

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**RAPHAEL GANNAM ALVES**

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA O EDIFÍCIO**  
**COMERCIAL DA EMPRESA VEÍCULOS CRUZEIRO COMÉRCIO LTDA DA**  
**CIDADE DE VARGINHA MG**

**Varginha**  
**2017**

**RAPHAEL GANNAM ALVES**

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA O EDIFÍCIO  
COMERCIAL DA EMPRESA VEÍCULOS CRUZEIRO COMÉRCIO LTDA DA  
CIDADE DE VARGINHA MG**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito parcial para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes.

**Varginha  
2017**

**RAPHAEL GANNAM ALVES**

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA O EDIFÍCIO  
COMERCIAL DA EMPRESA VEÍCULOS CRUZEIRO COMÉRCIO LTDA DA  
CIDADE DE VARGINHA MG**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito parcial para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em:        /        /

---

Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes

---

Membro da Banca Examinadora 1

---

Membro da Banca Examinadora 2

OBS.:

*Dedico este trabalho a Deus, à minha família,  
aos meus amigos e a todos que colaboraram e  
me apoiaram nesta grande etapa de minha  
vida.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por sempre me guiar e me proporcionar saúde, capacidade e incondicional força de vontade.

Aos meus pais Arnaldo Carvalho Alves e Miryam Lúcia Gannam Sequeira Costa Alves, que sempre foram grandes exemplos de integridade e determinação, e que acima de tudo, acreditaram na minha capacidade e me apoiaram de maneira extraordinária durante todas as etapas percorridas.

As minhas irmãs Amanda Gannam Alves e Vitória Gannam Alves que sempre me apoiam.

A minha orientadora Luana Ferreira Mendes que me auxiliou durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores que com paciência e dedicação, contribuíram para meu processo de formação acadêmica.

Ao Centro Universitário do Sul de Minas, no qual estou concluindo minha graduação, por me proporcionar ensino de excelência.

E a todas as pessoas que de alguma maneira contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

**Obrigado!**

## RESUMO

Sistemas de aproveitamento de água da chuva são ferramentas com elevada capacidade de amenizar inundações, de combater a falta de água e de diminuir gastos financeiros, além de contribuir de maneira significativa para a preservação do meio ambiente. Dessa forma, o presente trabalho tem como propósito realizar estudos aprofundados que possam auxiliar na elaboração do projeto de um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva para o edifício comercial da empresa Veículos Cruzeiro Comércio LTDA, situada no município de Varginha/MG. Buscando agregar conhecimentos específicos sobre esses sistemas, foram realizados abrangentes estudos em literaturas, *sites* e normas técnicas, visando atribuir o máximo de conhecimento necessário para a elaboração do projeto. Na sequência, realizaram-se pesquisas para a coleta de dados correspondentes a séries históricas de precipitação que permitiram a caracterização do regime de chuva da região. Posteriormente, foram coletados valores referentes às dimensões da edificação e dimensões da cobertura. Também foram coletadas informações referentes ao número de pessoas que ocupam e utilizam o edifício e a quantidade de água potável que é consumida todos os dias. Após obter todo o conhecimento necessário, iniciou-se o dimensionamento de todos os componentes que integram o sistema, sendo estes: calhas, condutores verticais, reservatórios inferior e superior, sistema elevatório e rede de distribuição. Dessa forma o projeto foi elaborado, seu custo estimado e, finalmente, desenvolvido o memorial descritivo e de cálculo que apresenta o projeto e especifica todos os materiais e serviços que deverão ser utilizados em sua execução.

