UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

TAYS MARIA ROSADO DE SOUZA

POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E REÚSO DE ÁGUAS CINZAS NA UFPE: estudo de caso do prédio da faculdade de medicina

Recife

2018

TAYS MARIA ROSADO DE SOUZA

POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E REÚSO DE ÁGUAS CINZAS NA UFPE: estudo de caso do prédio da faculdade de medicina

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**.**

Orientadora: Profª. Drª. Sylvana Melo dos Santos

Recife

2018

Catalogação na fonte
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

S729p Souza, Tays Maria Rosado de.
Potencial de aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas na UFPE: estudo de caso do prédio da faculdade de medicina / Tays Maria Rosado. - 2018.
104 folhas, il., tabs., abr., sigl.

Orientadora: Profª. Drª. Sylvana Melo dos Santos.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2018.
Inclui Referências, Apêndice e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Água residuária. 3. Consumo. 4. Não potável. 5. Qualidade. 6. Diluição. 7. Tratamento. I. Santos, Sylvana Melo dos (Orientadora). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.) BCTG/2018-390

TAYS MARIA ROSADO DE SOUZA

POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA e REÚSO DE ÁGUAS CINZAS NA UFPE: estudo de caso do prédio da faculdade de medicina

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil

Aprovada em: 28 / 08 / 2018.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof.ª Dr.ª Sylvana Melo dos Santos (Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof.ª Dr.ª Leidjane Maria Maciel de Oliveira (Examinadora Externa)

Universidade Federal de Pernambuco

_____

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me deu saúde, paz e coragem para seguir meu caminho.

Agradeço à minha orientadora, Sylvana Santos, com seu exemplo e postura profissional admiráveis, que me aceitou como orientanda, me deu segurança, me abriu as portas, me mostrou caminhos e que me deu suporte profissional para realizar minha pesquisa.

Agradeço também à todos os professores do Grupo de Recursos Hídricos, que direta e indiretamente ajudaram em minha pesquisa, em especial ao professor Jaime Cabral, que desde a graduação tem sido um professor maravilhoso e inspirador, me orientando sempre que busquei ajuda.

Agradeço aos meus familiares que sempre estiveram próximos nessa jornada, me dando apoio em tudo que precisei, nas horas boas e ruins, são vocês que são meu porto seguro.

Aos meus amigos e colegas de trabalho que contribuíram com a minha evolução como pessoa e como profissional durante nossas conversas e reuniões. Em especial a Yan, Bruno, Paloma, Camila Brito e Camila Pires que me deram total apoio quando precisei, inclusive me ajudando nas coletas e análises para minha pesquisa.

À coordenação e equipe administrativa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, que com toda simpatia e eficiência me mostraram os caminhos e as soluções de tantos problemas que levei. Em especial a Andrea Negromonte, Cleide e Claudiana.

e por fim, aos técnicos e à equipe administrativa da faculdade de medicina, que me forneceram todas as informações relevantes à minha pesquisa, sempre com muita paciência e prestatividade. Em especial ao administrador do edifício Marcelo.

Gostaria também de agradecer à FACEPE (APQ-0888-3.07/15), pelo fomento ao projeto de pesquisa.

RESUMO

O aproveitamento de água de chuva e o reúso de águas cinzas em edificações, já vêm sendo praticados em alguns países mais desenvolvidos no âmbito sustentável, como os Estados Unidos e a Alemanha, como fonte alternativa ao suprimento de água potável. No Brasil, ainda há muito o que evoluir neste sentido, estas técnicas ainda são pouco difundidas e pouco utilizadas nas edificações brasileiras, porém algumas cidades já fazem uso dessa tecnologia, como medida mitigadora de escassez de água potável. Para que esta técnica seja mais difundida no Brasil é necessário que a população seja conscientizada dos benefícios do aproveitamento de água. Os usos dessas águas para fins não potáveis são os mais indicados, inclusive pelas legislações brasileiras que regem as diretrizes para os sistemas de aproveitamento de água de chuva e reúso de águas residuárias. Entre os usos não potáveis estão: a descarga em vasos sanitários, a irrigação de jardins e a lavagem de pisos. O reúso de águas cinzas e o aproveitamento de águas de chuva, também é indicado para reduzir o consumo de água potável em edifícios públicos, onde a demanda de água é considerável. Com o objetivo de verificar o atendimento do sistema de reúso de água cinzas e aproveitamento de águas pluviais implantado no prédio da faculdade de medicina na UFPE, foi estudada a demanda de água para descarga em bacias sanitárias e para uso nos lavatórios dos banheiros, e a área de captação de águas pluviais. Além disso, foi analisada a qualidade das águas do sistema antes e após a passagem pela estação de tratamento, bem como possíveis diluições dessa água residuária com águas pluviais, tendo sido analisados os parâmetros de turbidez, coliformes fecais, cloro residual, pH e STD, esses resultados foram comparados com a norma de reúso de águas servidas (NBR 13.969). Foi possível observar o enquadramento da água investigada na classe 3 (descarga em vasos sanitários). A diluição se mostrou uma importante forma de reduzir alguns parâmetros que podem melhorar a qualidade da água.

Palavras-chave: Água residuária. Consumo. Não potável. Qualidade. Diluição. Tratamento.

ABSTRACT

The use of rainwater and the reuse of gray water in buildings have already been practiced in some more developed countries in the sustainable field, such as the United States and Germany, as an alternative source for the supply of drinking water. In Brazil, there is still much to be done in this regard. The techniques used for the use of rainwater and the reuse of gray water are still scarce and less frequently used in Brazilian buildings, but some cities already use this technology as a mitigation measure of scarcity of potable water. For this technique to be more widespread in Brazil it is necessary that the population is aware of the benefits of water reuse. The uses of these waters for non-potable purposes are the most indicated, including Brazilian legislation governing the guidelines for rainwater harvesting and wastewater reuse systems. Among these non-potable uses are: flushing toilets, garden irrigation and floor washing. The reuse of gray water and the use of rainwater is also indicated to reduce the consumption of drinking water in public buildings, where water demand is considerable. With the objective of verifying the service of the gray water reuse system and rainwater utilization implanted in the medical school building at UFPE, it was studied the demand for water for discharging in sanitary basins and for use in the lavatories of the bathrooms, and catchment area. In addition, the water quality of the system was analyzed before and after the passage through the treatment plant, as well as possible dilutions of this wastewater with rainwater. The parameters of turbidity, fecal coliforms, redid chlorine, pH and TDS were analyzed, these results were compared with the wastewater reuse standard (NBR 13,969). It was possible to observe the classification of the water investigated in class 3 (discharge in toilets). Dilution has proven to be an important way to reduce some parameters that can improve water quality.

Keywords: Wastewater. Consumption. Not able. Quality. Dilution. Treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pedra Moabita..... 21

Figura 2 - Fortaleza dos templários..... 21

Figura 3 - Cisterna em Massada..... 22

Figura 4 - Chultuns. 22

Figura 5 - Percentual de água retirada dos corpos hídricos, no Brasil, por tipo de abastecimento. 26

Figura 6 - Principais metas do PLANSAB para 2033, no saneamento básico. 28

Figura 7 - Comparação do PLANSAB com o cenário atual. 29

Figura 8 - Representação espacial do índice médio de atendimento urbano por rede coletora de esgotos distribuídos por faixas percentuais, por estado..... 30

Figura 9 - Relação entre PIB per capita, em US$, e tratamento de esgoto por país..... 31

Figura 10 - Índices de perda de água no sistema de distribuição em países da Europa comparados com o Brasil..... 32

Figura 11 - Percentual da população conectada à rede de esgoto em países desenvolvidos, comparados com o Brasil 33

Figura 12 - Elementos do sistema de aproveitamento de água pluvial 43

Figura 13 - Grelha flexível para inserção no início da tubulação vertical..... 44

Figura 14 - Sistema de grade localizado sobre a calha..... 44

Figura 15 - Dispositivo de descarte automático baseado no princípio do fecho hídrico. 46
Figura 16 - Dispositivo de descarte automático baseado no princípio dos vasos comunicantes. 46
Figura 17 - Precipitações médias mensais (1998 – 2007) na área de estudo. 54
Figura 18 - Localização da Faculdade de Medicina do Recife na UFPE 56
Figura 19 - Torneira utilizada nos lavatórios da FMR..... 60
Figura 20 - ETE da FMR. 62
Figura 21 - Fluxograma do SRACAAP..... 63
Figura 22 - Autoclave vertical..... 65
Figura 23 - Poço de sucção, PS 65
Figura 24 - Reservatório inferior de água não potável, RIANP..... 65
Figura 25 - Turbidímetro. 67
Figura 26 - Sonda multiparâmetro Multi 350i..... 67
Figura 27 - Kit DPD da Alpha-kit..... 68
Figura 28 - Colorímetro digital..... 68
Figura 29 - Seladora. 69
Figura 30 - Estufa termo-regulável 69

Figura 31 - Esquema de diluição..... 69

Figura 32 - Amostras diluídas. 69

Figura 33 - Quadrados amarelos - Coliformes totais. 70

Figura 34 - Quadrados amarelos /Fluorecentes - Coliformes fecais..... 70

Figura 35 - Acionamentos/pessoa/dia para cada tipo de uso..... 74

Figura 36 - Balanço hídrico – considerando apenas água de chuva como oferta. 76

Figura 37 - Resultados de pH das análises de água. 77

Figura 38 - Resultados de Turbidez (uT) das análises de água..... 78

Figura 39 - Resultados de STD (mg/L) das análises de água. 80

Figura 40 - Resultados de cloro residual (mg/L) das análises de água..... 81

Figura 41 - Resultados de coliformes fecais (NMP/100 mL) das análises de água..... 82

Figura 42 - Tubos de quedas. 85

Figura 43 - Poço absorvente 85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual de consumo de água por uso em residências nos EUA. 23

Tabela 2 - Percentual de consumo de água por uso em residências em Malvern e Mansfield. 24

Tabela 3 - Percentual de consumo de água por uso em residências na Holanda..... 24

Tabela 4 - Percentual de consumo de água por uso em residências no Brasil. 25

Tabela 5 - Percentual de consumo de água por uso em residências em São Paulo..... 25

Tabela 6 - Padrões de qualidade previstos na NBR 13.969 (ABNT,1997).. 38

Tabela 7 - Padrões de qualidade da água NBR 15.527 (ABNT,2007)..... 40

Tabela 8 - Frequência de manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial. 40

Tabela 9 - Coeficiente runoff segundo Hofkes e Frasier (1975 apud may, 2009). 47

Tabela 10- Coeficiente runoff segundo Tomaz (2011)..... 47

Tabela 11- Coeficiente de runoff segundo leed existing buildings (2009 apud Tomaz, 2011). 48

Tabela 12- Precipitação pluviométrica acumulada, médias mensais e totais anuais..... 53

Tabela 13- Valor de z por nível de confiança..... 57

Tabela 14- Precipitação média mensal x Volume de chuva aproveitável..... 72

Tabela 15- Estimativa populacional por ambiente 73

Tabela 16- Balanço hídrico - considerando apenas a água de chuva como oferta. 75

Tabela 17- Concentrações de turbidez e percentuais de redução com relação à água residuária. 79
Tabela 18- Concentrações de std e percentuais de redução com relação à água residuária. 80
Tabela 19- Concentrações de cloro residual e percentuais de acréscimo com relação à água residuária 81
Tabela 20- Resumo dos resultados das análises e limites da NBR 13.969 (ABNT, 1997). 83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Água de Chuva
ADA	*American Dental Association*
ANA	Agência Nacional de Águas
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Climas
AR	Água Residuária
BS	Bacias sanitárias
CA	Caixa de areia
CC	Câmara de carga
CDHU	Companhia de Desenvolvimento de Habitação e Urbanismo
CNI	Confederação Nacional da Indústria
DP	Dosador de pastilhas de cloro
DPD	Dialquil –1,4- fenilenodiamino
EE	Estação elevatória
EPA	*Environmental Protection Agency*
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FBFA	Filtro Biológico de Fluxo Ascendente
FMR	Faculdade de Medicina de Recife
GR	Gradeamento
GF	Grelha flexível
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LV	Lavatórios
MMA	Ministério de Meio Ambiente

NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PCD	Plataforma de Coleta de Dados
pH	Potencial hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
OS	Poço de sucção
PVC	Policloreto de polivinila
RIANP	Reservatório inferior de água não potável
RSANP	Reservatório superior de água não potável
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SC	Superfície de captação
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SRACAAP	Sistema de Reúso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UM	*United Nations*
UNESCO	*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*
USP	Universidade de São Paulo
uT	Unidade de Turbidez
UV	Ultra violeta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 16

1.1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA 16

1.2 OBJETIVO..... 17

1.2.1 Objetivo geral..... 19

1.2.2 Objetivos específicos 19

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO 20

2 REVISÃO DA LITERATURA 21

2.1 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA E REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS..... 21

2.2 CONSUMO DE ÁGUA 23

2.3 COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO..... 27

2.4 TIPOS DE REÚSO DA ÁGUA – DE CHUVA E DE ÁGUAS CINZAS..... 33

2.5 REGULAMENTAÇÕES PERTINENTES 35

2.5.1 Normas técnicas internacionais quanto ao reúso de águas cinzas e aproveitamento de água de chuva..... 36

2.5.2 Normas técnicas brasileiras quanto ao reúso de águas cinzas..... 36

2.5.3 Normas técnicas brasileiras quanto ao aproveitamento da água de chuva..... 39

2.6 SISTEMAS DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES..... 42

2.6.1 Coeficiente de runoff..... 47

2.6.2 Parâmetros de qualidade da água..... 48

2.6.3 Conceitos estatísticos básicos..... 50

3 MATERIAIS E MÉTODOS 52

3.1 PLUVIOMETRIA DA ÁREA DE ESTUDO 52

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO INVESTIGADA 54
3.2.1 Detalhamento da edificação da Faculdade de Medicina do Recife..... 55
3.2.2 Caracterização dos usuários 56
3.2.3 Estimativa de consumo de água não potável na FMR. 58
3.2.4 Estimativa de oferta de água cinza na FMR 59
3.2.5 Sistema de captação e armazenamento da água 60
3.2.6 Sistema de tratamento..... 61
3.3 COLETA E ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA 64
3.3.1 Metodologia de coleta..... 64
3.3.2 Metodologia de análises 66
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 71
4.1 OFERTA DE ÁGUA PLUVIAL PARA SRACAAP NA FMR. 71
4.2 ESTIMATIVA POPULACIONAL DOS USUÁRIOS DO SRACAAP NA FMR. 72
4.3 PESQUISA COMPORTAMENTAL COM AMOSTRA REPRESENTATIVA... 73
4.4 OFERTA DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS PARA SRACAAP NA FMR. 74
4.5 DEMANDA DE ÁGUAS NÃO POTÁVEIS TRATADAS PELO SRACAAP NA FMR E ANÁLISE QUANTITATIVA DO SISTEMA..... 75
4.6 QUALIDADE DA ÁGUA ANTES E APÓS O TRATAMENTO 77
4.7 PROBLEMAS OBSERVADOS NO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA IMPLANTADO..... 84
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS 86
5.1 CONCLUSÕES 86
5.2 SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS 87
REFERÊNCIAS 88
APÊNDICE A - FORMULÁRIO PARA PESQUISA COMPORTAMENTAL. 94
ANEXO A - PLANTAS DA EDIFICAÇÃO. 95
ANEXO B – TABELA PADRÃO DO MÉTODO DE REFERÊNCIA IDEXX QUANTI-TRAY®/2000 MPN TABLE 100

1 INTRODUÇÃO

Nesta seção está apresentado um panorama geral sobre o uso de água no mundo, de forma que é possível mostrar a importância do reúso de águas servidas e o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. Assim como está descrito, nesta seção introdutória, os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

1.1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A água é o recurso natural essencial para sobrevivência dos seres vivos. No entanto, para atender ao crescimento populacional, ao desenvolvimento industrial e à agricultura, sua demanda tem aumentado consideravelmente nos últimos séculos, aumentando com isso a produção de águas residuárias no mundo. As projeções de crescimento populacional das Nações Unidas (UN, 2017) estimam que a população passará de 7,6 bilhões, registradas em 2017, para 9,7 bilhões em 2050 e em 2011 ultrapassará o marco de 11,0 bilhões de habitantes, esse crescimento populacional pode agravar ainda mais a crise no abastecimento hídrico mundial. Sendo assim, a demanda mundial por água tem aumentado a uma taxa de aproximadamente 1% por ano, e continuará a aumentar de forma significativa durante as próximas duas décadas. Atualmente, segundo relatório da Organização Educacional, Científica e Cultural das Nações Unidas (UNESCO, 2018), estima-se que 3,6 bilhões de pessoas vivem em áreas que apresentam uma potencial escassez de água por pelo menos um mês por ano, e essa população poderá aumentar para algo entre 4,8 bilhões e 5,7 bilhões até 2050.

Embora 2/3 da superfície da Terra seja coberto por água, 97,5% encontram-se nos mares e oceanos e restando apenas 2,5% de água doce. Desse total, 68,9% correspondem às geleiras e calotas polares situadas em regiões montanhosas; 29,9% são águas subterrâneas; 0,9% compõe a umidade do solo e pântanos e apenas 0,3% constitui a água doce armazenada nos rios e lagos, efetivamente disponível para uso em diferentes atividades, como pode ser observado na figura 2 (WBCSD, 2015).

A agricultura é o setor que domina 70% do uso de toda a água doce disponível no mundo. A tendência é que o gasto seja elevado em até 50% até 2025 nos países em desenvolvimento; e em 18% nos países desenvolvidos. Atualmente a agricultura é vista pela ONU (Organização das Nações Unidas) como alvo prioritário para as políticas de controle racional de água. Ainda segundo a ONU, o restante do consumo está distribuído entre indústria (22%) e uso doméstico (8%) (FAO-ONU, 2015).

Segundo Mizyed (2013), a reutilização de águas residuárias na agricultura é um opção estratégica para melhorar o abastecimento de água para irrigação de culturas nas regiões áridas e semiáridas da Cisjordânea. Outra nação que vem tentando combater a escassez de água potável com o reuso de águas residuárias na irrigação é a China, segundo Yi (2011), o país tem passado por um período de desenvolvimento urbano rápido gerando uma escassez de água potável generalizada, e a construção de sistemas de tratamento de águas residuárias possibilita que grandes volumes de água sejam recuperados.

Deste modo, questões sobre a conservação e preservação dos recursos hídricos estão sendo cada vez mais discutidas, buscando-se meios alternativos para o reaproveitamento da água de uma forma mais sustentável visando mitigar os problemas de escassez de água.

de acordo com Christofidis (2003), se a oferta de água renovável do país, ou de uma região, for menor que 4.650 L/pessoa/dia (1.700 m^3/hab/ano), a condição é de “alerta de escassez hídrica”. Se a disponibilidade estiver abaixo de 2.740 L/pessoa/dia (1.000 m^3/hab/ano), considera-se a condição de “escassez crônica” de água, situação em que não há folga para uso de água em produção agrícola, pecuária e industrial, em quantidade que permita o comércio em maior escala, a não ser com alta tecnologia de uso, reutilização e tratamento. Embora, em média, no Brasil ocorra um alto indicador de água renovável por ano (42.459 Km^3), alguns estados brasileiros apresentam uma situação que exige elevada capacidade de gerenciamento da água, por estarem em situação de “alerta de escassez hídrica”. Dentre os nove estados do nordeste, cinco estão nesta situação, a Paraíba e Pernambuco apresentam a menor disponibilidade hídrica, 1.327 e 1.175 m^3/hab/ano, respectivamente. Também estão nesta lista ao estados de Alagoas, Rio Grande do

Norte e Sergipe com disponibilidade de 1.545, 1.523 e 1.422 m³/hab/dia, respectivamente. O Distrito Federal também apresenta situação de “alerta de escassez hídrica”, com uma disponibilidade de 1.338m³/hab/dia.

Dentre essas alternativas de minimizar o problema da escassez de água, vêm sendo desenvolvidos métodos de aproveitamento da água da chuva e/ou de reutilização de efluentes domésticos para fins não potáveis. Vários são os usos possíveis dessas águas, entre eles estão: irrigação, lavagem de pisos, reserva de proteção contra incêndios, paisagismo, descargas sanitárias em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais, lavagem de automóveis, e usos industriais.

Aumentos na tecnologia de tratamento de água tornaram a reciclagem de água uma solução de engenharia viável para combater limitações de suprimento de água (RICE *et al*., 2016). Garcia e Pargament (2015) afirmaram que a reutilização de águas residuárias já é reconhecida como uma solução encorajadora para lidar com o problema escassez da em todo o mundo. Chen *et al*. (2017), acreditaram que, devido à rápida urbanização e à escassez de água, especialmente nas megacidades e zonas em rápido desenvolvimento, é necessário melhorar a gestão sustentável da água sem comprometer o desenvolvimento socioeconômico local. e que a reutilização da água é uma estratégia de gestão sustentável eficiente da água.

Meneses, Pasqualino e Castells (2010), em seu estudo sobre alternativas de tratamento águas e seu impactos ambientais, demonstraram que, quando comparado com água dessalinizada, fica claro que a água residuária é a melhor opção para aplicações não potáveis, devido ao elevado consumo de energia (e, portanto, alto impacto ambiental e custo operacional) das usinas de dessalinização.

Goodwin *et al*. (2017) avaliaram que o envelhecimento da infra-estrutura de abastecimento de água e crescimento da população, são questões características das megacidades, e são prováveis causas para exacerbar os déficits de abastecimento de água em Londres. Para lidar com essa ameaça, a recuperação de águas residuais e a reutilização de águas para fins não-potáveis pode potencialmente reduzir a lacuna entre oferta e demanda sem afetar a saúde da população.

A área de estudo de caso, o prédio da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), está localizada no *campus* Recife. o estudo dessa

edificação tornou-se interessante visto que, além da mesma já possuir um sistema de aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas instalado e em funcionamento, se trata de um edifício público, onde o consumo de águas é considerável, haja vista que há grande circulação de pessoas (docentes, discentes e técnicos). Sendo assim, em edifícios desse tipo, é maior a necessidade de conservação de água visto o impacto que estas edificações representam para o sistema de abastecimento público.

1.2 OBJETIVO

Os objetivos deste trabalho estão divididos em objetivos gerais e específicos.

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o sistema implantado de reúso de águas cinzas combinado com o sistema de aproveitamento águas de chuva em edificação dentro do *campus* da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), contribuindo para a gestão e o planejamento sustentável dos recursos hídricos no *campus*.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o perfil dos usuários do sistema.
- Avaliar o balanço hídrico (demanda x oferta) de água servida para reúso.
- Avaliar a qualidade da água residuária antes e após o tratamento por meio de análises laboratoriais das águas originadas na edificação em estudo.
- Avaliar a possibilidade de diluição da água residuária com água de chuva como alternativa para melhoria dos parâmetros de qualidade da água residuária.
- Avaliar a autonomia do edifício, caso fosse utilizado apenas água de chuva como fonte alternativa para águas não potáveis.
- Avaliar a possibilidade de reúso como consequência do enquadramento nas

classes previstas na NBR 13.969 (ABNT, 1997).

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Após esta seção introdutória segue o item 2. onde é feita uma revisão da literatura sobre o tema em estudo, onde são apresentados, no item 2.1, um breve histórico sobre o aproveitamento da água de chuva e reúso de águas cinzas, no subitem 2.2, um panorama geral sobre o consumo de água no Brasil e no mundo, no item 2.3 são apresentados os cenários nacional e internacionais quanto à coleta e tratamento de esgoto, no item 2.4 são expostos os tipos de reúso de água seguido, no subitem 2.5 das normas nacionais e internacionais quanto ao aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas, por fim no item 2.6 são apresentados detalhadamente cada componente do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais. No Item 3. encontram-se os materiais e métodos utilizados neste trabalho, no item 3.1 encontra-se a caracterização climatológica da área de estudo, em 3.2 é apresentada a caracterização da edificação estudada, onde são apresentados o detalhamento da edificação, a caracterização dos usuários, a estimativa de consumo de água não potável, a estimativa de oferta de água cinza ao sistema de tratamento e reúso, o detalhamento do sistema de captação e armazenamento de água, e por fim é detalhado o sistema de tratamento utilizado no edifício em estudo. No item 3.3 encontram-se as metodologias de coleta e de análises. Em seguida, no Item 4. são apresentados os resultados e discussões, no item 4.1 são calculados os volumes médios mensais de água de chuva aproveitáveis pelo sistema de aproveitamento de água de chuva, enquanto no item 4.2 é apresentada a estimativa populacional do edifício, no item 4.3 são apresentados os resultados dos acionamentos médios por utilização obtidos da pesquisa populacional, no item 4.4 é calculada a oferta de águas cinzas ao sistema de reúso, enquanto que no item 4.5 é calculada a estimativa de consumo de água não potável do edifício. Os resultados das análises de qualidade de água antes e após o tratamento são apresentados no item 4.6, e por fim no item 4.7 são relatados os problemas observados no sistema de aproveitamento e reúso de água de chuva implantado. O Item 5. destina-se às conclusões e recomendações deste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste item é apresentado um histórico sobre o aproveitamento da água de chuva e o reúso de águas servidas, um panorama geral sobre o consumo de água em residências pelo mundo, indicadores de coleta e tratamento de esgoto no Brasil comparados com o cenário internacional, os tipos de reúso de águas cinzas e pluviais e as legislações nacionais e internacionais pertinentes à estes usos.

2.1 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA E REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Não é de hoje que o sistema de aproveitamento de água de chuva vem sendo praticado, uma das inscrições mais antigas do mundo, a pedra Moabita (Figura 1), encontrada no oriente médio e datada de 830 a.C. sugeria que fosse construído um reservatório para aproveitamento de água de chuva em cada residência. Na cidade de Tomar, Portugal, na grande fortaleza e convento dos Templários (Figura 2), cuja construção teve início em 1160, existem dois reservatórios para aproveitamento de água de chuva, sendo um com 215 m^3 e outro com 145 m^3.

Figura 1 - Pedra Moabita.6

Fonte: Tomaz (2011).

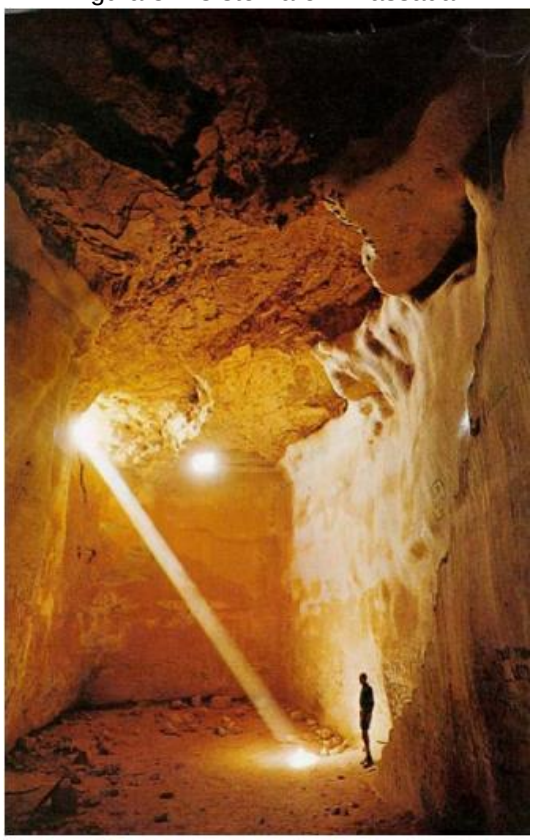
Figura 2 - Fortaleza dos templários.

