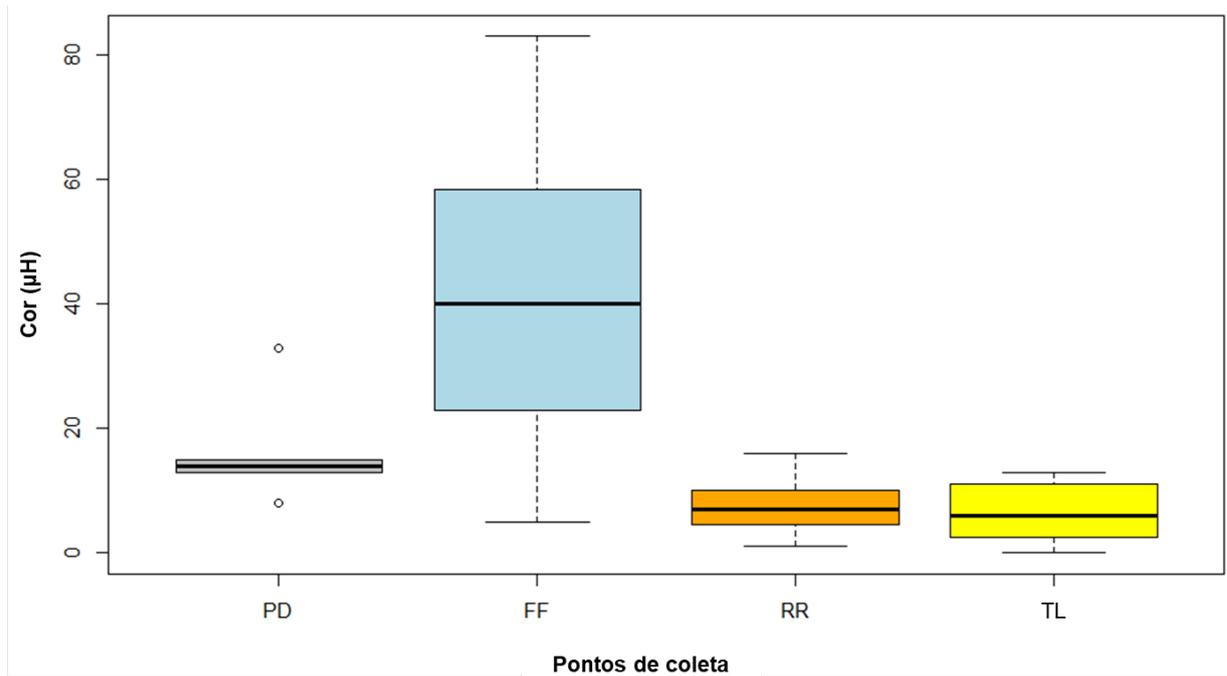
Período	Portaria	Parâmetro	Pontos de coleta	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínima	Máxima
03/2019	15 µH	Cor	PD	16,60	14	9,56	8	33
			FF	41,64	40	27,21	5,00	83,00
RR			7,92	7	4,80	1,00	16,00	
TL			6,75	6	4,58	0,00	13,00	
02/2020								

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 37 mostra as variações em cada um dos pontos e verificou-se que as amostras analisadas do RR e TL são as mais satisfatórias, apresentando os melhores resultados de acordo com o limite proposto pela Portaria n° 5/2017 do MS. Vale ressaltar que nesta etapa é justamente onde ocorre a coleta dos primeiros milímetros de chuva, ou seja, responsável pela separação da água que é descartada com a sujeira carregada na área de captação.

Mazza (2016) encontrou em trabalho similar uma variação de 1,00 a 500,00 µH em suas análises no *first flush*. O alto valor apresentado neste ponto de coleta em seu estudo pode ser explicado pela localização da área de captação do seu sistema. Já Oliveira (2020) verificou em seu estudo que sua área de captação apresentou interferência nos valores encontrados para este parâmetro devido às telhas de cerâmicas e também a queda de folhas e gravetos de uma árvore que se encontra acima do telhado.

Figura 37 – Box plot de Cor aparente



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.1.3 **Turbidez**

A Tabela 18 mostra que a turbidez obteve resultados atendendo os limites estabelecidos em 100% das amostras coletadas na PD. No FF, cerca de 50% das amostras apresentaram valores acima do estabelecido de 5 UT e variaram entre 1,46 UT e 29 UT, com média de 11,80 UT. Nos pontos RR e TL, cerca de 92% das amostras se encontraram de acordo com os limites da Portaria nº 5/2017, apresentando variação apenas no mês de setembro de 2019. Hagemann (2009) encontrou resultados na primeira chuva que apresentaram mínimo de 7,5 UT, máximo de 88,6 UT e média 35 UT.

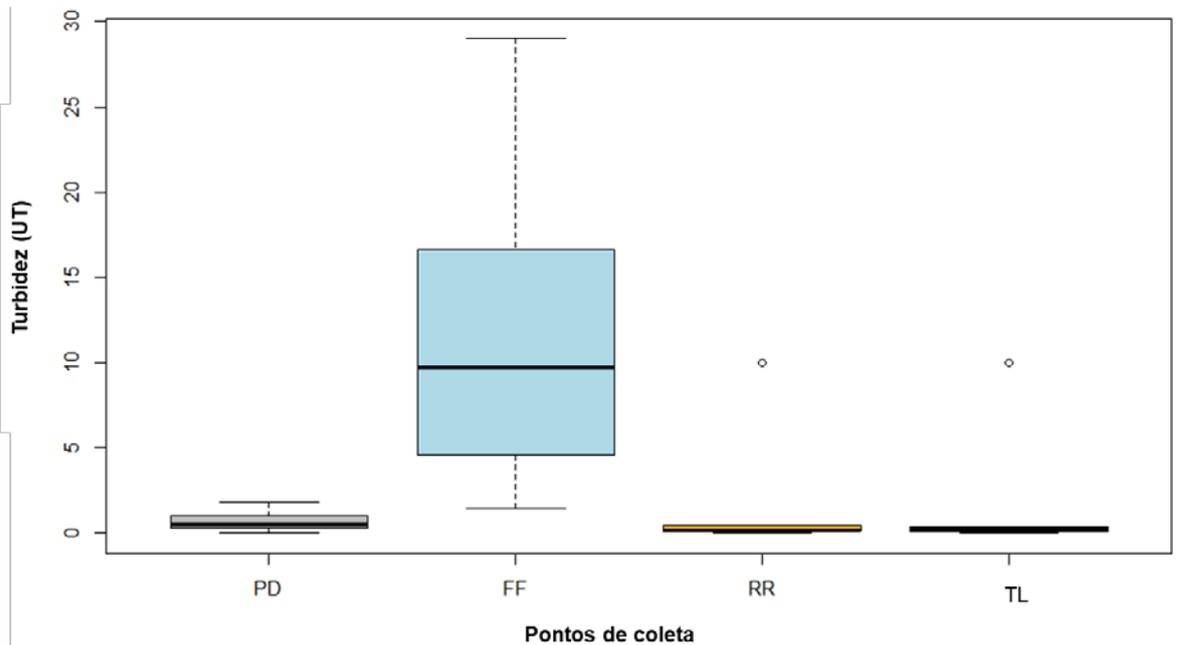
Segundo Kus *et al* (2010) a turbidez é um risco à saúde humana se as partículas em suspensão agregarem-se compostos inorgânicos ou orgânicos tóxicos, o que torna importante o descarte dos primeiros milímetros de chuva.

Tabela 18 - Estatística descritiva para análise do parâmetro de turbidez (uT).

Período	Portaria nº 5/2017	Parâmetro	Pontos de coleta	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínima	Máxima
03/2019	5 UT	Turbidez	PD	0,72	0,53	0,69	0,00	1,77
			FF	11,80	9,70	8,48	1,46	29,00
RR			1,08	0,175	2,82	0,00	10,00	
TL			1,08	0,255	2,82	0,00	10,00	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 38 representa graficamente o *box plot* da turbidez. Nota-se a eficiência do dispositivo do FF, de remoção dos primeiros milímetros de chuva, onde houve redução nos valores de turbidez de montante para jusante do sistema. Estes valores encontrados no (FF) referem-se ao volume coletado e descartado após o início da chuva.

Figura 38 – Box plot de Turbidez

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.1.4 Condutividade

A Portaria nº 5/2017 do MS não estabelece limites da condutividade elétrica. Nunes da Silva (2019), em sua pesquisa sobre águas pluviais na cidade do Rio de

Janeiro, encontrou concentração média de: 164,90 $\mu\text{S/cm}$ na PD, 143,77 $\mu\text{S/cm}$ no FF e 48,92 $\mu\text{S/cm}$ no RR, durante o período seco. A Tabela 19 mostra a estatística descritiva e apresenta valores entre 16,20 $\mu\text{S/cm}$ e 97,10 $\mu\text{S/cm}$ na PD, com média de 61,58 $\mu\text{S/cm}$. No FF foram encontrados os valores mais altos, com variações entre 18,37 $\mu\text{S/cm}$ e 218 $\mu\text{S/cm}$, com média de 117,99 $\mu\text{S/cm}$. No RR a média foi de 52,43 $\mu\text{S/cm}$ e em todo período de estudo a variação foi entre 17,81 $\mu\text{S/cm}$ e 75,40 $\mu\text{S/cm}$.

Tabela 19 - Estatística descritiva para análise do parâmetro de Condutividade.

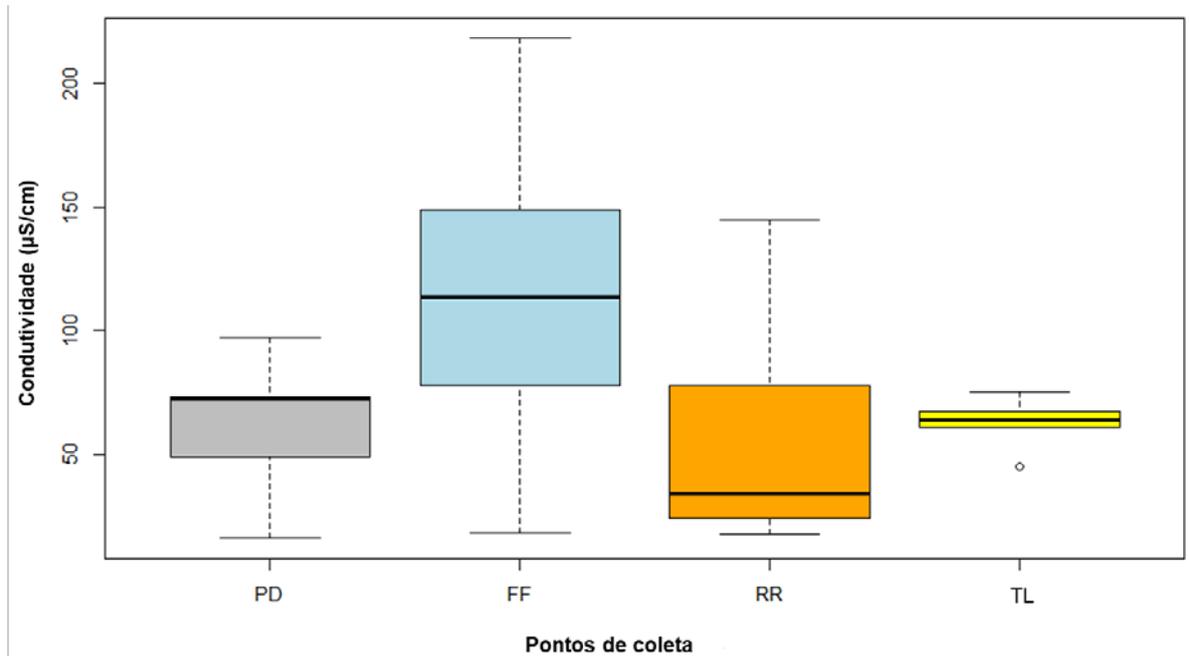
Período	Portaria nº 5/2017	Parâmetro	Pontos de coleta	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínima	Máxima	
03/2019	a	ND	Condutividade	PD	61,58	72,5	30,56	16,20	97,10
				FF	117,99	113,45	63,00	18,37	218,00
RR				52,43	34,05	39,80	17,81	144,80	
TL				62,32	64	9,01	45,00	75,40	
02/2020									

Legenda: ND: não definido.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 39 mostra que os maiores valores foram obtidos no FF dentre todos os pontos analisados. Nos pontos do RR e na TL, os valores de condutividade diminuem, apresentando menos alterações ao longo do período de estudo.

