



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO NÃO POTÁVEL EM UMA  
INDÚSTRIA MECÂNICA**

**Marina Alves Oliveira**

**Belo Horizonte**

**2022**

**Marina Alves Oliveira**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO NÃO POTÁVEL EM UMA  
INDÚSTRIA MECÂNICA**

Defesa da monografia realizada pela aluna Marina Alves Oliveira do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Campus I, como requisito parcial para realização do Trabalho de Conclusão de Curso.

Orientadora: Profa. Dra. Luciana Peixoto Amaral

Coorientadora: Régia Nayara Rodrigues Silva

Belo Horizonte

2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL - NS



ATA Nº 27 / 2022 - DCTA (11.55.03)

Nº do Protocolo: 23062.035645/2022-58

Belo Horizonte-MG, 18 de julho de 2022.

FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC

MARINA ALVES OLIVEIRA

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO NÃO POTÁVEL EM UMA  
INDÚSTRIA MECÂNICA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Aprovado em 12 de julho de 2022

Banca examinadora:

Luciana Peixoto Amaral

Profa. Dra. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais ? Orientadora

Lília Maria de Oliveira

Profa. Dra. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

André Luiz Marques Rocha

Prof. Me. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

*(Assinado digitalmente em 18/07/2022 12:01 )*  
ANDRE LUIZ MARQUES ROCHA  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO  
DCTA (11.55.03)  
Matricula: 2143906

*(Assinado digitalmente em 18/07/2022 12:05 )*  
LILIA MARIA DE OLIVEIRA  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO  
DCTA (11.55.03)  
Matricula: 1815815

*(Assinado digitalmente em 18/07/2022 11:31 )*  
LUCIANA PEIXOTO AMARAL  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO  
DCTA (11.55.03)  
Matricula: 1808233

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **27**, ano: **2022**, tipo: **ATA**, data de emissão: **18/07/2022** e o código de verificação: **700e17eafa**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre estar me abençoando, me protegendo ao longo do caminho.

Aos meus pais, sou inteiramente feliz e grata por ter vocês comigo, sempre me apoiando e me dando forças, pra nunca desistir dos meus objetivos.

À minha irmã, obrigada por sempre estar me incentivando a seguir meus objetivos, me proporcionando dias mais felizes.

Ao meu namorado, obrigada por todo cuidado, carinho, amor e amizade, por me ouvir e me apoiar, por estar presente me ajudando a superar cada desafio.

Agradeço a todos os professores do CEFET, por todos os ensinamentos que contribuíram para minha formação. Em especial, agradeço à minha orientadora, Luciana Peixoto Amaral por todo apoio e sugestões durante o desenvolvimento do trabalho.

À EMH – Eletromecânica e Hidráulica Ltda, especialmente à Régia Rodrigues pelo apoio para a realização deste trabalho.

Obrigada a todos que fizeram parte disso!

## RESUMO

OLIVEIRA, Marina Alves. *Estudo de Viabilidade Econômica de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais Para Uso Não Potável em uma Indústria Mecânica*. 2022. 60f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

O estresse hídrico é intensificado pelo aumento da população e das atividades econômicas, com isso, essa relação possibilita a visualização da pressão exercida pela população e atividades econômicas sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. A indústria representa o terceiro maior uso da água e, dessa forma, o desenvolvimento de técnicas de aproveitamento e reuso de água torna-se cada vez mais necessário para a redução do consumo desse recurso e para contribuir com o desenvolvimento sustentável. Assim sendo, o objetivo principal desta pesquisa é analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma indústria mecânica localizada em Belo Horizonte/MG. Para a pesquisa, foram realizadas: a) caracterização do empreendimento, identificação das atividades que serão supridas pelo sistema de captação de água pluvial (SAAP) e cálculo das demandas de cada atividade proposta, b) estimativa do consumo de água do empreendimento por meio de análise das contas de água da concessionária de abastecimento, c) dimensionamento do volume armazenado do sistema de aproveitamento de águas pluviais seguindo as diretrizes e orientações propostas pelas normas ABNT NBR 15.527:2019 e ABNT NBR 10.844:1989, d) estimativa da economia de água, em litros e em reais, com a implantação do SAAP. Dentre os resultados obtido, têm-se que o consumo médio geral é de 78 m<sup>3</sup> por ano e a demanda média mensal total para as atividades propostas foi de 25,03 m<sup>3</sup>. Com aplicação do método de Rippl, foi encontrado um volume do reservatório de 102,693 m<sup>3</sup>, porém, reservatórios muito grandes demandam estruturas mais complexas para instalação. Com a aplicação do método da Simulação, foram considerados dois reservatórios com 20m<sup>3</sup> e 40m<sup>3</sup>, que representam 67,98% e 74,64% média de atendimento da demanda, respectivamente. Foi obtido um retorno do investimento (payback) em anos de 4,99 e 6,97 para os reservatórios de 20m<sup>3</sup> e 40m<sup>3</sup>, respectivamente.

Palavras-chave: Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial. Viabilidade econômica. Indústria mecânica. Payback.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Marina Alves. *Economic Feasibility Study of a Rainwater Harvesting System for Non-potable Use in a Mechanical Industry*. 2022. 60f. Monograph (Graduate in Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center for Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

Water stress is intensified by the increase in population and economic activities, with this, this relationship makes it possible to visualize the pressure exerted by the population and economic activities on surface and underground water resources. Industry represents the third largest use of water and, therefore, the development of techniques for the use and reuse of water becomes increasingly necessary to reduce the consumption of this resource and to contribute to sustainable development. Therefore, the main objective of this research is to analyze the economic feasibility of implementing a rainwater harvesting system in a mechanical industry located in Belo Horizonte/MG. For the research, the following were carried out: a) characterization of the enterprise, identification of the activities that will be supplied by the rainwater harvesting system (SAAP) and calculation of the demands of each proposed activity, b) estimation of the enterprise's water consumption through analysis of the water bills of the supply concessionaire, c) dimensioning of the stored volume of the rainwater harvesting system following the guidelines and guidelines proposed by ABNT NBR 15.527:2019 and ABNT NBR 10.844:1989, d) estimation of water savings, in liters and in reais, with the implementation of the SAAP. Among the results obtained, the general average consumption is 78 m<sup>3</sup> per year and the total average monthly demand for the proposed activities was 25.03 m<sup>3</sup>. Using the Rippl method, a reservoir volume of 102.693 m<sup>3</sup> was found, however, very large reservoirs require more complex structures for installation. With the application of the Simulation method, two reservoirs with 20m<sup>3</sup> and 40m<sup>3</sup> were considered, representing 67.98% and 74.64% of average demand service, respectively. A return on investment (payback) was obtained in years of 4.99 and 6.97 for the 20m<sup>3</sup> and 40m<sup>3</sup> reservoirs, respectively.

Keywords: Rainwater Harvesting System. Economic viability. Mechanical industry. Payback.

## SUMÁRIO

<b>1 . INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Objetivo Geral</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos</b>	<b>14</b>
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>15</b>
<b>3.1 A água no Mundo e no Brasil</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Demanda de Água nas Indústrias</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais e seus Componentes</b>	<b>20</b>
<i>3.3.1 Áreas de Captação</i>	<i>20</i>
<i>3.3.2 Calhas e Condutores</i>	<i>21</i>
<i>3.3.3 Qualidade da Água</i>	<i>23</i>
<i>3.3.4 Descarte de Primeira Água</i>	<i>23</i>
<i>3.3.5 Armazenamento</i>	<i>24</i>
<b>3.3.5.1 Método de Rippl</b>	<b>25</b>
<b>3.3.5.2 Método da Simulação</b>	<b>26</b>
<b>3.4 Aspectos Legais no Aproveitamento de Água de Chuva</b>	<b>26</b>
<i>3.4.1 Legislação Nacional</i>	<i>27</i>
<i>3.4.2 Legislação Estadual</i>	<i>27</i>
<i>3.4.3 Legislação Municipal</i>	<i>28</i>
<b>4. METODOLOGIA</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Etapa 1– Caracterização da Área de Estudo e Diagnóstico da Empresa</b>	<b>30</b>
<b>4.2 Etapa 2 – Identificação dos Consumos e Demandas de Água</b>	<b>32</b>

<i>4.2.1 Cálculo da demanda para cabine de pintura</i>	33
<i>4.2.2 Cálculo da demanda de água para jardinagem</i>	34
<i>4.2.3 Cálculo da demanda de lavagem dos pisos</i>	34
<b>4.3 Etapa 3 – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais</b>	<b>35</b>
<b>4.4 Etapa 4 – Estimativa da Economia de Água</b>	<b>40</b>
<b>4.5 Etapa 5 – Análise Econômica do Projeto</b>	<b>40</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>42</b>
<b>5.1 Identificação dos Consumos e Demandas de Água</b>	<b>42</b>
<i>5.1.1 Demanda para cabine de pintura, jardinagem e lavagem dos pisos</i>	43
<b>5.2 Dimensionamento do Reservatório do SAAP</b>	<b>44</b>
<i>5.2.1 Cálculo da área de captação</i>	44
<i>5.2.2 Aplicação do Método de Rippl</i>	45
<i>5.2.3 Aplicação do Método da Simulação</i>	46
<i>5.2.3.1 Método da Simulação com volume fixado em 20m<sup>3</sup></i>	46
<i>5.2.3.1 Método da Simulação com volume fixado em 40m<sup>3</sup></i>	48
<b>5.3 Orçamento dos materiais necessários para concepção do sistema</b>	<b>51</b>
<b>5.4 Estimativa da Economia de Água</b>	<b>53</b>
<b>5.5 Análise Econômica do Projeto</b>	<b>58</b>
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>60</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO I</b>	<b>66</b>



**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.1</b> - Consumo de água no Brasil (em 2019).	12
<b>Figura 1.2</b> - Demanda de água no Brasil (em 2019).	12
<b>Figura 3.1.1</b> – Nível de estresse hídrico no mundo, em 2018 (%).	16
<b>Figura 3.1.2</b> - Mapa das Regiões Hidrográficas do Brasil.	17
<b>Figura 3.1.3</b> - Classificação quanto à quantidade de chuva em 2019.	18
<b>Figura 3.1.4</b> - Classificação quanto à vazão média em 2019.	18
<b>Figura 3.2.1</b> - Porcentagem da vazão retirada por região.	19
<b>Figura 3.3.1</b> - Sistema de captação de águas pluviais.	20
<b>Figura 3.3.1.1</b> - Cálculo da área de captação.Fonte: ABNT (1989).	21
<b>Figura 3.3.2.1</b> - Filtro VF12.	22
<b>Figura 3.3.2.2</b> -Filtro AC.	22
<b>Figura 3.3.4.1</b> - Sistema automático de descarte de primeira água.	24
<b>Figura 4.1.1</b> - Localização da empresa EMH.	30
<b>Figura 4.1.2</b> - EMH - Eletromecânica e Hidráulica Ltda.	31
<b>Figura 4.2.1.1</b> - Cabine de Pintura FL.	33
<b>Figura 4.2.3.1</b> - Lavadora e Secadora de Piso.	35
<b>Figura 4.3.1</b> – Área do telhado do galpão.	36
<b>Figura 4.3.2</b> – Área de captação considerada no estudo (cm).	37
<b>Figura 4.3.3</b> - Área de contribuição para superfícies inclinadas.	37
<b>Figura 4.3.3</b> – Estação Pluviométrica 4 - Rio São Francisco.	38
<b>Figura 4.3.4</b> – Distância entre Estação Pluviométrica 4 - Rio São Francisco e a EMH.	38
<b>Figura 4.3.5</b> – Precipitações Médias Mensais (gráfico).	39
<b>Figura 4.3.6</b> – Área para instalação do reservatório.	40

<b>Figura 5.1.1</b> – Gráfico de consumo mensal de água potável na empresa.	42
<b>Figura 5.1.1.1</b> – Porcentagem da demanda média mensal.	44
<b>Figura 5.2.3.1.1</b> - Gráfico de precipitação média e atendimento da demanda.	47
<b>Figura 5.2.3.1.2</b> - Representação do reservatório.	47
<b>Figura 5.2.3.1.3</b> - Representação do SAAP.	48
<b>Figura 5.2.3.1.1</b> - Gráfico de precipitação média e atendimento da demanda.	50
<b>Figura 5.2.3.1.2</b> - Representação do reservatório.	51
<b>Figura 5.2.3.1.3</b> - Representação do SAAP.	51
<b>Figura 5.4.1</b> - Porcentagem da quantidade média captada.	53
<b>Figura 5.4.2</b> - Gráfico da porcentagem de economia.	56
<b>Figura 5.4.3</b> - Gráfico de precipitação média e atendimento da demanda.	56
<b>Figura 5.4.4</b> - Gráfico de porcentagem de economia.	58

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 3.3.2.1</b> - Padrão de qualidade da água para usos restritivos não potáveis.	23
<b>Tabela 3.3.4.1</b> - Frequência de manutenção dos elementos de um SAAP.	25
<b>Tabela 4.2.1</b> - Consumo mensal e diário médio para os anos 2019, 2020 e 2021.	32
<b>Tabela 4.3.1</b> – Precipitação Média Mensal e Precipitação Anual Total.	39
<b>Tabela 5.1.1</b> - Médias Mensais de Consumo de Água Potável na empresa.	42
<b>Tabela 5.1.1.1</b> - Demandas dos usos de água de chuva.	43
<b>Tabela 5.2.1.1</b> - Cálculo da área de captação.	44
<b>Tabela 5.2.2.1</b> - Aplicação do método de Rippl.	45
<b>Tabela 5.2.3.1.1</b> - Dados de entrada método da simulação (situação 1).	46
<b>Tabela 5.2.3.1.2</b> - Aplicação do método da simulação (situação 1).	46
<b>Tabela 5.2.3.1.2</b> - Aplicação do método da simulação (situação 2).	49
<b>Tabela 5.3.1</b> - Orçamento para reservatório de 20m <sup>3</sup> .	52
<b>Tabela 5.3.2</b> - Orçamento para reservatórios de 40m <sup>3</sup> .	52
<b>Tabela 5.4.1</b> - Custo sem o SAAP.	53
<b>Tabela 5.4.2</b> - Custo com o SAAP.	55
<b>Tabela 5.4.3</b> - Custo com o SAAP.	57
<b>Tabela 5.5.1</b> - Cálculo do payback.	58

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, o processo de urbanização e as atividades econômicas contribuem para a crescente demanda pelo uso da água. Estima-se que até 2030, no Brasil, essa demanda cresça 23%, constituindo um alerta para o desenvolvimento de alternativas que contribuem com a preservação desse recurso, cujo consumo (Figura 1.1), atualmente, se concentra em maior quantidade na irrigação, abastecimento animal e nas indústrias (ANA, 2020).

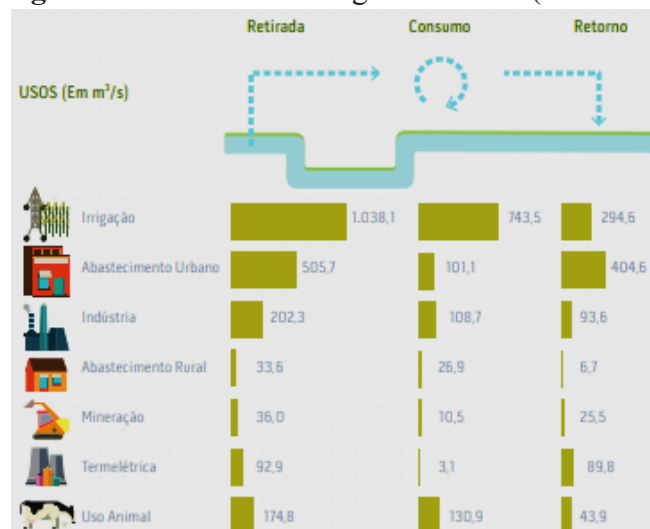
**Figura 1.1 - Consumo de água no Brasil (em 2019).**



Fonte: ANA (2020).

Na Figura 1.2 é apresentado o uso da água no Brasil, e sua classificação em parcelas: retirada, consumo e retorno. Na retirada é considerada a água total retirada para a realização da atividade, o retorno representa a quantidade de água que voltará para os corpos hídricos após o uso, e o consumo representa a parcela que não retorna aos corpos hídricos (ANA, 2020).

**Figura 1.2 - Demanda de água no Brasil (em 2019).**



Fonte: ANA (2020).

Como observado nas Figuras 1.1 e 1.2, a indústria representa o terceiro maior uso da água, analisando a quantidade retirada e a consumida e, com isso, o desenvolvimento de técnicas de aproveitamento e reuso de água torna-se cada vez mais necessário para a redução do consumo desse recurso e dos custos relacionados, bem como contribuem para o desenvolvimento sustentável.

O conceito de desenvolvimento sustentável é, basicamente, utilizar os recursos disponíveis hoje para suprir as necessidades, porém, sem prejudicar as próximas gerações, garantindo assim, melhores qualidade de vida (WWF, 2021?). De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), um dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) do Brasil é “Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos”, a ODS 6. Esses objetivos são uma forma de mobilização para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e garantir melhores condições e qualidade de vida para todos (ONU, c2021a). Uma das metas da ODS 6 é:

6.4 Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água (ONU, c2021b).