**Palavras-chave:** Aproveitamento de Água da Chuva. Edifício Comercial. Elaboração do Projeto. Estimativa de Custo.

## **ABSTRACT**

*Rainwater harvesting systems are tools with a high capacity to alleviate floods, to combat water shortages and to reduce financial expenses, as well as contribute significantly to environmental preservation. In this way, the present work has the purpose of carrying out in-depth studies that are ancillary in the design of a rainwater harvesting and supply system for the commercial building of Veículos Cruzeiro Comércio LTDA, located in the municipality of Varginha / MG. In order to aggregate specific knowledge about these systems, extensive studies were carried out on literatures, websites and technical standards, aiming to assign the maximum amount of knowledge needed to prepare the project. Afterwards, research was done to collect data corresponding to the historical series of precipitation that allows a characterization of the region's rain regime. Subsequently, values were collected referring to the dimensions of the building and dimensions of the cover. Information was also collected regarding the number of people occupying and using the building and an amount of drinking water that is consumed every day. After obtaining all the necessary knowledge, the sizing of all the components that integrate the system began, being these: gutters, vertical conductors, lower and upper reservoirs, lift system and distribution network. In this way the project was elaborated, its estimated cost and finally developed or descriptive and calculation memorial that presents the project and specifies all the materials and services that should be used in its execution.*

**Keywords:** *Rainwater Harvesting. Commercial building. Project Elaboration. Cost Estimate.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Obtenção, perda e teor de água .....	16
Figura 2 - Etapas do tratamento convencional de água fluvial .....	17
Figura 3 - Sistema de captação e aproveitamento da água da chuva .....	18
Figura 4 - Sistema de fluxo total .....	20
Figura 5 - Sistema com derivação .....	21
Figura 6 - Sistema com volume adicional de retenção .....	22
Figura 7 - Sistema com infiltração no solo .....	22
Figura 8 - Áreas de contribuição .....	24
Figura 9 - Ábaco para determinação do diâmetro interno da tubulação vertical .....	30
Figura 10 - Processo de filtragem do filtro volumétrico .....	32
Figura 11 - Parâmetros para a utilização do método de separação atmosférica .....	39
Figura 12 - Precipitação mensal de janeiro de 2007 até fevereiro de 2017 .....	43
Figura 13 - Mapa de Varginha /MG .....	52
Figura 14 - Edifício comercial em estudo .....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de <i>runoff</i> médios .....	26
Tabela 2 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto .....	27
Tabela 3 - Coeficiente de rugosidade .....	28
Tabela 4 - Capacidade de calhas semicirculares (vazão em L/min) .....	29
Tabela 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min) .....	31
Tabela 6 - Precipitação mensal de janeiro de 2007 até fevereiro de 2017 (mm) .....	42
Tabela 7 - Determinação do período retorno .....	44
Tabela 8 - Precipitação média mensal (mm) .....	54
Tabela 9 - Consumo diário e consumo médio diário de água potável .....	56
Tabela 10 - Consumo médio histórico representativo .....	57
Tabela 11 - Estimativa de demanda de água não potável .....	59
Tabela 12 - Demanda de água não potável para o período de 22/03/2017 a 19/04/2017 .....	60
Tabela 13 - Dimensionamento das calhas semicirculares .....	62
Tabela 14 - Volume aproveitável da precipitação média mensal .....	63
Tabela 15 - Dimensionamento pelo método de Ripple .....	64
Tabela 16 - Dimensionamento pelo método de Azevedo Netto .....	64
Tabela 17: Comprimento equivalente de sucção (D = 25mm) .....	66
Tabela 18: Comprimento equivalente de recalque (D = 20mm) .....	66
Tabela 19: Dimensionamento da rede de distribuição 1 .....	68
Tabela 20: Dimensionamento da rede de distribuição 2 .....	68
Tabela 21: Levantamento quantitativo e estimativa de custo (setor de captação) .....	69
Tabela 22: Levantamento quantitativo e estimativa de custo (sistema elevatório) .....	70
Tabela 23: Levantamento quantitativo e estimativa de custo (rede de distribuição) .....	71
Tabela 24: Levantamento quantitativo e estimativa de custo (reservatório) .....	71
Tabela 25: Estimativa de custo total do sistema .....	72

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ANVISA** - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

