

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO CAMPUS MACAÉ  
ENGENHARIA CIVIL

TAÍS DE FARIA CAMPOS

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM *SHOPPING CENTER***

MACAÉ

2019

TAÍS DE FARIA CAMPOS

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM *SHOPPING CENTER***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - Campus Macaé, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. MSc. Beatriz Rohden Becker

MACAÉ

2019

ESTUDO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E  
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UM *SHOPPING CENTER*

TAÍS DE FARIA CAMPOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – CAMPUS MACAÉ, COMO REQUISITO PARCIAL PARA AQUISIÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Macaé, 17 de novembro 2019

Examinado por:

---

Prof<sup>a</sup>. Beatriz Rohden Becker  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Rafael Malheiro  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Eng.º Pedro Malizia  
Soul Malls

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Josiane e Rosalvo, por tudo o que fui, sou e ainda serei. Primeiros formadores da minha educação, serei eternamente grata por todos os esforços que nunca mediram para me dar amor, carinho e por serem tão dedicados à minha felicidade e à realização dos meus sonhos.

Ao meu irmão, Danilo, por ser meu grande exemplo de determinação e disciplina em busca pelos meus objetivos.

A Deus pelo privilégio de viver, com a missão de construir, edificar e transformar o mundo em um lugar no qual sonho viver.

Agradeço à minha orientadora Profa. Beatriz, pela dedicação, sabedoria e gentileza com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala, com quem compartilhei momentos emocionantes e fundamentais para meu crescimento intelectual e pessoal ao longo dos últimos anos.

A todos os docentes do curso de Engenharia da UFRJ, por dedicarem seu tempo a bela missão de nos ensinar o ofício de uma profissão tão nobre como a engenharia.

Registro também, o agradecimento ao meu namorado, à toda minha família e amigos, pois reconheço que sem a presença e apoio de vocês meu caminho até aqui seria árduo e, com toda certeza, eu não teria sido tão feliz em minha trajetória ao longo destes anos.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste sonho. Minha eterna gratidão.

*Education is the most powerful weapon  
which you can use to change the world.*

(Nelson Mandela)

## RESUMO

Um dos principais elementos vitais para todos os seres vivos, a água assume papel primordial no dia-a-dia da maioria dos seres humanos. Embora seja um recurso natural renovável, sua indisponibilidade por escassez ou contaminação pode comprometer o bem-estar e sobrevivência de toda população. Diante disso, cresce o interesse por fontes alternativas que suprimam o uso de água potável para usos não potáveis, com intuito de conservar a existência deste recurso nos mananciais. Neste contexto, os sistemas de captação de água de chuva apresentam-se como excelente alternativa para economia de consumo de água para fins não potáveis, além de ser um importante mecanismo de contenção de enchentes e alagamentos em áreas urbanas, visto que retira grande parte do volume de água de chuva que seria destinado ao sistema de drenagem urbana. Portanto, este trabalho visa analisar a viabilidade técnica e econômica para que seja executado um sistema de aproveitamento de água pluvial num *shopping center* localizado na cidade de Macaé, Rio de Janeiro. Para que estas questões sejam avaliadas, são realizados todos os cálculos necessários para o dimensionamento da rede de captação, armazenamento e disponibilização da água de chuva coletada na cobertura da edificação. Deste modo, avalia-se a possibilidade técnica de ser implantando o sistema de aproveitamento de água de chuva, diante do investimento necessário para que a atual estrutura do empreendimento seja adaptada para tal finalidade, considerando as atuais despesas com o consumo de água e as economias proporcionadas pela substituição da água potável pela água de chuva em atividades de consumo não potável. Desta forma, avalia-se que a execução do sistema, conforme dimensionado, mostra-se viável de modo que o investimento a ser realizado pelo empreendedor proporcione benefícios econômicos a longo prazo e benefícios socioambientais imediatos, diante da economia de água potável a ser realizada.

**Palavras-chave:** Água de Chuva, Sistema de Captação, Dimensionamento, Viabilidade.

## **ABSTRACT**

Water is one of the main vital elements for all living beings, playing a major role in the daily lives of most humans. Although it is a renewable natural resource, its unavailability for scarcity or contamination can compromise the well-being and survival of the entire population. Thus, there is growing interest in alternative sources that suppress the use of potable water for non-potable uses, with the intention of conserving the existence of this resource in the springs. In this context, rainwater catchment systems are an excellent alternative for saving non-potable water consumption, as well as being an important mechanism for flood and flood containment in urban areas, since it removes much of the rainwater volume that would be driven to urban drainage system. Therefore, this paper aims to analyze the technical and economic feasibility of running a rainwater harvesting system in a shopping mall located in the city of Macaé, Rio de Janeiro. In order to evaluate these questions, all necessary calculations were performed for dimensioning the capturing, storage and availability of rainwater collected on the building's roof. Thus, the technical possibility of implementing the rainwater harvesting system is evaluated, considering the necessary investment to adapt the current structure of the project, considering recent expenses with water consumption and the savings provided by the substitution of drinking water for rainwater in non-drinking activities. Thus, the implementation of the system was analyzed, as dimensioned, proving to be viable so that the investment to be made provides long-term economic benefits and immediate social and environmental benefits, in view of the drinking water savings to be realized.

**Keywords:** Rainwater, Harvesting System, Dimensioning, Viability.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3. ESTRUTURA DO TRABALHO</b> .....	<b>13</b>
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
4.1 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL .....	13
4.2 ASPECTOS LEGAIS DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	15
4.3 ASPECTOS TÉCNICOS DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS .....	18
4.4 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM SHOPPING CENTERS.....	26
<b>5. METODOLOGIA</b> .....	<b>13</b>
5.1 LOCAL DE ESTUDO.....	13
5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS .....	14
5.3 ELEMENTOS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	22
5.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA.....	42
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>13</b>
6.1 CHUVAS INTENSAS.....	13
6.2 VAZÃO DE PROJETO .....	13
6.3 CALHAS.....	13
6.3 CONDUTORES.....	14
6.4 RESERVATÓRIO DE AUTOLIMPEZA.....	15
6.5 RESERVATÓRIO PRINCIPAL .....	16
6.6 SISTEMA DE RECALQUE .....	28
6.7 REDE HIDRÁULICA DE DISTRIBUIÇÃO .....	30
6.8 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA.....	31
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	<b>37</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>39</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Consumo médio de água (litros/habitante.dia) nos estados brasileiros para os anos de 2016, 2017 e a média dos três últimos anos (média brasileira em vermelho).....	15
<b>Figura 2</b> – Representações de (a) calha quadrada ou retangular, (b) calha em V, (c) calha em U e semicircular.....	22
<b>Figura 3</b> – Representações de calhas de beiral, platibanda e água furtada, respectivamente.....	23
<b>Figura 4</b> – Sistema de grade instalada sobre calha.....	24
<b>Figura 5</b> – Sistema de armazenamento de água de chuva com reservatório de autolimpeza.....	25
<b>Figura 6</b> - Divisão das categorias de consumo de água, a partir do fornecimento realizado pela concessionária de água.....	15
<b>Figura 7</b> - Divisão do consumo de água por categorias do <i>shopping center</i> objeto deste trabalho.....	16
<b>Figura 8</b> - Relação entre os consumos comuns, específicos e CAG entre janeiro de 2018 até maio de 2019.....	17
<b>Figura 9</b> - Estação Pluviométrica Macaé-A608, em Macaé/RJ, a 1,7 km do local de estudo.....	18
<b>Figura 10</b> - Índices Pluviométricos de Macaé do ano de 2007.....	19
<b>Figura 11</b> - Índices Pluviométricos de Macaé do ano de 2018.....	20
<b>Figura 12</b> – Representação da área total de cobertura do <i>shopping</i> disponível para captação de água de chuva.....	23
<b>Figura 13</b> – Foto aérea da cobertura do <i>shopping center</i> .....	24
<b>Figura 14</b> – Telhado, calhas e condutores instalados na cobertura do <i>shopping center</i> .....	25
<b>Figura 15</b> – Calhas de aço galvanizado e condutores de PVC do <i>shopping center</i> .....	25
<b>Figura 16</b> – Demarcação das áreas de captação adotadas para o projeto.....	26
<b>Figura 17</b> – Condutores horizontais atualmente instalados no empreendimento.....	29
<b>Figura 18</b> – Localização do lava a jato (em vermelho) e do ponto no qual as equipes de limpeza e jardinagem retiram água (em verde).....	30
<b>Figura 19</b> – Exemplo de gráfico representativo do Método de Rippl.....	32
<b>Figura 20</b> – Demonstração das alturas de sucção ( $H_s$ ), recalque ( $H_r$ ) e geométrica ( $H_G$ ).....	37
<b>Figura 21</b> – Perda de carga em conexões - comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre), segundo a NBR 5626/1998.....	38
<b>Figura 22</b> – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização, segundo a NBR 5626/1998.....	41
<b>Figura 23</b> – Representação dos condutores horizontais e reservatórios por cor: azul, condutores horizontais já existentes; vermelho, as tubulações retiradas; verde, novos trechos necessários ao abastecimento dos reservatórios; amarelo, os reservatórios de autolimpeza e reservatórios principais.....	15
<b>Figura 24</b> – Representação gráfica do dimensionamento do Reservatório 1 pelo Método de Rippl.....	21

<b>Figura 25</b> – Representação gráfica do dimensionamento do Reservatório 2 pelo Método de Rippl .....	21
<b>Figura 26</b> – Reservatório cilíndrico tubular .....	27
<b>Figura 27</b> – Esquematização do sistema de recalque a ser empregado .....	29

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Consumo de água ao longo dos últimos anos no <i>shopping center</i> da cidade de Macaé/RJ .....	17
<b>Tabela 2</b> - Precipitações médias mensais de 2014 a 2018, obtidas na Estação A608 - Macaé .....	20
<b>Tabela 3</b> – Total pluviométrico anual em Macaé/RJ entre 2014 e 2018, a partir de dados da Estação A608 - Macaé .....	21
<b>Tabela 4</b> - Áreas de Captação por setor do <i>shopping center</i> .....	24
<b>Tabela 5</b> - Coeficientes de Rugosidade dos Materiais.....	27
<b>Tabela 6</b> – Diâmetros nominais das tubulações de acordo com a vazão desejada..	41
<b>Tabela 7</b> – Dimensionamento do Reservatório 1 pelo Método de Rippl .....	17
<b>Tabela 8</b> – Dimensionamento do Reservatório 2 pelo Método de Rippl .....	18
<b>Tabela 9</b> – Coeficiente de escoamento superficial.....	20
<b>Tabela 10</b> – Dimensionamento do Reservatório 1 pelo Método da Simulação.....	22
<b>Tabela 11</b> – Dimensionamento do Reservatório 2 pelo Método da Simulação.....	23
<b>Tabela 12</b> – Dimensionamento do Reservatório 1 pelo Método Prático Australiano	25
<b>Tabela 13</b> – Dimensionamento do Reservatório 2 pelo Método Prático Australiano	26
<b>Tabela 14</b> – Dimensionamentos do Reservatório 1 .....	26
<b>Tabela 15</b> – Dimensionamentos do Reservatório 2 .....	27
<b>Tabela 16</b> – Listagem e precificação de materiais necessários para a execução do sistema.....	32
<b>Tabela 17</b> – Despesas e economias mês a mês para análise de <i>Payback</i> .....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Art.	Artigo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Abrasce	Associação Brasileira de <i>Shopping centers</i>
ANA	Agência Nacional de Águas
CAG	Central de Água Gelada
Fecomercio SP	Federação de Comércio de Bens, Serviços e Turismo do Estado de São Paulo
Firjan	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PVC	Policloreto de Vinila
SNIS	Sistema Nacional de Informações de Saneamento
TAE	Revista TAE Especializada em Tratamento de Água & Efluentes
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido

## 1. INTRODUÇÃO

O intenso crescimento populacional e econômico mundial traduz-se nas expressivas taxas de urbanização observadas ao longo dos últimos anos. Segundo a ONU (2019), 55% da população mundial vive atualmente em áreas urbanas e a expectativa é de que esta proporção aumente para 70% até 2050. Neste cenário, recai sobre as cidades a responsabilidade de assumir papéis ativos que contribuam com a disponibilidade de recursos vitais a toda população.

Em contrapartida ao crescimento populacional urbano, a escassez de recursos ambientais alerta a respeito da importância do desenvolvimento sustentável. Em particular, no que diz respeito à gestão de recursos hídricos, cresce o interesse acerca da importância do uso sustentável e inteligente da água, considerando que somente 2,5% de toda a água disponível no mundo é doce e, desse montante, 30% representam as águas subterrâneas, 1% corresponde aos recursos presentes em mananciais superficiais e o restante (69%) está concentrado em geleiras (ANA, 2019). O Brasil é um dos países com maior disponibilidade hídrica no mundo, porém estes recursos estão distribuídos de forma desigual tanto espacial quanto temporalmente (ANA, 2017). Embora no Brasil contemos com cerca de 12% da água doce disponível no mundo, é previsto ainda para o século XXI que em torno de 1/3 da população sofra com a falta de água (TOMAZ, 2011). Isso representa que um dos maiores desafios em relação aos recursos hídricos está em relação a sua gestão, para que seja feita de forma adequada.

Um dos aspectos importantes em relação à gestão dos recursos hídricos foi a Lei nº 9433, instituída em 1997 (conhecida como Lei das Águas), e que definiu, dentre outros, a outorga e a cobrança como instrumentos de gestão (BRASIL, 1997). A partir dessa lei e de outras também consideradas relevantes para que o desenvolvimento sustentável se torne realidade, o cenário ambiental brasileiro vem se modificando nos últimos anos e incentivando ideias inovadoras. Os setores industriais e comerciais, por exemplo, vêm buscando métodos de produção eficientes e que convergem em processos mais sustentáveis (FIRJAN, 2015). Um exemplo disso é o reúso da água ou o aproveitamento da água de chuva nos processos industriais.

Atualmente no Brasil ainda são poucos os municípios em que o aproveitamento de água de chuva está presente na gestão de recursos hídricos, menosprezando o potencial de redução do consumo de água potável para atividades cuja finalidade não

contempla o consumo humano, seja este consuntivo ou não. Esta má gestão dos recursos implica em redução da capacidade de abastecimento de inúmeras residências, estabelecimentos públicos e privados por possíveis esgotamentos de mananciais em decorrência do sub aproveitamento do potencial de abastecimento das águas pluviais. O poder público tem papel importante no incentivo ao aproveitamento de água de chuva, através de leis e resoluções, implementando a prática desta medida sustentável de gestão de recursos hídricos em suas ações, com o uso das águas pluviais em regas de jardins públicos e na implantação de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva em novos edifícios públicos, por exemplo.

Já com relação às construções da iniciativa privada, a motivação para implantação de um sistema de captação de água de chuva para posterior aproveitamento não é diferente, visto que cabe ao proprietário desprender recursos para implementação do sistema. Porém, em algumas cidades do país, já é possível encontrar legislações que exigem que novas construções privadas considerem um sistema de aproveitamento de água pluvial como item obrigatório de projeto e execução, sejam elas residenciais ou comerciais. Por parte dos empreendimentos comerciais, o aproveitamento de água de chuva vai além do viés ambiental, pois além de reduzir o consumo de água potável para fins menos nobres, poupando recursos hídricos, por exemplo, poderá haver também redução considerável das despesas com o consumo de água, possibilitando maior margem de lucro ao empreendedor.

Neste contexto, este trabalho irá abordar o aproveitamento de águas pluviais em edificações comerciais de grande porte, cuja estrutura favoreça a execução de projetos de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva para consumo em fins não potáveis. Tal medida aplicada a empreendimentos comerciais de grande porte representa uma alternativa sustentável ao elevado consumo diário de água potável destinada a fins não potáveis, além de assegurar a disponibilidade de água diante a escassez de recursos. Quanto ao caráter econômico, a estratégia visa também a redução de custos a longo prazo em análise comparativa ao investimento inicial necessário.

O presente estudo analisa a possibilidade de investimento em um projeto de captação de água de chuva para aproveitamento nas dependências de um shopping na cidade de Macaé/RJ, situado em localidade com alta demanda de recursos hídricos, porém disponibilidade muitas vezes insuficiente para atender a toda população da região.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Projetar um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis em um *shopping center* na cidade de Macaé/RJ, analisando sua viabilidade econômica e o período de retorno financeiro (*payback*) do sistema.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Levantar a demanda de água não potável do *shopping center*;
- Analisar a melhor disposição do sistema de captação para o máximo aproveitamento dos recursos existentes na edificação;
- Dimensionar o sistema de coleta e armazenamento da água de chuva a partir de dados de chuva da região e da área de captação;
- Identificar vantagens e variáveis que representem maiores desafios para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, comparando benefícios econômicos e ecológicos, mediante os investimentos financeiros necessários;
- Avaliar criticamente a viabilidade de execução do projeto, ponderando a demanda diária de água para fins não potáveis no *shopping*.

### 3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se subdividido em 8 capítulos, nos quais são abordados temas que envolvem a disponibilidade de recursos hídricos e o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, num estudo de caso em um *shopping center* na cidade de Macaé/RJ.

No capítulo 1, é feita a introdução ao tema contextualizando os objetivos que levam a construção deste trabalho. Tais objetivos são claramente pontuados no capítulo 2.

O capítulo 3 apresenta a estruturação deste trabalho e a subdivisão presente entre os demais capítulos que compõem o estudo.

Já o capítulo 4, reúne argumentos teóricos que fundamentam o aproveitamento de águas pluviais mediante o cenário de disponibilidade de recursos hídricos no Brasil e a distribuição de consumo de água potável em estabelecimentos comerciais de grande porte. São abordadas leis que incentivam o aproveitamento de águas pluviais no território brasileiro e como este cenário se desdobra no meio de empreendimentos comerciais como shoppings centers.

O desenvolvimento da metodologia deste trabalho é apresentado no capítulo 5, no qual são levantados dados de chuvas, consumo de água e condições físicas do empreendimento, contextualizados ao local de estudo. Previamente, são também apresentados os principais elementos que compõem o projeto do sistema de captação, condução, armazenamento e aproveitamento de água de chuva, levando em consideração as recomendações das normas técnicas para dimensionamentos de reservatórios, calhas, condutores, bombas e demais elementos do sistema.

O capítulo 6 traz os resultados dos levantamentos e cálculos dos dimensionamentos necessários ao projeto. Além disso, são elaborados os orçamentos para executar o projeto, desde os custos com materiais necessários, mão de obra, até investimentos para modificar as infraestruturas existentes que precisam ser adequadas ao projeto, até que, por fim, seja analisada a viabilidade financeira de investimento no projeto.

Por fim, o capítulo 7 conclui este trabalho e analisa os resultados de viabilidade econômica para implementar o sistema de reaproveitamento de água de chuva no local de estudo.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

Serão apresentados a seguir argumentos teóricos e informações relevantes que fundamentam o uso de água pluvial para fins não potáveis, considerando os objetivos gerais e específicos destacados anteriormente.

### 4.1 RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), no ano de 2016, dentre toda a água que percorre o território brasileiro durante o seu ciclo, estima-se que cerca de 12,9 trilhões de m<sup>3</sup> foram provenientes da precipitação, enquanto que no mesmo ano, 2,6 trilhões de m<sup>3</sup> entraram por rios que nascem em países vizinhos (ANA, 2018), como é o caso do rio Amazonas, por exemplo, cuja nascente está localizada no Peru.

Uma parte de toda a água que entra no ciclo retorna em forma de vapor pela evapotranspiração, processo biológico fundamental dos vegetais que, em 2016, correspondeu a 10,2 trilhões de m<sup>3</sup>. A partir deste balanço do ciclo, um volume de 290 bilhões de m<sup>3</sup> segue para os reservatórios para o consumo no abastecimento dos meios urbano e rural (ANA, 2017).

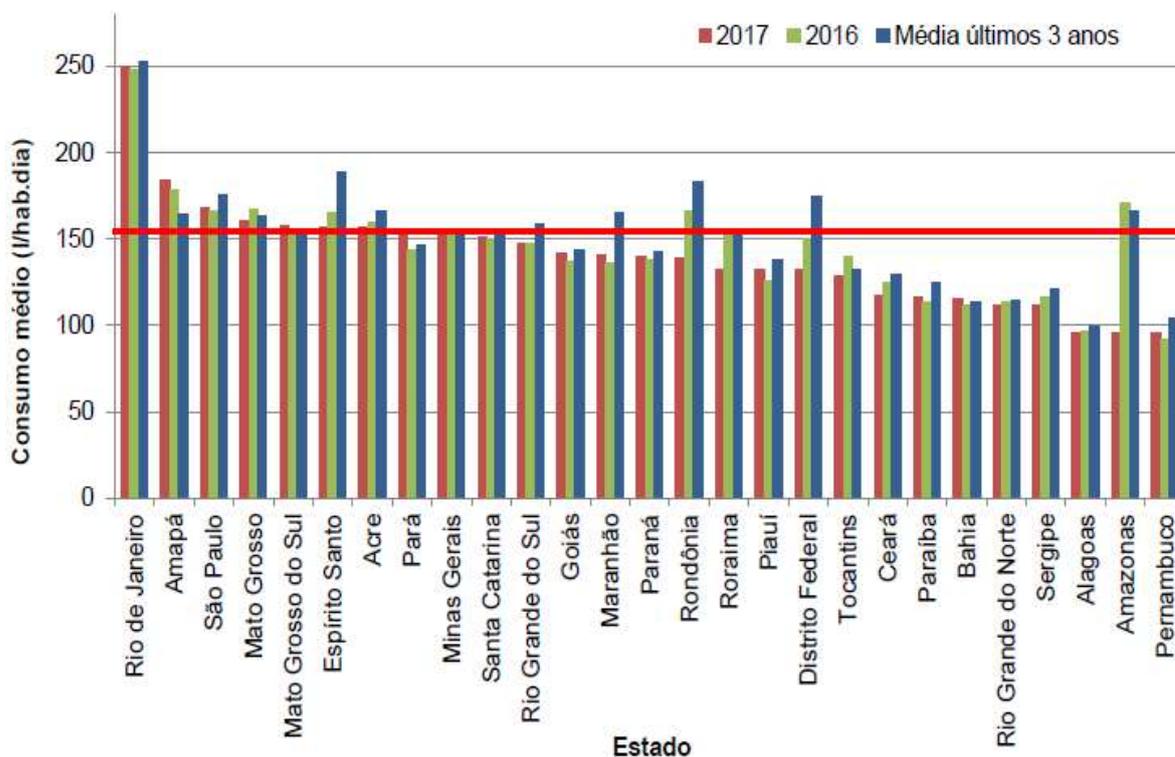
A água pode ser consumida para diversos fins como abastecimento humano, irrigação, pesca, navegação, geração de energia ou nos processos industriais. Independente de qual for o uso, estão atreladas a estas finalidades condições específicas como a qualidade ou quantidade necessária para que atenda às demandas de utilização. Para o consumo humano são exigidos padrões de qualidade mais rígidos do que para atividades de navegação, por exemplo. Quanto ao volume de água consumida, dados da ANA apontam que, para o abastecimento humano em zonas rurais, são retirados de mananciais como rios ou fontes subterrâneas (poços artesianos, por exemplo) cerca de 35 m<sup>3</sup> de água por segundo, enquanto em zonas urbanas a taxa é de aproximadamente 496 m<sup>3</sup>/s, superando os dados de zonas rurais em 1335% (ANA, 2018).