Analisando a meta 6.4 da ODS 6, retiradas sustentáveis são meios de ajudar a cumprir com esse objetivo, garantindo qualidade de vida para as próximas gerações. Sendo assim, os sistemas de aproveitamento de água pluviais, além de serem projetos relativamente simples, contribuem efetivamente para a gestão dos recursos hídricos, proporcionando redução do consumo e custos com o abastecimento, e constitui uma viável técnica para a redução da escassez hídrica, principalmente em regiões mais secas (CARVALHO *et al.*, 2020).

É importante ressaltar que implementar novas práticas sustentáveis para uma indústria contribui para a preservação das águas, para a redução do consumo e, conseqüentemente, preservação do meio ambiente, além de redução de custos com o abastecimento de água, contribuindo, assim, com um dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU.

A finalidade dessa pesquisa foi analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas da chuva para atividades de limpeza de pisos, jardinagem e utilização da água na cabine de pintura de uma indústria mecânica localizada em Belo Horizonte/MG.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo principal desta pesquisa foi analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma indústria mecânica localizada em Belo Horizonte/MG.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar dados e características que influenciam no consumo de água da empresa;
- Propor a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP), de acordo com as características e demandas da empresa, e conforme as diretrizes das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); e
- Estimar a economia de água para a empresa com a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP).

### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

#### **3.1 A água no Mundo e no Brasil**

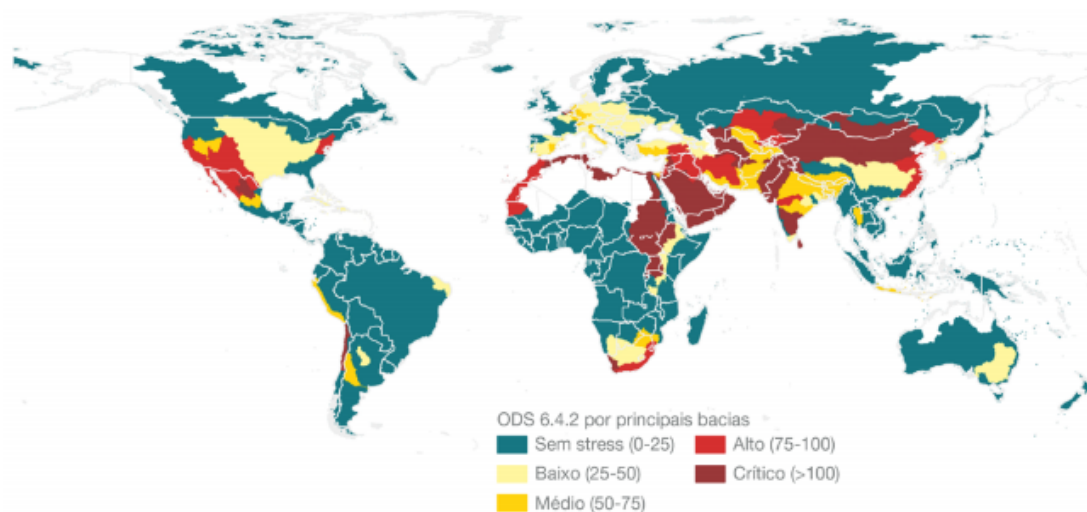
O consumo de água doce vem aumentando com o passar dos anos e como consequência os problemas relacionados aos consumos se tornam mais evidentes.

Estima-se que 97% da água disponível no planeta é constituído de água salgada e, portanto, imprópria para o consumo humano, dos 3% restantes a maior parte, um pouco mais de 2%, é composta por água doce em estado sólido, nas geleiras, sendo de difícil acesso. Dessa forma, menos de 1% restante está disponível para consumo humano, localizadas em rios, lagos e em águas subterrâneas (PENÃ, 2019).

Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2021, publicado pela UNESCO, no último século foi observado um aumento de 6 vezes mais no consumo de água doce no mundo, e continua a crescer a uma taxa de 1% ao ano e, até 2030, o mundo irá passar por um déficit hídrico global de 40%, em um cenário “sem alterações”.

O estresse hídrico, que é um indicador da meta 6.4 da ODS 6, segundo a ANA (2022), é a relação entre a retirada de água doce disponível para suprimento das atividades e a disponibilidade renovável desse recurso. Esse estresse hídrico é intensificado pelo aumento da população e das atividades econômicas, com isso, essa relação possibilita a visualização da pressão exercida pela população e atividades econômicas sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. O panorama mundial em 2018 pode ser observado na Figura 3.1.1.

**Figura 3.1.1** – Nível de estresse hídrico no mundo, em 2018 (%).



Fonte: ANA (2022).

No Brasil, o território percorrido pela água é dividido em 12 regiões hidrográficas (Figura 3.1.2), definidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Essa divisão segue uma lógica diferente da divisão político administrativa, pois o percurso das águas nos rios ultrapassa esses limites (ANA, 2020).

Segundo a ANA (2020), cerca de 80% da água superficial do país está localizada na região hidrográfica Amazônica, que se caracteriza por possuir baixa densidade demográfica e pouca demanda por uso da água, caracterizando a existência de diferentes realidades no país.

As vazões de água disponíveis no território brasileiro passam por variações devido, principalmente, aos regimes de chuvas e características dos solos. Para garantir a segurança hídrica nas bacias hidrográficas, são construídas obras de infraestrutura hídrica, como reservatórios artificiais, potencializando a disponibilidade hídrica superficial, oferecendo o recurso nos tempos de maior necessidade (ANA, 2020).



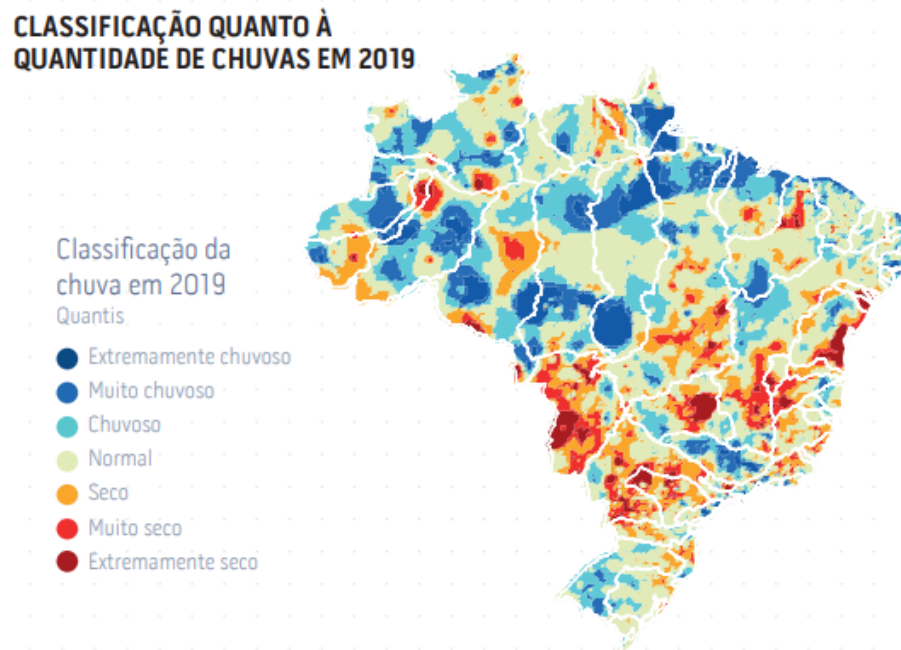
**Figura 3.1.2 - Mapa das Regiões Hidrográficas do Brasil.**



Fonte: Adaptado de SNIRH (2020).

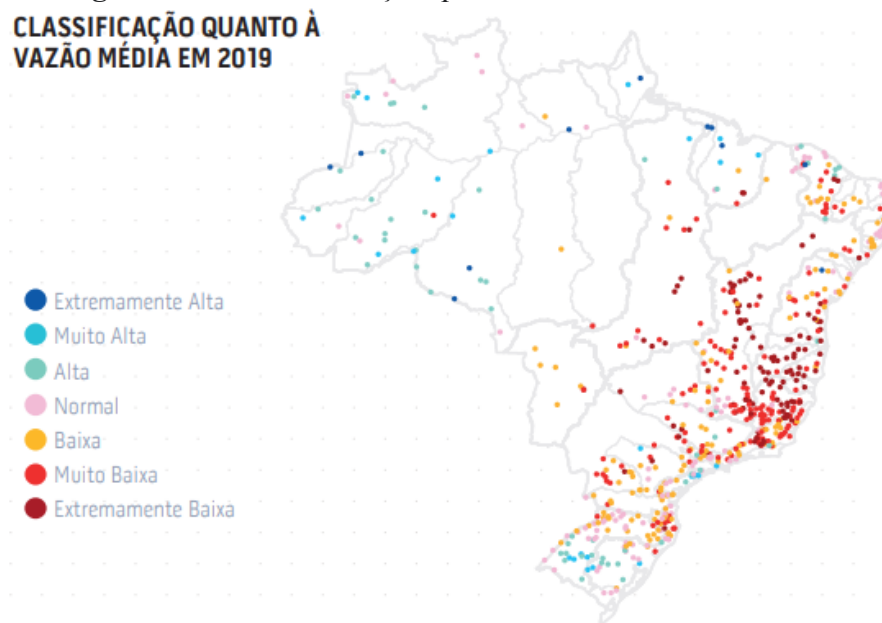
O ano de 2019 foi marcado por secas mais pronunciadas nos estados do Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Goiás, Tocantins, e parte da Bahia (Figuras 3.1.2 e 3.1.3). Essa variação das vazões foi consequência das variações de comportamento das chuvas no ano de 2019, ao longo do território nacional (ANA, 2020).

**Figura 3.1.3 - Classificação quanto à quantidade de chuva em 2019.**



Fonte: ANA (2020).

**Figura 3.1.4 - Classificação quanto à vazão média em 2019.**



Fonte: ANA (2020).

Para a regularização do fluxo de água dos rios e reservatórios é necessário a contribuição da disponibilidade e variação do nível de água dos aquíferos. Essas variações do nível da água subterrânea podem estar associadas às variações climáticas e ao uso e ocupação da terra, não apresentando distribuição uniforme no território, constituindo escassez e relativa abundância

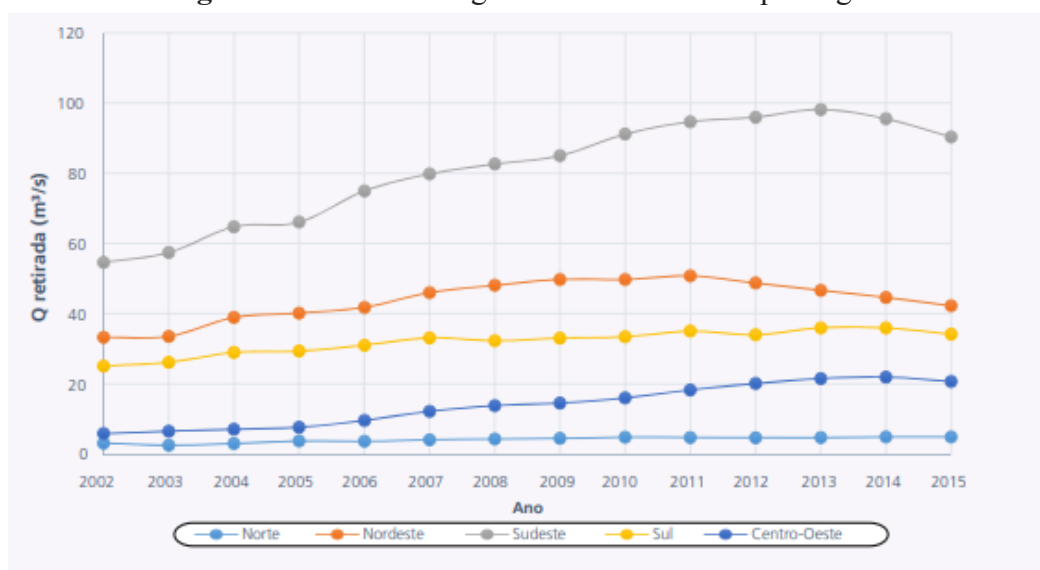
em diferentes regiões, com uma estimativa de disponibilidade de água subterrânea no Brasil de 14.650 m<sup>3</sup>/s (ANA, 2020).

As disponibilidades de águas no território e seu monitoramento e gestão são de grande importância para o atendimento das crescentes demandas dos diversos usos no país.

### 3.2 Demanda de Água nas Indústrias

Devido ao amadurecimento do setor industrial no Brasil nos últimos anos, é observado uma variedade de parques industriais, com demandas de água que dependem do tipo de produto ou serviço, dos processos industriais associados, tecnologias empregadas, boas práticas e maturidade da gestão, distribuídos irregularmente no território nacional, sendo em maior concentração na região Sudeste (ANA, 2017). A porcentagem da vazão retirada por região é representada na Figura 3.2.1.

**Figura 3.2.1 - Porcentagem da vazão retirada por região.**



Fonte: ANA (2017).

O setor industrial representa o terceiro maior uso de água para a realização da atividade, com retiradas de 202,3 m<sup>3</sup>/s, um consumo de 108,7 m<sup>3</sup>/s e um retorno de 93,6 m<sup>3</sup>/s, em relação ao ano de 2019 (ANA, 2020).

Uma das causas para perdas significativas de produção, aumento dos custos, com impactos na competitividade, está relacionada com problemas no suprimento de água, e como alternativa para evitar esses problemas, têm sido utilizadas fontes hídricas alternativas como, por exemplo, águas pluviais coletadas dos telhados ou de áreas pavimentadas, em substituição

às águas fornecidas pelas concessionárias, principalmente nos casos em que o processo industrial não exige águas com alto padrão de qualidade (LIMA, 2018).

### 3.3 Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais e seus Componentes

Basicamente, os Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (Figura 3.3.1) são compostos por áreas de captação, calhas e condutores, tratamento, armazenamento e abastecimento dos pontos para consumo (MAY, 2004).



Fonte: ASIS ENGENHARIA (2019).

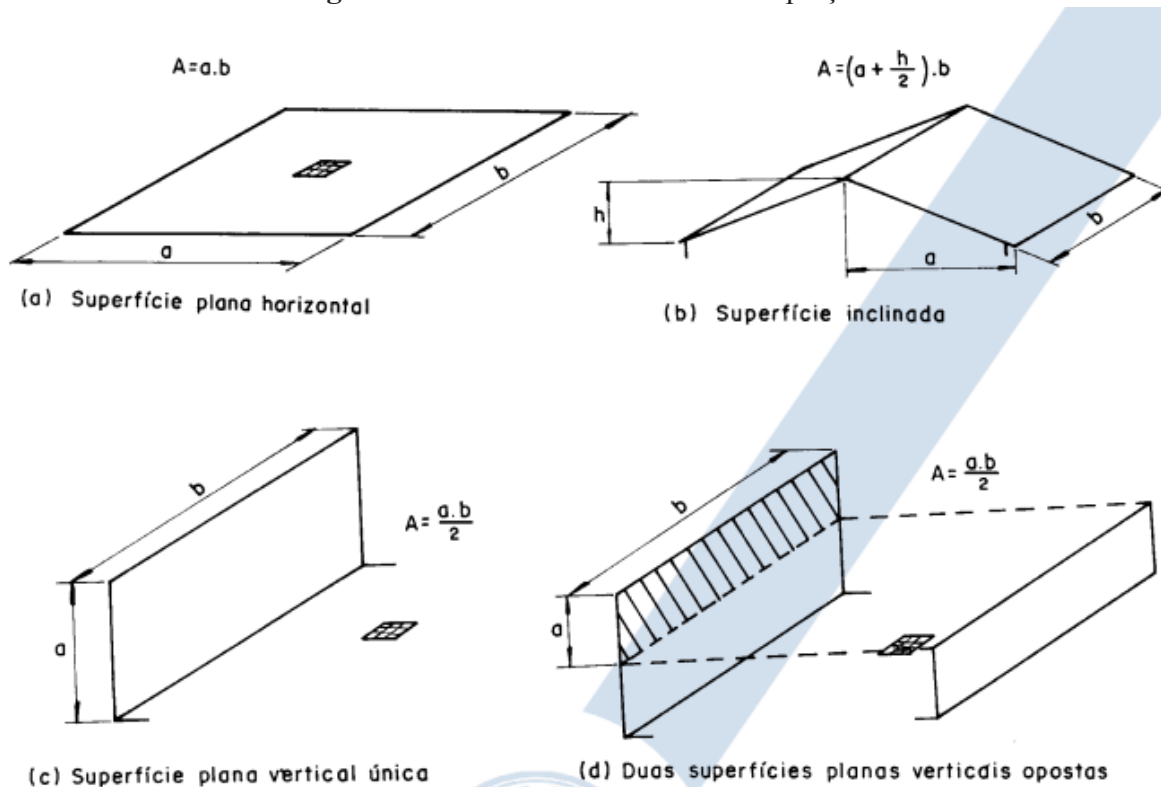
#### 3.3.1 Áreas de Captação

A quantidade de água captada depende da área de contribuição disponível, e normalmente são utilizados os telhados para a captação, porém, também pode ser feita por meio de superfícies impermeabilizadas, como estacionamentos, pátios, calçadas e etc, desde que atendem os padrões para o uso final (MAY, 2004).

Segundo a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10844:1989, a inclinação da cobertura e das paredes que interceptam água de chuva devem ser consideradas

no cálculo da área de contribuição para a captação. Alguns exemplos de cálculo da área de captação podem ser observados na Figura 3.3.1.1.

**Figura 3.3.1.1 - Cálculo da área de captação.**



Fonte: ABNT (1989).