Fonte: Tomaz (2011).

A famosa fortaleza de Massada, em Israel (Figura 3), é outro exemplo de aproveitamento de água de chuva na antiguidade, nela existem dez reservatórios cavados nas rochas com capacidade total de 40 milhões de litros (TOMAZ, 2011).

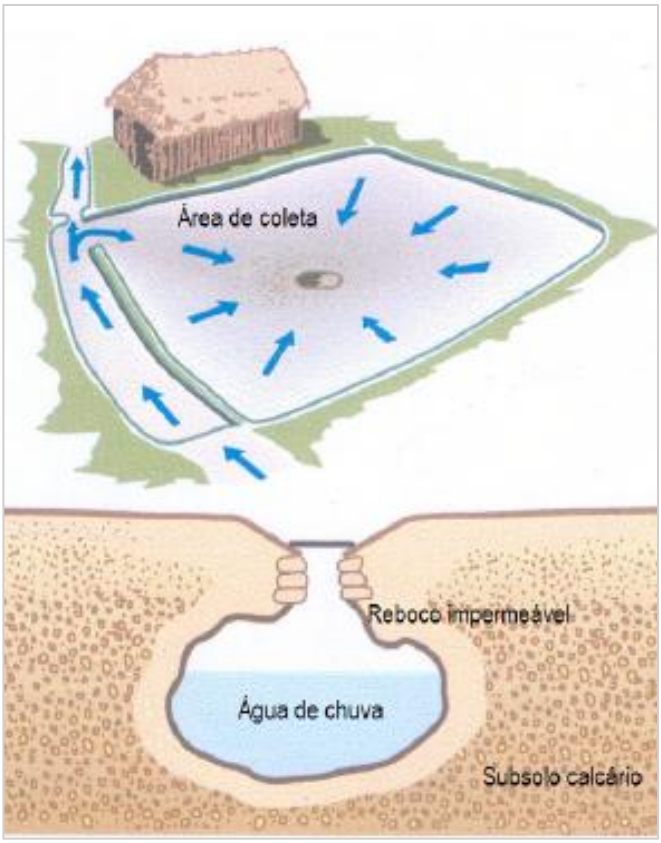
O povo Maya, que vivia na península de Yucatan no século X, onde hoje fica o México, também tinham o costume de aproveitar a água de chuva. Ainda hoje pode-se observar, ao sul da cidade de Oxkutzcab, as chamadas chultuns (Figura 4), que eram cisternas com capacidade de 20.000 a 45.000 L para aproveitamento de água da chuva na agricultura (GNADLINGER, 2000).

Figura 3 – Cisterna em Massada.



Fonte: Tomaz (2011).

Figura 4 - Chultuns.



Fonte: Gnadlinger (2000).

No palácio de Knossos, na Ilha de Creta, aproximadamente em 2000 a.C., eram aproveitadas as águas de chuva para descargas em bacias sanitárias. Em 2750 a.C., na Mesopotâmia, utilizava-se água de chuva. Foram descobertos em 1885, em Roma, doze reservatórios subterrâneos com entrada superior. Cada unidade tinha uma capacidade de 98 m^3, utilizados para abastecimento público

(TOMAZ, 2011). Ainda em Creta, Liebmann e Meure (1979 *apud* FELIZATTO, 2001) acreditavam que o reúso de águas residuárias, comprovada pela associação com as construções dos sistemas de esgotamento dos palácios e das cidades antigas da Civilização Minóica de 3000 a 1200 a.C., foi necessário para atividades de dessedentação de animais, de lavagem de piso e de irrigação dos campos agrícolas, onde eram levadas através de canais, devido aos vários períodos de grave escassez de água em consequência das condições climáticas, bem como para maximizar a utilização dos limitados recursos hídricos.

2.2 CONSUMO DE ÁGUA

Segundo Brow e Caldwell (1986 *apud* TOMAZ, 2000), no consumo interno de água de uma residência nos EUA, o vaso sanitário é o aparelho que consome maior volume de água. Apresenta-se na Tabela 1 os percentuais de consumo residencial nos EUA, apresentados por Tomaz (2000), percebe-se pelos pelos percentuais apresentados uma discrepância muito grande entre os valores de consumo interno de água por tipo de uso residencial, variando de 35% para bacias sanitárias e 2% para lavagem de pratos, esse valor exacerbado para as bacias sanitárias pode ser justificado pelo modelo das descargas utilizadas ou à vazamentos de no sistema de descarga.

Tabela 1 - Percentual de consumo de água por uso em residências nos EUA.

Consumo interno	**% de consumo**
Bacia sanitária	35%
Lavagem de roupas	22%
Chuveiros	18%
Torneiras	13%
Banhos	10%
Lavagem de pratos	2%
Total	100%

Fonte: Tomaz (2000).

Segundo Thackray, Cocker e Archibald (1978), em estudo semelhante, realizado nas cidades de Malvern e Mansfield, nos Estados Unidos, a bacia sanitária

também se mostrou o aparelho que consome maior volume nas residências (Tabela 2).

Tabela 2 - Percentual de consumo de água por uso em residências em Malvern e Mansfield.

Consumo Interno		% de consumo	
		Malvern	Mansfield
Lavagem de carros	Mangueira	0,1%	-
	Balde	0,4%	-
Rega de jardins		3,9%	2,1%
Irrigação de Gramado		0,3%	0,1%
Banho	Banheira	15,1%	-
	Chuveiro	1,1%	-
Bacias sanitárias		30,7%	33,6%
Triturador de lixo		0,3%	-
Máquina de lavar		7,7%	9,9%
Tanque		2,8%	4,1%
Lavadoura de louças		0,3%	0,3%
Uso básico		37,1%	33,2%
Total		100%	100%

Fonte: Thackray, Cocker e Archibald (1978).

Já na Holanda, em estudo realizado por Qasim (1994 *apud* TOMAZ, 2000), o vaso sanitário atingiu 41% do consumo total, e também representa o maior volume consumido de água residencial. O consumo residencial e respectivos percentuais observados na Holanda estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Percentual de consumo de água por uso em residências na Holanda.

Consumo interno	% de consumo
Bacia sanitária	41%
Banho e Lavagem de roupas	37%
Cozinha – água para beber e cozinhas	2 a 6%
Cozinha – Lavagem de pratos	3 a 5%
Cozinha – disposição de lixos e	0 a 6%
Lavanderia	4%
Limpeza e arrumação geral da casa	3%
Rega de jardim	3%
Lavagem de carro	1%
Total	100%

Fonte: Tomaz (2000).

No que se refere ao cenário brasileiro, segundo dados apresentados por May (2009), sobre estudos realizados pela Universidade de São Paulos (USP), pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e pela empresa DECA, os maiores consumos residenciais destinam-se ao vaso sanitário, ao chuveiro e à pia de cozinha. Os percentuais de consumo observados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Percentual de consumo de água por uso em residências no Brasil.

Consumo interno	**% de consumo**		
	USP	**IPT**	**DECA**
Bacia sanitária	29%	5%	14%
Chuveiros	28%	54%	46,7%
Lavatório	6%	7%	11,7%
Pia da cozinha	17%	17%	14,6%
Tanque	6%	10%	4,9%
Maquina de lavar roupas	5%	4%	8,1%
Máquina de lavar louças	9%	3%	-
Total	100%	100%	100%

Fonte: May (2009).

Rocha (1999 *apud* BARRETO, 2008) citou estudo realizado entre 1997 e 1998, em prédio de quatro pavimentos de um conjunto habitacional da Companhia de Desenvolvimento de Habitação e Urbanismo (CDHU), na zona sul da cidade de São Paulo. Os percentuais de consumo apresentados nesse estudo estão apresentados na Tabela 5.

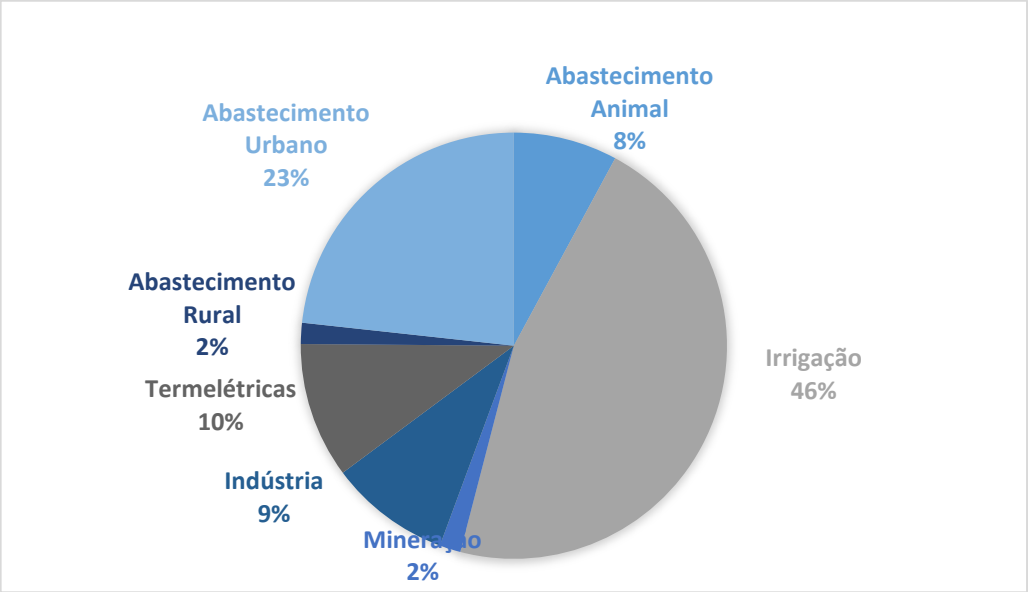
Tabela 5 - Percentual de consumo de água por uso em residências em São Paulo.

Consumo interno	**% de consumo**
Bacia sanitária(caixa acoplada 6l)	5%
Chuveiro	55%
Lavadoura de roupas	11%
Lavatório	8%
Pia	18%
Tanque	3%
Total	100%

Fonte: Barreto (2008).

Pode-se observar nas Tabelas 1 a 5 que os percentuais de consumo de água residencial nas descargas de vasos sanitários no Brasil são inferiores aos demonstrados para os EUA e Holanda. Segundo May (2009), o consumo de água residencial constitui mais da metade do consumo de água nas áreas urbanas. de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA) são retirados 2.098 m³/s de água de corpos hídricos para abastecimento no Brasil, deste total, 23,3% são para consumo urbano (ANA, 2017). (Figura 5)

Figura 5 - Percentual de água retirada dos corpos hídricos, no Brasil, por tipo de abastecimento.



Fonte: ANA (2017).

ANA (2017) estima que a demanda por uso de água no Brasil terá um aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. A previsão é de que, até 2030, a retirada aumente 30%. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país. Esta crescente pressão sobre os mananciais, as limitações da disponibilidade hídrica e os problemas de gestão dos mananciais subterrâneos são os principais fatores que motivam a busca de novas fontes hídricas, sendo necessários mananciais cada vez mais distantes e uma crescente complexidade da infraestrutura hídrica para o atendimento das demandas. Nesse contexto, é importante ressaltar a necessidade de intensificar a gestão sobre

a demanda, incentivando o uso mais racional da água e o controle das perdas físicas nos sistemas de água, em torno de 36% na média para o Brasil (ANA, 2017).

Do ponto de vista da oferta de água, 46% das cidades brasileiras apresentam vulnerabilidades associadas à produção de água e 9% necessitavam de novas fontes hídricas. O Nordeste é a região onde concentra, proporcionalmente, mais cidades que necessitam de novos mananciais devido à sua característica de baixa disponibilidade hídrica, principalmente no Semiárido. Já no Sudeste, essa necessidade é devida às elevadas concentrações populacionais urbanas (ANA, 2017).

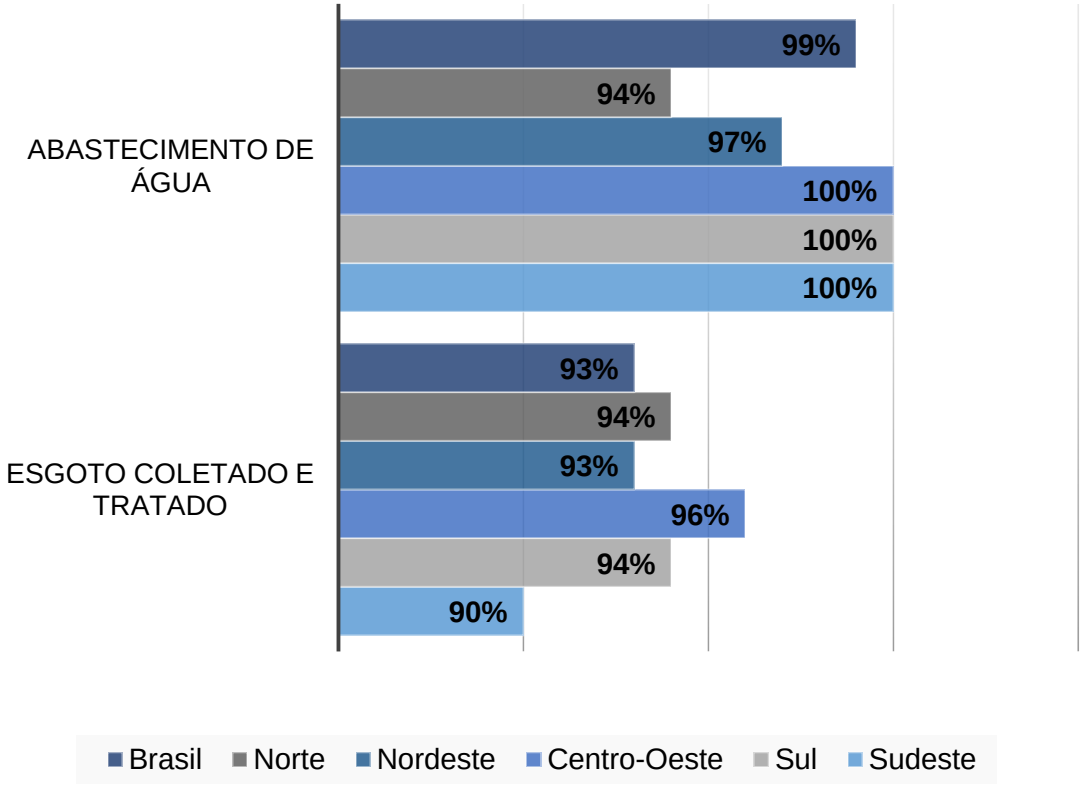
Como uma forma alternativa para combater o problema de escassez na região do semiárido nordestino, desde 2003 o programa social, promovido pelo Governo Federal do Brasil em parceria com a ASA (Articulação para o Semi-árido), “P1MC - Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semi-árido: Um Milhão de Cisternas Rurais”, vem construindo reservatórios para captação e armazenamento de água para famílias de baixa renda. Além disso, implementa um processo de formação, baseado na educação para a convivência com o semiárido e na participação das pessoas e grupos na implantação de políticas públicas (ASA, 2018).

2.3 COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO

Da água retirada dos corpos hídricos para abastecimento urbano, uma parte é consumida e outra retorna ao ciclo hidrológico sob a forma de esgotos sanitários. Baixos índices de coleta e tratamento de esgotos comprometem a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, principalmente próximo às áreas urbanas, impactando na saúde da população e até mesmo inviabilizando o atendimento de usos a jusante, especialmente o abastecimento humano. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018), as cidades brasileiras geram cerca de 9,1 mil ton.DBO/dia, uma taxa de 390,6 m^3/s, de esgotos sendo que 45% não recebem nenhum tipo de tratamento, 43% são tratados nas estações de tratamento de esgoto e 12% são encaminhados às fossas sépticas.

Aprovado em 2013, o PLANSAB (Plano Nacional de Saneamento Básico) definiu diretrizes, metas e ações para que o Brasil atinja a universalização do saneamento básico até 2033. Segundo o SNSA (2013), de acordo com as metas, o desafio da universalização está posto para os serviços de abastecimento de água potável e de coleta de resíduos domiciliares em todas as áreas urbanas, em 2023 e 2033, respectivamente, bem como para a instalação de unidades hidrossanitárias em todo o país até 2033. Além disso, o PLANSAB sustenta que as perdas na distribuição de água devem atingir níveis entre 29 e 33%, exigindo dos prestadores esforços específicos para seu enfrentamento. Considerando as principais metas do PLANSAB para 2033 (Figura 6), prevê-se alcançar, em todo território nacional, 99% de cobertura no abastecimento de água potável, sendo 100% na área urbana, e de 92% no esgotamento sanitário, sendo 93% na área urbana.

Figura 6 - Principais metas do PLANSAB para 2033, no saneamento básico.

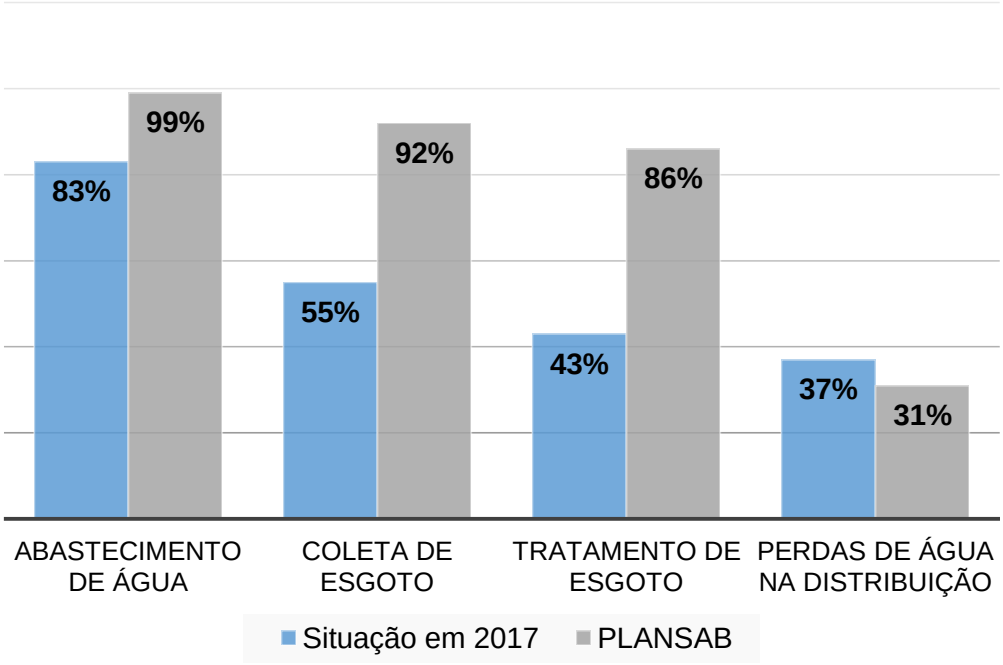


Fonte: SNSA (2013).

No entanto, no contexto atual do saneamento básico brasileiro, os níveis efetivos estão muito abaixo das metas do PLANSAB, conforme apresentado na

Figura 7, em que está mostrada a comparação dos principais indicadores da meta do PLANSAB com o contexto atual.

Figura 7 - Comparação do PLANSAB com o cenário atual.

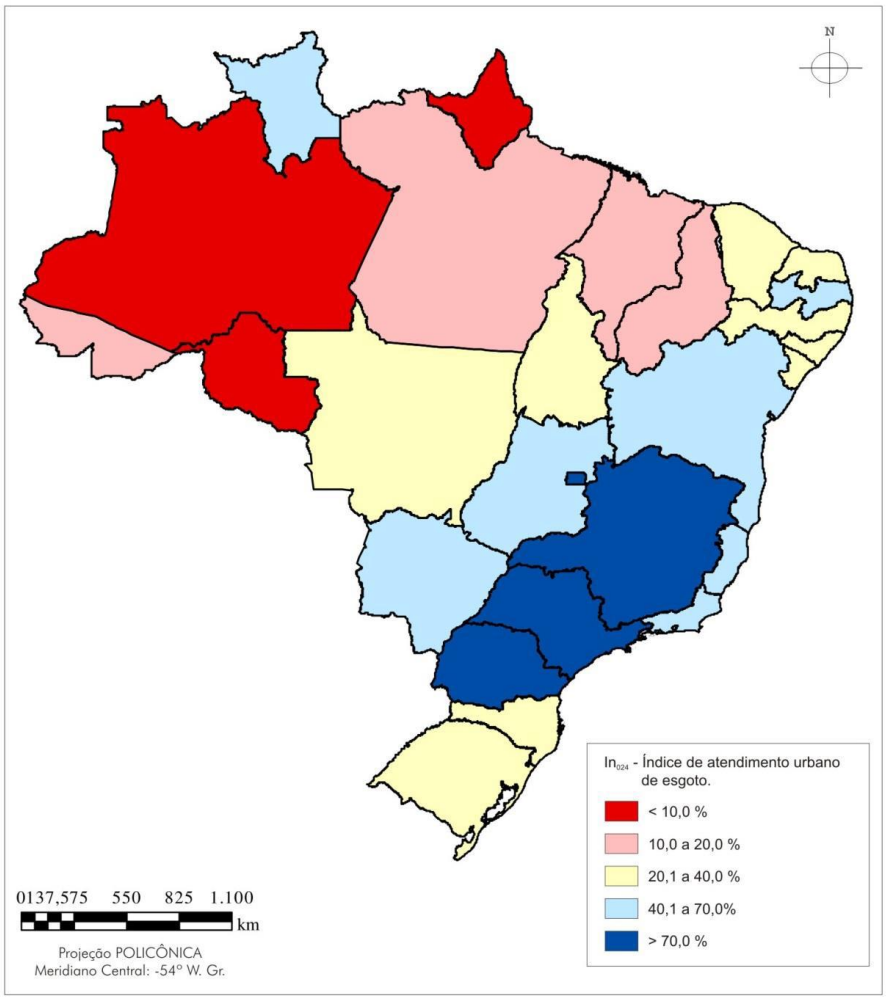


Fonte: SNIS (2018).

Dados do SNIS mostram que cerca de metade (55,2%) da população brasileira têm acesso ao serviço de coleta de esgoto e apenas 42,7% do esgoto gerado é tratado. Igualmente grave no Brasil, as perdas de água, somadas físicas e comerciais, são consideráveis. Além de insuficiente, a infraestrutura de água no Brasil é altamente ineficiente, e segundo os últimos dados do SNIS, a média de perdas na distribuição no país chegou a cerca de 37%, e as perdas de faturamento totais somaram 35% em 2013 (SNIS, 2018).

Na Figura 8 apresenta-se a distribuição do índice de atendimento urbano de esgoto no cenário brasileiro indicando a criticidade da situação, uma vez que apenas três estados apresentam percentual maior que 70%.

Figura 8 - Representação espacial do índice médio de atendimento urbano por rede coletora de esgotos distribuídos por faixas percentuais, por estado.

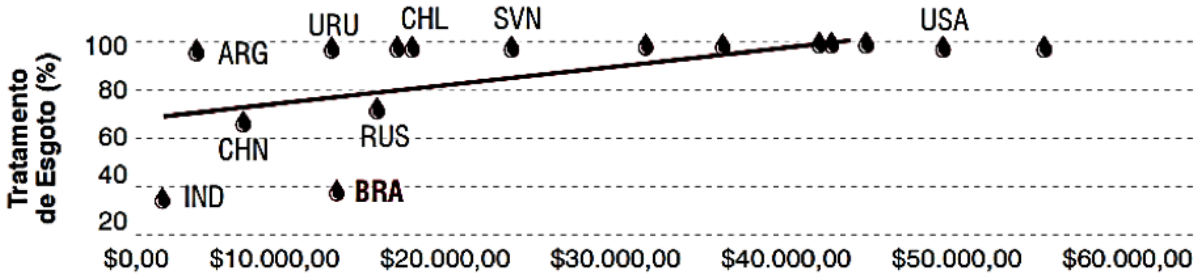


Fonte: SNIS (2018).

Apesar dos avanços alcançados nos últimos anos, este setor continua enfrentando uma série de desafios à universalização dos serviços. No cenário internacional o Brasil também se mostra bastante atrasado em relação à coleta e ao tratamento de esgotos. de acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI), a trágica situação do saneamento brasileiro é refletida nos precários indicadores de saneamento, consequência dos investimentos insuficientes no setor. Assim, a comparação do Brasil com uma amostra de outros países e de outros setores de infraestrutura no Brasil sugerem uma anomalia no caso brasileiro. Dado o nível de PIB (Produto interno bruto) per capita do Brasil, o país deveria ter mais saneamento (CNI, 2017).

Dados do *World Bank*, apresentados em relatório da CNI, mostram que em relação à tendência, Figura 9, há uma associação positiva entre PIB per capita e tratamento de esgoto. Seria esperável que, para o nível de PIB *per capita* do Brasil, a cobertura de tratamento de esgoto fosse maior (CNI, 2017).

Figura 9 - Relação entre PIB per capita, em US$, e tratamento de esgoto por país.



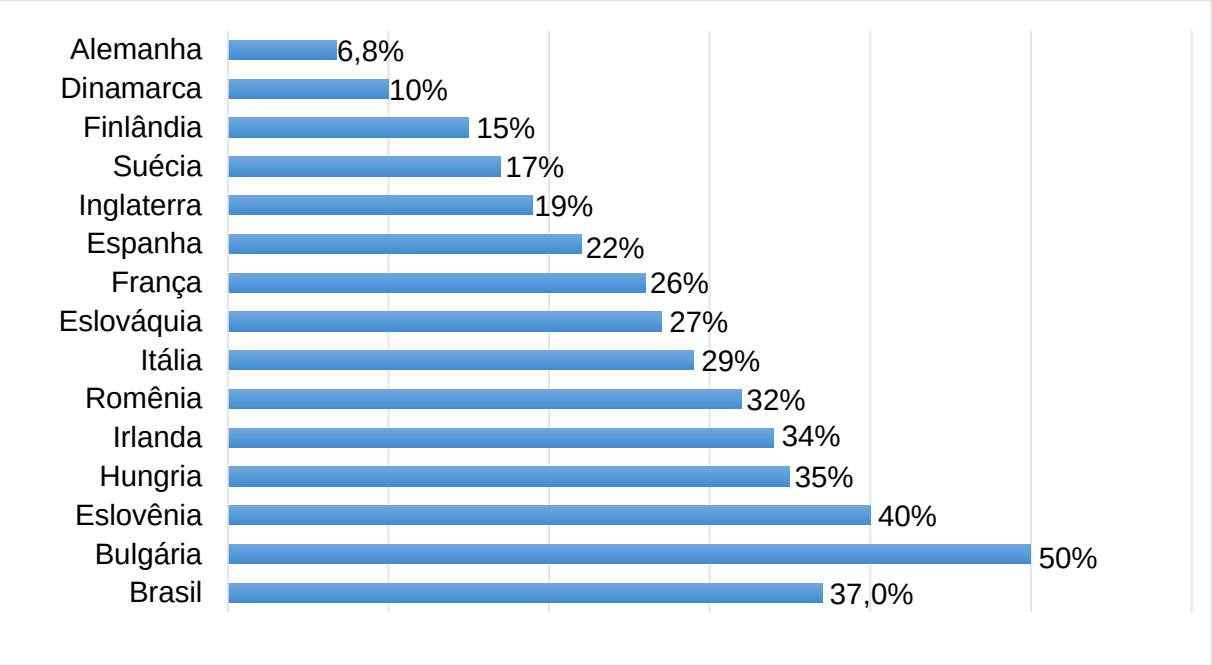
Fonte: CNI (2017).

