



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MARIA EDUARDA FERREIRA DA SILVA CARVALHO

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM PRÉDIOS PÚBLICOS
ESTUDO DE CASO: ESCRITÓRIO DA CPRM/RECIFE-PE

RECIFE

2017

MARIA EDUARDA FERREIRA DA SILVA CARVALHO

Aproveitamento de águas pluviais em prédios públicos
Estudo de caso: Escritório da CPRM/Recife-PE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Pernambuco como parte
dos requisitos para obtenção de grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. Paulo Tadeu Ribeiro de
Gusmão

RECIFE

2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

- C331a Carvalho, Maria Eduarda Ferreira da Silva
 Aproveitamento de águas pluviais em prédios públicos estudo de caso:
 escritório da CPRM/Recife-PE. / Maria Eduarda Ferreira da Silva Carvalho.
 - 2017.
 79folhas, Ils. e Tab.
- Orientador: Prof. Dr. Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão.
- TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
 Programa de Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2017.
 Inclui Referências Anexos.
1. Engenharia Civil. 2. Reuso de água. 3. Água não potável.
 4. Consumo de água em edifícios públicos. I. Gusmão, Paulo Tadeu
 Ribeiro de(Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-429



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRA CIVIL

CANDIDATO(S): Maria Eduarda Ferreira da Silva Carvalho

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Paulo Tadeu Ribeiro de Gusmão

Examinador 1: Leidjane Maria Maciel de Oliveira

Examinador 2: Robson José Silva

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:

Aproveitamento de águas pluviais em prédios públicos Estudo de caso: Escritório da CPRM/Recife-PE

LOCAL: Galpão de Hidráulica - Centro de Tecnologia e Geociências.

DATA: 15/12/2017 **HORÁRIO DE INÍCIO:** 15:00.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: _____ (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) () aprovado(s) (nota $\geq 7,0$), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, **$3,0 \leq \text{nota} < 7,0$** , será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) () reprovado(s). (nota $< 3,0$)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 15 de Dezembro de 2017

Orientador:
Avaliador 1:
Avaliador 2:
Candidato 1:

Coordenação do Curso de Engenharia Civil-Dcivil
Rua Acadêmico Hélio Ramos s/nº. Cidade Universitária. Recife-PE CEP: 50740-530.
Fones: (081)2126.8220/8221 Fone/fax: (081)2126.8219.

Aos meus pais Fernanda e Germano

E aos meus irmãos Pedro e Giovana.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por me apoiarem desde sempre, e em tudo o que eu escolhi.

Aos meus irmãos, Peu e Gigi, por estarem sempre comigo, prontos para me fazerem rir nas horas difíceis.

A minha prima Juliana que me espelhou na vida acadêmica e que me apresentou à UFPE.

Aos meus amigos de curso, com quem eu dividi minha formação e minhas experiências profissionais. Especialmente a Ferd que me ajudou com esse projeto.

A Miro, que tirou minhas dúvidas de orçamento.

A Rolison, que me auxiliou nos desenhos.

A Ariely, que me orientou com geoprocessamento e me forneceu boas imagens para a apresentação.

Aos meus colegas da CPRM que responderam à pesquisa e alguns em especial que me auxiliaram com os dados: Daniel, Keyla, Robson e Salgueiro.

RESUMO

Ao analisar o sistema de abastecimento de água de Recife, nota-se que frequentemente ocorre falta de água e racionamento. Dentro dessa conjuntura, é necessário procurar meios alternativos para obtenção de água. Neste estudo foi abordada a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de aproveitamento da água pluvial no Escritório da CPRM/Recife-PE. A CPRM é uma empresa pública de pesquisa nas áreas de geologia e hidrologia. O objetivo do projeto foi realizar a captação, condução, desinfecção e disposição final para uso não potável das águas pluviais. Os usos finais adotados foram descargas de vasos sanitários e mictórios. Adicionalmente, foi realizada uma pesquisa de consumo para se estimar os usos de água no edifício público. Uma estimativa de custos da instalação foi feita resultando num valor atual total de aproximadamente 118 mil reais e verificou-se que o tempo de retorno da obra seria de pouco mais que 11 anos.

Palavras-chave: Reuso de água. Água não potável. Consumo de água em edifícios públicos.

ABSTRACT

When analyzing the water supply system of Recife, it is noticed that frequently there is a lack of water and rationing. In this context, it is necessary to look for alternative means to obtain water. This research studies the technical and financial viability of implementing a rainwater harvesting system at the CPRM/Recife-PE office. CPRM is a public research company that operates in the geology and hydrology fields. The objective of the project was to perform the capture, conduction, disinfection and final disposal for non-potable use of rainwater. The final uses were discharges from toilets and urinals. Also, a consumption survey was conducted to estimate the water use in the public building. A cost estimate of the installation was made, resulting in a total of 118 thousand reais and it was verified that the payback period was around 11 years.

Keywords: Water reuse. Non-potable water. Water consumption in public buildings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Calha dotada de grelha para retenção de material grosseiro.....	25
Figura 2 - Esquema da instalação experimental usada na pesquisa	26
Figura 3 - Esquema de dispositivo de desvio de primeiras águas	27
Figura 4 - Exemplo esquemático de filtro lento	29
Figura 5 - Localização da CPRM	30
Figura 6 - Área de contribuição inclinada	35
Figura 7 - Ábaco para obter o diâmetro interno do condutor vertical.....	37
Figura 8 - Sistema de aproveitamento das águas pluviais	50
Figura 9 - Desenho esquemático do filtro de areia.....	53
Figura 10 - Desenho esquemático do reservatório inferior	59
Figura 11 - Desenho esquemático do reservatório superior	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Usos finais da água em prédios públicos localizados em Florianópolis	19
Tabela 2 - Uso da água para fins não potáveis nos dez edifícios públicos analisados	19
Tabela 3 - Classes de utilização de água em edificações	20
Tabela 4 - Parâmetros de qualidade da água de acordo com o uso	21
Tabela 5 - Parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis	22
Tabela 6 - Comparação da qualidade da água pluvial após descarte com os valores mínimos requeridos	23
Tabela 7 - Comparação da qualidade da água pluvial após descarte com os valores mínimos requeridos	23
Tabela 8 - Comparação da qualidade da água pluvial de drenagem urbana com os valores mínimos requeridos	24
Tabela 9 - Informações Básicas SUREG-RE	31
Tabela 10 - Estimativa de consumo médio diário	31
Tabela 11 - Determinação de consumos especiais	32
Tabela 12 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$	35
Tabela 13 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (L/min).....	37
Tabela 14 - Consumo diário de água na CPRM considerando prédio como escritório.....	43
Tabela 15 - Consumo diário de água na CPRM considerando prédio como escritório e número de funcionários de acordo com área construída.....	43
Tabela 16 - Consumo diário de água na CPRM considerando prédio como edifício comercial	43
Tabela 17 - Consumo diário de água na CPRM utilizando contas de água.....	44
Tabela 18 - Consumo diário per capita calculado	44
Tabela 19 - Estimativa de usos finais da água utilizando percentuais (Método 1)	45
Tabela 20 - Estimativa de usos finais da água mensal utilizando pesquisa de frequência (Método 2).....	46
Tabela 21 - Demanda diária de água potável e não potável	46
Tabela 22 - Volume de águas cinza e sem reuso produzido.....	47
Tabela 23 - Precipitações acumuladas mensais (mm) - Estação pluviométrica RECIFE/AFOGADOS	48
Tabela 24 - Coeficientes de Runoff.....	49

Tabela 25 - Dados usados nos dimensionamentos (runoff e área de captação total)	49
Tabela 26 - Dimensionamento de calhas	51
Tabela 27 - Dimensionamento dos dispositivos de desvio de primeiras águas.....	52
Tabela 28 - Dimensionamento de condutores verticais.....	52
Tabela 29 - Dimensionamento de condutores horizontais.....	52
Tabela 30 - Dados utilizados no método Azevedo Neto, meses de pouca chuva em destaque	54
Tabela 31 - Volume anual aproveitável (m ³).....	55
Tabela 32 - Demanda anual de água não potável (m ³)	55
Tabela 33 - Cálculo do volume do reservatório pelo método de Rippl.....	56
Tabela 34 - Simulação para reservatório de 76m ³	57
Tabela 35 - Simulação para reservatório de 75m ²	57
Tabela 36 - Simulações para reservatório de 62m ³ e 63m ³	58
Tabela 37 - Cálculo do reservatório inferior pelo método Monte Carlo	59
Tabela 38 - Estrutura tarifária de abastecimento de água para edifícios públicos	63
Tabela 39 - Custo mensal de água não potável	64
Tabela 40 - Resumo dos métodos de dimensionamento do reservatório inferior	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa e motivação	15
1.2	Objetivos gerais e específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Conservação de água	17
2.2	Uso racional da água.....	17
2.3	Economizadores de água	17
2.4	Usos finais da água em edifício comercial	18
2.5	Relação entre usos e qualidade da água.....	20
2.5.1	Parâmetros de qualidade da água pluvial.....	21
2.5.2	Qualidade da água pluvial na região de estudo.....	22
2.6	Sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais	24
2.6.1	Área de captação	25
2.6.2	Peneira ou gradeamento	25
2.6.3	Calhas e condutores	25
2.6.4	Dispositivos de desvio das primeiras águas (<i>First flush</i>)	26
2.6.5	Reservatório	27
2.6.6	Extravasor	27
2.6.7	Tratamento	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Caracterização da edificação	30
3.2	Consumo de água no edifício analisado	31
3.2.1	Pesquisa de consumo de água no edifício analisado.....	32
3.3	Regime pluviométrico e volume de chuvas.....	33
3.4	Sistema de coleta e aproveitamento das águas pluviais.....	33

3.4.1	Calhas.....	33
3.4.2	Dispositivo de desvio das primeiras águas (<i>First flush</i>)	35
3.4.3	Condutores verticais	36
3.4.4	Condutores horizontais	37
3.4.5	Tratamento	37
3.4.6	Reservatório inferior	38
3.4.7	Sistema de recalque	41
3.4.8	Reservatório superior	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1	Consumo de água no edifício analisado	43
4.1.1	Usando bibliografia existente	43
4.1.2	Usando dados coletados em pesquisa	44
4.2	Quantificação das águas servidas.....	46
4.3	Regime pluviométrico e volume de chuvas.....	47
4.4	Dimensionamento do sistema de coleta e aproveitamento das águas pluviais ...	49
4.4.1	Calhas.....	51
4.4.2	Dispositivo de desvio das primeiras águas (<i>First flush</i>)	51
4.4.3	Condutores verticais	52
4.4.4	Condutores horizontais	52
4.4.5	Tratamento	53
4.4.6	Reservatório inferior	53
4.4.7	Dimensionamento do reservatório inferior	59
4.4.8	Sistema de recalque	59
4.4.9	Reservatório superior	60
4.5	Quantitativo de serviços e equipamentos.....	61
4.6	Estimativa de custos (Orçamento).....	63

5	CONCLUSÃO.....	67
	REFERÊNCIAS	70
	ANEXO A – Pesquisa sobre consumo de água na CPRM-Recife	73
	ANEXO B – Resultados da pesquisa de consumo de água na CPRM-Recife....	74
	ANEXO C – Planta baixa da edificação	79
	ANEXO D – Sistema de aproveitamento de águas pluviais	80

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa e motivação

A população estimada da cidade do Recife foi de mais de 1,5 milhão de habitantes no ano de 2016, segundo o IBGE, e a sua região metropolitana (Região Metropolitana do Recife - RMR), abrange quase 4 milhões de residentes.

O encargo do abastecimento de água dessa área fica por conta da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), que nem sempre é feito de forma eficaz e igualitária para todas as partes da RMR. Dependendo da sua localidade, as casas e edifícios são abastecidos com mais ou menos frequência pela companhia de saneamento. Segundo PINTO (2006), pelo menos 10% da população não recebe água encanada da COMPESA. Acontece ainda a adoção de uma política de racionamento, principalmente nos meses de verão (estiagem). Fica evidente que Recife e seu entorno sofrem com a escassez de água e/ou a má gestão.

Dentro de toda essa conjuntura, a população começa a procurar meios alternativos para obtenção de água, tais quais: poços, caminhões pipas e até uso da água diretamente de mananciais, sem tratamento. Haja vista a má distribuição de água na cidade do Recife, o estudo traz formas de reuso de águas servidas e uso de água pluvial como meio alternativo para abastecimento e utilização para fins não potáveis. Discorre também sobre outras medidas de uso racional da água, como por exemplo, a implantação de dispositivos economizadores nos aparelhos hidráulicos.

Foi escolhido um prédio público (escritório) para elaborar um estudo de caso na cidade do Recife. Foi feita uma análise de viabilidade e o tempo de retorno do investimento no reuso de água ou uso de água da chuva.

O intuito da pesquisa é diminuir o consumo de água na empresa. Como se trata de uma empresa pública federal, diminuir os gastos é fundamental e poderá servir de exemplo para outros escritórios.

1.2 Objetivos gerais e específicos

O objetivo geral do trabalho é realizar um projeto de reuso de água e aproveitamento de água pluvial para um prédio público e avaliar sua implantação.

Destacam-se como objetivos específicos:

- Caracterizar o consumo de água para cada tipo de uso, quantificando-os;
- Estudar a possibilidade de reuso de águas cinza;

- Estudar o aproveitamento de água pluvial;
- Determinar o meio mais viável para reaproveitamento de água;
- Escolher o método de dimensionamento do reservatório mais eficiente para a situação;
- Orçar as alternativas de captação, armazenamento e tratamento;
- Realizar o pré-projeto das instalações de aproveitamento de águas pluviais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conservação de água

Conforme citado por Tomaz (2009), a American Water Works Association - AWWA em 1993, definiu a conservação da água como a prática, tecnologias e incentivos que aperfeiçoam a eficiência do uso da água.

Um programa de conservação da água constitui-se de medidas e incentivos. Medidas são as tecnologias e mudanças de comportamento, chamada de práticas, que resultam no uso mais eficiente da água. Incentivos de conservação da água são a educação pública, as campanhas, as estruturas tarifárias, os regulamentos que motivam o consumidor a adotar as medidas específicas (Tomaz, 2009).

2.2 Uso racional da água

Para haver mudanças de hábitos da população fazendo o uso racional da água, um dos primeiros passos para atenuar o problema é a conscientização da importância da economia dela, juntamente com o incentivo do governo.

O aproveitamento de água de chuva para consumo não potável é utilizado em vários países há anos. Essa tecnologia vem crescendo e dando ênfase à conservação de água. Além de proporcionar economia de água potável, contribui para a prevenção de enchentes causadas por chuvas torrenciais em grandes cidades, onde a superfície tornou-se impermeável, impedindo a infiltração da água.

Algumas cidades já têm programas de conservação da água. Recife por exemplo, lançou a lei Nº 17081 em 2005, que criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. A referida lei, em seu art. 2º, inciso I, dispõe da seguinte definição: “Conservação e Uso Racional da Água - conjunto de ações que propiciam a economia de água e o combate ao desperdício quantitativo nas edificações”. Fica clara a tendência mundial de bom manejo e gestão desse recurso.

2.3 Economizadores de água

No que tange o uso de economizadores de água, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações instituído no Recife também discorre sobre o assunto. Em seu art. 5º diz que devem ser utilizados aparelhos e dispositivos que economizem água, tais como: bacias sanitárias de volume reduzido de descarga e chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga.

Segundo o decreto Nº 48138/2003 do estado de São Paulo, definem-se como economizadores equipamentos e metais hidráulicos/sanitários que apresentam ‘melhor desempenho sob o ponto de vista de eficiência no consumo de água potável’. Ou seja, os economizadores são equipamentos que reduzem o gasto de água numa edificação.

No Distrito Federal, a lei Nº 2616/2000 já obriga o uso de economizadores em edifícios público e privados, ‘destinados a uso não residencial’. Neste âmbito, consideram-se economizadores os equipamentos que propiciem o uso racional da água, sejam eles manuais ou automáticos, e principalmente: “componentes de lavatórios, mictórios, bacias sanitárias, demais itens do sistema de descarga e outros dispositivos como torneiras, chuveiros, misturadores e arejadores”.

Por fim, pode-se concluir que esses itens estão sendo cada vez mais utilizados no dia a dia, seja por obrigação legal, seja por preocupação com meio ambiente. Dispositivos economizadores, especialmente em edifícios onde há grande circulação de pessoas podem (e devem) ser instalados.

2.4 Usos finais da água em edifício comercial

Segundo Leal (2000), o consumo de água pode ser classificado como nobre quando envolve o consumo humano direto, a preparação de alimentos ou higiene pessoal. E como consumo não-nobre quando envolve, por exemplo, irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários. No Brasil, é comum ter o mesmo tipo de água em toda a rede de abastecimento, ou seja, para usos nobres e não-nobres.

Proença (2007) realizou um estudo sobre o consumo de água em dez edifícios de escritórios localizados na cidade de Florianópolis, com isso, foi possível verificar que a atividade que mais consome água potável em todos os edifícios pesquisados é a utilização da bacia sanitária, cerca de 52% a 84% do consumo total de água. Em sete edifícios, as torneiras apresentaram o segundo maior consumo específico (representando entre 7% e 38% do consumo total de água), enquanto os outros três edifícios apresentaram o consumo específico “outros” como o segundo maior (variando de 3% a 35%). Concluiu também que o consumo diário per capita dos edifícios variou entre 34,9 e 101,6 litros/pessoa por dia.