### 3.3.2 Calhas e Condutores

Para o transporte da água captada até os reservatórios são utilizados calhas e condutores que devem ser projetados conforme as diretrizes descritas na NBR 10.844:1989.

A NBR 10.844 (ABNT, 1989) estabelece que as calhas e condutores horizontais devem ter uma inclinação mínima de 0,5% e o dimensionamento das calhas deve ser feito utilizando a fórmula de Manning-Strickler (Eq. 3.1), ou de forma equivalente.

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad (3.1)$$

Em que:

$Q$  é a vazão de projeto, em L/min;

$S$  é a área da seção molhada, em m<sup>2</sup>;

$n$  é o coeficiente de rugosidade;

$R_h$  é o raio hidráulico, em m;

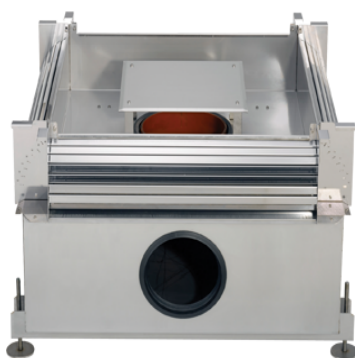
$i$  é a declividade da calha, em m/m;

$K = 60.000$ .

Já os condutores verticais, de acordo com a NBR 10.844 (ABNT, 1989), devem possuir um diâmetro interno mínimo de 70mm e ser projetados a partir dos seguintes dados:  $Q$  = Vazão de projeto, em L/min;  $H$  = altura da lâmina de água na calha, em mm; e  $L$  = comprimento do condutor vertical, em m. Segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2019), devem ser instalados dispositivos para a remoção de detritos, como grades e telas, por exemplo.

Filtros industriais como o Filtro VF12 (Figura 3.3.2.1), fabricado pela empresa 3P Technik, possui sistema duplo de limpeza e atende áreas de captação maiores. Seu princípio de funcionamento se baseia em uma cascata, que separa os materiais mais grosseiros e, posteriormente, a água passa por uma tela e por fim para a cisterna. Os resíduos são encaminhados para o sistema pluvial (3P Technik, c2017). Um outro tipo de filtro é o modelo AS 350 (Figura 3.3.2.2) fabricado pela AcquaSave, indicado para edificações com área de captação de até 350 m<sup>2</sup>, possuindo uma grande eficiência de remoção dos sólidos que são carregados com a água da chuva.

**Figura 3.3.2.1 - Filtro VF12.**



Fonte:3P TECHNIK (c2017).

**Figura 3.3.2.2 -Filtro AC.**



Fonte: Acquasave (c2022).

### 3.3.3 Qualidade da Água

De acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2019), para a determinação dos padrões de qualidade da água devem ser analisados pelo projetista os usos previstos e, para alguns usos restritivos como lavagem de pisos, irrigação para fins paisagísticos e etc, pode ser utilizada a Tabela 3.3.2.1.

**Tabela 3.3.2.1** - Padrão de qualidade da água para usos restritivos não potáveis.

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

Fonte: ABNT (2019).

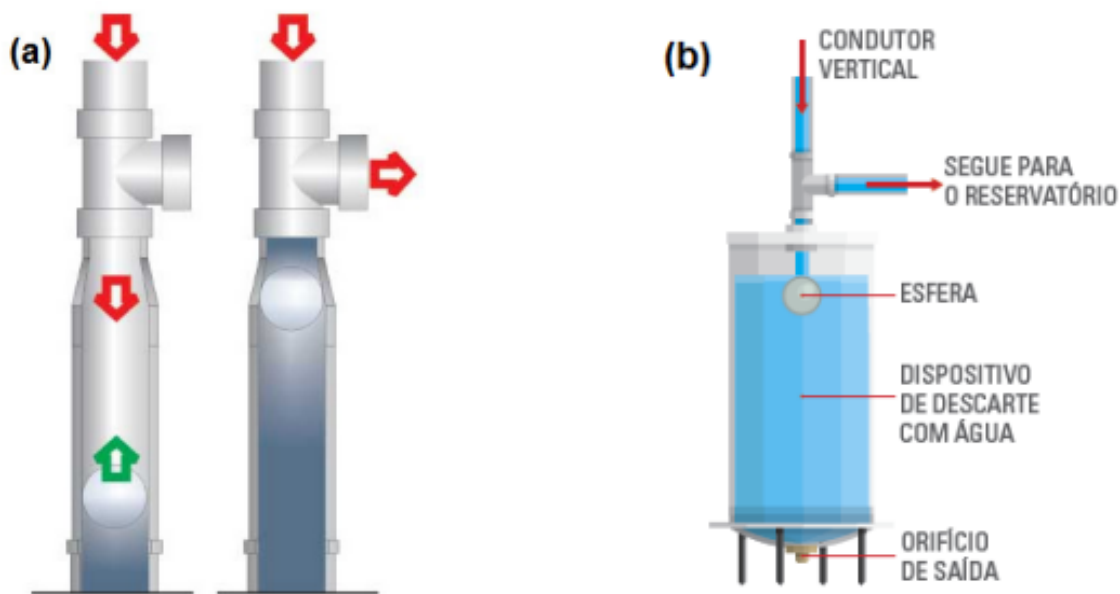
Segundo Cardoso (2009), em seu estudo sobre qualidade da água de chuva captada em tubos de coleta após passarem pela área de captação e calhas instaladas em duas regiões de Belo Horizonte (Pampulha e Centro), apesar das diferenças significativas nas análises quantitativas e qualitativas das amostras, concluiu que a qualidade da água da chuva atende aos padrões desde que seja descartado os volumes iniciais de chuva, calculados em 3L/m<sup>3</sup>, que carregam as impurezas e funciona como a limpeza da área de captação, interferindo no padrão de qualidade da água captada.

### 3.3.4 Descarte de Primeira Água

Sobre o descarte de primeira água, de acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2019), é recomendada a instalação de dispositivos de descarte automáticos que deve ser dimensionado pelo projetista e, quando não for possível estimar o volume a ser descartado, é recomendado descartar os primeiros 2 mm de precipitação.

Segundo Caldeira (2016), os dispositivos automáticos (Figura 3.3.4.1) funcionam a partir de uma válvula de esfera responsável pelo desvio das primeiras águas, em que à medida que o nível de água sobe no dispositivo, a válvula fecha a passagem, direcionando a água captada para o reservatório.

Figura 3.3.4.1 - Sistema automático de descarte de primeira água.



Fonte: Revista Técnica Pini (2016?) *apud* Caldeira (2016).

(b) Feam (2016?) adaptado de Prosab (2006?) *apud* Caldeira (2016).

### 3.3.5 Armazenamento

A NBR 15.527 (ABNT, 2019) estabelece que, para o dimensionamento do reservatório, devem ser considerados no projeto, o extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança, e ser dimensionado considerando boas práticas de engenharia com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, utilizando métodos escolhido pelo projetista ou métodos como o de Rippl, método da simulação e outros.

A NBR 15.527 (ABNT, 2019) ainda estabelece que os reservatórios devem passar por manutenção conforme a Tabela 3.3.4.1 e devem ser limpos quando necessário.



**Tabela 3.3.4.1 - Frequência de manutenção dos elementos de um SAAP.**

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Calhas <sup>a</sup>	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção semestral, limpeza quando necessário.
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual, limpeza quando necessário
<sup>a</sup> Além da limpeza, deve ser realizada verificação da existência de formação de áreas de acúmulo de água e eliminação quando necessário, para evitar a proliferação de vetores, em especial mosquitos.	

Fonte: ABNT (2019).

### 3.3.5.1 Método de Rippl

De acordo com Tomaz (2009), o método de Rippl superdimensiona o reservatório. Porém, o autor aponta que é importante usar o método para verificar o limite superior do volume do reservatório.

Segundo Tomaz (2009), podem ser usadas para a aplicação desse método as séries históricas mensais ou diárias de chuva. As equações do método de Rippl (3.2, 3.3, 3.4, e 3.5) são descritas a seguir.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (3.2)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (3.3)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (3.4)$$

$$\text{Sendo que: } \sum D_t < \sum Q_{(t)} \quad (3.5)$$

Em que:

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

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

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

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

### 3.3.5.2 Método da Simulação

De acordo com Tomaz (2009), para cálculo do dimensionamento de reservatório usando o Método de Simulação, deve ser considerada a hipótese de que o reservatório está cheio no início (t), bem como que os dados históricos são representativos para as condições futuras. As equações do Método de Simulação (3.6, 3.7, e 3.8) são descritas a seguir.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (3.6)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (3.7)$$

$$\text{Sendo que: } 0 \leq S_{(t)} \leq V \quad (3.8)$$

onde:

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

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

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

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

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

## 3.4 Aspectos Legais no Aproveitamento de Água de Chuva

Algumas leis e projetos de leis constituem um instrumento importante para incentivar a prática da captação de água da chuva. A seguir são apresentados alguns exemplos em nível Federal, Estadual e Municipal.

### 3.4.1 Legislação Nacional

A Lei nº 9.433/97, conhecida como Lei das Águas, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Segundo esta lei, em seus objetivos, Art. 2º, além de demonstrar a

preocupação com a disponibilidade, utilização e preservação das águas, destaca-se o inciso IV, “incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais”. Este inciso foi incluído na Lei das Águas, por meio da Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017.

Alguns Projetos de Lei, como o PL 2609/2019, foram criados para “determinar à implementação de mecanismos de estímulo à instalação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais em edificações públicas e privadas”, e o PL 2451/20 que segundo o projeto, “dispõe sobre o reuso de água para fins não potáveis em novas edificações públicas federais e privadas residenciais, comerciais e industriais, e dá outras providências”, estão com tramitação em andamento.

#### *3.4.2 Legislação Estadual*

No estado de Minas Gerais, alguns projetos de lei relacionados com a captação de água da chuva estão em tramitação.

O Projeto de Lei 1621/2015, escrito pelo Deputado Agostinho Patrus Filho, está em tramitação, aguardando parecer da comissão. Esse projeto, que cria o Programa de Captação da Água da Chuva e dispõe sobre alguns requisitos para o sistema de captação, tem como objetivos: a) auxiliar na diminuição do escoamento reduzindo a velocidade das águas pluviais; b) auxiliar no controle de inundações e minimização dos problemas relacionados a chuvas; e c) contribuir para a diminuição do consumo de água potável. Uma das propostas, segundo o projeto de lei, é a utilização das águas captadas por esse sistema em atividades que podem ser executadas com o uso de água não potável como a lavagem de calçadas e a irrigação de hortas e jardins. Com isso, busca-se estimular a diminuição do consumo de água potável, contribuindo para a preservação desse recurso, evitando a escassez hídrica.

Anexados a esse projeto de lei, existem outros projetos em tramitação relacionados ao mesmo tema. No quadro (Figura 3.4.1) são apresentados alguns projetos de lei, seus autores e suas respectivas ementas.

**Figura 3.4.2.1** - Exemplos de Anexos do PL 1621/2015.

Projeto de Lei (PL)	Autor	Ementa
2060/2015	Deputado Douglas Melo	Dispõe sobre a instalação de sistema de reaproveitamento das águas da chuva e cinzas claras para utilização não potável nas unidades habitacionais construídas pelo governo do Estado.
104/2019	Deputada Ana Paula Siqueira	Regulamenta a captação de água da chuva e instalação de sistema de energia solar em prédios públicos a serem edificadas ou reformados no Estado.
2361/2020	Deputado Cleitinho Azevedo	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de coletores de água da chuva em obras realizadas pelo poder público e dá outras providências
2373/2020	Deputado Cleitinho Azevedo	Dispõe sobre a obrigatoriedade dos postos de combustíveis, lava-rápidos, transportadoras, empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais e assemelhados, no âmbito do Estado, instalarem em suas atividades equipamentos para a captação de água das chuvas e para o tratamento e a reutilização da água usada na lavagem de veículos.

Fonte: Adaptado da Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais (2022).

### 3.4.3 Legislação Municipal

Atualmente, no município de Belo Horizonte, estão em tramitação alguns projetos de leis sobre a temática de aproveitamento de água da chuva.

Segundo o Projeto de Lei 83/2017 que “dispõe sobre a implantação de sistemas de captação de água da chuva em todas as escolas públicas municipais”, se aprovado, será obrigatoriedade em todas as escolas públicas municipais a implantação de sistema de captação de água da chuva. Além disso, no Artº 3 deste projeto de lei, “as escolas municipais deverão realizar projetos anuais sobre a conscientização do uso racional da água e o reaproveitamento do recurso hídrico”. O projeto, escrito pela vereadora Marilda Portela, foi aprovado em primeiro turno e atualmente está aguardando votação de segundo turno.

O Projeto de Lei 1452/2015, escrito pelo Vereador Juninho Los Hermanos, “dispõe sobre a instituição do sistema de reaproveitamento das águas de chuvas nos prédios públicos e dá outras providências”, e atualmente está tramitando aguardando votação em primeiro turno. Segundo o projeto, sua finalidade é contribuir para a redução do consumo de água garantindo condição de atendimento para as gerações futuras.

## 4. METODOLOGIA

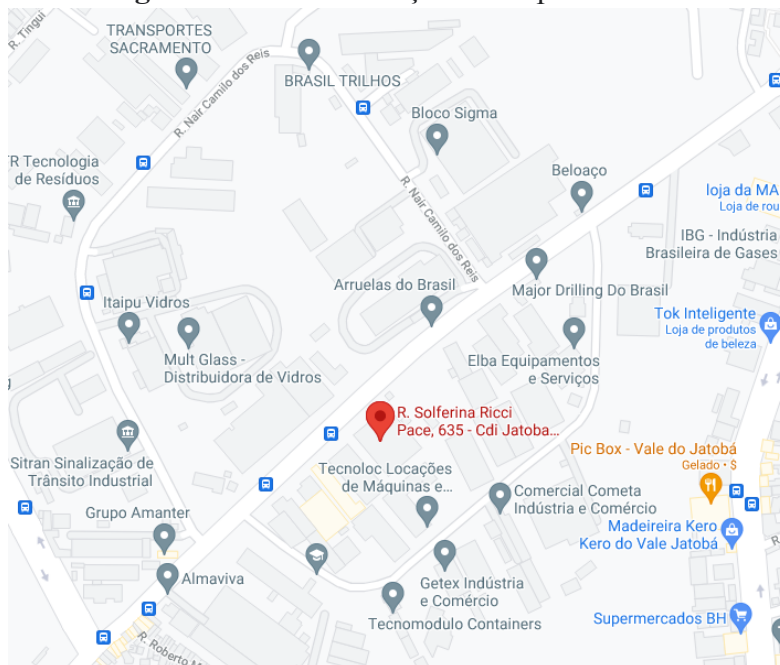
A metodologia para desenvolvimento da pesquisa foi dividida em cinco etapas, conforme descritas a seguir.

### 4.1 Etapa 1– Caracterização da Área de Estudo e Diagnóstico da Empresa

Com a finalidade de se conhecer o local de estudo, foi realizada a caracterização da empresa, por meio de levantamento de dados, com documentos disponibilizados, sobre o histórico da empresa, a localização do empreendimento, atividades desenvolvidas, foco de atuação, aplicações de seus produtos, certificações ISO (International Organization for Standardization), Política de Gestão Integrada do empreendimento, número de funcionários, medidas sustentáveis já adotadas pela empresa, consumo de água e seus usos.

A empresa, local de estudo da pesquisa, foi a EMH - Eletromecânica e Hidráulica LTDA, localizada na Av. Solferina Ricci Pace, 635 - Jatobá, Belo Horizonte - MG, 30664-000 (Figura 4.1.1).

**Figura 4.1.1 - Localização da empresa EMH.**



Fonte: Google (2021?).

Fundada em 1977, a EMH Eletromecânica e Hidráulica Ltda (Figura 4.1.2) tem seu foco de atuação no segmento de movimentação de carga e automação de processos, com a finalidade de garantir produtividade com segurança. Sua linha de produtos são os freios industriais,

EMH Energia e EMG Automation, que possuem aplicações em quase todos os segmentos da indústria: mineração, siderurgia, portos, entre outros.

**Figura 4.1.2 - EMH - Eletromecânica e Hidráulica Ltda.**



Fonte: EMH (2021).

A missão da EMH é atender as necessidades dos clientes com excelência, produzindo soluções tecnológicas completas com engenharia especializada e suporte técnico internacional. Certificada com as ISO 14001 e ISO 9001, a EMH, em sua Política de Gestão Integrada, reconhece a importância da proteção ao meio ambiente, satisfação dos clientes e qualidade de seus produtos e serviços, e se compromete a traçar meios para que isso seja assegurado, buscando a melhoria contínua (EMH, 2021).

Como forma de exercer a Política de Gestão Integrada, a EMH realiza algumas práticas que contribuem com a preservação do meio ambiente, como: a) reutilização do papel de impressão; b) participação no Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos (PRECEND), criado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), e no Projeto Plantando Vidas que, como forma de reforçar a responsabilidade ambiental, para cada nascimento de filho de empregado da empresa é plantado uma árvore nos jardins da EMH ou nos parques de BH. Na EMH; e c) os resíduos gerados a partir das atividades e serviços são separados através da coleta seletiva, acondicionados e descartados de forma correta, seguindo orientações internas, legislações e normas vigentes, buscando sempre a melhor tecnologia disponível para a destinação dos resíduos, de forma a assegurar a diminuição dos impactos decorrentes da sua geração.