De acordo com a Lei Estadual No. 7.750 (SÃO PAULO, 1992), que dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento e dá outras providências, o principal objetivo do serviço de esgotamento sanitário é impedir o contato de despejos com a população, com a água de abastecimento e irrigação de alimentos, inibindo os vetores patógenos e reduzindo custos médios hospitalares, além de controlar a poluição e manter o ambiente saudável. Portanto o saneamento básico é definido nesta Lei como “as ações, serviços e obras considerados prioritários em programas de saúde pública, notadamente o abastecimento público de água e a coleta e o afastamento de esgotos”, e é essencial para o controle e prevenção de doenças, a qualidade de vida da população, o incentivo a produtividade e o desenvolvimento socioeconômico do país.

No cenário internacional, de acordo com Umweltbundesamt (2014), a Alemanha é um dos países que se destaca por possuir um dos menores índices de perdas de água e maior disponibilidade de águas para a população. No país, de acordo com um estudo desta agência federal ambiental da Alemanha, menos de 20% dos recursos hídricos para abastecimento são utilizados, ou seja, mais de 80% da água disponível permanece intacta e aproximadamente 99% dos alemães têm acesso ao sistema de água. Para o agência, a infraestrutura do sistema de

abastecimento de água da Alemanha é avançada, em que são raros os acidentes com os canos de transporte de água e as interrupções no abastecimento são praticamente inexistentes o que acarreta nos baixos índices de perdas de água (UMWELTBUNDESAMT, 2014). Os dados de 2008, mostrados na Figura 10, mostram que o nível de perdas de água na Alemanha era o mais baixo entre as principais nações europeias.

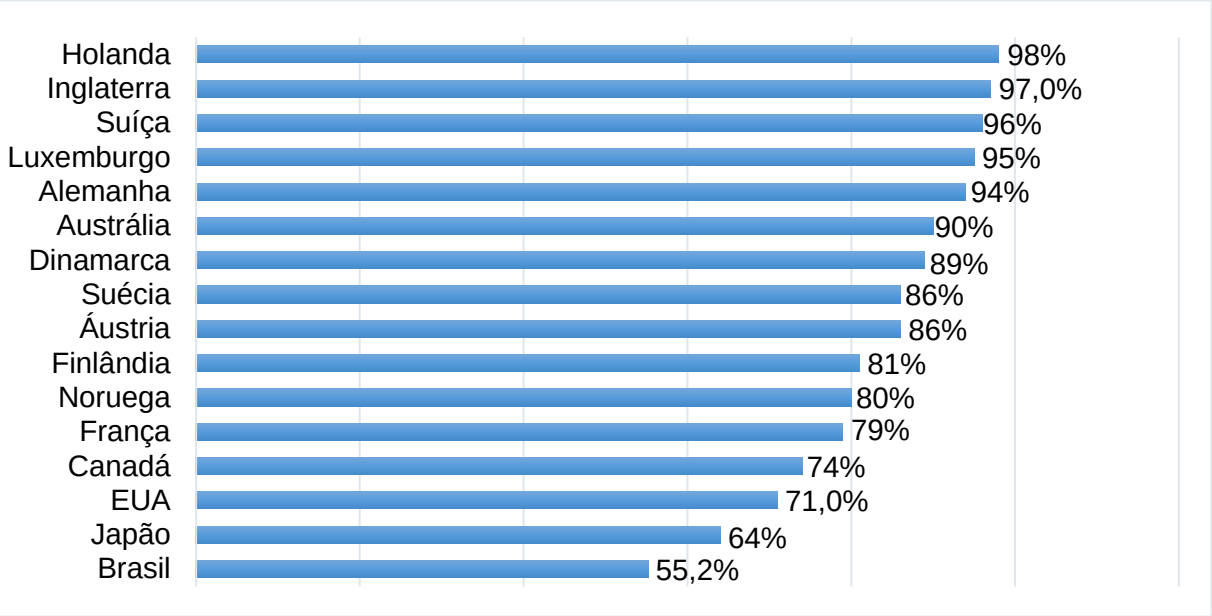
Figura 10 - Índices de perda de água no sistema de distribuição em países da Europa comparados com o Brasil.



Fonte: Adaptado de Umweltbundesamt (2014).

Segundo o *World Bank* (2006), o orçamento nacional japonês é utilizado principalmente para a construção de instalações de controle de inundações e sistemas de tratamento de esgoto. O *World Bank* (2006) estima que 40% do orçamento voltado para o setor de saneamento é investido em controle de inundação, e outros 35% em sistemas de tratamento de esgoto. A expansão do sistema de tratamento de esgoto é um dos principais objetivos japoneses relacionados ao saneamento, uma vez que a proporção da população no Japão com acesso a tratamento de esgoto em 2005 foi de apenas 64%, uma das mais baixas entre os países desenvolvidos (Figura 11).

Figura 11 – Percentual da população conectada à rede de esgoto em países desenvolvidos, comparados com o Brasil.



Fonte: Adaptado de *World Bank* (2006).

2.4 TIPOS DE REÚSO DA ÁGUA – DE CHUVA E DE ÁGUAS CINZAS

As águas residuárias residenciais podem ser classificadas como águas claras, cinzas e negras. As águas claras são aquelas de origem pluvial, já as águas cinzas são as provenientes de tanques, pias, lavatórios e chuveiros, contendo contaminantes químicos, sólidos em suspensão, óleos e graxas. Por último, as águas negras são aquelas que apresentam elevada contaminação de origem orgânica (fezes e urina) (ERCOLE, 2003).

Atualmente, na maioria das edificações no Brasil a água potável é utilizada para a realização de quase todas as atividades sem uma análise prévia da qualidade da mesma. de acordo com Oliveira *et al*. (2007), o conceito do uso racional para a conservação da água consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por água de qualidade inferior. Segundo Telles e Costa (2007), reúso ou reaproveitamento da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é utilizada para o mesmo ou outro fim. de acordo com os autores,

essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não e são detalhados a seguir conforme apresentado por Telles e Costa (2007).

- Reúso indireto não planejado: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada, caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição e autodepuração).
- Reúso indireto planejado da água: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são descarregados nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico. O reúso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendem ao requisitos de qualidade do reúso objetivado.
- Reúso direto planejado das águas: ocorre quando os efluentes depois de tratados são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local de reúso não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com o maior ocorrência destinando-se ao uso em indústria ou irrigação. Quando o reúso for para fins potáveis, o que não é recomendado pela OMS (Organização Mundial de Saúde), o efluente se dirige a uma estação de tratamento de água para posterior distribuição.
- Reciclagem de água: é o reúso interno de água antes desta sofrer qualquer tipo de tratamento ou ser destinada para o descarte. A reciclagem funciona como fonte suplementar de abastecimento do uso original e é um caso particular do reúso planejado.

Segundo Antonopoulou, Kirkou e Stasinakis (2013), o reúso direto planejado das águas requer tratamento prévio, onde devem ser aplicados diferentes tipos de tratamento para essas águas baseados no tipo de contaminante. Tratamentos

físicos e químicos poderiam ser aplicados tanto para águas cinzas quanto para águas negras de modo a produzir água não potável de baixa qualidade. Uma vez que ambos contêm principalmente resíduos orgânicos.

De acordo com Ushijima *et al.* (2015), tratamentos minuciosos, como sedimentação e filtração de areia/solo oferecem os requisitos mínimos de qualidade de água não potável que pode ser usada na irrigação de grama e plantas. Além disso, a vegetação pode se beneficiar dos nutrientes remanescentes encontrados na água cinza, como nitrogênio, fósforo e potássio, segundo Khan *et al.* (2013). Já para a utilização de água de reúso para higiene humana, como chuveiros ou vasos sanitários com descarga, uma combinação de digestão aeróbica e filtração por membrana poderia ser usada para a remoção de matéria orgânicas e bactérias, segundo Schäfer, Nghiem e Oschmann (2006, *apud* WILCOX *et al.*, 2016).

2.5 REGULAMENTAÇÕES PERTINENTES

Esta seção apresenta normas técnicas nacionais e internacionais quanto ao reúso de águas servidas e aproveitamento de água de chuva.

2.5.1 Normas técnicas internacionais quanto ao reúso de águas cinzas e aproveitamento de água de chuva.

A Associação Internacional para Aproveitamento de Água de Chuva (*International Rainwater Catchment Systems Association* – IRCSA), realiza congressos a cada 2 anos, tendo sido o último na China em 2013, com o objetivo de promover e avançar a tecnologia dos sistemas de captação de águas pluviais no que diz respeito ao planejamento, desenvolvimento, gestão, ciência, tecnologia, pesquisa e educação em todo o mundo, além de estabelecer um fórum internacional para engenheiros, cientistas e administradores e interessados neste campo. Nesses congressos também se elaboram diretrizes internacionais sobre a tecnologia, com o objetivo de colaborar e apoiar programas internacionais (IRCSA, 2018).

No que se refere às normas técnicas no cenário internacional, na Alemanha a norma DIN 1989-1(2002) é destinada à utilização de água de chuva, em que estabelece diretrizes para o planejamento, a execução, a operação e a manutenção

dos sistemas de aproveitamento de água de chuva. Nos Estados Unidos a EPA (*Environmental Protection Agency*), percebendo a necessidade de estabelecer um guia com abrangência nacional para o reúso de água, publicou um guia contendo as diretrizes para o Reúso de Água (EPA, 2012). A finalidade foi apoiar as diretrizes estaduais e locais, uma vez que, não havia nos Estados Unidos regulamentação federal para o reúso de água. As Diretrizes para o Reúso de Água abordam diversos sistemas de reúso de água, não só para uso local, mas principalmente sistemas municipais de água de reúso, apontando assim a importância da gestão integrada da água. Embora as diretrizes sejam destinadas principalmente a reutilização da água derivada de efluentes municipais tratados, há uma série de outras fontes de água alternativas que são frequentemente considerados e geridos de uma forma semelhante. Algumas das mais importantes alternativas de reúso da água incluem o reúso individual e o local de águas cinzas e águas pluviais.

Segundo EPA (2012), apesar dos evidentes benefícios do aproveitamento de águas pluviais, não existem atualmente normas federais nos Estados Unidos que regem a captação de águas pluviais para uso não potável, e as políticas e regulamentos promulgados nos níveis estaduais e locais variam muito de um local para outro.

2.5.2 Normas técnicas brasileiras quanto ao reúso de águas cinzas

Existem basicamente duas normas que tratam de reúso de água no Brasil: a Resolução N°54 (CNRH, 2005) e a NBR 13.969 (ABNT, 1997), que têm abrangência nacional.

A Resolução Nº 54, descreve, ainda que sucintamente, as modalidades para prática de reúso direto não potável:

- Reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, cultivo de florestas plantadas; edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

- Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais;
- Reúso na aqüicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.
- Reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola.

A Resolução Nº 54 (CNRH, 2005) ainda determina que, a não ser que haja grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deverá ser utilizada em atividades que tolerem águas de qualidade inferior; para fins agrícolas, ambientais, indústrias e aquicultura. Essa resolução é uma norma geral, enquanto a NBR 13969 (ABNT, 1997), que não é específica para reúso, tem um item dedicado ao tema, inclusive com a definição de classes de água de reúso e indicação de padrões de qualidade, que descreve as unidades de pós-tratamento e sugere alternativas de disposição final de efluentes líquidos de tanques sépticos.

A NBR 13.969 (ABNT, 1997) define que o esgoto tratado que tenha origem essencialmente doméstica ou com características similares deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como, irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagísticas dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens, etc. Admite-se também que o esgoto tratado em condições de reúso possa ser exportado para além do limite do sistema local para atender à demanda industrial ou outra demanda da área próxima. No caso de utilização como fonte de água para canais e lagos para fins paisagísticos, dependendo das condições locais, pode ocorrer um crescimento intenso das plantas aquáticas devido à abundância de nutrientes no esgoto tratado. Neste caso, deve-se dar preferência à alternativa de tratamentos que removam eficientemente o fósforo do esgoto.

A NBR13.969 (ABNT, 1997) classifica as águas de acordo com seus respectivos usos:

- Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.
- Classe 2: Lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.
- Classe 3: Reúso nas descargas dos vasos sanitários.
- Classe 4: Reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

E define os padrões de qualidade para as água e acordo com o uso destinado para essas águas. (Tabela 6)

Tabela 6 - Padrões de qualidade previstos na NBR 13.969 (ABNT, 1997).

Classes	Turbidez (uT)	pH	STD (mg/L)	Cloro residual (mg/L)	OD (mg/L)	Coliformes fecais (NMP/100ml)
Classe 1	< 5	6,0 e 8,0	< 200	0,5 e 1,5	-	< 200
Classe 2	< 5	-	-	> 0,5	-	< 500
Classe 3	< 10	-	-	-	-	< 500
Classe 4	-	-	-	-	>2,0	< 5000

Fonte: NBR 13.969 (ABNT 1997).

A NBR 13.969 comenta ainda sobre os sistemas de reservações e de distribuição. O reúso local de esgoto seguro e racional tem como base um sistema de reservação e distribuição, que deve ser identificado de modo claro e inconfundível para não ocorrer uso errôneo ou a mistura com o sistema de água potável ou outros fins.

2.5.3 Normas técnicas brasileiras quanto ao aproveitamento da água de chuva

Atualmente, somente a NBR 15.527 (ABNT, 2007) fornece requisitos para o aproveitamento pluvial em áreas urbanas, como parâmetros de qualidade e diretrizes que podem ser seguidas quando se pretende utilizar esse tipo de sistema. São conceitos definidos na NBR 15.527 (ABNT, 2007):

- Água de chuva: água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas, telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais.
- Água não potável: água que não atende à Portaria n° 518 (MS, 2004).
- Área de captação: área, em metros quadrados, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada.
- Coeficiente de escoamento superficial (coeficiente de runoff) – C: coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície.
- Conexão cruzada: qualquer ligação física através de peça, dispositivo ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais uma conduz água potável e a outra água de qualidade desconhecida ou não potável.
- Demanda: consumo médio (mensal ou diário) a ser atendido para fins não potáveis.
- Escoamento inicial: água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos.
- Suprimento**:** fonte alternativa de água para complementar o reservatório de água de chuva.

Esta norma define ainda que os padrões de qualidade da água podem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista, porém sugere padrões de qualidade para usos mais restritivos e não potáveis, bem como a frequência de análise (Tabela 7).

Tabela 7 - Padrões de qualidade da água NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Parâmetros	Análise	Faixa
Coliformes totais	Semanal	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes	Semanal	Ausência em 100ml
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/l
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, ou <5,0uT para usos menos restritivos
Cor aparente	Mensal	< 15uH
pH	Mensal	6,0 a 8,0 - tubulação de aço, carbono ou galvanizado

Fonte: NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Para a desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar derivado de clorado, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante deve ser usado derivado clorado. A NBR 15.527 (ABNT, 2007) define as condições gerais para a concepção do sistema de aproveitamento de águas pluviais, calhas e condutores, reservatório de descarte e reservatório de armazenamento, além da periodicidade de manutenção do sistema (Tabela 8).

Tabela 8 - Frequência de manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT (2007).

A Norma NBR 15.527 (ABNT, 2007) descreve alguns métodos de dimensionamento de reservatório de acumulação de águas pluviais como o Método de *Rippl*, método da simulação, método Azevedo Neto, método prático alemão, método prático inglês e o método prático australiano. Algumas cidades brasileiras já possuem leis que definem a coleta de água pluvial para algumas edificações como forma de minimizar inundações.

Em Recife desde 2015 entrou em vigor a Lei Municipal Nº 18.112 (RECIFE, 2015), que dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação de telhados verdes, e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. A Lei Municipal Nº 18.112 (RECIFE, 2015) obriga a implantação de

reservatórios de águas pluviais em lotes com área superior a 500 m², edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 25% da área total do lote. Esses reservatórios de águas pluviais podem ser:

- Reservatórios de acumulação: destinados ao acúmulo de águas pluviais para reaproveitamento com fins não potáveis, com captação exclusiva dos telhados, e poderão ser construídos na área de solo natural, correspondendo em até 10% desta área;
- Reservatórios de retardo: destinados ao acúmulo de águas pluviais para posterior descarga na rede pública, captadas de telhados, coberturas, terraços, estacionamentos, pátios, entre outros.

Em São Paulo, desde 2002 a Lei Municipal No. 13.276 (SÃO PAULO, 2002) torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Esta Lei obriga a instalação de um sistema que conduza toda água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos ao reservatório. A água contida pelo reservatório deverá preferencialmente infiltrar-se no solo, podendo ser despejada na rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser conduzida para outro reservatório para ser utilizada para finalidades não potáveis. e os estacionamentos em terrenos autorizados, existentes e futuros, deverão ter 30% de sua área com piso drenante ou com área naturalmente permeável.

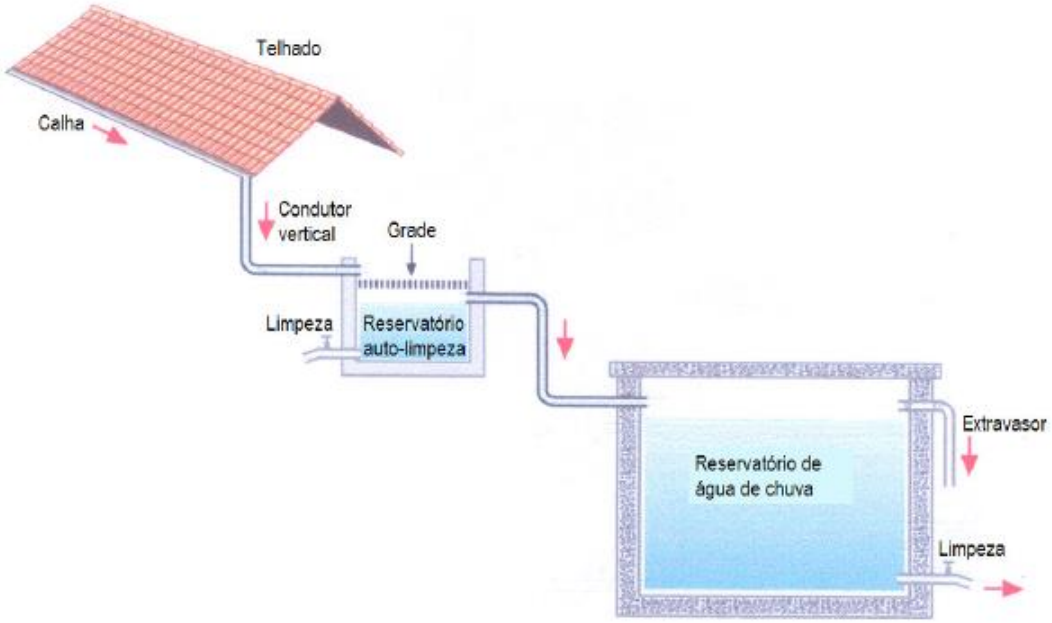
No município de São Leopoldo, no Rio Grande do Sul, a Lei Municipal N° 8.473 (SÃO LEOPOLDO, 2016) determina a adoção de reservatórios de água das chuvas, visando o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem, e incentiva o aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis. Nela o município torna obrigatória inclusão de projeto para construção de reservatório que retarde o escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem pública nos empreendimentos, cujos projetos arquitetônicos sejam protocolados para aprovação junto ao município de São Leopoldo, e cuja área impermeabilizada seja igual ou superior a 300m².

Em Curitiba, no Paraná, foi aprovada a Lei Municipal Nº 10.785 (CURITIBA, 2003) que cria o programa de conservação e uso racional da água nas edificações – PURAE, que tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, ao uso racional e à utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. Segundo esta Lei, a água das chuvas deve ser captada na cobertura das edificações e encaminhada para uma cisterna ou tanque, para ser utilização em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da rede pública de abastecimento, tais como: rega de jardins e hortas; lavagem de roupa; lavagem de veículos; e lavagem de vidros, calçadas e pisos. de acordo com Curitiba (2003), as águas servidas devem ser direcionadas, através de encanamento próprio, para reservatório destinado a abastecer as descargas dos vasos sanitários e, apenas após tal utilização, será descarregada na rede pública de esgotos. Ainda de acordo com a lei, o combate ao desperdício quantitativo de água, compreende ações voltadas à conscientização da população através de campanhas educativas, abordagem do tema nas aulas ministradas nas escolas integrantes da rede pública municipal e palestras, entre outras, versando sobre o uso abusivo da água, métodos de conservação e uso racional da mesma.

2.6 SISTEMAS DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES

Segundo Tomaz (2011), para a coleta da água da chuva é necessária a instalação de condutores horizontais, condutores verticais, dispositivos para filtragem, descarte da água de limpeza do telhado e materiais grosseiros, e reservatório de armazenamento da água (Figura12).

Figura 12 - Elementos do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: Tomaz (2011).

Descreve-se a seguir cada um dos componentes do sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais:

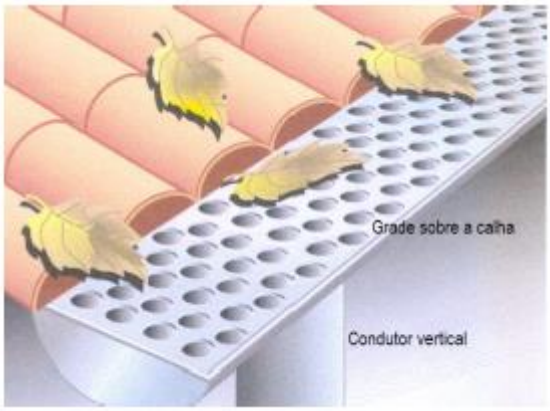
- Áreas de captação: são geralmente telhados, lajes ou áreas Impermeáveis como estacionamentos, calçadas e pátios. de acordo com Tomaz (2011), a mais comum é a captação da água dos telhados, por apresentar melhor qualidade, visto que áreas sobre a superfície do solo geralmente sofrem a influência direta do tráfego de pessoas e veículos. A captação em telhados também possibilita que na maioria dos casos a água atinja o reservatório de armazenamento por gravidade, o que facilita o projeto. O material do qual é constituído o telhado é importante para a definição do coeficiente de escoamento superficial, que determina quanto da água precipitada se transforma em escoamento. Segundo Mendez et al. (2011), o material do telhado influencia diretamente a qualidade da água coletada, visto que a água da chuva pode reagir quimicamente com o material do telhado e liberar substâncias na água coletada. Um exemplo dessas reações pode ser visto em estudo realizado em Gana, por Akoto, Appiah e Boadi (2011), onde foram constatados presença de Pb e Cd em telhados de argila, amianto e metal.

- Calhas e tubulações: a condução das águas precipitadas sobre as coberturas da instalação predial pluvial usualmente é feita por meio de calhas, condutores, grelhas, dentre outros componentes, que podem ser encontrados em diversos materiais, porém os mais utilizados são em PVC (policloreto de polivinila) e metálicos (alumínio e aço galvanizado). de acordo com Tomaz (2011), as seções das calhas possuem as mais variadas formas, dependendo das condições impostas pela arquitetura, bem como dos materiais empregados na confecção das mesmas. Após a água escoar pelas calhas, os tubos de queda, ou verticais, conduzem as águas das calhas às redes coletoras que poderão estar situadas no terreno ou presas ao teto do subsolo no caso dos edifícios e/ ou pavimentos, ou despejar livremente na superfície do terreno. Para que não ocorram entupimentos dos condutores, o sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais deve ser munido de peneiras ou grelhas (Figuras 13 e 14) para a retenção do material grosseiro, como galhos e folhas.

Figura 13 – Grelha flexível para inserção no início da tubulação vertical.

Fonte: Tigre (2018).

Figura 14 – Sistema de grade localizado sobre a calha.



Fonte: Waterfall (2002 *apud* MAY, 2009).

- Sistema de descarte: de forma geral, conforme explicitado por Texas Guide to Rainwater Harvesting (1997 apud BERTOLO, 2006), a água da chuva é a água natural mais macia, com dureza zero a ser empregada em todos os fins práticos. Quase não apresenta minerais nem sais dissolvidos, e a sua qualidade é próxima da qualidade da água destilada. Por outro lado, haja vista às concentrações de poluentes, e outras impurezas nas águas pluviais, que, segundo Tomaz (2011)

são maiores nos primeiros milímetros da chuva, devido ao acúmulo de poeira, fezes de animais, galhos e folhas de árvores na superfície de captação, recomenda-se a instalação de dispositivo autolimpeza para descarte dos primeiros milímetros da água da chuva.

Carvalho *et al.* (2018) avaliaram o comportamento de um dispositivo projetado para desviar e armazenar automaticamente a primeira descarga de água da chuva. Os autores utilizaram precipitação artificial em uma instalação experimental visando identificar quantos milímetros de água da chuva deveriam ser desviados para preservar a qualidade da água da chuva, e em seguida projetaram e testaram um dispositivo de tubulação de PVC para armazenar o primeiro milímetro de água da chuva. Os resultados indicaram que a poluição mais significativa da água da chuva é escoada com o primeiro milímetro de chuva, e o desvio promoveu a remoção de 98% e 100% do total de coliformes e *Escherichia coli*, respectivamente. O comportamento bacteriológico foi mantido nas fases subsequentes. de acordo com os autores, o dispositivo foi capaz de preservar a qualidade da água da chuva na maior parte do tempo, satisfazendo as necessidades de consumo para os parâmetros de turbidez e cor. Observaram também que o desempenho satisfatório do dispositivo foi confirmado no campo, comportando-se como uma barreira sanitária para a proteção da qualidade das águas pluviais.

Souza *et al*. (2011) estudaram o desempenho de dois dispositivos de descarte automático de água de chuva que diferem entre si pelo princípio físico de funcionamento, fecho hídrico (Figura 15) e vasos comunicantes (Figura 16), a partir do qual a água captada no telhado segue para a cisterna. Os resultados apresentados pelos autores indicaram que os dispositivos de descarte utilizados tiveram influência positiva em reduzir substancialmente a concentração de importantes parâmetros indicadores da qualidade da água, como turbidez, coliformes totais e bactérias heterotróficas totais, configurando-se como eficientes barreiras sanitárias para melhoria da qualidade da água encaminhada às cisternas.

Figura 15 – Dispositivo de descarte automático baseado no princípio do fecho hídrico.

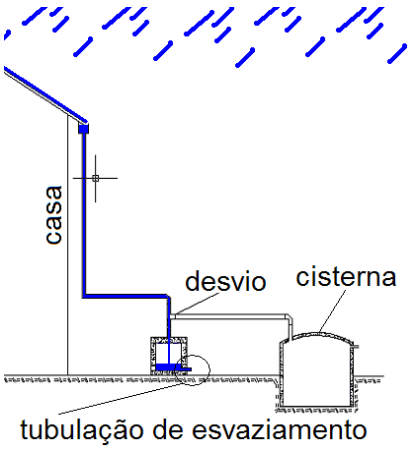
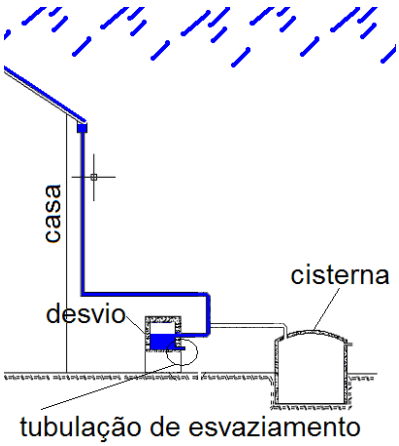


Figura 16 – Dispositivo de descarte automático baseado no princípio dos vasos comunicantes.



Fonte: Souza *et al.* (2011).