Figura 39 – Box plot de Condutividade



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.1.5 Alcalinidade

A alcalinidade também não possui valores de referência na Portaria nº 5/2017 do MS e a mesma caracteriza este parâmetro como “não definido” (ND).

A alcalinidade é causada por sais alcalinos e se encontra nas águas em forma de carbonatos e bicarbonatos, o que a torna raramente encontrada em águas naturais.

Ganem (2019) encontrou valores para o FF que variaram de 9,5 a 142,6 mg/L, com média de 32 mg/L ao analisar a água de chuva. O presente trabalho apresenta resultados inferiores em todos os pontos analisados e se assemelha a valores encontrados por Oliveira (2020), que identificou variação entre 0,06 e 1,84 mg/L.

A Tabela 20 apresenta esses valores com variação entre 0,17 e 0,36 mg/L e máxima entre 0,49 e 1,37 mg/L. A média mais alta foi encontrada no PD com valor de 0,87 mg/L e a mais baixa com 0,3 mg/L no RR.

Os valores encontrados de alcalinidade possuem pequena oscilação e foram considerados baixos em todos os pontos analisados, não representando diferenças significativas nas etapas do sistema.

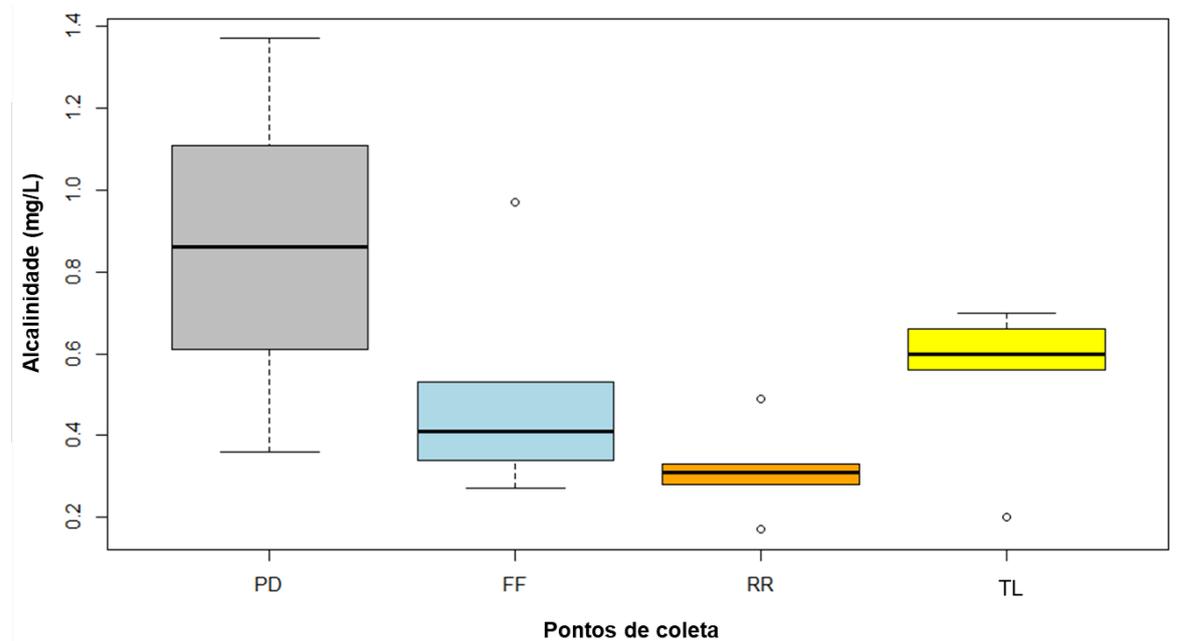
Tabela 20 - Estatística descritiva para análise da alcalinidade (mg/L).

Período	Portaria nº 5/2017	Parâmetro	Pontos de coleta	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínima	Máxima	
03/2019	a	ND	Alcalinidade	PD	0,87	0,86	0,71	0,36	1,37
				FF	0,47	1,55	0,19	0,27	0,97
RR				0,32	0,31	0,07	0,17	0,49	
TL				0,55	0,60	0,16	0,20	0,70	

Legenda: ND: não definido.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O *box plot* apresentado na Figura 40 ilustra em gráfico os valores de alcalinidade das amostras e suas variações por pontos de coleta. Observa-se que os pontos do FF, RR e TL apresentam médias próximas, caracterizando mínima alteração do parâmetro entre estas etapas do sistema de aproveitamento e águas pluviais.

Figura 40 – Box plot de Alcalinidade

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.1.6 Dureza

A dureza refere-se à dissolução de rochas calcárias pelas águas que entram em contato. Este parâmetro também é definido como a soma das concentrações de cálcio e magnésio, ambas expressas em carbonato de cálcio, em miligramas por litro (APHA, 2017).

Hagemann (2009) encontrou valores entre 13,4 e 75,4 mg/L em suas análises para água coletada dos telhados e Oliveira (2020) apresentou resultados com variação entre 0,50 e 2,50 mg/L em seus estudos. No presente trabalho as análises deste parâmetro apresentaram valores consideravelmente abaixo dos limites estabelecidos pela Portaria nº 5/2017 do MS. A concentração mínima de dureza foi de 0,4 mg/L no PD, RR e TL, e máxima de 5,9 mg/L no FF. A média variou entre 1,02 mg/L (RR) e 2,38 mg/L (FF).

A Tabela 21 apresenta a estatística descritiva do parâmetro dureza obtida no período de estudo.

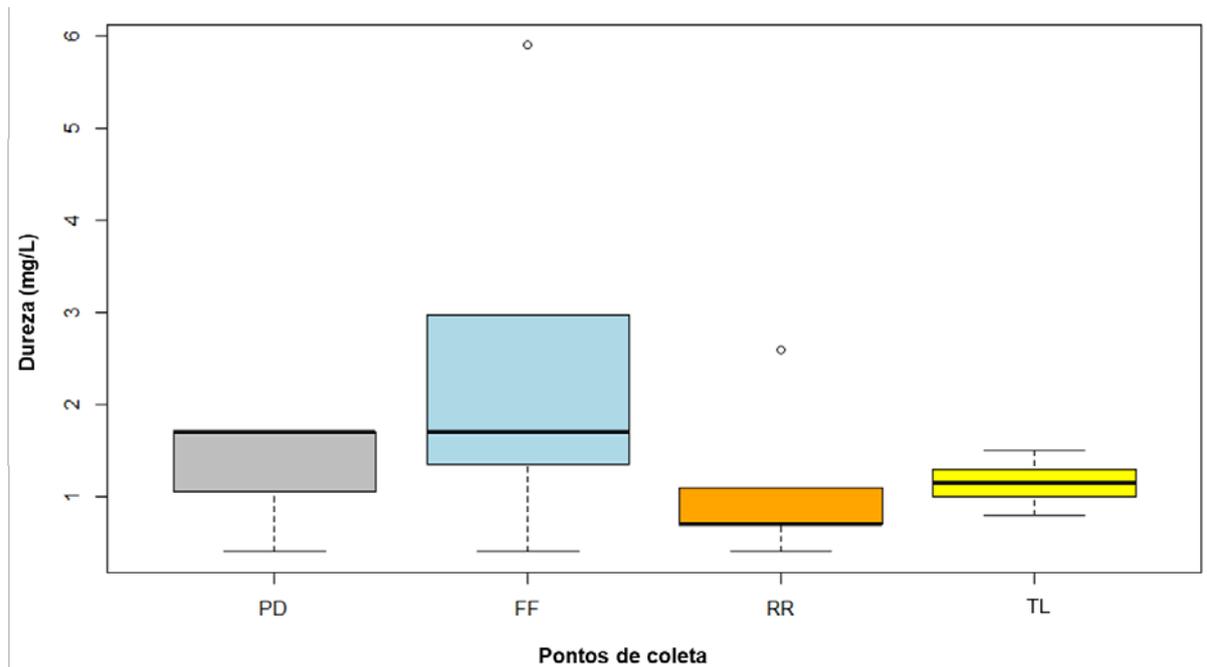
Tabela 21 - Estatística descritiva para análise do parâmetro de Dureza (mg/L)

Período	Portaria nº 5/2017	Parâmetro	Pontos de coleta	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínima	Máxima
03/2019	500	Dureza	PD	1,27	1,7	0,75	0,4	1,7
			FF	2,38	1,7	1,55	0,4	5,9
02/2020	mg/L	Dureza	RR	1,02	0,7	0,66	0,4	2,6
			TL	1,14	1,2	0,22	0,8	1,5

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 41 apresenta graficamente a baixa variação ocorrida nos pontos de coleta PD, RR e TL. A máxima dureza encontrada foi obtida no FF.

Figura 41 – Box plot de Dureza



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1.1.7 Cloreto

Segundo Gomes (2005) a água da chuva incorpora outras substâncias a sua composição através das gotículas que formam as nuvens durante a precipitação. Principalmente nas regiões costeiras, a chuva é responsável pela influência dos aerossóis marinhos que propicia o aporte do íon cloreto via precipitação pluvial (MEIRELES et al., 2007).

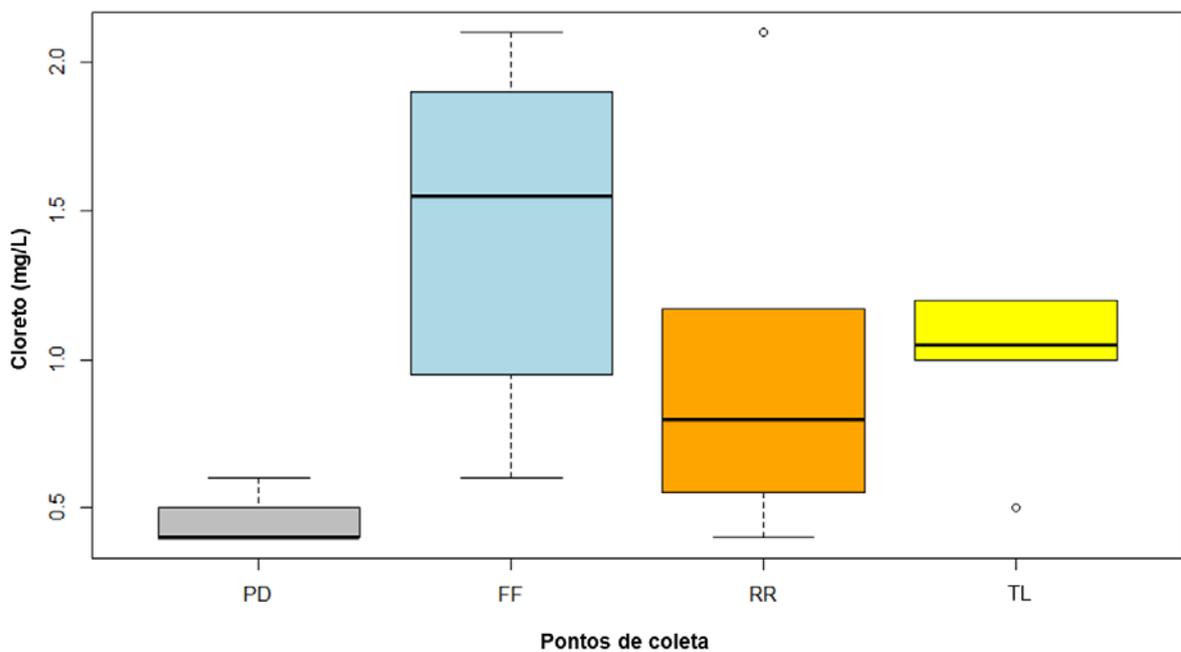
. As amostras coletadas para análise de cloreto apresentaram-se abaixo do limite da Portaria nº 5/2017 do MS. Na Tabela 22 é possível observar que os valores mais baixos encontrados foram no PD, com média de 0,47 mg/L, o que pode ser afirmado pelo fato de não ter contato com nenhuma superfície que alterasse suas propriedades. Nos demais pontos do FF, RR e TL, o valor mínimo de cloreto oscilou entre 0,4 mg/L e 2,1 mg/L, sendo a maior média encontrada no FF com 1,44 mg/L. Estudos realizados por outros autores encontraram resultados distintos, variando entre 0,50 e 15,60 mg/L no PD e 0,40 e 7,80 no RR (ANNECCHINI, 2005; NUNES DA SILVA, 2019; OLIVEIRA, 2020).