Kammers e Ghisi (2006), também fizeram um estudo sobre os usos finais da água em dez edifícios de Florianópolis, sendo esses edifícios públicos. Após análise de todos os usos (vaso sanitário, mictório, torneira, restaurante, lavação de carros, torre de resfriamento e outros), concluíram que uma porcentagem de 52,2% a 88,9% da água que era consumida no

edifício se destinava a atividades que não necessitavam de água potável (Tabela 1 e Tabela 2). Na Tabela 2, a coluna “outros” se destina a outros gastos de água em rega de jardins, limpeza e lavação de carros.

Tabela 1 - Usos finais da água em prédios públicos localizados em Florianópolis

Edifício	Uso final da água (%)						
	Bacia Sanitária	Mictório	Torneira	Restaurante	Lavação de carros	Torre de resfriamento	Outros
Badesc	55,8	14,3	18,3	-	-	-	11,6
Celesc (verão)	28,1	29	8,9	7,8	2,2	18,7	5,3
Celesc (inverno)	34,6	35,6	11	9,5	2,7	-	6,6
Crea	23	47	24,5	-	-	-	5,5
Deter	66,6	-	31,2	-	-	-	2,2
Epagri	33,1	43,9	12,5	-	-	-	10,5
Secretaria da Agricultura (verão)	23	13,5	5,5	23	1,8	26,6	6,6
Secretaria da Agricultura (inverno)	31,4	18,4	7,4	31,4	2,4	-	9
Secretaria da Educação	70	14,3	9,4	-	-	-	6,3
Secretaria de Segurança Pública	78,8	-	18,4	-	-	-	2,8
Tribunal de Contas	36,4	45,9	14	-	0,7	-	3
Tribunal de Justiça	53,2	29,9	8,7	-	-	-	8,2

Fonte: KAMMERS e GHISI (2006)

Tabela 2 - Uso da água para fins não potáveis nos dez edifícios públicos analisados

Edifícios	Uso final da água (%)			
	Bacia Sanitária	Mictório	Outros	Total
Badesc	55,8	14,3	11,1	81,2
Celesc	31,9	32,8	6,6	71,3
Crea	23	47	3,9	73,9
Deter	66,6	-	1,8	68,4
Epagri	33,1	43,9	5	82
Secretaria da Agricultura	27,9	16,4	7,9	52,2
Secretaria da Educação	70	14,3	2,1	86,4
Secretaria de Segurança Pública	78,8	-	2,5	81,3
Tribunal de Contas	36,4	45,9	2,6	84,9
Tribunal de Justiça	53,2	29,9	5,8	88,9
Média	47,7	30,6	4,9	77,1

Fonte: KAMMERS e GHISI (2006)

2.5 Relação entre usos e qualidade da água

Antes de propor qualquer tipo de tratamento, é necessário conhecer o uso que será destinado àquela água, para assim, evitar que uma água potável, por exemplo, seja usada para fins não tão nobres.

Águas cinza são as águas residuárias provenientes de usos “menos poluentes”, como por exemplo: lavagem de mãos, louça, roupa e banho. A água cinza pode chegar a 50 a 80% da composição do esgoto doméstico.

A água proveniente de sanitários é chamada de água negra devido a quantidade e composição dos seus produtos químicos e contaminantes biológicos e por isso é mais difícil de ser reciclada.

A Tabela 3 explicita os diferentes usos da água e sua classificação segundo a ANA (2005).

Tabela 3 - Classes de utilização de água em edificações

Classe 1	Classe 2	Classe 3
Descargas em bacias sanitárias	Lavagem de agregados	Irrigação de áreas verdes
Lavagem de roupas e pisos	Preparação de concreto	
Fins ornamentais	Compactação de solo	Rega de jardins
Lavagem de veículos	Controle de poeira	

Fonte: ANA; FIESP; SINDUSCON (2005)

Na Tabela 4, é possível observar a relação entre usos e qualidade da água. A água que entra em contato direta ou indiretamente com o ser humano é tratada para um elevado padrão de consumo, inclusive para o uso em descargas de vasos sanitários.

Tabela 4 - Parâmetros de qualidade da água de acordo com o uso

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Coliformes fecais (mL)	Não detectáveis	$\leq 1000/\text{mL}$	$\leq 200/100\text{mL}$
pH	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9	Entre 6 e 9
Turbidez (UT)	$\leq 2\text{UT}$	-	$< 5\text{UT}$
Odor e aparência	Não desagradáveis	Não desagradáveis	-
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) (mg/L)	$\leq 10\text{mg/L}$	$\leq 30\text{mg/L}$	$< 20\text{mg/L}$
Composto Orgânicos Voláteis	Ausentes	Ausentes	-
Nitrato (mg/L)	$< 10\text{mg/L}$	-	-
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	$\leq 20\text{mg/L}$	-	-
Nitrito (mg/L)	$\leq 1\text{mg/L}$	-	-
Fósforo Total (mg/L)	$\leq 0,1\text{mg/L}$	-	-
Sólido Suspenso Total SST (mg/L)	$\leq 5\text{mg/L}$	30mg/L	$< 20\text{mg/L}$
Sólido Dissolvido Total SDT (mg/L)	$\leq 500\text{mg/L}$	-	$450 < \text{SDT} < 1500$
Salinidade	-	-	$0,7 < \text{EC}(\text{dS/m}) < 3$
Nitrogênio total (mg/L)	-	-	$5 - 30\text{mg/L}$

Fonte: ANA; FIESP; SINDUSCON (2005)

2.5.1 Parâmetros de qualidade da água pluvial

Segundo Gonçalves et al (2009), a qualidade da água é definida pelas características descritas por um conjunto de atributos de natureza física, química, biológica e sensorial. Esses parâmetros podem ser expressos quantitativamente ou qualitativamente. A qualidade da água pode ser descrita ou estabelecida por lei, portarias, resoluções, normas ou por consenso tecnicamente estabelecido. A água para ingestão, por exemplo, deve ter a qualidade estabelecida pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

É importante lembrar que mesmo não entrando em contato com o solo propriamente dito, as águas pluviais apresentam poluentes que podem ser potencializados de acordo com o tipo de telhado, condições atmosféricas e com os eventos que ocorrem ao redor de onde estas chuvas caem (Campos e Azevedo, 2013). Fora os poluentes “comuns”, a contaminação que representa maiores riscos à saúde é a microbiológica, pois pode atuar como patógenos oportunistas, sendo nocivos principalmente para indivíduos imunologicamente debilitados.

Conforme a FUNASA (2006), a água não é encontrada pura na natureza. Ao cair em forma de chuva, faz uma espécie de limpeza do ambiente carreando as impurezas do próprio ar. Ao atingir o solo seu grande poder de dissolução altera ainda mais suas qualidades. Entre o material que se dissolve na água podem se encontrar as mais variadas substâncias como, por exemplo, substâncias calcárias e magnesianas que tornam a água dura; substâncias ferruginosas

que dão cor e sabor diferentes à mesma e substâncias resultantes das atividades humanas, tais como produtos industriais, que a tornam imprópria ao consumo. Ela pode carrear também substâncias em suspensão, tais como partículas finas dos terrenos por onde passa e que dão turbidez à mesma; organismos, como algas que modificam o seu odor e sabor, além de liberar toxinas, como por exemplo, as cianobactérias, ou ainda, quando passa sobre terrenos sujeitos à atividade humana, pode levar em suspensão micro-organismos patogênicos.

De acordo com a ABNT (2007), para as águas pluviais serem aproveitadas nos usos não potáveis, devem atender aos parâmetros mínimos de qualidade, dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis

Parâmetros	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.

Fonte: ABNT (2007)

Por esses motivos, apesar de ser eficiente, deve-se sempre pensar em uma alternativa para a substituição do sistema de captação de águas pluviais no caso de ele não ser satisfatório para o abastecimento da edificação. Então é necessário projetar um dispositivo que permita a entrada de água potável nos pontos de utilização de água da chuva.

2.5.2 Qualidade da água pluvial na região de estudo

Com a intenção de estimar a qualidade da água pluvial em Recife, foram avaliadas algumas pesquisas nas proximidades. Existiam estudos na capital mais próxima à cidade, João Pessoa-PB e Caruaru, cidade grande do interior do estado de Pernambuco, distando 120km e 134km de Recife, respectivamente.

Santana (2012) fez um estudo de qualidade da água pluvial na cidade de João Pessoa-PB, com um intuito de verificar a possibilidade de abastecimento residencial. Para isso, a autora testou a qualidade da água da chuva em diversos pontos de coleta: um ponto de água bruta sem interferência de possíveis poluentes no telhado; no primeiro dispositivo de descarte; no segundo dispositivo de descarte; no reservatório após o descarte e no reservatório após o filtro de areia.

Para avaliar o uso logo após o descarte das primeiras águas, os resultados da amostra no primeiro dispositivo de descarte foram confrontados com os valores mínimos exigidos pela ANA para uso não potável classe 1 (Tabela 4) e com os parâmetros exigidos pela ABNT para reaproveitamento de águas pluviais (Tabela 5). A comparação é apresentada abaixo na Tabela 6. Os valores que não atenderam ao padrão mínimo de utilização foram destacados.

Tabela 6 - Comparação da qualidade da água pluvial após descarte com os valores mínimos requeridos

Parâmetro ABNT		Resultados
Coliformes totais (NMP/100mL)	0	10,38
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	0	10,38
Turbidez (uT)	<5,0	1,17
Cor (uH)	<15	1,43
pH	6,0-8,0	6,55
Parâmetro ANA (Classe 1)		Resultados
DBO (mg/L)	<10	0,5
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	<500	8,39

Fonte: SANTANA (2012, adaptado)

Com esse cenário, seria necessária, no mínimo, uma desinfecção para retirada desses coliformes totais e termotolerantes.

Na cidade de Caruaru-PE, Lima (2012) monitorou durante 4 anos, 4 cisternas de água pluvial no bairro de Lajedo do Cedro. Esses sistemas de aproveitamento de águas pluviais contavam com desvio de primeiras águas feito de forma manual. Os seus resultados obtidos são comparados com os parâmetros mínimos de aproveitamento de água na Tabela 7.

Tabela 7 - Comparação da qualidade da água pluvial após descarte com os valores mínimos requeridos

Parâmetro ABNT		Resultados
Coliformes totais ($10^3 \times \text{UFC}/100\text{mL}$)	0	15,1
E. Coli ($10^2 \times \text{UFC}/100\text{mL}$)	0	2
Turbidez (uT)	<5,0	0,8
Cor (uH)	<15	8,3
pH	6,0-8,0	7,6
Parâmetro ANA (Classe 1)		Resultados
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	<500	88,8

Fonte: LIMA (2012, adaptado)

Diante desta situação, pode-se notar que é necessário um tratamento para a retirada desses coliformes que, nas duas cidades, se apresentaram com valores acima do padrão de utilização.

Ainda para complementar esse levantamento de dados, em 2014, Cabral fez uma pesquisa no bairro do Espinheiro, zona central da cidade de Recife-PE. Com o título “Avaliação da qualidade das águas pluviais urbanas num bairro em Recife”, buscou evidenciar a poluição das águas de drenagem urbana, ou seja, águas pluviais captadas nas galerias.

Os resultados desse estudo não podem servir de parâmetro para dimensionamento de tratamento, pois essas águas entraram em contato com os contaminantes presentes nos pavimentos e arrastados pela água das chuvas. No entanto, serve a título de curiosidade e na ausência de outros estudos na cidade do Recife, pode servir como um norte do parâmetro de pH, por exemplo (Tabela 8).

Tabela 8 - Comparação da qualidade da água pluvial de drenagem urbana com os valores mínimos requeridos

Parâmetro ABNT		Resultados
Turbidez (uT)	<5,0	38,074
pH	6,0-8,0	7,263

Fonte: Adaptado de CABRAL (2014)

2.6 Sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais

Em edifícios comerciais, a maioria da demanda de água é para fins não potáveis, gerando um campo fértil para as técnicas de aproveitamento e reuso na edificação. Considerando a situação alarmante da água no mundo e no Brasil, uma boa saída é o aproveitamento de águas pluviais.

Do ponto de vista técnico esse aproveitamento seria bastante viável em um país como o nosso, que apresenta altos índices pluviométricos. E, além de reduzir o consumo da água potável, gerando redução gastos nas contas de água da população, poderia contribuir também para mitigar os efeitos das enchentes que afetam várias cidades brasileiras nos períodos chuvosos.

A chuva é a forma mais comum de precipitação do vapor de água suspenso na atmosfera, acontece quando a água cai na sua forma líquida. Na cidade do Recife, ela é a configuração mais recorrente de precipitação e por isso, será explicada com se faz sua captação.

Admitindo que a água a ser coletada passa nos padrões mínimos de utilização, é possível traçar um panorama de como será realizado esse sistema. Segundo Tomaz (2009), os principais componentes para captação de água da chuva são mostrados a seguir.

2.6.1 Área de captação

Na maioria das vezes são os telhados das casas ou edifícios. Podem ser telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, telhas de zinco, telhas ferro galvanizado, telhas de concreto armado, telhas de plásticos, telhado plano revestido com asfalto, etc.

Há ainda casos que a área de captação pode ser feita em paredes ou superfícies impermeáveis, como o chão de concreto.

2.6.2 Peneira ou gradeamento

A fim de evitar o entupimento das tubulações, nos sistemas de aproveitamento pluvial, recomenda-se a implantação de grelhas nas calhas e nos ralos, para que sujeiras maiores como folhas, pedras, dentre outras, não caiam na tubulação ou danifiquem o sistema.

Uma opção comum é implantar grades na calha ou um dispositivo na sua saída e nos ralos que impeça a entrada de folhas, galhos e outros sólidos grandes, como mostra a Figura 1.

Para otimizar o sistema e melhorar a qualidade da água de saída, deve-se considerar a possibilidade de implantação de um primeiro filtro para reter parte das impurezas que inevitavelmente são encontradas nas águas da chuva.

Conforme Tomaz (2009), para remover materiais em suspensão deve-se usar peneiras com tela de 6mm a 13mm.

Figura 1 - Calha dotada de grelha para retenção de material grosseiro



Fonte: ALVES (2008)

2.6.3 Calhas e condutores

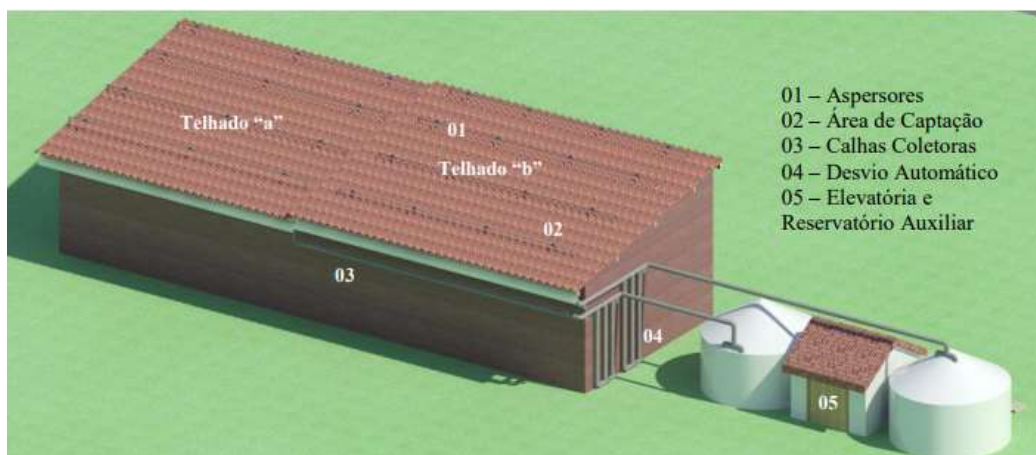
Para colheita da água de chuva são necessárias calhas e coletores de águas pluviais que podem ser de PVC ou metálicos. Essas calhas e coletores vão direcionar a água para os reservatórios.

2.6.4 Dispositivos de desvio das primeiras águas (*First flush*)

Os dispositivos de primeira lavagem têm o objetivo, como o próprio nome indica, de rejeitar a primeira água que cai na área de captação, visto que ela carrega impurezas que se depositam eventualmente na cobertura no período entre uma chuva e outra. Essa sujeira pode ser retirada manualmente, com uso de tubulações que podem ser desviadas do reservatório ou automaticamente através de dispositivos de autolimpeza. Segundo Verdade (2008), os materiais mais comuns encontrados nas coberturas são pó, material orgânico caído de árvores ou até mesmo transportado por animais, assim como excrementos de aves.

No estado de Pernambuco esse dispositivo já foi tema de um projeto, no campus da UFPE da cidade de Caruaru. Lima (2012) desenvolveu um experimento para testar a eficiência do seu dispositivo *first flush* que desviava o 1º mm de chuva. Na sua concepção foi usada uma cisterna de 16000L, um telhado com área de captação de 59m², um sistema de bombeamento (bomba Schneider 1CV) com aspersores e calha para coleta da precipitação simulada, que tinha uma intensidade de 23mm/h, como é mostrado na Figura 2. A eliminação do 1º milímetro de chuva foi responsável pela diminuição substancial da coleta de poluentes, houve redução de: 93,7% da turbidez 93,2% da cor aparente, 98,2% coliformes totais e 100% de E.Coli.