**FIESP** - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IDF** - Intensidade, Duração e Frequência

**INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia

**UFV** - Universidade Federal de Viçosa

**UNIS/MG** - Centro Universitário do Sul de Minas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVO</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Objetivo geral</b>	<b>15</b>
<b>2.2 Objetivos específicos</b>	<b>15</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
<b>3.1 A importância da água</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Água potável e não potável</b>	<b>17</b>
<b>3.3 Utilização da água da chuva</b>	<b>18</b>
<b>3.4 Qualidade da água da chuva</b>	<b>19</b>
<b>3.5 Tipos de sistemas de captação de água pluvial</b>	<b>20</b>
3.5.1 Sistema de fluxo total	20
3.5.2 Sistema com derivação	21
3.5.3 Sistema com volume adicional de retenção	21
3.5.4 Sistema com infiltração no solo	22
<b>3.6 Normas de referência</b>	<b>23</b>
<b>3.7 Elementos que compõem um sistema de aproveitamento de água da chuva</b>	<b>23</b>
3.7.1 Área de contribuição	23
3.7.2 Vazão de projeto	25
3.7.3 Descarte da primeira água ou <i>first flush</i>	25
3.7.4 Coeficiente de <i>runoff</i>	26
3.7.5 Calhas	27
3.7.6 Condutores verticais	29
3.7.7 Condutores horizontais	30
3.7.8 Filtros	32
3.7.9 Reservatórios	33
3.7.9.1 Método de Rippl	33
3.7.9.2 Método da simulação	34
3.7.9.3 Método Azevedo Neto	34
3.7.9.4 Método prático alemão	35
3.7.9.5 Método prático inglês	35
3.7.9.6 Método prático australiano	35
3.7.10 Sistema elevatório	37

3.7.11 Complementação dos reservatórios com água potável .....	38
<b>3.8 Manutenção do sistema .....</b>	<b>39</b>
<b>3.9 Indicador de consumo de água – IC .....</b>	<b>40</b>
<b>3.10 Estimativa de demanda de água não potável para fins comerciais .....</b>	<b>41</b>
<b>3.11 Estimativa de precipitação .....</b>	<b>41</b>
<b>3.12 Intensidade de precipitação .....</b>	<b>43</b>
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1 Local de estudo .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2 Informações sobre a empresa .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3 Estimativa de precipitação média mensal .....</b>	<b>45</b>
<b>4.4 Intensidade de precipitação .....</b>	<b>46</b>
<b>4.5 Demarcação da área de cobertura contribuinte .....</b>	<b>46</b>
<b>4.6 Definição da vazão de projeto .....</b>	<b>46</b>
<b>4.7 Estimativa de consumo de água potável .....</b>	<b>47</b>
<b>4.8 Estimativa de demanda de água não potável .....</b>	<b>47</b>
<b>4.9 Estimativa de economia de água potável .....</b>	<b>47</b>
<b>4.10 Dimensionamento das calhas .....</b>	<b>48</b>
<b>4.11 Dimensionamento dos condutores verticais .....</b>	<b>48</b>
<b>4.12 Obtenção do volume aproveitável da precipitação média mensal .....</b>	<b>48</b>
<b>4.13 Dimensionamento dos reservatórios .....</b>	<b>49</b>
<b>4.14 Dimensionamento do sistema elevatório .....</b>	<b>49</b>
<b>4.15 Dimensionamento da rede de distribuição .....</b>	<b>50</b>
<b>4.16 Elaboração do projeto hidráulico .....</b>	<b>50</b>
<b>4.17 Levantamento quantitativo e estimativa de custos .....</b>	<b>51</b>
<b>4.18 Memorial descritivo e de cálculo .....</b>	<b>51</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1 Apresentação do local de estudo .....</b>	<b>52</b>
<b>5.2 Informações sobre a empresa .....</b>	<b>53</b>
<b>5.3 Estimativa de precipitação média mensal .....</b>	<b>54</b>
<b>5.4 Cálculo de intensidade de precipitação .....</b>	<b>54</b>
<b>5.5 Cálculo da área contribuinte .....</b>	<b>55</b>
<b>5.6 Cálculo da vazão de projeto .....</b>	<b>55</b>
<b>5.7 Cálculo de estimativa de consumo de água potável .....</b>	<b>56</b>
<b>5.8 Cálculo de estimativa de demanda de água não potável .....</b>	<b>58</b>