A COPASA é responsável pelo fornecimento de água para a EMH e, além do uso comum dos funcionários, a água é utilizada no empreendimento para atividades de limpeza do galpão, refeitório, lavador de gases, cabine de pintura, manutenção dos jardins, reserva de emergência

do sistema de hidrante, máquinas CNC e no lavador de peças. Atualmente, o empreendimento possui 72 funcionários, compostos por terceirizados e efetivos. A empresa abrange uma área total de 7485,00 m<sup>2</sup>, sendo que 3063,29 m<sup>2</sup> correspondem à área construída.

#### 4.2 Etapa 2 – Identificação dos Consumos e Demandas de Água

O consumo de água foi obtido analisando as contas de água da concessionária de abastecimento da empresa nos últimos três anos (Tabela 4.2.1), sendo eles 2019, 2020 e 2021.

**Tabela 4.2.1** - Consumo mensal e diário médio para os anos 2019, 2020 e 2021.

Mês	2019		2020		2021	
	Consumo mensal (m <sup>3</sup> )	Consumo diário médio (L)	Consumo mensal (m <sup>3</sup> )	Consumo diário médio (L)	Consumo mensal (m <sup>3</sup> )	Consumo diário médio (L)
Jan	65	3413	70	2121	67	2161
Fev	56	4000	48	1714	72	4432
Mar	69	3620	71	2218	84	2709
Abr	66	2645	80	2580	62	2214
Mai	60	2612	73	2607	74	2312
Jun	59	2406	55	1718	96	3096
Jul	77	2107	88	2750	85	2741
Ago	81	1875	94	3133	91	3033
Set	82	2129	84	2800	81	2793
Out	105	2464	82	2733	81	2531
Nov	128	1806	118	3933	62	2137
Dez	99	2166	66	2200	77	2483

Fonte: Autor (2022).

Nesta etapa, de acordo com o cronograma de realização de cada atividade, as demandas dos usos de água não potável que poderiam ser supridas pela água da chuva captada pelo SAAP a ser proposto na pesquisa foram estimadas. As atividades ou usos escolhidos para se utilizar a água da chuva captada são: lavagem do piso da fábrica, jardinagem e utilização na cabine de pintura.



#### 4.2.1 Cálculo da demanda para cabine de pintura

Com a finalidade de proporcionar um local de trabalho com menos impurezas, auxiliando na proteção à saúde do pintor e contribuindo para a diminuição da emissão de partículas de tintas e solventes para a atmosfera, o empreendimento utiliza uma cabine de pintura modelo CP-3FL-3000 do fabricante ARPI (Figura 4.2.1.1). Segundo o fabricante, seu funcionamento se baseia na retenção das partículas de tintas por uma cortina de água circulante e uma barreira de filtros sintéticos, auxiliando na diminuição da poluição atmosférica.

**Figura 4.2.1.1-** Cabine de Pintura FL.



Fonte: ARPI (2022).

Para obter a demanda de água da cabine de pintura, foi identificado que trimestralmente a cabine passa por manutenção e limpeza, o que demanda em média 250 litros de água para completar sua capacidade, e anualmente, é feito o seu completo esvaziamento, demandando 3000 litros de água (sua capacidade total). Para estimativa da demanda anual e média mensal foram utilizadas as equações 4.1 e 4.2.

$$Dc_a = (4 \times l) + 3000 \quad (4.1)$$

$$\text{Média Mensal} = Dc_a \div 12 \quad (4.2)$$

Em que:

$Dc_a$  é a demanda anual em litros;

$l$  é a quantidade de água para completar sua capacidade em litros.

#### 4.2.2 Cálculo da demanda de água para jardinagem

O Empreendimento possui atualmente 2292,71 m<sup>2</sup> de área permeável, sendo que aproximadamente 700 m<sup>2</sup> são regados. As áreas frontais compostas por aproximadamente 200 m<sup>2</sup>, são regadas diariamente, de segunda a sexta, e as demais áreas do empreendimento, composta por aproximadamente 500 m<sup>2</sup>, são regadas três vezes por semana. As equações para estimativa da demanda semanal, anual e média mensal (4.3, 4.4 e 4.5) são representadas a seguir.

$$Dj_s = (200 \times 5 \times q) + (500 \times 3 \times q) \quad (4.3)$$

$$Dj_a = Dj_s \times s \quad (4.4)$$

$$\text{Média Mensal} = Dj_a \div 12 \quad (4.5)$$

Em que:

$Dj_s$  é a demanda semanal;

$q$  é a quantidade de água gasta por m<sup>2</sup>;

$Dj_a$  é a demanda anual;

$s$  é a quantidade de semanas do ano.

#### 4.2.3 Cálculo da demanda de lavagem dos pisos

A lavagem do piso do pátio de produção do empreendimento é feita utilizando uma máquina lavadora e secadora de piso modelo BD 530 BAT, do fabricante Karcher (Figura 4.2.3.1). De acordo com os dados técnicos, o equipamento possui reservatório de água de 40 litros (Karcher, c2022).

**Figura 4.2.3.1 - Lavadora e Secadora de Piso.**



**Fonte:** Karcher (c2022).

Na EMH, de acordo com o cronograma da atividade, os corredores do pátio da produção são limpos diariamente, de segunda a sexta, o que demanda a quantidade de duas máquinas de limpeza cheia, já as demais áreas do pátio de produção, são limpas uma vez ao dia, sendo que cada área tem um dia da semana específico para limpeza, o que demanda uma a duas máquinas de limpeza cheias por dia (para o cálculo, será adotado o valor de 1,5 em média). As equações para estimativa da demanda semanal, anual e média mensal (4.6, 4.7 e 4.8) são representadas a seguir.

$$Dl_s = ((2 + 1,5) \times l \times 5) \quad (4.6)$$

$$Dl_a = Dl_s \times s \quad (4.7)$$

$$\text{Média Mensal} = Dl_a \div 12 \quad (4.8)$$

Em que:

$Dl_s$  é a demanda semanal em litros;

$l$  é a capacidade da máquina em litros;

$Dl_a$  é a demanda anual em litros;

$s$  é a quantidade de semanas do ano.

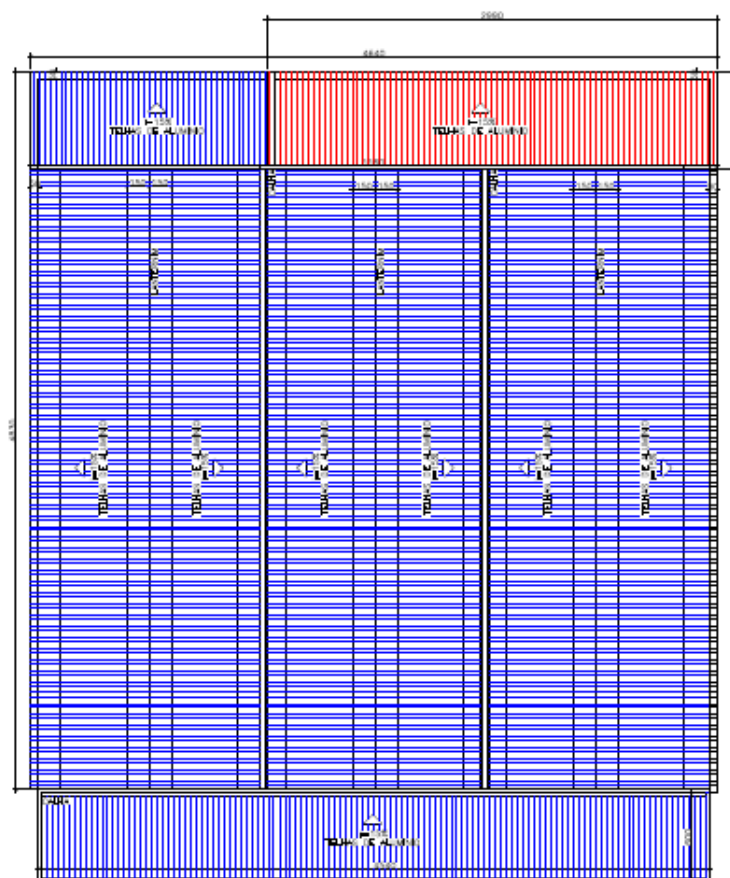
### 4.3 Etapa 3 – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

Com os dados de consumo e demanda por atividade da empresa e dados pluviométricos da região, bem como plantas arquitetônicas, cortes e vistas do empreendimento, foi dimensionado o reservatório do sistema de aproveitamento de águas pluviais seguindo as diretrizes e orientações propostas pelas normas ABNT NBR 15.527:2019 e ABNT NBR 10.844:1989.

Nessa etapa, foram coletados dados pluviométricos da região (por meio do aplicativo Hidroweb), bem como estimada a área de captação dos telhados e o volume do reservatório de água pluvial, calculado pelo Método de Rippl e pelo Método da Simulação, descritos nas normas NBR 15.527 e NBR 10.844.

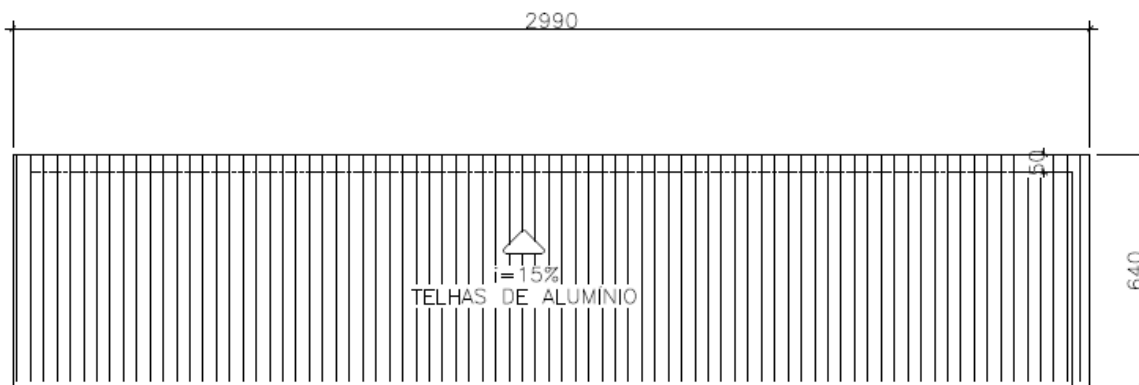
Inicialmente, a área de captação escolhida para a realização dos cálculos é a área da parte posterior do telhado do galpão da produção, em vermelho (Figuras 4.3.1 e 4.3.2).

**Figura 4.3.1** – Área do telhado do galpão.



Fonte: Adaptado de Projeto Arquitetônico da EMH (2022).

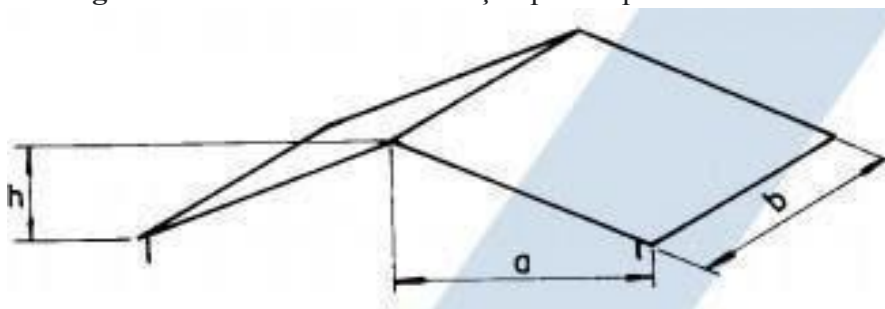
**Figura 4.3.2** – Medidas em cm da área de captação considerada no estudo.



Fonte: Adaptado de Projeto Arquitetônico da EMH (2022).

De acordo com a NBR 10.844, como o telhado possui inclinação de 15%, como na Figura 4.3.3, para o cálculo da área de contribuição, deve-se usar a equação 4.9.

**Figura 4.3.3** - Área de contribuição para superfícies inclinadas.



Fonte: ABNT NBR 10.844 (1989).

$$Ac = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \quad (4.9)$$

Em que:

Ac = Área de contribuição (m<sup>2</sup>);

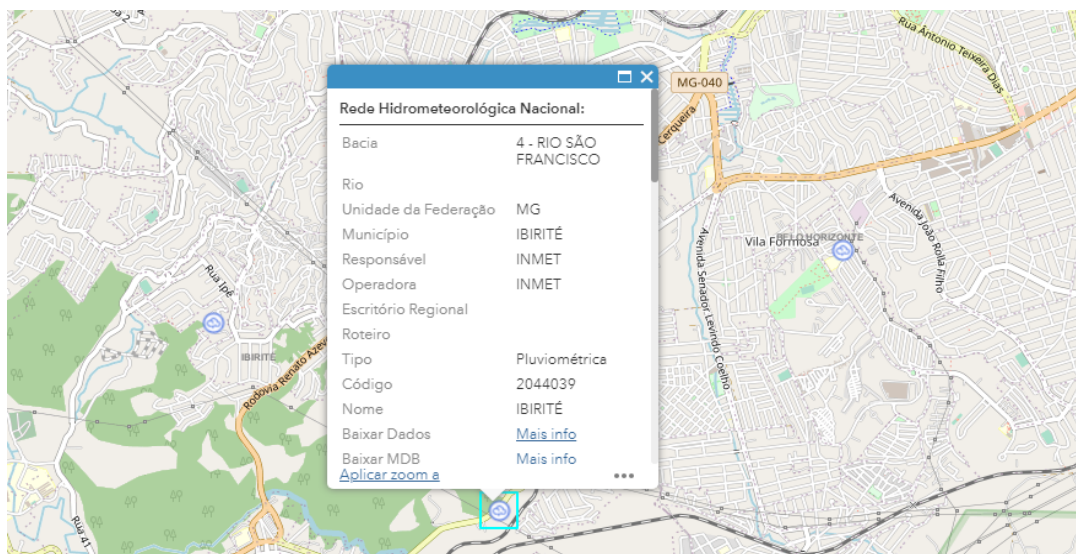
h = Altura do telhado (m);

a = Largura do telhado até a cumeeira (m);

b = Comprimento do telhado (m).

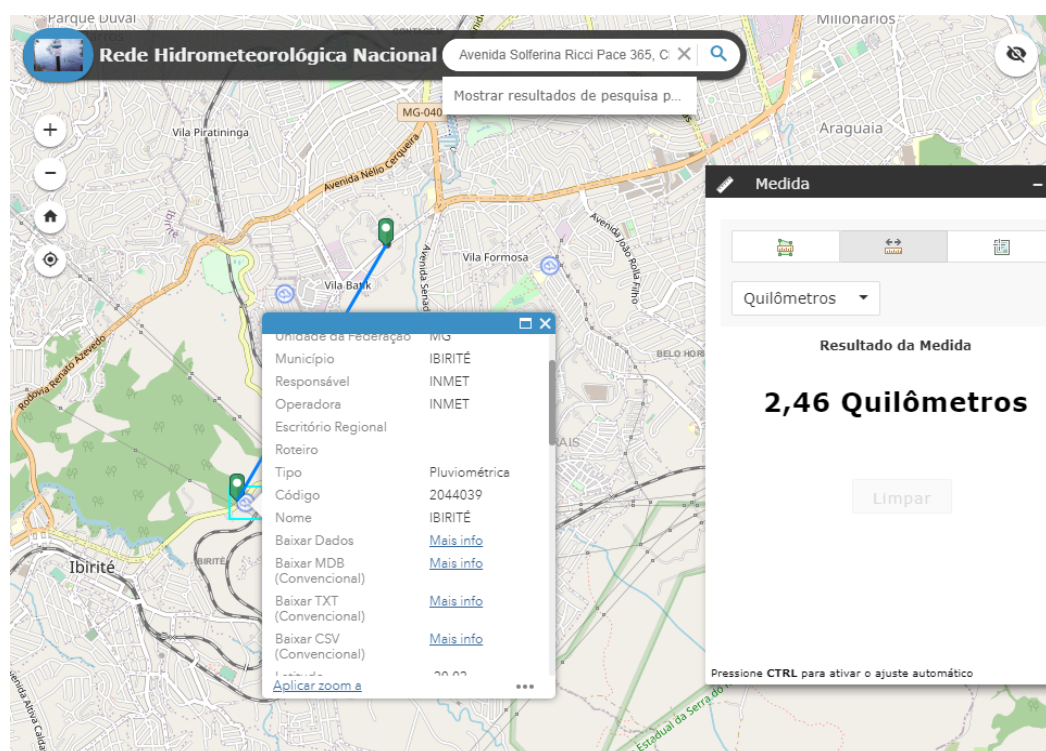
A estação pluviométrica escolhida para a realização do estudo foi a estação 4 - Rio São Francisco (Figura 4.3.3), com o código 2044039, localizada a aproximadamente 2,46 km do empreendimento (Figura 4.3.4). Apesar da existência de duas outras estações mais próximas ao empreendimento, elas não possuem registros de dados suficientes para o estudo.

**Figura 4.3.3 – Estação Pluviométrica 4 - Rio São Francisco.**



Fonte: Hidroweb (2022).

**Figura 4.3.4 – Distância entre Estação Pluviométrica 4 - Rio São Francisco e a EMH.**



Fonte: Hidroweb (2022).