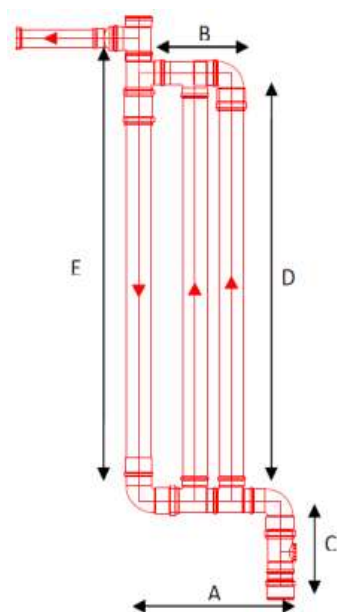
Figura 2 - Esquema da instalação experimental usada na pesquisa



Fonte: LIMA (2012)

O dispositivo utilizado no experimento consistia numa junção de tubos e conexões de PVC. Esse tipo de desvio se destaca pela estanqueidade, facilidade de confecção, instalação e baixo custo. A Figura 3 mostra um esquema de dispositivo.

Figura 3 - Esquema de dispositivo de desvio de primeiras águas



Fonte: LIMA (2012)

2.6.5 Reservatório

Há uma variedade muito grande quanto ao reservatório: ele pode ser feito de concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, alvenaria de bloco armado, plásticos, poliéster, etc. A sua posição no terreno pode variar conforme for mais conveniente no local; pode estar apoiado, enterrado ou elevado.

O dimensionamento do reservatório inferior (ou cisterna) foi realizado utilizando todos os métodos presentes na NBR 15527 (ABNT, 2007) para comparar os resultados e depois escolher o mais viável.

2.6.6 Extravasor

Deverá ser instalado no reservatório um extravasor (ladrão), para que ele não transborde no período de chuvas intensas. O extravasor deverá possuir dispositivo para evitar a entrada de pequenos animais.

2.6.7 Tratamento

A ANA (2005) no seu manual “Conservação e reuso de águas em edificações”, reafirma que o sistema de tratamento das águas pluviais depende da qualidade da água coletada e qual o destino que vai ser dado à mesma. Considerando os usos mais comuns nos edifícios (irrigação de áreas verdes, torres de resfriamento de sistemas de ar condicionado, lavagens de pisos,

descarga em toaletes etc.), são aplicados sistemas para o tratamento compostos de unidade de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou luz ultravioleta.

- Filtração

Existem diversos tipos de filtro para tratamento de água, o nível de purificação exigida é que vai definir a escolha dele. Os materiais filtrantes mais comuns são areia, pedregulho e, em alguns casos, antracito. Aqui se tratará de filtros de areia majoritariamente, visto que são os mais utilizados.

Os filtros lentos de areia são um tipo muito comum, inclusive utilizados em sistemas de filtração no abastecimento público principalmente pela facilidade de reter microorganismos (Tomaz, 2009). Uma grande vantagem dos filtros lentos de areia é que não precisam de produtos químicos para o tratamento da água e a operação do sistema é simples e barata.

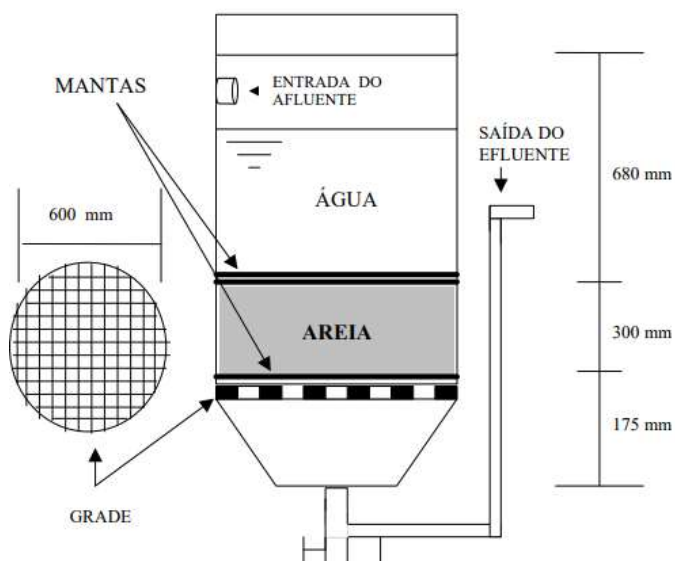
Num sistema de utilização de água das chuvas, o objetivo é aprimorar a qualidade da água bruta, pois após a precipitação e a captação, ela continua não sendo própria para consumo. A ideia é melhorar significativamente a qualidade da água para fins de uso não potável.

Segundo Di Bernardo (1999), desde 1829 quando surgiram os filtros de areia para tratamento de água até hoje ocorreram muitas inovações neste procedimento. Inúmeras pesquisas foram realizadas com areia de diferentes granulometrias, para se chegar a conclusão sobre o material mais eficiente: grãos compreendidos entre 0,08 e 1,0mm; tamanho efetivo entre 0,15 e 0,30mm; coeficiente de desuniformidade menor que 5,0 (preferivelmente entre 2 e 5).

Ainda conforme Di Bernardo, em geral a espessura inicial da camada de areia é da ordem de 1,0m e, após limpezas sucessivas na sua superfície, a camada de areia é recomposta quando atinge a espessura de 0,6 m.

As baixas taxas de filtração presentes nos filtros lentos, faz com que a água permaneça mais tempo sobre o meio filtrante e no seu interior, o que favorece uma intensa atividade biológica, atribuindo ao filtro uma grande vantagem: a elevada eficiência na remoção de bactérias, vírus e cistos de *Giardia*. No entanto, o desempenho dos filtros lentos na remoção de microorganismos depende, também da temperatura, do tamanho dos grãos de areia, da espessura do meio filtrante, da maturidade microbiológica do meio filtrante, entre outros. (Di Bernardo, 1999). Um exemplo de filtro lento é mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Exemplo esquemático de filtro lento



Fonte: LONDE (2002)

▪ Desinfecção

A forma mais comum de desinfecção é o método baseado na aplicação do cloro, conforme Alves et al (2008). Este permite manter uma ação mais prolongada por meio da concentração residual de cloro livre, que se mantém efetiva por algum tempo.

Em edificações, uma alternativa é a aplicação do cloro líquido na tubulação que conduz a água pluvial ao reservatório, através de pastilhas ou de uma solução simplificada desenvolvida no âmbito do Prosab, por exemplo, em que a desinfecção é obtida por difusão do cloro contido em uma garrafa plástica perfurada colocada no fundo do reservatório, conforme Alves et al (2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da edificação

A edificação consiste num escritório de piso térreo e pertence a uma instituição pública federal, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil. A CPRM é uma empresa pública vinculada ao ministério de Minas e Energia cuja missão é gerar e difundir o conhecimento geológico e hidrológico básico necessário para o desenvolvimento sustentável do Brasil. (CPRM, 2017)

A sede regional fica situada no bairro de Afogados, zona Sul da cidade do Recife, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Localização da CPRM



A sede de Recife é chamada de SUREG-RE, isto é, Superintendência Regional do Recife e nela trabalham 167 funcionários, dos quais 32 são terceirizados. As informações básicas sobre o local são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Informações Básicas SUREG-RE

Tipo de edificação	Escritório
Nº de pavimentos	Pavimento único
Nº de salas	58
Nº médio de pessoas por sala	2
Nº de funcionários efetivos	135
Nº de funcionários terceirizados	32
Nº total de funcionários	167
Área de escritórios	1395,75 m ²
Áreas comuns	642,13 m ²
Área construída	2405,68 m ²
Área da cobertura total	2820,32 m ²
Área de superfície permeável	19146,19 m ²
Área terreno	21551,87 m ²

3.2 Consumo de água no edifício analisado

Para se estimar o consumo de água na edificação, primeiramente, buscou-se na bibliografia já existente, o consumo médio diário de água por funcionário, especificamente em prédios públicos. No entanto, não existe ainda uma normatização de consumo com relação a edificações públicas. A sede da empresa funciona como um escritório, então foram pesquisados dados com relação a esse segmento.

Segundo a SABESP (2012), pode-se considerar o consumo médio per capita, neste caso, por funcionário, 50L/dia (Tabela 10). Aconselha-se nesta mesma norma, considerar uma pessoa para cada 10m² de área construída. Como se sabe exatamente o número de funcionários, será feito um comparativo neste aspecto.

Tabela 10 - Estimativa de consumo médio diário

Prédio	Consumo (L/dia)
Escritórios*	50 per capita**

*Considerar 1 pessoa para cada 10m² de área construída

**Valores atribuídos pela comissão da Sabesp que elaborou a norma.

Fonte: SABESP (2012)

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH (2003) também utiliza o consumo per capita em escritórios de 50L/dia, ratificando assim essa estimativa para o local de estudo (Pernambuco).

Pode-se também utilizar outra tabela de orientação da SABESP (2012), desta vez considerando que o consumo de água da CPRM se assemelha mais ao de um prédio comercial (Tabela 11).

Tabela 11 - Determinação de consumos especiais

Categoria de consumidor	Consumo médio estimado (m³/mês)
Edifícios comerciais	0,0615 x (área total construída)

Fonte: SABESP (2012)

Por outro lado, como esses modelos não consideram os diferentes usos de água no edifício, tampouco os equipamentos, e como nesta edificação há alguns usos incomuns como lavagem de carros e muitos jardins, então optou-se por realizar um questionário com os funcionários com o objetivo de mensurar mais precisamente esse consumo.

3.2.1 Pesquisa de consumo de água no edifício analisado

Como não existia uma classificação padrão para consumo em edifícios públicos, foi realizada uma pesquisa para entender melhor os usos de água na edificação.

Ao total, 64 pessoas responderam a um questionário (ANEXO A – Pesquisa sobre consumo de água na CPRM-Recife), entre elas: funcionários efetivos, estagiários e funcionários terceirizados.

A pesquisa foi de caráter voluntário e sem identificação do usuário. Para garantir o anonimato, só se perguntava a idade e o sexo da pessoa. Com o objetivo de facilitar o preenchimento das respostas, o questionário foi enviado para o e-mail institucional dos funcionários via *google docs*.

Do total de 64 indivíduos que realizaram a pesquisa, 48 responderam o questionário online (*google docs*). Para obter as respostas também dos funcionários que não usavam computador, foi feita uma entrevista in loco com 15 pessoas.

Para calcular a quantidade de utilizações de um aparelho hidrossanitário, multiplica-se a média do intervalo de resposta pelo N° de respostas. Por exemplo: se 3 pessoas responderam que davam descarga no vaso sanitário de 3 a 4 vezes por dia, a quantidade de utilizações desse aparelho foi:

$$\text{N}^\circ \text{ de respostas} \times \text{média do intervalo} = \text{N}^\circ \text{ de utilizações}$$

$$3 \times 3,5 = 10,5$$

A frequência média de utilização dos aparelhos por funcionário é calculada através da divisão entre o N° de utilizações total pelo número de funcionários que o utilizam. Por exemplo:

$$\text{Frequência de utilização do aparelho por funcionário} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de utilizações}}{\text{N}^\circ \text{ de funcionários}}$$

O questionário consistiu de perguntas relacionadas a frequência diária de hábitos relacionados ao uso da água como: lavagem de mãos, descargas em vasos sanitários, descargas em mictórios, escovação de dentes, banho e lavagem de louça. Frisou-se a importância de responder às questões levando em consideração os usos durante o expediente de trabalho.

3.3 Regime pluviométrico e volume de chuvas

Com o intuito de analisar o regime de chuvas na área da edificação, foi escolhida a série histórica da estação pluviométrica mais próxima, que é a RECIFE/AFOGADOS de código 00834017 operada pela Agência Nacional de Águas (ANA). Apesar de ter mudado de local no ano de 2015, ainda é a que melhor representa a região da edificação.

As precipitações diárias devem ser reunidas num valor acumulado representativo do mês. Depois, com todas precipitações acumuladas por mês, deve-se tirar uma média de todos os anos. Por exemplo: no mês de abril de 2012 a precipitação acumulada total foi de 80mm e no mês de abril de 2013 foi 90mm, e supondo que a série histórica só tenha esses dois anos, tem-se a média das precipitações acumuladas do mês de abril igual a 85mm. Nesta pesquisa a série histórica tem 16 anos e consta nos resultados.

3.4 Sistema de coleta e aproveitamento das águas pluviais

A Norma Brasileira da ABNT 10844 (1989) será usada como referência no dimensionamento desse sistema. Ela se aplica à área de drenagem de águas pluviais em coberturas e demais áreas associadas à edificação. O sistema contará com calhas, dispositivo de primeira lavagem, condutores verticais e horizontais que transportarão o líquido proveniente do telhado até o reservatório inferior. No reservatório inferior haverá desinfecção da água, que seguirá para o reservatório inferior e posteriormente para as instalações prediais.

3.4.1 Calhas

A área de captação de águas pluviais será o telhado da edificação, que é toda em piso térreo, aumentando assim a área de contribuição. A calha é do tipo beiral de material plástico. Para aprimorar a coleta, deverão ser instaladas grelhas com o objetivo de evitar a entrada de folhas e dejetos, que podem criar um possível entupimento na rede.

A fórmula dada pela ABNT (1989) para o dimensionamento de calhas é a Equação 1.

Equação 1 - Fórmula de Manning-Strickler para dimensionamento de calhas

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} I^{1/2}$$

Fonte: ABNT (1989)

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min);

K = 60000;

S = Área de seção molhada (m²);

N = Coeficiente de rugosidade;

R_H = Raio hidráulico (m); e

I = Declividade da calha (m/m).

A vazão de projeto a ser considerada no dimensionamento da calha é dada pela Equação 2.

Equação 2 - Vazão de projeto

$$Q = \frac{I \times A}{60}$$

Fonte: ABNT (1989)

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min);

I = Intensidade pluviométrica (mm/h); e

A = Área de captação (m²).

A intensidade da chuva a ser utilizada será resultante da equação IDF (Equação 3) estudada por Ramos (2010) para a cidade do Recife, com base em dados pluviográficos de uma série histórica de 40 anos (1968 a 2007) da estação do Aeroporto Internacional dos Guararapes.

Equação 3 - Equação IDF do Recife

$$i = \frac{1423,97 \times T^{0,1124}}{(t + 21)^{0,7721}}$$

Fonte: RAMOS (2010)

Onde:

i = Intensidade pluviométrica (mm/h);

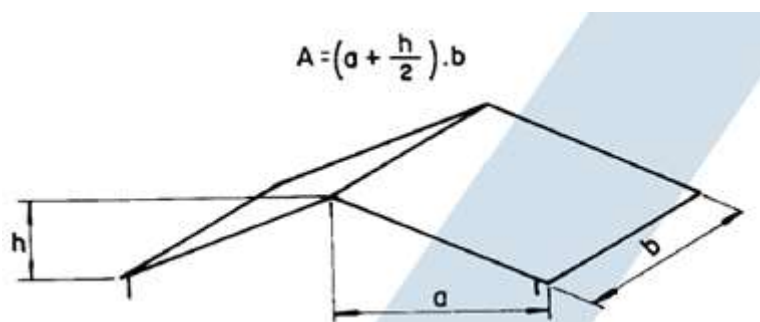
T = Tempo de retorno (anos); e

t = Tempo de duração da chuva (min).

Ainda segundo a ABNT (1989), para instalações pluviais o tempo de retorno deve ser tomado como 5 anos para coberturas e/ou terraços e a duração da precipitação deve ser fixada em 5 minutos, independentemente da área a ser drenada.

Para calcular a área de captação, no caso de um telhado inclinado como é o da edificação em estudo, deve-se considerar a área inclinada, e não somente a área em planta, como é mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Área de contribuição inclinada



Fonte: ABNT (1989)

A metodologia consiste no uso da Tabela 12 com valores fixados de declividade na qual se verifica se a vazão calculada é admitida pelos diâmetros apresentados, que variam de 100 a 200mm.

Tabela 12 - Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT (1989)

Essa tabela adota valores máximos da capacidade de calhas semicirculares, considerando a altura da lâmina d'água igual a metade do diâmetro mínimo.

3.4.2 Dispositivo de desvio das primeiras águas (*First flush*)

Segundo Lima (2012), para dimensionar o dispositivo de desvio de primeiras águas utilizado por ele, basta calcular o volume necessário a ser rejeitado, no caso, o primeiro milímetro de chuva. Então tem-se:

$$V_{\text{descarte}} = A_{\text{telhado}} \times h_{\text{precipitação}}$$

Onde:

V_{descarte} = Volume de descarte (L);

A_{telhado} = Área de captação (m^2); e

$h_{\text{precipitação}}$ = Altura da precipitação (mm), que neste estudo será 1mm.

O dispositivo que armazena essas primeiras águas é um tipo como o mostrado na

e é constituído por tubos de PVC. Dessa forma, o volume desses tubos deve ser igual ao volume a ser rejeitado. Como já é conhecido:

$$V_{\text{tubo}} = A_{\text{tubo}} \times L_{\text{tubo}}$$

Onde:

V_{tubo} = Volume do tubo (m^3);

A_{tubo} = Área de seção transversal do tubo; e

L_{tubo} = Comprimento do tubo.

Então:

$$V_{\text{tubo}} = V_{\text{descarte}}$$

3.4.3 Condutores verticais

Após o dimensionamento das calhas, vêm os condutores verticais. Eles servem para conduzir a água proveniente dos telhados. Segundo a ABNT (1989), os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada. Podem ser localizados externa ou internamente ao edifício, variando de acordo com as considerações de projeto, do uso e da ocupação do edifício e do material dos condutores. Seu diâmetro interno mínimo deve ser de 70mm.