Tabela 22 - Estatística descritiva para análise do parâmetro de Cloreto (mg/L).

Período	Portaria nº 5/2017	Parâmetro	Pontos de coleta	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínima	Máxima
03/2019 a 02/2020	250 mg/L	Cloreto	PD	0,47	0,4	0,12	0,4	0,6
			FF	1,44	1,55	0,56	0,6	2,1
			RR	0,95	0,8	0,51	0,4	2,1
			TL	1,04	1,05	0,19	0,5	1,2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores discutidos na estatística descritiva podem ser melhor observados na Figura 42. Os resultados de RR e TL também apresentam pequena variação na concentração de cloreto analisados no período estudado.

Figura 42 – Box plot de Cloreto

Fonte: Elaborado pelo autor. 2020

A na análise dos parâmetros físico-químicos mostra que a água da chuva encontra-se apta para usos não potáveis, tendo em vista o pH atendeu aos limites estabelecidos pela NBR 15527/2017 e pela Portaria nº 5/2017 (MS, 2017), classificando desta forma as amostras com pH neutro. Os resultados mostram também pequena variação da condutividade, com amostras que apresentaram características de águas mineralizadas, potáveis e residuais.

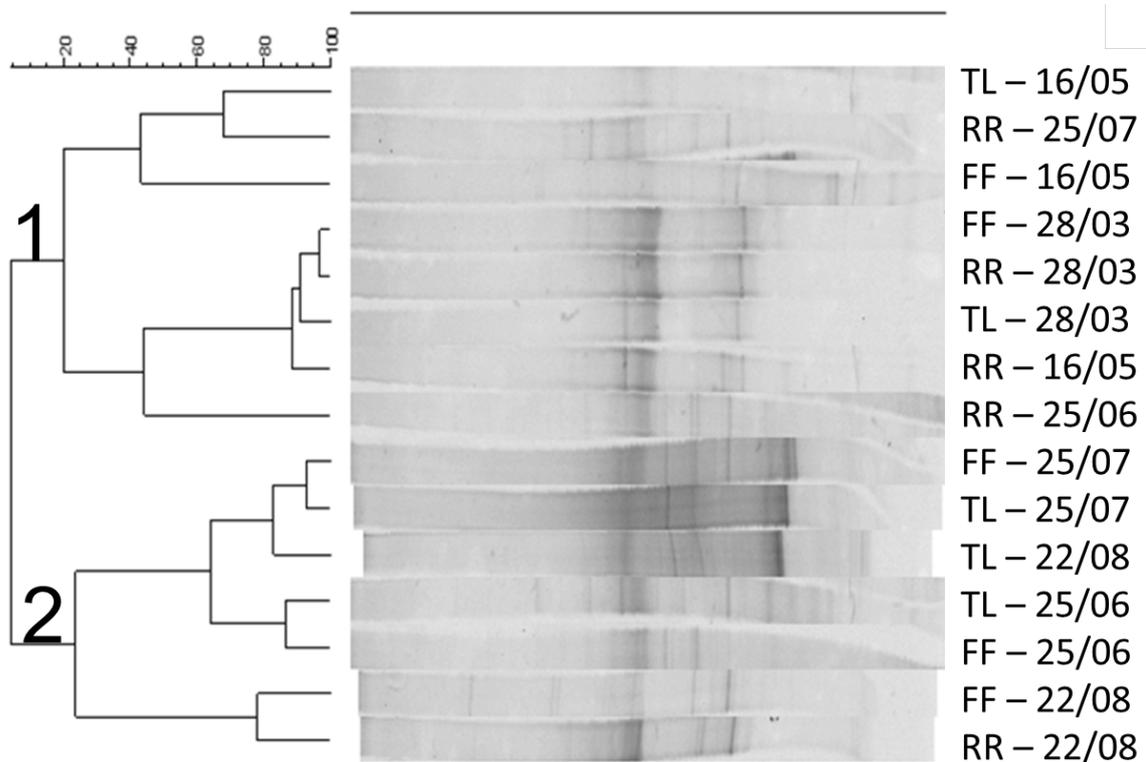
3.1.2 Distribuição das bactérias presentes na água da chuva

O PCR-DGGE foi utilizado para analisar a estrutura e a distribuição da comunidade microbiana presente na água da chuva de diferentes épocas e pontos de coleta. O resultado mostrou que a água pluvial coletada possui uma variada e complexa comunidade bacteriana. Além disso, em geral, foi observado que ocorre uma variação da comunidade bacteriana presente em amostras coletadas de FF, RR e TL. Adicionalmente, foi observado que as amostras coletadas de cada sistema, sobretudo nos pontos FF, RR e TL, não possuem um padrão bacteriano permanente ao longo do tempo. Esses resultados são confirmados no dendograma (Figura 42).

Por exemplo, pode ser observado que as amostras foram separadas em dois grupos principais no dendograma (Figura 43): Grupo 1, formado principalmente pelas amostras FF, RR e TL coletadas em Março e Maio, e o Grupo 2, formado pelas amostras FF, RR e TL coletadas em Junho, Julho e Agosto. Esses grupos (Grupos 1 e 2) compartilham menos de 20% de similaridade entre os perfis da comunidade microbiana de suas amostras.

Esta baixa similaridade entre os 2 grupos também pode estar associada ao regime de chuvas dos meses analisados, onde foi identificado que os meses com maior (Grupo 1) e menor (Grupo 2) volume de chuva apresentaram similaridade da comunidade microbiana entre as amostras analisadas.

Figura 43 - Dendograma de variabilidade da comunidade microbiana presente na água da chuva.

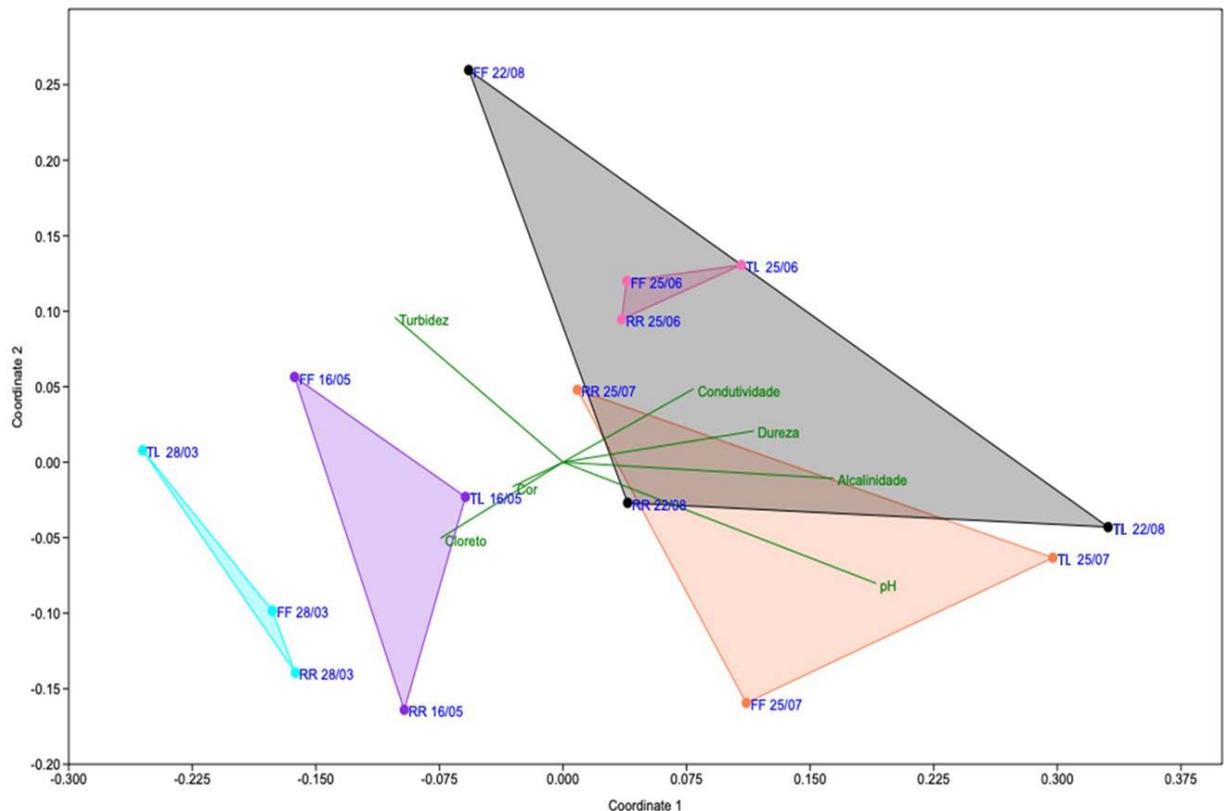


Fonte: LABEM, 2020.

A estrutura dos perfis da comunidade microbiana foi adicionalmente analisada através da análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS). Nessa análise, os parâmetros físico-químicos foram adicionados como vetores (Figura 44) da interação da comunidade microbiana com as características de cada amostras.

Primeiramente, a análise de NMDS mostrou que a estrutura da comunidade microbiana foi modulada mais pelo período da coleta das amostras do que pela origem das amostras (FF, RR e TL). Por exemplo, a ordenação separou as amostras em dois grandes grupos em relação ao tempo de coleta, assim como também observado na Figura 43, onde as amostras coletadas em Março e Maio foram posicionadas no quadrante à esquerda da coordenada 1, enquanto as amostras coletadas em Junho, Julho e Agosto foram agrupadas no quadrante à direita da coordenada 1.

Figura 44 - Gráfico de correlação dos parâmetros físico-químicos obtidos na água da chuva do sistema de águas pluviais instalado na instituição de ensino.



Fonte: LABEM, 2020

De acordo com a distribuição dos vetores das características físico-químicas das amostras na análise de NMDS, a estrutura da comunidade microbiana presente nas amostras coletadas em Março e Maio está positivamente correlacionada com a concentração de cloreto e a turbidez das amostras. Por outro lado, a estrutura da comunidade microbiana presente nas amostras coletadas em Junho, Julho e Agosto foi positivamente correlacionada com a condutividade, o pH, a alcalinidade e a dureza das amostras.

Esses resultados sugerem que a alteração nas características físico-químicas das águas pluviais em decorrência dos diferentes períodos do ano podem modular a comunidade microbiana presente em um sistema de aproveitamento de águas pluviais. Apesar disso, devido à pandemia as análises de amostras dos últimos meses de coleta foi impossibilitada e estudos adicionais ainda são necessários para melhor entender a variação na estrutura da comunidade microbiana em amostras de água de chuva.

3.1.3 Parâmetros microbiológicos de coliformes

As análises dos parâmetros microbiológicos foram realizadas para *Escherichia coli*, Coliformes Termotolerantes e Coliformes Totais nos pontos de coleta do FF, RR e TL.

Os resultados apresentaram que 100% das amostras coletadas se encontravam com valores abaixo do limite de quantificação para todos os parâmetros verificados e nos 3 pontos de coleta de amostras, atendendo os padrões estabelecidos pela NBR 15527/2019 e pela Portaria nº5/2017 do MS (Tabela 23).

O ponto FF, que geralmente apresenta valores diferentes dos demais devido a sua função de reter a sujeira carregada na área de captação pelos primeiros milímetros de chuva para posterior descarte, também apresentou resultado de coliformes abaixo do limite de quantificação pela metodologia utilizada no laboratório. Esta observação pode ser relacionada com o fato de que a localização do telhado não possui no entorno elementos e fatores que possam interferir na qualidade destes parâmetros.