<b>5.9 Cálculo de estimativa de economia de água potável .....</b>	<b>60</b>
<b>5.10 Dimensionamento das calhas .....</b>	<b>62</b>
<b>5.11 Dimensionamento dos condutores verticais .....</b>	<b>62</b>
<b>5.12 Volume aproveitável da precipitação média mensal .....</b>	<b>63</b>
<b>5.13 Dimensionamento dos reservatórios .....</b>	<b>63</b>
5.13.1 Dimensionamento do reservatório inferior .....	63
5.13.2 Dimensionamento do reservatório superior .....	65
<b>5.14 Dimensionamento do sistema elevatório .....</b>	<b>65</b>
<b>5.15 Dimensionamento da rede de distribuição .....</b>	<b>67</b>
<b>5.16 Levantamento quantitativo e estimativa de custos .....</b>	<b>69</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO A - Projeto arquitetônico do edifício .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO B - Fatura de água fornecida pela COPASA .....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE A - Projeto hidráulico .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE B - Memorial descritivo e de cálculo .....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Tomaz (2011a), 97,5% da água presente no planeta é salgada e 2,5% água doce. Com isso, apenas uma pequena parcela da água doce pode ser encontrada de forma acessível para consumo humano, sendo essa existente em rios, lagos e reservatórios e que corresponde a aproximadamente 0,266% da água doce presente no mundo. Porém, ainda que provido de racionalidade e muitas vezes não ciente dos índices citados acima, o ser humano age de forma impensada, não evitando desperdícios e, conseqüentemente, aumentando o consumo de água potável para fins desnecessários.

Devido a estudos hidrológicos que, por muitas vezes originaram-se de dificuldades encontradas por pessoas que passaram por crises hídricas em vários lugares do mundo, os sistemas de aproveitamento de água da chuva começaram a ser implantados, os quais, devido a sua eficácia, vem crescendo de maneira significativa em distintas regiões do planeta. Tomaz (2011a) destaca que em alguns lugares, como por exemplo no estado do Texas, as cidades de Austin e San Antonio oferecem incentivos em forma de remunerações às pessoas que economizarem água potável utilizando sistemas de captação e aproveitamento da água da chuva. Ao realizar pesquisas a respeito da reutilização de água da chuva, observa-se que esses sistemas se desenvolvem com mais eficiência em regiões que possuem maior carência de água potável ou que já passaram por severas crises hídricas.

Ao se tratar do território brasileiro, Mancuso e Santos (2003) apontam que pelo menos 8% da água doce presente no mundo encontra-se no Brasil, onde 80% dessa água situa-se na região Amazônica e 20% nas outras regiões onde vivem 95% da população brasileira, o que causa desigualdade de disponibilidade de água nas diversas regiões do país.

Sobretudo, os fenômenos naturais nem sempre são previsíveis e, mesmo que alguns locais possuam equilibrados sistemas fluviais e eficientes sistemas de drenagem urbana suficientes para abastecer populações e drenar águas precipitadas, esses locais ainda se encontram sujeitos a serem surpreendidos por inundações e crises hidrológicas provenientes do excesso e da escassez de precipitação.