Considerando meios urbanos, Yamagata *et al.* (2002 apud TOMAZ, 2011) cita que o consumo de água não potável em um edifício residencial corresponde a cerca de 30% do volume total de água consumida. De acordo com Tomaz (2011), pesquisas realizadas no Japão mostraram que com o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em edifícios urbanos, foi possível reduzir em 30% o consumo de água potável.

O ponto principal que motiva este trabalho é a grande parte do volume de água potável que é destinada para abastecimento humano com finalidades de consumo não potáveis, ou seja, a água é captada, tratada e abastecida, possuindo elevada importância e valor econômico atribuído, e não necessariamente está sendo utilizada para ingestão humana, ou para atividades rotineiras que requerem água potável como cozinhar, lavar as mãos, tomar banho, etc. A norma técnica ABNT 15.527/2007 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis (ABNT, 2007) define que água não potável é aquela que não atende à Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, a qual define os parâmetros de controle da qualidade da água para consumo humano. A antiga Portaria MS nº 518 (BRASIL, 2004) foi atualizada e atualmente chama-se Portaria de Consolidação nº5/2017 - Anexo XX (BRASIL, 2017).

Deve-se ter sempre em mente que a água é um recurso limitado e que o consumo displicente e mal empregado da mesma prejudica de maneira muito grave sua disponibilidade como recurso para toda a humanidade e às gerações futuras.

No último Diagnóstico dos Serviços de Águas e Esgotos, o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) aponta que no Sudeste, por exemplo, o consumo diário médio de um indivíduo são 180,3 litros por habitante ao dia, 17,38% superior à média nacional, que corresponde ao consumo de 153,6 litros por habitante diariamente (SNIS, 2017). Dentre os quatro estados compreendidos na macrorregião Sudeste, o Rio de Janeiro foi o maior consumidor apontado na pesquisa realizada a respeito do padrão de consumo dos habitantes no ano de 2017, com volume de 249,7 litros por habitante por dia, ornando-se o estado com o maior consumo de água por habitante no Brasil (**Figura 1**). Este valor corresponde a um aumento de 0,6% em relação à média do ano de 2016 e está 48,81% acima do consumo do estado de São Paulo, o segundo maior consumidor do Sudeste.



**Figura 1** - Consumo médio de água (litros/habitante.dia) nos estados brasileiros para os anos de 2016, 2017 e a média dos três últimos anos (média brasileira em vermelho).

Fonte: SNIS, 2017

## 4.2 ASPECTOS LEGAIS DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

As possibilidades de reutilização de águas tratadas e do uso de águas pluviais são diversas, visto que crescem no decorrer dos últimos anos os incentivos para adoção de sistemas de captação de águas de chuva em novas construções, enquanto paralelamente são desenvolvidas novas tecnologias que possibilitam o tratamento eficaz da água para garantia de seu reuso em fins não potáveis, como em descargas de vasos sanitários e mictórios, limpezas externas de áreas de passeio, fachadas, limpeza de pisos e demais áreas, irrigação de paisagismo interno e externo e uso em torres de resfriamento<sup>1</sup>, como é o caso de diversos empreendimentos comerciais de

<sup>1</sup>O sistema de refrigeração comumente utilizado em shoppings consiste numa Central de Água Gelada (CAG), na qual grandes centrífugas (chillers) atuam com um gás refrigerante sobre a água, mantendo esta gelada a uma temperatura em torno de 7°C. Esta água percorre uma linha de equipamentos de ar condicionado (fancoils), nos quais a água gelada entra em contato direto com o ar, trocando o calor e refrigerando o ar ambiente. Neste processo, retorna à CAG água condensada a cerca de 32°C. Esta água condensada precisa ser resfriada para retornar ao sistema e tal processo é realizado nas Torres de Resfriamento.

grande porte que utilizam de sistemas de refrigeração a base de fluxo de água gelada em máquinas de trocas de calor.

O primeiro instrumento federal que tratava dos recursos hídricos foi Decreto nº 24.643/1937, conhecido como Código das Águas, que define em seus artigos o conceito de águas pluviais e seus possíveis usos, de acordo com o local onde as mesmas caem, além de impor direitos e deveres aos que dela usufruem, conforme seguinte:

*"Art. 103. As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário. Parágrafo único. Ao dono do prédio, porém, não é permitido:*

*1º, desperdiçar essas águas em prejuízo dos outros prédios que delas se possam aproveitar, sob pena de indenização aos proprietários dos mesmos;*

*2º, desviar essas águas de seu curso natural para lhes dar outro, sem consentimento expresso dos donos dos prédios que irão recebê-las."*

Quanto ao aproveitamento de águas de chuva, o Diário Oficial da União publicou a Lei nº 13.501/2017, acrescentando no texto da Lei nº 9.433/1997, conhecida por Lei das Águas, incentivos cujos objetivos são promover a captação, preservação e aproveitamento de águas pluviais, para que gerações atuais e futuras desfrutem da disponibilidade de água em padrões de qualidade e quantidade compatíveis aos usos necessários.

Embora em âmbito federal ainda não existam legislações que regulamentem as condições para aproveitamento de águas de chuva, em alguns estados estão sendo avaliados Projetos de Lei com o intuito de instituir mecanismos de incentivo à captação, armazenamento e utilização de águas pluviais, como é o caso dos estados de Goiás (Lei nº 16.209/2008) e Rio de Janeiro (Lei nº 411/2007).

O município de Rio das Ostras/RJ, localizado próximo ao local deste estudo, instituiu através da Lei nº 1.402/2019, o Programa de Captação e Reuso de Águas Pluviais, determinando que edificações públicas e privadas de quaisquer natureza construídas a partir de então devem considerar a execução de sistemas de captação de águas pluviais e cisternas para armazenamento e posterior aproveitamento de

água de chuva para fins não potáveis, como uso em descargas, irrigação, limpezas de veículos, abastecimento de piscinas, entre outros. Além de reduzir o consumo de água potável da rede pública, esta iniciativa tem também como objetivo ajudar a conter possíveis inundações e enchentes, muitas vezes recorrentes na região.

Quanto à Macaé, cidade na qual está localizado o empreendimento alvo deste estudo, são poucos os registros legais que fomentam o aproveitamento de água pluvial por empreendimentos comerciais ou industriais. Segundo registros da Câmara Municipal de Macaé, por intermédio da Indicação nº 471/2016, vereadores solicitaram a elaboração de projetos para aproveitamento de águas pluviais nas escolas municipais, com o principal objetivo de redução do consumo de água potável e, conseqüentemente, redução de despesas com contas de água. Mediante o Projeto de Lei nº 22/2016, a Câmara Municipal torna obrigatório o uso de água de reuso no município e, determina que:

*"Art. 4. Caso o imóvel faça captação e estocagem de água de chuva, os reservatórios, tubulações e pontos de conexão de mangueira por válvulas ou torneiras deverão estar identificados na forma estabelecida em normatização aplicável, de modo a prevenir o consumo inadvertido para dessedentação e higiene pessoal ou qualquer outro uso potável. Tais requisitos são aplicáveis na mesma forma aos veículos de transporte, tancagem e dutos de água de reuso adquirida da concessionária de saneamento."*

Em relação aos empreendimentos comerciais de grande porte, objeto deste estudo, não há legislação específica no Brasil que regulamenta ou incentiva a utilização de águas pluviais, incluindo neste cenário o caso específico de *shoppings centers*. Estas leis e projetos de leis estão vinculados, em sua grande maioria, a edifícios do poder público, empreendimentos privados de atividades industriais ou até mesmo edificações residenciais.

### **4.3 ASPECTOS TÉCNICOS DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS**

Com o objetivo de padronizar e convencionar as mais diversas atividades humanas, a normalização é um instrumento de orientação que deve sempre ser considerado na elaboração de projetos técnicos de construção civil. Para o projeto alvo deste estudo, torna-se necessário que sejam consultadas duas das principais normas existentes para sistemas de aproveitamento de água pluvial.

A ABNT NBR 10.844/1989 estabelece os critérios que precisam ser considerados para a elaboração de projetos de instalação de sistemas drenagem de água pluvial. No caso específico de edificações, suas recomendações devem ser seguidas para que elementos presentes em sistemas de drenagem de coberturas, como calhas e condutores, sejam corretamente dimensionados. Para tal, esta norma técnica leva em consideração fatores meteorológicos, a área de contribuição da cobertura do empreendimento em questão e a vazão que a água percorrerá no sistema alvo do projeto.

Já a ABNT NBR 15.527/2007 trata especificamente das regulamentações necessárias para que a partir do sistema de drenagem de chuva, sejam dimensionados elementos que possibilitem o aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis. A norma estabelece que para a concepção do projeto o sistema já deverá atender previamente à ABNT NBR 10.844/1989 e que deverá ser definida a demanda atribuída ao volume de chuva captada. Para que o objetivo de projeção do sistema de aproveitamento seja atingido, são pontuadas recomendações a respeito das instalações prediais, sistema de bombeamento e dos reservatórios de armazenamento, sendo que para estes últimos, são descritos seis diferentes métodos de cálculos para que seja realizado o dimensionamento do reservatório. São estes:

- **Método de Rippl:** Um dos métodos mais comumente usados em dimensionamentos de reservatórios de armazenamento para aproveitamento de água de chuva, devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação, o Método de Rippl dimensiona o reservatório através de um método gráfico, apresentando como resultado o seu volume extremo em locais onde há grande variação nas precipitações médias mensais (TOMAZ, 2011).
- **Método da Simulação:** De acordo com seus estudos, Rangel (2016) identifica que o método da simulação é o melhor método para avaliação de reservatórios,

pois mostra a quantidade de água que irá faltar ao seu sistema e a quantidade de água que sobrar, de acordo com o volume do reservatório escolhido. Para que o Método da Simulação seja utilizado, é necessário considerar duas hipóteses: de que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo e que os dados históricos são representativos para condições futuras (TOMAZ, 2011).

- **Método Azevedo Neto:** Também conhecido como Método Prático Brasileiro (LIMA *et al.*, 2015), o Método Azevedo Neto consiste na obtenção do valor numérico do volume de água do reservatório levando em consideração os valores médios de precipitação anual e os meses de seca, representados por uma variável “T”, tal que é de extrema importância que esta corresponda realmente aos meses de pouca chuva, pois a adoção de valores aleatórios pode resultar em reservatórios com dimensões maiores do que o tamanho ideal (LIMA *et al.*, 2015).
- **Método Prático Alemão:** De acordo com suas análises, Heberon *et al.* (2009) afirma que o ideal é que este método seja utilizado para dimensionamento de reservatórios em regiões com alto índice pluviométrico, pois resulta em valores de dimensões bem menores quando comparados aos demais métodos recomendados pela norma. Rocha (2009, apud HEBERSON *et al.*, 2009) aponta que para alguns autores, os métodos práticos são considerados inadequados, pois generalizam uma série de grandezas de elevada variabilidade, como a precipitação pluviométrica e as demandas de água potável e pluvial.
- **Método Prático Inglês:** Verifica-se que neste método de dimensionamento o volume do reservatório está diretamente relacionado à precipitação (JOVELINO, *et al.* 2015), portanto, locais com maiores dados de precipitações apresentarão reservatórios de maiores dimensões.
- **Método Prático Australiano:** Este método dimensiona o reservatório considerando o volume mensal de água produzida pela chuva na área de captação definida. O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório (TOMAZ, 2011).

A seguir serão detalhados aspectos importantes, para garantir que o sistema a ser projetado siga as recomendações das normas técnicas competentes.

#### 4.3.1 CHUVAS INTENSAS

As chuvas intensas, ou chuvas extremas, são precipitações máximas que possuem distribuição irregular tanto temporalmente quanto espacialmente (ARAÚJO *et al.*, 2008). São chuvas que em curto período apresentam grandes volumes de precipitação e que, conseqüentemente, podem comprometer o sistema de drenagem existente, ocasionando alagamentos ou inundações decorrentes de falhas nos sistemas de drenagem.

Cada bacia possui características fisiográficas que influenciam no regime das precipitações. Dessa forma, as chuvas intensas variam conforme o local de estudo e são consideradas condições críticas utilizadas em projetos, a partir de um determinado tempo de recorrência das precipitações.

O estudo das chuvas intensas é feito por meio da relação entre a intensidade, a duração e a frequência (IDF) das mesmas (PEREIRA, *et al.*, 2017) que, por meio da relação entre estas variáveis são geradas curvas IDF que podem ser transformadas em uma equação, e que será específica para cada localidade (TOMAZ, 2011).

#### 4.3.2 VAZÃO DE PROJETO

O estudo e a determinação da vazão de projeto são fundamentais no dimensionamento de estruturas hidráulicas em obras de engenharia, além de ser utilizada para encontrar as cotas de alerta de inundações (PEREIRA, *et al.*, 2017; STEFFEN & RONDON, 2000). Dessa forma, a ocorrência de erros na estimativa dos valores da vazão de projeto pode acarretar em obras sub ou superdimensionadas. Nesse primeiro caso, há o risco de ocorrência de inundações devido a eventos de maiores magnitudes não previstos, podendo acarretar em prejuízos econômicos e socioambientais. Já no caso de obras superdimensionadas, são pressupostos eventos cuja probabilidade de ocorrência é rara, refletindo em desperdício do capital investido na execução do projeto (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

### 4.3.3 TEMPO DE RETORNO ( $T_r$ )

De modos gerais, entende-se por tempo de retorno ( $T_r$ ), ou período de retorno, como o tempo médio que se espera para um determinado evento ser igualado ou superado (REIS, 2016). Segundo a ABNT (1989), o tempo de retorno corresponde ao número médio de anos em que, para uma mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica é atingida ou ultrapassada apenas uma vez. Logo, a determinação da intensidade pluviométrica a ser utilizada como base para o projeto de drenagem, depende diretamente do tempo de retorno considerado no dimensionamento.

Segundo a ABNT (1989), o período de retorno deve ser fixado de acordo com as características da área a ser drenada, de modo que os três possíveis critérios estabelecidos sejam:

- $T = 1$  ano, para áreas pavimentadas, nas quais possam ser toleradas formações de poças;
- $T = 5$  anos, para áreas de coberturas e terraços;
- $T = 25$  anos, para coberturas e demais áreas nas quais as formações de poças não possam ser toleradas.

### 4.3.4 DURAÇÃO DA CHUVA

A ABNT (1989) descreve a duração da precipitação como o tempo de referência para a determinação de intensidades pluviométricas, tempo este que representa o intervalo de tempo entre o início da chuva e o fim da chuva (REIS, 2017). Portanto, assim como o tempo de retorno para ocorrência de um determinado evento pluviométrico, o tempo de duração é também determinante para o cálculo da chuva crítica a ser considerada no dimensionamento do sistema de drenagem.

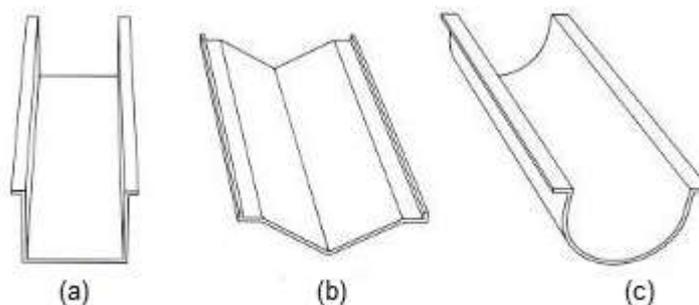
No entanto, segundo a ABNT (1989) o valor da duração das chuvas para o dimensionamento de sistemas de drenagem é sempre fixo e igual a 5 minutos, independente de condições físicas, pluviométricas ou geográficas.

#### 4.3.5 ELEMENTOS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

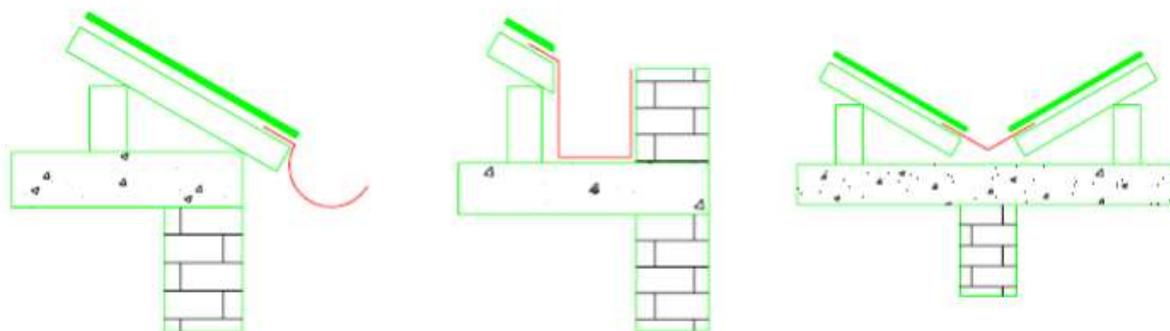
Um sistema simples de aproveitamento de águas pluviais é composto por: área de captação, calhas, condutores, *bypass*, peneira, reservatório e extravasor (TOMAZ, 2010), que serão apresentados a seguir, bem como suas características mais relevantes para o projeto.

- **Área de Captação:** Entende-se por área de captação a área horizontal de uma superfície impermeabilizada que contribua para a captação das águas que nela precipitam de modo que se dirijam para um ponto em comum. Geralmente, são usadas para esta finalidade os telhados, lajes ou áreas impermeáveis do solo, como estacionamentos, calçadas e pátios (OLIVEIRA *et al.*, 2014).
- **Calhas:** As calhas são canais que recolhem a água das coberturas e as conduzem a um determinado destino com especificações técnicas quanto aos materiais a serem utilizados para a finalidade de conduzir a água dos telhados, podendo ser utilizadas calhas feitas a partir de aço galvanizado, cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria (ABNT, 1989).

Quanto ao formato, as calhas podem apresentar seções em forma de V, U, semicircular, quadrada ou retangular (Figura 2). A escolha do formato adequado depende também do posicionamento no qual ela será instalada, podendo a calha ser classificada como calha de beiral (caso seja instalada na extremidade livre do telhado), calha de platibanda (existente entre a extremidade do telhado e a platibanda que o contorna) ou calha água furtada (fixada na aresta de encontro entre duas águas de um telhado) (Figura 3).



**Figura 2** – Representações de (a) calha quadrada ou retangular, (b) calha em V, (c) calha em U e semicircular

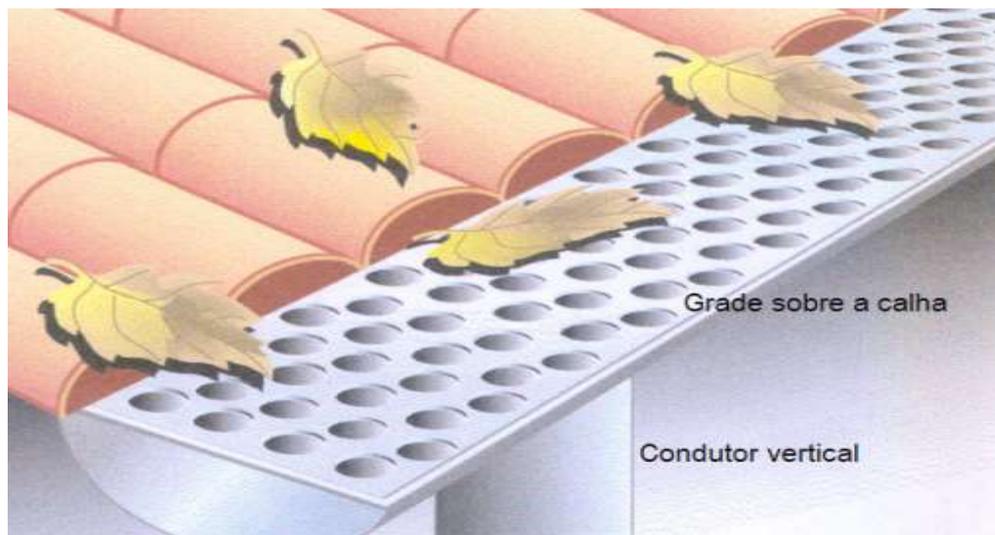


**Figura 3** – Representações de calhas de beiral, platibanda e água furçada, respectivamente

Fonte: Repositório digital, UNEMAT, 2014

- Reservatório de Autolimpeza:** Durante o período entre a ocorrência de chuvas, muitas sujeiras se acumulam nos telhados, podendo ser conduzidas pelas calhas e condutores até o seu destino, em um reservatório de armazenamento, local no qual estes materiais poderão se decompor e prejudicar a qualidade da água armazenada (ANNECCHINI, 2005). Para que a qualidade da água da chuva captada seja mantida dentro do reservatório, Tomaz (2011) sugere que sejam implantados dispositivos de autolimpeza que removam as impurezas contidas na primeira chuva interceptada pelos telhados.

O dispositivo de autolimpeza pode ser automático ou manual, sendo o segundo mais adequado para residências ou empreendimentos de menor porte, pois necessita ser manipulado manualmente em todos os eventos de chuvas, logo, não é recomendado para o ambiente deste estudo. Para remoção de materiais grosseiros, mecanismos simples como peneiras, telas ou grades instaladas nas calhas ou tubulações são eficientes para promover a retenção desse tipo de material (ANNECCHINI, 2005). A Figura 4 mostra a forma como são utilizadas grades para retenção de sujeiras em calhas, por exemplo.



**Figura 4** – Sistema de grade instalada sobre calha

**Fonte:** Waterfall (2002, apud May, 2004)

Tais medidas minimizam a existência de resíduos transportados juntos com a água captada, mas para que a remoção seja ainda mais eficiente, é recomendado o descarte da porção inicial da água que faz a limpeza dos telhados, sobretudo após longo período de estiagem (MAY, 2004). Esta primeira chuva captada pelos telhados, carregada de impurezas, é denominada *first flush*.

Para separar a água de *first flush* da água com maior qualidade de aproveitamento, pode ser utilizado um reservatório de autolimpeza cujo funcionamento ocorrerá da seguinte maneira: a água captada pelos telhados, encaminhada às calhas e condutores horizontais, será destinada a este reservatório por meio de condutores verticais através da gravidade presente na diferença de altura entre a laje do empreendimento e o nível do terreno. A água dará entrada no reservatório pela parte inferior do mesmo, até que seja atingida sua capacidade máxima. Neste instante, a água existente no topo do reservatório de autolimpeza deverá ser destinada ao reservatório de armazenamento da água de chuva, através de uma tubulação de comunicação e sistema de bombeamento. Neste momento, a água apresentará menor quantidade de resíduos e melhor qualidade de aproveitamento. May (2004) recomenda também que seja instalado um registro na parte de inferior do reservatório de *first flush* para que periodicamente o mesmo possa ser limpo e

esvaziado, retornando às condições ideais de funcionamento. A Figura 5 apresenta um sistema com reservatório de autolimpeza cujo funcionamento e suas interligações com o reservatório principal são muito semelhantes ao sistema abordado por este estudo.