Tabela 23 - Resultados das amostras coletadas para análise de coliformes na água da chuva.

Amostras para análise de coliformes							
Parâmetros	NBR 15527/2019	Portaria nº5/2017 MS	Unidade	LQ	Resultados		
					FF	RR	TL
<i>Escherichia coli</i>	ND	Ausência/100 mL			<1,8	<1,8	<1,8
Coliformes Termotolerantes	ND	ND	NMP/100mL	1,8	<1,8	2,0	<1,8
Coliformes Totais	< 200/100 ml	Ausência/100 mL			<1,8	2,0	<1,8

Legenda: LQ: limite de quantificação; ND: não definido.

Fonte: Elaborado pelo autor. (2020)

Segundo a NBR 15527/2019 que contempla o uso não potável da água de chuva, todos os parâmetros devem ser analisados periodicamente e com frequência mínima semestral. Os resultados encontrados na análise apresentam valores adequados para garantir a eficiência do sistema de aproveitamento de águas pluviais, mas é necessário atender a periodicidade mínima estabelecida pela norma

para não comprometer o funcionamento do sistema. Esses resultados também podem ser verificados nos Anexos B, C e D.

3.1.4 Comparação dos resultados de outros autores

A Tabela 24 apresenta a média dos resultados analisados por outros autores para os parâmetros físico-químicos e biológicos das amostras de água de chuva e também os valores encontrados no presente trabalho, para facilitar a comparação dos mesmos, uma vez que apresentam similaridade no processo de captação e armazenamento da água pluvial.

Os parâmetros que apresentaram maior diferença quando comparado aos resultados obtidos por outros autores foram: turbidez, alcalinidade, dureza e cloreto. Os demais se apresentam mais próximos das médias encontradas em outros estudos.

Tabela 24 – Comparação dos resultados obtidos por outros autores.

Parâmetros	Anneccchini (2005)	Hagemann (2009)	Mazza (2016)	Ganem (2019)	Oliveira (2020)	Rosas (2020)
pH	6,52	7,31	5,72	6,3	6,95	6,32
Cor (µH)	7,10	31,30	10,19	10	17,83	7,92
Turbidez (µT)	37,00	35,00	3,30	0,37	1,21	1,08
Condutividade (µs/cm)	56,30	115,00	0,061	NA	99,77	52,43
Alcalinidade (mg/L)	15,60	40,30	10,19	12,13	0,69	0,32
Dureza (mg/L)	26,40	52,1	5,66	NA	1,57	1,02
Cloreto (mg/L)	8,00	7,40	NA	NA	1,99	0,95
Coliformes totais (NMP/100mL)	NA	NA	5,8	79,88	< 1,8	2,0
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	NA	NA	NA	24,22	< 1,8	2,0
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	NA	55,80	ND	NA	< 1,8	< 1,8

Fonte: Elaborado pelo autor. (2020)

3.2 Resultados da análise da oferta de água de chuva e do consumo de água potável na instituição de ensino privada

Foram obtidos dados da série histórica de chuvas da estação pluviométrica da Penha, localizada nas proximidades da instituição de ensino Pio XII, no bairro Vila Kosmos, região norte da cidade do Rio de Janeiro-RJ. Os valores obtidos da série histórica de chuvas resultam na oferta de água na instituição.

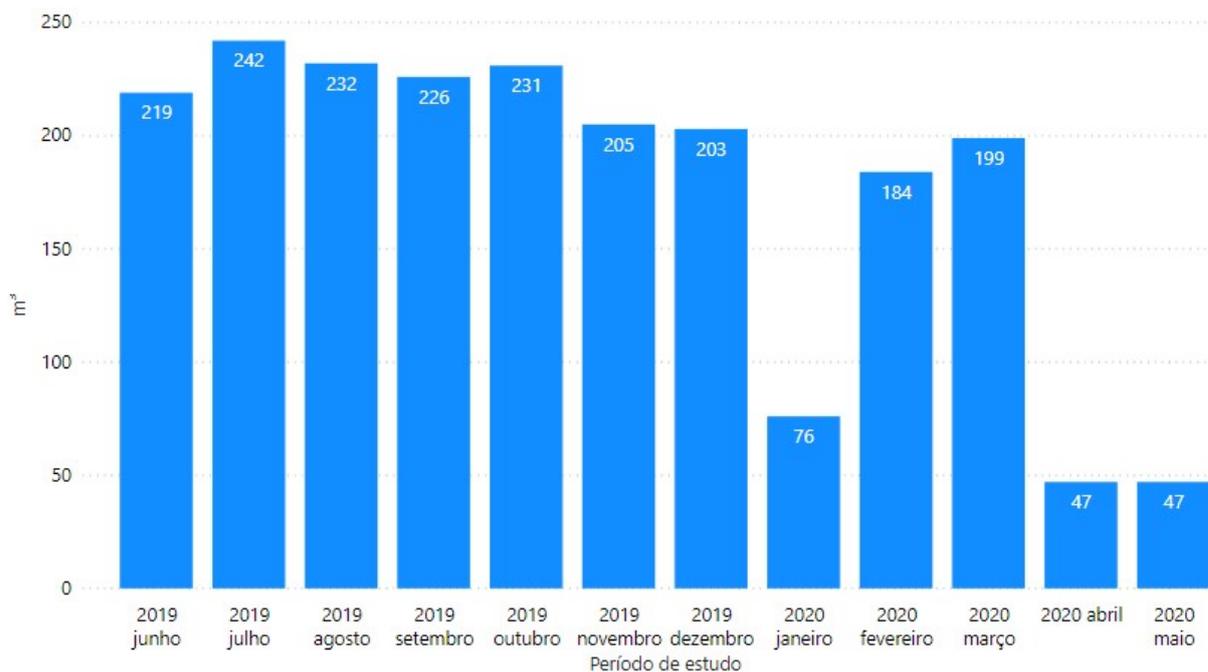
Os dados de consumo de água durante o período de análise entre junho de 2019 e maio de 2020 foram obtidos a partir das medições do hidrômetro da concessionária. Este período não apresentou a mesma sequência mensal das análises dos parâmetros físico-químicos e biológicos, pois o linígrafo utilizado para medição do consumo de água não potável através do sistema de aproveitamento de águas pluviais da instituição foi instalado somente em maio de 2019.

3.2.1 Consumo de água da concessionária no período entre junho de 2019 e maio de 2020

O estudo verificou que o consumo de água na instituição de ensino privada Pio XII, entre junho de 2019 e maio de 2020, foi de aproximadamente 2.111 m³. Na Figura 45 é possível observar que existem valores de consumo aproximados durante parte do ano, mas normalmente em período de férias escolares o consumo diminui consideravelmente, como observado em janeiro de 2020.

O mês de julho de 2019 apresentou 242 m³ de consumo de água, sendo o maior volume identificado no período. Devido a pandemia do COVID-19 com efeitos observados a partir no início do mês de março, quando as instituições de ensino entraram no período de quarentena, os resultados de consumo baixaram nos meses de abril e maio de 2020.

A rotina da instituição ou fatores externos, como da pandemia do COVID-19 ou serviços esporádicos realizados na instituição podem afetar o abastecimento de água.

Figura 45 - Consumo de água da CEDAE no período de estudo

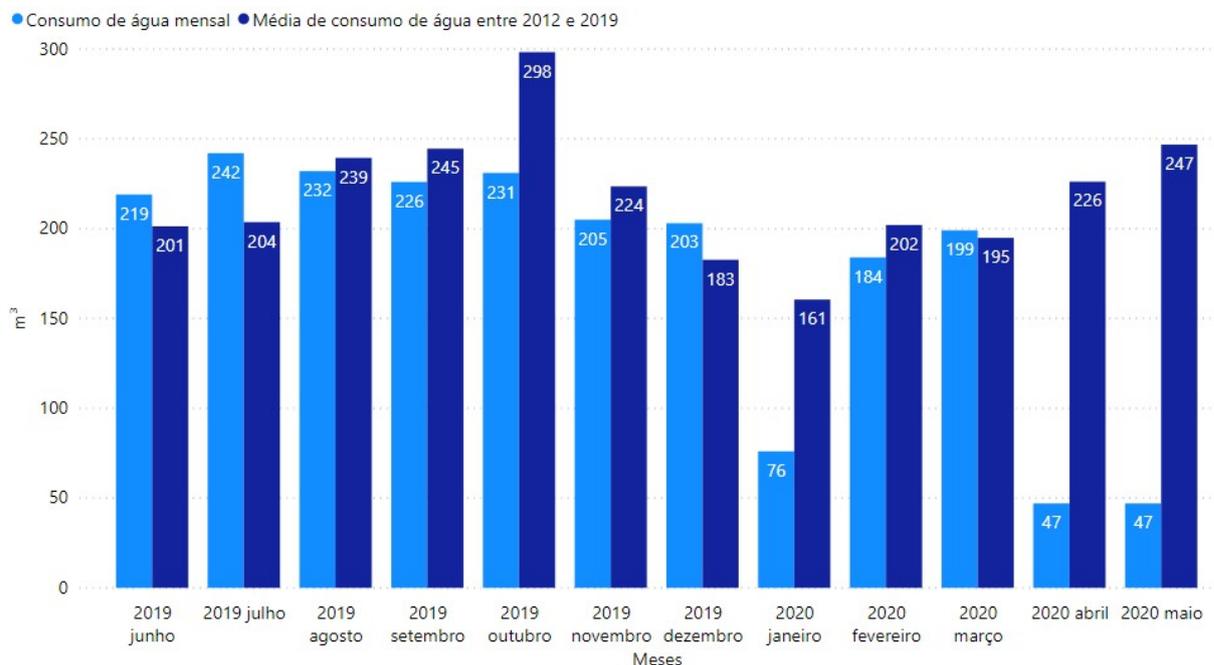
Fonte: Elaborado pelo autor. 2020

A Figura 46 ilustra a comparação da média de consumo entre 2012 e 2019 e o consumo apurado nos meses que se desenvolveram o presente trabalho.

O mês de janeiro apresenta média de consumo de 161 m³ ao longo de 8 anos, e em janeiro de 2020 o valor observado reduziu para 76 m³. Um dos fatores que possivelmente influenciou na redução do consumo de água neste período foi a “crise da geosmina”, iniciada no mesmo mês de janeiro de 2020, quando o abastecimento e distribuição de água, promovido pela CEDAE, na cidade do Rio de Janeiro-RJ ficaram comprometidas, afetando diretamente nos valores de consumo.

Neste período, por se tratar de um mês de férias escolares, a instituição já apresentava atividades reduzidas em suas dependências. Este tipo de interferência que atinge o abastecimento de água fornecido pela concessionária é um fator crucial para estimular o uso de sistemas de aproveitamento, como forma de minimizar a dependência hídrica de apenas uma fonte.

Figura 46 - Consumo de água no período de estudo e média de consumo entre 2012 e 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos meses de abril e maio de 2020 as medições presenciais foram proibidas pela concessionária no intuito de evitar o contato de seus funcionários com terceiros, respeitando as orientações de distanciamento social durante a quarentena. Desta forma, esses meses foram cobrados da instituição com valor estimado pela concessionária.