Em virtude da imprevisibilidade dos fenômenos naturais, sistemas de captação e aproveitamento de água começaram a expandir no ramo da engenharia. Dessa forma, este trabalho, além de apresentar o projeto completo de um sistema de aproveitamento de água da chuva para o edifício comercial da empresa Veículos Cruzeiro Comércio LTDA, apresenta também o valor estimado de sua implantação, destacando-se em seu decorrer todo o conteúdo

teórico, parâmetros normativos e cálculos utilizados para o dimensionamento do sistema e elaboração do projeto.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho de conclusão de curso tem o objetivo de desenvolver o projeto de um sistema de captação e aproveitamento da água da chuva para edifício comercial da empresa Veículos Cruzeiro Comércio LTDA, situada na cidade de Varginha-MG.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar o local do estudo;
- Verificar o regime de chuva da região;
- Verificar a vazão de projeto da cobertura;
- Estimar o consumo de água potável;
- Estimar a demanda de água não potável;
- Estimar a economia de água potável;
- Dimensionar os componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial;
- Elaborar o projeto hidráulico de aproveitamento de água pluvial;
- Estimar custos;
- Elaborar o memorial descritivo e de cálculo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

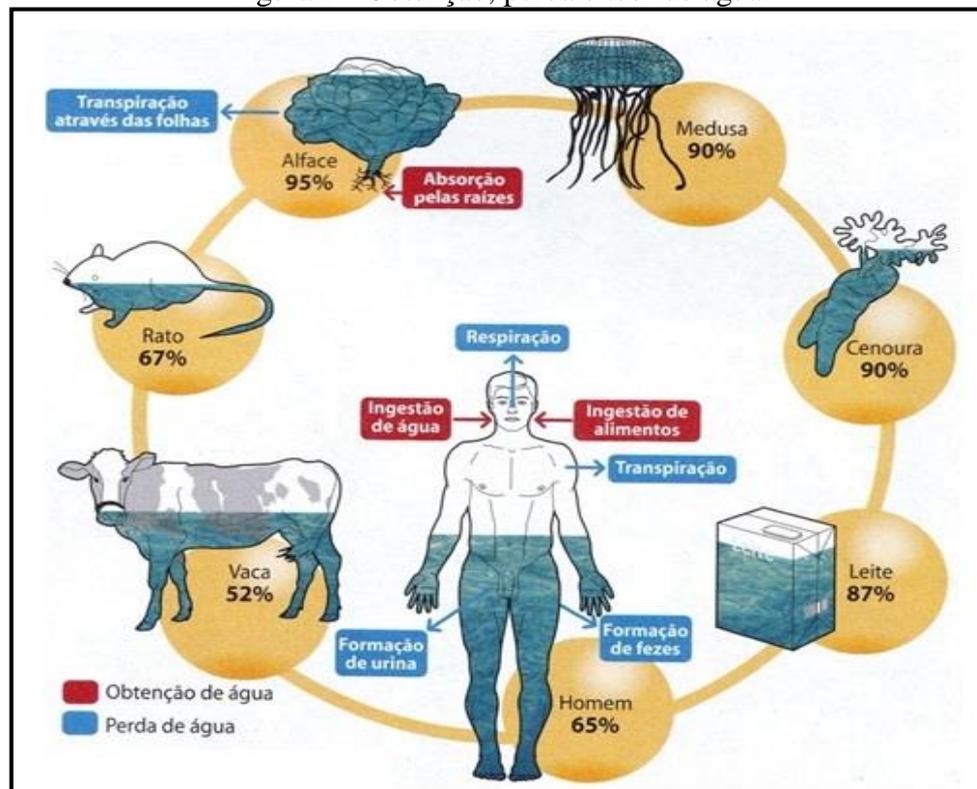
#### 3.1 A importância da água

A água é um recurso natural primordial para existência da vida no planeta. Esta é essencial para a sobrevivência das diversas espécies de animais e vegetais que se encontram presentes em todos os ecossistemas existentes no mundo. Além disso, é fundamental para o desenvolvimento socioeconômico de uma região, atuando de maneira significativa no funcionamento de atividades urbanas, rurais e industriais.

Independentemente de seu estado físico, a água sempre estará presente nos mais variados organismos encontrados na terra. Macêdo (2007) indica que a quantidade de água encontrada no corpo humano varia entre 60% a 70% de sua massa corporal, o que aponta a água como principal elemento para a formação da espécie humana e, por conseguinte, para a existência de todas as formas de vida encontradas no planeta.