**Figura 5** – Sistema de armazenamento de água de chuva com reservatório de autolimpeza

Fonte: Rangel (2016)

Quanto às dimensões deste reservatório, são diversas as recomendações que divergem a respeito do volume de chuva a ser descartado. Enquanto Tomaz (2011) aponta que na Flórida os reservatórios de autolimpeza armazenam 0,4 litros de água para cada 1m<sup>2</sup> de área de captação e que pelo método de Sartor e Boyd, recomenda-se que para telhados sejam considerados em torno de 2mm de first flush para ser descartado. Segundo Dacach (1990, apud TOMAZ, 2011), devem ser armazenados entre 0,8 a 1,5 litros por m<sup>2</sup> e, para o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2015), a recomendação é de descarte do primeiro milímetro de chuva, em geral.

- **Reservatório Principal:** Os reservatórios principais têm a função de armazenar a água de chuva captada para que estas possam ser destinadas aos fins planejados para a execução do sistema de aproveitamento de água pluvial. Quanto ao método de construção, estes reservatórios podem ser enterrados, semi-enterrados, apoiados sobre o solo ou elevados, podendo ser constituídos por diferentes materiais, como concreto armado, alvenaria ou aço, por exemplo (ANNECCHINI, 2005).
- **Sistema de Recalque:** Após a passagem da água pelo reservatório de autolimpeza, a mesma deverá ser encaminhada para o reservatório principal.

Conforme exibido na Figura 5, as águas coletadas nos telhados serão parcialmente descartadas no reservatório de autolimpeza para que, posteriormente, sejam destinadas ao reservatório principal. Para que alcancem este destino, as águas precisarão ser elevadas até a entrada do reservatório principal, localizada em sua extremidade superior. Logo, se faz necessário transferir energia à água, por meio de sistema eletromecânico, a fim de vencer a gravidade (JUSTINO & NOGUEIRA, 2011). Ao conjunto responsável por elevar a água denomina-se sistema de recalque.

#### **4.4 CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM SHOPPING CENTERS**

Para que a instalação de um estabelecimento comercial de grande porte ocorra da melhor maneira possível, são necessários que sejam avaliados diversos aspectos básicos da infraestrutura local como, por exemplo, a área disponível, aspectos de relevo e topografia do terreno, estrutura para fornecimento de energia elétrica e rede hidrossanitária (água e esgoto). Dentre estes, um dos objetos de maior interesse é a disponibilidade satisfatória de recursos hídricos e existência de rede de abastecimento de água, sob gestão e responsabilidade da concessionária que atende ao município onde o estabelecimento está localizado. Para que haja fornecimento regular de água de modo a não impactar na operação de um empreendimento comercial de grande porte, é necessário que a concessionária responsável por atendê-lo tenha capacidades para satisfazer à sua demanda.

Um dos maiores desafios é estimar este padrão de consumo, necessário para que sejam dimensionados de maneira correta os volumes dos reservatórios de armazenamento de água e, também, para que não haja sobrecarga no sistema de esgoto.

Um *shopping center* é um empreendimento comercial de grande porte com diversos pontos de consumo comuns, como banheiros, fraldários, bebedouros, refeitórios, cozinhas, copas, vestiários, sistemas de ar condicionado, sistemas de combate a incêndio e atividades de limpeza e manutenção. Além destes, existem os consumos específicos, aqueles medidos através de leituras de hidrômetros e medidores de energia em lojas, cinemas, restaurantes, quiosques, feiras e eventos.

Em um estudo de Espírito Santo e Sanchez (2001), são caracterizados os perfis de consumo de água em *shopping centers* localizados na região metropolitana de São

Paulo e, a partir dos resultados encontrados, é possível extrapolar para os demais *shopping centers* do Brasil. Para isto, foram avaliados dados como o consumo de água do *shopping* e dos estabelecimentos locados (lojas, quiosques, feiras, eventos, etc), o fluxo de pessoas e o monitoramento da vazão de esgoto ao longo dos anos.

A gestão deste tipo de edifício comercial, na grande maioria dos casos, é comparável à de um edifício residencial: assim como os síndicos e demais administradores dos condomínios residenciais, existem os administradores do *shopping* e, assim como os locatários das residências, têm-se os lojistas. Estes mensalmente contribuem com o aluguel (um valor mínimo acordado em contrato mais um percentual de vendas), arcam com as despesas referentes aos encargos comuns inclusos na taxa de condomínio, fundo de promoção e encargos específicos, referentes ao consumo de água, energia, ar condicionado e IPTU (CERVEIRA, 2018). Em relação ao *shopping center* deste estudo, as despesas relacionadas aos consumos de água e energia são rateadas entre todos os lojistas, de modo que cada ponto de loja, quiosque, evento ou feira seja responsabilizado pelos custos dos consumos medidos mensalmente em leituras diretas em medidores instalados nos próprios pontos, além do rateio dos custos dos consumos em áreas comuns.

#### 4.3.1 APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM SHOPPING CENTERS

Segundo a Federação de Comércio de Bens, Serviços e Turismo do Estado de São Paulo (FECOMERCIO SP, 2014), o consumo de água em *shoppings center* corresponde a 4 litros por dia a cada m<sup>2</sup> de área construída. Este valor equivale ao dobro do volume consumido em parques e áreas verdes, por exemplo.

Por se tratarem de edificações de grande porte cujo principal objetivo é a prática de atividades comerciais, os *shoppings* são locais com excelentes potenciais de aplicações de métodos para economia de água, pois a gestão eficiente sobre o volume consumido diariamente corresponde não só a práticas mais sustentáveis, mas também a economias de recursos.

Verifica-se nestes estabelecimentos comerciais de grande porte que, dentre as principais atividades que demandam o uso de água, mais de 14% do consumo representam atividades cujos usos não são nobres, dispensando a necessidade do

consumo de água potável (GUZZO, 2017). Para tais atividades, que não é exigida a potabilidade, há a possibilidade de utilizar águas de chuva, por exemplo.

Segundo dados da Associação Brasileira de *Shopping Centers* (ABRASCE, 2019), existem hoje no Brasil 563 *shoppings*, sendo que 30% desses (cerca de 170 empreendimentos) implantam programas completos ou parciais de gestão de água (DIÁRIO DO COMÉRCIO, 2016). Dentre estes programas, os de maior destaque e disseminação estão os de tratamento de efluentes e captação de água pluvial para usos não potáveis. Tais medidas podem acarretar em quase 50% de economia de água, além de reduções nos impactos ambientais gerados e, também, de beneficiarem os *shoppings* diante a existência de crises hídricas e interrupções no abastecimento de água que possam comprometer a operação de funcionamento do edifício e, conseqüentemente, impactar negativamente nos resultados de vendas e lucros.

Segundo a Revista TAE (2017), especializada em tratamento de águas e efluentes, grandes *shoppings* localizados no estado de São Paulo combinam o abastecimento de água por poços artesianos para abastecimento de água potável e água de reuso para consumo não potável. Estão entre estes os *shoppings* Granja Viana, Iguatemi Campinas e JK Iguatemi, sendo que neste último *shopping*, o aproveitamento de água para fins não potáveis acarretou em redução de até 50% do consumo total (TAE, 2012).

Para os demais *shoppings* (70%) em território nacional que não praticam medidas de aproveitamento de água da chuva ou reuso de água, são evidentes as oportunidades de investimentos para implantar tais medidas, com intuito de facilitar a gestão da concessionária responsável pelo fornecimento de água ao local, além de contribuir positivamente aos cenários ambiental, econômico e de drenagem urbana, como visa mostrar este estudo.

## 5. METODOLOGIA

Os principais pontos de interesse para construção desta pesquisa são o consumo de água de uso não potável dentro do estabelecimento em questão e o regime de chuvas no local de interesse, ou seja, na cidade de Macaé/RJ para o dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial e análise de sua viabilidade. As normas brasileiras ABNT NBR 15.527/2007 e ABNT NBR 10.844/1989, além de referências importantes nesta temática serão adotadas para o desenvolvimento da pesquisa.

A qualidade e a quantidade da água disponíveis em cada bacia hidrográfica estão diretamente relacionadas com a forma do relevo, cobertura vegetal, com o uso e a ocupação do solo pelos habitantes e a dinâmica de regime de chuvas na região. Logo, todos os impactos aplicados à bacia em sua extensão, irão refletir de alguma forma na foz do rio principal, neste caso o Rio Macaé, cuja foz está localizada na cidade de Macaé, situada na região nordeste do estado do Rio de Janeiro.

### 5.1 LOCAL DE ESTUDO

O *shopping center* está localizado em Macaé/RJ e pertence à bacia hidrográfica do Rio Macaé, que é dividida em alto curso, médio curso e baixo curso. Enquanto no alto curso (região que compreende a nascente do rio principal, localizada no município de Nova Friburgo), o clima presente é de maior umidade e baixas temperaturas, no médio e baixo curso (localidade da foz do rio principal, na cidade de Macaé) identifica-se maior temperatura média e menor pluviosidade, entre 1000mm e 1500mm, de acordo com Barbieri e Coe Neto (1999 apud Vilela, 2015).

As condições pluviométricas e o regime de chuvas na foz da bacia são fatores de grande interesse para fundamentar e compreender a importância deste estudo, visto que a baixa incidência de chuvas pode comprometer o volume de águas presentes nos mananciais e reduzir a capacidade de fornecimento de água à população local, bem como às demais localidades da região. Neste cenário, a captação, armazenamento e reutilização de águas de chuva apresentam-se como alternativas conscientes, sustentáveis e vantajosas, tanto em residências quanto em empresas privadas.

## **5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS**

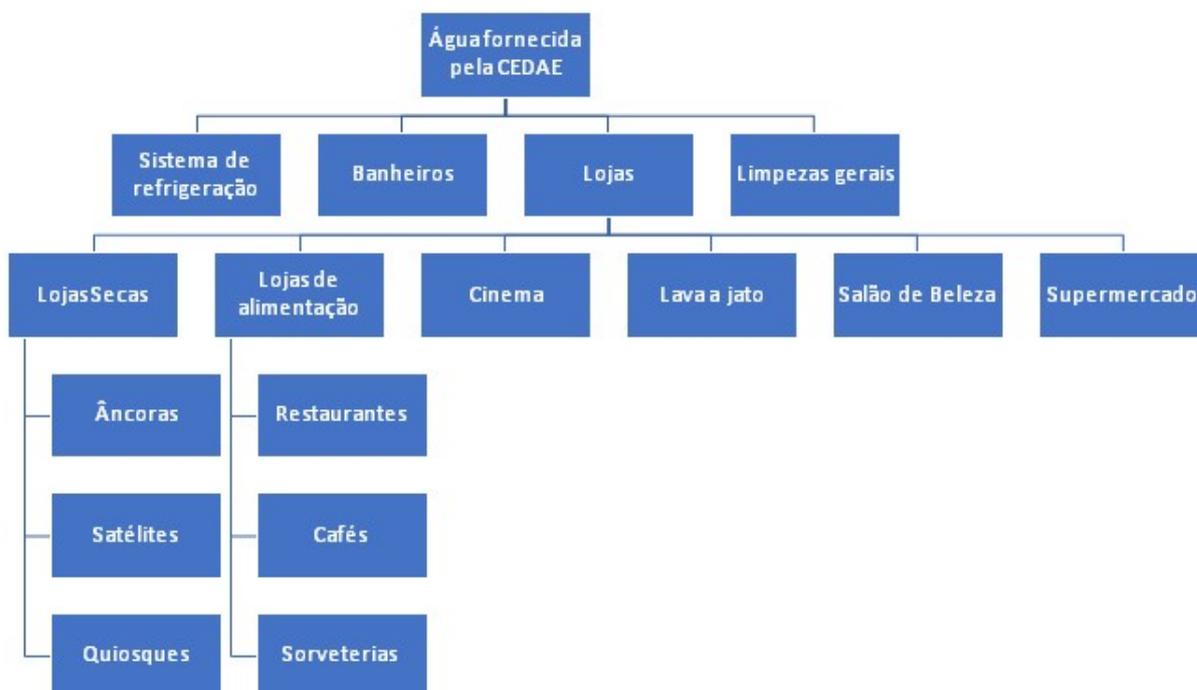
O *shopping center*, foco deste estudo, foi construído há 11 anos e na época não foram previstos mecanismos de captação, armazenamento ou tratamento de água de chuva para o uso em determinadas atividades.

Neste empreendimento térreo de 33.000 m<sup>2</sup> de área construída, a cobertura divide-se em áreas de lajes, claraboias e telhados, sendo estes últimos predominantes. Desta forma, identifica-se a princípio que a constituição do edifício favorece que sejam implantados mecanismos de captação de água de chuva através dos telhados.

Para que seja possível projetar um sistema de captação e armazenamento de água de chuva, é importante mensurar os custos de implantação do sistema e o seu retorno financeiro, sendo necessários dados como o consumo de água em usos não potáveis no estabelecimento, tipos de lojas e suas respectivas representatividades no consumo de água neste *shopping*, regime e previsão de chuvas para o local, etc. É necessário também que sejam verificadas as áreas de telhados e avaliadas as possibilidades físicas e estruturais de serem aplicados dispositivos de captação e armazenamento de água sobre as estruturas físicas já existentes no edifício.

### **5.2.1 CONSUMO DE ÁGUA**

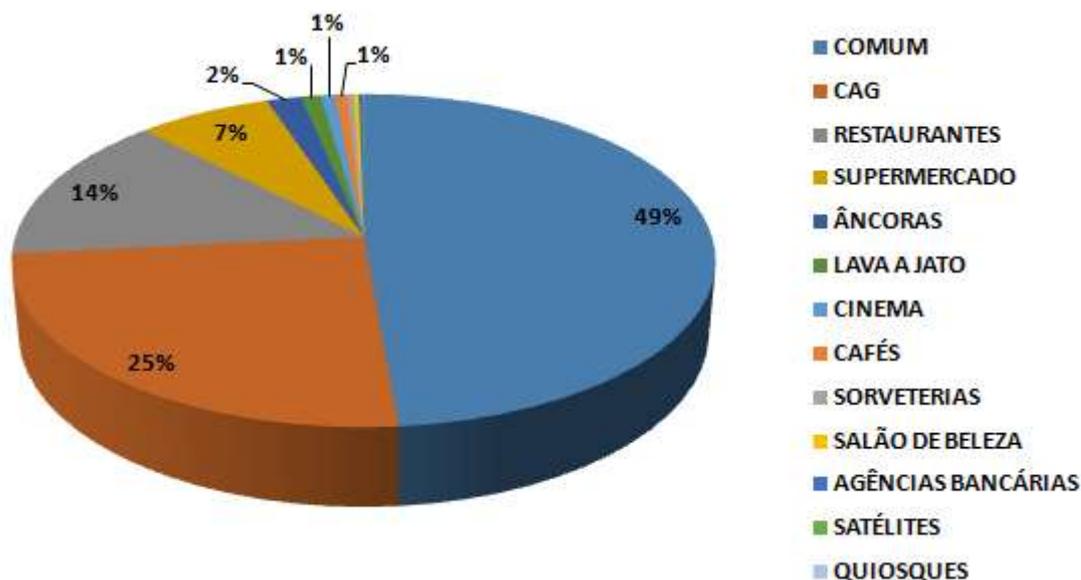
Com base nos dados de consumo específicos medidos mensalmente e consumos comuns medidos com frequência diária no *shopping center*, obtidos junto à administração do *shopping*, foram criados os seguintes grupos, de acordo com as atividades e tipos de consumo (Figura 6).



**Figura 6** - Divisão das categorias de consumo de água, a partir do fornecimento realizado pela concessionária de água

**Fonte:** Elaborada pela autora

Os dados de consumo são monitorados diariamente desde o ano de 2015. Entretanto, somente a partir de 2017 as medições diárias de consumo foram separadas entre Central de Água Gelada (CAG), Lava a Jato, demais lojas e consumo em áreas comuns. Através desta subdivisão acima, tornou-se mais prático quantificar os volumes de água consumidos por cada categoria. Estas proporções de consumo são evidenciadas no gráfico da Figura 7.



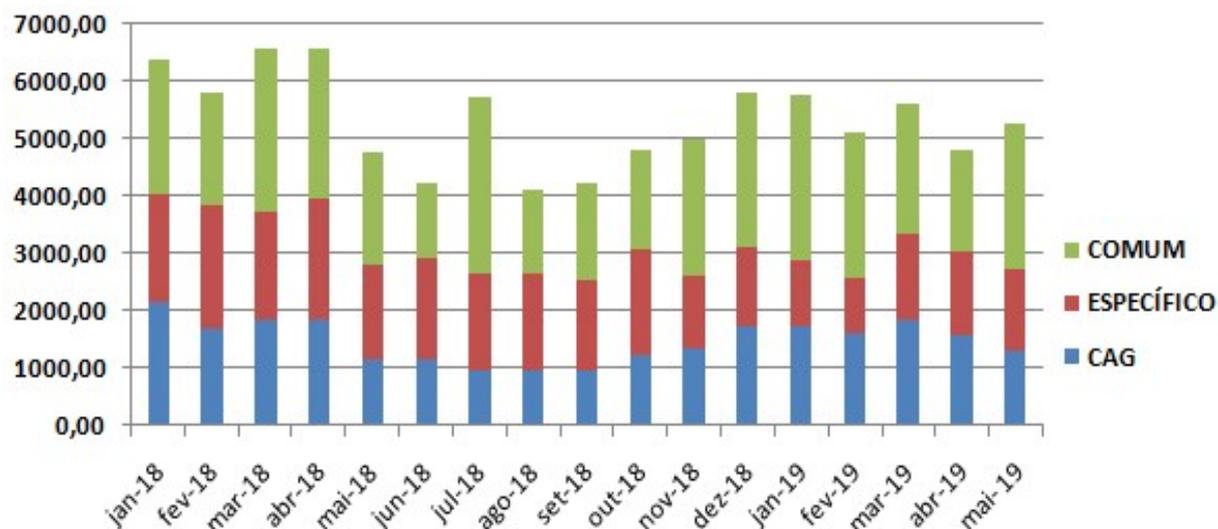
**Figura 7** - Divisão do consumo de água por categorias do *shopping center* objeto deste trabalho

**Fonte:** Elaborado pela autora

Os consumos mais significativos são representados pelas categorias "comum", "CAG" na qual está contido todo o consumo do sistema de refrigeração, "restaurantes", "supermercado", "âncoras" que são as lojas de grande dimensão como lojas de departamento, "lava a jato", "cinema" e "cafés". Todas as demais classes possuem consumos de menor proporção que representam menos de 1% cada dentro da totalidade consumida.

Segundo os dados de medições registradas na rotina do *shopping*, é possível quantificar que o consumo comum, composto por todos os consumos em banheiros, bebedouros de áreas comuns, vestiários para funcionários e limpezas gerais, representa mais de 40% do consumo total registrado mensalmente.

A Figura 8 apresenta a evolução de consumo médio mensal desde o início da medição, em janeiro de 2018 até o mês de maio de 2019, separados entre consumo comum, consumo da CAG e consumo específico, estes que representam as categorias de maior influência:



**Figura 8** - Relação entre os consumos comuns, específicos e CAG entre janeiro de 2018 até maio de 2019

Fonte: Elaborado pela autora

A partir das análises das condições de distribuição, a visão geral de consumo de água entre os anos de 2015 e 2018 para o *shopping* pode ser observada na Tabela 1. A partir do valor médio de demanda diária observa-se que o consumo de água neste estabelecimento cresce entre os anos de 2015 e 2016, se mantendo mais constante entre 2017 e 2018.

**Tabela 1** - Consumo de água ao longo dos últimos anos no *shopping center* da cidade de Macaé/RJ

	Consumo total (m³)	Demanda média mensal (m³)	Demanda média diária (m³)
<b>2015</b>	60.168	5.014	165
<b>2016</b>	77.760	6.480	213
<b>2017</b>	88.580	7.382	243
<b>2018</b>	88.328	7.361	242

Fonte: Elaborada pela autora

Algumas rotinas de limpeza como lavagem dos pisos, fachada e vidros, influenciam diretamente em ocorrências de picos de consumo que divergem dos valores médios praticados, porém não há medições específicas para estes casos. Também são identificados todos os anos pontos de desperdício que podem causar desvios nos valores médios praticados, como por exemplo, vazamentos de água em tubulações subterrâneas.

### 5.2.2 REGIME DE CHUVAS

Com base nos dados registrados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em suas medições na estação pluviométrica Macaé-A608 localizada na cidade de Macaé/RJ, a 1,7km do local de estudo, foi possível levantar a quantidade e o volume das chuvas ocorridas ao longo dos últimos anos.



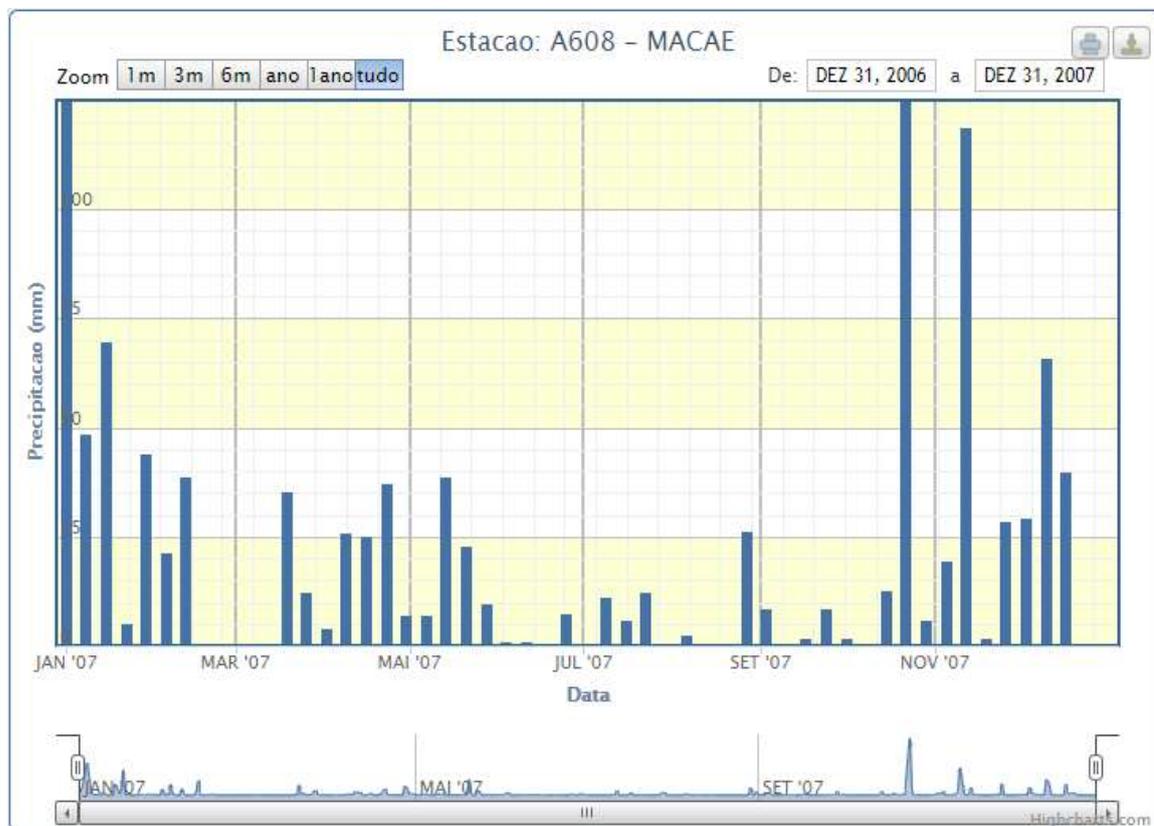
**Figura 9** - Estação Pluviométrica Macaé-A608, em Macaé/RJ, a 1,7 km do local de estudo

**Fonte:** INMET, 2019

A estação pluviométrica Macaé-A608 é uma estação do tipo automática. Nela, são medidas as alturas das colunas d'água acumuladas pelas chuvas a cada 15 minutos. Esta medição da coluna d'água na unidade de milímetros corresponde ao volume de água de chuva, em litros, que incide em uma área de 1m<sup>2</sup>. Por exemplo, a medida de 1 mm de precipitação equivale a 1 litro de água para 1 m<sup>2</sup> de área existente no território onde ocorreu a precipitação, assim como 10 mm de chuva correspondem a 10 litros de chuva por metro. É através destes dados que são gerados pluviogramas, gráficos que representam a quantidade de precipitação em função do tempo.