- Armazenamento: o reservatório de armazenamento tem a função de reter e acumular a água captada pelo telhado, que é conduzida pelo sistema através da calha e armazenada em cisternas ou caixas d'água, devidamente protegida da luz e do calor. O reservatório de água da chuva, por ser o componente mais dispendioso do sistema, deve ser projetado de acordo com as necessidades do usuário e com a disponibilidade pluviométrica local para dimensioná-lo corretamente, sem inviabilizar economicamente o sistema. A cisterna pode ser apoiada, semi apoiada, enterrada ou elevada, e ser construída com diferentes materiais, como: concreto armado, blocos de concreto, alvenaria de tijolos, aço, plástico, poliéster, polietileno e outros. Sistemas sem bombeamento também podem ser utilizados, porém tem o inconveniente da possibilidade de contaminar a água da cisterna pela introdução de objetos para a remoção da água. Para o dimensionamento desse reservatório deve-se levar em consideração, entre outros fatores, a área de cobertura, o material do telhado, coeficiente de *Runoff* (perda de água por evaporação, vazamentos, lavagem do telhado, etc.) e a disponibilidade pluviométrica da região para que, com esses dados, sejam aplicados os métodos para cálculo do volume desse reservatório, o mais utilizado é o de *Rippl* por apresentar a vantagem de ser flexível com relação aos dados de entrada para o cálculo.

- Tratamento: o tratamento dado à água pluvial armazenada depende principalmente da qualidade dessa água coletada e seu uso final. Para usos não potáveis deve-se seguir as diretrizes da NBR 15.527 (ABNT, 2007) e para usos potáveis a Portaria Nº 2.914 (MS, 2011).

2.6.1 Coeficiente de *runoff*

O coeficiente de escoamento superficial (C), ou coeficiente *runoff*, é definido como a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado, varia entre 0 que indica que todo o fluxo que entra no sistema é perdido a 1 que indica um sistema sem perdas, Tabelas 9, 10 e 11. Para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Portanto, a perda de água de chuva que irá ser considerada é devida à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras.

Tabela 9 - Coeficiente *runoff* segundo Hofkes e Frasier (1975 *apud* MAY, 2009).

Material	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas corrugadas	0,7 a 0,9

Fonte: Tomaz (2011).

Tabela 10 - Coeficiente *runoff* segundo Tomaz (2011).

Material	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2011).

Tabela 11 - Coeficiente de *runoff* segundo LEED *existing buildings* (2009 *apud* TOMAZ, 2011).

Material	Coeficiente de runoff
Pavimento asfáltico	0,95
Pavimento de concreto	0,95
Pavimento de tijolos	0,85
Pavimento de pedras	0,75
Telhado linha de base	0,95
Telhado verde < 10 cm	0,50
Telhado verde entre 10 cm e 20 cm	0,30
Telhado verde entre 20 cm e 50 cm	0,20
Telhado verde > 50 cm	0,10
Gramado plano entre 0 e 1% de declividade	0,25
Gramado médio entre 1 e 3% de declividade	0,35
Gramado alto entre 3 e 10% de declividade	0,40
Gramado muito alto > 10% de declividade	0,45
Vegetação plana	0,10
Vegetação média	0,20
Vegetação alta	0,25
Vegetação muito alta	0,30

Fonte: Tomaz (2011).

2.6.2 Parâmetros de qualidade da água

As águas residuárias, mesmo tratadas, contém ainda compostos químicos e microrganismos patogênicos em concentração tanto mais reduzida quanto mais elevado o grau de tratamento. Na maioria das aplicações de reutilização, os riscos sanitários e ambientais decorrentes da presença desses constituintes são considerados praticamente inexistentes, porque são controlados adequadamente. (MONTE e ALBUQUERQUE, 2010). Apesar disso, a confiança na qualidade da água de reúso ainda é um fator determinante para a aceitação, por parte dos usuários, da técnica de reutilização de águas residuárias (RICE *et al*, 2016). Wester *et al.* (2015), em seu estudo sobre a aceitação dessas águas nos Estados Unidos, mostrou a grande preocupação da população com a contaminação por organismos patógenos que podem conter nessas águas. de acordo com Yi *et al.* (2011), as águas

residuárias comparadas com a água potável contém sais elevados, nitrogênio, fósforo e uma variedade de substâncias tóxicas e patógenos.

Segundo Smith *et al.* (2018), as atividades de engajamento público "padrão", como o simples fornecimento de informações relacionadas ao funcionamento dos sistemas de reúso de água, não podem (por conta própria) alcançar quaisquer mudanças nas atitudes públicas quanto à aceitação da técnica de reutilização de água. Em vez disso, deve-se apelar para a racionalidade e a divulgação de experiências realizadas e apoiadas por uma ampla gama de atores, como forma de sustentar uma mudança social na legitimação da reutilização da água.

De acordo com Monte e Albuquerque (2010), alguns parâmetros organolépticos, como cor, odor e turbidez, que se dependem dos sólidos em suspensão e dissolvidos na água, são importantes para a aceitação da utilização de águas residuárias, principalmente reutilização para descarga de vasos sanitários.

Segundo a NBR 13.696 (ABNT, 1997), devem ser investigados os parâmetros de pH, turbidez, STD, cloro residual e coliforme fecais, como forma de garantir os padrões mínimos de qualidade de acordo com o devido uso das águas residuárias.

- pH: representa a concentração de íons hidrogênio H+ (em escala anti-logarítmica), dando uma indicação sobre a acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14 (VON SPERLING, 1996).
- Turbidez: é a propriedade de desviar raios luminosos, e é decorrente da presença de materiais em suspensão na água, finamente divididos ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos (BRAGA et al., 2005).
- STD: São aqueles com diâmetro inferior a 10-3 μm e podem ser micropoluentes orgânicos, metais pesados ou contribuir para o teor de matéria orgânica na água (VON SPERLING, 1996). Alteram características físicas e químicas da água como cor, sabor e odor, pH, matéria orgânica e oxigênio dissolvido.
- Cloro residual livre: é utilizado na desinfecção da água e sua medida serve para controlar a dosagem que está sendo aplicada e também para acompanhar sua evolução durante o tratamento. Os principais produtos utilizados são: hipoclorito de cálcio, cal clorada, hipoclorito de sódio e cloro gasoso (FUNASA, 2013).

- Coliformes fecais: é um parâmetro de característica biológica, que se refere à presença de organismos vivos na água de modo geral, visto que, devido à grande variedade de microorganismos patogênicos (bactérias, algas, fungos, protozoários, vírus e helmintos), é difícil sua detecção individualizada. É mais fácil inferir sua existência a partir de indicadores de material fecal no meio líquido (BRAGA et al., 2005; TELLES e COSTA, 2007). As bactérias usadas como indicadores de poluição da água por material fecal são os coliformes fecais, que vivem normalmente no organismo humano e no dos demais animais de sangue quente. Embora não sejam patogênicos, a presença dessas bactérias na água indica que ela recebeu material fecal e pode, portanto, conter microorganismos patogênicos. A determinação desse parâmetro se deve principalmente ao controle da transmissão de doenças.

2.6.3 Conceitos estatísticos básicos

De acordo com Meneses, Pasqualino e Castells (2010), os hábitos da população têm uma grande influência da qualidade e quantidade de águas residuárias geradas. Sendo assim, é necessário avaliar o perfil dos usuários de um sistema de reúso, através de uma pesquisa comportamental, de forma que se definam quais os hábitos da população em relação ao uso da água. Para se aplicar a pesquisa comportamental, é necessário calcular, usando-se métodos estatísticos, o tamanho da amostra representativa desta população, de modo que sejam obtidas respostas quanto ao uso de água desta amostra, e que estes resultados representem os hábitos da população total de usuários. Sendo assim, de acordo com Triola (2017), define-se:

- População: Coleção completa de todos os elementos (valores, pessoas, medidas etc.) a serem estudados.
- Amostra: subcoleção de elementos extraídos de uma população.
- Nível de confiança: Probabilidade 1-α (comumente expressa como o valor percentual equivalente) de um intervalo de confiança conter o verdadeiro valor do parâmetro populacional.

- Nível de precisão ou margem de erro: Diferença máxima provável entre a média amostral observada e a verdadeira média amostral.
- Quantidade de acerto esperado: Representa a percentual de sucessos em uma amostra.
- Quantidade de erro esperado: Complemento da quantidade de acerto esperado para 100%.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são apresentadas todas a metodologias de pesquisa utilizada neste estudo.

3.1 PLUVIOMETRIA DA ÁREA DE ESTUDO.

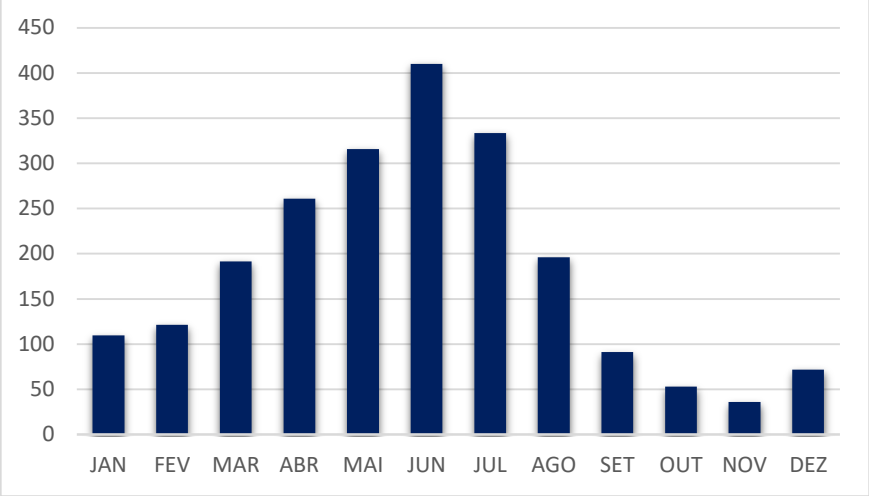
Para caracterização climática da área de estudo foram consideradas as informações pluviométricas obtidas pela PCD (Plataforma de Coleta de Dados) identificada como PCD 834052, sob responsabilidade do CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais) localizada no bairro da várzea (latitude: -8,038889; longitude: -34,958889), distando aproximadamente 2 km da edificação de estudo, localizada na UFPE (Universidade Federal de Pernambuco). Estas informações foram obtidas na plataforma digital da APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima), contendo as precipitações registradas entre os anos de 1998 e 2017, indicando uma precipitação média mensal de 182,57 mm, variando entre 35,65 mm em novembro e máxima de 409,78 mm em junho. A Figura 17 apresenta a distribuição das precipitações médias mensais (mm), enquanto a Tabela 12 apresenta os dados de precipitação pluviométrica mensais e totais anuais ao longo do período informado. Sendo os meses mais chuvosos no meio do ano e as menores precipitações no final do ano, o sistema de captação de água de chuva terá menor disponibilidade hídrica nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.

Tabela 12 - Precipitação pluviométrica acumulada, médias mensais e totais anuais.

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Total
1998	83,0	34,1	83,4	104,9	175,8	186,2	174,6	277,2	52,2	53,6	16,2	14,2	1255,4
1999	43,9	17,9	202,5	77,7	398,8	125,1	256,0	71,5	55,2	86,5	13,5	96,1	1444,7
2000	266,7	87,6	173,0	435,8	232,7	628,8	650,9	426,8	308,1	49,8	45,3	176,5	3482,0
2001	46,3	53,6	116,7	327,9	55,9	433,0	357,0	212,7	100,9	99,4	6,7	108,3	1918,4
2002	227,3	199,9	373,3	133,6	302,0	517,3	281,6	127,0	38,0	36,8	87,1	32,7	2356,6
2003	53,5	156,3	397,9	116,1	225,9	495,8	282,7	170,8	135,8	52,2	26,2	47,2	2160,4
2004	245,9	240,7	167,5	379,9	327,7	539,5	329,9	138,4	75,7	33,6	18,2	9,8	2506,8
2005	14,3	65,3	75,5	168,1	507,8	708,8	183,2	290,8	45,6	53,7	8,0	174,2	2295,3
2006	12,3	31,4	156,6	323,1	336,4	431,4	222,9	178,7	78,2	8,5	84,5	105,2	1969,2
2007	83,3	226,7	129,3	345,7	192,2	380,2	330,3	219,1	124,7	24,2	38,5	15,6	2109,8
2008	84,9	31,7	385,5	314,0	456,5	384,0	383,2	282,2	46,8	49,0	16,1	18,3	2452,2
2009	85,2	376,1	141,4	341,5	405,4	328,2	393,1	288,4	83,3	16,1	49,2	48,2	2556,1
2010	193,4	44,6	89,9	273,3	115,1	540,3	265,2	191,2	64,1	36,8	23,5	81,6	1919,0
2011	139,1	329,5	122,1	669,5	710,9	303,6	556,2	200,9	35,7	34,6	76,0	43,0	3221,1
2012	197,4	190,6	139,0	56,1	190,3	295,6	260,5	173,3	20,1	53,9	9,9	25,1	1611,8
2013	95,7	43,8	98,6	223,6	317,7	494,7	415,2	224,0	146,0	128,5	76,5	177,1	2441,4
2014	106,3	150,9	251,6	268,3	312,5	319,9	278,4	162,3	250,0	146,5	56	71,3	2374
2015	64,6	54,0	341,8	74,4	171,0	449,4	445,5	116,6	29,7	16,2	30,6	91,8	1885,6
2016	119,6	70,9	244,3	291,6	478,8	146,7	111,1	58,3	46,6	13,7	16,2	67,8	1665,6
2017	28,7	20,9	139,2	291,7	397,7	487	486,2	109,1	83,8	60	14,8	30,1	2149,2
MÉDIA	109,6	121,3	191,4	260,8	315,6	409,8	333,2	196,0	91,0	52,7	35,6	71,7	2188,7

Fonte: APAC (2018).

Figura 17 – Precipitações médias mensais (1998 – 2007) na área de estudo.



Fonte: APAC (2018).

Os dados de precipitação mensal são usados para o cálculo do volume de água de chuva que pode ser efetivamente aproveitado, que não é o mesmo que o precipitado. Esta diferença ocorre devido às perdas com a limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas devido ao volume armazenado no reservatório de autolimpeza e outras. de acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2007), o volume de chuva que pode ser aproveitado é dado pela Equação 1.

$$V = P \times A \times C \times \eta\ first\ flush \quad (1)$$

Onde: V = Volume de chuva aproveitável (L); P = Precipitação média mensal (mm); A = Área de captação da cobertura; C = coeficiente de *runoff* do telhado (adimensional); $\eta\ \mathrm{first\ flush}$ = rendimento do dispositivo descarte das primeiras chuvas.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO INVESTIGADA

A área de estudo está localizada no *campus* Recife da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que possui 315 edifícios, sendo objeto deste estudo o prédio da FMR (Faculdade de Medicina de Recife), Figura 18.

3.2.1 Detalhamento da edificação da Faculdade de Medicina do Recife

O edifício em estudo possui ao todo 03 (três) pavimentos, que estão descritos a seguir.

- Pavimento térreo: área de recepção, área de memória e convivência; auditório para 130 pessoas, salas para segurança, sala para o sistema de lógica, banheiros masculino e feminino, copa e depósito de material de limpeza.
- Segundo pavimento: salas de tutoria; área de integração e convivência; sala de tecnologia da informação; laboratório morfofuncional; laboratório de habilidades clínicas e banheiros masculino e feminino, copa e depósito de material de limpeza.
- Terceiro pavimento: área dos núcleos de desenvolvimento do docente e de avaliação; Departamentos de Medicina Clínica, Materno Infantil, Cirurgia, Medicina Tropical, Medicina Social, Neuropsiquiatria, Patologia e suas secretarias; sala de formação do docente; área do núcleo de metodologia, área do Centro de Estudo/Pesquisa; área do núcleo de ensino e serviço; escolaridade geral; secretaria geral, sala de coordenação, sala de coordenação de internato; sala para equipe técnica de assessorias e projetos, sala de reunião, banheiros masculino e feminino, copa e depósito de material de limpeza.
- Laje de serviço: sala de serviços gerais de manutenção, acesso aos reservatórios, laje para instalação de equipamentos de refrigeração e distribuição dos sistemas.

De acordo com a análise da planta arquitetônica fornecida pela UFPE, foi medida a área captação da água de chuva que é feita exclusivamente pela cobertura, de telha autoportante de metal, tendo como resultado uma área de 886,72 m².

Figura 18 – Localização da Faculdade de Medicina do Recife na UFPE.

Fonte: Adaptado do Google Earth (2018).

3.2.2 Caracterização dos usuários

A demanda de água, de modo geral, depende principalmente das necessidades e hábitos da população que frequenta o edifício. Sendo assim, para caracterização dos usuários verificou-se a necessidade de aplicação de formulários de pesquisa (Apêndice A) com os alunos, os professores e os funcionários que circulam neste ambiente. Para definição da quantidade de formulários necessários à pesquisa realizou-se o dimensionamento da amostra representativa de usuários, que é um subconjunto da quantidade total diária (estimada) de usuários, de modo que as respostas obtidas por esse subconjunto represente o comportamento da população total.

O dimensionamento da quantidade total de usuários/frequentadores diários foi realizado considerando a capacidade dos ambientes da edificação a partir da planta de arquitetura da edificação (Anexo A – Figuras 44, 45 e 46). de acordo com a

consulta oral junto à coordenação do prédio, o auditório (localizado no pavimento térreo) não é usado todos os dias e, por isso, neste caso, foi aplicado um coeficiente de forma à quantidade de pessoas/dia que frequenta o ambiente. Tendo sido informado que o auditório é usado uma vez a cada três semanas, o coeficiente de forma usado para o auditório foi de 1/21.

Com a quantidade total de usuários foi dimensionada a amostra representativa dos usuários do edifício para a pesquisa comportamental realizada com a aplicação de questionários. de acordo com Montgomery *et al.* (2011), caso a amostra tenha um tamanho (n) maior ou igual a 5% do tamanho da população (N), considera-se que a população seja finita. Neste caso, aplica-se a Equação 2 para determinação do tamanho da amostra (n) com base na estimativa de proporção populacional.

$$n = \frac{N \times p \times q \times Z^2}{p \times q \times Z^2 + (N-1) \times E^2} \quad (2)$$

onde: n = tamanho da amostra; N= população total; p= quantidade de acerto esperado (%);q= quantidade de erro esperado (%); Z= nível de confiança; E= nível de precisão.

De acordo com Montgomery *et al.* (2011), p e q são complementares e somam 100%, geralmente usa-se 50% e 50%, e E pode variar de 3% a 100%, geralmente usa-se 5%. O nível de confiança está relacionado com o valor de Z conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 - Valor de Z por nível de confiança.

Nível de confiança	Valor de Z
99%	2,57
95%	1,96
90%	1,64
80%	1,28

Fonte: Montgomery *et al.* (2011).

Tendo definido a quantidade de amostra representativa, foi realizada, a pesquisa comportamental para obtenção de dados relativos ao uso dos banheiros do edifício, de forma a estimar a quantidade de acionamentos por dia de cada equipamento (lavatórios e bacias sanitárias) utilizado no sistema de reúso e aproveitamento de água de chuva do edifício de estudo. Com isso, foi possível estimar a demanda de água tratada para descarga em vasos sanitários e a oferta de águas cinzas originadas dos lavatórios dos sanitários.

A pesquisa comportamental foi realizada, no período 22 de agosto a 10 de setembro de 2017 de forma *online*, através de “formulários Google”, onde se obteve 40 respostas sobre o consumo de água na FMR, e entre os dias 10 e 11 de setembro foi realizado a mesma pesquisa de forma presencial através de entrevistas aos usuários do edifício com o preenchimento de formulário constante no Apêndice A, obtendo-se 205 respostas. Esta pesquisa comportamental teve por objetivo determinar: o percentual da população que utiliza cada tipo de peça sanitária (descarga em vaso sanitário, pia para lavagem de mãos e escovação de dentes); e a frequência de acionamento dessas peças sanitárias pelos usuários.

3.2.3 Estimativa de consumo de água não potável na FMR.

Para estimar a demanda de água nos vasos sanitários foi utilizada a frequência de acionamentos da peça sanitária, informadas na pesquisa comportamental, o volume de água utilizada em cada acionamento das descargas e a quantidades de acionamento por dia. de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2005), uma pessoa gasta em média de 10 a 16 L/descarga em vasos sanitários. Já de acordo com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2018), um vaso sanitário com válvula e tempo de acionamento de 6 segundos gasta cerca de 12 L, e quando a válvula está defeituosa, pode chegar a gastar até 30 L. Porém, desde 2001 está à venda no mercado vasos sanitários que gastam apenas 6 L/descarga, e vasos sanitários com caixas acopladas com duplo acionamento que gastam 3 L, para escoar resíduos líquidos, ou 6 L, para escoar resíduos sólidos, por descarga, e proporcionam uma redução, em média, de 60% do consumo de água, evitando assim o desperdício de água. Estas bacias sanitárias

devem obedecer à NBR 15.097-1 (ABNT, 2017), onde está determinado que uma bacia sanitária com caixa acoplada deve consumir um volume entre 5,8 e 7,1 L/descarga. A FMR utiliza bacias sanitárias com caixa acoplada e duplo acionamento, com isso, foi considerado para a estimativa de demanda de água nos sanitários um volume de 6 L/acionamento.

O volume de água não potável demandada pelas bacias sanitárias foi calculado, usando-se a Equação 3, a partir da quantidade de acionamentos/dia, do volume médio de água utilizado em cada acionamento e a estimativa populacional.

$$Vd = P \times a1 \times v1 \quad (3)$$

onde: Vd = Volume de água não potável demandado pelas bacias sanitárias; P = Total de usuários do edifício; $a1$ = quantidade de acionamentos/dia; $v1$= volume desperdiçado em cada acionamento para descarga em vasos sanitários.

3.2.4 Estimativa de oferta de água cinza na FMR

As águas cinzas que são usadas para reúso no edifício em estudo são originadas exclusivamente nos lavatórios dos banheiros. Segundo o MMA (2005), para lavar as mãos uma pessoa gasta em média de 3 a 5 L, enquanto que para escovar os dentes gasta-se em média 11 L. Segundo a SABESP (2018), se uma pessoa escova os dentes em 5 minutos com a torneira não muito aberta, gasta 12 L de água. Segundo recomendações da *American Dental Association* (ADA, 2018), uma pessoa deve escovar os dentes duas vezes ao dia por no mínimo dois minutos. de acordo com informações técnicas fornecidas pelo fabricante (DECA, 2018), do modelo de torneira (Figura 19) usada no lavatório dos banheiros do edifício em estudo, a vazão média da água na torneira é de 14 L/min.

Figura 19 – Torneira utilizada nos lavatórios da FMR.

Fonte: DECA (2018).

Para este estudo foi utilizado o pior cenário de oferta de água cinza, ou seja, que o volume disponível para tratamento e posterior utilização seja o menor possível. Sendo assim foi considerado que cada escovação de dentes gasta em média 11 L e cada lavagem de mãos gasta um volume de 3 L.

A partir da quantidade de acionamentos/dia para cada tipo de uso nos lavatórios, considerando o volume médio de água utilizado em cada acionamento e a estimativa populacional, pode-se calcular o volume total fornecido pelos lavatórios ao sistema de reúso com o emprego da Equação 4.

$$Vc = P \times (a1 \times v1 + a2 \times v2) \quad (4)$$

onde: Vc = Volume de água cinza ofertada; P = Total de usuários do edifício; $a1$ = quantidade de acionamentos para higienização de mãos; $a2$ = quantidade de acionamentos para higienização bucal; $v1$= volume desperdiçado por cada acionamento para higienização de mãos; $v2$ = Volume desperdiçado por cada acionamento para higienização bucal.

3.2.5 Sistema de captação e armazenamento da água

O Sistema de Reúso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Águas Pluviais (SRACAAP) do edifício da FMR, foi dimensionado para suprir exclusivamente a

demanda de água das bacias sanitárias da edificação. A origem das águas cinzas para reúso são exclusivamente dos lavatórios instalados nos sanitários do prédio, e o aproveitamento das águas de chuva é realizado através da captação dessas águas da cobertura da edificação. O projeto das instalações hidráulicas contempla a separação das águas através de reservação e distribuição exclusiva. No aproveitamento da água de chuva são reaproveitadas as águas originárias da coberta, que são coletadas através das calhas e direcionadas pelas colunas verticais para as caixas coletoras e destas para o sistema de filtragem, daí são armazenadas no reservatório destinado às águas não potáveis. As águas pluviais coletadas são armazenadas juntamente com as águas cinzas e encaminhadas para o sistema de tratamento antes da reservação.

Através da Estação Elevatória (EE) as águas são elevadas para o reservatório superior de onde alimentam as descargas das bacias sanitárias. Eventualmente, quando da insuficiência da água não potável, o sistema poderá ser abastecido pela água da concessionária, através de um reservatório auxiliar. A rede predial de esgoto sanitário possui tubulações distintas, uma para atender a coleta das águas cinzas provenientes dos lavatórios, outra para as águas negras, proveniente dos vasos sanitários e copa. O reservatório de armazenamento dessas águas possui volume total de 294 m³, sendo 28 m³ no reservatório superior e 266 m³ no reservatório inferior, que possui 2 células de 133 m³. O reservatório auxiliar para eventual abastecimento possui volume de 29 m³.

3.2.6 Sistema de tratamento

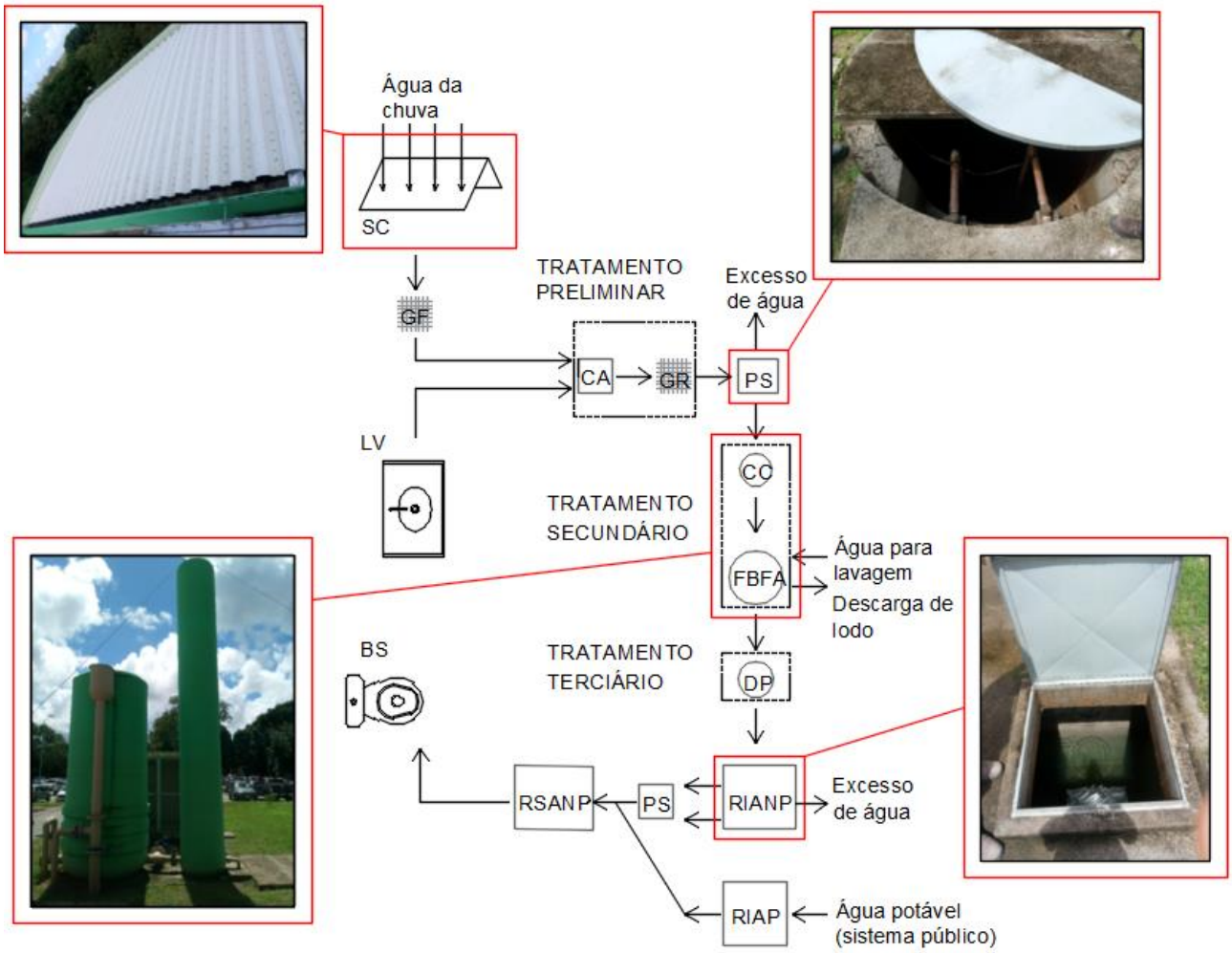
A etapa de tratamento do SRACAAP é realizado através da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), Figura 20, conforme projeto presente no Anexo A (Figura 47 e 48), e contém as seguintes etapas: filtragem de materiais grosseiros; filtragem de materiais particulados finos; filtragem em filtro de dupla camada; e desinfecção.