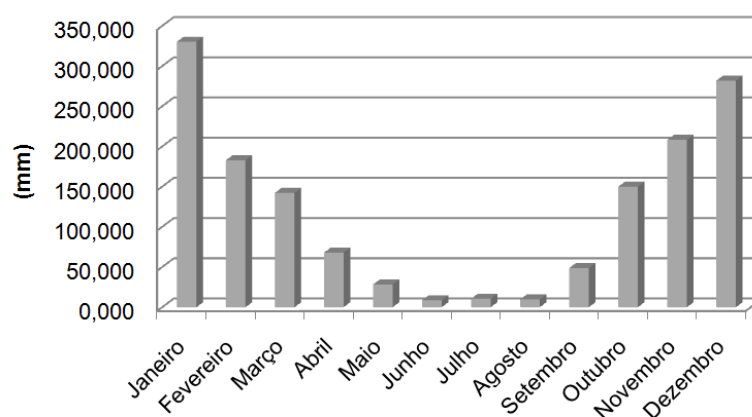
A estação pluviométrica 4 - Rio São Francisco possui uma série histórica com medições do ano de 1961 ao ano de 1995. A média mensal e anual total (Tabela 4.3.1) foram calculadas por meio de planilha eletrônica do Excel, utilizando a ferramenta de tabela dinâmica.

**Tabela 4.3.1 – Precipitação Média Mensal e Precipitação Anual Total.**

<b>Meses</b>	<b>Média Total (mm)</b>
Janeiro	330,238
Fevereiro	182,858
Março	142,311
Abril	67,884
Maio	28,337
Junho	8,685
Julho	10,595
Agosto	9,774
Setembro	48,806
Outubro	149,905
Novembro	208,333
Dezembro	281,935
<b>Total Anual</b>	<b>1469,660</b>

Fonte: Autor (2022).

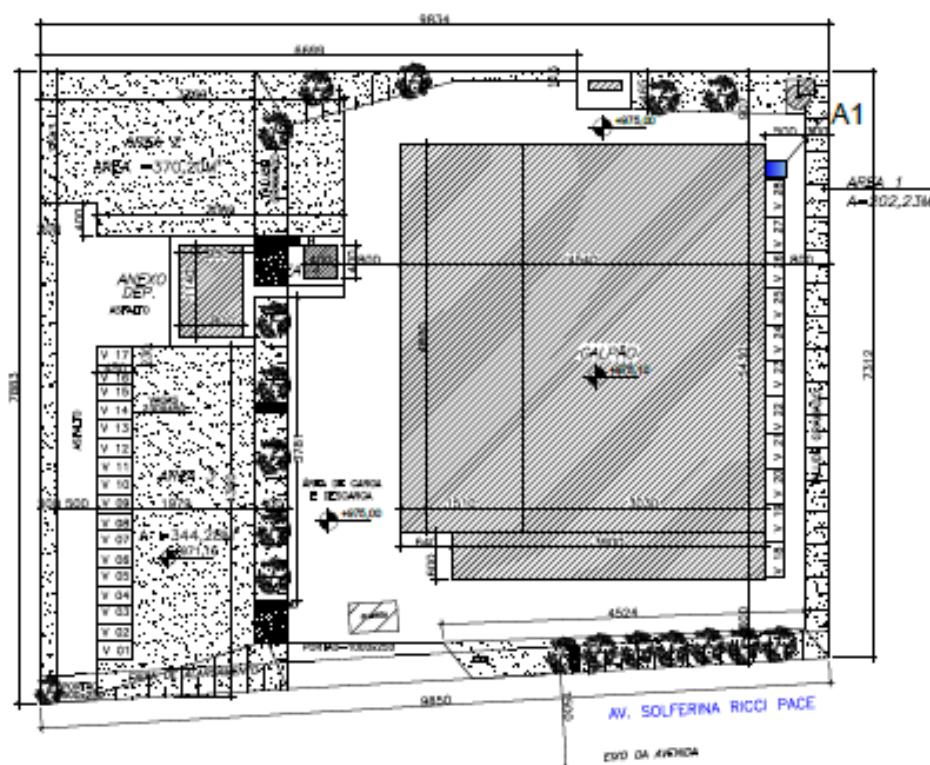
Para melhor visualização das médias calculadas ao longo do ano, foi criado um gráfico com os valores das precipitações médias mensais (Figura 4.3.3) utilizando os dados da tabela 4.3.1.

**Figura 4.3.5 – Precipitações Médias Mensais (gráfico).****Distribuição Média Total**

Fonte: Autor (2022).

Para a implantação do SAAP, levando em conta as áreas disponíveis e considerando a proximidade com os locais onde a água captada será utilizada e passagem de pessoas, foi identificada uma possível área para instalação do reservatório. A área A1 (Figura 4.3.6) está localizada no lado direito do fundo do galpão.

**Figura 4.3.6** – Área para instalação do reservatório.



Fonte: Adaptado de Projeto Arquitetônico da EMH (2022).

Ainda nessa etapa, foi realizado um estudo para estimar os materiais necessários para concepção do sistema de aproveitamento de água pluviais.

#### 4.4 Etapa 4 – Estimativa da Economia de Água

Na estimativa da economia de água, com a implantação do projeto de aproveitamento de águas pluviais, foram analisados os consumos de água na empresa, mensalmente e anualmente, por meio de faturas da concessionária e seus custos. E, de acordo com a demanda de cada atividade, que irá utilizar as águas pluviais, calculou-se o quanto a empresa economizaria, em litros e em reais, com a implantação do SAAP.



#### 4.5 Etapa 5 – Análise Econômica do Projeto

O Payback é uma técnica simples, para cálculo do tempo em que um investimento em um projeto gastaria para ser reembolsado, ou seja, quanto tempo o projeto “se pagaria” (ASSAF NETO, 2008; *apud* TORRES; JÚNIOR, 2013). Este método foi utilizado nesta pesquisa com a finalidade de calcular em quanto tempo, em anos, as economias com a água alcançariam o valor investido no projeto utilizando a fórmula do Payback (4.12).

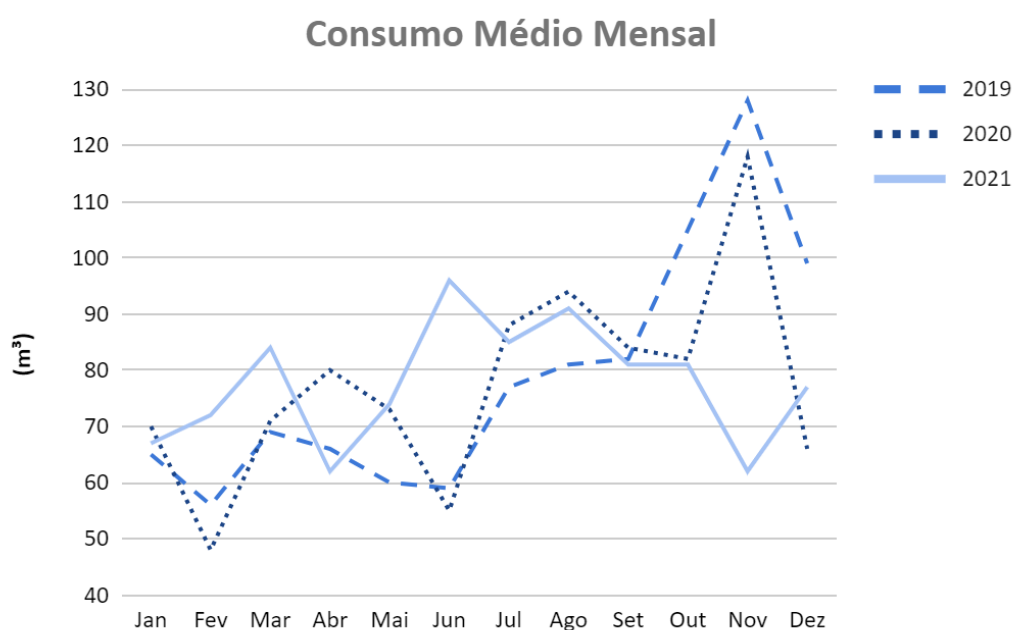
$$\textit{Payback} = \frac{\textit{investimento no projeto em reais}}{\textit{economia média anual com água em reais}} \quad (4.12)$$

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Identificação dos Consumos e Demandas de Água

Com os dados da tabela 4.2.1, foram obtidos um gráfico de consumo mensal (Figura 5.1.1) e as médias mensais de consumo de água potável nos anos de 2019, 2020 e 2021 (Tabela 5.1.1) constituindo 79, 77 e 78 m<sup>3</sup> respectivamente.

**Figura 5.1.1** – Gráfico de consumo mensal de água potável na empresa.



Fonte: Autor (2022).

**Tabela 5.1.1** - Médias Mensais de Consumo de Água Potável na empresa.

Ano	Média Mensal (m <sup>3</sup> )
2019	79
2020	77
2021	78

Fonte: Autor (2022).

Na Figura 5.1.1 é representado o consumo mensal de água potável na empresa nos anos de 2019 a 2021. Observa-se que os meses de novembro de 2019 e novembro de 2020 apresentam os picos de maior consumo de água potável. Esses picos podem ser explicados pois, de acordo com registros da empresa, no ano de 2019 ocorreu uma obra que demandou uma quantidade maior de água potável. Já no ano de 2020 ocorreu a construção de canaletas para escoamento

de águas pluviais e a instalação de grama natural em algumas áreas da empresa, o que também demandou uma maior quantidade de água potável, já que o processo precisa da irrigação para fixar o gramado. O pico de consumo do mês de junho de 2021 ocorreu devido a operação da empresa com funcionamento de segundo turno, o que pode ser a causa de aumento do uso de água potável.

Apesar da ocorrência de alguns picos de consumo durante os três anos, as médias mensais foram próximas, e o consumo médio anual geral é de 78 m<sup>3</sup>. Esse valor é menor em comparação com o valor encontrado por Caldeira (2016), sendo 90m<sup>3</sup> para a mesma empresa nos anos de 2014 e 2015, o que representa uma redução de consumo de água potável. Essa redução de consumo pode ser reflexo das constantes práticas implementadas pela empresa para estimular o consumo consciente de seus colaboradores.

Utilizando a ferramenta Excel, foram estimadas as demandas de cada atividade a ser suprida pelo sistema de aproveitamento de água pluvial.

#### 5.1.1 Demanda para cabine de pintura, jardinagem e lavagem dos pisos

Utilizando as equações 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8, considerando um ano com 365 dias e 52 semanas, foram obtidas as demandas médias mensal e anual da cabine de pintura, jardinagem e lavagem dos pisos. Os dados estão representados na Tabela 5.1.1.1.

**Tabela 5.1.1.1 - Demandas dos usos de água de chuva.**

Uso	Média anual (m <sup>3</sup> )	Média mensal (m <sup>3</sup> )	Média semanal (m <sup>3</sup> )
Cabine de pintura	4	0,33	-----
Jardinagem*	260	21,67	5,4
Lavagem de pisos	36,4	3,03	0,7

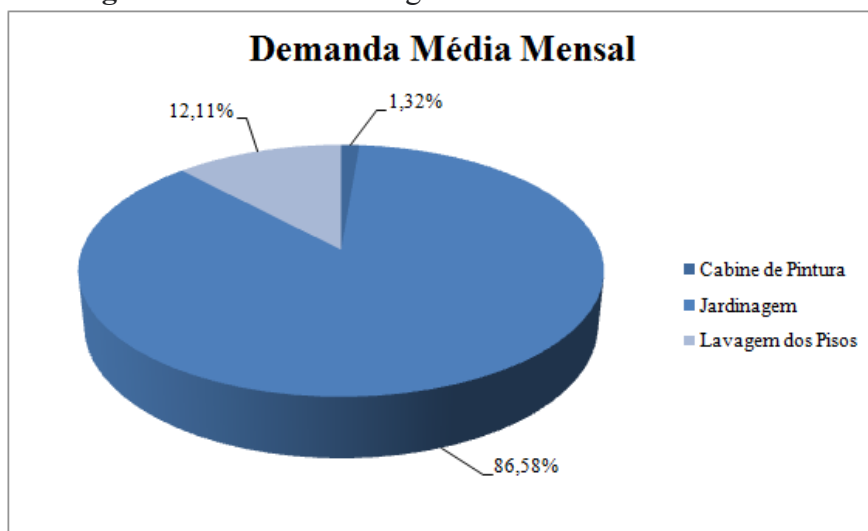
\*Na estimativa da demanda para a rega dos jardins foi considerada uma taxa de utilização de 2 litros/dia/m<sup>2</sup> (Tomaz, 2010).

Fonte: Autor (2022).

Os valores encontrados de médias mensais para cabine de pintura, jardinagem e lavagem de piso foram 0,33m<sup>3</sup>, 21,67m<sup>3</sup> e 3,03m<sup>3</sup>, respectivamente, o que corresponde a 1,32%, 86,58% e 12,11% da demanda média mensal total encontrada de 25,03 m<sup>3</sup>, como mostrado na Figura 5.1.1.1. Analisando os dados encontrados, verifica-se que a cabine de pintura possui uma

menor demanda em comparação com as outras atividades, visto que ela necessita de um completo esvaziamento apenas uma vez a cada ano, e a cada limpeza, que ocorre aproximadamente de três em três meses, necessita de água apenas para completar a sua capacidade.

**Figura 5.1.1.1 – Porcentagem da demanda média mensal.**



Fonte: Autor (2022).

## 5.2 Dimensionamento do Reservatório do SAAP

### 5.2.1 Cálculo da área de captação

A área de captação foi calculada utilizando a equação 4.9 da ABNT (1989), considerando inclinação do telhado de 15% de acordo com as plantas do empreendimento e o valor encontrado foi de 205,712 m<sup>2</sup> (Tabela 5.2.1.1).

**Tabela 5.2.1.1 - Cálculo da área de captação.**

Área de Captação (m <sup>2</sup> )	
i	15%
h (m)	0,96
a (m)	6,4
b (m)	29,9
Ac (m <sup>2</sup> )	205,712

Fonte: Autor (2022).

### 5.2.2 Aplicação do Método de Rippl

Para aplicação do método de Rippl foram considerados a demanda média mensal, a área de captação e o coeficiente de escoamento de 0,95, que segundo TOMAZ (2010) é o melhor valor para ser adotado. O resultado da aplicação do método está disposto na tabela 5.2.2.1.

**Tabela 5.2.2.1 - Aplicação do método de Rippl.**

<b>Método de Rippl</b>						
<b>Meses</b>	<b>Precipitação Média Mensal (mm)</b>	<b>Demanda (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Área de Captação (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume de Chuva Mensal (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Demanda - Volume de Chuva (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Diferença Acumulada (+) (m<sup>3</sup>)</b>
Jan	330,238	25,033	205,721	64,540	-39,507	0,000
Fev	182,858	25,033	205,721	35,737	-10,704	-10,704
Mar	142,311	25,033	205,721	27,813	-2,780	-13,483
Abr	67,884	25,033	205,721	13,267	11,766	-1,717
Mai	28,337	25,033	205,721	5,538	19,495	17,778
Jun	8,685	25,033	205,721	1,697	23,336	41,113
Jul	10,595	25,033	205,721	2,071	22,962	64,076
Ago	9,774	25,033	205,721	1,910	23,123	87,198
Set	48,806	25,033	205,721	9,538	15,495	102,693
Out	149,905	25,033	205,721	29,297	-4,264	98,429
Nov	208,333	25,033	205,721	40,716	-15,683	82,747
Dez	281,935	25,033	205,721	55,100	-30,067	52,680
<b>Total</b>	<b>1469,661</b>	<b>300,400</b>	<b>-</b>	<b>287,223</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Fonte: Autor (2022).

Foi encontrado um volume do reservatório de 102,693 m<sup>3</sup>, com aplicação do método de Rippl. Contudo, reservatórios muito grandes demandam não só estruturas mais complexas para instalação, bem como espaços para implantação do reservatório não disponíveis no local, considerando a área proposta essa situação acabaria inviabilizando a implementação do SAAP.

### 5.2.3 Aplicação do Método da Simulação

#### 5.2.3.1 Método da Simulação com volume fixado em 20m<sup>3</sup>

Para aplicação do método da simulação, foram considerados a demanda média mensal calculada de 25,033 m<sup>3</sup>, área de captação 205,7 m<sup>2</sup>, coeficiente *runoff* de 0,95 e o volume do reservatório fixado em 20 m<sup>3</sup>, conforme tabela 5.2.3.1.1. Os resultados da aplicação do método da simulação com volume fixado de 20 m<sup>3</sup> estão representados na tabela 5.2.3.1.2.

**Tabela 5.2.3.1.1 - Dados de entrada método da simulação (situação 1).**

<b>Dados Método da Simulação</b>	
Demanda (m <sup>3</sup> )	25,033
Área de Captação (m <sup>2</sup> )	205,7
Coeficiente run-off	0,95
Volume do Reservatório (m <sup>3</sup> )	20

Fonte: Autor (2022).