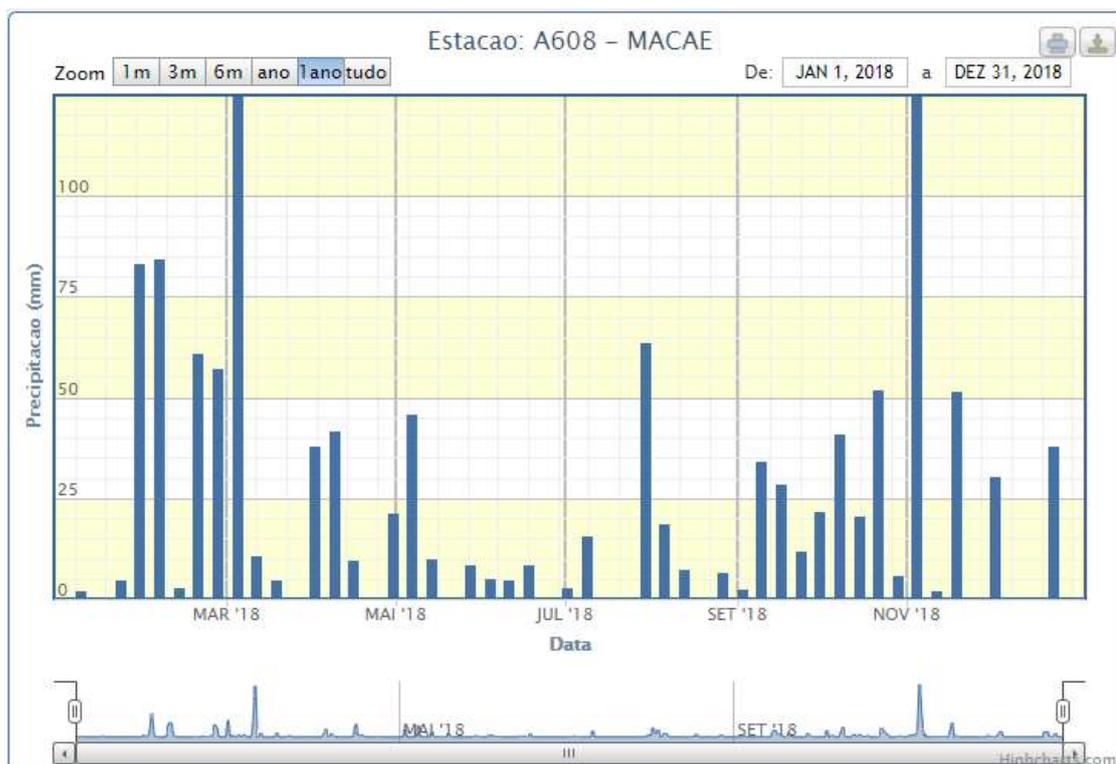
A Estação funciona desde 2007 e, apesar do pouco tempo, já é possível observar alguma constância ao serem comparados os pluviogramas representativos dos anos de 2007 e 2018 (Figura 10 e Figura 11). Em março e novembro de 2018 houve dois eventos de chuvas muito extensas que ultrapassaram 100 mm e, se

considerarmos o ano de 2007, há três episódios, também em março e dezembro, além de um em janeiro.



**Figura 10** - Índices Pluviométricos de Macaé do ano de 2007

Fonte: INMET, 2019



**Figura 11-** Índices Pluviométricos de Macaé do ano de 2018

**Fonte:** INMET, 2019

A partir dos pluviogramas gerados pela Estação, foram calculadas as médias de precipitações de 2014 até 2018, pois acredita-se que estes dados coletados ao longo dos últimos 5 anos completos representam de maneira confiável os valores médios de precipitações ocorridas (Tabela 2).

**Tabela 2** - Precipitações médias mensais de 2014 a 2018, obtidas na Estação A608 - Macaé

Meses	Precipitação (mm)
Janeiro	96
Fevereiro	86
Março	100
Abril	71
Maio	62
Junho	59
Julho	53
Agosto	54
Setembro	27
Outubro	72
Novembro	208
Dezembro	93

**Fonte:** INMET, 2019

Os dados pluviométricos entre 2014 e 2018 foram compilados para analisar o comportamento das chuvas em periodicidade anual, conforme Tabela 3:

**Tabela 3** – Total pluviométrico anual em Macaé/RJ entre 2014 e 2018, a partir de dados da Estação A608 - Macaé

Ano	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Índice Pluviométrico (mm)</b>	597	1031	1124	780	1376

Fonte: INMET, 2019

### 5.2.3 CHUVAS INTENSAS

Segundo Festi (2006), as chuvas intensas são um dos parâmetros a serem avaliados em projetos de engenharia para sistemas que consideram dados de precipitação em seu dimensionamento.

Também conhecidas por chuvas extremas, as chuvas intensas são precipitações máximas que possuem distribuição irregular tanto temporalmente quanto espacialmente (ARAÚJO, *et al.*, 2008), ou seja, são chuvas que em curto período apresentam grandes volumes de precipitação e que, conseqüentemente, podem comprometer o sistema de drenagem existente, ocasionando alagamentos nos casos em que o sistema não esteja corretamente dimensionado.

Cada localidade possui características físicas e geográficas que influenciam no regime das precipitações. Dessa forma, as chuvas intensas, consideradas condições críticas (a partir de um tempo de retorno adotado) e, portanto, utilizadas em projetos, variam conforme o local de estudo.

O estudo das chuvas intensas é feito por meio da relação entre a intensidade, a duração e a frequência das mesmas (PEREIRA, *et al.*, 2017). Através da relação entre estas variáveis é gerada uma curva de relação intensidade-duração-frequência (IDF) e através da análise das equações geradoras destas curvas no decorrer do tempo, é gerada uma equação de intensidade, duração e frequência da precipitação específica para cada localidade (TOMAZ, 2011).

Em posse de dados e informações pluviométricas a respeito da cidade Macaé/RJ, segundo Festi (2006), a equação de chuvas intensas para o município (Equação 1) é descrita por:

$$i_{m\acute{a}x} = \frac{444,258 \times T_r^{0,263}}{(t + 6,266)^{0,655}} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

$i_{m\acute{a}x}$  = intensidade máxima da chuva, em milímetros por hora (mm/h);

$T_r$  = tempo de retorno, em anos;

$t$  = duração da chuva, em minutos.

#### 5.2.4 VAZÃO DE PROJETO

De acordo com Steffen e Rondon (2000), para que seja determinado o valor da vazão de projeto é necessário que seja aplicado um método cujos cálculos levem a resultados confiáveis e seguros. Portanto, foram utilizadas para determinação da vazão de projeto as recomendações da norma técnica NBR 10.844/1989 (ABNT, 1989), cujo cálculo é realizado através da seguinte equação:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

$Q$  = vazão de projeto, em litros por minuto (L/min);

$I$  = intensidade pluviométrica, em milímetros por hora (mm/h);

$A$  = área de contribuição, em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

Na Equação 2 é usado o conceito de fórmula racional, pois não leva em conta o coeficiente de escoamento superficial para o dimensionamento de calhas e condutores (TOMAZ, 2010). Para utilizar o método é necessária a intensidade pluviométrica, além da área de contribuição de projeto.

### 5.3 ELEMENTOS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

#### 5.3.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO

O shopping center objeto deste estudo possui 33 mil metros quadrados de área construída com cobertura mista, composta por trechos de laje de concreto impermeabilizada com mantas e concreto usinado a quente ou mantas poliméricas, claraboias de vidro e telhas de aço galvanizado.

Para a seleção de quais as áreas serão utilizadas com a finalidade de captação de água pluvial, serão considerados nesta análise prévia, trechos das áreas da cobertura do empreendimento nas quais são utilizadas telhas de aço galvanizado inclinadas, demarcadas em vermelho na Figura 12.



**Figura 12** – Representação da área total de cobertura do shopping disponível para captação de água de chuva

**Fonte:** Acervo do shopping, 2019

Ao contabilizar todas as áreas sinalizadas na Figura 12, chega-se ao valor total de 20.090 m<sup>2</sup> de área de captação disponíveis, distribuídos entre os setores citados na Tabela 4, com suas respectivas metragens quadradas.

**Tabela 4** - Áreas de Captação por setor do *shopping center*

<b>Setor</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Entrada	377
Hall Principal	696
Praça de Alimentação	1.843
Mall 2	1.745
Mall 4	1.840
CAG	297
Cinema	1.378
Hipermercado	5.989
Loja de Departamento 1	1.508
Loja de Departamento 2	1.440
Loja de Departamento 3	1.428
Loja de Departamento 4	1.550
<b>Total</b>	<b>20.090</b>

**Fonte:** Elaborada pela autora

Visando maior conhecimento sobre as possíveis áreas disponíveis para captação de água de chuva neste *shopping center*, seguem abaixo algumas imagens que evidenciam as condições físicas da cobertura do empreendimento (Figura 13, Figura 14 e Figura 15).

**Figura 13** – Foto aérea da cobertura do *shopping center*

**Fonte:** Acervo do shopping, 2018



**Figura 14** – Telhado, calhas e condutores instalados na cobertura do *shopping center*

**Fonte:** Acervo da autora, 2019



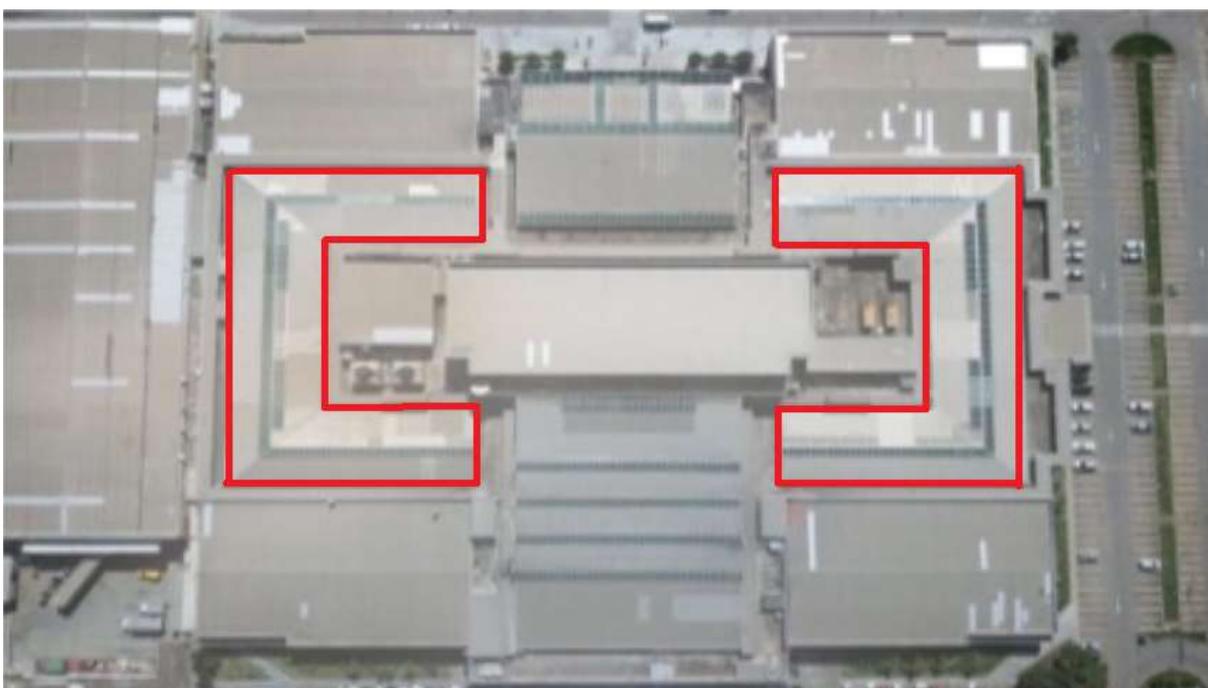
**Figura 15** – Calhas de aço galvanizado e condutores de PVC do *shopping center*

**Fonte:** Acervo da autora, 2019

A partir de visitas feitas no local de estudo e através dos registros fotográficos apresentados, nota-se que parte da cobertura do *shopping center* é constituída por telhas de aço galvanizado, as quais escoam a água interceptada em suas superfícies por calhas de aço galvanizado já instaladas nos beirais dos telhados.

A fim de minimizar os custos para implantação do sistema de aproveitamento, optou-se por adotar as áreas de Mall 2 e Mall 4, pois estes pontos já possuem calhas e condutores de água pluvial que, atualmente, destinam toda a água de chuva coletada para a rede de drenagem urbana. Logo, além de reduzir os custos para implementação do sistema, seria beneficiado também o sistema de drenagem existente, atualmente sobrecarregado diante do grande volume de chuvas que recebe e destina às galerias públicas, sem qualquer aproveitamento.

Logo, considerando as áreas Mall 2 e Mall 4, contornadas por linhas vermelhas na Figura 16, temos uma área total de 3.585m<sup>2</sup> para captação das águas de chuva.



**Figura 16** – Demarcação das áreas de captação adotadas para o projeto

**Fonte:** Acervo do shopping, 2018

Após definida a área de captação, o próximo passo é desenvolver os demais elementos do projeto, atendendo sempre às normas técnicas ABNT (2007) para

sistemas de aproveitamento de água de chuva e ABNT (1989) para instalações prediais de águas pluviais.

### 5.3.2 CALHAS

Para este estudo, visto tratar-se de uma edificação já construída, a área de captação selecionada possui telhas de aço galvanizado que atualmente já escoam a água interceptada em suas superfícies por calhas de aço galvanizado instaladas no beiral de cada telhado. Desta forma, os cálculos de dimensionamento terão objetivo de conferir se as condições existentes das calhas presentes no empreendimento estão de acordo com as recomendações da norma e quais seriam os investimentos necessários para substituir parte das calhas existentes por novas, devido ao estado deteriorado nos quais alguns elementos se encontram devido ao tempo de uso.

Para efeitos de dimensionamento a norma indica que o cálculo para dimensionamento das calhas deva ser feito através da fórmula de Manning-Strickler (Equação 3), dada por:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times R_h^{2/3} \times i^{1/2} \quad \text{Equação 3}$$

*Sendo:*

*Q= vazão de projeto, em litros por minuto (L/min);*

*S= área da seção molhada, em metros quadrados (m<sup>2</sup>);*

*n= coeficiente de rugosidade de Manning, conforme Tabela 5;*

*P= perímetro molhado (m);*

*i= declividade da calha (m/m);*

*K= 60.000;*

*R<sub>h</sub> = A/P = raio hidráulico (m).*

**Tabela 5 - Coeficientes de Rugosidade dos Materiais**

<b>Material</b>	<b>n</b>
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

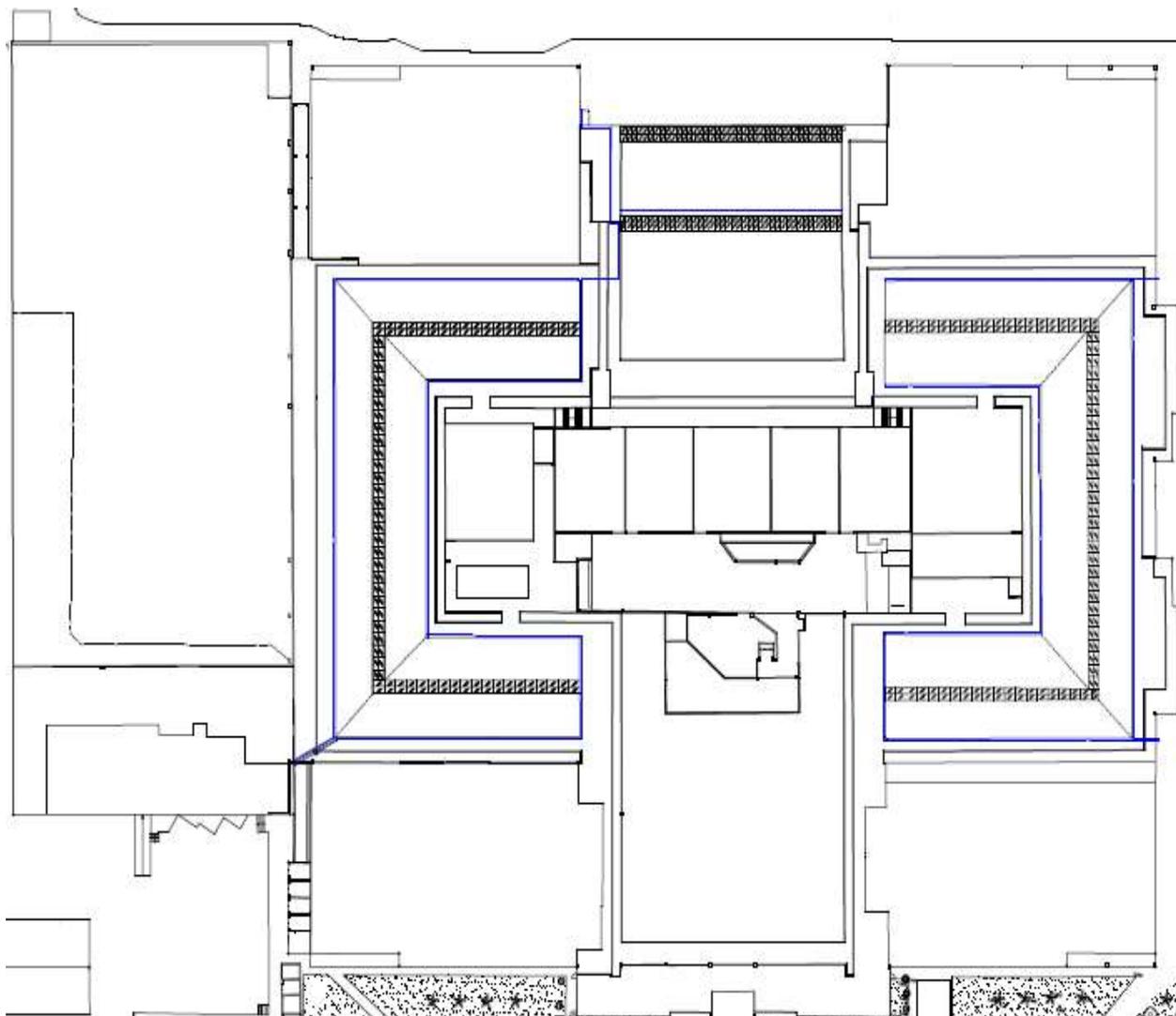
**Fonte:** ABNT (1989)

### 5.3.3 CONDUTORES

Assim como as calhas, o empreendimento conta com grande parte dos condutores horizontais e verticais já instalados. Contudo, o sistema existente tem finalidade de destinar as águas pluviais às galerias de drenagem da rede pública. Logo, é necessário contemplar neste projeto novos trechos de condutores para que as águas que são captadas nos telhados e conduzidas pelas calhas sejam destinadas de maneira correta ao reservatório que armazenará toda a água pluvial a ser reaproveitada.

Para quantificar as tubulações verticais e horizontais, primeiramente é importante que seja determinada a localização ideal do reservatório para posteriormente avaliar a eficiência da estrutura já existente e determinar os condutores que precisarão ser removidos, remanejados e adicionados ao sistema.

Atualmente, a configuração dos condutores horizontais instalados na cobertura para captação das águas pluviais encaminhadas pelas calhas, é representada na Figura 17, na qual as linhas azuis correspondem a essas tubulações.