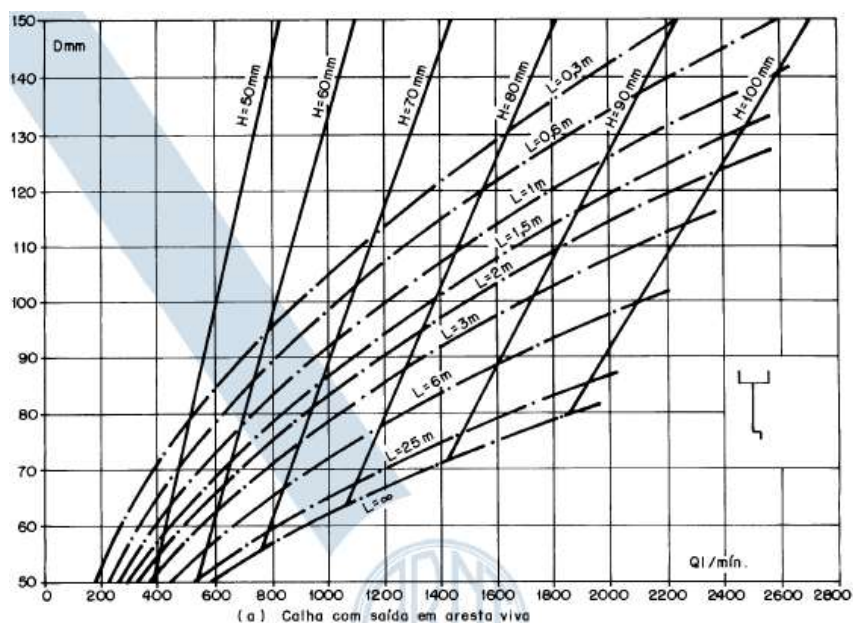
Para dimensionar esses condutos, deve-se localizar no ábaco (Figura 7) os dados de entrada:

Q = Vazão (L/min);

H = Altura da lâmina d'água (mm); e

L = Tamanho do conduto (m).

Figura 7 - Ábaco para obter o diâmetro interno do condutor vertical



Fonte: ABNT (1989)

3.4.4 Condutores horizontais

A NBR 10844 recomenda uma declividade uniforme mínima de 0,5% para os condutores horizontais aparentes ou enterrados. O dimensionamento deve ser feito para uma lâmina de escoamento igual a 2/3 do diâmetro, sendo o conduto aparente ou enterrado e a ligação entre os condutores verticais e horizontais deve ser feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia.

Para condutores de seção circular e com o coeficiente de Manning entre 0,011 e 0,013, é possível usar a Tabela 13, já que nela estão as vazões máximas calculadas para cada diâmetro.

Tabela 13 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (L/min)

Diâmetro interno (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1110	1550	509	717	1010	1430

Fonte: ABNT (1989)

3.4.5 Tratamento

Na falta de dados confiáveis de qualidade das águas pluviais de Recife, será considerada a utilização de um sistema de tratamento para a água captada. Se faz isso com o objetivo de garantir os parâmetros mínimos de utilização recomendados pela ABNT e ANA.

- Filtração

Os filtros lentos de areia são recomendados para vazões pequenas e uma grande vantagem é que não precisam de produtos químicos para o tratamento da água e a operação do sistema é simples e barata.

Segundo Di Bernardo, a taxa de filtração nos filtros lentos é limitada pela ABNT (1989) em 6m/d quando se tem meio filtrante constituído unicamente de areia. Deve ser sempre observado quando o tempo da carreira de filtração vai diminuindo para realizar a operação de limpeza, e assim, aumentar sua eficiência.

No dimensionamento de um filtro, é necessário ter em mãos a vazão afluyente e a área de passagem do fluxo (perpendicular a ele). Por isso, fixa-se a vazão e a taxa de infiltração para obter a área. Para dimensionar o tamanho do lado, divide-se a área pela espessura de areia necessária, em geral é adotado um valor no intervalo de 0,6 a 0,8m. Usa-se:

$$TF = \frac{Q}{A}$$

Onde:

TF = Taxa de filtração (m³/m²dia);

Q = Vazão afluyente (m³/dia); e

A = Área perpendicular ao fluxo (m²).

- Desinfecção

Segundo Felisoni (2015), deve-se manter um nível de cloro residual na faixa de 1,5 a 3,0 mg/L para evitar que bactérias se desenvolvam na água. A presença do cloro na água dentro dessa faixa funciona como uma garantia preventiva de que, se houver algum tipo de infestação na água por bactérias, o cloro estará presente para eliminá-las.

3.4.6 Reservatório inferior

Com o intuito de armazenar água da chuva, é necessário que seja dimensionado reservatório inferior (cisterna). Na NBR 15527:2007, que trata sobre o aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, constam alguns métodos de dimensionamento do reservatório. Todos os métodos mostrados a seguir serão testados para a realidade da CPRM.

- Método Azevedo Neto

Este método utiliza como base para o dimensionamento de cisternas o valor da precipitação média anual (somando-se todas as médias mensais se obtém o valor médio acumulado anual), a área de coleta e os meses de pouca chuva. (ABNT, 2007)

Segundo Fontanela, sobre o método “É definido como o volume ideal do reservatório, 4,2% do produto entre o volume de chuva coletada pelo telhado e o número de meses com pouca chuva ou seca”. Sendo assim, o volume do reservatório necessário para acumular água da chuva é dado pela equação:

$$V_{Ri} = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

V_{Ri} = Volume do reservatório inferior (L);

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de captação (m^2); e

T = N° de meses com pouca chuva ou seca.

- Método prático Alemão

Para calcular o volume do reservatório por este método são necessários: o volume de água aproveitável anual (chuva) e a demanda anual de água não potável. A fórmula é dada por:

$$V_{Ri} = \{\text{Mínimo}(V, D)\} \times 0,06$$

Onde:

V_{Ri} = Volume do reservatório inferior (m^3);

V = Volume aproveitável anual (m^3); e

D = Demanda anual de água não potável (m^3).

Ou seja, o volume reservado equivale a 6% do menor valor entre os volumes de demanda e de chuva anual.

- Método prático Inglês

O procedimento Inglês, tal qual é descrito na NBR 15527:2007 leva em conta a chuva média anual e a área de captação (área do telhado) e sua fórmula é dada por:

$$V_{Ri} = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

V_{Ri} = Volume do reservatório inferior (L);

P = Precipitação média anual (mm); e

$A = \text{Área de coleta (m}^2\text{)}.$

- Método Rippl

Este método baseia-se no cálculo da diferença acumulada entre as variações de consumo e demanda. Esse modelo é criticado por sua baixa confiabilidade, já que utiliza a média das precipitações, o que lhe dá 40% de confiança nos dados.

No cálculo da variação faz-se o consumo mensal menos a oferta mensal. Se esse resultado for negativo não há problema, pois a oferta é maior do que a demanda. No entanto, se retorna um valor positivo dessa subtração, há falta de abastecimento. Em resumo, quando na coluna “Vconsumo - Voferta (m³)” há um sinal negativo indica que excesso de água armazenada e o sinal positivo indica falta.

Para achar o volume do reservatório basta pegar o valor da falta máxima de água acumulada, no caso, a soma dos volumes positivos consecutivos.

- Método da simulação

Este método testa a validade do de Rippl, supracitado. Realiza-se uma simulação do que aconteceria com o volume de água ao longo de um ano de armazenamento no reservatório.

O volume calculado por Rippl é fixado, e assim vão se subtraindo os volumes de demanda mensais. Pode-se testar outros volumes até achar um satisfatório.

- Método Australiano

O procedimento australiano visa criar uma situação mais realista em comparação ao método de Rippl, tirando do valor da chuva 2mm de perdas com a limpeza da área de captação.

Posteriormente, faz-se uma simulação com os resultados obtidos. O valor inicial estimado do reservatório vai ser o maior valor positivo acumulado na diferença. Para as simulações são feitos testes de probabilidade para ver se atendem as necessidades básicas. A fórmula do percentual de falhas é apresentada abaixo.

$$Pr = \frac{Nr}{N}$$

Onde:

Pr = Percentual de falhas;

Nr = N° de meses que o reservatório não atende à demanda; e

N = N° de meses total.

Como:

$$\text{Confiança} = 1 - \text{Pr}$$

Então a confiança deve estar entre 90% e 100% para a edificação não ficar sem água mais que 10% do tempo.

- Método Monte Carlo

Baseia-se também no cálculo da diferença acumulada entre as variações de consumo e demanda. A forma de Monte Carlo quer eliminar os possíveis erros no método de Rippl, pois fixa uma série sintética de chuva de 75% de ocorrência, bem mais que os 40% da chuva média.

Essa série sintética é realizada recolhendo-se os dados de todas as chuvas mensais ao longo de toda a série histórica da estação pluviométrica. As precipitações devem ser ordenadas da maior para a menor e calcula-se a chuva que tem 75% de chance de ocorrência. Assim, a maior chuva tem uma menor probabilidade de ocorrência ($1/n=P\%$) e a menor chuva teria maior probabilidade ($n/n=100\%$) de acontecer.

3.4.7 Sistema de recalque

O sistema de recalque é composto por tubulações de sucção e recalque e o conjunto motor-bomba. A tubulação de recalque é a que encaminha a água da bomba para o reservatório superior.

Segundo a ABNT (1998), em sistemas de bombeamento não contínuo, para calcular o diâmetro das tubulações de recalque pode-se aplicar a seguinte fórmula:

$$D_r = 0,586 \times X^{1/4} \times \sqrt{Q}$$

Onde:

D_r = Diâmetro da tubulação de recalque (m);

X = Tempo de funcionamento diário do conjunto motor-bomba (h); e

Q = Vazão (m^3/s).

A partir desta equação, escolhe-se o diâmetro nominal para a tubulação de recalque. Em seguida, para a escolha do diâmetro da tubulação de sucção, simplesmente adota-se o diâmetro imediatamente superior.

No dimensionamento de um reservatório superior é recomendado que possua uma capacidade de reserva equivalente a pelo menos dois dias de uso do consumo diário estimado da edificação. Portanto, a bomba deve possuir a capacidade de bombear este volume diariamente durante as horas em que estiver operando. Para a escolha da mesma, uma alternativa é a consulta ao catálogo de bombas da KSB usando como dados de entrada a altura

manométrica, altura estática e a vazão de bombeamento. A altura manométrica é obtida pela equação a seguir:

$$H_m = H_g + \Delta h = H_s + H_r$$

Onde:

H_m = Altura manométrica (m);

H_g = Altura geométrica (m);

Δh = Perda de carga (m);

H_s = Altura manométrica de sucção (m); e

H_r = Altura manométrica de recalque (m).

3.4.8 Reservatório superior

O reservatório superior deverá ter as dimensões necessárias para abrigar o volume de dois dias de uso, com o objetivo de garantir o abastecimento d'água mesmo acontecendo imprevistos como manutenção da bomba ou reparos no reservatório. O local para implantação do reservatório deve ser prioritariamente próximo dos pontos de utilização da água aproveitada, neste caso, os banheiros, e com altura suficiente para garantir pressão nos pontos de utilização.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Consumo de água no edifício analisado

4.1.1 Usando bibliografia existente

Utilizando os valores fornecidos pela SABESP (2012) para um escritório, referente a Tabela 10, ou seja, valor per capita de 50L/dia, o consumo resultante foi 8350L/dia (Tabela 14). Para se obter esse resultado basta multiplicar o número de funcionários pelo consumo per capita.

Tabela 14 - Consumo diário de água na CPRM considerando prédio como escritório

Consumo per capita (L/dia)	Número de funcionários (real)	Consumo total (L/dia)
50	167	8350

Usando a mesma fonte, mas considerando que o número de funcionários depende da área construída, como consta na observação da norma, teria-se uma superestimativa do número de funcionários, e do mesmo modo, do consumo diário. O consumo passa de 8350L/dia para 12000L/dia.

Tabela 15 - Consumo diário de água na CPRM considerando prédio como escritório e número de funcionários de acordo com área construída

Consumo per capita (L/dia)	Área construída (m²)	Número de funcionários (fictício)	Consumo total (L/dia)
50	2405,68	240	12000

Analisando agora o consumo comparativamente ao de um edifício comercial, como citado na Tabela 11, temos a seguinte configuração:

Tabela 16 - Consumo diário de água na CPRM considerando prédio como edifício comercial

Área construída (m²)	Fator multiplicador	Consumo médio estimado (m³/mês)	Consumo total (L/dia)
2405,68	0,0615	147,95	4931,64

Fica assim evidenciada a disparidade entre os valores de consumo diário de acordo com o tipo de edificação considerada e o número de funcionários e/ou área construída. Justifica-se assim mais uma vez o uso de questionário próprio para cálculo do consumo de água dentro da empresa, que não é definida tão somente como “prédio comercial” ou “escritório”.

4.1.2 Usando dados coletados em pesquisa

A água consumida na edificação tem duas origens: poço individual e rede distribuidora (Compesa). O volume de água proveniente da Compesa pode ser mensurado, pois existe um hidrômetro para contabilizar o consumo da mesma. Todavia, a água derivada do poço não pôde ser quantificada. Em decorrência disso, o consumo mensal de água da empresa foi estimado usando um mês em que não se fez uso de água do poço.

O volume de água consumido nos meses modelo foi dividido pelo número de funcionários presentes naquele período. Calculou-se uma média dos meses em que houve somente uso da rede distribuidora e esses dados são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Consumo diário de água na CPRM utilizando contas de água

Consumo total (m³/mês)	Número de funcionários presentes	Número de dias no mês	Consumo total (L/dia)
147	103	30	4900

De posse desses dados foi possível calcular um consumo médio per capita específico para esta empresa, que obteve o valor de 47,57L/dia por funcionário. Esse valor foi obtido dividindo-se o consumo total (L/dia) pelo número de funcionários presentes no mês.

Tabela 18 - Consumo diário per capita calculado

Consumo total (L/dia)	Número de funcionários presentes	Consumo per capita calculado (L/dia)
4900	103	47,57

Como a estimativa de consumo foi baseada em poucos meses de amostragem, a confiança nos seus resultados teve que ser verificada. Para isso, foram confrontados o ‘consumo per capita calculado’ com o ‘consumo per capita por pessoa sugerido’. O valor calculado foi de 47,57L/dia e o sugerido pela Sabesp e CRH foi de 50L/dia para escritórios. Como o valor foi muito próximo, a favor da segurança utilizou-se o sugerido para cálculos posteriores (50L/dia).

Com relação aos diferentes usos da água dentro da empresa, foram usados dois métodos de pesquisa para comparação: o primeiro, que chamaremos de método 1, se utiliza da bibliografia já existente (Kammers e Ghisi, 2006) para estimar o consumo de água por uso, dividindo-o em percentuais.

Já o segundo método (método 2) calcula o consumo de água por tipo de uso empregando as vazões dos aparelhos e a frequência dos usuários para estipular os destinos finais da água. Nesse âmbito, as frequências usadas foram decorrentes de pesquisa de campo.

Empregando os percentuais de consumo de água por aparelho, provenientes da pesquisa de Kammers e Ghisi (2006) foram estimados os volumes produzidos por aparelho, conforme mostra a Tabela 1. Sua pesquisa foi realizada apenas prédios públicos, como é o caso da CPRM. Mesmo que tenha sido realizado no estado de Santa Catarina, em Florianópolis, com um clima bastante diferente da cidade do Recife, essa analogia foi válida, já que os usos são semelhantes.

Os percentuais de uso da água utilizados como referência foram os do prédio da CELESC durante o inverno, pois nesse período não é necessária a torre de resfriamento, assim como na empresa em estudo. Apesar de clima diferente, notou-se que os usos da água são semelhantes.

Em sua pesquisa, Kammers e Ghisi (2006) enquadra o termo “outros” como rega de jardim e limpeza. O número de funcionários foi o mesmo para todos os aparelhos, com exceção da descarga para mictórios, que só considera o número de usuários homens. A pesquisa não levou em consideração o consumo de água de banho, e como esse uso é muito pequeno na CPRM, ele foi desprezado. A Tabela 19 mostra os valores calculados referentes ao consumo por funcionário e total da empresa em L/dia.

Tabela 19 - Estimativa de usos finais da água utilizando percentuais (Método 1)

Uso final da água (%)		Consumo per capita (L/dia)	Consumo total (L/dia)
Bacia Sanitária	34,6	17,3	2889,1
Mictório	35,6	17,8	2972,6
Lavatório	11	5,5	918,5
Pia cozinha	9,5	4,75	793,25
Lavação de carros	2,7	1,35	225,45
Outros (Jardim/limpeza)	6,6	3,3	551,1
Total			8350

Para a utilizar o método 2 de estimativa de usos, faz-se necessário, além de uma análise de consumo, uma pesquisa das vazões dos equipamentos presentes na edificação. Os valores foram pesquisados e são apresentados abaixo junto com seu resultado na Tabela 20.

A frequência de uso foi aproximada pela média das faixas. Por exemplo, se a pessoa marcava que lavava as mãos de ‘2 a 3 vezes por dia’, a sua frequência seria 2,5 vezes. Essa frequência foi multiplicada pelo percentual de pessoas que fazia isso, pela vazão do aparelho e pelo tempo que a torneira ficava aberta em média.