Figura 20 - ETE da FMR.

Fonte: A Autora (2018).

Apresenta-se na Figura 21 o fluxograma de funcionamento da SRACAAP. A primeira fase do tratamento é caracterizada pelo tratamento preliminar que é um processo físico, e obtido por meio de grelha flexível (GF) instalada na superfície de captação (SC) onde são barradas as entradas de galhos e folhas na tubulação de aproveitamento das águas pluviais. Em seguida essas águas são agregadas às águas cinzas, coletadas dos lavatórios (LV) dos banheiros e submetidas ao tratamento fornecido pela caixa de areia (CA) e gradeamento (GR), que também fazem parte do tratamento preliminar. Este processo evita, além de remover areias e sólidos grosseiros, o entupimento de canalizações e o bloqueio dos equipamentos situados a jusante do processo. Em seguida essas águas são bombeadas, através do poço de sucção (PS), para uma câmara de carga (CC) onde ganham energia suficiente, após passar pelo vertedor, para a passagem por um filtro biológico de fluxo ascendente (FBFA), onde ocorre o tratamento secundário, removendo a matéria orgânica.

Figura 21 - Fluxograma do SRACAAP.



Legenda: | SC. = Superfície de Captação | GF = Grelha Flexível | LV = Lavatórios | CA. = Caixa de Areia| GR = Gradeamento | PS. = Poço de Sucção | CC = Câmara de Carga | FBFA = Filtro Biológico de Fluxo Ascendente | DP. = Dosador de pastilhas | RIANP = Reservatório Inferior de Água Não Potável | RIAP. = Reservatório Inferior de Água Potável | RSANP = Reservatório Superior de Água Não Potável | BS = Bacias Sanitários |.

Fonte: A Autora (2018).

Como os filtros com escoamento ascendente apresentam maior retenção de lodo, o sistema conta ainda com tubulação para descarte do lodo, após lavagem do filtro. Na tubulação de saída do FBFA foi instalada um dosador de pastilhas de cloro (DP), o qual é responsável pelo tratamento terciário de desinfecção das águas para reúso. Após tratadas, as águas de reúso são armazenadas no reservatório inferior de água não potável (RIANP), e bombeadas para o reservatório superior de água não potável (RSANP) que alimenta o sistema exclusivo de descarga das bacias

sanitárias (BS). Quando a oferta de água não potável for menor que a demanda das bacias sanitárias, o sistema é suprido pelo abastecimento do reservatório inferior de água potável (RIAP), que é abastecido pelo sistema público, e ligado à tubulação que abastece o RSANP antes do bombeamento.

3.3 COLETA E ANÁLISE DA QUALIDADE DE ÁGUA

Nesta seção são descritas as metodologias de coleta e análises das amostras de água da edificação em estudo.

3.3.1 Metodologia de coleta

As coletas foram realizadas nos dias 25 de junho, e 09, 16 e 23 de julho de 2018, sempre no mesmo dia da semana, de modo que a oferta e consumo de água nos banheiros da edificação fossem os mais similares possíveis. Os frascos de coleta utilizados foram de polietileno, quimicamente inertes com perfeita vedação. Todos os frascos foram limpos conforme procedimento operacional padrão de cada tipo de análise. Os frascos utilizados nas análises microbiológicas foram autoclavados em autoclave do tipo vertical (Figura 22). As amostras foram coletados tomando sempre o cuidado de não tocar a parte interna dos frascos ou tampas, também foram feitas antissepsia nas mãos com álcool 70°GL e uso de EPI’s (luvas e máscara), visando proteger a amostra da contaminação. As amostras foram retiradas do poço de sucção (Figura 23) onde se encontram as águas cinzas com as águas pluviais, representando as amostras sem tratamento, já as amostras após o tratamento terciário foram retiradas do RIANP (Figura 24).

Figura 22 - Autoclave vertical.

Fonte: A Autora (2018).

Figura 23 – Poço de sucção, PS.

Fonte: A Autora (2018).

Figura 24 – Reservatório inferior de água não potável, RIANP.

Fonte: A Autora (2018).

No caso das análises de campo, não foram retiradas amostras para determinação em laboratório. Neste caso, as determinações de campo foram realizadas em recipientes separados daqueles levados ao laboratório, evitando-se

assim possíveis contaminações. Visando avaliar a qualidade da água e a possibilidade uso do mesma à luz da NBR 13.969 (ABNT, 1997), principalmente no que se refere ao previsto na classe 3 (reúso nas descargas dos vasos sanitários) ou melhor (classe 1, lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes, e classe 2, lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes). Assim sendo, os parâmetros investigados foram: pH, turbidez, STD, cloro residual e coliforme termotolerantes.

As amostras coletadas e levadas ao laboratório foram usadas para a determinação dos parâmetros definidos pela NBR 13.696 (ABNT 2007) para classificar as águas de acordo com o uso devido, são eles: turbidez, cloro residual livre, STD e coliformes fecais. Enquanto as análises realizadas em campo foram as de pH e sólidos dissolvidos totais. As amostras para as análises microbiológicas foram coletados antes das outras, de forma a evitar a contaminação do local da amostragem com frascos não estéreis. As análises foram realizadas sempre no mesmo dia com um tempo máximo entre a coleta e o início das análises de 1 hora. Respeitando assim o período máximo estipulado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012), o qual determina um período de 8 horas desde a coleta até a realização das análises de coliformes totais e fecais e 48 horas para turbidez. O transporte das amostras foi realizado em caixas térmicas para manter o controle da temperatura.

3.3.2 Metodologia de análises

As análises dos parâmetros de qualidade de água antes e após o tratamento foram realizadas, parte em campo e parte no Laboratório de Qualidade de Água (LANQA) e no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA), ambos no *campus* Recife da UFPE. Também foram analisados alguns parâmetros de misturas da água antes do tratamento com água destilada, simulando águas pluviais, visto que a água de chuva apresenta padrões similares à água destilada após descarte dos primeiros milímetros. Foram analisados os seguintes parâmetros de qualidade:

- pH (potencial hidrogeniônico): A determinação do pH foi realizada em campo, somente para as amostras de água antes e após tratamento, com a sonda multiparâmetro Multi 350i Waterproof Portable Multi Meter WTW 2F40110 (Figura 26), introduzindo diretamente a sonda na amostra de água.
- Turbidez: As análises de turbidez foram realizadas em laboratório com o uso de um turbidímetro modelo HI93703C (Figura 25) fabricado pela HANNA *Instruments*, pelo princípio da nefelometria. O turbidímetro mede a quantidade de luz que emerge perpendicularmente a um feixe luminoso que atravessa a amostra, acondicionada em uma cubeta incolor e transparente. A turbidez é expressa em unidades nefelométricas de turbidez (UNT).
- STD (Sólidos Totais Dissolvidos): A determinação dos STD foi realizada em campo para as amostras de água antes e após o tratamento, e em laboratório para as amostras de água sem tratamento misturadas à água destilada. Para estas análises também foi utilizada a sonda multiparâmetro Multi 350i Waterproof Portable Multi Meter WTW 2F40110, onde faz correlação da condutividade com a quantidade de STD.

Figura 25 - Turbidímetro.

Fonte: A Autora (2018).

Figura 26 - Sonda multiparâmetro Multi 350i.

Fonte: A Autora (2018).

- Cloro residual livre: O cloro residual livre foi medido em colorímetro digital modelo DR/890, fabricado pela HACH. Para o método DPD (dialquil –1,4-fenilenodiamino), descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012), é necessário a preparação prévia da amostra. Na preparação das amostras foi utilizado o kit DPD da Alpha-kit (Figura 27). Cloro

livre (CL2), ácido hipocloroso (HClO) e íons hipoclorito (ClO-) reagem com o DPD para formar um complexo rosa cuja intensidade é medida usando-se o colorímetro (Figura 28).

Figura 27 – Kit DPD da Alpha-kit.

Fonte: A Autora (2018).

Figura 28 – Colorímetro digital.

Fonte: A Autora (2018).

- Coliformes de origem fecal (Escherichia coli): O método utilizado para determinar e quantificar a presença de coliformes termotolerantes nas amostras foi o método Collilert, que consiste na quantificação dos coliformes totais e fecais presentes em uma dada amostra, através da mistura entre a amostra e o reagente Collilert patenteado, com posterior transferência da solução para uma cartela estéril (100 mL), a qual é selada, utilizando-se a seladora Quanti Tray 2000 da marca INDEX (Figura 29) e mantida incubada a 35 ± 2ºC durante 24 h (1º leitura) e 48 h (2º leitura confirmação) na estufa de cultura termo-regulável (35°± 2°C) modelo 502 ORION (Figura 30). Os outros materiais utilizados foram: lâmpada ultra violeta, balão de fundo chato (esterilizado), proveta 100 mL (esterilizada), cartelas Collilert e reagente específico Collilert.

  Os resultados são obtidos pela relação de valores positivos entre os quadrados maiores e menores da cartela, com aqueles verificados na tabela padrão (Anexo B) para o teste Collilert. Primeiramente, foi necessário realizar a diluição das amostras de água (Figura 32), visto que no primeiro teste realizado a quantidade de coliformes foi tão alta que ultrapassou os limites da tabela de quantificação. Sendo assim todas as amostras foram testadas com diluição de 1/100. Para isto foram colocados 10 mL da amostra em recipiente contendo 90 mL de água destilada, chegando à proporção de 1/10, então o processo foi

repetido pegando-se 10 mL desse segundo frasco e colocando no terceiro frasco contendo também 90 mL de água destilada, chegando-se à proporção de 1/100. Assim foi empregado o fator de diluição, cujo esquema está apresentado na Figura 31, que foi corrigido no resultado final.

Em cada amostra, foi adicionado uma cartela do reagente collilert e agitado até sua total dissolução. Em seguida o volume foi transferido para uma cartela collilert estéril, e colocado sobre o suporte da seladora e para que a mesma fosse selada. Após passar pela seladora, as cartelas foram mantidas em estufa termo-regulável a 35 ± 2ºC. e só após passadas 24 horas, foi possível anotar os valores positivos nos quadrados grandes (49 espaços) e pequenos (48 espaços).

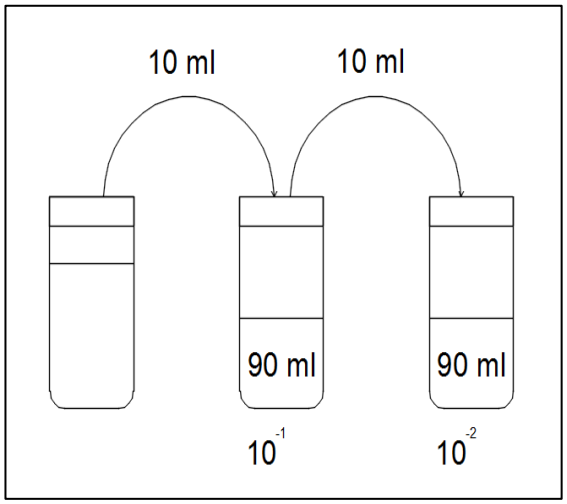
Figura 29 – Seladora.

Fonte: A Autora (2018).

Figura 30 – Estufa termo-regulável.

Fonte: A Autora (2018).

Figura 31 – Esquema de diluição.



Fonte: A Autora (2018).

Figura 32 - Amostras diluídas.

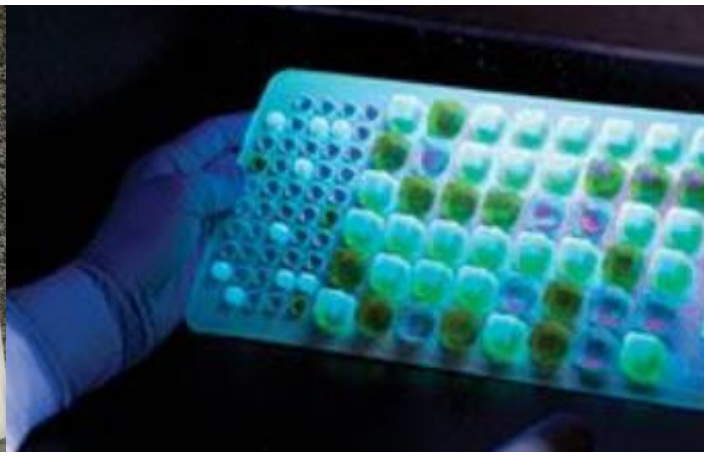
Fonte: A Autora (2018).

Os valores positivos, para coliformes totais, são aqueles que apresentam uma coloração amarela forte (Figura 33), enquanto os valores positivos para coliformes fecais são os que apresentam uma coloração amarelo/fluorescente sob incidência de luz Ultra Violeta (UV) (Figura 34).

Figura 33 – Quadrados amarelos – Coliformes totais.

Fonte: A Autora (2018).

Figura 34 - Quadrados amarelos /Fluorecentes - Coliformes fecais



Fonte: INDEX (2018).

Os valores positivos são anotados após passadas 24h das cartelas na estufa e então são consultados na tabela padrão do método de referência IDEXX *Quanti-Tray*®/2000 MPN *Table* (Anexo B), que fornece o número mais provável em 100mL (NMP/100 mL). Todo o procedimento de leitura é refeito após 48 h para confirmação dos resultados. Quanto à correção dos resultados, os valores encontrados na tabela foram multiplicados por 100, visto que foi usada uma diluição de 1/100.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são descritos os resultados obtidos quanto à oferta de água pluvial aproveitável, à oferta de águas residuárias originadas nos lavatórios e a demanda de águas não potáveis das bacias sanitárias do sistema de reúso de águas cinzas e aproveitamento de água de chuva, bem como os resultados das análises de qualidade de água e os problemas encontrados no sistema implantado.

4.1 OFERTA DE ÁGUA PLUVIAL PARA SRACAAP NA FMR.

Para o cálculo do volume de chuva que pode ser aproveitado foram utilizados dos dados da Tabela 12 e a Equação 1. de acordo com as características pluviométricas da região e as características da edificação, com base nos valores informados na Tabela 10, foi utilizado o coeficiente de *runoff* igual a 0,9, considerando-se a superfície de captação fabricadas em telhas corrugadas de metal. Foi considerada a área de captação de 886,72 m² e "η first flush" igual a 1, visto que o sistema não prevê o descarte dos primeiros milímetros de chuva. Os resultados do volume mensal de chuva aproveitável está apresentado na Tabela 14.

Os percentuais de água de chuva aproveitáveis é de 90% (coeficiente de *runoff* igual a 0,9) do volume total de água de chuva coletado, visto que o único fator que interfere nesse volume é o coeficiente de *runoff*, haja vista que o sistema de aproveitamento de água pluvial não possui dispositivo de descarte das primeiras chuvas ("η first flush" igual a 1).

Tabela 14 - Precipitação média mensal x Volume de chuva aproveitável.

Mês	Precipitação (mm)	Volume Aproveitável (m^3)
JAN	109,6	87,44
FEV	121,3	96,82
MAR	191,4	152,79
ABR	260,8	208,16
MAI	315,6	251,83
JUN	409,8	327,02
JUL	333,2	265,90
AGO	196,0	156,39
SET	91,0	72,64
OUT	52,7	42,04
NOV	35,6	28,45
DEZ	71,7	57,22

Fonte: A Autora (2018)

4.2 ESTIMATIVA POPULACIONAL DOS USUÁRIOS DO SRACAAP NA FMR.

Para a estimativa populacional dos usuários do sistema de aproveitamento e água de chuva e reúso de água cinza foi considerado a ocupação máxima de cada ambiente descritos em planta baixa da FMR, exceto para o ambiente do Auditório, com capacidade de 130 pessoas, onde foi usado um fator de correção de 0,05. Para o restante dos ambientes não foram usados fatores de correção. Na Tabela 15 estão apresentados os quantitativos estimados de usuários por ambiente. Como pode ser visto pela Tabela 15, 84% dos frequentadores do edifício são alunos, 11% são professores e 5% são funcionários.

Tabela 15 - Estimativa populacional por ambiente.

Pav.	Ambientes	Alunos	Prof.	Func.	Peso	Pessoas/dia
1o.	Recepção	-	-	1	1	1
	Auditório	130	-	-	0,05	5,9
2º.	Salas de tutoria (8x)	96	-	-	1	96
	Salas de aula (7x)	245	-	-	1	245
	Laboratórios (2X)	70	-	-	1	70
3º.	Sala de reunião	12	-	-	1	12
	Equipe técnica	12	-	-	1	12
	Núcleo ensino/serviço	12	-	-	1	12
	Sala de professores	-	12	-	1	12
	Sala coordenação	-	-	9	1	9
	Secretaria geral	-	-	12	1	12
	Escolaridade 1º ao 8º período	-	-	6	1	6
	Escolaridade internato	-	-	6	1	6
	Arquivo escolaridade	-	-	2	1	2
	Núcleos docente e avaliação	-	-	4	1	4
	Formação docente	-	42	-	1	42
	Salas de avaliação (X12)	-	24	-	1	24
	Monitoramento avaliação	3	-	-	1	3
	Salas de professores	-	8	-	1	8
	Sala de espera de alunos	12	-	-	1	12
	Integração e convivência	23	-	-	1	23
	Laboratórios	35	-	-	1	35
	Tecnologia da informação	20	-	-	1	20
	TOTAL	670	86	40	-	672

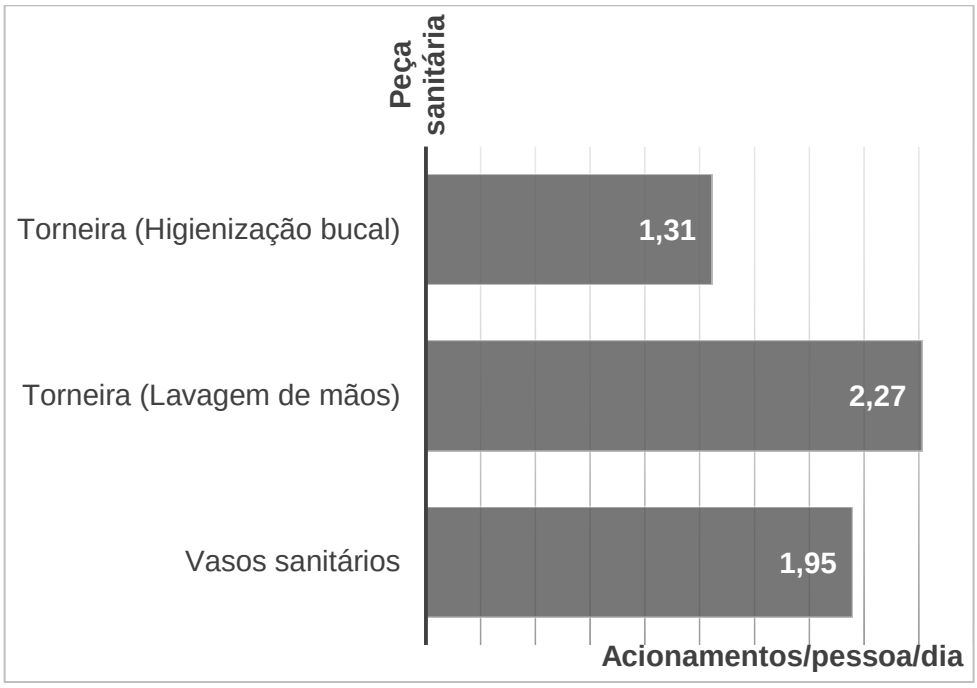
Legenda: | Pav. = pavimento | Prof. = professores | Func. = funcionários |

Fonte: A Autora (2018).

4.3 PESQUISA COMPORTAMENTAL COM AMOSTRA REPRESENTATIVA

O tamanho da amostra representativa, calculado com o emprego da Equação 2, foi de 245 pessoas (40 online e 205 presenciais). Após a aplicação dos formulários sobre o uso de água nos banheiros do edifícios, foram determinados os resultados médios de acionamentos/pessoa/dia apresentados na Figura 35.

Figura 35 - Acionamentos/pessoa/dia para cada tipo de uso.



Fonte: A Autora (2018).

4.4 OFERTA DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS PARA SRACAAP NA FMR.

No cálculo da oferta de águas residuárias foi utilizada a Equação 4, tendo como origem para águas para reúso, as águas residiárias os lavatórios dos banheiros, considerando a quantidade de acionamentos/pessoa/dia para cada tipo de uso nos lavatórios, o volume médio de água utilizado em cada acionamento e a estimativa populacional. Assim, chegou-se ao resultado de 212,34 m³/mês e 100,48 m³/mês, para higienização bucal e higienização de mãos, respectivamente. Somando um volume total de 312,83 m³/mês de oferta de águas cinzas ao sistema, considerando que o edifício funciona 22 dias/mês.

4.5 DEMANDA DE ÁGUAS NÃO POTÁVEIS TRATADAS PELO SRACAAP NA FMR E ANÁLISE QUANTITATIVA DO SISTEMA.

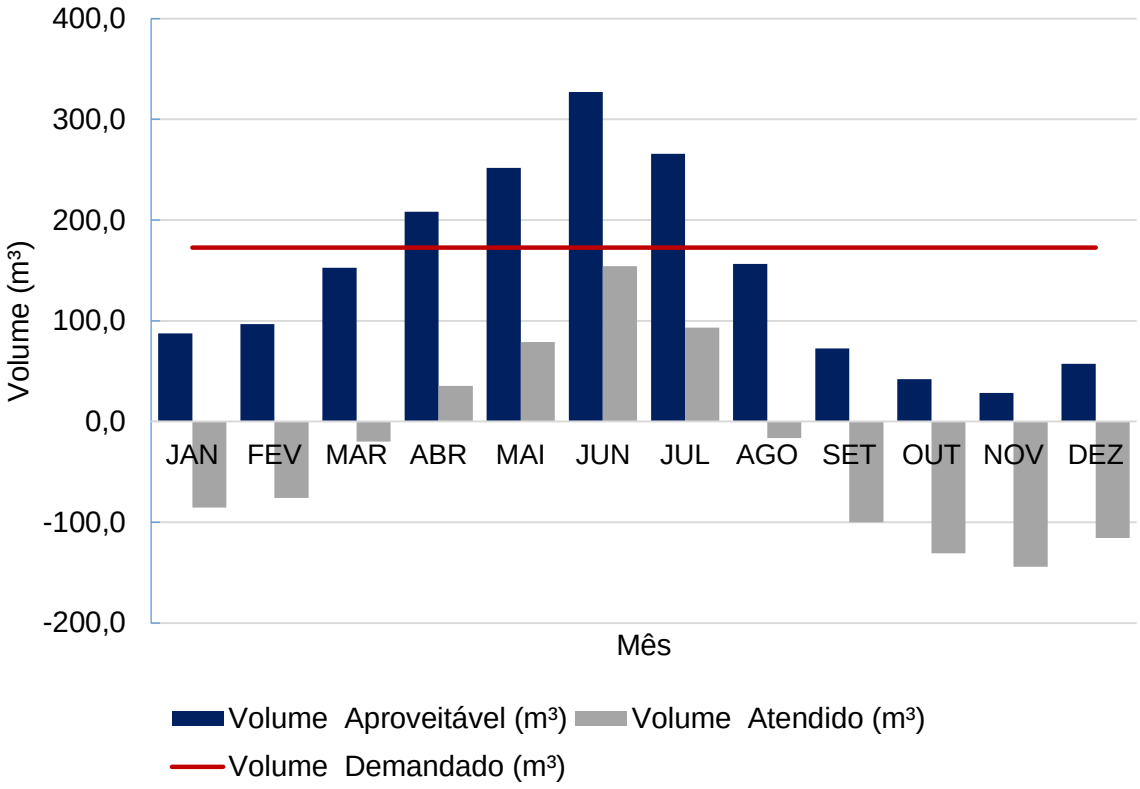
Usando-se a Equação 3, e considerando-se como demanda de águas não potáveis apenas as descargas em vasos sanitários da FMR, foi calculado o volume necessário para suprir essa demanda utilizando-se os dados de acionamentos/dia e volumes utilizados pela peça sanitária em cada acionamento de 6L/acionamento. Sendo assim, foi obtido o volume mensal de 172,74 m³. Considerando os volumes mensais ofertados de águas residuárias (312,83 m³) e o volume mensal demandado pelas bacias sanitárias (172,74 m³), observa-se que apenas o reúso de águas cinzas já seria suficiente para suprir toda a demanda de água não potável da FMR. Por outro lado, observa-se também que apenas os volumes mensais de água de chuva aproveitável não seriam suficientes para suprir toda a demanda durante todos os meses do ano. Os volumes mensais de água de chuva aproveitável são suficientes para suprir a necessidade total apenas nos meses de abril, maio e junho e julho (Tabela 16 e Figura 36).

Tabela 16 - Balanço hídrico – considerando apenas a água de chuva como oferta.

	Precipitação (mm)	Volume aproveitável (m³)	Volume de demanda (m³)	Balanço de Volume (m³)
JAN	109,6	87,44	172,74	**-85,30**
FEV	121,3	96,82	172,74	**-75,92**
MAR	191,4	152,79	172,74	**-19,95**
ABR	260,8	208,16	172,74	**35,42**
MAI	315,6	251,83	172,74	**79,09**
JUN	409,8	327,02	172,74	**154,28**
JUL	333,2	265,90	172,74	**93,16**
AGO	196,0	156,39	172,74	**-16,35**
SET	91,0	72,64	172,74	**-100,10**
OUT	52,7	42,04	172,74	**-130,70**
NOV	35,6	28,45	172,74	**-144,29**
DEZ	71,7	57,22	172,74	**-115,52**

Fonte: A Autora (2018).

Figura 36 - Balanço hídrico – considerando apenas água de chuva como oferta.



Fonte: A Autora(2018).