**Tabela 5.2.3.1.2 - Aplicação do método da simulação (situação 1).**

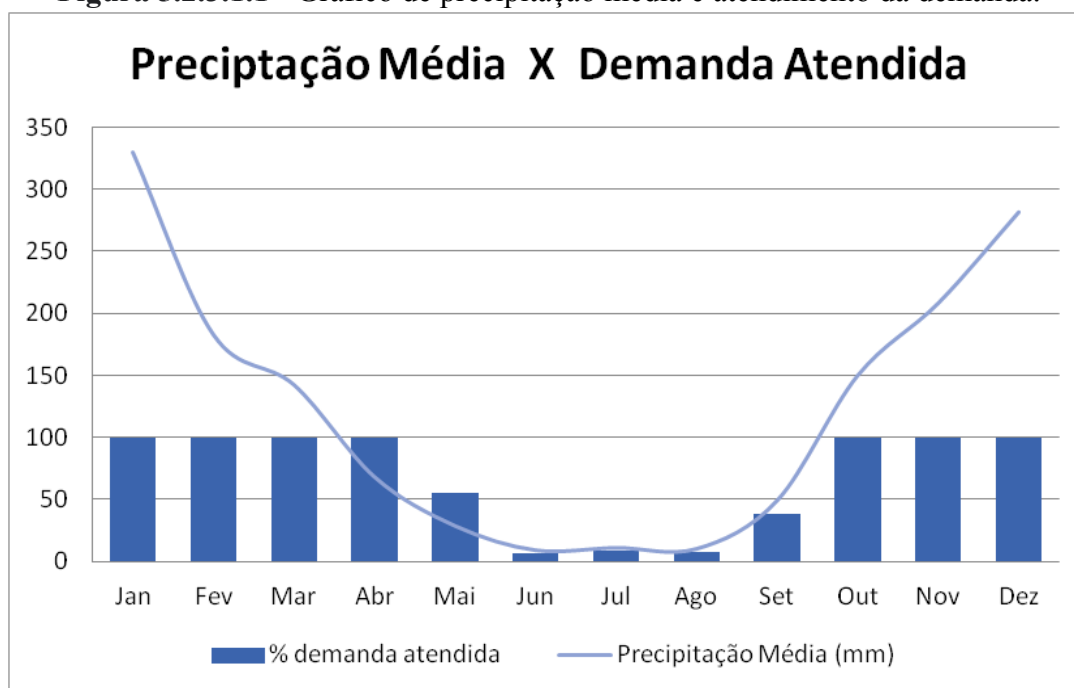
<b>Método da Simulação</b>							
<b>Meses</b>	<b>Prec. Média (mm)</b>	<b>Volume de Chuva (m<sup>3</sup>) (t)</b>	<b>Vol. Reser. (m<sup>3</sup>) (t-1)</b>	<b>Vol. Reser. (m<sup>3</sup>) (t)</b>	<b>Extravasor (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Suprimento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>% da demanda atendida</b>
Jan	330,238	64,5	0	20	19,5	0	100
Fev	182,858	35,7	20	20	10,7	0	100
Mar	142,311	27,8	20	20	2,8	0	100
Abr	67,884	13,3	20	8	0,0	0	100
Mai	28,337	5,5	8	-11	0,0	11	55
Jun	8,685	1,7	0	-23	0,0	23	7
Jul	10,595	2,1	0	-23	0,0	23	8
Ago	9,774	1,9	0	-23	0,0	23	8
Set	48,806	9,5	0	-15	0,0	15	38

Método da Simulação							
Meses	Prec. Média (mm)	Volume de Chuva (m <sup>3</sup> ) (t)	Vol. Reser. (m <sup>3</sup> ) (t-1)	Vol. Reser. (m <sup>3</sup> ) (t)	Extravasor (m <sup>3</sup> )	Suprimento (m <sup>3</sup> )	% da demanda atendida
Out	149,905	29,3	0	4	0,0	0	100
Nov	208,333	40,7	4	20	0,0	0	100
Dez	281,935	55,1	20	20	30,0	0	100

Fonte: Autor (2022).

Observa-se que nos meses de maio a setembro a demanda não é atendida em sua totalidade. Isso pode ser explicado pelo fato desses meses possuírem precipitações médias mais baixa, caracterizando os meses de seca em Belo Horizonte conforme a figura 5.2.3.1.1.

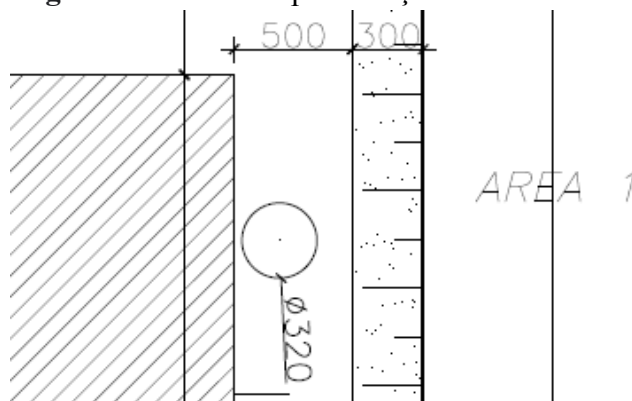
Figura 5.2.3.1.1 - Gráfico de precipitação média e atendimento da demanda.



Fonte: Autor (2022).

A porcentagem média de atendimento encontrada com a aplicação do método da simulação foi de 67,98%, valor superior ao encontrado por Caldeira (2016) sendo 28,68%. Utilizando um reservatório de 20 m<sup>3</sup>, com diâmetro de 3,20 m, para área escolhida para instalação, de acordo com a figura 5.2.3.1.2, seria possível a instalação desse reservatório no local.

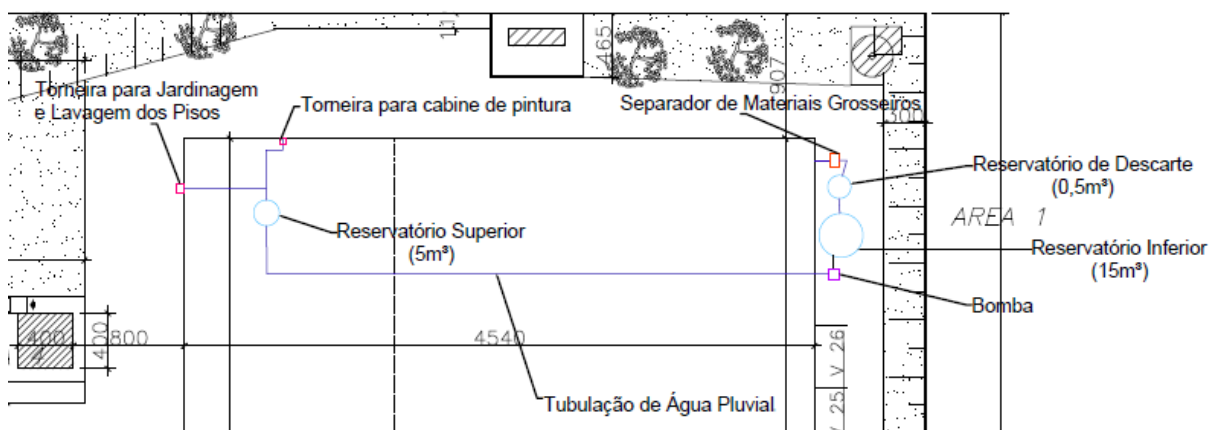
**Figura 5.2.3.1.2 - Representação do reservatório.**



Fonte: Autor (2022).

Na figura 5.2.3.1.3 é representada uma possibilidade de configuração da concepção do SAAP. O volume a ser armazenado ( $20 \text{ m}^3$ ) será dividido considerando 40% do volume para o reservatório superior e os 60% restantes para o reservatório inferior conforme determinação da norma da ABNT NBR 8626 (2020). Porém, foram utilizados reservatórios pré fabricados com volume aproximado ao recomendado pela norma NBR 8626 (2020), por possuírem um menor custo.

**Figura 5.2.3.1.3 - Representação do SAAP.**



Fonte: Autor (2022).

### 5.2.3.1 Método da Simulação com volume fixado em $40 \text{ m}^3$

Com a finalidade de avaliar a possibilidade de maior atendimento da demanda, foi feita a aplicação do método da simulação com os dados de entrada utilizados anteriormente, mas com o volume do reservatório fixado em  $40 \text{ m}^3$ . O resultado da aplicação do método da simulação para o volume fixado de  $40 \text{ m}^3$  pode ser observado na tabela 5.2.3.1.2.



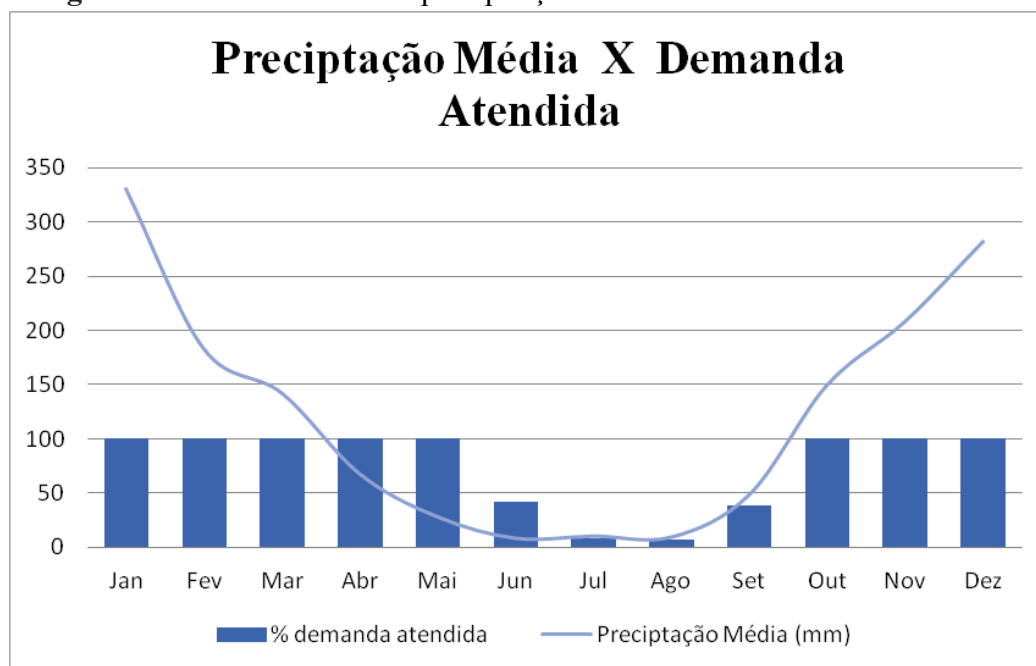
**Tabela 5.2.3.1.2 - Aplicação do método da simulação (situação 2).**

<b>Método da Simulação</b>							
<b>Meses</b>	<b>Prec. Média (mm)</b>	<b>Volume de Chuva (m<sup>3</sup>) (t)</b>	<b>Vol. Reser. (m<sup>3</sup>) (t-1)</b>	<b>Vol. Reser. (m<sup>3</sup>) (t)</b>	<b>Extravasor (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Suprimento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>% da demanda atendida</b>
Jan	330,238	64,5	0	40	0,0	0	100
Fev	182,858	35,7	40	40	10,7	0	100
Mar	142,311	27,8	40	40	2,8	0	100
Abr	67,884	13,3	40	28	0,0	0	100
Mai	28,337	5,5	28	9	0,0	0	100
Jun	8,685	1,7	9	-15	0,0	15	42
Jul	10,595	2,1	0	-23	0,0	23	8
Ago	9,774	1,9	0	-23	0,0	23	8
Set	48,806	9,5	0	-15	0,0	15	38
Out	149,905	29,3	0	4	0,0	0	100
Nov	208,333	40,7	4	20	0,0	0	100
Dez	281,935	55,1	20	40	10,0	0	100

Fonte: Autor (2022).

Assim como na análise anterior, o método simulação com volume fixado de 40 m<sup>3</sup> também não atende 100% da demanda média mensal para todos os meses, porém no mês de maio, foi possível 100% de atendimento da demanda, diferentemente da aplicação do método com volume fixado de 20 m<sup>3</sup>. Novamente, podemos observar que nos meses em que a média de precipitação é mais baixa (meses de seca) também não há 100% de atendimento da demanda (Figura 5.2.3.1.1).

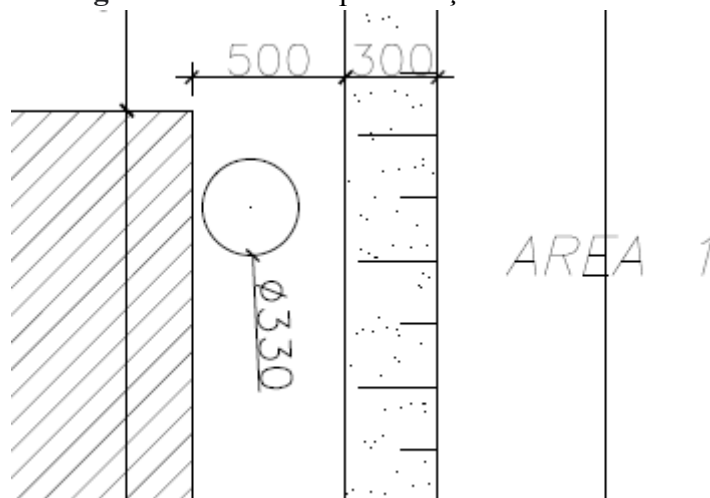
**Figura 5.2.3.1.1 - Gráfico de precipitação média e atendimento da demanda.**



Fonte: Autor (2022).

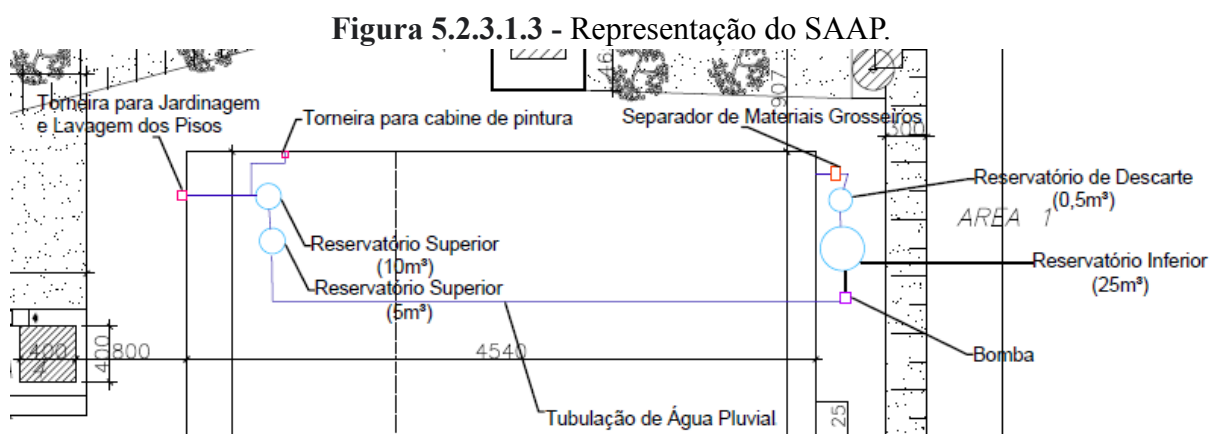
A porcentagem média de atendimento encontrada para um reservatório 40 m<sup>3</sup> foi de 74,64%, valor também superior ao encontrado por Caldeira (2016), que foi de 28,68%. Como forma de simplificar o sistema de captação de água pluvial, um reservatório de 40 m<sup>3</sup> tubular constituído de material metálico acabaria inviabilizando a implementação do sistema devido a custos muito elevados. Dessa forma, foi considerando 40% de volume de reservatório superior e 60% de volume de reservatório inferior, porém, novamente foram utilizados reservatórios pré fabricados com volume aproximado ao recomendado pela norma NBR 8626 (2020), por possuírem um menor custo. Conforme a figura 5.2.3.1.2 seria possível a instalação de um reservatório com 3,30 m de diâmetro para a área escolhida. A figura 5.2.3.1.3 a seguir representa outra possibilidade de concepção do SAAP utilizando dois reservatórios inferiores com 20 m<sup>3</sup>.

Figura 5.2.3.1.2 - Representação do reservatório.



Fonte: Autor (2022).

A figura 5.2.3.1.3 a seguir representa outra possibilidade de concepção do SAAP utilizando dois reservatórios inferiores com  $20 \text{ m}^3$ .



Fonte: Autor (2022).

### 5.3 Orçamento dos materiais necessários para concepção do sistema

Para análise da viabilidade econômica do projeto, foram feitos os orçamentos (Tabela 5.3.1 e 5.3.2) baseados nas duas possíveis configurações para concepção do SAAP. Os valores dos equipamentos e mão de obra foram estimados por meio de pesquisa de preços nos sites dos fornecedores dos componentes do sistema e por tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAP), com dados base de maio/2022.

**Tabela 5.3.1 - Orçamento para reservatório de 20m<sup>3</sup>.**

<b>Orçamento 20 m<sup>3</sup></b>		
<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço</b>
Reservatório Inferior Fortlev 15000 L	1	R\$8 299,00
Reservatório Superior Fortlev 5000 L	1	R\$2 688,90
Reservatório Descarte 500 L	1	R\$250,00
Separador de Materiais	1	R\$95,00
Tubulações, conexões, torneiras e registros	-	R\$1 500,00
Bomba	1	R\$450,00
Mão de obra		R\$6 500,00
<b>Total</b>		<b>R\$19 782,90</b>

Fonte: Autor (2022).