**Figura 17** – Condutores horizontais atualmente instalados no empreendimento

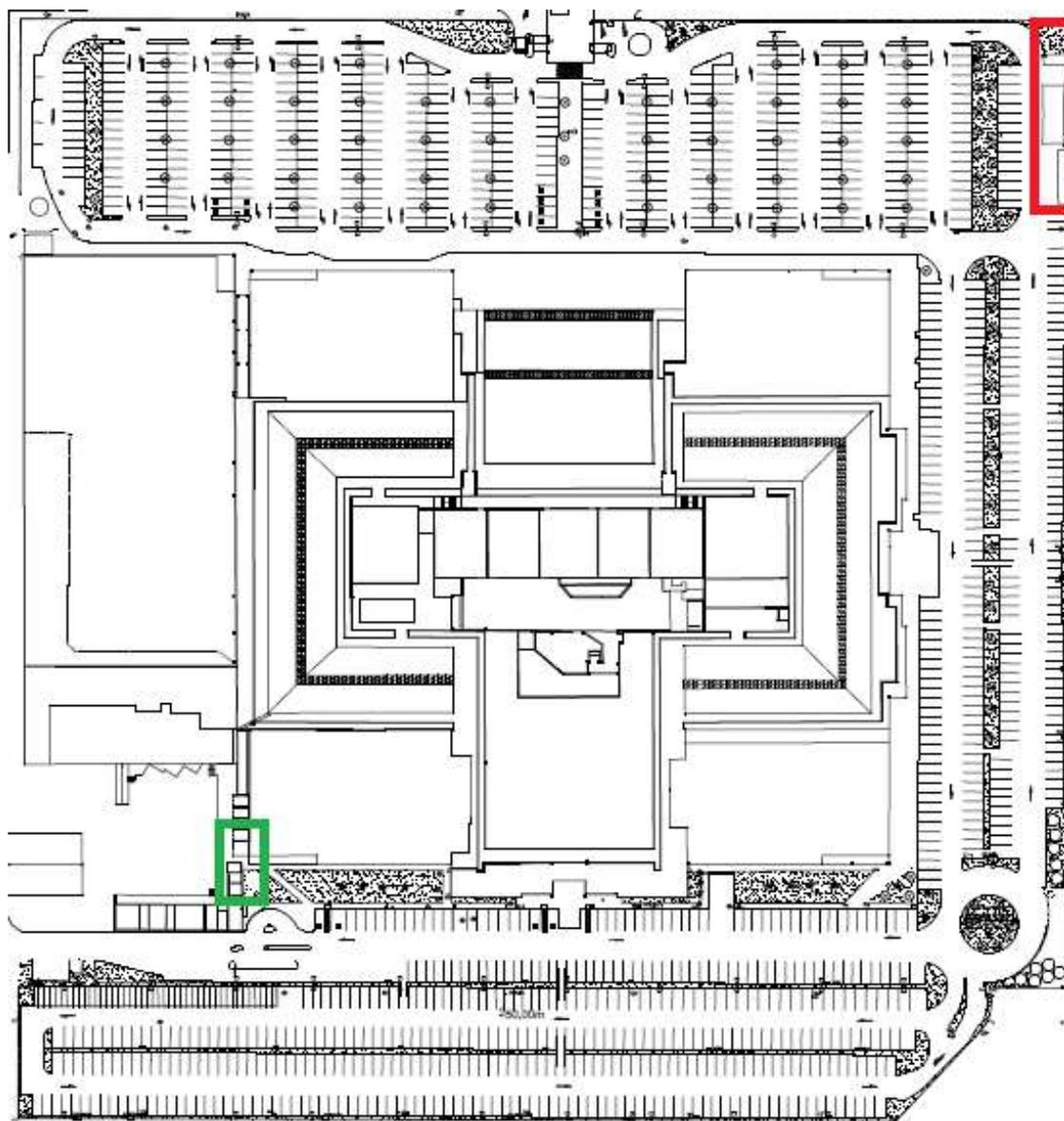
**Fonte:** Elaborado pela autora

### 5.3.5 RESERVATÓRIO PRINCIPAL

O intuito deste reservatório será armazenar a água que posteriormente será aproveitada para as atividades do estabelecimento de lavagem de automóveis (lava jato), ações de limpeza do shopping como lavagem de pisos e fachada, e irrigação de plantio. Segundo os volumes de consumo apontados no capítulo 2, estima-se que a demanda mensal destas atividades corresponda a 200m<sup>3</sup> de água não potável.

Porém, identifica-se que o ponto de fornecimento de água para o lava jato encontra-se extremamente oposto ao ponto ao qual, atualmente, as equipes de limpeza e jardinagem retiram água potável para desempenho de suas atividades de

rotina, conforme apontado na Figura 18. Sendo assim, acredita-se ser viável o projeto de dois sistemas independentes de modo que haja um reservatório dedicado ao uso do lava jato, instalado o mais próximo possível do local, enquanto o outro será destinado às demais demandas. Desta forma, serão estabelecidos 2 sistemas de captação e armazenamento de água de chuva, mantendo 50% da demanda mensal para o dimensionamento de cada um dos sistemas, cada um com seus próprios reservatórios de autolimpeza e reservatórios principais.



**Figura 18** – Localização do lava a jato (em vermelho) e do ponto no qual as equipes de limpeza e jardinagem retiram água (em verde).

**Fonte:** Elaborado pela autora

É necessário dimensionar ao sistema a capacidade de armazenamento do reservatório, de maneira que possa atender de maneira satisfatória ao volume de água pluvial a ser mantida com intuito de ser aproveitada, sendo primordial que atenda a todos os requisitos previstos pela ABNT (1994), norma técnica brasileira que trata das diretrizes para execuções de projetos de dimensionamentos de reservatórios.

Para o cálculo do dimensionamento do reservatório, a norma ABNT (2007) sugere a adoção de um dos seguintes métodos: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês ou Método Prático Australiano. Com o objetivo de comparar os valores obtidos através de cada método, analisar suas vantagens e desvantagens e encontrar o melhor dimensionamento possível para o reservatório principal, foram abordados neste estudo os 6 diferentes métodos de dimensionamento recomendados pela norma.

- *Método de Rippl*

Este método utiliza dados de uma série histórica de precipitações, bem como a demanda constante mensal de água acumulada ao longo deste mesmo período, para que através destas informações sejam traçados os gráficos. Neste modelo, no eixo das abscissas são identificados os meses e anos dos dados de precipitações coletados para o estudo. Já no eixo das ordenadas, são dispostos os limites que poderão ser alcançados pelo volume do reservatório. Deste modo, os dados do volume do reservatório acumulado são representados por uma curva, enquanto os dados de demanda acumulada são representados por uma reta, conforme exemplificado na Figura 19, representando um dimensionamento de reservatório qualquer, com base em dados de precipitações medidas num período de 12 meses:

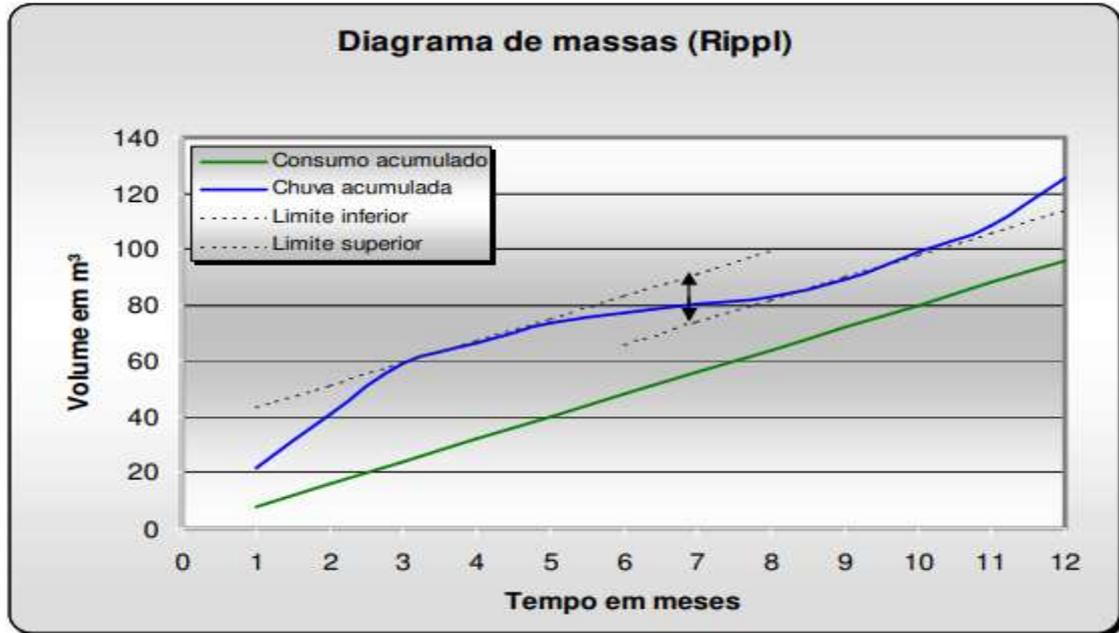


Figura 19 – Exemplo de gráfico representativo do Método de Rippl

Fonte: May (2004)

Por fim, para que seja concluído o método, são traçadas duas linhas paralelas à reta que representa a demanda acumulada, uma tangenciando a curva do volume acumulado em seu ponto mínimo e outra tangenciando em seu ponto máximo, ambas representadas na Figura 19 por linhas tracejadas. A distância vertical entre as duas linhas tracejadas será o volume do reservatório obtido pelo Método de Rippl.

- Método da Simulação

Neste método é aplicada a equação de continuidade a um reservatório finito (Equação 4 e Equação 5):

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \text{Equação 4}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad \text{Equação 5}$$

Sendo:

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

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

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

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

$C$  = coeficiente de escoamento superficial

Após definir a área de captação, a demanda média de água não potável, os valores das precipitações e calcular os volumes de chuva mensais, atribui-se um volume ao reservatório. Então, mediante este pré-dimensionamento, a cada mês do ano é simulado o volume armazenado no reservatório, disponível para o consumo no início do mês, assim como o montante disponível ao final deste mesmo mês, após a água ser consumida conforme a demanda estimada. Através destas informações, calcula-se também o volume de água que irá extravasar do reservatório (*overflow*), assim como o volume de água potável que será necessário para completar sua capacidade total.

Como este método é testado por tentativa e erro, o objetivo é encontrar um valor ideal para o volume do reservatório, de modo que haja uma boa capacidade de armazenamento e pouca ou nenhuma necessidade de suprimento de água externo.

- Método Azevedo Neto

Para que seja dimensionado o reservatório, o Método Azevedo Neto considera a precipitação média anual incidente em determinada área de captação, considerando os meses de seca (Equação 6).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

*Equação 6*

*Sendo:*

$P$  = precipitação média anual, em milímetros (mm);

$A$  = área de coleta, em metros quadrados ( $m^2$ );

$T$  = número de meses de pouca chuva ou seca;

$V$  = volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

- Método Prático Alemão

O Método Prático Alemão consiste em um método empírico para obtenção do volume do reservatório através da consideração de 6% do volume anual de precipitação aproveitável, adotando o menor valor entre o volume de consumo anual e o volume de precipitação aproveitável (Equação 7).

$$V_{adotado} = \min(V_{ap}; D) \times 0,06 \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

$V_{ap}$  = volume aproveitável de chuva anual em metros cúbicos ( $m^3$ );

$D$  = demanda anual de água em metros cúbicos ( $m^3$ );

$V_{adotado}$  = volume de água do reservatório em metros cúbicos ( $m^3$ ).

A NBR 15527/2007 (ABNT, 2007) define que o volume aproveitável de chuva seja calculado pelo produto da precipitação média anual ( $P$ ) pela área de coleta ( $A$ ), coeficiente de escoamento superficial da cobertura ( $C$ ) e pelo fator de eficiência do sistema de captação, conforme Equação 8:

$$V_{ap} = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \quad \text{Equação 8}$$

Quanto ao fator de captação, este representa a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial (ABNT, 2007). Como ambos serão utilizados neste sistema projetado, estima-se que o fator de captação esteja em torno de 90%, ou seja, que 10% da precipitação captada pelo sistema não foi aproveitada devido ao descarte da chuva inicial e demais possíveis perdas.

- Método Prático Inglês

No Método Prático Inglês, o volume de chuva é equivalente a 5% do produto entre o valor numérico da precipitação anual e a área de captação, conforme Equação 9:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

*Equação 9*

*Sendo:*

*V= volume de água do reservatório, em litros (l);*

*P= precipitação média anual, em milímetros (mm);*

*A = área de coleta, em metros quadrados (m<sup>2</sup>).*

- *Método Prático Australiano*

O cálculo do volume mensal de água produzida pela chuva na área de captação definida para o projeto é calculado pela Equação 10:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

*Equação 10*

*Sendo:*

*C = coeficiente de escoamento superficial;*

*P = precipitação média mensal, em milímetros (mm);*

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

*A = área de coleta, em metros quadrados (m<sup>2</sup>);*

*Q = volume mensal produzido pela chuva, em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).*

Pela Equação 11, são realizadas as diversas tentativas para o cálculo do volume do reservatório:

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

*Equação 11*

*Sendo:*

*Q<sub>t</sub> = volume mensal produzido pela chuva no mês t, em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);*

*V<sub>t</sub> = volume de água que está no tanque no final do mês t, em metros cúbicos (m<sup>3</sup>);*

$V_{t-1}$  = volume de água que está no tanque no início do mês  $t$ , em metros cúbicos ( $m^3$ );

$D_t$  = demanda mensal, em metros cúbicos ( $m^3$ ).

Para uso do Método Prático Australiano é importante que, quando o resultado da Equação 10 for negativo, considera-se então que  $V_t=0$ . Também é necessário considerar que para o primeiro mês o reservatório esteja vazio.

### 5.3.6 SISTEMA DE RECALQUE

A instalação hidráulica é dividida em tubulação de sucção, presente antes da bomba, e tubulação de recalque, existente após a bomba. Para que todo o conjunto seja dimensionado, será de extrema importância conhecer o diâmetro destas tubulações. Para determinar o diâmetro da tubulação de recalque utilizam-se as fórmulas de Forchheimer (Equação 12 e Equação 13).

$$D_{rec} = 1,3 \times \sqrt{Q_{rec}} \times \sqrt[4]{X} \quad \text{Equação 12}$$

$$Q_{rec} = \frac{C_d}{N_f} \quad \text{Equação 13}$$

*Sendo:*

$D_{rec}$  = diâmetro de recalque, em metros ( $m$ );

$Q_{rec}$  = vazão de recalque, em metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ );

$C_d$  = consumo diário, em metros cúbicos ( $m^3$ );

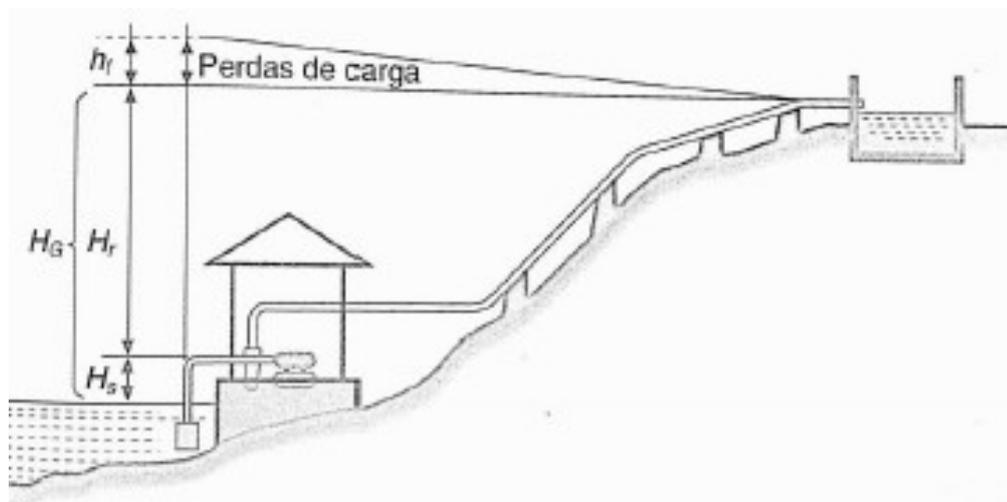
$N_f$  = número de horas de funcionamento da bomba no período de 24 horas;

$X$  = relação entre o número de horas de funcionamento da bomba e o número de horas do dia, ou seja,

$$X = \frac{N_f}{24} \quad \text{Equação 14}$$

A partir do diâmetro da tubulação de recalque, é possível determinar a potência do conjunto elevatório. Este conjunto tem como objetivo vencer a diferença de nível entre os dois pontos mais as perdas de carga em todo o percurso, incluindo perdas de carga por atrito, ao longo da canalização (RANGEL, 2016).

Para isto, devem ser consideradas as alturas às quais o sistema estará submetido: altura geométrica ( $H_G$ ), altura de sucção ( $H_s$ ), altura de recalque ( $H_r$ ) e altura manométrica ( $H_m$ ). Conforme apontado no esquema da Figura 20, a altura de sucção corresponde à distância entre o nível da cota inferior e o eixo da bomba, enquanto a altura de recalque equivale à distância entre o eixo da bomba e a cota superior da alimentação do reservatório. A altura geométrica será equivalente à soma das duas alturas anteriores e a altura manométrica corresponde ao desnível geométrico, verificado entre os níveis da água na tomada e na chegada, acrescido de todas as perdas de carga por atrito que ocorrem nas peças especiais (perda de carga localizada) e tubulações (perda de carga distribuída) (JUSTINO & NOGUEIRA, 2011).



**Figura 20** – Demonstração das alturas de sucção ( $H_s$ ), recalque ( $H_r$ ) e geométrica ( $H_G$ )

**Fonte:** Azevedo Netto (1998, apud Rangel, 2016)

O cálculo da perda de carga depende dos tubos e conexões empregados no sistema. A ABNT NBR 5626/1998 (ABNT, 1998) afirma que a perda de carga ao longo de um tubo depende de seu comprimento, diâmetro e rugosidade da sua superfície interna e da vazão. Para o cálculo da perda de carga, é recomendada a expressão de

Fair-WhippleHsiao para tubos lisos, conforme Equação 15, na qual se equadram as tubulações de PVC utilizadas neste projeto.

$$J = 0,0008695 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75} \quad \text{Equação 15}$$

*Sendo:*

*J = perda de carga unitária, em metro por metro (m/m);*

*Q = vazão estimada na seção considerada, em metros cúbicos por segundo (m³/s);*

*d = diâmetro interno do tubo, em metros (m).*

A perda de carga localizada é obtida através do método dos comprimentos equivalentes, no qual são atribuídos comprimentos adicionais pré-estabelecidos pela ABNT NBR 5626/1998 (ABNT, 1998) a cada tipo específico de conexão utilizada no sistema, como curvas, cotovelos e tê, conforme Figura 21. O valor total da perda de carga localizada é a soma de todos estes valores referentes às peças especiais. Já a perda distribuída, decorrente do atrito entre o fluido e a rugosidade das tubulações, é calculada somando ao comprimento real da tubulação a carga localizada total.

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

**Figura 21** – Perda de carga em conexões - comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre), segundo a NBR 5626/1998

Fonte: ABNT, 1998

Diante de todas as condições anteriores, pode-se calcular a potência do conjunto elevatório através da Equação 16:

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \eta} \quad \text{Equação 16}$$

*Sendo:*

*P = potência, em cavalos (HP);*

*$\gamma$  = peso específico do líquido a ser elevado, em quilograma força por metro cúbico (kgf/m<sup>3</sup>);*

*Q = vazão de projeto, em metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s);*

*H<sub>man</sub> = altura manométrica, em metros (m);*

*$\eta$  = rendimento global do conjunto elevatório.*

Deve-se atentar que o rendimento da bomba está associado à potência. Logo, para que o dimensionamento seja preciso é importante consultar previamente o fabricante do produto (TOMAZ, 2010), garantindo que tanto a potência quanto o rendimento do equipamento sejam corretamente compatíveis com a bomba necessária ao sistema.

### 5.3.7 INSTALAÇÃO HIDRÁULICA DE DISTRIBUIÇÃO

O sistema de aproveitamento de água de chuva deste projeto tem por objetivo suprir a demanda total de 200m<sup>3</sup> mensais, destinados às atividades do lava jato, limpeza e irrigação de jardins, atividades que até o presente momento são desempenhadas com a utilização de mangueiras acopladas a torneiras comuns, que disponibilizam água potável.

Para o lava jato e as atividades de lavagem de pisos e fachada, são utilizadas máquinas lavadoras de alta pressão, sendo dispensável o uso de bombas na rede de alimentação dos equipamentos disponíveis para tais objetivos. Já para a atividade de jardinagem, o sistema existente é simples, conta apenas com a existência de torneira acoplada a uma longa mangueira para irrigar a vegetações externas localizadas próximas às portarias e nos estacionamentos.

Em posse destas informações conclui-se que, para que as águas pluviais armazenadas nos reservatórios sejam disponibilizadas para as atividades as quais foram destinadas, não há necessidade de que sejam dimensionados sistemas robustos de abastecimento pressurizados com o uso de bombas. Para que a eficiência do fornecimento da água pluvial seja atendida, basta que a própria condição elevada do reservatório e o diâmetro da tubulação de saída de água do mesmo, desempenhem vazão suficiente para que atenda aos objetivos previstos neste projeto.

Segundo a ABNT NBR 5626/1998 (ABNT, 1998) que normatiza projetos e execuções de instalações hidráulicas de água fria, é recomendado o uso do método dos pesos relativos para estimar as vazões necessárias ao sistema para que atendam de maneira satisfatória à vazão de projeto dos equipamentos alimentados pela tubulação que sai do reservatório principal de armazenamento de água potável.

Neste método, a quantidade de cada tipo de peça que será alimentada pela tubulação é multiplicada pelos seus devidos pesos, e são somados todos esses valores da multiplicação (RANGEL, 2016) e, a partir do resultado deste somatório, estima-se a vazão de cada prumada pela Equação 17:

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\Sigma P} \quad \text{Equação 17}$$

*Sendo:*

*Q = vazão estimada na seção considerada, em litros por segundo (l/s);*

*$\Sigma P$  = somatório dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.*

Os pesos relativos utilizados neste cálculo são tabelados pela norma técnica NBR 5626/1998 (ABNT, 1998), conforme apontado na figura abaixo:

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

**Figura 22** – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização, segundo a NBR 5626/1998

**Fonte:** ABNT, 1998

Calculadas as vazões que deverão ter as tubulações de distribuição da água pluvial, através da tabela representada na Figura 23, serão determinados os diâmetros de cada trecho para que possam ser atendidas as vazões calculadas.

**Tabela 6** – Diâmetros nominais das tubulações de acordo com a vazão desejada

Diâmetros Nominais (mm)	Seção (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Vazão máxima (l/s)	Vazão máxima (m <sup>3</sup> /dia)
15	0,00013	1,60	0,20	17
20	0,00028	1,93	0,55	47
25	0,00049	2,21	1,10	95
30	0,00080	2,50	2,00	173
40	0,00112	2,73	3,00	260
50	0,00196	3,00	5,90	508
60	0,00283	3,00	8,50	734

Diâmetros Nominais (mm)	Seção (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Vazão máxima (l/s)	Vazão máxima (m <sup>3</sup> /dia)
75	0,00442	3,00	13,26	1146
100	0,00785	3,00	23,55	2035
125	0,01226	3,00	36,78	3178

Fonte: Azevedo Netto (1998, apud Rangel, 2016)

#### 5.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA

Após concluído o processo de dimensionamento e projeção do sistema de aproveitamento de água de chuva a ser implementado no *shopping center* considerado neste estudo, é necessário avaliar se a implantação do sistema é viável, mensurando em quanto tempo o investimento financeiro despendido para a execução do projeto será restituído.

Com este objetivo, a análise financeira deve comparar todos os custos necessários para execução do sistema e sua operação com as atuais despesas realizadas nas atividades que poderão ter o consumo de água potável substituído pelo uso de água pluvial.

Primeiramente, analisam-se os custos que serão dispensados com as compras de todos os materiais necessários ao sistema, cujas quantidades e especificações técnicas foram consideradas após os dimensionamentos deste projeto. Foram avaliadas também as condições físicas deste local de estudo para que fossem confirmadas as informações levantadas referentes aos materiais e respectivas quantidades a serem empregados na execução deste projeto.

Considerando que a administração do *shopping center* possui diretrizes para que sejam avaliadas as possibilidades de aprovação de despesas, optou-se por utilizar esta métrica para analisar as despesas com as compras de materiais da seguinte forma: foram obtidas três diferentes cotações com fornecedores distintos para cada um dos itens a serem avaliados e, de posse de todos os valores, foram montados mapas de cotações e selecionadas as propostas de menor valor para cada item.