A figura 1 apresenta diversas maneiras que espécies diferentes possuem para absorver e repelir água, além de apontar o teor em que esta se encontra em alguns corpos e até mesmo o quanto pode variar.

Figura 1 - Obtenção, perda e teor de água.



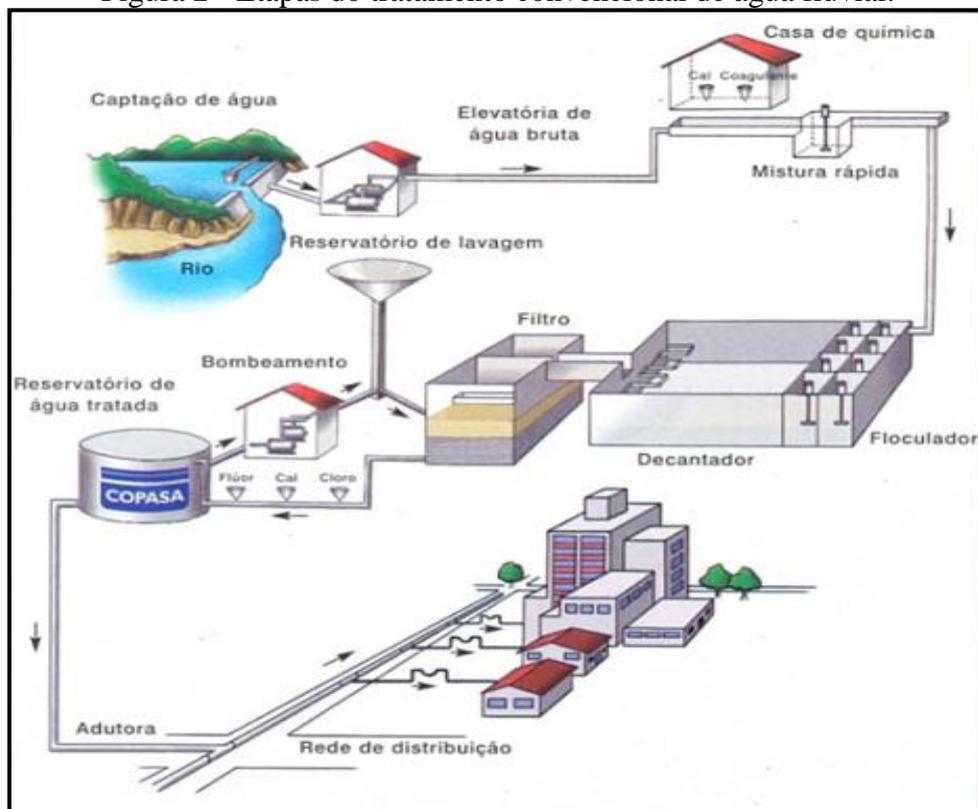
Fonte: Explorar as Ciências [ca.2015].

### 3.2 Água potável e não potável

Conforme já citado anteriormente, Tomaz (2010b) aponta que apenas 0,266% da água doce presente no mundo encontra-se disponível para o consumo humano. No entanto, o fato de estar disponível não significa que ela seja potável. Segundo a ANVISA (2000), a água potável é aquela que possui características microbiológicas, físicas, químicas e radioativas que atendem os parâmetros de potabilidade e que não ofereça risco à saúde humana. Portanto, devido a exposição a fatores químicos, físicos e biológicos, grande parte dessa água disponível encontra-se em estado não potável, estando muitas vezes contaminada por microrganismos e possuindo cor e odor desagradáveis, não podendo ser consumida sem antes passar por tratamentos capazes de corrigir e purificar o seu estado.

A figura 2 mostra as etapas presentes em um tratamento convencional de água desenvolvido pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA [201-]. A água fluvial captada, em estado não potável, é encaminhada para estação de tratamento onde passa pelos processos de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Ao terminar todo o procedimento a água se torna potável e pode, enfim, ser distribuída para a população.

Figura 2 - Etapas do tratamento convencional de água fluvial.