**Tabela 5.3.2 - Orçamento para reservatórios de 40m<sup>3</sup>.**

<b>Orçamento 40 m<sup>3</sup></b>		
<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço</b>
Caixa D'água 25.000l Em Fibra Com Tampa Bakof	1	R\$13 989,00
Reservatório Superior Fortlev 10000 L	1	R\$4 898,89
Reservatório Superior Fortlev 5000 L	1	R\$2 688,90
Reservatório Fortlev 500 L	1	R\$250,00
Separador de Materiais	1	R\$95,00
Tubulações, conexões, torneiras e registros	-	R\$1 500,00
Bomba	1	R\$450,00
Mão de obra		R\$6 500,00
<b>Total</b>		<b>R\$30 371,79</b>

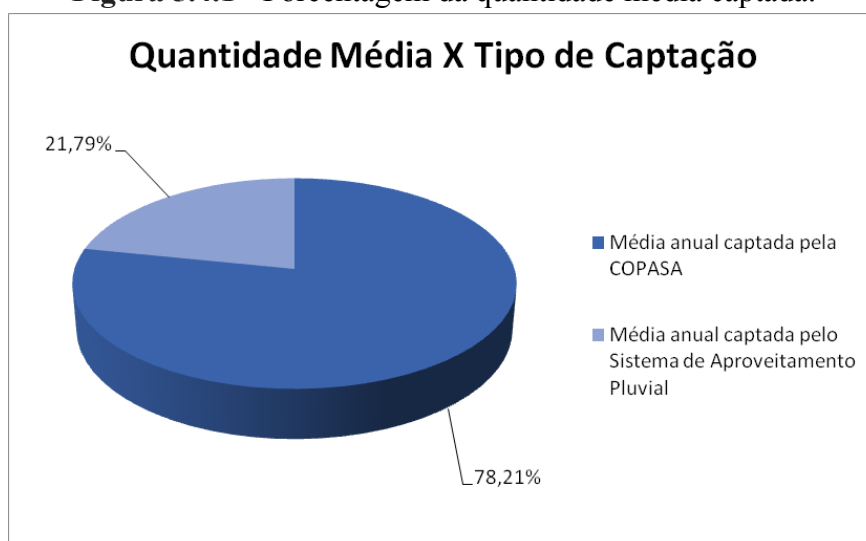
Fonte: Autor (2022).

Fazendo uma comparação entre o orçamento da tabela 5.3.1 com a tabela 5.3.2, observa-se que teve uma diferença de R\$10.588,89, o que representa um aumento de 53,52% do valor do orçamento para reservatório de 20m<sup>3</sup>.

#### 5.4 Estimativa da Economia de Água

Considerando o atendimento de 67,98% da demanda encontrada para a implantação do sistema com um reservatório totalizando de 20m<sup>3</sup>, uma média de 204.248,3 litros de água seriam economizados anualmente e 17.020,7 litros seriam economizados por mês com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, o que representa 21,79% da média total mensal de consumo de água na empresa (Figura 5.4.1).

**Figura 5.4.1 - Porcentagem da quantidade média captada.**



Fonte: Autor (2022).

Com as contas dos últimos 3 anos (2019, 2020 e 2021) da concessionária de abastecimento de água da empresa e utilizando ferramentas do Excel, foi construída uma tabela do custo de cada ano com o abastecimento de água, para posteriormente, fazer uma comparação com os custos do abastecimento de água utilizando o SAAP.

**Tabela 5.4.1 - Custo sem o SAAP.**

<b>Custo Sem o Sistema de Aproveitamento</b>						
	<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>2021</b>	
<b>Meses</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo sem o Sistema de Aproveitamento (R\$)</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo sem o Sistema de Aproveitamento (R\$)</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo sem o Sistema de Aproveitamento (R\$)</b>
Jan	65	1168,26	70	912,59	67	1318,74
Fev	56	985,31	48	591,33	72	1427,95

<b>Custo Sem o Sistema de Aproveitamento</b>						
<b>Meses</b>	<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>2021</b>	
	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo sem o Sistema de Aproveitamento (R\$)</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo sem o Sistema de Aproveitamento (R\$)</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo sem o Sistema de Aproveitamento (R\$)</b>
Mar	69	1249,68	71	925,75	84	1693,51
Abr	66	1188,49	80	1056,47	62	1206,85
Mai	60	1066,67	73	954,94	74	1472,64
Jun	59	1046,39	55	692,98	96	1958,96
Jul	77	1412,38	88	1173,61	85	1715,85
Ago	81	1493,83	94	1260,58	91	1849,18
Set	82	1623,13	84	1115,72	81	1507,23
Out	105	2134,28	82	1086,74	81	1493,53
Nov	128	2637,77	118	2418,97	62	1091,13
Dez	99	1334,58	66	1294,04	77	1408,53
<b>Total</b>	<b>947</b>	<b>17340,77</b>	<b>929</b>	<b>13483,72</b>	<b>932</b>	<b>18144,1</b>

Fonte: Autor (2022).

Analisando a tabela 5.4.1, observa-se que o ano de 2021 foi um ano em que teve o maior custo com o abastecimento de água na empresa apesar de não ser o ano com maior consumo em litros de água, isso está relacionado a tabela tarifária de cobrança da concessionária de abastecimento de água. Essa tabela leva em conta o tipo de uso que, nesse caso, é para uso industrial. Para construção na tabela de custos com a implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, foi considerada a mesma tarifa cobrada em cada conta nos últimos 3 anos da empresa (ANEXO I). Dessa forma, na tabela 5.4.2 é representado o custo com a implementação do sistema de aproveitamento e assim, como na tabela 5.4.1, o ano de 2021 também seria o ano com maior custo com abastecimento de água, como esperado.

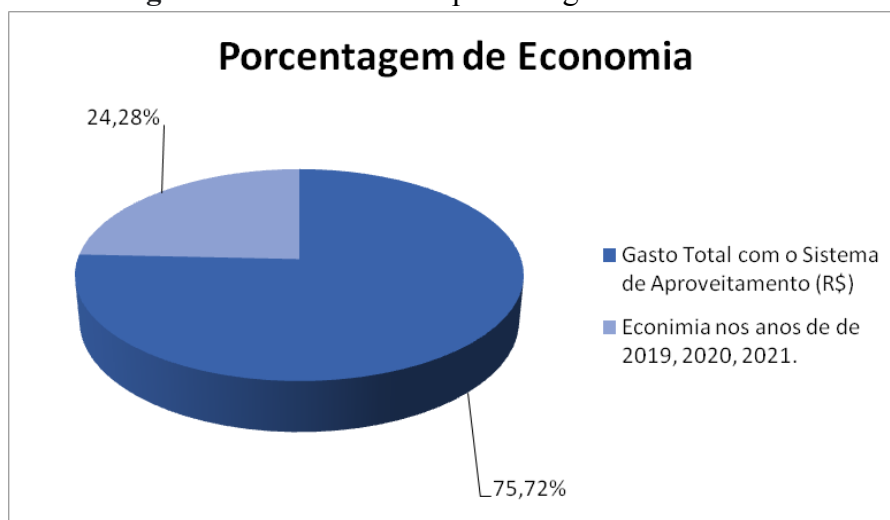
Tabela 5.4.2- Custo com o SAAP.

<b>Custo com o Sistema de Aproveitamento</b>						
<b>Meses</b>	<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>2021</b>	
	<b>Consumo - Quantidade Captada (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo com o Sistema de Aproveitame nto (R\$)</b>	<b>Consumo - Quantidade Captada (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo com o Sistema de Aproveita mento (R\$)</b>	<b>Consumo - Quantidad e Captada (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo com o Sistema de Aproveita mento (R\$)</b>
Jan	40	659,63	45	548,28	42	765,39
Fev	31	488,61	23	245,84	47	874,69
Mar	44	741,06	46	561,43	59	1140,27
Abr	41	679,86	55	692,14	37	659,60
Mai	46	781,84	59	750,91	60	1162,83
Jun	57	1005,70	53	663,82	94	1914,71
Jul	75	1371,69	86	1144,46	83	1671,59
Ago	79	1453,14	92	1231,44	89	1804,92
Set	72	1411,69	74	969,99	71	1281,70
Out	80	1586,96	57	722,40	56	964,41
Nov	103	2090,44	93	1871,64	37	573,11
Dez	74	970,25	41	742,31	52	879,40
<b>Total</b>	<b>743</b>	<b>13240,85</b>	<b>725</b>	<b>10144,64</b>	<b>728</b>	<b>13692,61</b>

Fonte: Autor (2022).

Comparando os resultados das duas tabelas 5.4.1 e 5.4.2, observa-se que, em relação ao custo geral nos últimos três anos há uma economia média anual de R\$3.963,498 e média mensal de R\$330,29 com o SAAP, o que representa uma economia de 24,28% em relação ao gasto total sem o sistema.

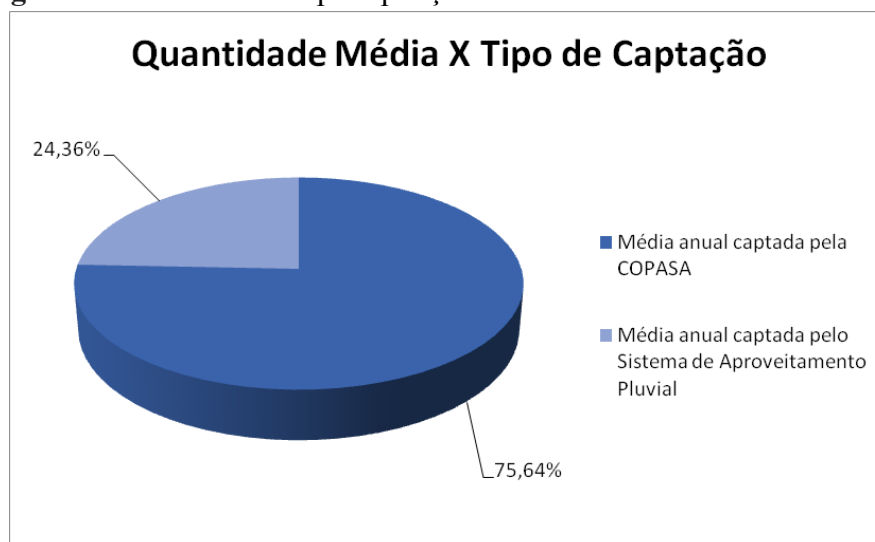
**Figura 5.4.2 - Gráfico da porcentagem de economia.**



Fonte: Autor (2022).

Para o SAAP com reservatórios totalizando 40m<sup>3</sup>, considerando a porcentagem de 74,64% de atendimento da demanda total anual, temos uma economia média anual e mensal de 225.776,7 litros e 18.814,7 litros respectivamente com a implementação do SAAP, o que corresponde à 24,36% da média total mensal de consumo de água potável na empresa (Figura 5.4.3).

**Figura 5.4.3 - Gráfico de precipitação média e atendimento da demanda.**



Fonte: Autor (2022).

Utilizando os dados de economia encontrados e ferramentas do Excel, foi calculado o custo com a aplicação do SAAP com reservatórios totalizando 40m<sup>3</sup>, utilizando as mesmas tarifas



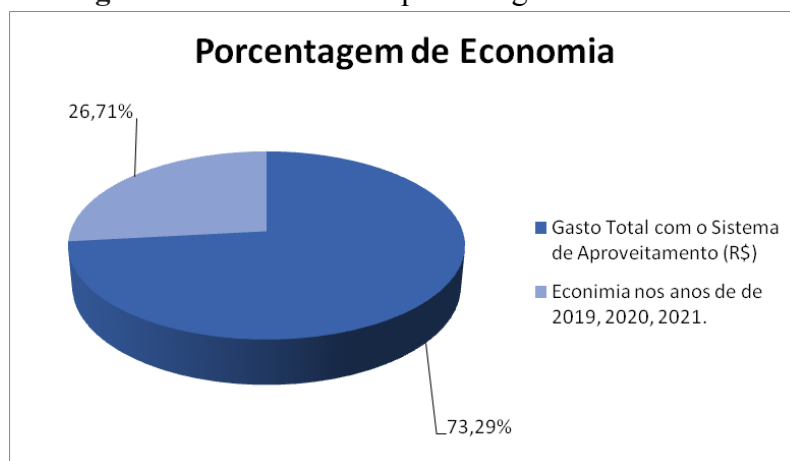
(ANEXO I) das contas dos últimos 3 anos. Sendo assim, na tabela 5.4.3 é representado o custo com a implantação do sistema para essa situação.

**Tabela 5.4.3 - Custo com o SAAP.**

<b>Custo com o Sistema de Aproveitamento</b>						
<b>Meses</b>	<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>2021</b>	
	<b>Consumo - Quantidade e Captada (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo com o Sistema de Aproveitamento (R\$)</b>	<b>Consumo - Quantidade e Captada (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo com o Sistema de Aproveitamento (R\$)</b>	<b>Consumo - Quantidade e Captada (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Custo com o Sistema de Aproveitamento (R\$)</b>
Jan	40	659,63	45	548,28	42	765,39
Fev	31	488,61	23	245,84	47	874,69
Mar	44	741,06	46	561,43	59	1140,27
Abr	41	679,86	55	692,14	37	659,60
Mai	35	564,67	48	590,60	49	919,40
Jun	47	802,25	43	518,09	84	1693,41
Jul	75	1371,69	86	1144,46	83	1671,59
Ago	79	1453,14	92	1231,44	89	1804,92
Set	72	1411,69	74	969,99	71	1281,70
Out	80	1586,96	57	722,40	56	964,41
Nov	103	2090,44	93	1871,64	37	573,11
Dez	74	970,25	41	742,31	52	879,40
<b>Total</b>	<b>721</b>	<b>12820,23</b>	<b>703</b>	<b>9838,60</b>	<b>706</b>	<b>13227,88</b>

Fonte: Autor (2022).

Comparando os resultados encontrados com a tabela 5.4.1, que representa o custo sem a aplicação do SAAP, observa-se que seria economizado em média R\$4.360,63, anualmente, e R\$363,39, mensalmente, com a implementação do sistema, o que representa 26,71% de economia em relação ao custo com o abastecimento de água (Figura 5.4.4).

**Figura 5.4.4 - Gráfico de porcentagem de economia.**

Fonte: Autor (2022).

Fazendo uma comparação entre as economias de litros de água e reais com a aplicação do método da simulação para as duas situações verificadas anteriormente, tem-se uma diferença média em litros anual e mensal de 21.528,31 e 1.794,01, respectivamente e uma economia média anual e mensal em reais de R\$397,132 e R\$33,1, respectivamente. Os valores não apresentam diferenças muito significativas em relação à economia em reais, principalmente quando analisado a economia média mensal, visto que a diferença da porcentagem de demanda atendida pelo SAAP nas duas situações também apresentarem pequenas diferenças. Isso é devido ao fato dos meses de seca (maio, junho, julho, agosto e setembro) em que a precipitação é mais baixa em Belo Horizonte não atingirem o atendimento de 100% da demanda.

### 5.5 Análise Econômica do Projeto

Utilizando a estimativa encontrada no orçamento da aplicação do SAAP nas diferentes situações e aplicando a economia média anual na equação 4.12 para o cálculo do payback, foi encontrado o tempo em que o projeto gastaria para ser reembolsado (Tabela 5.5.1).

**Tabela 5.5.1 - Cálculo do payback.**

Reservatório	Investimento	Economia média anual	Payback (anos)
20 m <sup>3</sup>	R\$19 782,90	R\$3 963,50	4,99
40 m <sup>3</sup>	R\$30 371,79	R\$4 360,63	6,97

Fonte: Autor (2022).

Analisando os resultados encontrados, pode-se observar que nas duas situações propostas o tempo de retorno do investimento representa um valor abaixo de 10 anos, que de acordo com

Instrução Normativa RFB Nº 1700, de 14 de março de 2017, é o tempo de depreciação de instalações. Esses valores foram superiores aos encontrados por Caldeira (2016) e por Lustosa (2018), sendo 47 meses e 3,5 meses respectivamente, porém, quando analisamos a demanda de cada um desses autores, verifica-se que é superior ao utilizado para o sistema proposto neste trabalho. Então, como as demandas são menores, há uma menor economia de água, em termos de reais, o que torna o tempo de retorno do investimento no projeto mais longo considerando os custos com o sistema.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais são de extrema importância para a redução do consumo de água potável, contribuem para o desenvolvimento sustentável e é uma das ferramentas para auxiliar na redução da escassez hídrica. Para a empresa, área de estudo desta pesquisa, a implementação do SAAP, além dos pontos citados anteriormente, constitui um meio de contribuir com a Política de Gestão Integrada, fortalecendo a preocupação da empresa com a preservação do meio ambiente e a busca pela melhoria contínua.

Os usos de água não potável que poderiam ser supridos pela água da chuva captada pelo SAAP proposto são lavagem do piso da fábrica, jardinagem e utilização na cabine de pintura, que mensalmente demandam 25,03 m<sup>3</sup>, representando 32,3% do consumo médio mensal de água potável na empresa.

Em relação ao volume armazenado de águas pluviais, a aplicação do método de Rippl resultou em um reservatório com volume 102,693 m<sup>3</sup>, o que poderia inviabilizar o projeto por demandar de estruturas mais complexas e necessitar de uma grande área para a implantação do reservatório. Esse resultado representa um dos pontos críticos desse método, em que o reservatório é superdimensionado.

As aplicações do método da Simulação para volumes fixados em 20m<sup>3</sup> e 40m<sup>3</sup> resultaram em 67,98% e 74,64%, em média, de atendimento da demanda, e área escolhida para a instalação dos reservatórios dimensionados para o SAAP mostrou ser satisfatória para a instalação e pelos critérios da escolha da área.