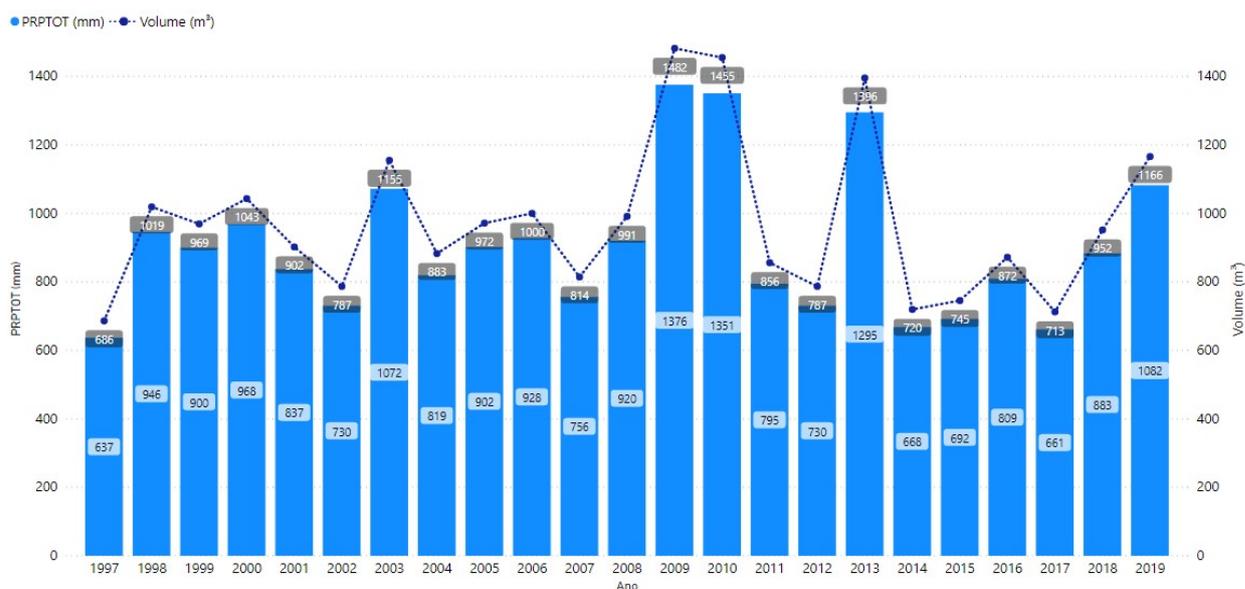
A média mensal que apresentava consumo superior a 200 m³ foi hipoteticamente calculada de acordo com a faixa de enquadramento da escola na estrutura tarifária (> 30 m³), sendo cobrados 47 m³ de consumo nos meses em questão.

3.2.2 Potencial de captação e consumo de água do SAAP

O sistema de armazenamento e aproveitamento de águas pluviais (SAAP) instalado na instituição de ensino possui área de cobertura de 1197 m², com elevado potencial de captação de volume de chuvas, mas devido às limitações de espaço físico, a capacidade de armazenamento nos reservatórios foi projetada e construída para 30.000 litros.

Com a série histórica da estação pluviométrica da Penha entre 1997 e 2019 foi possível calcular a precipitação total (PRPTOT) da região, de modo a quantificar o volume de chuva no local e o potencial de captação do sistema da escola a partir das médias de precipitação no período (Figura 47).

Figura 47 - Precipitação Total Anual (PRPTOT) na estação Penha e volume potencial de captação entre 1997 e 2019.

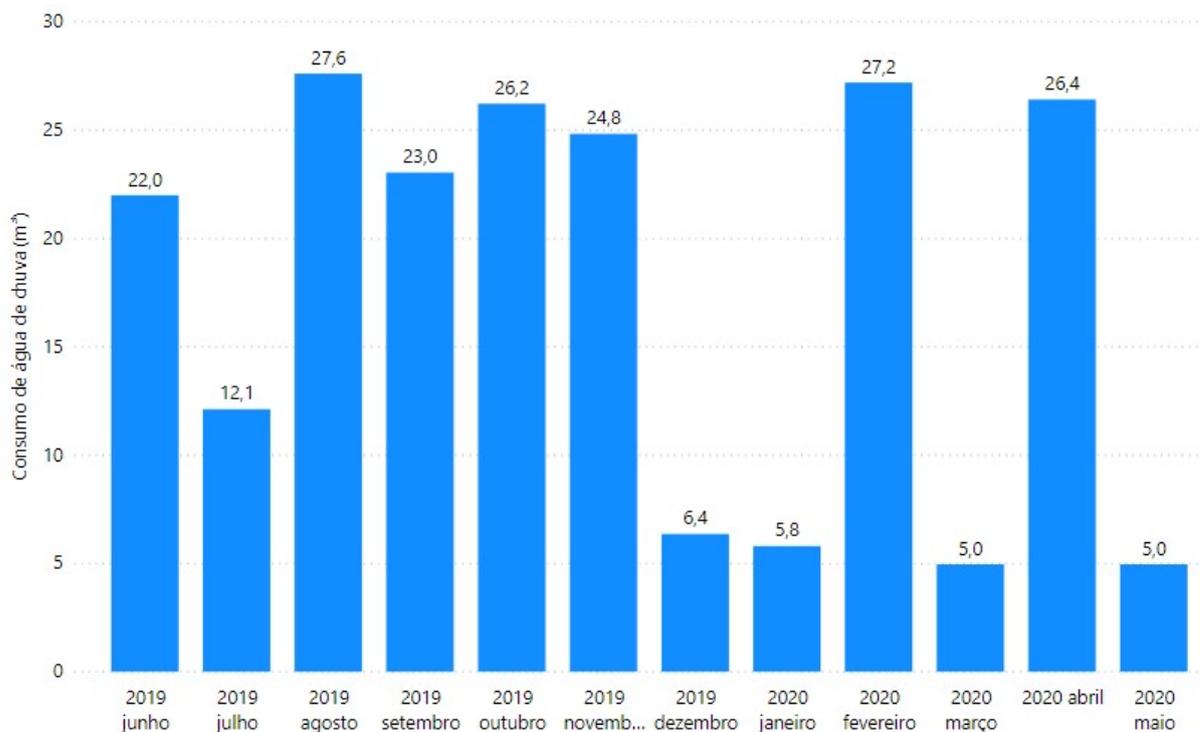


Fonte – Elaborado pelo autor com dados do Sistema Alerta Rio.

No período de estudo analisado para o consumo de água reservada pelo SAAP, foi quantificado o volume mensal utilizado pelo sistema (Figura 48). Com exceção do período de férias no final de 2019, os demais meses apresentaram valores de consumo de água pluvial entre 23 e 27 m³, de modo a representar economia no consumo de água potável.

Em abril de 2020, nota-se consumo de água de 26,4 m³, devido às atividades dos serviços de limpeza na instituição, com uso da água de chuva armazenada no sistema.

Figura 48 - Consumo mensal de água de chuva obtida do SAAP.



Fonte: Elaborado pelo autor.

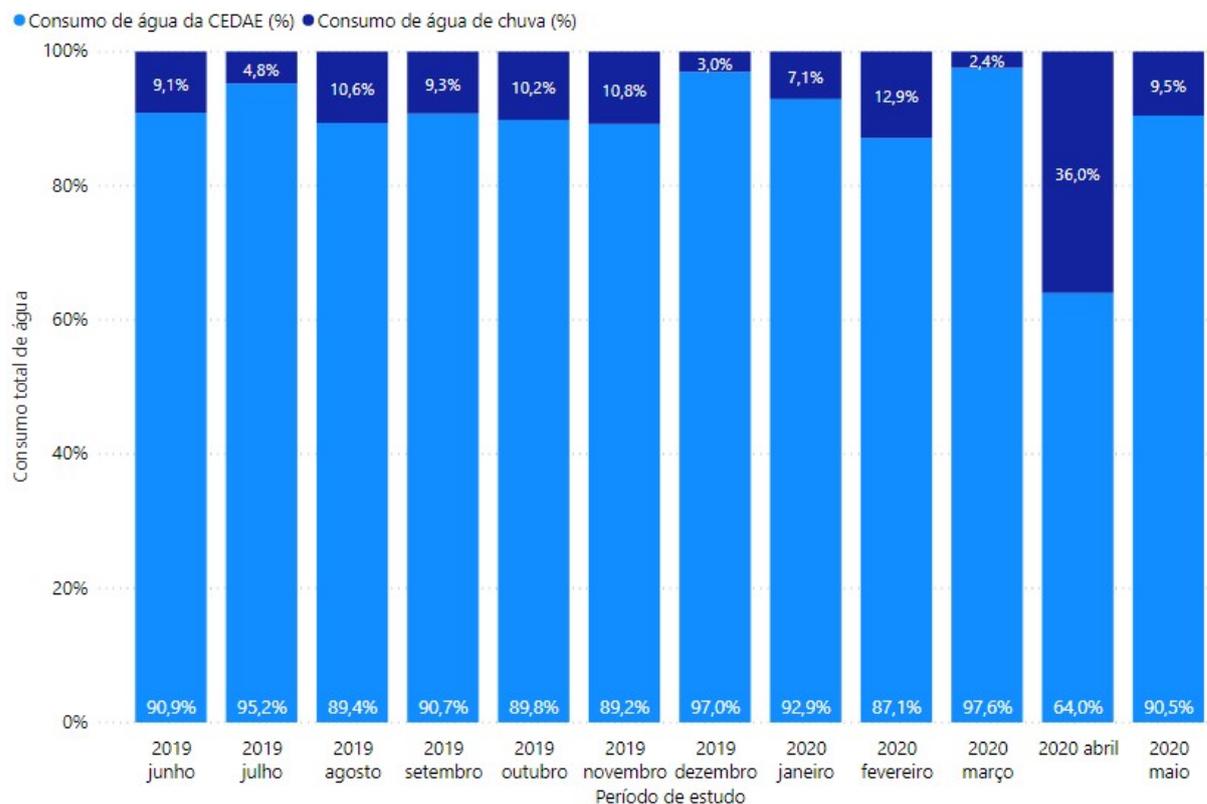
3.2.3 Análise do consumo total de água da concessionária e do SAAP

A Figura 49 mostra o percentual de consumo de água obtida da concessionária e do SAAP. O mês de maior representatividade é observado em abril de 2020 com 36% de consumo de água da chuva, em relação ao consumo total de água na instituição, justificado pelos serviços de limpeza e menor consumo de água da concessionária, devido a pandemia do COVID-19 e consequente interrupção das aulas presenciais.

No geral, o sistema de águas pluviais (SAAP) apresenta um percentual de aproximadamente 10% de consumo de água de chuva, com relação ao consumo total de água na instituição de ensino. A economia de 10% de água potável pode ser

justificada pela capacidade de armazenamento do sistema, e em função da sazonalidade do período de chuvas.

Figura 49 - Percentual do consumo de água de chuva e consumo total de água.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores registrados e analisados mensalmente também são descritos na Tabela 25, onde é possível verificar e comparar os dados de consumo da média mensal de 2012 a 2019 (CEDAE) com o período de estudo (junho de 2019 a maio de 2020) da CEDAE e do SAAP.

Tabela 25 – Análise descritiva do consumo médio da CEDAE entre 2012 e 2019, consumo no período de estudo e consumo de água de chuva (SAAP)

Meses	Média CEDAE 2012 x 2019 (m ³)	CEDAE 2019 x 2020 (m ³)	SAAP (m ³)
Junho	201,3	219	22,0
Julho	203,6	242	12,1
Agosto	239,4	232	27,6
Setembro	244,5	226	23,0
Outubro	298,3	231	26,2
Novembro	223,5	205	24,8
Dezembro	182,6	203	6,4
Janeiro	160,5	76	5,8
Fevereiro	202,0	184	27,2
Março	194,9	199	5,0
Abril	226,1	47	26,4
Mai	246,8	47	5,0
TOTAL		2111,0	211,5

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Viabilidade econômica e potencial do sistema

A análise da viabilidade econômica do sistema de águas pluviais instalado na instituição de ensino Pio XII foi realizada a partir dos dados de consumo de água de chuva no período entre junho de 2019 e maio de 2020 e o volume representado em termos de economia financeira, e das contas mensais obtidas da concessionária. Sabe-se que a cobrança de água pela concessionária envolve as tarifas de água e esgoto, o que caracteriza que para encontrar o real valor de economia proporcionada pelo sistema multiplica-se por dois para se obter o custo total do volume observado pelo SAAP.

Com base na categoria da estrutura tarifária comercial da concessionária (CEDAE, 2020), com valor de R\$ 25,57 o metro cúbico consumido, e o volume anual consumido de água de chuva pelo SAAP, a instituição aproveitou cerca de 211,5 m³ de água de chuva, totalizando uma economia em 12 meses de R\$ 10.819,28. (Tabela 26)

A economia mensal gerada pelo sistema foi estimada em aproximadamente R\$ 901,60. Tal valor pode alcançar números maiores com a otimização do processo e melhor planejamento no uso da água.