Apesar da oferta de água cinzas já serem suficientes para suprir a demanda de água não potável da FMR, não é aconselhável que o sistema seja exclusivamente alimentado por essas águas, visto que a qualidade da água de chuva é muito superior à qualidade das águas residuárias ofertadas pelos lavatórios (TEXAS *GUIDE TO RAINWATER HARVESTING*,1997 *apud* BERTOLO, 2006). Sendo assim a água de chuva atua como agente diluidor das águas cinzas, melhorando a qualidade dessas águas e consequentemente a eficiência da estação de tratamento.

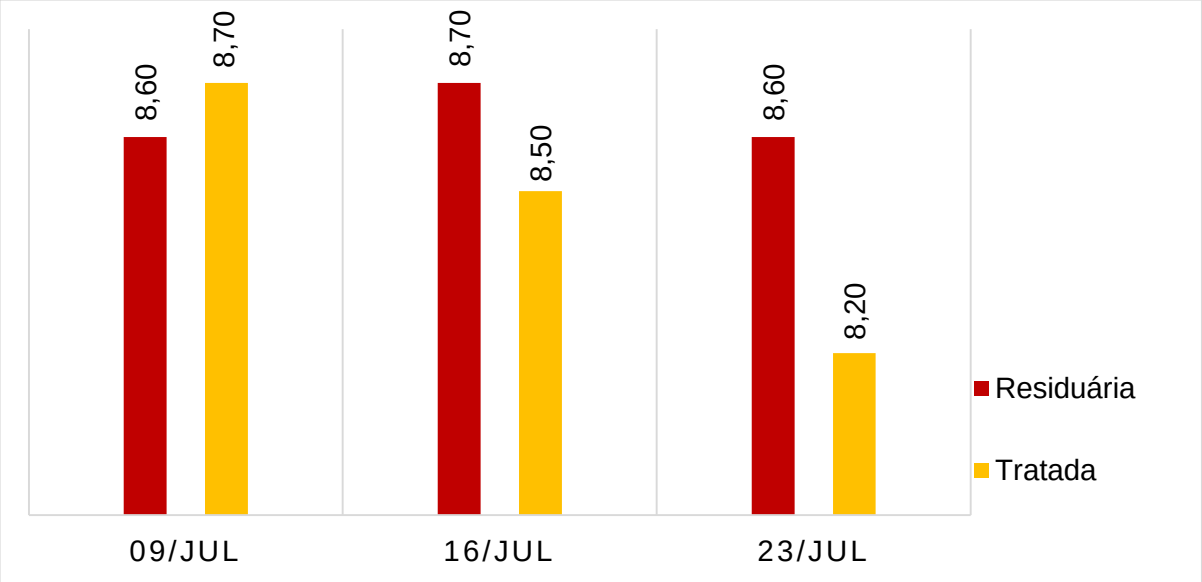
Como pode ser observado na Figura 36, há um excesso de água de chuva ofertada nos meses de abril, maio, junho e julho que estão sendo desperdiçadas, e uma carência de água de chuva nos meses restantes, sendo assim seria interessando que o sistema reservasse esta água que está sendo desperdiçada nos messes chuvosos para fazer uso nos meses secos. Aumentando assim a diluição das águas residuárias nos meses secos, e com isso fornece ao sistema uma água de melhor qualidade.

4.6 QUALIDADE DA ÁGUA ANTES E APÓS O TRATAMENTO

Apresenta-se a seguir os resultados das análises de qualidade de água obtidos com amostras coletadas antes e após o tratamento para os seguintes parâmetros: pH, turbidez, STD, cloro residual e coliformes fecais. Os parâmetros STD e pH só foram monitorados nas três últimas coletas, uma vez que a sonda Multi Parâmetro Multi 350i, por questões de logística, esteve disponível a partir do mês de julho/2018. Na investigação desses parâmetros, quando se constatou que a respectiva concentração após o tratamento não atendeu ao limite previsto na NBR 13.969 (ABNT, 1997) para as classes 1, 2 e 3, realizou-se a diluição da água residuária (AR) com água destilada simulando a entrada de água de chuva (AC) no sistema. Desta forma, nestes casos, foram testadas as seguintes diluições considerando água residuária: 75% de AR, 50% de AR e 25% de AR.

- pH: os resultados mostram valores muito próximos entre os mesmos não indicando qualquer alteração no parâmetro com a realização do tratamento (Figura 37). Os valores obtidos após o tratamento (8,20, 8,50 e 8,70) estão acima do valor limite da NBR 13.969 (ABNT, 1997) para a classe 1, mas não limitam o uso da água nas classes 2 e 3, uma vez que para estas classes não há restrição no valor deste parâmetro.

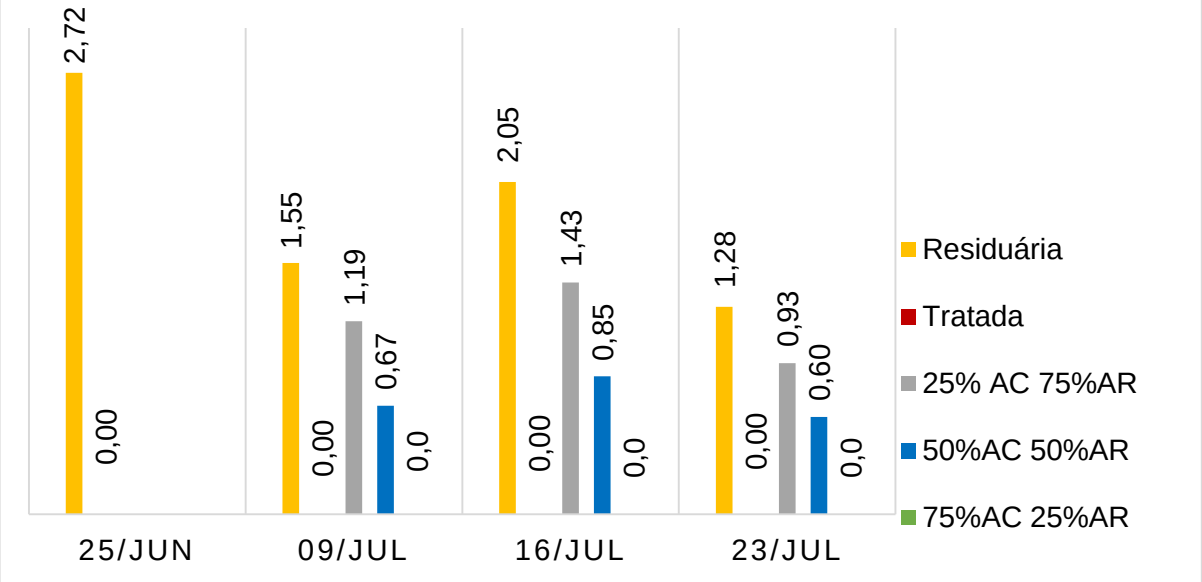
Figura 37 - Resultados de pH das análises de água.



Fonte: A Autora (2018).

- Turbidez (uT): os resultados evidenciam a influência da diluição da água residuária (AR) com água destilada. Na Figura 38 é possível constatar a remoção da turbidez ao final do processo. Como era de se esperar, o maior valor de turbidez foi observado na água residuária, que foi de 2,72 uT (na coleta do dia 25/06/18). Neste caso foi observado que mesmo a água residuária apresentou concentração de turbidez inferior aos limites da NBR 13.969 (ABNT, 1997) que é de 5 uT (classes 1 e 2) e 10 uT (classe 3). Com relação aos percentuais de redução alcançados, observa-se que tanto com o tratamento na ETE quanto com a diluição de 25% de água residuária em 75% de água destilada foi atingida a redução no teor de turbidez de 100%, em todas as coletas. Com a realização da diluição, a redução aumentou com o aumento na quantidade de água destilada usada, tendo sido observado percentuais de redução de 23,2% (coleta de 09/07/18) a 30,2 (coleta de 16/07/18) na diluição com 25% de água de destilada; de 53,1% (coleta de 23/07/18) a 58,5 (coleta de 16/07/18) na diluição com 50% de água de destilada; e de 100% em todas as diluições com 75% de água destilada em relação ao valor encontrado para a água residuária (Tabela 17).

Figura 38 - Resultados de Turbidez (uT) das análises de água.



Legenda: | uT = Unidade de Turbidez | AC =Água de Chuva | AR = Água Residuária |.

Fonte: A Autora (2018).

Tabela 17 – Concentrações de turbidez e percentuais de redução com relação à água residuária.

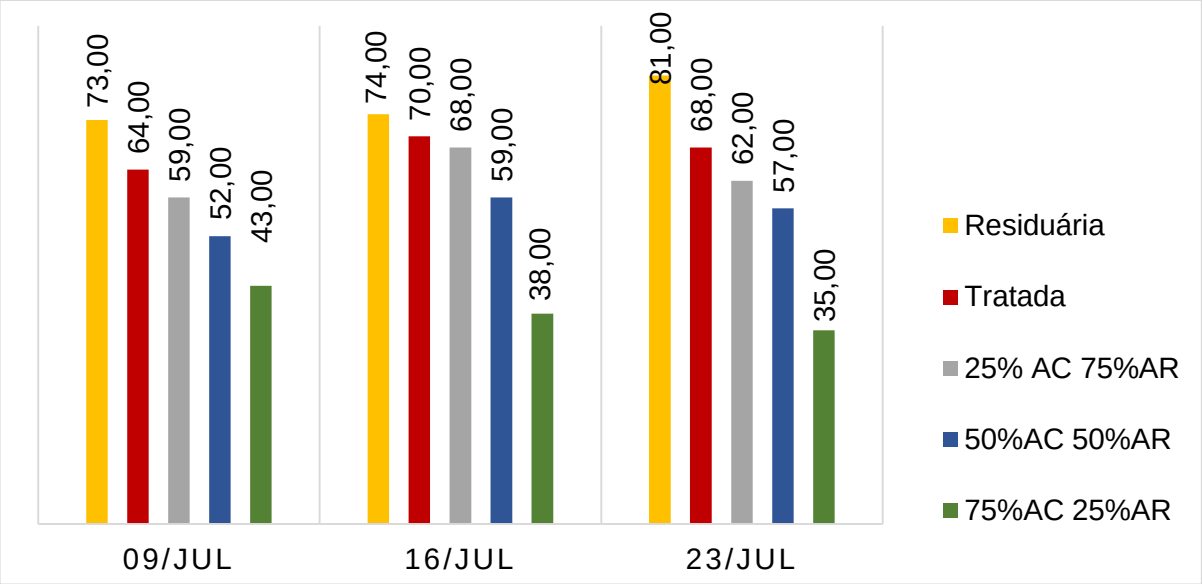
Cenário	Coletas							
	25/06/18		09/07/18		16/07/18		23/07/18	
	uT	%	uT	%	uT	%	uT	%
Água residuária	2,72	-	1,55	-	2,05	-	1,28	-
Água tratada	0,00	100	0,00	100	0,00	100	0,00	100
Diluição – 25% AC	-	-	1,19	23,2	1,43	30,2	0,93	27,3
Diluição – 50% AC	-	-	0,67	56,8	0,85	58,5	0,60	53,
Diluição – 75% AC	-	-	0,00	100	0,00	100	0,00	100

Legenda: | uT = Unidade de Turbidez | AC =Água de Chuva |.

Fonte: A Autora (2018).

- STD (mg/L): os resultados evidenciam a eficiência da diluição da água residuária (AR) com água destilada na diminuição da concentração de sólidos dissolvidos totais. Pode se constatar também que a diluição teve maior influência na remoção de STD das águas residuárias que a estação de tratamento Na Figura 39 é possível constatar a remoção dos STD ao final do processo. Como era de se esperar, o maior valor de STD foi observado na água residuária, que foi de 81 mg/L (na coleta do dia 23/07/18). Neste caso foi observado que mesmo a água residuária apresentou concentração de STD inferior ao limite da NBR 13.969 (ABNT, 1997) que é de 200 mg/L (classe 1). Com relação aos percentuais de redução alcançados, observa-se que apenas com o tratamento da redução no teor de STD variou de 5,4% (coleta de 16/07/18) a 16% (coleta de 23/07/18). Com a realização da diluição, a redução aumentou com o aumento na quantidade de água destilada usada para diluição, tendo sido observado percentuais de redução de 41,1% (coleta de 09/07/18) a 56,8% (coleta de 23/07/18) em relação ao valor encontrado para a água residuária (Tabela 18).

Figura 39 - Resultados de STD (mg/L) das análises de água



Legenda: | AC =Água de Chuva | AR = Água Residuária |.

Fonte: A Autora (2018).

Tabela 18 – Concentrações de STD e percentuais de redução com relação à água residuária.

Cenário	Coletas					
	09/07/18		16/07/18		23/07/18	
	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%
Água residuária	73	-	74	-	81	-
Água tratada	64	12,3	70	5,4	68	16,0
Diluição – 25% AC	59	19,2	68	8,1	62	23,5
Diluição – 50% AC	52	28,8	59	20,3	57	29,6
Diluição – 75% AC	43	41,1	38	48,6	35	56,8

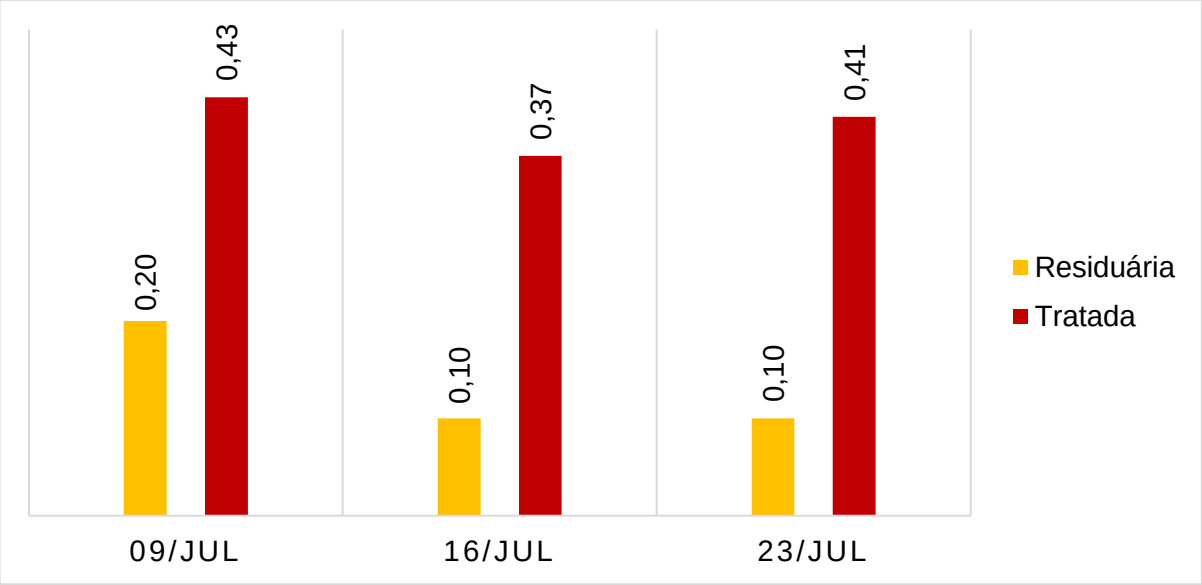
Legenda: | AC =Água de Chuva |

Fonte: A Autora (2018).

- Cloro residual (mg/L): como era de se esperar, a quantidade de cloro na água tratada foi maior que na água residuária, uma vez que a inserção de cloro é uma das etapas do tratamento. Na Figura 40 é possível constatar o acréscimo no teor de cloro residual. Por outro lado, apesar dos percentuais de acréscimo terem variado de 115% (coleta de 09/07/18) a 310% (coleta de 23/07/18), observa-se que os teores finais de cloro residual estão abaixo dos limites estabelecidos na

NBR 13.969 (ABNT, 1997), que é de 0,5 a 1,5 mg/L para classe 1 e maior que 0,5 mg/L para a classe 2 (Tabela 19).

Figura 40 - Resultados de cloro residual (mg/L) das análises de água.



Fonte: A Autora (2018).

Tabela 19 – Concentrações de cloro residual e percentuais de acréscimo com relação à água residuária.

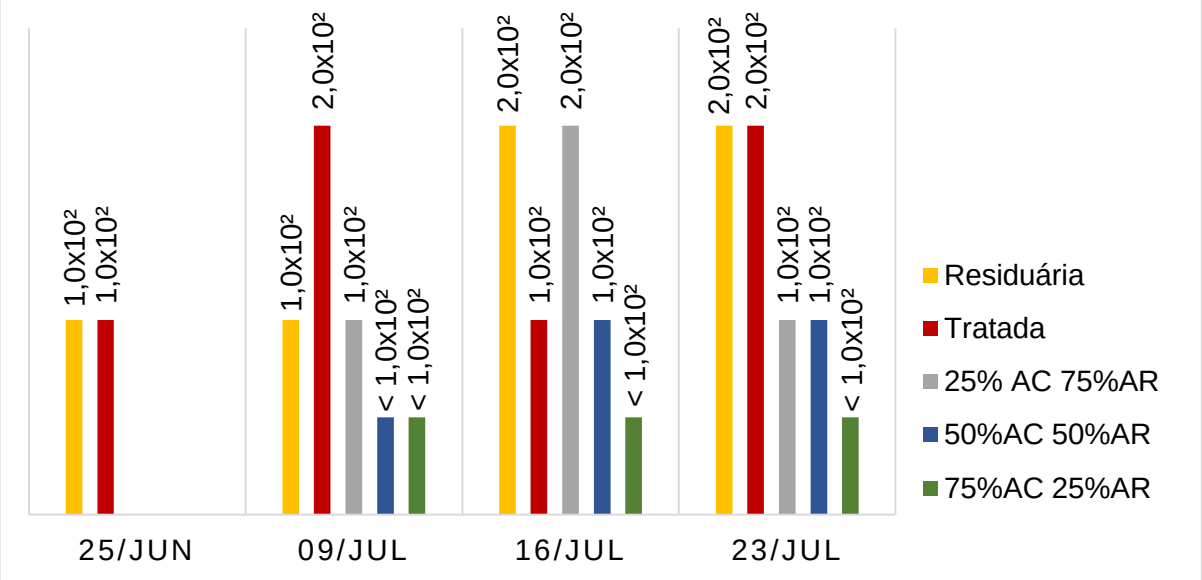
Cenário	Coletas					
	09/07/18		16/07/18		23/07/18	
	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%
Água residuária	0,2	-	0,1	-	0,1	-
Água tratada	0,43	115	0,37	270	0,41	310

Fonte: A Autora (2018).

- Coliformes fecais (NMP/100 mL): os resultados evidenciam a influência da diluição da água residuária (AR) com água destilada. Na Figura 41 é possível constatar a redução na concentração de coliformes fecais ao final do processo. Os maiores valores de coliformes fecais (200 NMP/100 mL) foram observados na água tratada da coleta do dia 09/07/18, na água residuária coletada no dia 16/07/18 e nas águas residuária e tratada da coleta do dia 23/07/18. Apenas no resultado da coleta do dia 16/07/18 foi observada a redução nos teor de coliforme

fecal após o tratamento, não representando assim uma tendência de redução de coliformes fecais com o tratamento na ETE. Já a diluição apresentou-se eficiente na redução do teor de coliforme fecal, nas três amostras testadas (coletadas nos dias 9, 16 e 23/07/18), tendo sido a diluição com 75% de água destilada a que resultou, nos três casos, em teores inferiores a 100 NMP/100 mL. Todas as amostras de água analisadas (residuárias, tratadas e diluídas) apresentaram concentração de coliformes fecais inferior ao limite estabelecido pela NBR 13.969 (ABNT, 1997) para as classes 2 e 3, que é menor que 500 NMP/100 ml, enquanto os resultados das concentrações de coliformes fecais das amostras da água tratada do dia 09/07/18, da água residuária e da água residuária diluída com 25% de água destilada do dia 16/07/18 e das águas residuária e tratada do dia 23/07/18, apresentaram teores de coliformes iguais a 200 NMP/100 ml, não apresentaram assim resultados abaixo do limite estabelecido pela NBR 13.969 para classe 1, que devem ser menores que 200 NMP/100/ml. Com esses resultados pode-se concluir que a estação de tratamento está sendo ineficiente na remoção de coliformes fecais da água residuária, enquanto a diluição mostra-se como um tratamento alternativo mais eficiente.

Figura 41 - Resultados de coliformes fecais (NMP/100 mL) das análises de água.



Legenda: | NMP = Número Mais Provável | AC =Água de Chuva | AR = Água Residuária |.

Fonte: A Autora (2018).

Todos os resultados obtidos, bem como os limites apresentados na NBR 13.969 (ABNT, 1997) estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Resumo dos resultados das análises e limites da NBR 13.969 (ABNT, 1997).

Data da coleta	**Situação da amostra**	**pH**	**Turb. (uT)**	**STD (mg/L)**	**Cl. Res. (mg/L)**	**Col. Fecais (NMP/100 mL)**
25/06/18	Residuária	-	2,72	-	-	100
	Tratada	-	0,00	-	-	100
	Diluição – 25% AC	-	-	-	-	-
	Diluição – 50% AC	-	-	-	-	-
	Diluição – 75% AC	-	-	-	-	-
09/07/18	Residuária	8,60	1,55	73	0,20*	100
	Tratada	8,70	0,00	64	0,43*	200
	Diluição – 25% AC	-	1,19	59	-	100
	Diluição – 50% AC	-	0,67	52	-	< 100
	Diluição – 75% AC	-	0,00	43	-	< 100
16/07/18	Residuária	8,70	2,05	74	0,10*	200
	Tratada	8,50	0,00	70	0,37*	100
	Diluição – 25% AC	-	1,43	68	-	200
	Diluição – 50% AC	-	0,85	59	-	100
	Diluição – 75% AC	-	0,00	38	-	< 100
23/07/18	Residuária	8,60	1,28	81	0,10*	200
	Tratada	8,20	0,00	68	0,41*	200
	Diluição – 25% AC	-	0,93	62	-	100
	Diluição – 50% AC	-	0,60	57	-	100
	Diluição – 75% AC	-	0,00	35	-	< 100
NBR 13.969 (ABNT, 1997)						
	Classe 1	6,0 a 8,0	< 5	< 200	0,5 a 1,5	< 200
	Classe 2	-	< 5	-	> 0,5	< 500
	Classe 3	-	< 10	-	-	< 500

Legenda: | Turb. = turbidez | STD = sólidos totais dissolvidos | Cl. Res. = cloro residual | Col. = coliformes fecais| AC = água de chuva | NMP = Número Mais Provável | uT = Unidade de Turbidez |

Em negrito; valores superiores ao limite para Classe 1 | * valores inferiores ao limite para Classe 1 e Classe 2.

Fonte: A Autora (2018).

4.7 PROBLEMAS OBSERVADOS NO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA IMPLANTADO.

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa dois fatores podem contribuir para que os resultados após o tratamento ou após o recebimento da água de chuva desenquadrem as amostras de água com relação aos parâmetros monitorados no âmbito da NBR 13.969 (ABNT, 1997) e estão explicitados a seguir.

- Ausência de dispositivo de descarte dos primeiros milímetros de água de chuva permitindo que o material depositado na superfície de captação, que não foi barrado pelas grelhas flexíveis instaladas nas entradas dos tubos de queda, sejam carreados pela água de chuva para o interior do reservatório de armazenamento da água. Uma alternativa simples e de baixo custo para solucionar este problema seria a canalização dessas águas que descem pelos tubos de queda, e a instalação de um dispositivo de descarte, antes do armazenamento.

- A segunda observação é referente ao modo como essas águas são coletadas ao chegarem ao solo, os tubos de queda (Figura 42) despejam as águas em poços absorventes abertos contendo brita, os poços se comunicam uns com os outros por tubulações subterrâneas que por fim encaminham as águas coletadas para o sistema de tratamento. Estes poços (Figura 43) permitem o acesso de animais e a deposição de lixo e outros contaminantes, sendo assim contribuem negativamente para a qualidade das águas coletadas.

Figura 42 - Tubos de quedas.

Fonte: A Autora (2018).

Figura 43 - Poço absorvente.

Fonte: A Autora (2018).

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

5.1 CONCLUSÕES

Para que seja possível o aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas residuárias é preciso fazer o tratamento dessas águas para adequá-las aos padrões de qualidade descritos nas normas de aproveitamento de água de chuva (NBR 15.527) e de reúso de águas servidas (NBR 13.969), com o objetivo de reduzir riscos à saúde dos usuários e promover uma maior aceitabilidade da população quanto ao sistema.

No projeto de sistema de reúso de águas cinzas deve ser observado o tipo de edificação e os costumes dos usuários, enquanto que para o sistema de aproveitamento de água de chuva devem ser observados os fatores que possam vir a contaminar essas águas e a caracterização pluviométrica da região onde será implantado o sistema. Visto que a pluviometria da região influencia diretamente no volume de água de chuva aproveitável para o sistema de aproveitamento de água de chuva, e se este volume não atender a demanda estimada para o sistema, o mesmo poderá ser inviável financeiramente.

Quanto ao balanço hídrico apresentado através do cálculo do volume aproveitável de água de chuva, o volume ofertado pelas águas cinzas originadas nos lavatórios e o volume demandado pelas bacias sanitárias, foi possível concluir que o volume de águas cinzas ofertado pelos lavatórios são suficientes para suprir a demanda de águas não potáveis dos vasos sanitários. Porém, como já demonstrado em referência bibliográfica, as águas de chuva têm qualidade muito superior às águas cinzas, sendo assim não é indicado o descarte dessas águas, e sim fazer uso de toda a água de chuva coletada e descartar as águas cinzas excedentes.

Analisando-se o perfil dos frequentadores do edifício, levantado no âmbito desta pesquisa, observou-se que a 84% é composto de alunos, que constituem os principais usuários do sistema.

Diante dos resultados obtidos com o a investigação da qualidade da água é possível concluir que todas as amostras se enquadram na classe 3 e realmente só

podem ser destinadas às descargas em vasos sanitários, porém com uma pequena correção na concentração de cloro residual poderiam se enquadrar na classe 2 e serem usadas também para lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.

A diluição constitui uma importante forma de reduzir alguns parâmetros que podem melhorar a qualidade da água, ainda que estas já estejam com os respectivos teores dentro dos limites estabelecidos na NBR 13.969 (ABNT, 1997).

de modo geral os sistemas de reúso de águas cinzas e aproveitamento de água de chuva podem ser implantados em qualquer tipo de edificação, porém deve ser observado a oferta e a demanda de água não potável da edificação, de forma que o correto dimensionamento do sistema seja feito para que o projeto não seja inviabilizado economicamente. Sendo assim, é mais indicado para edificações com grande demanda de água, como *shoppings centeres*, universidades , hotéis, escolas e edifícios públicos em geral.

5.2 SUGESTÕES PARA NOVAS PESQUISAS

O aproveitamento de água de chuva e reúso de águas servidas no Brasil ainda tem muito a avançar, começando pela necessidade uma legislação específica para reúso de águas servidas e maior incentivo do governo. Para isso faz-se necessário uma mobilização geral no sentido de unir esforços para desenvolver programas de conscientização e informação ao público sobre os benefícios da conservação dos recursos hídricos com o reúso de água e aproveitamento de água de chuva e a necessidade desses sistemas para o combate à escassez de água potável.

Para trabalhos futuros propõe-se um estudo mais detalhado sobre a influência das diluições na qualidade das água para reúso. Bem como a viabilidade financeira do emprego desse método de tratamento comparado aos métodos tradicionais.