Fonte: COPASA [201-].

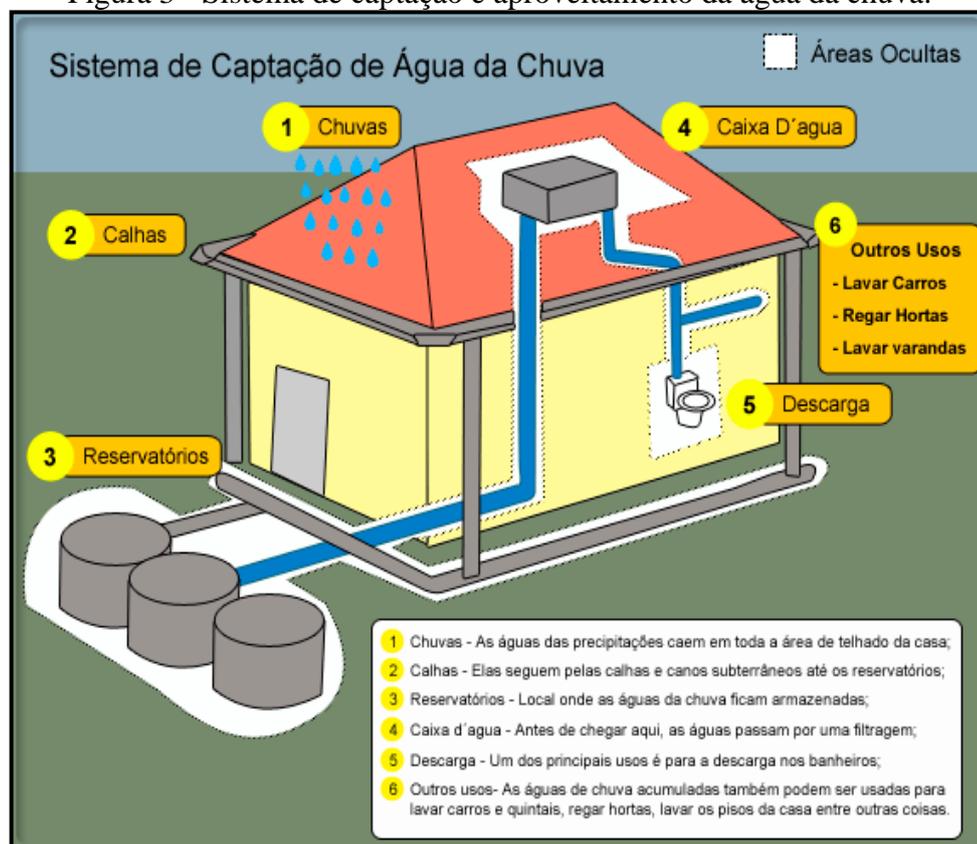
### 3.3 Utilização da água da chuva

Conforme Bertolo (2006), sistemas de aproveitamento de água da chuva tem como as principais vantagens a redução do consumo de água potável e dos custos gerados por ela, além de controlar enchentes, uma vez que estes auxiliam na distribuição da carga da água precipitada nos sistemas de drenagem. Por outro lado, a autora ressalta como desvantagens o custo de instalação desses sistemas e a necessidade de frequente manutenção. Portanto, essas desvantagens podem, futuramente, se tornar irrelevantes por meio do desenvolvimento de novas tecnologias e da maior procura e disponibilização destes sistemas no mercado.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), ao receber o tratamento adequado, a água da chuva pode ser utilizada para fins não potáveis, como, por exemplo, para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas, para lavagem de veículos e lavagem de calçadas e pátios.

A figura 3 apresenta de maneira inteligível como funciona o processo de captação e aproveitamento de água da chuva e mostra também alguns fins de utilização em que a água da chuva pode ser empregada.

Figura 3 - Sistema de captação e aproveitamento da água da chuva.



Fonte: Friburgo Filtros [201-].