Tabela 20 - Estimativa de usos finais da água mensal utilizando pesquisa de frequência (Método 2)

Uso da água	Vazão (L/s)	Tempo de Uso (s)	Frequência de uso diário	Nº Funcionários	Consumo total (L/dia)
Bacia Sanitária	1,24	6,15	2,35	167	2991,81
Mictório	2L/uso		2,02	111	449,29
Lavatórios	0,1	6	5,51	167	551,9
Pia Cozinha	0,12	300	0,59	167	3530,86
Chuveiros	0,16	600	0,7	12	806,4
Total					8330,3

Os valores das vazões dos aparelhos acima foram obtidos através de consulta ao catálogo dos fabricantes ou pela consulta aos valores normativos. As frequências de uso diário foram retiradas de uma pesquisa realizada no intuito de estimar o consumo de água real na empresa. Foi aplicado um questionário (ANEXO A – Pesquisa sobre consumo de água na CPRM-Recife) que demanda os hábitos diários ligados ao consumo de água dos funcionários. Seus resultados são apresentados no ANEXO B – Resultados da pesquisa de consumo de água na CPRM-Recife.

Por fim, teremos uma demanda total diária de 4889,16L de água potável e 3441,10L de água não potável (bacias sanitárias e mictórios), como mostra a Tabela 21.

Tabela 21 - Demanda diária de água potável e não potável

Demanda (L/dia)	
Potável	4889,16
Não potável	3441,1

4.2 Quantificação das águas servidas

Antes de se considerar o reaproveitamento somente das águas pluviais, foi feito um estudo para testar a possibilidade de reutilizar as águas cinza resultantes dos usos na edificação.

Usando os consumos de água calculados, apresentados na Tabela 20, foram estimados os volumes produzidos de águas cinza e negra por mês. Foi utilizado o método da frequência de uso (método 2) e seus valores foram estimados baseados no questionário realizado na empresa (coleta de dados).

Por serem normalmente gordurosas, e neste caso, em pequena quantidade, além de necessitarem de tratamento individualizado, as águas provenientes da cozinha foram descartadas para reuso e incluídas em ‘sem reuso’.

Na Tabela 22 se tem a correlação dos tipos de consumo da água com o volume de água cinza e negra produzido por mês, como assinalado.

Tabela 22 - Volume de águas cinza e sem reuso produzido

Consumo total (L/dia)		Tipo de água	Produção total (L/dia)
Lavatórios	551,9	Cinza	1358,3
Chuveiros	806,4		
Bacia Sanitária	2991,81	Sem reuso	6971,96
Mictório	449,29		
Pia Cozinha	3530,86		

De posse desses dados, observou-se que não seria viável fazer um tratamento para reuso de águas cinza, tendo em vista que a produção desse tipo de água é irrisória comparando-se a quantidade de água da chuva disponível. Esse foi o principal motivo para se optar somente pelo aproveitamento de águas pluviais.

Para dimensionar o sistema de aproveitamento de águas pluviais é necessário separar os usos da água que obrigatoriamente são potáveis e os que não precisam ser, e neste caso, podem ser provenientes de fontes pluviais. Essa divisão é de suma importância para o dimensionamento do sistema pluvial, visto que o mesmo foi dimensionado exclusivamente para os consumos de fins não potáveis, não tendo ligação nenhuma com a distribuição de água potável do edifício.

Os usos nos quais se faz necessária a potabilidade da água são: lavatórios, pia da cozinha e chuveiro. Os usos que não necessitam desse grau de tratamento são: vaso sanitário, mictório, limpeza, lavação dos carros e rega de jardins; podendo assim ser abastecidos com o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

4.3 Regime pluviométrico e volume de chuvas

Os dados da estação pluviométrica RECIFE/AFOGADOS 00834017 são apresentados na Tabela 23. Mostram-se as precipitações acumuladas por mês no período de 2000 a 2016. Na última linha da tabela foi mostrado o valor médio deste parâmetro para cada mês.

Tabela 23 - Precipitações acumuladas mensais (mm) - Estação pluviométrica RECIFE/AFOGADOS

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total (soma)
2000					326,9	541,1	499	456	267,6	32,1	32,1	179,4	
2001	22,1	25,6	74,6	194,4	41,8	343,4	296,4	154,8	76,7	82,5	19,5	60,1	1391,9
2002	159,6	161	280,4	113,6	273,1	533,6	253,8	114,9	42,8	34,3	56,3	9	2032,4
2003	25,9	192,1	441,2	83	266,6	466,9	273,9	161,2	111,1	25,8	18,9	30,5	2097,1
2004	262,3	218,3	141,8	261,7	338,6	513,2	276,9	121,6	61,7	25,4	8,8	9,4	2239,7
2005	13,2	62,5	119,1	110,3	487,4	707,8	128,4	288,8	35,4	44,5	22,7	68,8	2088,9
2006	16,6	23,2	121,1	238,2	319	375,6	205,8	128,2	86,2	8,1	66,7	132,5	1721,2
2007	43,3	198,4	109,4	305,2	217,3	323,2	239,6	198,2	97,3	24,3	24		
2008			373,1	215,3	354	426,3	316,6	230,9	37,5	23,4?			
2009				238,9	323,9	316,6	341,1	191,9	88,4	16	13,2	35,8	
2010	91,7	24,8	87,1	244	98,7	406,7	159,6	125,3	33,5	72,9	18,9	68,2	1431,4
2011	115,2	144,5	57,1	570,4	614,1?	357,6	500,7	197,9	23,1	7,8	51,8	38,9	2679,1?
2012	218,5	114,7	153,4	34,6	114,4	287,7	239,9	133,4	10,9	36,2	9,5	18,8	1372
2013	44,9	26,3	71,2	169,8	302	366,7	399,6	154,5	142,5	66,3	53,6	97,5	1894,9
2014	86,8	130,7	155,2	258,7	274,7	348,5	226,1	150,9	182	75,8	40	93	2022,4
2015	52,9	53	283,6	55,2	164,6	384,9	468,2	77,1	26,8	10,8	11,9	64,9	1653,9
2016	76,6	36	192,4	218,2	487,9								
Média	87,8	100,8	177,4	207	294,4	418,7	301,6	180,3	82,7	36,6	29,9	64,8	1885,4



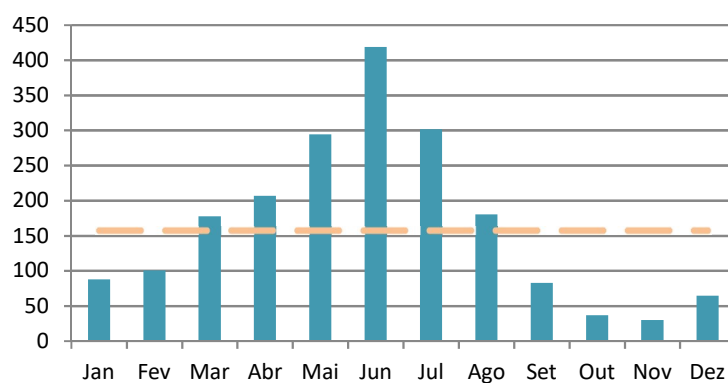
Dados insuficientes



? Dados duvidosos

A partir os valores médios da Tabela 23 foi construído o Gráfico 1 com os valores das precipitações acumuladas mensais médias. Nele, pode-se identificar o período de chuvas e de estiagem. É nítido que os meses de maior captação de águas pluviais serão junho, seguido por julho e maio.

Gráfico 1 - Precipitação acumulada mensal média (mm)



Média de chuva mensal - 157,12mm

4.4 Dimensionamento do sistema de coleta e aproveitamento das águas pluviais

Para base do dimensionamento, foram usadas as plantas baixas da empresa (ANEXO C – Planta baixa da edificação). O abastecimento pelo sistema de águas pluviais escolhido foi indireto por gravidade, ou seja, a água que será armazenada no reservatório inferior será bombeada para um reservatório superior a fim de ser distribuída por gravidade para os fins não potáveis. O esquema do sistema dimensionado é apresentado na Figura 8.

Nos cálculos do reservatório, usou-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de runoff. Esse valor varia com o material e representa as perdas de volume de água. Alguns valores são mostrados na Tabela 24.

Tabela 24 - Coeficientes de Runoff

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

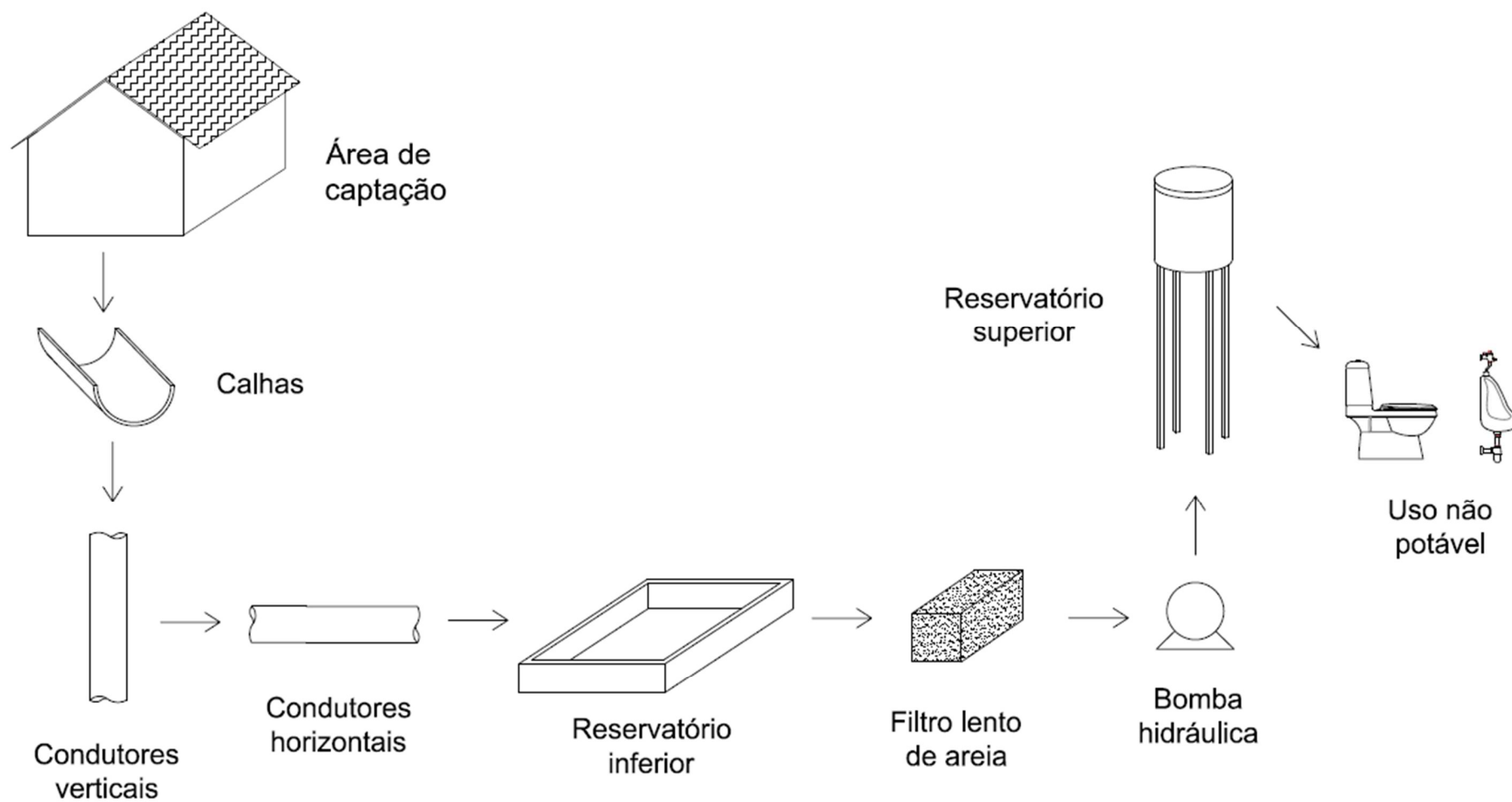
Fonte: TOMAZ (2009)

Nos dimensionamentos do reservatório inferior será utilizado um coeficiente de runoff igual a 0,8 já que os telhados da edificação são de telhas cerâmicas e uma área de captação total de 2468,12m² (Tabela 25).

Tabela 25 - Dados usados nos dimensionamentos (runoff e área de captação total)

Área de captação (m ²)	Runoff
2468,12	0,8

Figura 8 - Sistema de aproveitamento das águas pluviais



4.4.1 Calhas

Somente alguns telhados foram selecionados para se fazer a captação, visto que as cobertas menores geram um volume água insignificante, quando comparado aos escolhidos. As áreas de captação selecionadas serão dos maiores telhados do escritório administrativo e mais bem posicionados para que seja possível a reutilização das águas. Desta forma, foram escolhidos os prédios dos blocos C, D, E, F e Almoxarifado (Vide ANEXO C – Planta baixa da edificação). Como as superfícies são de tamanhos diferentes, as calhas deverão ser dimensionadas separadamente.

Todos os telhados têm duas águas, com exceção do bloco F, que tem somente uma e é toda drenada para dentro da área da empresa.

Conforme foi mostrado na metodologia, utilizou-se a equação IDF de Recife para calcular a intensidade da chuva de projeto, onde obteve-se valor de 137,9mm/h, pois empregou-se TR = 5 anos e t = 5min.

A vazão de projeto foi obtida pela Equação 2 dada pela ABNT (1989) e seu valor para cada telhado de captação é dado abaixo na Tabela 26. Vale frisar que essas áreas de captação representam uma água de cada telhado, ou seja, para descobrir a área total, deve-se multiplicar por dois. Mas como estamos calculando agora somente as calhas, é correto usar somente a parte da área que escoar para ela.

Tabela 26 - Dimensionamento de calhas

Prédio	Área de contribuição (m²)	Vazão (L/min)	DN (mm)	Declividade (%)
Almoxarifado	228,1	524,25	150	1
Bloco C	202,62	465,69	150	1
Bloco D	271,72	624,49	150	2
Bloco E	321,57	739,08	150	2
Bloco F	420,11	965,55	200	1

É importante salientar que já existem algumas calhas na edificação, no entanto, não se sabe se seus dimensionamentos foram adequados. Por isso, os valores apresentados acima podem servir de base para verificação da necessidade de substituição.

4.4.2 Dispositivo de desvio das primeiras águas (*First flush*)

Seguindo a metodologia de Lima (2012) e usando um tubo de 150mm, obteve-se os seguintes comprimentos para o dispositivo de desvio das primeiras águas (Tabela 27):

Tabela 27 - Dimensionamento dos dispositivos de desvio de primeiras águas

Prédio	Área de contribuição (m²)	P (mm)	Vdescarte (L)	Comprimento do tubo (m)
Almoxarifado	228,1	1	228,1	12,91
Bloco C	202,62	1	202,62	11,47
Bloco D	271,72	1	271,72	15,38
Bloco E	321,57	1	321,57	18,21
Bloco F	420,11	1	420,11	23,79

4.4.3 Condutores verticais

Usando o método anteriormente explicado, o dimensionamento dos condutos verticais foi feito com auxílio do ábaco presente na Figura 7. Os condutores desse projeto serão posicionados externamente ao edifício e tem comprimentos variando de 3 a 5m. O diâmetro nominal dos condutores verticais é mostrado na Tabela 28.

Tabela 28 - Dimensionamento de condutores verticais

Prédio	Vazão (l/min)	H (mm)	L (m)	DN (mm)
Almoxarifado	524,25	75	5	80
Bloco C	465,69	75	3	80
Bloco D	624,49	75	3	80
Bloco E	739,08	75	3	80
Bloco F	965,55	100	3	110

4.4.4 Condutores horizontais

Com o auxílio da Tabela 13 foi possível estabelecer os diâmetros dos condutores horizontais da edificação. Eles são apresentados na Tabela 29. Ainda segundo a ABNT (1989), se as tubulações forem enterradas, devem ser previstas caixas de areia sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20m nos percursos retilíneos; no caso de tubulações aparentes, devem ser previstas caixas de inspeção.

Tabela 29 - Dimensionamento de condutores horizontais

Prédio	Vazão (l/min)	DN (mm)	i (%)
Almoxarifado	524,25	125	2
Bloco C	465,69	125	2
Bloco D	624,49	125	4
Bloco E	739,08	125	4
Bloco F	965,55	150	2

4.4.5 Tratamento

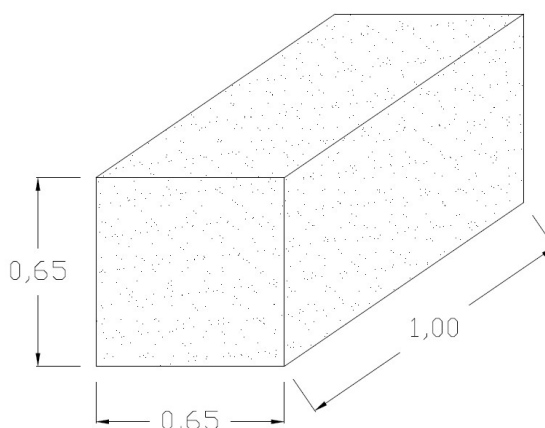
▪ Filtração

Foi dimensionado um filtro lento de areia descendente usando a taxa recomendada para filtros lentos de $6\text{m}^3/\text{m}^2\text{dia}$. Então:

$$A = \frac{2,53}{6} = 0,42\text{m}^2$$

Deste modo, o filtro escolhido terá seção quadrada com dimensões de 0,65m de altura e 0,65m de largura. Seu comprimento será de 1,00m (Figura 9). É recomendado que ele se situe depois do reservatório inferior para garantir o correto funcionamento do sistema.