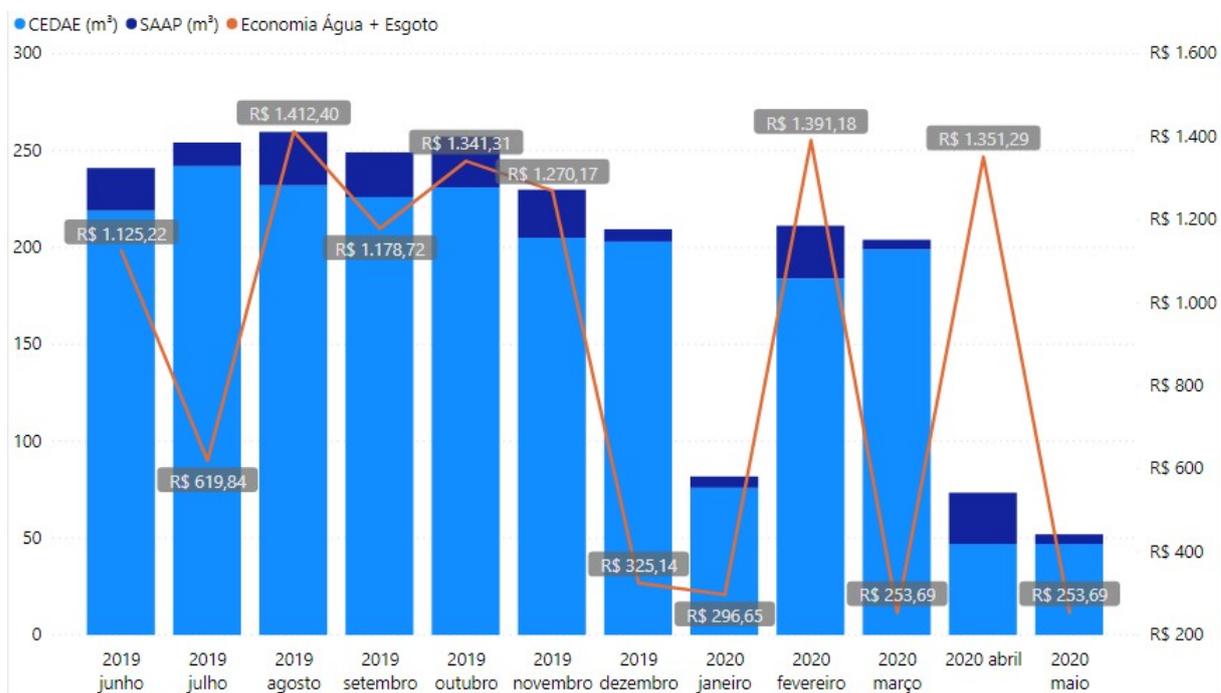
Tabela 26 - Economia financeira gerada pelo SAAP

Meses	SAAP (m³)	Tarifa (R\$)	Economia Água (R\$)	Economia Esgoto (R\$)	Economia Total (R\$)
Junho	22,0	25,6	562,61	562,61	1.125,22
Julho	12,1	25,6	309,92	309,92	619,84
Agosto	27,6	25,6	706,20	706,20	1.412,40
Setembro	23,0	25,6	589,36	589,36	1.178,72
Outubro	26,2	25,6	670,66	670,66	1.341,31
Novembro	24,8	25,6	635,08	635,08	1.270,17
Dezembro	6,4	25,6	162,57	162,57	325,14
Janeiro	5,8	25,6	148,32	148,32	296,65
Fevereiro	27,2	25,6	695,59	695,59	1.391,18
Março	5,0	25,6	126,84	126,84	253,69
Abril	26,4	25,6	675,64	675,64	1.351,29
Mai	5,0	25,6	126,84	126,84	253,69
TOTAL	211,5		5.409,64	5.409,64	10.819,28
Economia mensal R\$ 901,60					

Fonte: Elaborado pelo autor. 2020

Os resultados obtidos também podem ser analisados na Figura 50, onde a representação gráfica mostra mensalmente os valores de economia junto às barras de consumo de água acumulado de chuva e da concessionária, entre junho de 2019 e maio de 2020. Pode-se verificar que neste período, 7 meses apresentaram economia acima da faixa de R\$ 1.000 ao mês, representando uma economia de cerca de 10% em relação aos custos mensais de consumo de água da concessionária.

Figura 50 - Consumo de água da concessionária, consumo de água de chuva e economia gerada entre junho de 2019 e maio de 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando que o sistema de águas pluviais (SAAP) foi instalado em junho de 2011, a quantificação dos custos de instalação foi estimada em R\$ 18.000,00. Ghisi e Ferreira (2007) estimaram que tubos e conexões representam 15% do custo total do sistema. Desse modo, o valor total estimado da instalação foi de R\$ 20.700,00. O sistema não possui bombas elétricas, com a operação por gravidade até os pontos de consumo dos vasos sanitários e torneira de lavagem.

Com a economia total gerada neste período de estudo no valor de R\$ 10.819,28, é possível afirmar que o sistema obteve o retorno de seu investimento em cerca de 2 anos, pode-se considerar pago o investimento inicial. Não estão considerados neste cálculo, os custos de manutenção e operação do sistema.

4 CONCLUSÕES

O presente trabalho conseguiu atender os objetivos propostos ao monitorar o sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma instituição de ensino privada na cidade do Rio de Janeiro - RJ, verificando os aspectos qualitativos e quantitativos do objeto de estudo. Com os resultados encontrados, concluiu-se que:

Os parâmetros físico-químicos analisados a partir da coleta de amostras dos pontos específicos (PD, FF, RR e TL) do sistema atenderam satisfatoriamente os limites estabelecidos pela NBR 15527/2019 que define os parâmetros de qualidade da água de chuva para fins não potáveis e também pela Portaria nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

Os resultados encontrados nas análises de pH apresentaram médias de 6,32 e 6,79 no RR e na TL respectivamente, confirmando a adequação com relação ao especificado na NBR 15527/2019 e na Portaria nº 5/2017 do MS.

O parâmetro cor aparente apresentou resultados acima do limite de 15 µH estabelecido pela Portaria nº 5/2017 do MS no ponto FF, mas neste ponto de coleta a água é separada para descarte e os resultados encontrados nas etapas posteriores (RR e TL) comprovaram a eficiência e importância do sistema de *first flush* que diminuiu consideravelmente os valores para o parâmetro nos pontos seguintes.

O mesmo ocorreu nas análises de turbidez que apresentaram resultados superiores ao limite de 5 uT somente no FF e que também foi corrigido com a retenção desses primeiros minutos de chuva na etapa do *first flush* para posterior descarte. Concluiu-se também que a localização da área de captação do sistema contribui para os baixos valores encontrados nas análises de cor e turbidez devido a não interferência de fatores externos como galhos, folhas e até mesmo o material da telha que poderiam alterar significativamente essas análises.

Para os parâmetros de condutividade e alcalinidade foram realizadas comparações com trabalhos de outros pesquisadores, uma vez que estes apresentam limites não definidos (ND) pela Portaria nº 5/2017 do MS. Os resultados encontrados apresentaram-se abaixo de outros trabalhos que realizaram pesquisas similares.

Nas análises de dureza e cloreto não foram identificados valores que pudessem comprometer o funcionamento do sistema de acordo com os limites

estabelecidos. Ambos apresentaram resultados dentro do permitido e também se encontraram abaixo dos valores de outras pesquisas similares realizadas por autores diferentes.

A análise referente à estrutura e distribuição da comunidade microbiana apresentou que as amostras de águas pluviais coletadas possuem uma variada comunidade bacteriana e não possuem um padrão bacteriano permanente. Foi observado que as amostras analisadas no Grupo 1 apresentaram menos de 20% de similaridade com as amostras do Grupo 2. Pode-se atribuir a isto a alteração no regime pluviométrico dos meses de cada grupo e às características físico-químicas das amostras coletadas.

Apesar dos resultados encontrados, sugere-se que ocorram novos estudos sobre a variação na estrutura da comunidade microbiana em diferentes locais e sistemas de captação, como forma de desenvolver mais pesquisas a respeito do tema.

Os aspectos biológicos analisados apresentaram resultados que atenderam aos parâmetros estabelecidos pela NBR 15527/2019, que especifica os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis, que é a finalidade de uso na escola. Vale ressaltar que foi realizada apenas uma análise para este parâmetro e é necessário que a instituição realize periodicamente este tipo de monitoramento como é exigido pela norma.

Os benefícios gerados pelo aproveitamento da água de chuva foram constatados através das medições do volume de água consumida pelo SAAP no período de um ano. A pesquisa constatou que no período de junho de 2019 a maio de 2020 foram utilizados 211,5 m³ de água de chuva em descargas sanitárias, rega de jardins e torneira de limpeza. Este volume representa cerca de 10% do consumo geral da escola no mesmo período.

Economicamente este percentual é de grande importância tanto para economia de água potável do abastecimento urbano como para economia financeira. O estudo verificou que com os valores aplicados na instalação do sistema, foi possível obter retorno do investimento em aproximadamente 2 anos após o início de seu funcionamento.

O ambiente escolar possui fatores que tornam possível o emprego de fontes alternativas para consumo de água, uma vez que existem usos diversos. O aproveitamento de águas pluviais para atender, ao menos parte dessa demanda, se

demonstra eficiente e funcional, reduzindo custos e promovendo a importância do uso racional deste recurso.

Os ganhos na implementação de SAAPs em instituições de ensino vão além da questão financeira. O potencial como ferramenta de educação ambiental e estímulo sustentável pode ser explorado em conjunto com o fator econômico, considerando que ambos fazem parte de um mesmo sistema.

Apesar de apresentar um percentual considerável na comparação entre consumo de água de chuva e consumo de água da concessionária, foram identificados alguns pontos como sugestão de melhorias na eficiência do sistema analisado:

- É importante que a instituição atenda as orientações definidas pela atualização da NBR 15527/2019, realizando a manutenção do sistema de acordo com as informações apresentadas no documento.
- O uso de pastilhas de cloro deve ser realizado de forma correta, verificando a quantidade exata a ser inserida no sistema.
- Faz-se necessário a instalação de marcadores de consumo na entrada de água do sistema para manter a leitura constante do volume de captação que ocorre nos reservatórios no intuito de que a instituição continue o monitoramento do SAAP para buscar melhor aproveitamento do sistema existente, com qualidade e segurança após esta pesquisa.
- Pode ser verificada a possibilidade de atendimento a outras demandas além das que já utilizam água de chuva na escola.
- Tornar o sistema um exemplo para que outras instituições de ensino possam ser estimuladas a instalar estruturas semelhantes em suas dependências.
- Desenvolver práticas educacionais para apresentação aos alunos da escola.

Como recomendação de estudos futuros, propõe-se a continuidade de pesquisas com ênfase no estudo de comunidades microbianas em águas de chuva em diferentes locais e sistemas, devido a dificuldade em encontrar publicações sobre o tema.

O estudo de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em instituições de ensino deve ser melhor explorado como ferramenta de aproximação dos estudantes com a realidade hídrica que vivemos.