Além dos custos destinados à compra de materiais, necessita-se também que sejam previstas as despesas com contratação de mão-de-obra especializada para execução das instalações de todos os elementos projetados ao sistema. Para estimar

tais valores de investimentos, indica-se que, do gasto total, 60% será com materiais e 40% com a mão de obra (GEROLLA, 2016).

Por fim, torna-se necessário também que sejam considerados os custos com consumo de energia elétrica para operação das bombas empregadas no sistema. Segundo Schroeder (2016), o cálculo do custo com o consumo de energia para o funcionamento do sistema pode ser obtido através da Figura 24 .

$$C = P \times t \times V_{elet} \times I \quad \text{Equação 18}$$

*Sendo:*

*C = custo de energia para o funcionamento do sistema motobomba, em reais por mês;*

*P = potência da motobomba, em quilowatt (kW);*

*t = tempo de funcionamento da motobomba por mês, em horas (h)*

*V<sub>elet</sub> = tarifa da energia elétrica consumida, em reais por quilowatt-hora;*

*I = impostos cobrados pela concessionária sobre a energia, em porcentagem.*

Após serem levantados todos os custos, serão calculadas as previsões de despesas com o consumo de água potável de acordo com a demanda a ser substituída pelo aproveitamento de água pluvial. Neste caso, os valores serão corrigidos no decorrer do tempo e será feita a análise para que o investimento desprendido com a execução do sistema seja compensado pela redução dos custos com o consumo de água potável.

É também primordial que sejam consideradas as economias mensais no consumo de água pago à concessionária, visto que cerca de 200m<sup>3</sup> do consumo total mensal serão substituídos pela água de chuva. Desta forma, a economia de despesas geradas pela implantação dos sistemas de fontes alternativas ao abastecimento público de água é obtida pela diferença entre o custo com água potável antes e depois da utilização dos sistemas.

De posse de todos os valores de despesas e, ao considerar a economia de água potável possibilitada pelo aproveitamento da água pluvial, torna-se possível a análise de retorno do investimento realizado. Dentre as ferramentas mais utilizadas para avaliar investimentos, o administrador tem à sua disposição a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Presente Líquido (VPL) e o *Payback* (ZEPPELINI *et al.*, 2016).

Neste trabalho, optou-se por avaliar qual será o tempo que levará para o investimento se pagar numa análise de tempo de retorno, utilizando a metodologia de análise de investimentos conhecida por *payback*.

## 6. RESULTADOS

A partir da metodologia apresentada no capítulo anterior, serão apresentados nesta seção, os resultados referentes aos dimensionamentos de todos os elementos do sistema de aproveitamento de água de chuva projetado neste estudo, além de serem apresentados os custos necessários para implantação do sistema e a análise de viabilidade financeira.

### 6.1 CHUVAS INTENSAS

A partir da equação de chuvas intensas (Equação 1), tempo de retorno ( $Tr$ ) de 5 anos, para as condições físicas da área drenada, e duração da chuva ( $t$ ) em 5 minutos, conforme recomendações da NBR 10844/1989 (ABNT, 1989), a intensidade pluviométrica encontrada é de 138,85 mm/h, valor que representa a precipitação máxima que deve ser considerada para efeito de projeto.

### 6.2 VAZÃO DE PROJETO

A partir da Equação 2 recomendada pela NBR 10844/1989 para cálculo da vazão de projeto e da área de contribuição (3.585 m<sup>2</sup>), é obtido o valor de 138,27 L/s, conforme especificado a seguir.

$$Q = \frac{138,85 \times 3.585}{60}$$

$$Q = 8.296,29 \frac{L}{min} = 138,27 \frac{L}{s}$$

### 6.3 CALHAS

Dado que na área de captação determinada para uso deste projeto já existem calhas retangulares de aço galvanizado instaladas nos beirais, verificaremos se as dimensões das mesmas são compatíveis com o sistema projetado ou se será necessário substituir 515m de comprimento das calhas existentes por elementos novos com as dimensões corretas.

Para as calhas existentes na edificação, temos que a declividade existente é de 0,8% e que as dimensões são: 20cm de altura, 40cm de largura. Para estes valores temos que a área molhada será 0,08m<sup>2</sup> e o perímetro molhado será 0,8m. Com posse destas informações, obtemos o valor do raio hidráulico:

$$R_h = \frac{0,08}{0,8} = 0,1m$$

Posteriormente, considerando o coeficiente  $n=0,011$  referente ao material de aço galvanizado que constitui as calhas, pela equação de Manning temos o valor da vazão nas calhas:

$$Q = 60.000 \times \frac{0,08}{0,011} \times 0,1^{2/3} \times 0,008^{1/2}$$

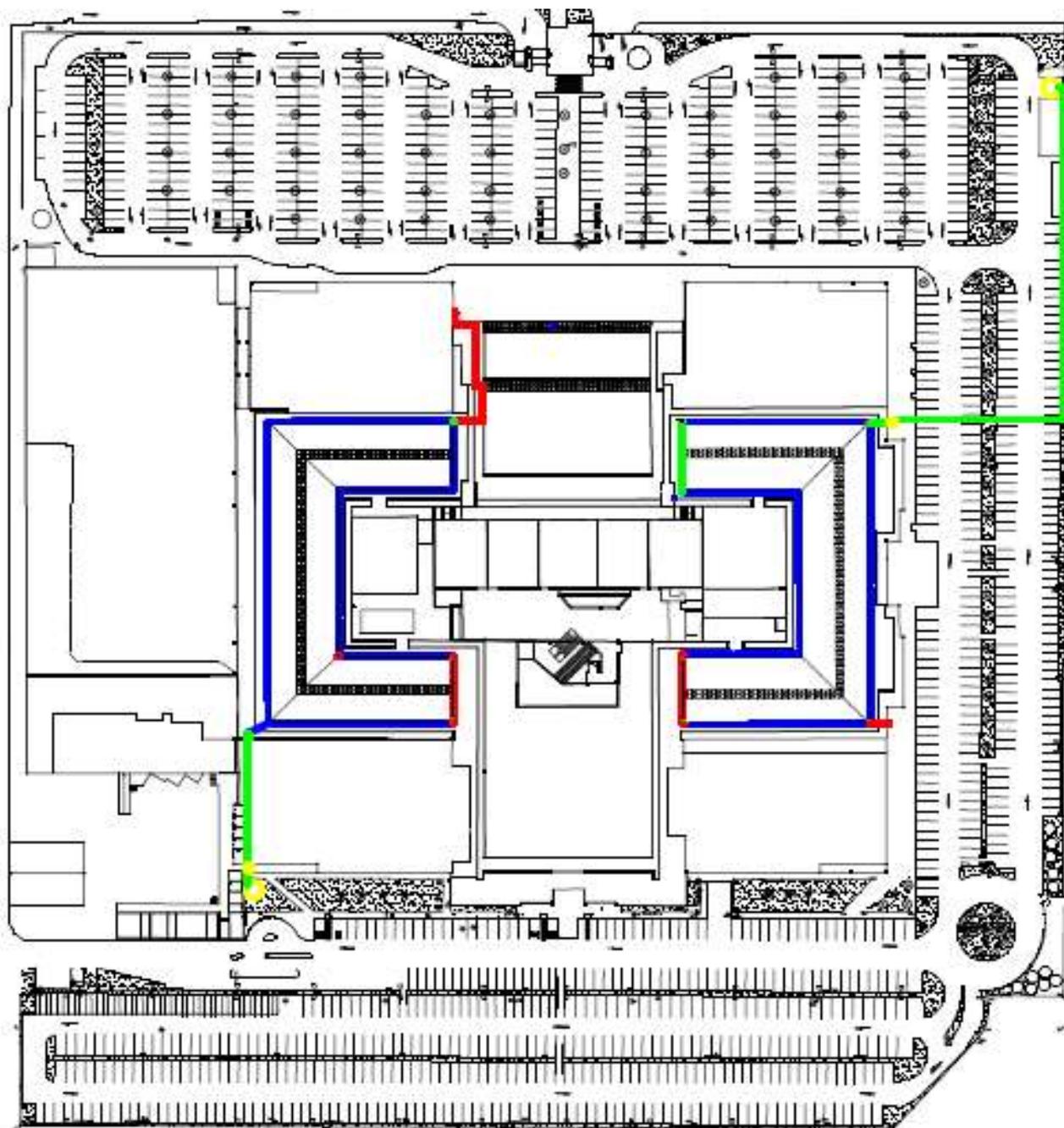
$$Q = 8.408,66 \text{ L/min} = 140,14 \text{ L/s}$$

Dado que o valor da vazão para as calhas é superior à vazão de projeto calculada considerando o valor de chuvas intensas (138,27 L/s), conclui-se que as dimensões das calhas existentes são satisfatórias para a eficiência do projeto. Logo, estes elementos somente serão substituídos nos trechos em que apresentarem elevado estado de deterioração, porém as dimensões, declividade e material deverão ser mantidos para que sigam atendendo a este dimensionamento, conforme recomendado pela NBR 10844/1989.

### **6.3 CONDUTORES**

Dada a configuração atual destes elementos, conforme Figura 17, torna-se necessário avaliar as disposições físicas do empreendimento de modo a utilizar a melhor estratégia para o posicionamento das linhas de condutores horizontais e verticais, de modo a interligar as calhas aos reservatórios, cujas instalações serão as mais próximas possíveis das zonas sinalizadas na Figura 18.

Para estas localizações, serão necessários 120m de novas tubulações horizontais, além da necessidade de reposicionar 4m de tubulações verticais já existentes, para que sejam adequadas as direções das tubulações e caimentos de modo a serem destinadas adequadamente ao reservatório, conforme Figura 24 . Como as tubulações horizontais e verticais existentes possuem diâmetro de 150mm, foi adotado o mesmo diâmetro para as tubulações adicionais que complementarão o sistema.



**Figura 23** – Representação dos condutores horizontais e reservatórios por cor: azul, condutores horizontais já existentes; vermelho, as tubulações retiradas; verde, novos trechos necessários ao abastecimento dos reservatórios; amarelo, os reservatórios de autolimpeza e reservatórios principais.

**Fonte:** Elaborado pela autora.

#### **6.4 RESERVATÓRIO DE AUTOLIMPEZA**

Neste projeto, utilizaremos dois reservatórios de autolimpeza com volumes de 3.000 litros para cada uma das áreas de captação disponíveis (Mall 2 e Mall 4). Desta forma, serão descartados entre 1,5mm e 2mm da primeira precipitação, atendendo

satisfatoriamente às recomendações mais conservadoras dos autores abordados, conforme Tabela 7.

**Tabela 6** – Volumes de descarte da primeira chuva

<b>Setor</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>First flush (mm)</b>	<b>Volume de descarte (L)</b>
Mall 2	1745	1,7	3000
Mall 4	1840	1,6	3000

**Fonte:**Elaborado pela autora.

## **6.5 RESERVATÓRIO PRINCIPAL**

Assim como serão dimensionados dois reservatórios de autolimpeza independentes, serão dois os reservatórios principais, a saber: Reservatório 1, àquele associado à área Mall 2, cuja finalidade será abastecer o lava jato e Reservatório 2, pertencente ao sistema de captação da área de telhado Mall 4, para abastecer as demais necessidades de limpeza e irrigação.

Desta forma, a partir dos métodos explicados no capítulo 3, diversos volumes de reservatórios foram obtidos, que serão detalhados a seguir.

### **6.5.1 MÉTODO DE RIPPL**

Os dados de precipitações utilizados, assim como as demais informações necessárias para os cálculos dos reservatórios através do método foram disponibilizados nas Tabela 7 e Tabela 8.

Na primeira coluna da tabela são dispostos os meses cujas precipitações foram analisadas, de janeiro de 2014 a dezembro de 2018, enquanto na segunda coluna são apresentados os valores dessas precipitações. Já a terceira coluna da tabela apresenta os valores dos volumes de chuvas mensais, calculados multiplicando o valor da precipitação mensal pela área de captação e pelo coeficiente de *runoff*, que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado de acordo com a superfície do telhado. Neste caso, foi considerado  $C=0,8$ , o valor usualmente utilizado para telhados metálicos, conforme Tabela 9. Na quarta coluna temos o volume acumulado de chuva mensal. A primeira linha desta coluna é preenchida com o mesmo valor do volume de chuva do primeiro mês, já a segunda

linha é obtida através da soma do volume de chuva do mês atual com o valor do mês anterior. Os valores da terceira linha em diante são obtidos somando o volume acumulado do mês anterior com o volume de chuva do mês atual. A última coluna da tabela corresponde à demanda acumulada conforme o passar dos meses, considerando o valor mensal de 100m<sup>3</sup> para cada reservatório.

**Tabela 7 – Dimensionamento do Reservatório 1 pelo Método de Rippl**

<b>Mês/Ano</b>	<b>Chuva mensal (mm)</b>	<b>Volume de chuva mensal (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume acumulado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Demanda acumulada (m<sup>3</sup>)</b>
Janeiro/2014	4	5,58	5,58	100
Fevereiro/2014	18	25,13	30,71	200
Março/2014	47	65,61	96,32	300
Abril/2014	79	110,28	206,61	400
Mai/2014	75	104,70	311,31	500
Junho/2014	59	82,36	393,67	600
Julho/2014	123	171,71	565,38	700
Agosto/2014	27	37,69	603,07	800
Setembro/2014	8	11,17	614,24	900
Outubro/2014	26	36,30	650,54	1.000
Novembro/2014	90	125,64	776,18	1.100
Dezembro/2014	41	57,24	833,41	1.200
Janeiro/2015	0	0,00	833,41	1.300
Fevereiro/2015	68	94,93	928,34	1.400
Março/2015	145	202,42	1.130,76	1.500
Abril/2015	105	146,58	1.277,34	1.600
Mai/2015	40	55,84	1.333,18	1.700
Junho/2015	90	125,64	1.458,82	1.800
Julho/2015	34	47,46	1.506,28	1.900
Agosto/2015	125	174,50	1.680,78	2.000
Setembro/2015	0	0,00	1.680,78	2.100
Outubro/2015	68	94,93	1.775,71	2.200
Novembro/2015	217	302,93	2.078,64	2.300
Dezembro/2015	139	194,04	2.272,69	2.400
Janeiro/2016	290	404,84	2.677,53	2.500
Fevereiro/2016	76	106,10	2.783,62	2.600
Março/2016	77	107,49	2.891,12	2.700
Abril/2016	23	32,11	2.923,22	2.800
Mai/2016	34	47,46	2.970,69	2.900
Junho/2016	80	111,68	3.082,37	3.000
Julho/2016	28	39,09	3.121,46	3.100
Agosto/2016	5	6,98	3.128,44	3.200
Setembro/2016	49	68,40	3.196,84	3.300
Outubro/2016	92	128,43	3.325,27	3.400

<b>Mês/Ano</b>	<b>Chuva mensal (mm)</b>	<b>Volume de chuva mensal (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume acumulado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Demanda acumulada (m<sup>3</sup>)</b>
Novembro/2016	250	349,00	3.674,27	3.500
Dezembro/2016	120	167,52	3.841,79	3.600
Janeiro/2017	95	132,62	3.974,41	3.700
Fevereiro/2017	69	96,32	4.070,74	3.800
Março/2017	16	22,34	4.093,07	3.900
Abril/2017	57	79,57	4.172,64	4.000
Mai/2017	80	111,68	4.284,32	4.100
Junho/2017	44	61,42	4.345,75	4.200
Julho/2017	60	83,76	4.429,51	4.300
Agosto/2017	20	27,92	4.457,43	4.400
Setembro/2017	5	6,98	4.464,41	4.500
Outubro/2017	39	54,44	4.518,85	4.600
Novembro/2017	195	272,22	4.791,07	4.700
Dezembro/2017	100	139,60	4.930,67	4.800
Janeiro/2018	90	125,64	5.056,31	4.900
Fevereiro/2018	197	275,01	5.331,32	5.000
Março/2018	217	302,93	5.634,26	5.100
Abril/2018	90	125,64	5.759,90	5.200
Mai/2018	79	110,28	5.870,18	5.300
Junho/2018	23	32,11	5.902,29	5.400
Julho/2018	22	30,71	5.933,00	5.500
Agosto/2018	92	128,43	6.061,43	5.600
Setembro/2018	74	103,30	6.164,74	5.700
Outubro/2018	135	188,46	6.353,20	5.800
Novembro/2018	290	404,84	6.758,04	5.900
Dezembro/2018	67	93,53	6.851,57	6.000

Fonte: Elaborada pela autora

**Tabela 8** – Dimensionamento do Reservatório 2 pelo Método de Rippl

<b>Mês/Ano</b>	<b>Chuva mensal (mm)</b>	<b>Volume de chuva mensal (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volume acumulado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Demanda acumulada (m<sup>3</sup>)</b>
Janeiro/2014	4	5,89	5,89	100
Fevereiro/2014	18	26,50	32,38	200
Março/2014	47	69,18	101,57	300
Abril/2014	79	116,29	217,86	400
Mai/2014	75	110,40	328,26	500
Junho/2014	59	86,85	415,10	600
Julho/2014	123	181,06	596,16	700
Agosto/2014	27	39,74	635,90	800
Setembro/2014	8	11,78	647,68	900
Outubro/2014	26	38,27	685,95	1.000

<b>Mês/Ano</b>	<b>Chuva mensal (mm)</b>	<b>Volume de chuva mensal (m³)</b>	<b>Volume acumulado (m³)</b>	<b>Demanda acumulada (m³)</b>
Novembro/2014	90	132,48	818,43	1.100
Dezembro/2014	41	60,35	878,78	1.200
Janeiro/2015	0	0,00	878,78	1.300
Fevereiro/2015	68	100,10	978,88	1.400
Março/2015	145	213,44	1.192,32	1.500
Abril/2015	105	154,56	1.346,88	1.600
Maio/2015	40	58,88	1.405,76	1.700
Junho/2015	90	132,48	1.538,24	1.800
Julho/2015	34	50,05	1.588,29	1.900
Agosto/2015	125	184,00	1.772,29	2.000
Setembro/2015	0	0,00	1.772,29	2.100
Outubro/2015	68	100,10	1.872,38	2.200
Novembro/2015	217	319,42	2.191,81	2.300
Dezembro/2015	139	204,61	2.396,42	2.400
Janeiro/2016	290	426,88	2.823,30	2.500
Fevereiro/2016	76	111,87	2.935,17	2.600
Março/2016	77	113,34	3.048,51	2.700
Abril/2016	23	33,86	3.082,37	2.800
Maio/2016	34	50,05	3.132,42	2.900
Junho/2016	80	117,76	3.250,18	3.000
Julho/2016	28	41,22	3.291,39	3.100
Agosto/2016	5	7,36	3.298,75	3.200
Setembro/2016	49	72,13	3.370,88	3.300
Outubro/2016	92	135,42	3.506,30	3.400
Novembro/2016	250	368,00	3.874,30	3.500
Dezembro/2016	120	176,64	4.050,94	3.600
Janeiro/2017	95	139,84	4.190,78	3.700
Fevereiro/2017	69	101,57	4.292,35	3.800
Março/2017	16	23,55	4.315,90	3.900
Abril/2017	57	83,90	4.399,81	4.000
Maio/2017	80	117,76	4.517,57	4.100
Junho/2017	44	64,77	4.582,34	4.200
Julho/2017	60	88,32	4.670,66	4.300
Agosto/2017	20	29,44	4.700,10	4.400
Setembro/2017	5	7,36	4.707,46	4.500
Outubro/2017	39	57,41	4.764,86	4.600
Novembro/2017	195	287,04	5.051,90	4.700
Dezembro/2017	100	147,20	5.199,10	4.800
Janeiro/2018	90	132,48	5.331,58	4.900
Fevereiro/2018	197	289,98	5.621,57	5.000
Março/2018	217	319,42	5.940,99	5.100
Abril/2018	90	132,48	6.073,47	5.200
Maio/2018	79	116,29	6.189,76	5.300
Junho/2018	23	33,86	6.223,62	5.400

Mês/Ano	Chuva mensal (mm)	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Volume acumulado (m <sup>3</sup> )	Demanda acumulada (m <sup>3</sup> )
Julho/2018	22	32,38	6.256,00	5.500
Agosto/2018	92	135,42	6.391,42	5.600
Setembro/2018	74	108,93	6.500,35	5.700
Outubro/2018	135	198,72	6.699,07	5.800
Novembro/2018	290	426,88	7.125,95	5.900
Dezembro/2018	67	98,62	7.224,58	6.000

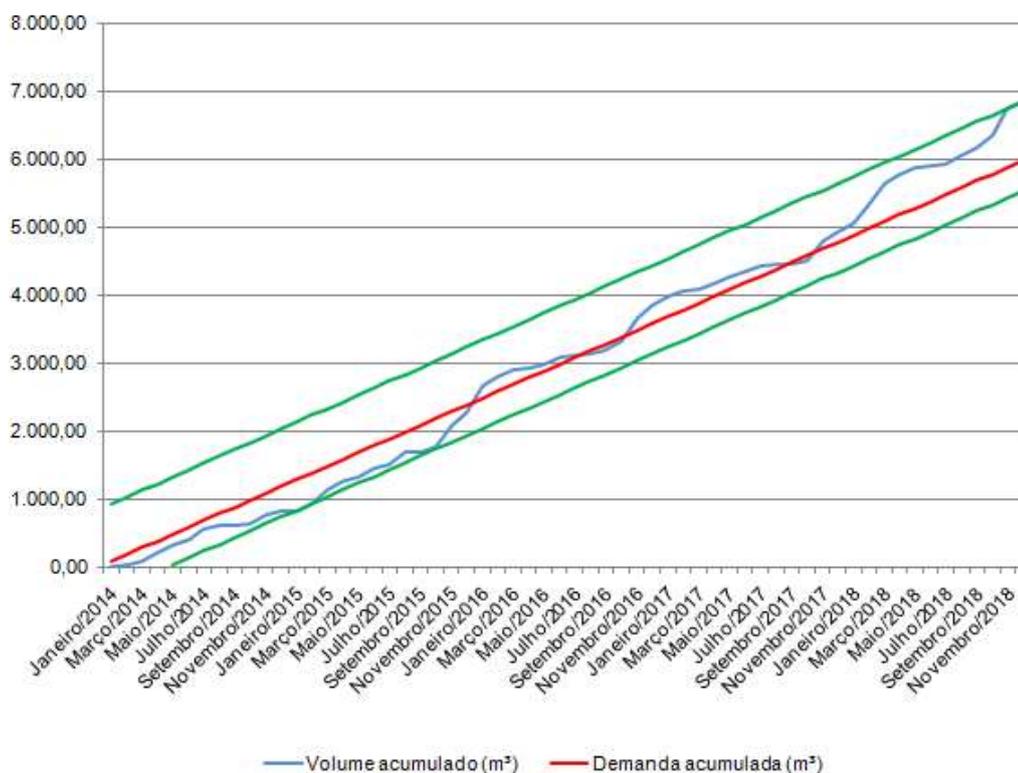
Fonte: Elaborada pela autora

**Tabela 9** – Coeficiente de escoamento superficial

Material	C
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, PVC	0,9 a 0,95

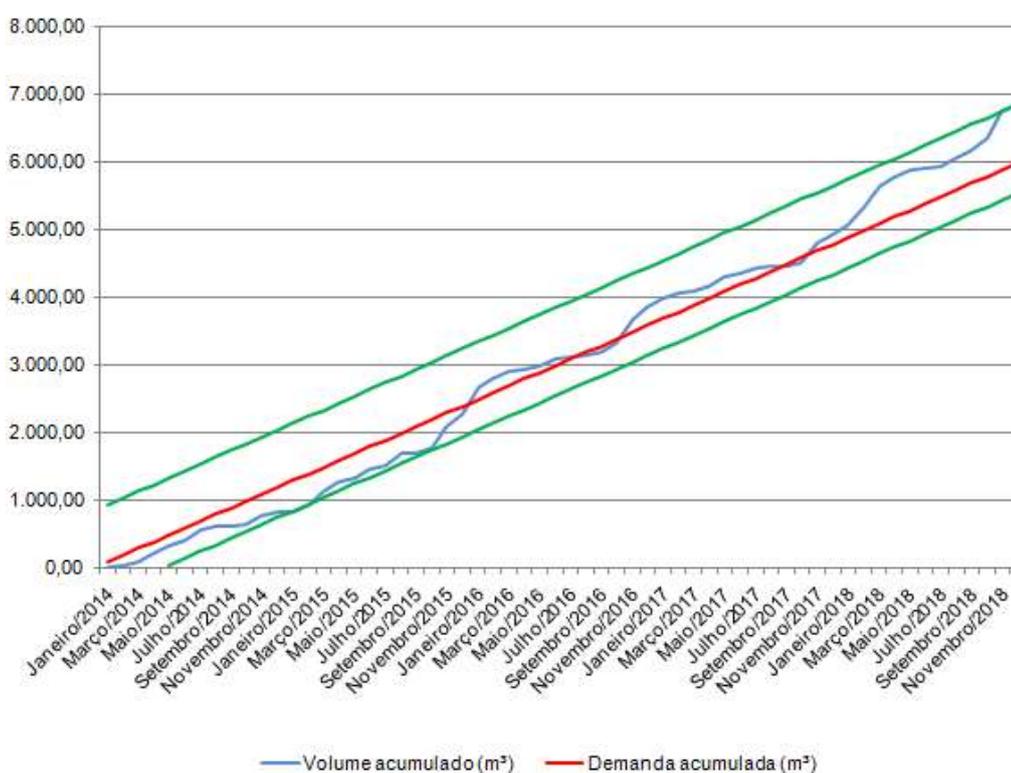
Fonte: Tomaz, 2011

Em posse destes valores, são traçados os gráficos que representam os volumes e demandas acumulados no decorrer dos meses, identificados pelas linhas azuis e vermelhas, respectivamente. Em seguida, são traçadas em cada gráfico duas linhas verdes, paralelas à reta que representa a demanda acumulada, tangenciando a curva do volume acumulado em seu ponto mínimo e outra tangenciando em seu ponto máximo (Figura 24 e Figura 25). O volume do reservatório é calculado pela diferença vertical entre estas duas linhas e tem valor igual a 1.318,16m<sup>3</sup> para o Reservatório 1 e 1.645,79m<sup>3</sup> para o Reservatório 2.