Figura 9 - Desenho esquemático do filtro de areia



▪ Desinfecção

Dado o baixo grau de complexidade da instalação, a desinfecção será realizada aplicando-se pastilhas de cloro no reservatório inferior.

4.4.6 Reservatório inferior

A seguir estão dispostos os dimensionamentos do reservatório inferior pelos métodos presentes na NBR 15527:2007.

▪ Método Azevedo Neto

Conforme dito anteriormente, esse método leva em consideração os meses de pouca chuva. É importante observar que esse número pode variar de acordo com o projetista, pois não há parâmetros preestabelecidos. Dessa forma, para estabelecer os meses mais secos, foi considerado mês seco aquele que tiver uma precipitação menor que 50% da mediana da amostra

(valor de referência). Como a dispersão dos valores é grande, a mediana é mais representativa que a média.

Os dados usados são mostrados na Tabela 30, os meses destacados foram considerados de pouca chuva, ou seja, menores que valor de referência.

Tabela 30 - Dados utilizados no método Azevedo Neto, meses de pouca chuva em destaque

Mês	Chuva média mensal (mm)	Valor de referência (mm)
Jan	87,8	69,55
Fev	100,8	
Mar	177,4	
Abr	207	
Mai	294,4	
Jun	418,7	
Jul	301,6	
Ago	180,3	
Set	82,7	
Out	36,6	
Nov	29,9	
Dez	64,8	
Total	1982	

Então tem-se:

$$P = 1982,0\text{mm}$$

$$A = 2468,12\text{m}^2$$

$$T = 3 \text{ meses secos}$$

$$V_{\text{Ri}} = 0,042 \times 1982 \cdot 10^{-3} \times 2468,12 \times 3$$

$$V_{\text{Ri}} = 205,46\text{m}^3$$

Dessa forma, por este método e para facilitar sua concepção e construção, o volume do reservatório adotado seria:

$$V_{\text{RiAdotado}} = 206\text{m}^3$$

- Método prático alemão

O volume aproveitável foi obtido multiplicando-se o valor da chuva média anual pela área do telhado e pelo coeficiente de runoff e é apresentado na Tabela 31. A demanda foi calculada através da soma dos consumos de água não potáveis, usando os dados da pesquisa de

consumo de água, realizada na empresa e supondo que esses usos sejam constantes durante o ano. Seus resultados são mostrados na Tabela 32.

Tabela 31 - Volume anual aproveitável (m³)

Volume anual aproveitável (m³)		
Área de captação (m²)	Precipitação média anual (mm)	Runoff
2468,12	1982	0,8
Total (m³)		
3913,45		

Tabela 32 - Demanda anual de água não potável (m³)

Demanda anual de água não potável (m³)	
Bacia Sanitária	Mictório
1077,05	161,74
Total (m³)	
1238,8	

Visto isso, o valor mínimo entre a demanda e o volume aproveitável foi o da demanda, com um volume de 1238,8m³. E daí vem:

$$V_{Ri} = 1238,76 \times 0,06 = 74,33\text{m}^3$$

Dessa forma, por este método e para facilitar sua concepção e construção, o volume do reservatório adotado foi:

$$V_{RiAdotado} = 75\text{m}^3$$

- Método prático inglês

Este procedimento é simples: multiplicamos a precipitação anual pela área de captação e por 0,05. Nesta conta, deve-se multiplicar por 10^{-3} para o volume resultar em metros cúbicos. Então vem que:

$$V_{Ri} = 0,05 \times 1982 \times 10^{-3} \times 2468,12$$

$$V_{Ri} = 244,59\text{m}^3$$

Para facilitar sua concepção e construção, o volume da cisterna adotado é:

$$V_{RiAdotado} = 245\text{m}^3$$

- Método de Rippl

Os valores das chuvas mensais foram calculados na Tabela 23. O consumo mensal foi retirado da Tabela 21, já que essa cisterna armazenará água que será usada apenas para fins não potáveis, como é o caso de descargas de bacia sanitária e mictório. Este consumo é considerado constante no decorrer do ano, por isso se utiliza o mesmo valor repetidas vezes.

A diferença acumulada dos valores positivos nos dá a maior demanda existente, acumulando-se os meses. Com isso, o volume é de 75,16m³ (Tabela 33). Então:

$$V_{Ri} = 75,16\text{m}^3$$

Com folga, adota-se:

$$V_{RiAdotado} = 76\text{m}^3$$

Tabela 33 - Cálculo do volume do reservatório pelo método de Rippl

Mês	Chuva média (mm)	Consumo (m ³)	Área de captação (m ²)	Oferta de chuva (m ³)	Vconsumo - Voferta (m ³)	Diferença acumulada dos valores positivos (m ³)
Jan	87,8	103,23	2468,12	173,36	-70,13	-
Fev	100,8	103,23	2468,12	199,03	-95,8	-
Mar	177,4	103,23	2468,12	350,28	-247,04	-
Abr	207	103,23	2468,12	408,72	-305,49	-
Mai	294,4	103,23	2468,12	581,29	-478,06	-
Jun	418,7	103,23	2468,12	826,72	-723,49	-
Jul	301,6	103,23	2468,12	595,51	-492,27	-
Ago	180,3	103,23	2468,12	356	-252,77	-
Set	82,7	103,23	2468,12	163,29	-60,06	-
Out	36,6	103,23	2468,12	72,27	30,97	30,97
Nov	29,9	103,23	2468,12	59,04	44,2	75,16
Dez	64,8	103,23	2468,12	127,95	-24,71	50,45
Total	1982 mm/ano	1238,79 m ³ /ano		3913,45 m ³ /ano		

- Método da simulação

Como o volume obtido por Rippl foi 76m³, este será o valor simulado na Tabela 34. Para testar verificar a possibilidade de diminuir o volume do reservatório sem comprometer o abastecimento de água, será simulado também para 75m³, na Tabela 35.

Tabela 34 - Simulação para reservatório de 76m³

Mês	Vconsumo - Voferta (m ³)	Ano 1	Ano 2
Jan	-70,13		-76,00
Fev	-95,80		-76,00
Mar	-247,05		-76,00
Abr	-305,49		-76,00
Mai	-478,06		-76,00
Jun	-723,49		-76,00
Jul	-492,28		-76,00
Ago	-252,77		-76,00
Set	-60,06	-76,00	-76,00
Out	30,96	-45,04	
Nov	44,19	-0,84	
Dez	-24,72	-25,56	

Tabela 35 - Simulação para reservatório de 75m³

Mês	Vconsumo - Voferta (m ³)	Ano 1	Ano 2
Jan	-70,13		-75,00
Fev	-95,80		-75,00
Mar	-247,05		-75,00
Abr	-305,49		-75,00
Mai	-478,06		-75,00
Jun	-723,49		-75,00
Jul	-492,28		-75,00
Ago	-252,77		-75,00
Set	-60,06	-75,00	-60,06
Out	30,96	-44,04	
Nov	44,19	0,16	
Dez	-24,72	-24,56	

Realizando as simulações, notou-se que para um volume de reservatório de 75m³ haveria falta de abastecimento no mês de novembro. Então o método de Rippl foi eficiente para esse caso, e para a simulação também temos:

$$V_{\text{RiAdotado}} = 76\text{m}^3$$

- Método australiano

Simulações com diferentes volumes foram feitas, iniciando-se com 83m³ para o volume do reservatório. Foi constatado que esse volume atendia as especificações do método (90% confiável). Porém, tendo em vista a economia de material na construção do reservatório, foram feitas sucessivas tentativas para diminuir ao máximo esse volume e manter a confiança. Dessa forma, o volume mínimo inteiro que essa cisterna pode ter é 63m³. Os cálculos para os volumes de 62m³ e 63m³ são mostrados na Tabela 36.

Tabela 36 - Simulações para reservatório de 62m³ e 63m³

Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2
	-62,00		-63,00
	-62,00		-63,00
	-62,00		-63,00
	-62,00		-63,00
	-62,00		-63,00
	-62,00		-63,00
	-62,00		-63,00
	-62,00		-63,00
	-62,00		-63,00
-62,00	-62,00	-63,00	-63,00
-27,09		-28,09	
21,05		20,05	
0,29		-0,71	
Nr	2	Nr	1
Nr/N=Pr	0,166667	Nr/N=Pr	0,083333
1-Pr	0,833333	1-Pr	0,916667

Para a confiabilidade maior que 90% foi escolhido um volume de 63m³.

$$V_{\text{RiAdotado}} = 63\text{m}^3$$

- Método Monte Carlo

A série histórica usada tinha 16 anos de dados. Assim, a precipitação sintética com menor chance de ocorrência teve probabilidade de $1/16 = 6,25\%$.

A diferença acumulada dos valores positivos nos dá a maior demanda existente, acumulando-se os meses. Com isso, o volume é de 273,50m³, como pode ser notado na Tabela 37. Então:

$$V_{\text{Ri}} = 273,50\text{m}^3$$

Visto isso, facilitar a construção, adota-se:

$$V_{\text{RiAdotado}} = 274\text{m}^3$$

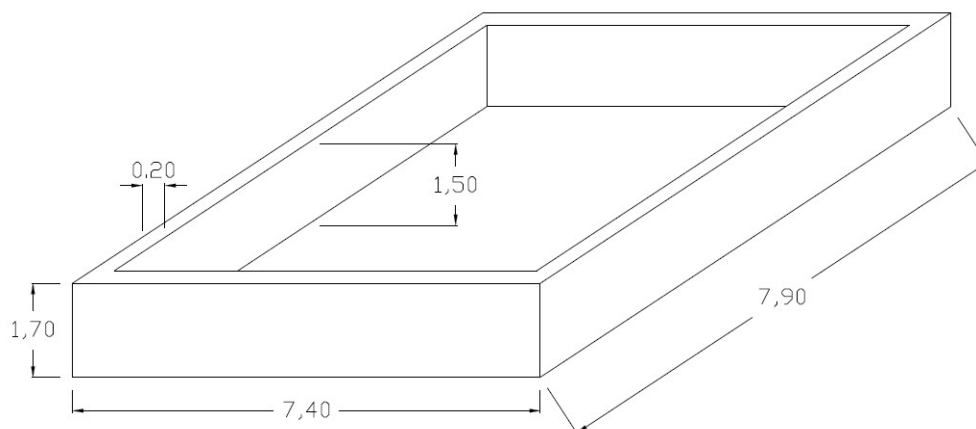
Tabela 37 - Cálculo do reservatório inferior pelo método Monte Carlo

Mês	Série Sintética 75% (mm)	Consumo mensal (m³)	Área de captação (m²)	Oferta de chuva mensal (m³)	Vconsumo - Voferta (m³)	Diferença acumulada dos valores positivos (m³)	
Jan	34,60	103,23	2468,12	68,32	34,91	231,77	
Fev	31,15	103,23	2468,12	61,51	41,72	273,50	
Mar	103,83	103,23	2468,12	205,00	-101,77	171,73	
Abr	113,60	103,23	2468,12	224,30	-121,07	50,65	
Mai	229,63	103,23	2468,12	453,39	-350,16	-299,51	
Jun	348,50	103,23	2468,12	688,11	-584,88	-884,39	
Jul	239,60	103,23	2468,12	473,09	-369,86	-1254,25	
Ago	128,20	103,23	2468,12	253,13	-149,90	-1404,15	
Set	35,40	103,23	2468,12	69,90	33,33	33,33	-1370,82
Out	23,40	103,23	2468,12	46,20	57,03	90,36	
Nov	17,48	103,23	2468,12	34,50	68,73	159,09	
Dez	33,15	103,23	2468,12	65,45	37,78	196,86	
Total	1338,525mm/ano	1238,76m³/ano		2642,91m³/ano			

4.4.7 Dimensionamento do reservatório inferior

Foi optado então pelo método da simulação, com um volume de 76m³. Esse método também é bastante usado, pois testa o volume de água no ano. O reservatório deverá ser de concreto com paredes de 0,20m e suas dimensões são apresentadas na Figura 10.

Figura 10 - Desenho esquemático do reservatório inferior



4.4.8 Sistema de recalque

Procurando garantir que o horário de operação da bomba sempre ocorra dentro do expediente de trabalho, escolheu-se 6h como o tempo diário de funcionamento do sistema. A vazão necessária deve atender a demanda diária de água não potável. Sabemos que a demanda

diária é de 3441L/dia. Logo, com uma breve operação deduzimos que a demanda horária média é de 0,5735m³/h, que equivale a $1,593 \times 10^{-4}$ m³/s. Inserindo os dados na equação abaixo, obtemos:

$$D_r = 0,586 \times 6^{1/4} \times \sqrt{1,593 \times 10^{-4}} = 0,012\text{m}$$

A partir disto, o diâmetro adotado será de 25mm e o diâmetro de sucção será 32mm, que é o imediatamente superior.

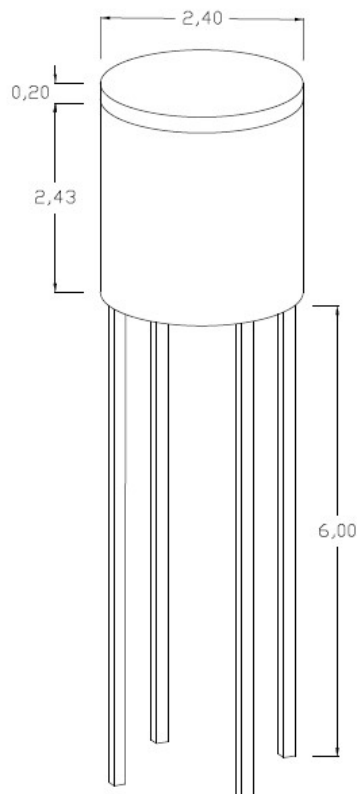
Para a escolha da bomba hidráulica foi utilizado a plataforma online da KSB, onde se inserem os valores de vazão, altura manométrica e geométrica. A altura manométrica verificada foi de 6,93m, que é diferença entre a altura do nível da água do reservatório superior (8,43m) e inferior (1,50m), pelo fato da bomba ser afogada. Já a altura geométrica é 9,93m, que é a soma destes mesmos valores. Com estes dados, a bomba escolhida foi a Etabloc – bomba centrífuga de baixa pressão.

4.4.9 Reservatório superior

A solução estrutural adotada para o reservatório superior foi a de um reservatório elevado, apoiado em 4 pilares de concreto armado. O que motivou tal escolha foi a ausência de informações quanto à capacidade de resistência da cobertura do edifício. Dessa forma, não é possível verificar se o peso adicional gerado por um reservatório apoiado na cobertura pode comprometer sua estabilidade estrutural. O nível d'água do reservatório superior está situado a uma altura de 8,43m acima do solo, possuindo uma lâmina d'água máxima de 2,23m de altura.

A capacidade de reservação adotada foi a equivalente a 2 dias de consumo, que é aproximadamente 6882L. Foi adotado, para efeitos construtivos, uma capacidade de 7m³, possuindo uma geometria cilíndrica, com diâmetro interno de 2m e altura de 2,23m. As paredes do reservatório deverão ter 0,20m. O desenho esquemático abaixo ilustra a Figura 11.

Figura 11 - Desenho esquemático do reservatório superior



4.5 Quantitativo de serviços e equipamentos

A seguir são apresentadas as tabelas com as quantidades de serviços e equipamentos.