Recomenda-se também o uso do *software Power BI* como ferramenta de análise gráfica e dinâmica para estudo e apresentação dos dados de parâmetros físico-químicos em períodos seco e úmido.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527: Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16.782:2019 – Conservação de água em edificações –Diretrizes e procedimentos.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16.783:2019 – Uso de fontes alternativas não potáveis em edificações.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil - 2017.
- ALERTA RIO. Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro. Centro de Operações Rio. Rio de Janeiro, RJ, 2019. Disponível em: < <http://alertario.rio.rj.gov.br/2019-2/> > Acesso em 12 de jun.2020.
- ANNECCHINI, Karla Ponzo Vaccari. Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES). Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Vitória, 2005.
- ARIYANANDA, T. Rainwater as Safe Drinking Water. In: ASIA PACIFIC SKY WATER FORUM, 2005, Tokyo.
- BATISTA, Luciana Marques de Oliveira et al. O reúso de água residual: uma análise legal das possibilidades e desafios para o setor agroindustrial de Sousa–PB. 2019.
- BERTOLO, E. de J. P. Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações. 2006. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, /2006.
- BEZERRA, Stella Maris da Cruz et al. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527: 2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. Ambiente Construído, v. 10, n. 4, p. 219-231, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 set.
- BRITO, LT de L.; PEREIRA, L. A. Cisterna: água de chuva para consumo humano. Embrapa Semiárido-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E), 2017.
- BUDEL, Marcel Aramis. Estudo comparativo da qualidade da água de chuva coletada em cobertura convencional e em telhado verde. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) - Guia orientativo das normas de conservação de água, fontes alternativas não potáveis e aproveitamento de água de chuva em edificações./ Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília - DF: CBIC, 2019. 156p.:il. Autores: Virgínia Dias de Azevedo Sodré; Bruno Nogueira Fukasawa.

CARLI, L. N., De Conto, S. M., Beal, L. L., & Pessin, N. (2013). Racionalização do uso da água em uma instituição de ensino superior – Estudo de caso da Universidade de Caxias do Sul. *GeAS – Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 2(1), 143-165.

CETESB. Relatório da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2012.

CHRISTIAN AMOS, Caleb; RAHMAN, Ataur; MWANGI GATHENYA, John. Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: A review of the global situation with a special focus on Australia and Kenya. *Water*, v. 8, n. 4, p. 149, 2016.

CHRISTOFIDIS, D. Água, ética, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental. *BAHIA ANÁLISE & DADOS*, Salvador, v. 13, n. especial, p. 371-382, 2003.

COHIM, Eduardo; GARCIA, Ana; KIPERSTOK, Asher. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador, BA. 2008.

COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTO DO RIO DE (CEDAE). Estrutura tarifária. Disponível em: < <https://www.cedae.com.br/estruturatarifaria> > Acesso em 18 de jul.2020.

COPPETEC/INEA. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: [http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/GESTAODEAGUAS/InstrumentosdeGestodeRecHid/PlanosdeBaciaHidrografica/index.htm#ad-image-0Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH – 2014](http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/GESTAODEAGUAS/InstrumentosdeGestodeRecHid/PlanosdeBaciaHidrografica/index.htm#ad-image-0Plano%20Estadual%20de%20Recursos%20H%C3%ADricos%20-%20PERH%20-%202014)

CORDOVA, Marcelo Marcel; GHISI, Enedir. Aperfeiçoamento do programa computacional Netuno: análise econômica. Relatório de Iniciação Científica. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, 2009.

DA CRUZ, Wilians Montefusco; BLANCO, Claudio José Cavalcante. Aproveitamento De Água Pluvial Para Fins Não Potáveis Residenciais em Rio Branco–AC. *Exatas & Engenharia*, v. 7, n. 17, 2017.

DACACH, N. G. Saneamento Básico. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1981.

DANNI-OLIVEIRA, I. M.; BAKONYI, S. M. Condicionantes atmosféricos e a variabilidade das concentrações de MP total em Curitiba/PR. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE QUALIDADE DO AR. 2003.

DE ANDRADE NETO, Cícero Onofre. Aproveitamento imediato da água de chuva. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, v. 1, n. 1, p. 73-86, 2013.

DERECZYNSKI, Claudine Pereira; OLIVEIRA, Juliana Silva de; MACHADO, Christiane Osório. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n. 1, p. 24-38, 2009.

EL TUGOZ, Jamila; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor; BRANDALISE, Loreni Teresinha. Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 6, n. 1, p. 26-39, 2017.

FASOLA, Gabriel Balparda et al. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído, Porto Alegre*, v. 11, n. 4, 2011. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R.. Manual de utilização das águas pluviais: 100 maneiras práticas. Curitiba, PR: Chain, 2002.

FERNANDES, D. R. M., Medeiros Neto, V. B., & Mattos, K. M. da C. (2007) Viabilidade Econômica do Uso da Água da Chuva: Um Estudo de Caso da Implantação de Cisterna na UFRN/RN. *XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

FLORES, R. *et al.* Potencial de captação de água de chuva para abastecimento: o caso da cidade de Belém (PA, Brasil). *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, v. 8, n. 2, p. 69–80, 2012.

FORNARO, A.; GUTZ, I. G. R. Wet deposition and related atmospheric chemistry in the São Paulo metropolis, Brazil: Part 2 – contribution of formic and acetic acids. *Atmospheric Environment*. V. 37. n. 1, p. 117-128, 2003.

FRIEDLER, E. Water reuse an integral part of water resources management: Israel as a case study. *Water Policy*, v. 3, n. 1, p. 29–39, dez. 2001

FRIEDLER E.; LAHAV O.; JIZHAKI H.; LAHAV T. Study of urban population attitudes towards various wastewater reuse options: Israel as a case study. *Journal of Environmental Management* vol. 81 p. 360-370, 2006.

GANEM, Livia de Oliveira. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de assentamentos informais / Livia de Oliveira Ganem. – 2019. 189f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

GHANAYEM, M. Environmental considerations with respect to rainwater harvesting. IN: *RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS*, 10., 2001, Manheim. Proceedings. Germany, 2001.

GHALEB, Nagib et al. Quality Assessment of Rainwater from Rainwater Harvesting Systems in Jerdab, Kingdom of Bahrain. *International Journal of Engineering and*

Advanced Research Technology (IJEART) ISSN: 2454-9290, Volume-4, Issue-10, October 2018.

GHISI, Eneid; SCHONDERMARK, Pedro Neves. Investment feasibility analysis of rainwater use in residences. *Water resources management*, v. 27, n. 7, p. 2555-2576, 2013.

GNADLINGER, J. Tecnologias de captação e manejo de água de chuva em regiões semiáridas. *Tecnologias Apropriadas para Terras Secas-Manejo sustentável de recursos naturais em regiões semiáridas no Nordeste do Brasil*, p. 103-122, 2006.

GOMES, D.F. Estudo hidrológico, isotópico e da dinâmica do nível estático das águas subterrâneas e superficiais da região de Limoeiro do Norte, Baixo Jaguaribe-Ceará. 2005. 218f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Ceará

GOMES, Uende Aparecida Figueiredo et al. A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 1, p. 7-16, 2014.

GONÇALVES, A. do C. G., Dias, C. M. S., & Mota, M. R. A. (2014). Alargamento das funções da Escola: Educação Ambiental e Sustentabilidade. *ETD – Educação Temática Digital*, Campinas, SP, v. 16, n. 3, p. 551-569, nov. 2014. Recuperado em 17 de agosto, 2015, de <https://www.fe.unicamp.br/revistas/ged/etd/article/view/6680>.

GWENZI, Willis et al. Water quality and public health risks associated with roof rainwater harvesting systems for potable supply: Review and perspectives. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, v. 6, p. 107-118, 2015.

Instituto Estadual do Ambiente (INEA) - Sistema Hidráulico Paraíba do Sul. <http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/seguranca-hidrica/monitoramento-dos-reservatorios-do-paraiba-do-sul/> Acesso em 8 de dez.2019

Instituto Estadual do Ambiente (INEA) - Atlas dos mananciais de abastecimento público do Estado do Rio de Janeiro: Subsídios ao planejamento e ordenamento territorial. 2018

JACOB, R.V. B.; OHNUMA JR., A.A.; SICILIANO, W.C.; REIS, A.W.Q.R.; DE OLIVEIRA, I.T. Dry Consecutive Days for Estimation of Volumes of Pluvial Water Treatment Periods in the City of Rio de Janeiro. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*, Vol. 3, No. 10, pp.185-189. 2017.

JAQUES, R. C. Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações. 2005, 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

JONGMAN, Mosimanegape; KORSTEN, Lise. Microbial quality and suitability of roof-harvested rainwater in rural villages for crop irrigation and domestic use. *Journal of Water and Health*, v. 14, n. 6, p. 961-971, 2016.

JORDÃO, E. P.; SANTOS, A. S.. Reuso de Águas Servidas: Aula 02 – Normas e Padrões para Reuso de Águas Servidas. ABES, seção RS. 2015.

KOENIG, K. Rainwater harvesting: public need or private pleasure? *Water* 21, London: IWA, feb, p. 56-58, 2003.

KUS, B. et al. Analysis of first flush to improve the water quality in rainwater tanks. *Water science and technology*, v. 61, n. 2, p. 421-428, 2010.

LEAL, S.; LOPES, R.; MENDES, R. Aproveitamento da Água da Chuva na Amazônia : Experiências nas Ilhas de Belém / PA. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 19, n. 1, p. 229–242, 2014.

LIMA, Jeferson Alberto de et al. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, n. 3, p. 291-298, 2011.

Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília : Funasa, 2013. 150 p.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E.. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.

MARINOSKI, Ana Kelly; RUPP, Ricardo Forgiarini; GHISI, Enedir. Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. *Journal of environmental management*, v. 206, p. 28-39, 2018.

MARTINS, R. F. Avaliação da qualidade das águas de chuva de Florianópolis, Tubarão, Criciúma e São Martinho, com ênfase na caracterização das influências marinhas e continentais simuladas utilizando o modelo HYSPLIT. 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MATOS, M. Avaliação de risco em sistemas de captação e tratamento de água de chuva na região metropolitana de Belém. 2014. Dissertação de mestrado Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará - UFPA.

MAY, S. Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. - São Paulo. 222 p, 2009.

MEERA, V.; AHAMMED, M. Mansoor. Water quality of rooftop rainwater harvesting systems: a review. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, v. 55, n. 4, p. 257-268, 2006.

MEIRELES, A.C.M. et al. Sazonalidade da qualidade das águas do açude Edson Queiroz, bacia do Acaraú, no Semi-Árido cearense. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.1, p.25-31, 2007.

MENDONÇA, L. A. R.; SANTIAGO, M. O; FRISCHKORN, H; SASAKI, J. M. Problemas de cálcio na água de abastecimento de Nova Olinda – CE. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v.13, n. 3, p. 298-305, 2008.

MICHELINA, Aparecida de Fátima et al. Qualidade microbiológica de águas de sistemas de abastecimento público da região de Araçatuba, SP. Hig. aliment, p. 90-95, 2006.

MINIKOWSKI, Marcelo; MAIA, Adalena Gonçalves. Sistemas de aproveitamento de água de chuva no município de Irati (PR). Revista Acadêmica Ciência Animal, v. 7, n. 2, p. 181-188, 2009.

MOSLEY, L. Water quality of rainwater. SOPAC Miscellaneous Report 579, 2005

NUNES, Riane Torres Santiago. Conservação da água em edifícios comerciais: potencial de uso racional e reuso em shopping center. Rio de Janeiro: Tese (Doutorado)–Programa de Pós Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, v. 144, 2006.

OBRACZKA, M; CAMPOS, A. M. S.; SILVA, D. R.; ALVES, S. R.; FERREIRA, G. S. Estado da Arte e Perspectivas de Reúso de Efluente de Tratamento Secundário de Esgotos Sanitários na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Congresso ABES FENASAN 2017. São Paulo

OHNUMA JR., A. A. ; SILVA, L. P. ; PICCOLI, R. A. ; SILVA, W. A. ; GOMES, M. M. . A influência da poluição atmosférica na qualidade das águas pluviais. Hydro (São Paulo), v. IX, p. 60-65, 2014.

OHNUMA, A. A.; SILVA, L. P.; PICCOLI, R.; PEIXE, C. Qualidade de águas pluviais em regime de *first flush*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 10., 2014, São Paulo. Anais. São Paulo-SP: ABRH,

OLIVEIRA, Flávio Giro. *Análise da viabilidade de um sistema domiciliar de aproveitamento de águas pluviais na cidade do Rio de Janeiro*. 2020. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

OLIVEIRA, Jussara Clarissa Alves de Lima. Análise qualitativa de poluentes na água de chuva em diferentes cenários no semiárido pernambucano: zona urbana, zona rural e área industrial. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

OLIVEIRA, P. A. *et al.* Aproveitamento da água da chuva na produção de suínos e aves. EMBRAPA, Concórdia, 2013.