**Figura 24** – Representação gráfica do dimensionamento do Reservatório 1 pelo Método de Rippl

Fonte: Elaborada pela autora



**Figura 25** – Representação gráfica do dimensionamento do Reservatório 2 pelo Método de Rippl

Fonte: Elaborada pela autora

Nota-se que através deste método os valores encontrados como necessários às capacidades dos reservatórios são superdimensionados, pois contam com a compensação dos períodos de estiagem através do acúmulo de água nos períodos de chuva. Para tais volumes, seriam inviáveis os custos para instalações dos reservatórios, sendo necessário avaliar os demais métodos sugeridos pela ABNT NBR 15527/2007 (ABNT, 2007).

### 6.5.2 MÉTODO DA SIMULAÇÃO

Conforme os princípios de simulação previstos para a eficiência do método, são atribuídos valores ao volume do reservatório para que sejam testados. Considera-se que para o volume de 90m<sup>3</sup>, sejam dimensionados os reservatórios com capacidades ideais, compatíveis com as precipitações médias mensais calculadas entre os anos de 2014 e 2018.

Para cada valor médio de precipitação, o volume da chuva mensal é calculado pelo produto da precipitação pela área de captação e o coeficiente de *runoff*. Os valores calculados de transbordo e suprimento de água externo para cada reservatório em cada mês são encontrados nas Tabela 10 e Tabela 11.

**Tabela 10** – Dimensionamento do Reservatório 1 pelo Método da Simulação

Meses	Chuva média mensal (mm)	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo (t) (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Janeiro	95,8	133,7	0,0	33,7	0,0	0,0
Fevereiro	85,6	119,5	33,7	53,2	0,0	0,0
Março	100,4	140,2	53,2	90,0	3,4	0,0
Abril	70,8	98,8	90,0	88,8	0,0	0,0
Mai	61,6	86,0	88,8	74,8	0,0	0,0
Junho	59,2	82,6	74,8	57,5	0,0	0,0
Julho	53,4	74,5	57,5	32,0	0,0	0,0
Agosto	53,8	75,1	32,0	7,1	0,0	0,0
Setembro	27,2	38,0	7,1	-54,9	0,0	54,9
Outubro	72,0	100,5	0,0	0,5	0,0	0,0
Novembro	208,4	290,9	0,5	90,0	101,4	0,0
Dezembro	93,4	130,4	90,0	90,0	30,4	0,0

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 11 – Dimensionamento do Reservatório 2 pelo Método da Simulação

Meses	Chuva média mensal (mm)	Volume de chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo (t-1) (m <sup>3</sup> )	Volume do reservatório no tempo (t) (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	Suprimento de água externo (m <sup>3</sup> )
Janeiro	95,8	141,0	0,0	41,0	0,0	0,0
Fevereiro	85,6	126,0	41,0	67,0	0,0	0,0
Março	100,4	147,8	67,0	90,0	24,8	0,0
Abril	70,8	104,2	90,0	90,0	4,2	0,0
Maio	61,6	90,7	90,0	80,7	0,0	0,0
Junho	59,2	87,1	80,7	67,8	0,0	0,0
Julho	53,4	78,6	67,8	46,4	0,0	0,0
Agosto	53,8	79,2	46,4	25,6	0,0	0,0
Setembro	27,2	40,0	25,6	-34,3	0,0	34,3
Outubro	72,0	106,0	0,0	6,0	0,0	0,0
Novembro	208,4	306,8	6,0	90,0	122,7	0,0
Dezembro	93,4	137,5	90,0	90,0	37,5	0,0

Fonte: Elaborada pela autora

### 6.5.3 MÉTODO AZEVEDO NETO

Quanto à precipitação média anual, os dados necessários para que este valor seja obtido encontram-se na Tabela 3. Ao calcular a média aritmética entre os valores de precipitações acumuladas dos anos de 2014 a 2018 é obtido o valor numérico de  $P = 981,6\text{mm}$ .

Observa-se na Tabela 2 que o mês de setembro costuma apresentar pouca precipitação, comparado aos valores médios de chuva dos demais meses do ano, logo o número de meses de pouca chuva neste caso é  $T = 1$ .

A área de coleta, ou área de captação para o Reservatório 1 é  $1.745\text{m}^2$  e para o Reservatório 2 é  $1.840\text{m}^2$ . Substituindo os devidos valores na Equação 6, calcula-se que o volume do Reservatório 1 ( $V_1$ ) e o volume do Reservatório 2 ( $V_2$ ), que serão:

$$V_1 = 0,042 \times 981,6 \times 1 \times 1.745$$

$$V_1 = 71.941,46 \text{ L} = 71,94 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,042 \times 981,6 \times 1 \times 1.840$$

$$V_2 = 75.858,05 \text{ L} = 75,86 \text{ m}^3$$

#### 6.5.4 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

O primeiro passo deste método é calcular os volumes de precipitações aproveitáveis, de acordo com a Equação 8. Para isto, será utilizado o valor médio anual de precipitação igual a 1.077,75mm, calculado pela média aritmética dos valores anuais de chuvas de 2015 a 2018, considerando que não há registro do consumo de água dentro do *shopping center* anterior a 2015 e, portanto, o método não seria aplicável para datas anteriores. Portanto, o volume de aproveitamento para a área de captação do Reservatório 1 ( $V_{ap,1}$ ) e o volume de aproveitamento para a área do sistema que atende ao Reservatório 2 ( $V_{ap,2}$ ) serão:

$$V_{ap,1} = 1.077,75 \times 1.745 \times 0,8 \times 0,9$$

$$V_{ap,1} = 1.354.085,10 \text{ L} = 1.354,08 \text{ m}^3$$

$$V_{ap,2} = 1.077,75 \times 1.840 \times 0,8 \times 0,9$$

$$V_{ap,2} = 1.427.803,20 \text{ L} = 1.427,80 \text{ m}^3$$

Considerando a demanda mensal de 100m<sup>3</sup> para cada um dos reservatórios, estima-se então que o consumo anual de água não potável seja 1.200m<sup>3</sup> para cada um deles. Sendo assim, pela Equação 7 calculam-se os volumes dos reservatórios, dados por:

$$V_1 = \text{mín} (1.354,08; 1.200) \times 0,06$$

$$V_1 = 72 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \text{mín} (1.427,80; 1.200) \times 0,06$$

$$V_2 = 72 \text{ m}^3$$

### 6.5.5 MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Dado o valor da precipitação média anual entre 2014 e 2018 igual a 981,6mm, calculam-se pela Equação 9 os seguintes volumes:

$$V_1 = 0,05 \times 981,6 \times 1.745$$

$$V_1 = 85.644,6 L = 85,64 m^3$$

$$V_2 = 0,05 \times 981,6 \times 1.840$$

$$V_2 = 90.307,2 L = 90,31 m^3$$

### 6.5.6 MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

A partir dos volumes de chuva a cada mês do ano, dispostos nas terceiras colunas das Tabela 12 e Tabela 13, e com base na demanda de 100m<sup>3</sup> mensais para cada reservatório, são calculados os volumes de água que estão nos reservatórios ao final de cada mês subtraindo a demanda mensal da soma entre o volume mensal produzido pela chuva e os volumes presentes nos reservatórios no início daquele mesmo mês.

**Tabela 12** – Dimensionamento do Reservatório 1 pelo Método Prático Australiano

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Volume mensal produzido pela chuva (m <sup>3</sup> )	Volume de água que está no tanque no início do mês t (m <sup>3</sup> )	Volume de água que está no tanque no fim do mês t (m <sup>3</sup> )
Janeiro	95,8	130,9	0,0	30,9
Fevereiro	85,6	116,7	30,9	47,7
Março	100,4	137,4	47,7	85,0
Abril	70,8	96,0	85,0	81,1
Mai	61,6	83,2	81,1	64,3
Junho	59,2	79,9	64,3	44,1
Julho	53,4	71,8	44,1	15,9
Agosto	53,8	72,3	15,9	-11,8
Setembro	27,2	35,2	-11,8	-76,6
Outubro	72,0	97,7	-76,6	-78,9
Novembro	208,4	288,1	-78,9	109,2
Dezembro	93,4	127,6	109,2	136,8

**Fonte:** Elaborada pela autora

**Tabela 13** – Dimensionamento do Reservatório 2 pelo Método Prático Australiano

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Volume mensal produzido pela chuva (m <sup>3</sup> )	Volume de água que está no tanque no início do mês t (m <sup>3</sup> )	Volume de água que está no tanque no fim do mês t (m <sup>3</sup> )
Janeiro	95,8	138,1	0,0	38,1
Fevereiro	85,6	123,1	38,1	61,1
Março	100,4	144,8	61,1	106,0
Abril	70,8	101,3	106,0	107,3
Maiο	61,6	87,7	107,3	95,0
Junho	59,2	84,2	95,0	79,2
Julho	53,4	75,7	79,2	54,8
Agosto	53,8	76,2	54,8	31,1
Setembro	27,2	37,1	31,1	-31,8
Outubro	72,0	103,0	-31,8	-28,8
Novembro	208,4	303,8	-28,8	175,0
Dezembro	93,4	134,5	175,0	209,6

**Fonte:** Elaborada pela autora

Neste caso, os volumes encontrados para os reservatórios serão os maiores valores obtidos com estes cálculos, ou seja, 136,8m<sup>3</sup> para o Reservatório 1 e 209,6m<sup>3</sup> para o Reservatório 2.

### 6.5.7 SÍNTESE DOS RESULTADOS

Após dimensionar os reservatórios principais para os dois sistemas de captação, armazenamento e aproveitamento de água de chuva, os valores encontrados para o Reservatório 1 encontram-se na Tabela 14 e os volumes dimensionados para o Reservatório 2 estão dispostos na Tabela 15:

**Tabela 14** – Dimensionamentos do Reservatório 1

Método	Volume (m <sup>3</sup> )
Método de Rippl	1.318,16
Método da Simulação	90,00
Método Azevedo Neto	71,94
Método Prático Alemão	72,00
Método Prático Inglês	85,64
Método Prático Australiano	136,81

**Fonte:** Elaborada pela autora

**Tabela 15** – Dimensionamentos do Reservatório 2

<b>Método</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>
Método de Rippl	1.645,79
Método da Simulação	90,00
Método Azevedo Neto	75,86
Método Prático Alemão	72,00
Método Prático Inglês	90,31
Método Prático Australiano	209,59

**Fonte:** Elaborada pela autora

Nota-se que, os métodos de Rippl e o Prático Australiano superdimensionam o reservatório, pois compensam os períodos de seca acumulando águas captadas em períodos de chuvas. Entretanto, há proximidade nos demais valores encontrados para os outros métodos, recomendados pela ABNT NBR 15527/2007 (ABNT, 2007).

Em ambos os sistemas, optou-se por empregar o uso de reservatórios do tipo torre elevada cilíndrica, com capacidade de 90m<sup>3</sup> de armazenamento. Segundo consultas aos fabricantes, o modelo que melhor atende às necessidades do sistema é um reservatório tubular, confeccionado com aço carbono e revestido com pintura externa em esmalte sintético, resistente a intempéries, exposição ao sol e chuva. Para que atenda ao volume desejado neste projeto, o reservatório principal deverá ter 3,50m de diâmetro e 9,40m de altura. Um exemplo de reservatório deste modelo encontra-se na Figura 26.

**Figura 26** – Reservatório cilíndrico tubular

**Fonte:** <http://www.jgcaixas.com.br/reservatorio-modelo-tubular/>

## 6.6 SISTEMA DE RECALQUE

Primeiramente, torna-se necessário estimar a vazão de água que será utilizada para dimensionar o sistema de recalque. Sabemos que por mês, cada um dos reservatórios contará com a demanda de 100m<sup>3</sup> de água. Estima-se que este volume total possa ser esgotado em 15 dias de operações com lavagens de carros, irrigação de jardins e limpezas. Para tal, espera-se que sejam realizados 3 recalques diários, com duração de aproximadamente uma hora cada um.

Aplicam-se tais valores às Equações 12, 13 e 14, e são obtidos:

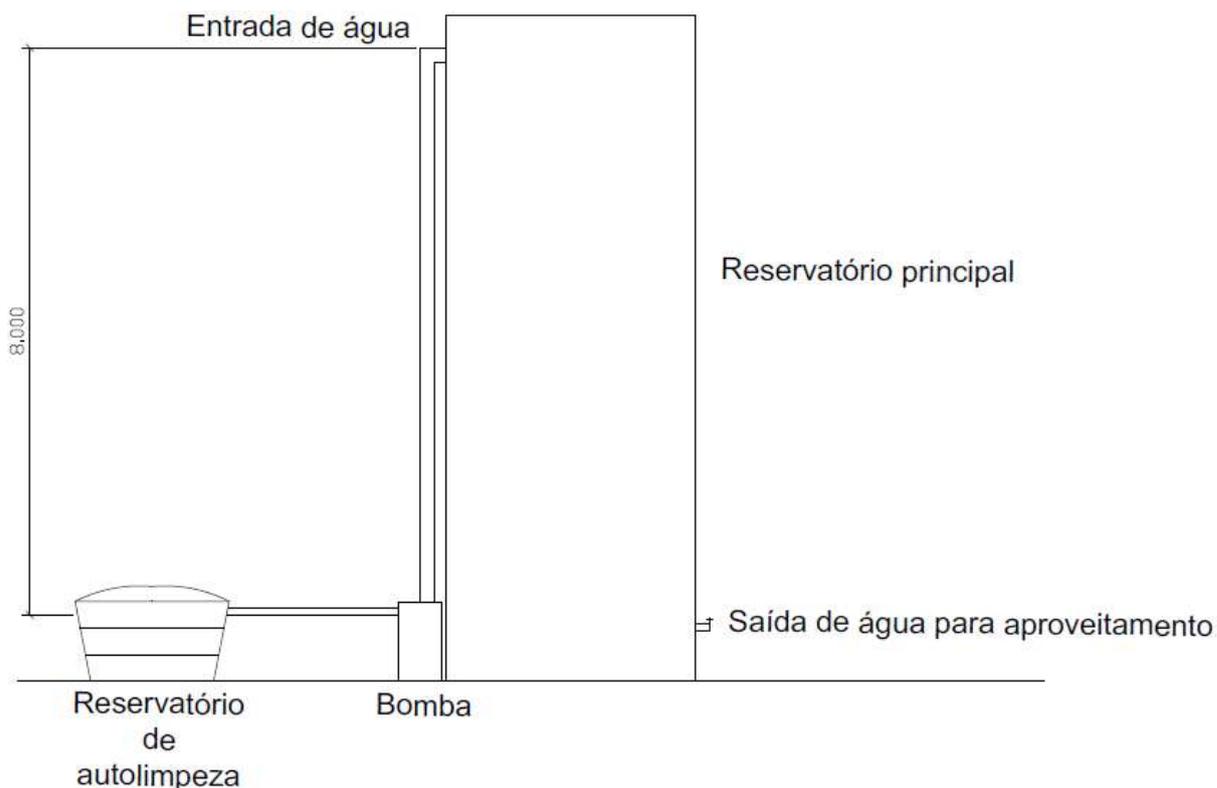
$$D_{rec} = 1,3 \times \sqrt{\frac{100}{15 \times 3 \times 3600}} \times \sqrt[4]{\frac{3}{24}}$$

$$D_{rec} = 0,0192 \text{ m} = 19,20 \text{ mm}$$

Logo, serão utilizados tubos de diâmetro comercial de 20mm.

Para o dimensionamento da bomba, calcularemos as perdas de carga do sistema, utilizando como base o esquema apresentado abaixo na Figura 27, tal que as cotas representam as distâncias reais dados os dimensionamentos dos reservatórios de autolimpeza e reservatórios principais.

Considerando que as bombas sejam instaladas no mesmo nível dos reservatórios de autolimpeza, consideraremos que a distância entre o nível da água e o eixo da bomba seja nula, neste caso,  $H_s = 0$ . Sendo assim, a altura geométrica será equivalente a altura de recalque que, pela figura, nota-se que corresponde a 8,0m.



**Figura 27** – Esquemática do sistema de recalque a ser empregado

**Fonte:** Elaborada pela autora

Considerando a vazão de recalque como 0,6173 L/s e o diâmetro da tubulação igual a 20mm, o cálculo da perda de carga ao longo dos tubos através da Equação 15 será:

$$J = 0,0008695 \times 0,00061728^{1,75} \times 0,02^{-4,75}$$

$$J = 0,247 \text{ m/m}$$

Quanto à perda de carga localizada, por meio dos métodos dos comprimentos equivalentes atribuem-se valores a cada um dos elementos do sistema entre as bombas e os reservatórios principais, conforme Figura 20. Para o Reservatório 1, após a bomba, serão utilizados 122m de tubulação horizontal, 8m de tubulação vertical (diâmetros de 15mm) e 4 cotovelos de 90°. Já para o Reservatório 2, serão utilizados 3,3m de tubulação horizontal, 8m de tubulação vertical (diâmetros de 15mm) e 2 cotovelos de 90°. Portanto, a perda de carga localizada para o sistema 1 será  $h_{f,1} = 4,4 \text{ m}$  e para o sistema 2 temos  $h_{f,2} = 2,2 \text{ m}$ .

Sendo assim, é obtida a altura manométrica através da soma entre a altura geométrica, as perdas de cargas localizadas e perdas de cargas distribuídas, ou seja,

$$H_{man,1} = 8 + (122 + 8) \times 0,247 + 4,4$$

$$H_{man,1} = 44,51 \text{ m}$$

$$H_{man,2} = 8 + (3,3 + 8) \times 0,247 + 2,2$$

$$H_{man,2} = 12,99 \text{ m}$$

Diante de todos os cálculos anteriores, são finalmente dimensionadas as potências necessárias às bombas que atenderão ao sistema, por meio da Equação 16, na qual são aplicados os valores do peso específico da água ( $1.000 \text{ kgf/m}^3$ ), vazão do projeto de sistema de recalque ( $0,00061728 \text{ m}^3/\text{s}$ ), altura manométrica para cada sistema. Opta-se por deixar a potência em função do rendimento, o qual deverá ser consultado ao fabricante do produto para que a compra seja realizada corretamente.

$$P_1 = \frac{1.000 \times 0,00061728 \times 44,51}{75 \times \eta}$$

$$P_1 \times \eta_1 = 0,366 \text{ cv}$$

$$P_2 = \frac{1.000 \times 0,00061728 \times 12,99}{75 \times \eta}$$

$$P_2 \times \eta_2 = 0,107 \text{ cv}$$

Consultados alguns representantes de marcas de bombas reconhecidas no mercado e analisando catálogos de fabricantes, foi recomendado que para o dimensionamento obtido, seja utilizada uma bomba multiestágios de 1,5cv para atender ao sistema 1 e outra bomba multiestágios de 1cv para atender ao sistema 2.

## **6.7 REDE HIDRÁULICA DE DISTRIBUIÇÃO**

Como este projeto irá atender exclusivamente a torneiras, opta-se por utilizar a peça de utilização destinada a tanques para que o dimensionamento seja mais conservador e entregue ao sistema maior possibilidade de vazão.

Logo, para cada um dos reservatórios a serem dimensionados através deste estudo, serão destinadas 3 saídas para serem instaladas torneiras de tanque, cujo peso relativo é 0,7 para cada elemento, conforme Figura 22.

Portanto, pela Equação 17 calcula-se:

$$Q_1 = Q_2 = 0,3 \times \sqrt{(3 \times 0,7)}$$

$$Q_1 = Q_2 = 0,435 \text{ L/s}$$

Ao consultar a Tabela 6, nota-se que para que a vazão calculada seja atendida, são necessárias tubulações de saídas dos reservatórios com diâmetro de 20mm.