Com a implantação do sistema com reservatórios totalizando 20m<sup>2</sup> e 40m<sup>3</sup>, considerando as porcentagens médias de atendimento, tem-se uma economia anual de 204.248,3 e 225.776,7 litros de água e uma economia média mensal de 17.020,7 e 18.814,7 litros, respectivamente. Essas economias em litros, transformadas em economias em reais, juntamente com o orçamento dos materiais necessários para a implantação do SAAP para cada situação, constituem dados de entrada para o cálculo do tempo de retorno (Payback) do investimento no projeto. Sendo assim, as economias em reais constituem média anual de R\$3.963,498 e média mensal de R\$330,29 para reservatórios totalizando 20m<sup>3</sup> e uma economia média de R\$4.360,63 anualmente e R\$363,39 mensalmente, para reservatórios totalizando 40m<sup>3</sup>.

Dessa forma, as duas situações demonstram ser viáveis e atrativas economicamente tendo em vista os resultados encontrados comparado com o tempo de depreciação dos equipamentos. Portanto, a implantação do SAAP para a empresa em estudo, fornece benefícios econômicos e ambientais alinhados com as diretrizes do empreendimento.

Recomenda-se que sejam feitos estudos para implementação do projeto, considerando outros usos não potáveis para aproveitamento da água captada, bem com,a análise dos padrões de qualidade da água para a atividade de cabine de pintura de via úmida.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844: **Instalações prediais de água fria**. Rio de Janeiro:ABNT, 1989.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ACQUASAVE. **Filtro para o Aproveitamento Inteligente da Água de Chuva**. In: Filtro AS-350, [2022?]. Disponível em: <https://www.acquasave.com.br/>. Acesso em: 12 maio 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos**, Brasília, 2017. Disponível em: [http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/aceso-tematico/usos-da-agua/aguaindustria\\_usocoeficientestecnicos.pdf](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/aceso-tematico/usos-da-agua/aguaindustria_usocoeficientestecnicos.pdf). Acesso em: 23 nov. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual**, Brasília, 2020. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.23309814.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). In: **Hidroweb**, 2022?. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso em: 12 maio 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). **ODS 6 no Brasil : visão da ANA sobre os indicadores** – 2. ed. – Brasília, 2022. Disponível em: [https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c93c5670-f4a7-4de6-85cf-c295c3a15204/attachments/ODS6\\_Brasil\\_ANA\\_2ed\\_digital\\_simples.pdf](https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c93c5670-f4a7-4de6-85cf-c295c3a15204/attachments/ODS6_Brasil_ANA_2ed_digital_simples.pdf). Acesso em: 18 de maio 2022.

ARPI. **Cabine de Pintura Umida - Modelo FL**, 2022. Disponível em: <https://www.arpi.com.br/cabine-de-pintura-umida-modelo-fl.php>. Acesso em: 18 de maio 2022.

ARSAE-MG. **Tabelas Tarifárias - COPASA MG**, 2022. Disponível em: <http://www.arsae.mg.gov.br/copasa/>. Acesso em: 11 mai. 2022.

ASIS ENGENHARIA. Disponível em: <https://asisengenharia.com.br/index.php/2019/10/18/nbr-155272019-aproveitamento-de-agua-de-chuva-de-coberturas-para-fins-nao-potaveis/>. Acesso em: 14.jan.2022.

BELO HORIZONTE. **Projeto de Lei nº 1452, de 27 de fevereiro de 2015**. Dispõe sobre a instituição do sistema de Reaproveitamento das águas de chuvas nos prédios públicos e dá outras providências. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/vereadores/leo-burgues-de-castro/projetos#inicioResultados>. Acesso em: 11 maio 2022.

BELO HORIZONTE. **Projeto de Lei nº 83, de 2 de fevereiro de 2017**. Dispõe sobre a implantação de sistemas de captação de água da chuva em todas as escolas públicas municipais. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://www.cmbh.mg.gov.br/vereadores/leo-burgues-de-castro/projetos#inicioResultados>. Acesso em: 11 maio 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 2451, de 6 de maio de 2020**. Dispõe sobre o reuso de água para fins não potáveis em novas edificações públicas federais e privadas residenciais, comerciais e industriais, e dá outras providências. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2251907>. Acesso em: 10 maio 2022.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 2609, de 6 de maio de 2019**. Altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 para determinar a implementação de mecanismos de estímulo à instalação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais em edificações públicas e privadas. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2199980&ord=1>. Acesso em: 10 maio 2022.

BRASIL. **Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em: 11 maio 2022.

CALDEIRA, Jennifer Karen Alves. **Aproveitamento de água de chuva em uma indústria mecânica: aspectos econômicos e ambientais**. 2016. 131 p. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, SC, 2016.

CARDOSO, Manuelle Prado. **Viabilidade do Aproveitamento de Águas de Chuvas em Zonas Urbanas – Estudo de Caso Belo Horizonte-MG**. 2009. 192 p. Dissertação (Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CARVALHO, Iago Nantes da Cruz; OLIVEIRA, Deivid Júlio Cândido de; MODESTO, Henrique Júnior; ROMÃO, Hiago Alves; SILVA, Miguel Castro. **Importância da captação e reaproveitamento de água pluvial como forma de minimizar a escassez de água potável**, Manhauçu, 2020. Disponível em: <http://www.pensaracademico.facig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/2025/179>. Acesso em: 25 nov. 2021.

EMH. **Soluções Tecnológicas e Inovadoras para movimentação de cargas**, c2021. Disponível em: <http://www.emh.com.br/>. Acesso em: 24 nov. 2021.

GOOGLE.[2021?]. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 24 nov. 2021.

KARCHER. **Lavadora e Secadora de Piso BD 530 BAT**, c2022. Disponível em: <https://www.karcher-especialista-hp.com.br/limpadora-de-pisos-bd-530-bat>. Acesso em: 12 maio 2022.

LIMA, Eduardo Pedroza da Cunha. **Água e Indústria: experiências e desafios**. 1<sup>a</sup> ed. Brasília, 2018. 119p.

LUSTOSA, Diego Fontes. **Análise da Viabilidade Técnica e Econômica do Aproveitamento de Água de Chuva em uma Empresa de Galvanização**. 2019. 62f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019. Acesso em: 01 jul. 2022.

MAY, Simone. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em edificações**. São Paulo, 2004. 159 p.

MINAS GERAIS. **Projeto de Lei nº 104, de 2 de fevereiro de 2019**. Regulamenta a captação de água da chuva e instalação de sistema de energia solar em prédios públicos a serem edificados ou reformados no Estado de Minas Gerais. Minas Gerais, 2019. Disponível em: [https://www.almg.gov.br/atividade\\_parlamentar/tramitacao\\_projetos/texto.html?a=2019&n=104&t=PL](https://www.almg.gov.br/atividade_parlamentar/tramitacao_projetos/texto.html?a=2019&n=104&t=PL). Acesso em: 11 maio 2022.

MINAS GERAIS. **Projeto de Lei nº 1621, de 21 de maio de 2015**. Cria o Programa de Captação da Água da Chuva. Minas Gerais, 2015. Disponível em: [https://www.almg.gov.br/atividade\\_parlamentar/tramitacao\\_projetos/texto.html?a=2015&n=1621&t=PL](https://www.almg.gov.br/atividade_parlamentar/tramitacao_projetos/texto.html?a=2015&n=1621&t=PL). Acesso em: 11 maio 2022.

MINAS GERAIS. **Projeto de Lei nº 2060, de 16 de junho de 2015**. Dispõe sobre a instalação de sistema de reaproveitamento das águas da chuva e cinzas claras para utilização não potável nas unidades habitacionais construídas pelo governo do Estado. Minas Gerais, 2015. Disponível em: [https://www.almg.gov.br/atividade\\_parlamentar/tramitacao\\_projetos/texto.html?a=2015&n=2060&t=PL](https://www.almg.gov.br/atividade_parlamentar/tramitacao_projetos/texto.html?a=2015&n=2060&t=PL). Acesso em: 11 maio 2022.

MINAS GERAIS. **Projeto de Lei nº 2361, de 15 de dezembro de 2020**. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de coletores de água da chuva em obras realizadas pelo poder público e dá outras providências. Minas Gerais, 2020. Disponível em: [https://www.almg.gov.br/atividade\\_parlamentar/tramitacao\\_projetos/texto.html?a=2020&n=2361&t=PL](https://www.almg.gov.br/atividade_parlamentar/tramitacao_projetos/texto.html?a=2020&n=2361&t=PL). Acesso em: 11 maio 2022.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Água potável e saneamento**, c2021b. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em 25 nov. 2021.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**, c2021a. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em 25 nov. 2021.



PENÃ, Renata. *In*: WWF BRASIL. **Dia Mundial da Água**, 22 mar. 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70322/Dia-Mundial-da-gua#:~:text=%C3%81gua%2C%20preciosa%20e%20finita&text=Do%20total%20de%20%C3%A1gua%20dispon%C3%ADvel,1%25%20est%C3%A1%20dispon%C3%ADvel%20para%20consumo>. Acesso em: 24 nov. 2021.

RECEITA FEDERAL DO BRASIL. **Instrução Normativa Rfb N° 1700, De 14 De Março De 2017**. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=81268#1706809>. Acesso em: 29. jun. 2022.

SNIRH. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Catálogo de Metadados da ANA. 2020. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/0574947a-2c5b-48d2-96a4-b07c4702bbab>. Acesso em: 01. jan. 2022.

TOMAZ. Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis**. 2009. Disponível em: <http://nascecmec.com.br/2014/wp-content/uploads/2015/02/capitulo8.pdf>. Acesso em: 17.jan.2022.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2010. Disponível em: [https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5\\_bfa504956e664155b22974ef016e05a7.pdf?index=true](https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5_bfa504956e664155b22974ef016e05a7.pdf?index=true). Acesso em: 29.jun.2022.

TORRES, Inácio Alves; JÚNIOR, Olavo Gonçalves Diniz. **As contribuições do valor presente líquido, da taxa interna de retorno, do payback e do fluxo de caixa descontado para avaliação e análise de um projeto de investimento em cenário hipotético**. Universitas Gestão e TI, v. 3, ed. 1, jun 2013. Disponível em: <https://www.arqcom.uniceub.br/gti/article/view/2277/2037>. Acesso em: 26 nov. 2021.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**, 2021. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por). Acesso em: 12.jan. 2022.

WWF BRASIL. **O que é desenvolvimento sustentável?** [2021?]. Disponível em: [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/desenvolvimento\\_sustentavel/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/). Acesso em 24.nov. 2021.

3P TÉCNIK. **Aproveitamento da Água de Chuva para um mundo mais verde. 3P aposta na sustentabilidade**. *In*: 3P Filtro Industrial VF12, c2017. Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com/76-2-3P-Filtro-Industrial-VF12.html>. Acesso em: 12 maio 2022.

## ANEXO I

RESOLUÇÃO ARSAE-MG 111, DE 28 DE JUNHO DE 2018

Vigência: agosto/2018 a julho/2019

TABELA TARIFÁRIA DE APLICAÇÃO - COPASA					
Categorias	Faixas	ÁGUA	EDC	EDT	Unidade
Residencial Social	Fixa	7,19	2,71	6,82	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	0,56	0,21	0,54	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	1,583	0,596	1,504	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	3,255	1,229	3,089	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	3,948	1,481	3,750	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	4,440	1,649	4,224	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	7,134	2,668	6,780	R\$/m <sup>3</sup>
Residencial	Fixa	15,97	6,03	15,15	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	1,12	0,42	1,07	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	3,165	1,192	3,007	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	6,509	2,457	6,178	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	7,895	2,962	7,500	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	8,879	3,297	8,448	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	14,267	5,335	13,560	R\$/m <sup>3</sup>
Comercial	Fixa	23,94	9,03	22,72	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	2,82	1,02	2,69	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	3,826	1,405	3,647	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	8,528	3,235	8,086	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	9,762	3,703	9,258	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	10,439	3,944	9,906	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	11,397	4,286	10,823	R\$/m <sup>3</sup>
Industrial	Fixa	23,94	9,03	22,72	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	2,82	1,02	2,69	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	3,826	1,405	3,647	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	8,528	3,235	8,086	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	9,762	3,703	9,258	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	10,439	3,944	9,906	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	11,397	4,286	10,823	R\$/m <sup>3</sup>
Pública	Fixa	19,94	7,52	18,93	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	2,75	1,02	2,64	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	3,487	1,283	3,322	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	8,078	3,067	7,659	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	8,977	3,403	8,514	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	10,211	3,871	9,684	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	10,942	4,140	10,381	R\$/m <sup>3</sup>

Fonte: ARSAE-MG

## RESOLUÇÃO ARSAE-MG 127, DE 25 DE JUNHO DE 2019

Vigência: agosto/2019 a julho/2020

TABELA TARIFÁRIA DE APLICAÇÃO - COPASA					
Categorias	Faixas	ÁGUA	EDC	EDT	Unidade
Residencial Social	Fixa	7,87	2,50	7,65	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	0,67	0,21	0,66	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	1,702	0,533	1,659	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	3,468	1,089	3,379	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	4,283	1,335	4,177	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	4,966	1,530	4,851	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	7,816	2,427	7,628	R\$/m <sup>3</sup>
Residencial	Fixa	17,49	5,56	17,01	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	1,34	0,42	1,32	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	3,403	1,065	3,318	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	6,935	2,177	6,757	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	8,565	2,669	8,354	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	9,931	3,059	9,701	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	15,632	4,853	15,255	R\$/m <sup>3</sup>
Comercial	Fixa	26,22	8,33	25,51	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	3,38	1,01	3,31	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	4,431	1,347	4,335	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	8,929	2,823	8,694	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	10,232	3,233	9,962	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	11,089	3,484	10,804	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	12,280	3,840	11,974	R\$/m <sup>3</sup>
Industrial	Fixa	26,22	8,33	25,51	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	3,38	1,01	3,31	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	4,431	1,347	4,335	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	8,929	2,823	8,694	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	10,232	3,233	9,962	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	11,089	3,484	10,804	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	12,280	3,840	11,974	R\$/m <sup>3</sup>
Pública	Fixa	21,84	6,93	21,25	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	3,18	0,98	3,12	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	4,002	1,220	3,913	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	8,436	2,668	8,213	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	9,425	2,976	9,178	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	10,726	3,387	10,444	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	11,557	3,640	11,257	R\$/m <sup>3</sup>

Fonte: ARSAE-MG

## RESOLUÇÃO ARSAE-MG 141, DE 22 DE JUNHO DE 2020

Vigência: agosto/2020 a julho/2021

TABELA TARIFÁRIA DE APLICAÇÃO - COPASA					
Categorias	Faixas	ÁGUA	EDC	EDT	Unidade
Residencial Social	Fixa	8,11	2,03	8,11	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	0,75	0,19	0,75	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	1,719	0,430	1,719	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	3,471	0,868	3,471	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	4,368	1,092	4,368	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	5,218	1,305	5,218	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	8,051	2,013	8,051	R\$/m <sup>3</sup>
Residencial	Fixa	18,02	4,50	18,02	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	1,50	0,38	1,50	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	3,438	0,860	3,438	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	6,941	1,736	6,941	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	8,735	2,184	8,735	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	10,435	2,609	10,435	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	16,101	4,026	16,101	R\$/m <sup>3</sup>
Comercial	Fixa	27,00	6,75	27,00	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	3,78	0,95	3,78	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	4,807	1,202	4,807	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	8,777	2,194	8,777	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	10,067	2,517	10,067	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	11,065	2,766	11,065	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	12,439	3,109	12,439	R\$/m <sup>3</sup>
Industrial	Fixa	27,00	6,75	27,00	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	3,78	0,95	3,78	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	4,807	1,202	4,807	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	8,777	2,194	8,777	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	10,067	2,517	10,067	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	11,065	2,766	11,065	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	12,439	3,109	12,439	R\$/m <sup>3</sup>
Pública	Fixa	22,49	5,63	22,49	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	3,41	0,86	3,41	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	4,307	1,077	4,307	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	8,267	2,066	8,267	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	9,288	2,322	9,288	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	10,578	2,645	10,578	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	11,465	2,866	11,465	R\$/m <sup>3</sup>

Fonte: ARSAE-MG

## RESOLUÇÃO ARSAE-MG 154, DE 28 DE JUNHO DE 2021

Vigência: agosto/2021 a julho/2022

TABELA TARIFÁRIA DE APLICAÇÃO - COPASA				
Categorias	Faixas	Água	Esgoto	Unidade
Residencial Social	Fixa	7,92	5,86	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	0,91	0,68	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	1,943	1,438	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	3,011	2,228	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	4,111	3,043	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	10,458	7,739	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	12,759	9,441	R\$/m <sup>3</sup>
Residencial	Fixa	17,61	13,03	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	1,82	1,35	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	3,886	2,876	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	6,023	4,457	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	8,222	6,084	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	10,458	7,739	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	12,759	9,441	R\$/m <sup>3</sup>
Comercial	Fixa	28,52	21,11	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	3,95	2,92	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	5,922	4,382	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	7,966	5,895	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	10,036	7,427	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	12,164	9,001	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	14,305	10,586	R\$/m <sup>3</sup>
Industrial	Fixa	28,52	21,11	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	3,95	2,92	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	5,922	4,382	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	7,966	5,895	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	10,036	7,427	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	12,164	9,001	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	14,305	10,586	R\$/m <sup>3</sup>
Pública	Fixa	24,24	17,94	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	3,74	2,77	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	5,611	4,151	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 20 m <sup>3</sup>	7,546	5,584	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	9,508	7,036	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 a 200 m <sup>3</sup>	11,525	8,529	R\$/m <sup>3</sup>
	> 200 m <sup>3</sup>	13,552	10,029	R\$/m <sup>3</sup>

Fonte: ARSAE-MG