Propõe-se também estudos que possibilitem o emprego de técnicas de tratamento para águas residuárias alternativas, com custo baixo de forma que a

técnica de reutilização de águas residuárias para fins não potáveis possa tornar-se cada vez mais difundida.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.969** que dispõe sobre tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação. 60 p., 1997.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15097-1** que dispõe sobre aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaios. 63 p., 2017.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.527** que dispõe sobre o aproveitamento de água de chuva de cobertas em áreas urbanas para fins não potáveis. 8 p., 2007.

ADA -American Dental Association. **Oral Health Topics –Toothbrushes**. Disponível em: http://www.ada.org/en/member-center/oral-health-topics/toothbrushes (acessado em 04/08/2018).

AKOTO, O., APPIAH, F., BOADI, N. O.. Physicochemical Analysis of Roof Runoffs from the Obuasi Area. **Water Practice & Technology**, 6(1): 2011.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Relatório Pleno de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017**. Brasília, 177 p., 2017.

ANTONOPOULOU, G., KIRKOU, A., STASINAKIS, A. S.. Quantitative and qualitative greywater characterization in Greek households and investigation of their treatment using physicochemical methods. **Science of The Total Environment**, 454-455: 426–432, 2013.

APAC – Associação Pernambucana de Águas e Clima. **Monitoramento Pluviométrico**. Disponível em: http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php (acessado em 04/08/2018).

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 22 ed. Washington: American Water Works Association, 733 p., 2012.

ASA – Articulação Semiárido Brasileiro. **P1MC - Programa Um Milhão de Cisternas.** Disponível em: http://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc (acessado em 04/08/2018).

BARRETO, D.. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído,** 8 (2): 23-40, 2008.

BERTOLO, e. J. P.. **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de engenharia da Universidade do Porto, Programa de pós graduação em engenharia. Portugal, 204 p., 2006.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., MIERZWA, J. G., BARROS, M. T. L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., ELGER, S.. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 336 p., 2005.

CARVALHO, J. R. S., LUZ, J., SANTOS, S. M., GAVAZZA, S.. A PVC-pipe device as a sanitary barrier for improving rainwater quality for drinking purposes in the Brazilian semiarid region. **Journal of Water and Health**, 16 (3): 391-402, 2018.

CHEN , Z., WU, Q., WU, G., HU, H.Y.. Centralized water reuse system with multiple applications in urban areas: Lessons from China's experience. **Resources, Conservation and Recycling,** 117: 125-136, 2017.

CHRISTOFIDIS, D.. Água, Ética, Segurança Alimentar e Sustentabilidade Ambiental. **Bahia análise & dados**, 13(Especial): 371-382, 2003.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Comparações internacionais uma agenda de soluções para os desafios do saneamento brasileiro**. Brasília, 128 p., 2017.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução Nº. 54**, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 3p., 2006.

CURITIBA. **Lei nº 10.785**, de 18 de setembro de 2003. Cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - PURAE. Curitiba, 3p., 2003.

DECA. **Torneira de mesa bica baixa para lavatório – Aspen**. Disponível em: https://www.deca.com.br/produto/torneira-de-mesa-bica-baixa-para-lavatorio-cromado-1198c35/ (acessado em 13/08/2018).

DIN - Deutsches Institute für Normung. **Nummer 1989-1** - Regenwassernutzungsanlagen - Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung (Número 1989-1 - Sistemas de captação de águas pluviais - Parte 1: Planejamento, execução, operação e manutenção), 2002.

EPA – Environmental Protection Agency. **Guidelines for water reuse**. USA, 2012.

ERCOLE, L. A. S.. **Sistema Modular de Gestão de Águas Residuárias Domiciliares: uma opção mais sustentável para gestão de resíduos líquidos.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 180 p, 2003.

FAO-ONU - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Towards a water and food secure secure future critical perspectives for policy-markers.** Marcelha, 76 p., 2015.

FELIZATTO, M.R.. Projeto integrado de tratamento avançado e reúso direto de águas residuárias. Em: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21., 81 -97. João Pessoa-PB. **Anais**.. ABES, 2001.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água** Brasília, 150., 2013.

GARCIA, X., PARGAMENT , D.. Reusing wastewater to cope with water scarcity: Economic, social and environmental considerations for decision-making. **Resources, Conservation and Recycling,** 101: 154–166, 2015.

GNADLINGER, J.. Coleta de água de chuva em áreas rurais. Em: Fórum Mundial da Água, 2. 2000. Holanda. Disponível em: www.irpaa.org.br/colheita/indexb.htm. (acessado em 04/08/2018).

GOODWIN , D., RAFFIN, M., JEFFREY, P., SMITH, H.M.. Collaboration on risk management: The governance of a non-potable water reuse scheme in London. **Journal of Hydrology,** 2017.

GOOGLE. Google Earth Pro. Version 7.1.5.1557. 2015. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>. Acesso em: 21/08/2018

INDEX. **Collilert**. Disponível em: https://www.idexx.com.br/pt-br/water/water-products-services/collilert/ (acessado em 04/08/2018).

IRCSA - Associação Internacional para Aproveitamento de Água de Chuva. **International Rainwater Catchment Systems Conferences**. Disponível em: http://www.eng.warwick.ac.uk/ircsa/conferences.htm (acessado em 21/08/2018).

KHAN, M. Z., SIM, Y. L., LIN, Y. J., LAI, K. M.. Testing biological effects ofhand-washing grey water for reuse in irrigation on an urban farm: a casestudy. **Environmental Technology**, 34(1–4): 545–551, 2013.

MAY, S.. **Caracterização, Tratamento e Reúso de Águas Cinzas e Aproveitamento de Água de Chuva em Edificações**. Tese de Doutorado, USP, Programa de pós graduação em engenharia. São Paulo, 223 p., 2009.

MENDEZ, C. B., KLENZENDORF, J. B., AFSHAR, B. R., SIMMONS, M. T., BARRETT, M. e., KINNEY, K. A., KIRISITS, M. J..The effect of roofing material on the quality of harvested Rainwater. **Water Research**, 45: 2049-2059, 2011.

MENESES, M., PASQUALINO, J. C., CASTELLS, F.. Environmental assessment of urban wastewater reuse: Treatment alternatives and applications. **Chemosphere,** 81: 266-272, 2010.

MIZYED, N. R.. Challenges to treated wastewater reuse in arid and semi-arid áreas. **Environmentalscience & policy,** 25: 186–195, 2013.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Consumo Sustentável**: **Manual de Educação**. Brasília, 162 p., 2005.

MONTE, H. M., ALBUQUERQUE, A.. **Reutilização de Águas Residuárias**. 14 ed. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, 318 p., 2010.

MONTGOMERY, D. C. RUNGER, D. C., HUBELE, N. F.. **Estatística Aplicada À Engenharia**. 2 ed. São Paulo: LTC, 354 p., 2011.

MS - Ministério da Saúde. **Portaria Nº 2914** de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, 16p., 2011.

MS - Ministério da Saúde. **Portaria Nº 518** de 25 de Março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 28p., 2005.

OLIVEIRA, L. H., ILHA, M. S. O., GONÇALVEZ, O. M., YWASHIMA, L., REIS, S. P. A.. **Documento 2.1 – Levantamento do Estado da Arte: Água, Projeto: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável**. Projeto FINEP 2386/04, São Paulo, 2007. 107 p.

RECIFE. **Lei nº 18112**, de 12 de janeiro de 2015. Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. Diário oficial do município, Recife, 8p., 2015.

RICE, J., WUTICH., A., WHITE., D. D., WESTERHOFF, P.. Comparing actual de facto wastewater reuse and its public acceptability: A three city case study. **Sustainable Cities and Society**, 27: 467–474, 2016.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Meio Ambiente – Uso racional da água – Dicas de economia em casa**. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=595 (acessado em 04/08/2018).

SÃO LEOPOLDO. **Lei Nº 8.473**, de 22 de junho de 2016. Determina a adoção de reservatórios de água das chuvas, visando o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem, e incentiva o aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis. São Leopoldo, 5p., 2016.

SÃO PAULO (estado). **Lei N. 7.750**, de 31 de março de 1992. Dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 11p., 1992.

SÃO PAULO (estado). **Lei N. 13.276**, de 5 de janeiro de 2002. Dispõe sobre a obrigatoriedade da execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 1p., 2002.

SMITH, H.M., BROUWER, S., JEFFREY, P., FRIJNS, J.. Public responses to water reuse e Understanding the evidence. **Journal of Environmental Management,** 207: 43-50, 2018.

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB.** Brasília, 172 p., 2013.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2016**. Brasília, 220 p., 2018.

SOUZA, S. H. B., MONTENEGRO, S. M. G. L., SANTOS, S. M., GAVAZZA, S., NÓBREGA, R. L. B.. Avaliação da Qualidade da Água e da Eficácia de Barreiras Sanitárias em Sistemas para Aproveitamento de Águas de Chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** 16 (3): 81-93, 2011.

TELLES, D. A., COSTA, R.H.P.G.. **Reúso de água conceitos teorias e práticas**. 2.ed. São Paulo: Blucher: 408 p., 2007.

THACKRAY, J. e., COCKER, V., ARCHIBALD, G.. The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers**, 64: 37-61, 1978.

TIGRE. **Grelha Hemisférica Flexível**. Disponível em: https://www.tigre.com.br/grelha-hemisferica-flexivel (acessado em 04/08/2018).

TOMAZ, P.. **Aproveitamento de água de chuva - Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 4. ed.. São Paulo: Navegar, 180 p., 2011.

TOMAZ, P.. **Previsão do consumo de água – interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos**. 1.ed.. São Paulo: Navegar, 250 p., 2000.

TRIOLA, M. F.. **Introdução à Estatística**. 12 ed.. São Paulo: LTC, 836 p., 2017.

UMWELTBUNDESAMT (Agência Federal do Meio Ambiente da Alemanha) - Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Ministério do Meio Ambiente da Alemanha)**. Water Resource Management in Germany. Relatório.** Bonn, 150 p., 2014..

UN – United Nations. **Population Division - World Population Prospects 2017.** Disponível em: https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Probabilistic/Population/ (acessado em 19/08/2018).

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2018 – Soluções Baseadas na Natureza para a Gestão da Água.** Perúgia, 12 p., 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. Reitoria. **Superintendência de infraestrutura**. Coordenação de cadastro de Bens Imóveis. Recife, 2018. Projeto arquitetônico em 32 pranchas. Reprodução em cópia heliográfica.

USHIJIMA, K., TANAKA, e., SUZUKI, L. Y., HIJIKATA, N., FUNAMIZU, N., ITO, R.. Grey water treatment by the slanted soil system with unsorted soil media. **Environmental Technology**, 36(20): 2603–2609, 2015.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: UFMG, 238 p., 1996.

WBCSD - Conselho empresarial mundial para desenvolvimento sustentável. **Factos e tendências.** Lisboa, 16 p., 2015.

WESTER, J., TIMPANO, K. R., ÇEK, D., LIEBERMAN, D., FIELDSTONE S. C., BROAD K.. Psychological and social factors associated with wastewater reuse emotional discomfort. **Journal of Environmental Psychology**, 42: 16-23, 2015.

WILCOX, J., NASIRI, F., BELL, S., RAHAMAN S.. Urban water reuse: A triple bottom line assessment framework and review. **Sustainable Cities and Society,** 27: 448–456, 2016.

WORLD BANK. **Water resources management in Japan: policy, institutional and legal issues. Environment and Social Development, East Asia and Pacific Region.** Washington, 30 p., 2006.

YI, L., JIAO, W., CHEN, X., CHEN, W.. An overview of reclaimed water reuse in China. **Journal of Environmental Sciences**, 23(10): 1685-1593, 2011.

APÊNDICE A - FORMULÁRIO PARA PESQUISA COMPORTAMENTAL.

Pesquisa comportamental para Mestrado em engenharia civil
Questionário quanto ao uso da agua do sistema de aproveitamento de agua de chuva e reuso de águas

1 Qual tipo de curso você está realizando?

☐ Graduação ☐ Mestrado

2 Quantas horas em média passa na universidade?

☐ até 2 horas ☐ até 3 horas

☐ até 4 horas ☐ mais de 4 horas

3 Quantas vezes por dia utiliza a pia do banheiro para escovar os dentes?

☐ Não utiliza ☐ 2 vezes

☐ 1 vez ☐ 3 vezes ou mais

4 Quantas vezes ao dia utiliza a pia do banheiro para lavar as mãos?

☐ Não utiliza ☐ 2 vezes

☐ 1 vez ☐ 3 vezes ou mais

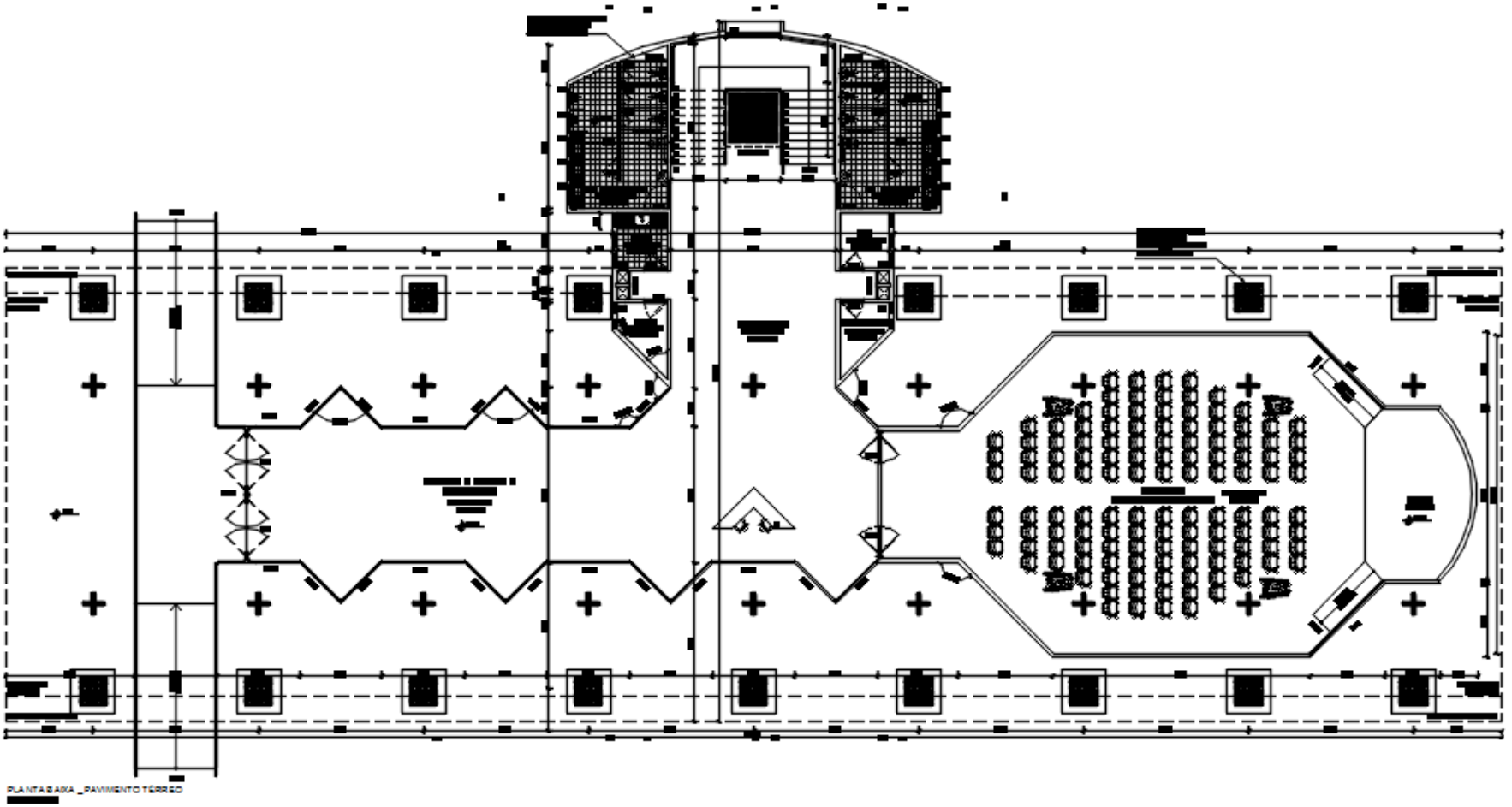
5 Quantas vezes utliza a descarga nos vasos sanitários?

☐ Não utiliza ☐ 2 vezes

☐ 1 vez ☐ 3 vezes ou mais

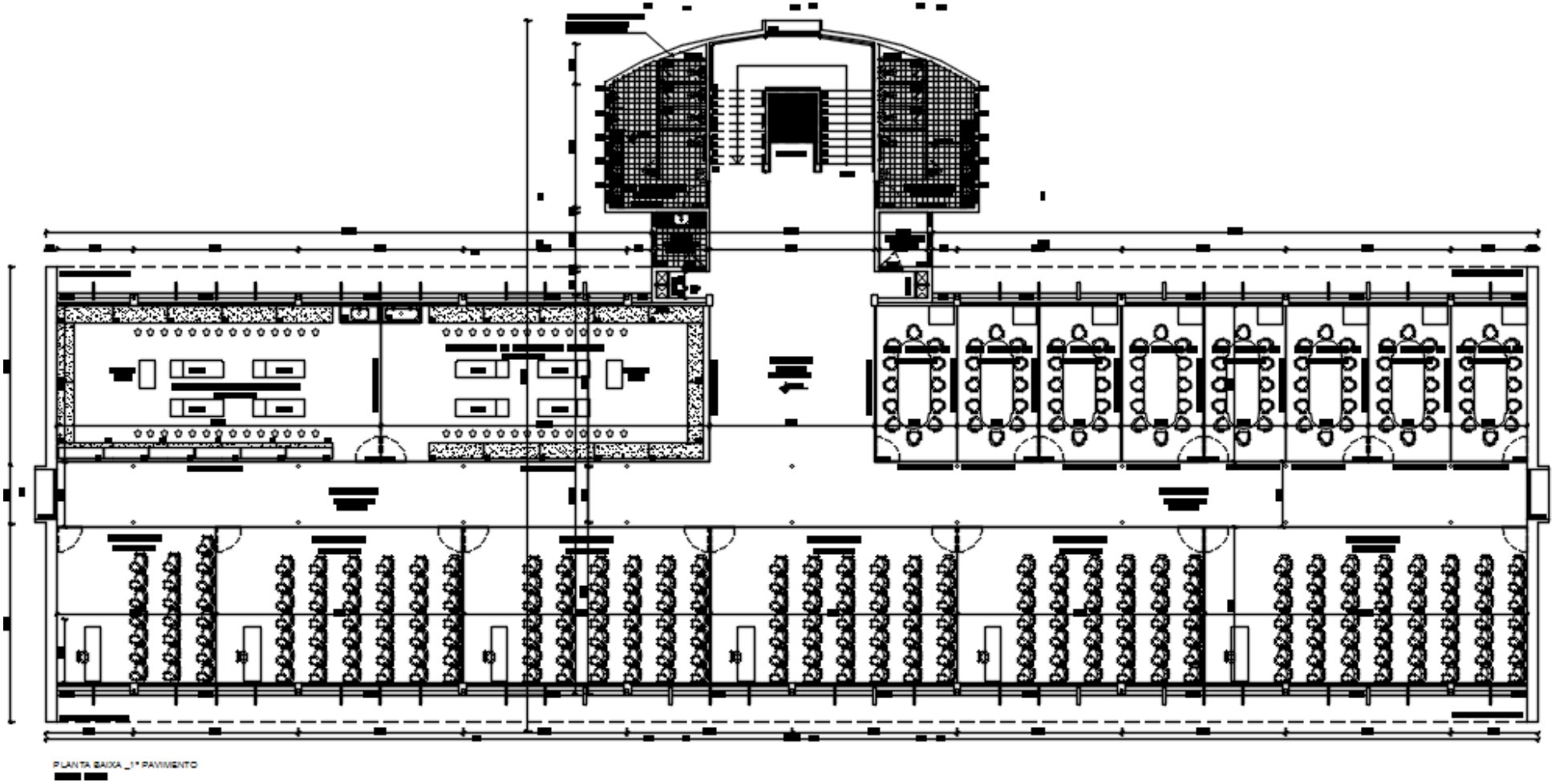
ANEXO A - PLANTAS DA EDIFICAÇÃO.

Figura 44 - Planta baixa de Arquitetura pavimento térreo da FMR.



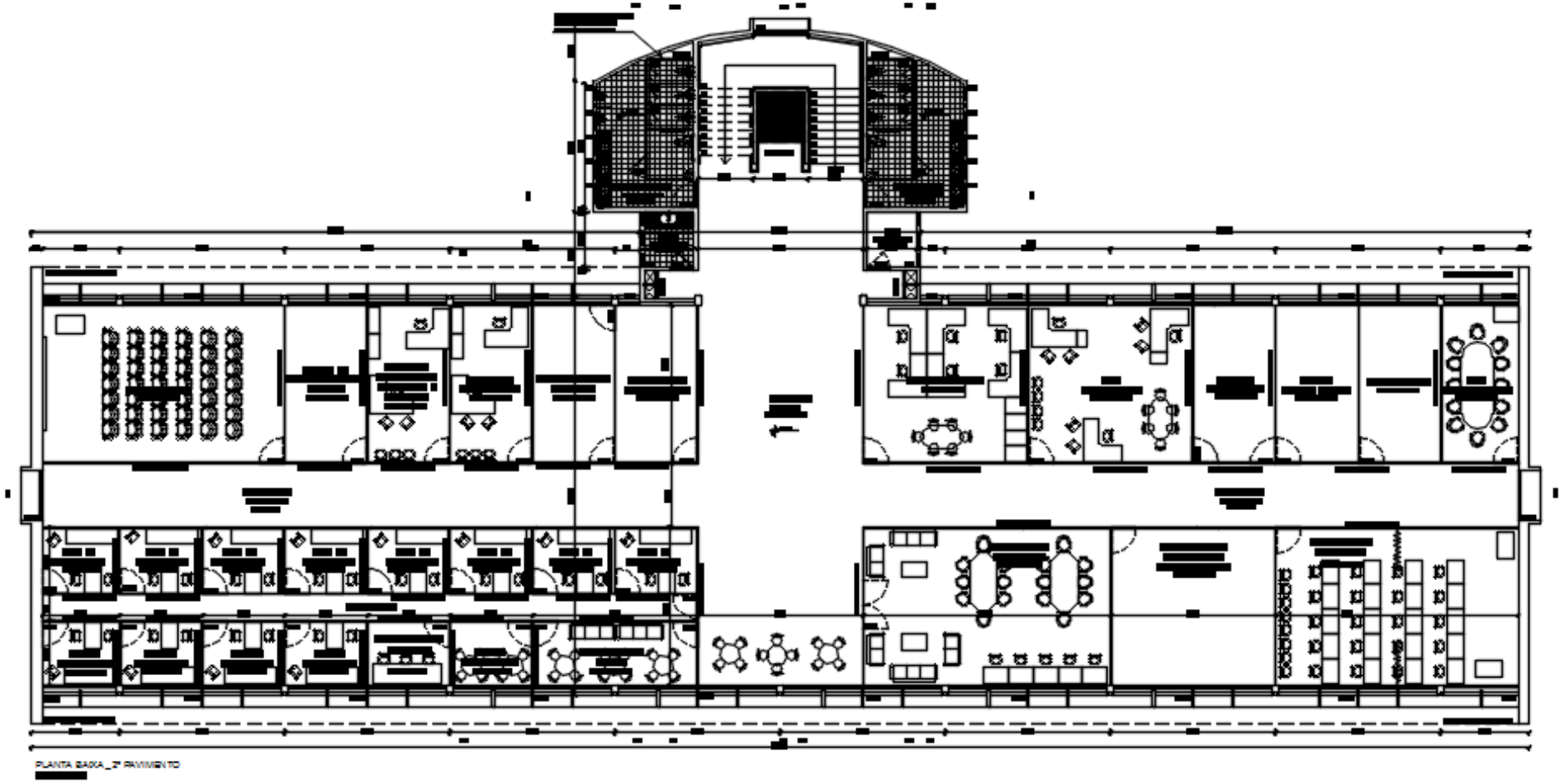
Fonte: UFPE (2018)

Figura 45 - Planta baixa de Arquitetura segundo pavimento da FMR.



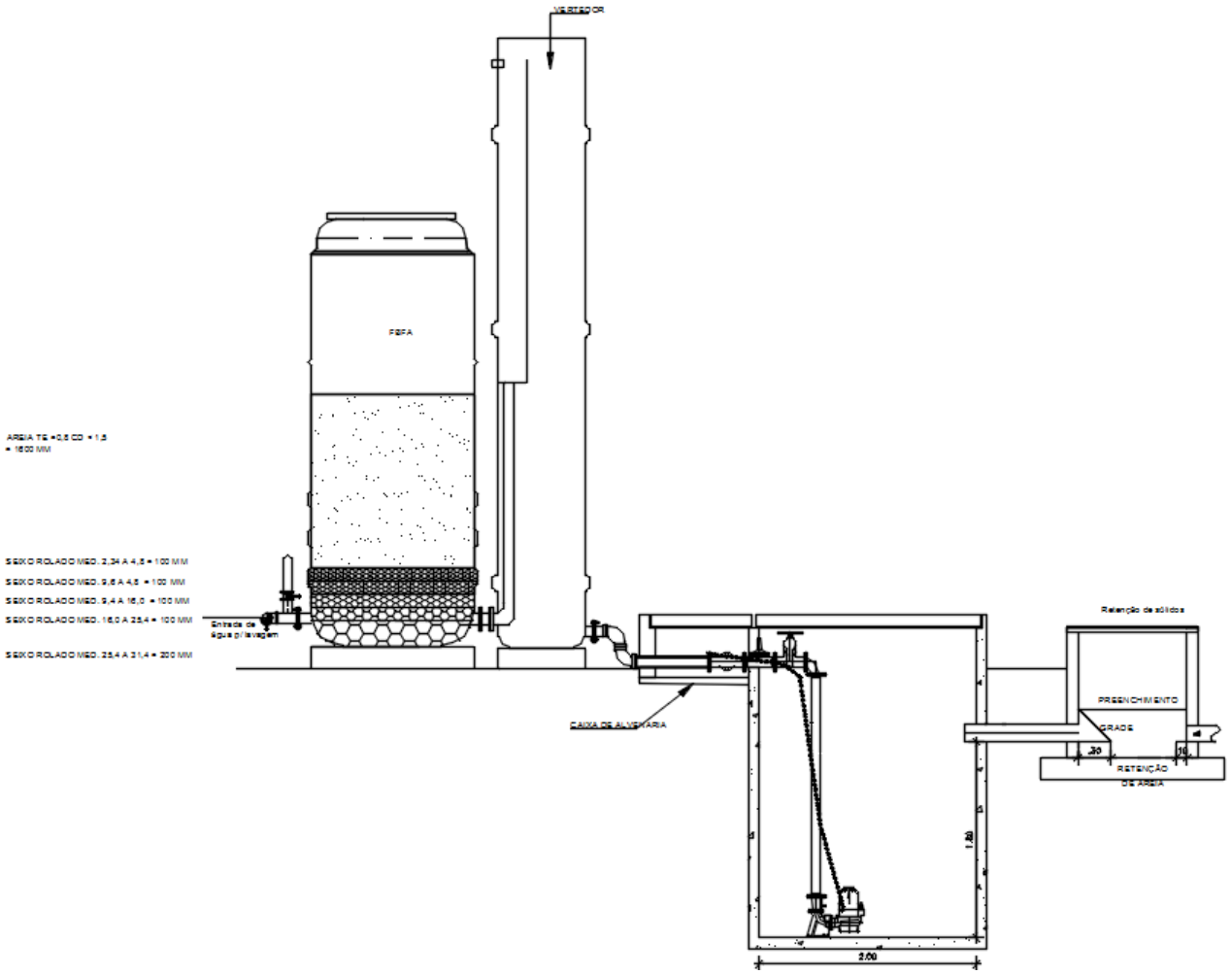
Fonte: UFPE (2018).