QUANTITATIVO				
1.0	SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS			
1.1.1	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIÂMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF 06/2016	Extensão (m)	Total	Und
Extensão total das calhas				
	Calhas de 150 mm	322,88	322,88	m
	Calhas de 200 mm	61,33	61,33	m
TOTAL			384,21	m
1.1.2	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM (INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO, OU CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF 10/2015	Extensão (m)	Total	Und
Extensão total dos condutores verticais				
	Condutores de 100mm	28,00	28,00	m
TOTAL			28,00	m
1.1.3	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 150 MM (INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF 10/2015	Extensão (m)	Total	Und
Extensão total dos condutores verticais				
	Condutores de 150mm	3,00	3,00	m
Extensão total dos condutores horizontais				
	Condutores de 150mm	152,13	152,13	m
TOTAL			155,13	m

1.2.1	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 150 MM (INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF_10/2015	Extensão (m)	Total	Und
	Extensão dos dispositivos de desvio			
	Tubos de 150mm	81,76	81,76	m
		TOTAL	81,76	m
1.3.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS. AF_03/2016	Volume (m³)	Total	Und
	Volume total escavado			
	Reservatório inferior	105,34	105,34	m³
	Folga para execução	17,67	17,67	m³
		TOTAL	123,01	m³
1.3.2	LASTRO DE CONCRETO, PREPARO MECÂNICO, INCLUSOS ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, LANÇAMENTO E ADENSAMENTO	Volume (m³)	Total	Und
	Volume de concreto magro			
	Lastro do reservatório	2,77	2,77	m³
		TOTAL	2,77	m³
1.3.3	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_07/2016	Volume (m³)	Total	Und
	Volume de concreto estrutural			
	Reservatório inferior	32,32	32,32	m³
	Reservatório superior	4,89	4,89	m³
	Pilares	0,63	0,63	m³
	Fundação	0,15	0,15	m³
		TOTAL	37,99	m³
1.3.4	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_12/2015	Volume (m³)	Total	Und
	Volume total de concreto			
	Reservatório inferior	32,32	32,32	m³
	Reservatório superior	5,67	5,67	m³
		TOTAL	37,99	m³
1.3.5	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_12/2015	Área (m²)	Total	Und
	Área das formas			
	Reservatório inferior	116,60	116,60	m²
	Reservatório superior	24,34	24,34	m²
	Pilares	16,80	16,80	m²
	Fundação	2,56	2,56	m²
		TOTAL	160,30	m²
1.3.6	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 12,5 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015	Massa (kg)	Total	Und
	Massa total de aço			
	Reservatório inferior	2 262,68	2 262,68	kg
	Reservatório superior	396,76	396,76	kg
		TOTAL	2 659,44	kg
1.3.7	LEITO FILTRANTE - COLOCACAO DE AREIA NOS FILTROS	Volume (m³)	Total	Und
	Volume de areia			
	Volume de areia no filtro lento	0,42	0,42	m³
		TOTAL	0,42	m³

1.3.8	AREIA PARA LEITO FILTRANTE (0,42 A 1,68 MM) - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	Volume (m³)	Total	Und
	Volume de areia			
	Volume de areia no filtro lento	0,42	0,42	m³
		TOTAL	0,42	m³
1.4.1	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014	Extensão (m)	Total	Und
	Extensão da tubulação			
	Tubulação de sucção	1,25	1,25	m
		TOTAL	1,25	m
1.4.2	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014	Extensão (m)	Total	Und
	Extensão da tubulação			
	Tubulação de recalque	12,00	12,00	m
		TOTAL	12,00	m
1.4.3	BOMBA RECALQUE D'ÁGUA TRIFÁSICA 3,0 HP	unid	Total	unid
	Bomba hidráulica			
	KSB - Bomba centrífuga de baixa pressão Etabloc	1,00	1,00	-
		TOTAL	1,00	unid
1.5.1	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 25 MM (INSTALADO EM RAMAL, SUB-RAMAL, RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO OU PRUMADA), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF 10/2015	Extensão (m)	Total	Und
	Extensão da tubulação			
	Coluna de distribuição	72,77	72,77	m
	Ramais e subramais	8,60	8,60	m
		TOTAL	81,37	m

4.6 Estimativa de custos (Orçamento)

Um orçamento estimado do sistema é apresentado nas páginas seguintes. Nele, foram usados os valores atualizados do SINAPI. Após o cálculo do orçamento se fez uma estimativa do retorno do investimento, ou seja, quando os custos mensais com água não potável equivaleriam ao custo de implementação do sistema.

Os valores da tarifa de água da Compesa de 2017 para instituições públicas são mostrados na Tabela 38. A partir desses valores, pode-se calcular o custo mensal com água não potável, como é mostrado na

Tabela 38 - Estrutura tarifária de abastecimento de água para edifícios públicos

Volume	Valor (R\$)	Tipo de tarifa
Até 10m³/mês	57,13	fixa
Excedente	8,66	por m³

Fonte: Compesa (2017)

Tabela 39 - Custo mensal de água não potável

Consumo mensal de água não potável (m³)		
103,23		
Volume (m³)	10,00	93,23
Tipo de tarifa	fixa	por m³
Valor (R\$)	57,13	807,37
Total (R\$)	864,50	

Diante disso, dividindo-se o custo total do empreendimento pelo custo mensal de água não potável e pelo número de meses do ano, temos como resultado 11,38 anos.

PLANILHA DE ORÇAMENTO									
OBJETO		ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO EDIFÍCIO DA CPRM/RECIFE							
LOCAL	RECIFE-PE	BDI SERVIÇO		29,97%	ENCARGOS SOCIAIS:				
PRODUTO	ESTIMATIVA DE CUSTOS	BDI MATERIAL		17,24%	HORISTAS		89,93%		
		DATA:		10/12/2017	MENSALISTAS		50,22%		
ITEM	CÓDIGO SINAPI	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS E EQUIPAMENTOS			UN.	QUANT.	CUSTO	CUSTO COM BDI	PREÇO TOTAL
1.0		SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS							R\$ 118 054,98
1.1		CALHAS E CONDUTOS							
1.1.1	94230	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIÂMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF 06/2016			M	384,21	R\$ 63,39	R\$ 82,39	R\$ 31 655,06
1.1.2	91790	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM (INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO, OU CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF 10/2015			M	28,00	R\$ 37,53	R\$ 48,78	R\$ 1 365,84
1.1.3	91791	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 150 MM (INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF 10/2015			M	155,13	R\$ 45,16	R\$ 58,69	R\$ 9 104,58
1.2		DISPOSITIVOS DE DESVIO DAS PRIMEIRAS ÁGUAS							
1.2.1	91791	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 150 MM (INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF 10/2015			M	81,76	R\$ 45,16	R\$ 58,69	R\$ 4 798,49
1.3		FILTRO E RESERVATÓRIOS							
1.3.1	93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS. AF 03/2016			M3	123,01	R\$ 56,17	R\$ 73,00	R\$ 8 979,73
1.3.2	83534	LASTRO DE CONCRETO, PREPARO MECÂNICO, INCLUSOS ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, LANÇAMENTO E ADENSAMENTO			M3	2,77	R\$ 446,94	R\$ 580,89	R\$ 1 609,07
1.3.3	94966	CONCRETO FCK = 30MPa, TRAÇO 1:2,1:2,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF 07/2016			M3	37,99	R\$ 264,84	R\$ 344,21	R\$ 13 076,54
1.3.4	92873	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 12/2015			M3	37,99	R\$ 143,53	R\$ 186,55	R\$ 7 087,03
1.3.5	92415	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES COM ÁREA MÉDIA DAS SEÇÕES MAIOR QUE 0,25 M², PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF 12/2015			M2	160,30	R\$ 78,28	R\$ 101,74	R\$ 16 308,92
1.3.6	92795	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 12,5 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF 12/2015			KG	2 659,44	R\$ 5,26	R\$ 6,84	R\$ 18 190,57
1.3.7	73873/3	LEITO FILTRANTE - COLOCAÇÃO DE AREIA NOS FILTROS			M3	0,42	R\$ 66,21	R\$ 86,05	R\$ 36,14
1.3.8	11075	AREIA PARA LEITO FILTRANTE (0,42 A 1,68 MM) - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR			M3	0,42	R\$ 982,50	R\$ 1 276,96	R\$ 536,32

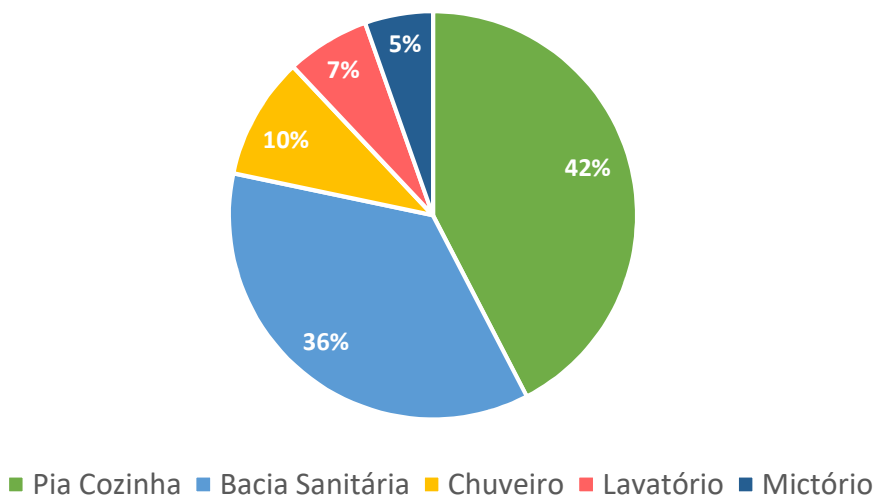
ITEM	CÓDIGO SINAPI	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS E EQUIPAMENTOS	UN.	QUANT.	CUSTO		CUSTO COM BDI		PREÇO TOTAL
1.4		SISTEMA DE BOMBEAMENTO							
1.4.1	89447	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014	M	1,25	R\$	7,20	R\$	9,36	R\$ 11,70
1.4.2	89446	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF 12/2014	M	12,00	R\$	3,56	R\$	4,63	R\$ 55,56
1.4.3	83645	BOMBA RECALQUE D'ÁGUA TRIFASICA 3,0 HP	UN	1,00	R\$	1 646,57	R\$	2 140,05	R\$ 2 140,05
1.5		INSTALAÇÕES PREDIAIS							
1.5.1	91785	(COMPOSIÇÃO REPRESENTATIVA) DO SERVIÇO DE INSTALAÇÃO DE TUBOS DE PVC, SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 25 MM (INSTALADO EM RAMAL, SUB-RAMAL, RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO OU PRUMADA), INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES, PARA PRÉDIOS. AF 10/2015	M	81,37	R\$	29,31	R\$	38,09	R\$ 3 099,38

5 CONCLUSÃO

Um dos objetivos do trabalho foi a caracterização do consumo de água na edificação. Após uma pesquisa com 63 funcionários, foi possível fazer uma estimativa do uso diário da água. Os usos são predominantemente para descargas, lavagem de louça, chuveiros e lavatórios. Vale salientar que esses percentuais não correspondem à quantidade de utilizações do aparelho no dia, pois eles variam tanto quanto for maior o volume de água gasta, por exemplo: poucos funcionários utilizam o chuveiro, mas como o volume de água gasto num banho é muito maior que na lavagem de mãos, esse percentual foi maior. A pia da cozinha, apesar de pouco utilizada pelos funcionários “de escritório” é muito usada pelos funcionários terceirizados, por isso teve um percentual elevado.

Ao final, verificou-se que o consumo total diário por funcionário foi de 47,57L/dia. Esse valor é próximo ao consumo per capita estimado pela SABESP (2012) para uso em escritórios, ou seja, para uma estimativa de abastecimento, o prédio pode ser considerado como escritório. O Gráfico 2 apresenta as porcentagens de uso diário de acordo com a pesquisa realizada na empresa. Essas porcentagens foram obtidas pelo método das frequências e seus valores são apresentados na Tabela 20.

Gráfico 2 - Porcentagens de consumo diário da água



Observando o Gráfico 2 é possível notar a pequena quantidade de águas servidas que poderiam ser reutilizadas na edificação. Neste caso somente o volume de água proveniente da lavagem de mãos (lavatórios) poderia ser reaproveitado. A produção de águas cinza nesse estudo foi muito pequena se comparada ao volume de chuva. São 40,75m³ por mês de águas

cinza geradas contra 354m³ de chuva, se usarmos a média mensal. Por esse motivo e pelo fato de a água cinza requerer um tratamento mais profundo, optou-se aqui por só aproveitar as águas pluviais.

O aproveitamento de água pluvial tem muito potencial na região, pois Recife é uma cidade com altos índices pluviométricos: chove mais de 2000mm por ano. Foi dimensionado todo um sistema para aproveitar esse volume e utilizá-lo em descargas de vasos sanitários e mictórios.

É importante frisar que mesmo com o aproveitamento de águas pluviais para alguns usos, as instalações do sistema tradicional não devem ser desativadas. Pois, caso não aconteça precipitação no período, a edificação deve continuar abastecida.

Para armazenar a água proveniente das chuvas, foram usados os métodos de dimensionamento de reservatório presentes na NBR 15527:2007. A seguir, na Tabela 40 tem-se um compilado dos volumes obtidos.

Tabela 40 - Resumo dos métodos de dimensionamento do reservatório inferior

Método	VcistAdot (m³)
Azevedo Netto	206,00
Método Prático Alemão	75,00
Método Prático Inglês	245,00
Método de Rippl	76,00
Método da Simulação	76,00
Método australiano	63,00
Método Monte Carlo	274,00

Pode-se observar que alguns métodos estimam o volume do reservatório baseados na demanda ou na produção de água da chuva. Sendo assim, tem-se uma grande desigualdade entre os métodos. Os que resultaram em maiores volumes foram o Azevedo Neto, o Monte Carlo e o prático inglês.

Dentre esses, o método de Monte Carlo é o mais conservador, por usar dados mais seguros em relação aos outros. Por exemplo, ele utiliza a precipitação com 75% de chance de ocorrência, diferentemente da média das precipitações, utilizada nos demais. Devido ao volume exigido de 274m³ este método teve implicações geométricas e econômicas que inviabilizariam a manutenção e execução da obra em estudo. Foi escolhido o método da simulação, e o reservatório inferior ficou com um volume de 76m³.

O custo total estimado da obra foi pouco mais de 118 mil reais. Esse valor foi estimado, mas pode dar uma noção da despesa esperada para obras desse tipo. Considerando que o consumo de água não potável permaneça constante, a estimativa é que o tempo de retorno seja aproximadamente 11 anos. É um tempo relativamente curto, dado o tempo de vida de edificações públicas no país. E, como ponto positivo, não foi levado em conta o aumento da conta de água ao longo dos anos nem o aumento no número de funcionários; isso pode acelerar o retorno do investimento.

Um resumo do sistema de aproveitamento das águas pluviais pode ser visto em planta baixa, no ANEXO D – Sistema de aproveitamento de água.

Para finalizar, encoraja-se a utilização desse sistema em larga escala no Recife, devido a seu potencial pluviométrico. Além de abastecer as edificações, a retenção de água da chuva na fonte minimiza os impactos das enchentes, frequentes na Região Metropolitana do Recife. Associado a isso, estimula-se a produção de estudos de qualidade das águas pluviais na cidade, pois com esse monitoramento pode-se analisar a necessidade ou não de tratamento; o que deixa essa tecnologia ainda mais acessível.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527:2007 - Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. 1ª Edição - Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT. **NBR 10844:1989 - Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ALVES, W. C.; et al. **Sistema de aproveitamento das águas pluviais para usos não potáveis**. Revista Técnica. Abril de 2008. Parte integrante da edição 133. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/133/artigo286496-6.aspx#>>. Acesso em: 24 de novembro de 2017.

ANA – Agência Nacional de Águas, FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. **Conservação e reúso de água em edificações**. Editora Gráfica, 152 p., São Paulo-SP, 2005.

BONI, S.S. N. **Gestão de água em edificações: formulação de diretrizes para o reúso de água para fins não potáveis**. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2009. 241 p.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde - FUNASA. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/pos-graduacao/funasa-manual-saneamento.pdf>>. Acesso em 18 nov. 2017.

CABRAL, J.; SANTOS, L. et GAMA, A. **Avaliação da Qualidade das Águas Pluviais Urbanas num bairro em Recife**. Journées Franco-brésiliennes en Hydrologie Urbaine, Paris, France. 2014. Disponível em: <hal-01075047>. Acesso em: 5 de dezembro de 2017.

CAMPOS, M. M.; AZEVEDO, F. R. **Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto**. Jornal Eletrônico. Ano V, maio de 2013. 1ª Edição – Minas Gerais: 2013. Disponível em: <http://portal.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523_155633.pdf>. Acesso em: 18 de nov. de 2017.

CAVALCANTE, G. **Implantação de sistemas de uso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em um residencial multifamiliar de pequeno porte**. 2017, 94p. Orientador: Leonardo Vieira Soares. Trabalho de conclusão de curso – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, 2017.

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. **Estrutura Tarifária**. Disponível em: <<https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAction.do>>. Acesso em: 7 de dezembro de 2017.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução CRH N° 04/2003**. Recife, 2003. 5 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Sobre a CPRM**. 2017. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2017.

DI BERNARDO, L. et al. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas.** 1999. 121p. Disponível em: <www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000058/0000586C.pdf>. Acesso em: 5 de dezembro de 2017.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente; SESI; Sistema FIEMG. **Aproveitamento de água pluvial.** 2015. Disponível em: <http://feam.br/images/stories/2016/PRODUCAO_SUSTENTAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/CARTILHA_AGUA_DA_CHUVA_INTRANET.pdf>. Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

FELISONI, R. **O resultado de minha análise recomendou Desinfecção com Cloro. O que eu faço?.** 2015. Disponível em: <<http://cohesp.com.br/resultado-de-minha-analise-recomendou-desinfeccao-cloro-eu-faco/>>. Acesso em: 6 de dezembro de 2017.

FONTANELA, L. **Avaliação de metodologias para dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água pluvial.** Trabalho de conclusão de curso – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2010. 68 p.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento.** 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p. ISBN: 85-7346-045-8

GONÇALVES, R. F. et al. **Uso Racional de Água e Energia: Conservação de Água e Energia em Sistemas Prediais e Públicos de Abastecimento de Água.** 1ª ed. - Rio de Janeiro: ABES, 2009;

KAMMERS, P. C.; GHISI, E. **Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC.** *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 75-90, jan./mar. 2006.

LEAL, U. **Ciclo da água na edificação.** Revista Técnica. Setembro de 2000. Parte integrante da edição 48. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/48/artigo285178-1.aspx#>>. Acesso em: 15 de novembro de 2017.

LIMA, J. C. A. L. de. **Avaliação do desempenho de dispositivo de desvio das primeiras águas de chuva utilizado em cisternas no semiárido pernambucano.** 2012. 100 folhas. Orientadora: Profª. Drª. Sávila Gavazza. Co-Orientadora: Profª. Drª. Sylvana Melo dos Santos. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

LONDE, L. **Eficiência da filtração lenta no tratamento de efluentes de leitões cultivados.** 2002. 91f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

LOPES, G. **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia (MG).** 2012. 190f. Dissertação (Mestrado). Programa de pós-graduação em engenharia civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

PINTO, E. F. L. **Gestão dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário da Região Metropolitana do Recife e suas relações com o meio ambiente.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Gestão Pública, 2006. 127 p.