PEDROSO, L. P. Estudo das variáveis determinantes no consumo de água em escolas: o caso das unidades municipais de Campinas, São Paulo. Campinas, SP: [s.n.], 2008.

(https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/DIAGN%C3%93STICO_DO_USO_DA_%C3%81GUA_EM_UMA_ESCOLA_DE_TEMPO_INTEGRAL_E_CONSIDERA%C3%87%C3%95ES_SOBRE_O_USO_RACIONAL.pdf)

- PHILLIPPI, L. S.; VACCARI, K. P.; PETERS, M.R.; GONÇALVES, R.F. Aproveitamento da Água de Chuva. In: GONÇALVES, R. F. Uso Racional da Água em Edificações. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2006. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. p. 73-52. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/34521/000789725.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2019.
- PMRJ. PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro. Mapa 02. Hipsometria, Hidrografia e Sub-Bacias Hidrográficas: Brasil 2011. Rio de Janeiro: PMRJ, 2011.
- PORTO, Maria Anunciada Leal et al. Coliformes em água de abastecimento de lojas fast-food da Região Metropolitana de Recife (PE, Brasil). *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 16, p. 2653-2658, 2011.
- RECKZIEGEL, C. R.; BENCKE, G. M.; TAUCHEN, J. A. Cisternas para o aproveitamento de água da chuva: uso não potável em escolas municipais de Horizontina. v. 28, 2010.
- RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. de A. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher, 2013.
- ROSAS, Diogo Fernandes. A abordagem do tema água no ensino de ciências no Curso de Aperfeiçoamento Profissional em Restauração Ecológica ofertado pelo Instituto Terra. 2019. 52p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Ciências). Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Ensino de Ciências, Instituto Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.
- SACADURA, F. (2011). Análise de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Almada. 138 pp.
- Saneamento e saúde ambiental: saneamento básico rural. [Ebook] / Organizadores Paulo Sérgio Scalize, Nolan Ribeiro Bezerra. – Goiânia: CEGRAF UFG, 2020.
- SCHERER, F. A.. Uso racional da água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação. 2003. 257 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- SEEGER, Lília Mayumi Kaneda; SARI, Vanessa; PAIVA, E. M. C. D. Análise comparativa do aproveitamento da água da chuva na lavagem de veículos em duas cidades da Região Sul e Centro-Oeste. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, v. 17, p. 1-13, 2007.
- SICILIANO, W.C.; BASTOS, G.P. ; DE OLIVEIRA, I.T.; NUNES DA SILVA, G.; OBRACZKA, M.; OHNUMA JR, A.A . Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no município do Rio de Janeiro. *REVISTA INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS*, v. 8, p. 221-233, 2018.
- SILVA, Dayanne; CARVALHO, Vânia; BARBOSA, Ioná. Elaboração de projeto de captação de águas pluviais no IFPE–Campus Recife (Estudo de caso para o bloco

F). CIENTEC-Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE, v. 10, n. 1, 2019.

SOBRINHO, Renavan Andrade; NEVES, Raimundo Freitas. AÇÕES INTEGRADAS DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO ESTADO DA BAHIA: O ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE LAURO DE FREITAS (BA). Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, v. 3, n. 2, p. 100-108, 2015.

THOMAS, T. et al. Bacteriological quality of water in DRMH. IN: RAINWATER INTERNATIONAL SYSTEMS, 10., 2001, Manheim. Proceedings... Germany, 2001.

TOMAZ, P. A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água. Navegar Editora, São Paulo, 2001

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. Navegar Editora, São Paulo, 2005, 2ª ed., 180p. ISBN 85-87678-23-x, 2005.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. 4 ed. São Paulo, Navegar, 2011.

VITORIA A.R. Lopes, Guilherme Fernandes Marques, Fernando Dornelles, Josue Medellin-Azuara - Performance of rainwater harvesting systems under scenarios of non-potable water demand and roof area typologies using a stochastic approach, 2017

VON SPERLING, M.. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. Guidelines for drinking-water quality: first addendum to the fourth edition. 2017. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/drinking-water-quality-guidelines-4-including-1st-addendum/en/86212011000400006&lng=en&nrm=iso.

ZDEB, Monika; ZAMORSKA, Justyna; PAPCIAK, Dorota. Studying microbiology of rain water for of their use in economy. Journal of Ecological Engineering, v. 17, n. 3, 2016.

Anexo A – Resultados das análises dos parâmetros físico-químicos em amostras de águas pluviais

Data	Pontos	pH	Cor	Turbidez	Condutividade	Alcalinidade	Dureza	Cloreto
	PD	-	-	-	-	-	-	-
Coleta 1 Março/19	FF	6,39	5	9	91,3	0,52	1,7	1,5
	RR	6,51	9	0	41,7	0,38	0,6	1,1
	TL	6,15	6	0,13	46,7	0,34	0,8	1,2
Coleta 2 Abril/19	PD	7,87	15	0	72,5	1,37	1,7	0,4
	FF	6,53	19	4,3	132,2	0,52	1,3	1,6
	RR	5,46	15	0,46	24,5	0,27	0,7	0,6
Coleta 3 Maio/19	TL	6,09	12	0,37	45	0,2	1,3	1
	PD	7,44	14	0,53	73,2	1,35	1,7	0,6
	FF	6,31	63	29	44	0,44	1,3	0,6
Coleta 4 Junho/19	RR	6,3	9	0,18	24,5	0,27	0,7	0,7
	TL	6,7	3	0,25	60,9	0,58	1,3	1
	PD	-	-	-	-	-	-	-
Coleta 5 Julho/19	FF	6,25	10	1,46	176,5	0,38	3,5	2,1
	RR	6,32	4	0	75,5	0,32	1,4	1,5
	TL	6,16	1	0	75,4	0,36	1,5	1,1
Coleta 6 Agosto/19	PD	-	-	-	-	-	-	-
	FF	6,41	35	3	218	0,56	4,4	1,2
	RR	6,35	7	0,15	144,8	0,49	2,6	2,1
Coleta 7 Setembro/19	TL	7,01	10	0,88	64,3	0,68	1,3	1,2
	PD	-	-	-	-	-	-	-
	FF	6,39	82	15,8	120,2	0,57	1,6	1,8
Coleta 8 Outubro/19	RR	6,2	16	0,78	85	0,34	0,8	1,4
	TL	7	11	0	69,5	0,7	0,9	1,1
	PD	-	-	-	-	-	-	-
Coleta 9 Novembro/19	FF	5,92	40	7,5	213,7	0,34	5,9	2,1
	RR	5,19	2	10	97,9	0,17	2	0,9
	TL	6,7	6	10	61,2	0,64	1,2	1
Coleta 10 Dezembro/19	PD	-	-	-	-	-	-	-
	FF	6,2	19	85	99,2	0,34	2,6	1,3
	RR	6,6	13	0,17	23,58	0,32	0,6	0,5
Coleta 11 Janeiro/20	TL	6,8	13	0,26	71,2	0,66	1,1	1
	PD	7,77	8	1	97,1	-	-	-
	FF	6,41	83	101	106,7	0,34	1,7	1,9
Coleta 11 Janeiro/20	RR	6,36	1	0,17	42,3	0,3	0,7	1
	TL	6,77	2	0,01	63,7	0,62	1,4	1,2
	PD	-	-	-	-	-	-	-
Coleta 11 Janeiro/20	FF	6,49	147	107	139,5	0,97	2,8	1,9
	RR	6,44	7	0,12	25,2	0,31	1	0,7
	TL	7,36	6	0,21	58,6	0,56	1	0,5
Coleta 11 Janeiro/20	PD	7,78	33	1,77	48,9	-	-	-
	FF	6,55	48	10,4	56,2	0,27	1,4	0,7

	RR	7,25	7	0,46	26,4	0,3	0,7	0,5
	TL	7,65	0	0,32	64,6	0,7	1	1,2
	PD	-	13	0,3	16,2	0,36	0,4	0,4
Coleta 12	FF	6,78	54	4,9	18,37	0,34	0,4	0,6
Fevereiro/20	RR	6,8	5	0,43	17,81	0,33	0,4	0,4
	TL	7,13	11	0,54	66,7	0,57	0,9	1

Anexo B – Relatório de análise biológica para o *First Flush* (FF)



RELATÓRIO DE ENSAIO: 44457/2020-1.0

Proposta Comercial 820/2020-3

DADOS REFERENTES AO CLIENTE	
Empresa Solicitante:	Diogo Fernandes Rosas
Endereço:	Rua André Pinto, 178, Ramos - Rio de Janeiro/RJ - CEP: 21.031-790
Nome do Solicitante:	Diogo Fernandes
Dados para contato:	21 98747-4124 diogo.rosas@gmail.com

DADOS REFERENTES À AMOSTRA	
Identificação do ponto: First Flush	
ID do Projeto: Não Informado	Referência Oceanus: 1181035
Matriz: Água de Reuso	Data da amostragem: 30/04/2020 00:00
Data de emissão do R.E.: 15/05/2020	Data de recebimento: 30/04/2020
Tipo de Coleta: Simples	Coletor: Cliente
Temperatura de recebimento (°C): <5	

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA	
Microbiológico	
Início dos Ensaios: 30/04/2020	

Parâmetros	Unidade	LQ / Faixa	Fator de Diluição	Resultados
Escherichia coli	NMP/100mL	1,8	---	<1,8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1,8	---	<1,8
Coliformes Totais	NMP/100 mL	1,8	---	<1,8

Anexo C – Relatório de análise biológica para Reservatório (RR)



RELATÓRIO DE ENSAIO: 44458/2020-1.0

Proposta Comercial 820/2020-3

DADOS REFERENTES AO CLIENTE	
Empresa Solicitante:	Diogo Fernandes Rosas
Endereço:	Rua André Pinto, 178, Ramos - Rio de Janeiro/RJ - CEP: 21.031-790
Nome do Solicitante:	Diogo Fernandes
Dados para contato:	21 98747-4124 diogo.rosas@gmail.com

DADOS REFERENTES À AMOSTRA	
Identificação do ponto: Reservatório	
ID do Projeto: Não Informado	Referência Oceanus: 1181036
Matriz: Água de Reuso	Data da amostragem: 30/04/2020 00:00
Data de emissão do R.E.: 15/05/2020	Data de recebimento: 30/04/2020
Tipo de Coleta: Simples	Coletor: Cliente
Temperatura de recebimento (°C): <5	

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA	
Microbiológico	
Início dos Ensaios: 30/04/2020	

Parâmetros	Unidade	LQ / Faixa	Fator de Diluição	Resultados
Escherichia coli	NMP/100mL	1,8	---	<1,8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1,8	---	2,0
Coliformes Totais	NMP/100 mL	1,8	---	2,0

Anexo D – Relatório de análise biológica para Torneira de Limpeza



RELATÓRIO DE ENSAIO: 44459/2020-1.0

Proposta Comercial 820/2020-3

DADOS REFERENTES AO CLIENTE	
Empresa Solicitante:	Diogo Fernandes Rosas
Endereço:	Rua André Pinto, 178, Ramos - Rio de Janeiro/RJ - CEP: 21.031-790
Nome do Solicitante:	Diogo Fernandes
Dados para contato:	21 98747-4124 diogo.rosas@gmail.com

DADOS REFERENTES À AMOSTRA	
Identificação do ponto: Torneira Pátio	
ID do Projeto: Não Informado	Referência Oceanus: 1181037
Matriz: Água de Reuso	Data da amostragem: 30/04/2020 00:00
Data de emissão do R.E.: 15/05/2020	Data de recebimento: 30/04/2020
Tipo de Coleta: Simples	Coletor: Cliente
Temperatura de recebimento (°C): <5	

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA	
Microbiológico	
Início dos Ensaios: 30/04/2020	

Parâmetros	Unidade	LQ / Faixa	Fator de Diluição	Resultados
Escherichia coli	NMP/100mL	1,8	---	<1,8
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	1,8	---	<1,8
Coliformes Totais	NMP/100 mL	1,8	---	<1,8