Figura 46 - Planta baixa de Arquitetura terceiro pavimento da FMR.



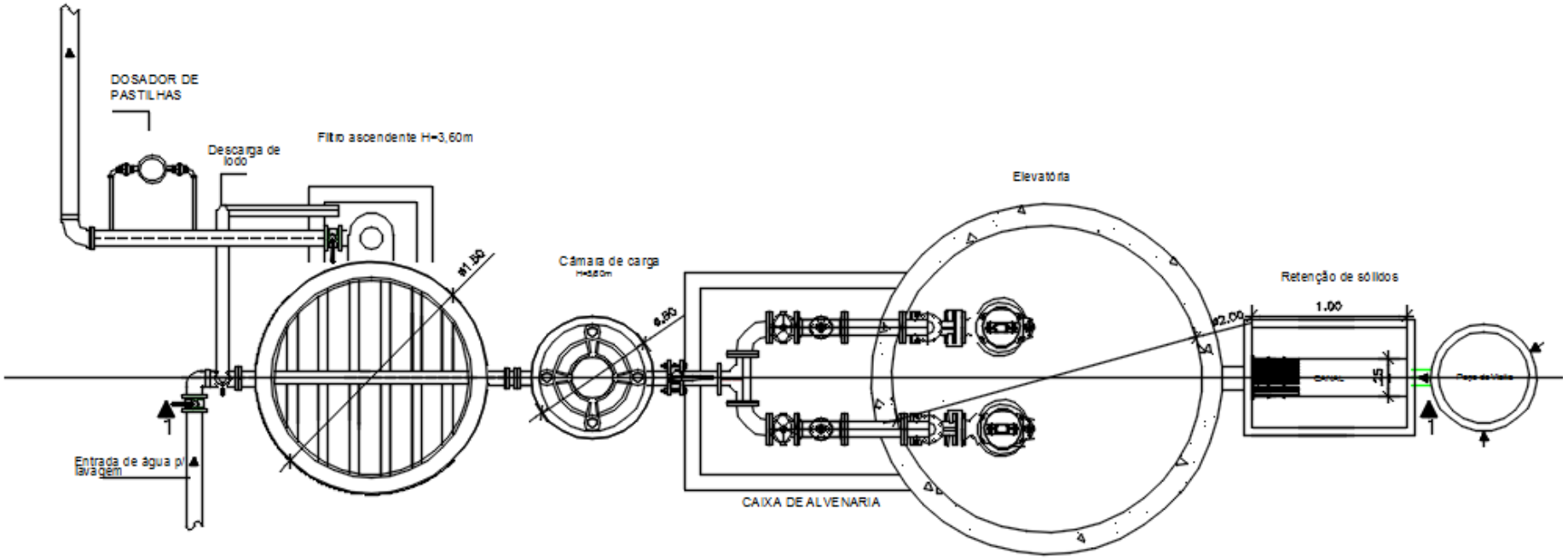
Fonte: UFPE (2018)

Figura 47 – Corte da estação de tratamento.



Fonte: UFPE (2018).

Figura 48 – Planta baixa da estação de tratamento.



Fonte: UFPE (2018).

ANEXO B – TABELA PADRÃO DO MÉTODO DE REFERÊNCIA IDEXX *QUANTI-TRAY*®/2000 MPN *TABLE*

IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN Table (per 100ml)

# Large Wells Positive	# Small Wells Positive																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0	<1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.2	21.2	22.2	23.3	24.3
1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	13.2	14.2	15.2	16.2	17.3	18.3	19.3	20.4	21.4	22.4	23.5	24.5	25.6
2	2.0	3.0	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.2	10.2	11.2	12.2	13.3	14.3	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.6	21.6	22.7	23.7	24.8	25.8	26.9
3	3.1	4.1	5.1	6.1	7.2	8.2	9.2	10.3	11.3	12.4	13.4	14.5	15.5	16.5	17.6	18.6	19.7	20.8	21.8	22.9	23.9	25.0	26.1	27.1	28.2
4	4.1	5.2	6.2	7.2	8.3	9.3	10.4	11.4	12.5	13.5	14.6	15.6	16.7	17.8	18.8	19.9	21.0	22.0	23.1	24.2	25.3	26.3	27.4	28.5	29.6
5	5.2	6.3	7.3	8.4	9.4	10.5	11.5	12.6	13.7	14.7	15.8	16.9	17.9	19.0	20.1	21.2	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6	27.7	28.8	29.9	31.0
6	6.3	7.4	8.4	9.5	10.6	11.6	12.7	13.8	14.9	16.0	17.0	18.1	19.2	20.3	21.4	22.5	23.6	24.7	25.8	26.9	28.0	29.1	30.2	31.3	32.4
7	7.5	8.5	9.6	10.7	11.8	12.8	13.9	15.0	16.1	17.2	18.3	19.4	20.5	21.6	22.7	23.8	24.9	26.0	27.1	28.3	29.4	30.5	31.6	32.8	33.9
8	8.6	9.7	10.8	11.9	13.0	14.1	15.2	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.8	22.9	24.1	25.2	26.3	27.4	28.6	29.7	30.8	32.0	33.1	34.3	35.4
9	9.8	10.9	12.0	13.1	14.2	15.3	16.4	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.2	24.3	25.4	26.6	27.7	28.9	30.0	31.2	32.3	33.5	34.6	35.8	37.0
10	11.0	12.1	13.2	14.4	15.5	16.6	17.7	18.9	20.0	21.1	22.3	23.4	24.6	25.7	26.9	28.0	29.2	30.3	31.5	32.7	33.8	35.0	36.2	37.4	38.6
11	12.2	13.4	14.5	15.6	16.8	17.9	19.1	20.2	21.4	22.5	23.7	24.8	26.0	27.2	28.3	29.5	30.7	31.9	33.0	34.2	35.4	36.6	37.8	39.0	40.2
12	13.5	14.6	15.8	16.9	18.1	19.3	20.4	21.6	22.8	23.9	25.1	26.3	27.5	28.6	29.8	31.0	32.2	33.4	34.6	35.8	37.0	38.2	39.5	40.7	41.9
13	14.8	16.0	17.1	18.3	19.5	20.6	21.8	23.0	24.2	25.4	26.6	27.8	29.0	30.2	31.4	32.6	33.8	35.0	36.2	37.5	38.7	39.9	41.2	42.4	43.6
14	16.1	17.3	18.5	19.7	20.9	22.1	23.3	24.5	25.7	26.9	28.1	29.3	30.5	31.7	33.0	34.2	35.4	36.7	37.9	39.1	40.4	41.6	42.9	44.2	45.4
15	17.5	18.7	19.9	21.1	22.3	23.5	24.7	25.9	27.2	28.4	29.6	30.9	32.1	33.3	34.6	35.8	37.1	38.4	39.6	40.9	42.2	43.4	44.7	46.0	47.3
16	18.9	20.1	21.3	22.6	23.8	25.0	26.2	27.5	28.7	30.0	31.2	32.5	33.7	35.0	36.3	37.5	38.8	40.1	41.4	42.7	44.0	45.3	46.6	47.9	49.2
17	20.3	21.6	22.8	24.1	25.3	26.6	27.8	29.1	30.3	31.6	32.9	34.1	35.4	36.7	38.0	39.3	40.6	41.9	43.2	44.5	45.9	47.2	48.5	49.8	51.2
18	21.8	23.1	24.3	25.6	26.9	28.1	29.4	30.7	32.0	33.3	34.6	35.9	37.2	38.5	39.8	41.1	42.4	43.8	45.1	46.5	47.8	49.2	50.5	51.9	53.2
19	23.3	24.6	25.9	27.2	28.5	29.8	31.1	32.4	33.7	35.0	36.3	37.6	39.0	40.3	41.6	43.0	44.3	45.7	47.1	48.4	49.8	51.2	52.6	54.0	55.4
20	24.9	26.2	27.5	28.8	30.1	31.5	32.8	34.1	35.4	36.8	38.1	39.5	40.8	42.2	43.6	44.9	46.3	47.7	49.1	50.5	51.9	53.3	54.7	56.1	57.6
21	26.5	27.9	29.2	30.5	31.8	33.2	34.5	35.9	37.3	38.6	40.0	41.4	42.8	44.1	45.5	46.9	48.4	49.8	51.2	52.6	54.1	55.5	56.9	58.4	59.9
22	28.2	29.5	30.9	32.3	33.6	35.0	36.4	37.7	39.1	40.5	41.9	43.3	44.8	46.2	47.6	49.0	50.5	51.9	53.4	54.8	56.3	57.8	59.3	60.8	62.3
23	29.9	31.3	32.7	34.1	35.5	36.8	38.3	39.7	41.1	42.5	43.9	45.4	46.8	48.3	49.7	51.2	52.7	54.2	55.6	57.1	58.6	60.2	61.7	63.2	64.7
24	31.7	33.1	34.5	35.9	37.3	38.8	40.2	41.7	43.1	44.6	46.0	47.5	49.0	50.5	52.0	53.5	55.0	56.5	58.0	59.5	61.1	62.6	64.2	65.8	67.3
25	33.6	35.0	36.4	37.9	39.3	40.8	42.2	43.7	45.2	46.7	48.2	49.7	51.2	52.7	54.3	55.8	57.3	58.9	60.5	62.0	63.6	65.2	66.8	68.4	70.0
26	35.5	36.9	38.4	39.9	41.4	42.8	44.3	45.9	47.4	48.9	50.4	52.0	53.5	55.1	56.7	58.2	59.8	61.4	63.0	64.7	66.3	67.9	69.6	71.2	72.9
27	37.4	38.9	40.4	42.0	43.5	45.0	46.5	48.1	49.6	51.2	52.8	54.4	56.0	57.6	59.2	60.8	62.4	64.1	65.7	67.4	69.1	70.8	72.5	74.2	75.9
28	39.5	41.0	42.6	44.1	45.7	47.3	48.8	50.4	52.0	53.6	55.2	56.9	58.5	60.2	61.8	63.5	65.2	66.9	68.6	70.3	72.0	73.7	75.5	77.3	79.0
29	41.7	43.2	44.8	46.4	48.0	49.6	51.2	52.8	54.5	56.1	57.8	59.5	61.2	62.9	64.6	66.3	68.0	69.8	71.5	73.3	75.1	76.9	78.7	80.5	82.4
30	43.9	45.5	47.1	48.7	50.4	52.0	53.7	55.4	57.1	58.8	60.5	62.2	64.0	65.7	67.5	69.3	71.0	72.9	74.7	76.5	78.3	80.2	82.1	84.0	85.9
31	46.2	47.9	49.5	51.2	52.9	54.6	56.3	58.1	59.8	61.6	63.3	65.1	66.9	68.7	70.5	72.4	74.2	76.1	78.0	79.9	81.8	83.7	85.7	87.6	89.6
32	48.7	50.4	52.1	53.8	55.6	57.3	59.1	60.9	62.7	64.5	66.3	68.2	70.0	71.9	73.8	75.7	77.6	79.5	81.5	83.5	85.4	87.5	89.5	91.5	93.6
33	51.2	53.0	54.8	56.5	58.3	60.2	62.0	63.8	65.7	67.6	69.5	71.4	73.3	75.2	77.2	79.2	81.2	83.2	85.2	87.3	89.3	91.4	93.6	95.7	97.8
34	53.9	55.7	57.6	59.4	61.3	63.1	65.0	67.0	68.9	70.8	72.8	74.8	76.8	78.8	80.8	82.9	85.0	87.1	89.2	91.4	93.5	95.7	97.9	100.2	102.4
35	56.8	58.6	60.5	62.4	64.4	66.3	68.3	70.3	72.3	74.3	76.3	78.4	80.5	82.6	84.7	86.9	89.1	91.3	93.5	95.7	98.0	100.3	102.6	105.0	107.3
36	59.8	61.7	63.7	65.7	67.7	69.7	71.7	73.8	75.9	78.0	80.1	82.3	84.5	86.7	88.9	91.2	93.5	95.8	98.1	100.5	102.9	105.3	107.7	110.2	112.7
37	62.9	65.0	67.0	69.1	71.2	73.3	75.4	77.6	79.8	82.0	84.2	86.5	88.8	91.1	93.4	95.8	98.2	100.6	103.1	105.6	108.1	110.7	113.3	115.9	118.6
38	66.3	68.4	70.6	72.7	74.9	77.1	79.4	81.6	83.9	86.2	88.6	91.0	93.4	95.8	98.3	100.8	103.4	105.9	108.6	111.2	113.9	116.6	119.4	122.2	125.0
39	70.0	72.2	74.4	76.7	78.9	81.3	83.6	86.0	88.4	90.9	93.4	95.9	98.4	101.0	103.6	106.3	109.0	111.8	114.6	117.4	120.3	123.2	126.1	129.2	132.2
40	73.8	76.2	78.5	80.9	83.3	85.7	88.2	90.8	93.3	95.9	98.5	101.2	103.9	106.7	109.5	112.4	115.3	118.2	121.2	124.3	127.4	130.5	133.7	137.0	140.3

41	78.0	80.5	83.0	85.5	88.0	90.6	93.3	95.9	98.7	101.4	104.3	107.1	110.0	113.0	116.0	119.1	122.2	125.4	128.7	132.0	135.4	138.8	142.3	145.9	149.5
42	82.6	85.2	87.8	90.5	93.2	96.0	98.8	101.7	104.6	107.6	110.6	113.7	116.9	120.1	123.4	126.7	130.1	133.6	137.2	140.8	144.5	148.3	152.2	156.1	160.2
43	87.6	90.4	93.2	96.0	99.0	101.9	105.0	108.1	111.2	114.5	117.8	121.1	124.6	128.1	131.7	135.4	139.1	143.0	147.0	151.0	155.2	159.4	163.8	168.2	172.8
44	93.1	96.1	99.1	102.2	105.4	108.6	111.9	115.3	118.7	122.3	125.9	129.6	133.4	137.4	141.4	145.5	149.7	154.1	158.5	163.1	167.9	172.7	177.7	182.9	188.2
45	99.3	102.5	105.8	109.2	112.6	116.2	119.8	123.6	127.4	131.4	135.4	139.6	143.9	148.3	152.9	157.6	162.4	167.4	172.6	178.0	183.5	189.2	195.1	201.2	207.5
46	106.3	109.8	113.4	117.2	121.0	125.0	129.1	133.3	137.6	142.1	146.7	151.5	156.5	161.6	167.0	172.5	178.2	184.2	190.4	196.8	203.5	210.5	217.8	225.4	233.3
47	114.3	118.3	122.4	126.6	130.9	135.4	140.1	145.0	150.0	155.3	160.7	166.4	172.3	178.5	185.0	191.8	198.9	206.4	214.2	222.4	231.0	240.0	249.5	259.5	270.0
48	123.9	128.4	133.1	137.9	143.0	148.3	153.9	159.7	165.8	172.2	178.9	186.0	193.5	201.4	209.8	218.7	228.2	238.2	248.9	260.3	272.3	285.1	298.7	313.0	328.2
49	135.5	140.8	146.4	152.3	158.5	165.0	172.0	179.3	187.2	195.6	204.6	214.3	224.7	235.9	248.1	261.3	275.5	290.9	307.6	325.5	344.8	365.4	387.3	410.6	435.2

IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN Table (per 100ml)

# Large Wells Positive	# Small Wells Positive																							
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
0	25.3	26.4	27.4	28.4	29.5	30.5	31.5	32.6	33.6	34.7	35.7	36.8	37.8	38.9	40.0	41.0	42.1	43.1	44.2	45.3	46.3	47.4	48.5	49.5
1	26.6	27.7	28.7	29.8	30.8	31.9	32.9	34.0	35.0	36.1	37.2	38.2	39.3	40.4	41.4	42.5	43.6	44.7	45.7	46.8	47.9	49.0	50.1	51.2
2	27.9	29.0	30.0	31.1	32.2	33.2	34.3	35.4	36.5	37.5	38.6	39.7	40.8	41.9	43.0	44.0	45.1	46.2	47.3	48.4	49.5	50.6	51.7	52.8
3	29.3	30.4	31.4	32.5	33.6	34.7	35.8	36.8	37.9	39.0	40.1	41.2	42.3	43.4	44.5	45.6	46.7	47.8	48.9	50.0	51.2	52.3	53.4	54.5
4	30.7	31.8	32.8	33.9	35.0	36.1	37.2	38.3	39.4	40.5	41.6	42.8	43.9	45.0	46.1	47.2	48.3	49.5	50.6	51.7	52.9	54.0	55.1	56.3
5	32.1	33.2	34.3	35.4	36.5	37.6	38.7	39.9	41.0	42.1	43.2	44.4	45.5	46.6	47.7	48.9	50.0	51.2	52.3	53.5	54.6	55.8	56.9	58.1
6	33.5	34.7	35.8	36.9	38.0	39.2	40.3	41.4	42.6	43.7	44.8	46.0	47.1	48.3	49.4	50.6	51.7	52.9	54.1	55.2	56.4	57.6	58.7	59.9
7	35.0	36.2	37.3	38.4	39.6	40.7	41.9	43.0	44.2	45.3	46.5	47.7	48.8	50.0	51.2	52.3	53.5	54.7	55.9	57.1	58.3	59.4	60.6	61.8
8	36.6	37.7	38.9	40.0	41.2	42.3	43.5	44.7	45.9	47.0	48.2	49.4	50.6	51.8	53.0	54.1	55.3	56.5	57.7	59.0	60.2	61.4	62.6	63.8
9	38.1	39.3	40.5	41.6	42.8	44.0	45.2	46.4	47.6	48.8	50.0	51.2	52.4	53.6	54.8	56.0	57.2	58.4	59.7	60.9	62.1	63.4	64.6	65.8
10	39.7	40.9	42.1	43.3	44.5	45.7	46.9	48.1	49.3	50.6	51.8	53.0	54.2	55.5	56.7	57.9	59.2	60.4	61.7	62.9	64.2	65.4	66.7	67.9
11	41.4	42.6	43.8	45.0	46.3	47.5	48.7	49.9	51.2	52.4	53.7	54.9	56.1	57.4	58.6	59.9	61.2	62.4	63.7	65.0	66.3	67.5	68.8	70.1
12	43.1	44.3	45.6	46.8	48.1	49.3	50.6	51.8	53.1	54.3	55.6	56.8	58.1	59.4	60.7	62.0	63.2	64.5	65.8	67.1	68.4	69.7	71.0	72.4
13	44.9	46.1	47.4	48.6	49.9	51.2	52.5	53.7	55.0	56.3	57.6	58.9	60.2	61.5	62.8	64.1	65.4	66.7	68.0	69.3	70.7	72.0	73.3	74.7
14	46.7	48.0	49.3	50.5	51.8	53.1	54.4	55.7	57.0	58.3	59.6	60.9	62.3	63.6	64.9	66.3	67.6	68.9	70.3	71.6	73.0	74.4	75.7	77.1
15	48.6	49.9	51.2	52.5	53.8	55.1	56.4	57.8	59.1	60.4	61.8	63.1	64.5	65.8	67.2	68.5	69.9	71.3	72.6	74.0	75.4	76.8	78.2	79.6
16	50.5	51.8	53.2	54.5	55.8	57.2	58.5	59.9	61.2	62.6	64.0	65.3	66.7	68.1	69.5	70.9	72.3	73.7	75.1	76.5	77.9	79.3	80.8	82.2
17	52.5	53.9	55.2	56.6	58.0	59.3	60.7	62.1	63.5	64.9	66.3	67.7	69.1	70.5	71.9	73.3	74.8	76.2	77.6	79.1	80.5	82.0	83.5	84.9
18	54.6	56.0	57.4	58.8	60.2	61.6	63.0	64.4	65.8	67.2	68.6	70.1	71.5	73.0	74.4	75.9	77.3	78.8	80.3	81.8	83.3	84.8	86.3	87.8
19	56.8	58.2	59.6	61.0	62.4	63.9	65.3	66.8	68.2	69.7	71.1	72.6	74.1	75.5	77.0	78.5	80.0	81.5	83.1	84.6	86.1	87.6	89.2	90.7
20	59.0	60.4	61.9	63.3	64.8	66.3	67.7	69.2	70.7	72.2	73.7	75.2	76.7	78.2	79.8	81.3	82.8	84.4	85.9	87.5	89.1	90.7	92.2	93.8
21	61.3	62.8	64.3	65.8	67.3	68.8	70.3	71.8	73.3	74.9	76.4	77.9	79.5	81.1	82.6	84.2	85.8	87.4	89.0	90.6	92.2	93.8	95.4	97.1
22	63.8	65.3	66.8	68.3	69.8	71.4	72.9	74.5	76.1	77.6	79.2	80.8	82.4	84.0	85.6	87.2	88.9	90.5	92.1	93.8	95.5	97.1	98.8	100.5
23	66.3	67.8	69.4	71.0	72.5	74.1	75.7	77.3	78.9	80.5	82.2	83.8	85.4	87.1	88.7	90.4	92.1	93.8	95.5	97.2	98.9	100.6	102.4	104.1
24	68.9	70.5	72.1	73.7	75.3	77.0	78.6	80.3	81.9	83.6	85.2	86.9	88.6	90.3	92.0	93.8	95.5	97.2	99.0	100.7	102.5	104.3	106.1	107.9
25	71.7	73.3	75.0	76.6	78.3	80.0	81.7	83.3	85.1	86.8	88.5	90.2	92.0	93.7	95.5	97.3	99.1	100.9	102.7	104.5	106.3	108.2	110.0	111.9
26	74.6	76.3	78.0	79.7	81.4	83.1	84.8	86.6	88.4	90.1	91.9	93.7	95.5	97.3	99.2	101.0	102.9	104.7	106.6	108.5	110.4	112.3	114.2	116.2
27	77.6	79.4	81.1	82.9	84.6	86.4	88.2	90.0	91.9	93.7	95.5	97.4	99.3	101.2	103.1	105.0	106.9	108.8	110.8	112.7	114.7	116.7	118.7	120.7
28	80.8	82.6	84.4	86.3	88.1	89.9	91.8	93.7	95.6	97.5	99.4	101.3	103.3	105.2	107.2	109.2	111.2	113.2	115.2	117.3	119.3	121.4	123.5	125.6
29	84.2	86.1	87.9	89.8	91.7	93.7	95.6	97.5	99.5	101.5	103.5	105.5	107.5	109.5	111.6	113.7	115.7	117.8	120.0	122.1	124.2	126.4	128.6	130.8
30	87.8	89.7	91.7	93.6	95.6	97.6	99.6	101.6	103.7	105.7	107.8	109.9	112.0	114.2	116.3	118.5	120.6	122.8	125.1	127.3	129.5	131.8	134.1	136.4
31	91.6	93.6	95.6	97.7	99.7	101.8	103.9	106.0	108.2	110.3	112.5	114.7	116.9	119.1	121.4	123.6	125.9	128.2	130.5	132.9	135.3	137.7	140.1	142.5
32	95.7	97.8	99.9	102.0	104.2	106.3	108.5	110.7	113.0	115.2	117.5	119.8	122.1	124.5	126.8	129.2	131.6	134.0	136.5	139.0	141.5	144.0	146.6	149.1
33	100.0	102.2	104.4	106.6	108.9	111.2	113.5	115.8	118.2	120.5	122.9	125.4	127.8	130.3	132.8	135.3	137.8	140.4	143.0	145.6	148.3	150.9	153.7	156.4
34	104.7	107.0	109.3	111.7	114.0	116.4	118.9	121.3	123.8	126.3	128.8	131.4	134.0	136.6	139.2	141.9	144.6	147.4	150.1	152.9	155.7	158.6	161.5	164.4
35	109.7	112.2	114.6	117.1	119.6	122.2	124.7	127.3	129.9	132.6	135.3	138.0	140.8	143.6	146.4	149.2	152.1	155.0	158.0	161.0	164.0	167.1	170.2	173.3
36	115.2	117.8	120.4	123.0	125.7	128.4	131.1	133.9	136.7	139.5	142.4	145.3	148.3	151.3	154.3	157.3	160.5	163.6	166.8	170.0	173.3	176.6	179.9	183.3
37	121.3	124.0	126.8	129.6	132.4	135.3	138.2	141.2	144.2	147.3	150.3	153.5	156.7	159.9	163.1	166.5	169.8	173.2	176.7	180.2	183.7	187.3	191.0	194.7
38	127.9	130.8	133.8	136.8	139.9	143.0	146.2	149.4	152.6	155.9	159.2	162.6	166.1	169.6	173.2	176.8	180.4	184.2	188.0	191.8	195.7	199.7	203.7	207.7
39	135.3	138.5	141.7	145.0	148.3	151.7	155.1	158.6	162.1	165.7	169.4	173.1	176.9	180.7	184.7	188.7	192.7	196.8	201.0	205.3	209.6	214.0	218.5	223.0
40	143.7	147.1	150.6	154.2	157.8	161.5	165.3	169.1	173.0	177.0	181.1	185.2	189.4	193.7	198.1	202.5	207.1	211.7	216.4	221.1	226.0	231.0	236.0	241.1
41	153.2	157.0	160.9	164.8	168.9	173.0	177.2	181.5	185.8	190.3	194.8	199.5	204.2	209.1	214.0	219.1	224.2	229.4	234.8	240.2	245.8	251.5	257.2	263.1

42	164.3	168.6	172.9	177.3	181.9	186.5	191.3	196.1	201.1	206.2	211.4	216.7	222.2	227.7	233.4	239.2	245.2	251.3	257.5	263.8	270.3	276.9	283.6	290.5
43	177.5	182.3	187.3	192.4	197.6	202.9	208.4	214.0	219.8	225.8	231.8	238.1	244.5	251.0	257.7	264.6	271.7	278.9	286.3	293.8	301.5	309.4	317.4	325.7
44	193.6	199.3	205.1	211.0	217.2	223.5	230.0	236.7	243.6	250.8	258.1	265.6	273.3	281.2	289.4	297.8	306.3	315.1	324.1	333.3	342.8	352.4	362.3	372.4
45	214.1	220.9	227.9	235.2	242.7	250.4	258.4	266.7	275.3	284.1	293.3	302.6	312.3	322.3	332.5	343.0	353.8	364.9	376.2	387.9	399.8	412.0	424.5	437.4
46	241.5	250.0	258.9	268.2	277.8	287.8	298.1	308.8	319.9	331.4	343.3	355.5	368.1	381.1	394.5	408.3	422.5	437.1	452.0	467.4	483.3	499.6	516.3	533.5
47	280.9	292.4	304.4	316.9	330.0	343.6	357.8	372.5	387.7	403.4	419.8	436.6	454.1	472.1	490.7	509.9	529.8	550.4	571.7	593.8	616.7	640.5	665.3	691.0
48	344.1	360.9	378.4	396.8	416.0	436.0	456.9	478.6	501.2	524.7	549.3	574.8	601.5	629.4	658.6	689.3	721.5	755.6	791.5	829.7	870.4	913.9	960.6	1011.2
49	461.1	488.4	517.2	547.5	579.4	613.1	648.8	686.7	727.0	770.1	816.4	866.4	920.8	980.4	1046.2	1119.9	1203.3	1299.7	1413.6	1553.1	1732.9	1986.3	2419.6	>2419.6