PINTO, N. de O. **Sistema simplificado para melhoria da qualidade da água consumida nas comunidades rurais do semi-árido do Brasil**. 2006. 47p. - Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

PROENÇA, L. C. **Usos finais de água potável em edifícios de escritórios localizados em Florianópolis**. Relatório de Iniciação Científica - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007. 62 p.

RAMOS, A. M. **Influência das mudanças climáticas devido ao efeito estufa na drenagem urbana de uma grande cidade**. 2010. 160f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **Sistemas de Tratamento de Água**. Disponível em: http://www.saaeara.com.br/arquivos/outros/Tratamento_de_Agua.pdf. Acesso em: 04 de dezembro de 2016.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo/Departamento de acervo e Normalização Técnica. **Norma Técnica Sabesp – NTS 181**. São Paulo (SP), novembro de 2012, 22 p.

SANTANA, N. **Qualidade das águas de chuva em João Pessoa-PB: Estudo comparativo com padrões de qualidade para uso residencial**. 2012, 83p. Orientador: Gilson Barbosa Athayde Júnior. Dissertação (mestrado) – Programa de pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, 2012.

SILVA, I. D. A. **Dispositivos hidráulicos economizadores e aproveitamento de águas pluviais em escritórios comerciais: estudo de caso no escritório Recife da Baterias Moura**. 2016. 198f. Trabalho de conclusão de curso – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**. 29 de dezembro de 2009. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo15.pdf>. Acesso em: 19 de novembro de 2017;

TOMAZ, P. **Filtro de areia**. 17 de abril de 2009. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo57_filtro_areia.pdf>. Acesso em: 7 de dezembro de 2017;

VERDADE, J. H. O. **Aproveitamento de água das chuvas e reutilização de águas cinzentas**, Mestrado Integrado em Engenharia Civil, 2007/2008 – Portugal: Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2008.

ANEXO A – Pesquisa sobre consumo de água na CPRM-Recife

Pesquisa sobre consumo de água na CPRM-Recife

Essa pesquisa tem por objetivo estimar o consumo de água na CPRM (SUREG-RE) e seu resultado será utilizado no trabalho de Conclusão de Curso da estagiária Maria Eduarda Carvalho. A pesquisa é anônima e para fins científicos, ninguém será identificado. Serão apenas 9 PERGUNTAS DE MÚLTIPLA ESCOLHA o que leva aproximadamente 2min para ser respondido.

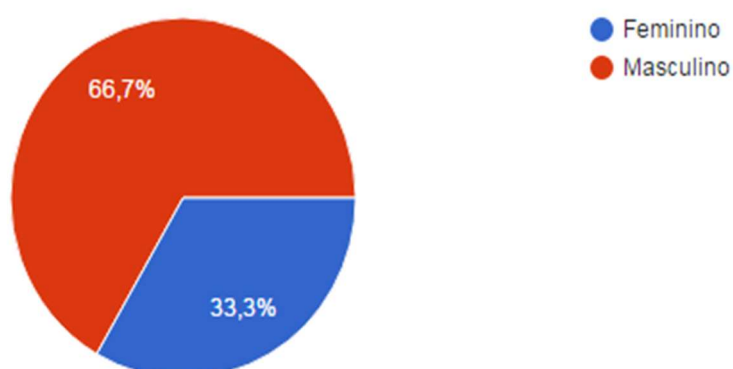
- 1) **Sexo :** a) Feminino
b) Masculino
- 2) **Carga Horária de trabalho diária:** a) 4h
b) 6h
c) 8h
- 3) **Você viaja a campo frequentemente? Se sim, aproximadamente quantos dias POR MÊS você passa FORA da SUREG ?**
a) Não
b) Sim, 5-10 dias
c) Sim, 11-20 dias
d) Sim, 21-30 dias
- 4) **Quantas vezes POR DIA na CPRM, você lava as mãos ?**
a) Não Utiliza
b) 1 ou 2 vezes
c) 3 ou 4 vezes
d) 5 ou 6 vezes
e) 7 ou mais vezes
- 5) **Quantas vezes POR DIA na CPRM, você escova os dentes?**
a) Não Utiliza
b) 1 vez
c) 2 vezes
d) 3 vezes
e) 4 vezes ou mais
- 6) **Quantas vezes POR DIA na CPRM, você dá descarga no MICTÓRIO?**
a) Não se aplica
b) Não Utiliza
c) 1 ou 2 vezes
d) 3 ou 4 vezes
e) 5 ou 6 vezes
f) 7 ou mais vezes
- 7) **Quantas vezes POR DIA na CPRM, você dá descarga no vaso sanitário?**
a) Não Utiliza
b) 1 ou 2 vezes
c) 3 ou 4 vezes
d) 5 ou 6 vezes
e) 7 ou mais vezes
- 8) **Quantas vezes POR DIA na CPRM, você lava a louça?**
a) Não Utiliza
b) 1 vez
c) 2 vezes
d) 3 vezes
e) 4 vezes ou mais
- 9) **Quantas vezes POR SEMANA na CPRM, você toma banho (chuveiro) ?**
a) Não Utiliza
b) 1 vez
c) 2 vezes
d) 3 vezes
e) 4 vezes ou mais

Observações (se houver):

ANEXO B – Resultados da pesquisa de consumo de água na CPRM-Recife

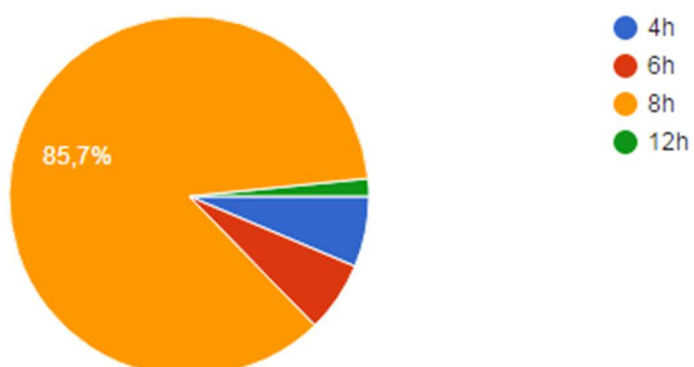
1) Sexo :

	Feminino	Masculino	Total
Nº de funcionários	21	42	63
Percentual (%)	33,3	66,7	100



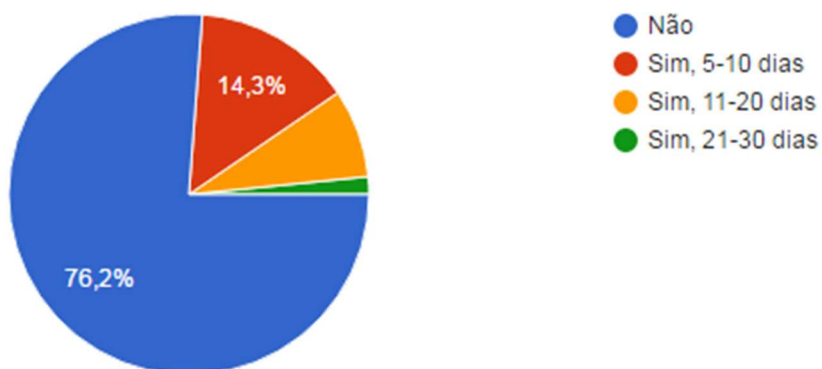
2) Carga Horária de trabalho diária:

	4h	6h	8h	12h
Nº de funcionários	4	4	54	1
Percentual (%)	6,35	6,35	85,71	1,59



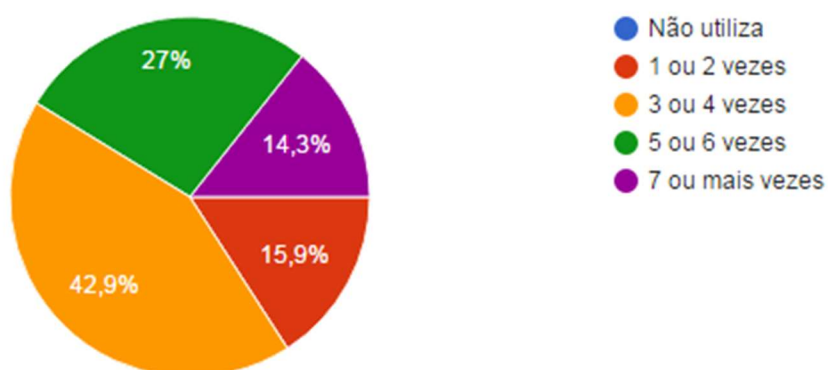
- 3) Você viaja a campo frequentemente? Se sim, aproximadamente quantos dias POR MÊS você passa FORA da SUREG ?

	Não	Sim, 5-10 dias	Sim, 11-20 dias	Sim, 21-30 dias
Nº de funcionários	48	9	5	1
Percentual (%)	76,2	14,3	7,9	1,6



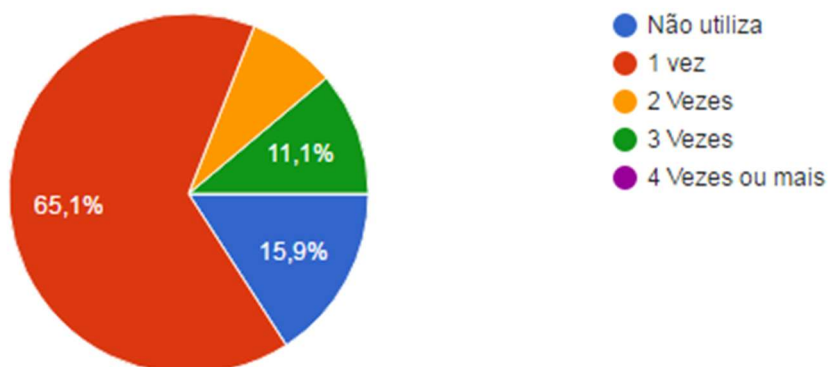
- 4) Quantas vezes POR DIA na CPRM, você lava as mãos?

	Não utiliza	1 ou 2 vezes	3 ou 4 vezes	5 ou 6 vezes	7 ou mais vezes
Nº de funcionários	0	10	27	17	9
Percentual (%)	0	15.9	42.9	27,0	14.3



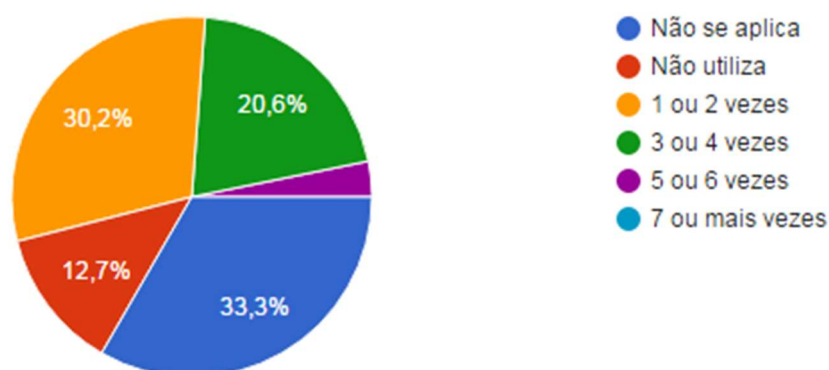
5) Quantas vezes POR DIA na CPRM, você escova os dentes?

	Não utiliza	1 vez	2 vezes	3 vezes	4 vezes ou mais
Nº de funcionários	10	41	5	7	0
Percentual (%)	15,9	65,1	7,9	11,1	0



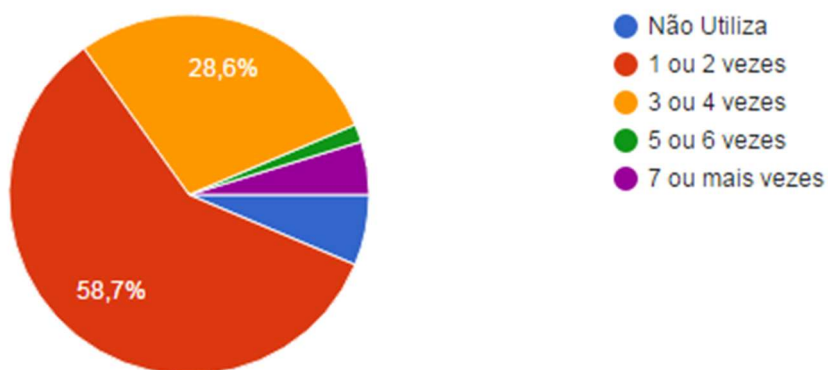
6) Quantas vezes POR DIA na CPRM, você dá descarga no Mictório?

	Não se aplica	Não utiliza	1 ou 2 vezes	3 ou 4 vezes	5 ou 6 vezes	7 ou mais vezes
Nº de funcionários	21	8	19	13	2	0
Percentual (%)	33,3	12,7	30,2	20,6	3,2	0



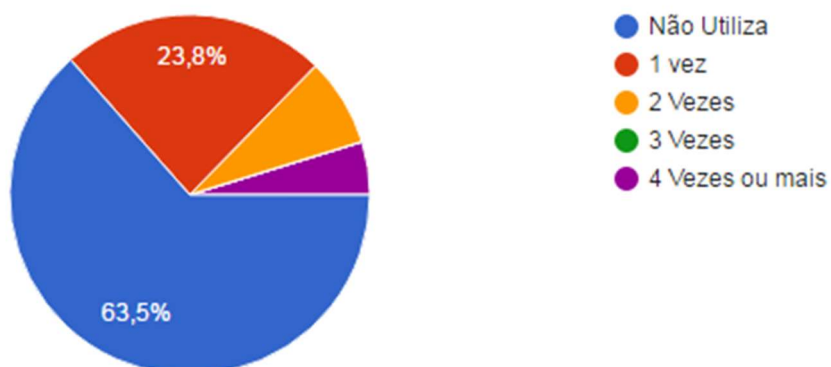
7) Quantas vezes POR DIA na CPRM, você dá descarga no vaso sanitário?

	Não utiliza	1 ou 2 vezes	3 ou 4 vezes	5 ou 6 vezes	7 ou mais vezes
Nº de funcionários	4	37	18	1	3
Percentual (%)	6,3	58,6	28,6	1,6	4,8



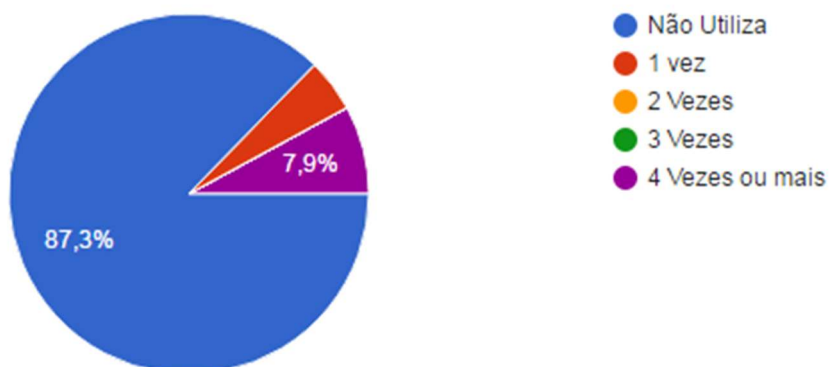
8) Quantas vezes POR DIA na CPRM, você lava louça?

	Não utiliza	1 vez	2 vezes	3 vezes	4 vezes ou mais
Nº de funcionários	40	15	5	0	3
Percentual (%)	63,5	23,8	7,9	0	4,8



9) Quantas vezes POR SEMANA na CPRM, você toma banho (Chuveiro)?

	Não utiliza	1 vez	2 vezes	3 vezes	4 vezes ou mais
Nº de funcionários	55	3	0	0	5
Percentual (%)	87,3	4,8	0	0	7,9



Observações (se houver):

Funcionário do Nana (Núcleo de Apoio de Natal)

A louça se restringe a 1 ou 2 xícaras.

Faltou perguntar: Quantas vezes por dia você encontrou a torneira semiaberta ou aberta?
Eu mesmo, quase todas às vezes me deparo com a torneira nesta situação. É uma questão de cultura.

3) Você viaja a campo frequentemente? Se sim, aproximadamente quantos dias POR MÊS você passa FORA da SUREG ? * Quando tem programação de campo.

Infelizmente, por muitas vezes, observo que as pessoas não fecham bem as torneiras dos banheiros.

As viagens a campo dependem do tipo de projeto. A utilização das instalações hidro-sanitárias dependem da necessidade. Não podemos estimar a quantidade de vezes (pré-estabelecer) a execução das atividades. Contudo a eficiência dos equipamentos propicia uma maior qualidade e utilização dos equipamentos. Problemas como vazamento nas torneiras, descargas ineficientes proporcionam um maior desperdício de água na unidade.

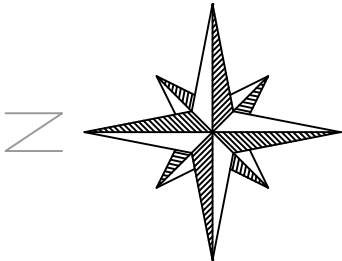
Precisamos de mais banheiros! Cadê o WC do bloco novo (C)?

ANEXO C - Planta baixa da edificação



ESCALA 1:500

ANEXO D - Sistema de aproveitamento de águas pluviais



LEGENDA

- Tubulações de água pluvial bruta
- Tubulações de água pluvial tratada
- Subramais
- Filtro lento de areia
- Bomba hidráulica
- Reservatório superior



Reservatório inferior



ESCALA 1:500