### **6.8 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA**

Todos os materiais a serem adquiridos estão listados, quantificados e precificados, cada um com o menor valor encontrado dentre as 3 propostas analisadas, na Tabela 16.

**Tabela 16** – Listagem e precificação de materiais necessários para a execução do sistema

<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade de medida</b>	<b>Valor unitário 1 (R\$)</b>	<b>Valor unitário 2 (R\$)</b>	<b>Valor unitário 3 (R\$)</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Calha de aço galvanizado 20x40cm	415	m	114,69	292,27	170,00	47.596,35
Rebite de aço 3,2x8mm - 1000 unidades	1	unidade	51,00	59,00	56,00	51,00
Tela metálica anti-folha	4	unidade	37,63	24,63	32,63	98,53
Tubo PVC de 150mm	120	m	30,82	28,26	24,98	2.998,00
Caixa d'água 3.000 litros	2	unidade	1.399,90	1.529,29	1.258,94	2517,88
Reservatório tubular de 90 m <sup>3</sup>	2	unidade	53.000,00	50.000,00	52.500,00	100.000,00
Tubo PVC de 15mm	133,3	m	6,66	5,33	7,97	710,49
União de 15mm	45	unidade	7,99	8,99	8,65	359,55
Cotovelos PVC de 90º de 15mm	6	unidade	3,19	4,09	3,99	19,14
Cotovelos PVC de 90º de 150mm	20	unidade	59,09	57,90	89,78	1.158,00
Cotovelos PVC de 45º de 150mm	4	unidade	39,20	28,03	33,90	112,12
Tê PVC de 150mm	2	unidade	58,90	68,90	42,49	84,98
Luva PVC de 150mm	20	unidade	28,20	26,60	20,90	418,00
Cola incolor para PVC de 850g	6	unidade	30,65	33,29	40,18	183,90
Bomba 1 - Multiestágio 1,5cv	1	unidade	1.520,00	1.612,00	1.744,30	1.520,00
Bomba 2 - Multiestágio 1cv	1	unidade	1.454,35	1.157,37	1.093,00	1.093,00
Tubo PVC de 20mm	3	m	7,91	8,19	8,19	23,73
Registros de torneira de tanque	6	unidade	87,38	89,91	94,90	524,28

Considerando sempre a compra do produto de menor valor dentre todos os orçamentos obtidos, é previsto o custo total de R\$ 158.674,39 para a compra de todos os materiais listados. Portanto, será estimada a despesa de R\$ 105.956,41 para a mão-de-obra contratada para a execução do serviço, valor que corresponde a 40% do total que será dispensando com toda a execução do projeto alvo deste estudo. Logo, o valor total necessário ao investimento de execução do projeto é igual a R\$ 264.630,80.

Para que seja obtido o valor referente às despesas de energia elétrica com a operação das bombas, utiliza-se o valor de da tarifa média mensal paga por este *shopping center* no ano de 2019 como R\$ 0,75 pelo quilowatt hora, já incluídos os impostos cobrados. Além disso, considera-se que 1cv corresponda a 0,735kW, ou seja, a potência da bomba 1 ( $P_1$ ) será 0,735kW enquanto a potência da bomba 2 ( $P_2$ ) corresponde a 1,103kW.

Considerando que sejam realizadas 3 horas de recalque nos 15 dias previstos de uso, haverá em média 45 horas por mês de operação das bombas, conforme o dimensionamento do sistema, através da Figura 24 calculam-se os custos atribuídos às operações mensais das bombas 1 e 2, dados por:

$$C_1 = 0,735 \times 45 \times 0,75$$

$$C_1 = 24,81$$

$$C_2 = 1,103 \times 45 \times 0,75$$

$$C_2 = 37,23$$

Logo, o valor mensal para a operação deste sistema de aproveitamento de água de chuva é R\$ 62,04.

Quanto à economia proporcionada pela substituição do consumo de água potável por, em média, 200m<sup>3</sup> de água pluvial por mês, esta é estimada de acordo com a tarifa média praticada entre os anos de 2018 e 2019 de R\$ 16,95 pelo m<sup>3</sup> de água potável fornecida e consumida. Portanto, considera-se que o aproveitamento de água pluvial irá proporcionar economia de R\$ 3.390,00 por mês.

Considera-se que o valor do investimento para a compra de materiais seja realizado à vista, porém o valor da mão de obra poderá ser quitado em três parcelas mensais. Será considerado também que somente após o fim do segundo mês iniciará

a operação do sistema, ou seja, somente no terceiro mês serão contabilizadas as despesas de operação e as economias com a redução do consumo de água.

Portanto, é apresentada na Tabela 17 a análise de *payback*, através da qual se analisa o tempo necessário para que os investimentos realizados possam ser pagos pelo retorno proporcionado pela economia de água.

**Tabela 17 – Despesas e economias mês a mês para análise de *Payback***

	<b>Despesas (R\$)</b>	<b>Economia de Água (R\$)</b>	<b>Saldo em aberto (R\$)</b>
Mês 0	158.674,39		158.674,39
Mês 1	35.318,80		193.993,19
Mês 2	35.318,80		229.312,00
Mês 3	35.380,84	3.390,00	261.302,84
Mês 4	62,04	3.390,00	257.974,88
Mês 5	62,04	3.390,00	254.646,92
Mês 6	62,04	3.390,00	251.318,96
Mês 7	62,04	3.390,00	247.991,00
Mês 8	62,04	3.390,00	244.663,04
Mês 9	62,04	3.390,00	241.335,08
Mês 10	62,04	3.390,00	238.007,12
Mês 11	62,04	3.390,00	234.679,16
Mês 12	62,04	3.390,00	231.351,20
Mês 13	62,04	3.390,00	228.023,24
Mês 14	62,04	3.390,00	224.695,28
Mês 15	62,04	3.390,00	221.367,32
Mês 16	62,04	3.390,00	218.039,36
Mês 17	62,04	3.390,00	214.711,40
Mês 18	62,04	3.390,00	211.383,44
Mês 19	62,04	3.390,00	208.055,48
Mês 20	62,04	3.390,00	204.727,52
Mês 21	62,04	3.390,00	201.399,56
Mês 22	62,04	3.390,00	198.071,60
Mês 23	62,04	3.390,00	194.743,64
Mês 24	62,04	3.390,00	191.415,68
Mês 25	62,04	3.390,00	188.087,72
Mês 26	62,04	3.390,00	184.759,76
Mês 27	62,04	3.390,00	181.431,80
Mês 28	62,04	3.390,00	178.103,84
Mês 29	62,04	3.390,00	174.775,88
Mês 30	62,04	3.390,00	171.447,92
Mês 31	62,04	3.390,00	168.119,96
Mês 32	62,04	3.390,00	164.792,00
Mês 33	62,04	3.390,00	161.464,04
Mês 34	62,04	3.390,00	158.136,08

	<b>Despesas (R\$)</b>	<b>Economia de Água (R\$)</b>	<b>Saldo em aberto (R\$)</b>
Mês 35	62,04	3.390,00	154.808,12
Mês 36	62,04	3.390,00	151.480,16
Mês 37	62,04	3.390,00	148.152,20
Mês 38	62,04	3.390,00	144.824,24
Mês 39	62,04	3.390,00	141.496,28
Mês 40	62,04	3.390,00	138.168,32
Mês 41	62,04	3.390,00	134.840,36
Mês 42	62,04	3.390,00	131.512,40
Mês 43	62,04	3.390,00	128.184,44
Mês 44	62,04	3.390,00	124.856,48
Mês 45	62,04	3.390,00	121.528,52
Mês 46	62,04	3.390,00	118.200,56
Mês 47	62,04	3.390,00	114.872,60
Mês 48	62,04	3.390,00	111.544,64
Mês 49	62,04	3.390,00	108.216,68
Mês 50	62,04	3.390,00	104.888,72
Mês 51	62,04	3.390,00	101.560,76
Mês 52	62,04	3.390,00	98.232,80
Mês 53	62,04	3.390,00	94.904,84
Mês 54	62,04	3.390,00	91.576,88
Mês 55	62,04	3.390,00	88.248,92
Mês 56	62,04	3.390,00	84.920,96
Mês 57	62,04	3.390,00	81.593,00
Mês 58	62,04	3.390,00	78.265,04
Mês 59	62,04	3.390,00	74.937,08
Mês 60	62,04	3.390,00	71.609,12
Mês 61	62,04	3.390,00	68.281,16
Mês 62	62,04	3.390,00	64.953,20
Mês 63	62,04	3.390,00	61.625,24
Mês 64	62,04	3.390,00	58.297,28
Mês 65	62,04	3.390,00	54.969,32
Mês 66	62,04	3.390,00	51.641,36
Mês 67	62,04	3.390,00	48.313,40
Mês 68	62,04	3.390,00	44.985,44
Mês 69	62,04	3.390,00	41.657,48
Mês 70	62,04	3.390,00	38.329,52
Mês 71	62,04	3.390,00	35.001,56
Mês 72	62,04	3.390,00	31.673,60
Mês 73	62,04	3.390,00	28.345,64
Mês 74	62,04	3.390,00	25.017,68
Mês 75	62,04	3.390,00	21.689,72
Mês 76	62,04	3.390,00	18.361,76
Mês 77	62,04	3.390,00	15.033,80
Mês 78	62,04	3.390,00	11.705,84
Mês 79	62,04	3.390,00	8.377,88

	<b>Despesas (R\$)</b>	<b>Economia de Água (R\$)</b>	<b>Saldo em aberto (R\$)</b>
Mês 80	62,04	3.390,00	5.049,92
Mês 81	62,04	3.390,00	1.721,96
Mês 82	62,04	3.390,00	-1.606,00

**Fonte:** Elaborada pela autora

De acordo com a análise realizada, conclui-se que o tempo de retorno para que o investimento total realizado seja restituído é de 82 meses ou 6 anos e 10 meses. Após este período, consideram-se as despesas para operação das bombas do sistema em detrimento da economia proporcionada pela redução do consumo de água potável.

Nota-se que o investimento de maior relevância em todo o orçamento é representado pelo valor de aquisição dos reservatórios principais, dado que correspondem a cerca de 38% do valor total orçado. Entretanto, a compra de reservatório tubular torna o processo executivo menos moroso, além de exigir poucas horas de trabalho e reduzida mão-de-obra para sua instalação.

Quanto às calhas, elementos fundamentais para o funcionamento do sistema, representam cerca de 30% do orçamento total, ao considerar custos com materiais e execução. Portanto, é possível concluir que caso a estrutura existente atendesse às condições de qualidade necessárias ao projeto, não haveria a obrigatoriedade de substituição de 415m de calhas comprometidas por novas peças, pois o dimensionamento das mesmas atenderia ao projeto. Desta forma, este mesmo projeto seria pago em 4 anos e 10 meses caso as calhas atualmente instaladas no empreendimento estivessem 100% íntegras.

## 7. CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho, motivado pela análise de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um *shopping center* localizado na cidade de Macaé/RJ, foi possível obter dados e informações relevantes para analisar sua viabilidade, não só como medida de investimento econômico, bem como de responsabilidade socioambiental.

Por meio das análises de dados realizadas, encontrou-se a oportunidade mínima do volume mensal de água a ser economizada, correspondente à demanda para fins não potáveis, utilizado como base para este estudo. De acordo com estes dados e com informações pluviométricas, foi possível selecionar os métodos de maior eficiência para o dimensionamento do reservatório, segundo a ABN NBT 10844/1989 (ABNT, 1989). Dentre eles, destacam-se o Método da Simulação e o Método Prático Inglês, através dos quais foram obtidos valores mais consistentes para o dimensionamento dos reservatórios necessários a este projeto. Tais métodos consideram os volumes de água a serem descartados em caso de excesso (extravasamento), assim como em caso de necessidade de abastecimento externo, mensurando o volume ocioso do reservatório. Desta forma, são avaliadas as necessidades de expansão ou redução da capacidade de armazenamento do sistema, até que seja definido o volume ideal para o reservatório, de modo a equilibrar extravasamentos e abastecimentos externos.

Nota-se que a existência de parte da estrutura necessária ao sistema, como calhas e condutores, reduz consideravelmente as despesas necessárias ao investimento do projeto. Observa-se também que a maior parte do investimento realizado para compra dos itens do sistema será empregada com a aquisição dos reservatórios principais. Visto que a existência destes é primordial para o sistema, pode-se considerar a possibilidade de novas cotações e negociações com fornecedores ou, até mesmo, considerar a possibilidade de métodos construtivos de menor custo.

É possível, portanto, avaliar que, apesar de oneroso e de retornos financeiros a longo prazo, o sistema fortalece a capacidade do empreendimento de manter suas atividades rotineiras e, assim, se auto sustentar em épocas de estiagem e diante de crises hídricas recorrentes na região. Além disso, o *shopping* se colocaria no seletivo

grupo de empreendimentos comerciais deste porte com iniciativas socioambientais voluntárias, independente de decisões legislativas ou judiciais.

Portanto, com todas as análises e considerações abordadas ao longo deste presente estudo, conclui-se que a implementação de um projeto de captação e posterior aproveitamento de água pluvial neste *shopping center* localizado na cidade de Macaé/RJ, torna-se viável a longo prazo. Seus maiores benefícios em curto prazo serão a economia do consumo de água potável em procedimentos de usos menos nobres e o alívio do sistema de drenagem de águas pluviais do empreendimento, atualmente sobrecarregado quando na ocorrência de chuvas críticas. Em médio prazo, este projeto trará benefícios não só às finanças administrativas do empreendimento, mas também à qualidade de vida da população residente na cidade, evitando que parte da água de chuva drenada no empreendimento contribua para ocorrência de alagamentos na cidade, trazendo benefício também ao poder público.

O resultado deste projeto reforça a relevância do uso de fontes alternativas de consumo para o bem-estar das gerações presentes e futuras, conservando a disponibilidade de recursos naturais e, conseqüentemente, a qualidade de vida à população. Enfatiza-se também que os benefícios imediatos do sistema são tão importantes quanto os benefícios financeiros notados ao longo dos anos e que deve-se disseminar a importância da economia de água potável e do aproveitamento de água pluvial para que, num futuro breve, esta mesma iniciativa torne melhor a qualidade de vida de toda a população.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Água no mundo**. Situação da Água no Mundo, 2018. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura Brasil**. Recursos Hídricos, 2018. Disponível em: <[http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/Conjuntura2018\\_Ciclo\\_Agua.157f8316.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/Conjuntura2018_Ciclo_Agua.157f8316.pdf)>. Acesso em: 6 de ago. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura Brasil**. Recursos Hídricos. Brasília 2017.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

ARAÚJO, L. et al. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba**. São Paulo, SP. Revista Brasileira de Meteorologia, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862008000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862008000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 20 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. **Presidência da República, Casa Civil**. Rio de Janeiro, RJ, 10 jul. 1934.

BRASIL. Decreto nº 518, de 25 de março de 2004. **Ministério da Saúde**. Brasília, DF, 25 mar. 2004.

BRASIL. Decreto nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Presidência da República, Casa Civil**. Brasília, DF, 8 jan. 1997.

BRASIL. Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. **Presidência da República, Secretaria-Geral**. Brasília, DF, 30 out. 2017.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5 - Anexo XX, de 28 de setembro de 2017. **Ministério da Saúde**. Brasília, DF, 28 set. 2017.

CARTILHA compara consumo de água por atividades e estabelecimentos. **FECOMERCIOSP**, 2018. Disponível em <<https://www.fecomercio.com.br/noticia/cartilha-compara-consumo-de-agua-por-atividades-e-estabelecimentos>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

CERVEIRA, D. A. N. A isonomia do rateio dos encargos comuns em shopping centers. **ADMINISTRADORES.COM**, 2018. Disponível em: <<https://administradores.com.br/noticias/a-isonomia-do-rateio-dos-encargos-comuns-em-shopping-centers>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

ESPÍRITO SANTO, G.; SANCHEZ, J. G. **Caracterização do uso da água em shopping centers da região metropolitana de São Paulo**. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2001, São Paulo, SP. Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

FAZFÁCIL. **Tipos-de-calhas-e-rufos.jpg**. 2019. Altura: 600 pixels. Largura: 149 pixels. 12,6 Kb. Formato JPEG. Disponível em: <<https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/tipos-de-calhas-chuva/>>. Acesso em: 21 ago. 2019.

FESTI, A. V. **Coletânea das equações de chuva no Brasil**. 2006, Limeira, SP. Disponível em: <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/5f36bd94694ae874fc6bd18a0da88301\\_721561eb3298e404da02b7f6217dd3e0.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/5f36bd94694ae874fc6bd18a0da88301_721561eb3298e404da02b7f6217dd3e0.pdf)> Acesso em: 20 jul. 2019.

FREITAS, L. E. et al. **Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Macaé**. 2015, Rio de Janeiro, RJ. Editora Nova Tríade do Brasil Ltda., 2015.

GEROLLA, G. Qual percentual médio do orçamento corresponde a cada etapa da obra. **UOL**, 2016. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/universa/listas/qual-percentual-medio-do-orcamento-corresponde-a-cada-etapa-da-obra.htm>>. Acesso em: 22 set. 2019.

GODINHO, I. Água é o que não vai faltar nos shoppings. **Diário do Comércio**, 2016. Disponível em: <<https://dcomercio.com.br/categoria/sustentabilidade/agua-e-o-que-nao-vai-faltar-nos-shoppings>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

GUZZO, F. R. **Estratégias para conservação de água potável através do aproveitamento de fontes não potáveis em uma edificação comercial de grande porte**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável)

– Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, Espírito Santo, 2017.

HEBERSON, A. S. et al. **Estudo de Metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água de chuva**. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2009.

Instituto Nacional de Meteorologia. **A608.jpg**. 2019. Altura: 640 pixels. Largura: 360 pixels. 78,4 Kb. Formato JPEG. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/fotos/A608.jpg>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações automáticas – Gráficos**. 2019. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf)>. Acesso em 8 mai. 2019.

JGCAIXAS. **Reservatório-modelo-tubular-1.jpg**. 2016. Altura 310: Largura: 310. 81,5 Kb. Formato JPEG. Disponível em: <<http://www.jgcaixas.com.br/reservatorio-modelo-tubular/>>. Acesso em: 12 set. 2019.

JOVELINO, J. R. et al. **Estudo das metodologias de dimensionamento de reservatórios de água de chuva**. In: II Workshop internacional sobre água no semiárido brasileiro, 2015, Campina Grande, PB. Anais do II Workshop internacional sobre água no semiárido brasileiro. Campina Grande: Editora Realize, 2015.

JUSTINO, D., NOGUEIRA, E. **Dimensionamento do Sistema de Recalque para abastecimento de água da comunidade de Macundú, distrito de São João Marcos, município de Rio Claro, Rio de Janeiro**. Volta Redonda, RJ. Caderonos UniFOA, 2012. Disponível em: <<http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/cadernos/article/view/1080/942>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

LIMA, M. G. M. et al. **Dimensionamento de reservatório de água pluvial: uso do método de Azevedo Neto para residência unifamiliar**. In: II Workshop internacional sobre água no semiárido brasileiro, 2015, Campina Grande, PB. Anais do II Workshop internacional sobre água no semiárido brasileiro. Campina Grande: Editora Realize, 2015.

MACAÉ. Indicação nº 471, de 16 de maio de 2016. **Câmara Municipal de Macaé**. Macaé, RJ, 16 mai. 2016.

MACAÉ. Projeto de Lei nº 22, de 27 de abril de 2016. **Câmara Municipal de Macaé**. Macaé, RJ, 27 abr. 2016.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

NÚMEROS do setor. **ABRASCE**, 2019. Disponível em <<https://abrasce.com.br/numeros/setor/>>. Acesso em: 10 de jun. de 2019.

OLIVEIRA, T. D. et al. **Aproveitamento, captação e (re) uso das águas pluviais na arquitetura**. Cruz Alta, RS. Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto - GEDECON, 2014. Disponível em: <<http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/GEDECON/issue/archive>>. Acesso em: 24 jul. 2019.

ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050. **ONU News**, 2019. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>>. Acesso em: 3 set. 2019.

PEREIRA, D. C. et al. **Determinação da Curva de Intensidade, Duração e Frequência do Município de Ipameri – Goiás**. Goiás, v. 13, n. 2, p. 233-246, jul. 2017.

RANGEL, M. L. **Análise de viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais no Pólo Universitário da cidade de Macaé – RJ**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé, Macaé, Rio de Janeiro, 2016.

REIS, F. **Intensidade Pluviométrica – chuva parte 1**. São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.hidromundo.com.br/intensidade-pluviometrica/>>. Acesso em: 4 dez. 2019.

REIS, F. **Período de retorno, probabilidade e risco**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.hidromundo.com.br/periodo-de-retorno/>>. Acesso em: 3 dez. 2019.

ROMFIM, S. **Tipos de Calhas**. Instalações Hidráulicas e Prediais. 2014. Altura: 727 pixels. Largura: 208 pixels. 21,3 Kb. Formato JPEG. Disponível em: <[http://sinop.unemat.br/site\\_antigo/prof/foto\\_p\\_downloads/fot\\_9556aula\\_05\\_-\\_aguas\\_pluviais\\_pdf.pdf](http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_9556aula_05_-_aguas_pluviais_pdf.pdf)>. Acesso em: 21 ago. 2019.

SHOPPING JK Iguatemi tem sistema de tratamento de água de chuva. **TAE**, 2012. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/4488-noticias>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

SHOPPINGS de São Paulo investem em reúso de água. **TAE**, 2017. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/internas.asp?id=12396&link=noticias>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília, 2019.

STEFFEN, J. L.; RONDON, M. A. C. **Determinação da vazão de projeto em bacias urbanas**. In: XXVII CONGRESSO INTRAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Porto Alegre, RS. Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

TEIXEIRA, C. et al. **Vazão Máxima de projeto: metodologia para dimensionamento de bueiros em áreas agrícolas**. Pelotas, RS. Teoria e Prática na Engenharia Civil, 2011. Disponível em: <[http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art5\\_N17.pdf](http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art5_N17.pdf)>. Acesso em: 21 ago. 2019.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. São Paulo, 2011. Editora Navegar. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com/>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

VALE, C. et al. Biogás: fecha o ciclo de produção, abre caminhos para energia. **Súmula Ambiental**, n. 225, nov. 2015.

ZANELLA, L. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015. Disponível em: <[https://www.conic.org.br/portal/files/2015/Manual\\_para\\_captacao\\_emergencial\\_e\\_uso\\_domestico\\_de\\_AGUA\\_DA\\_CHUVA.pdf](https://www.conic.org.br/portal/files/2015/Manual_para_captacao_emergencial_e_uso_domestico_de_AGUA_DA_CHUVA.pdf)>. Acesso em: 2 set. 2019.

ZEPPELINI, P. D. et al. **Breve anotações sobre o Payback**. São Paulo. 2016. Disponível em: <<http://www.cavalcanteassociados.com.br/utd/UpToDate324.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2019.