### 3.4 Qualidade da água da chuva

Segundo Tomaz (2011b), a qualidade da água da chuva pode ser dividida em quatro fases, sendo elas:

- a) Antes de atingir o solo - onde sua qualidade depende diretamente de sua localização geográfica e do estado físico em que se encontra o solo e o ar da região onde a chuva se formou. Em regiões de grandes centros urbanos, o pH das chuvas é sempre ácido, devido a emissão de poluentes na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>);
- b) Após escorrer pela superfície impermeabilizada - neste caso, a água pode ser contaminada por fezes de aves e outros animais, poeiras, revestimentos de telhados, fibrocimento, além de diversas substâncias nocivas presentes no meio em que a superfície se localiza;
- c) Dentro do reservatório - neste local encontra-se a formação de lama no fundo do reservatório a qual se forma através da decantação de materiais pesados encontrados no ar que contaminam a água da chuva. Encontram-se também microrganismos levados do telhado e das tubulações pela água;
- d) No ponto de uso – nesta etapa a água deve se encontrar livre de odor e cor desagradáveis, possuindo pH entre 5,8 a 8,6, cloro residual  $\leq 0,5\text{mg/L}$ , coliformes totais  $\leq 1000/\text{mL}$  e sólidos em suspensão  $\leq 30\text{mg/L}$ .

A ABNT (2007) ressalta que os padrões de qualidade devem ser determinados pelo projetista de acordo com o tipo de utilização previsto. Portanto, para usos mais restritivos deve-se utilizar o quadro 1, que define parâmetros de qualidade de água da chuva para usos restritivos não potáveis.

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

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

(continuação)

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

<sup>a</sup> No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção

<sup>b</sup> uT é a unidade de turbidez

<sup>c</sup> uH é a unidade de Hazen

Fonte: ABNT (2007).

### 3.5 Tipos de sistemas de captação de água pluvial

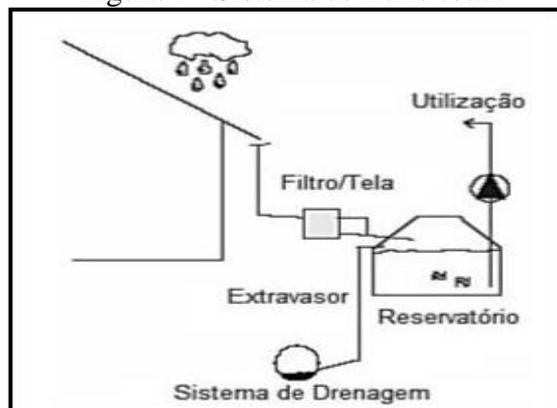
Conforme as condições hidrológicas e as necessidades que elas provocam, sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial estão se expandindo no ramo da construção civil em diversas regiões do planeta e, como consequência, já se podem encontrar sistemas que utilizam os mais variados métodos de funcionamento.

Contudo, Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005), ressaltam quatro métodos de se desenvolverem sistemas de aproveitamento de água da chuva, sendo estes descritos e ilustrados a seguir.

#### 3.5.1 Sistema de fluxo total

No sistema de fluxo total, toda a água coletada pela cobertura durante o período da chuva é encaminhada até um filtro ou uma tela e continua sua trajetória até chegar ao reservatório onde será armazenada. Toda a água que extrapolar as condições de armazenamento do reservatório será direcionada ao sistema de drenagem. Representado de forma simplificada na figura 4.

Figura 4 - Sistema de fluxo total.



Fonte: Adaptada de Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005).

### 3.5.2 Sistema com derivação

Sistema com derivação, ou auto-limpante, utiliza o método *first flush* onde, através de uma derivação que liga a tubulação vertical ao sistema de drenagem, a primeira água da chuva é descartada reduzindo o risco de contaminação da água coletada. Em alguns casos este sistema utiliza filtro ou tela na derivação e, como o sistema anterior, toda a água excedida será direcionada ao sistema de drenagem. Representado de forma simplificada na figura 5.

Figura 5 - Sistema com derivação.

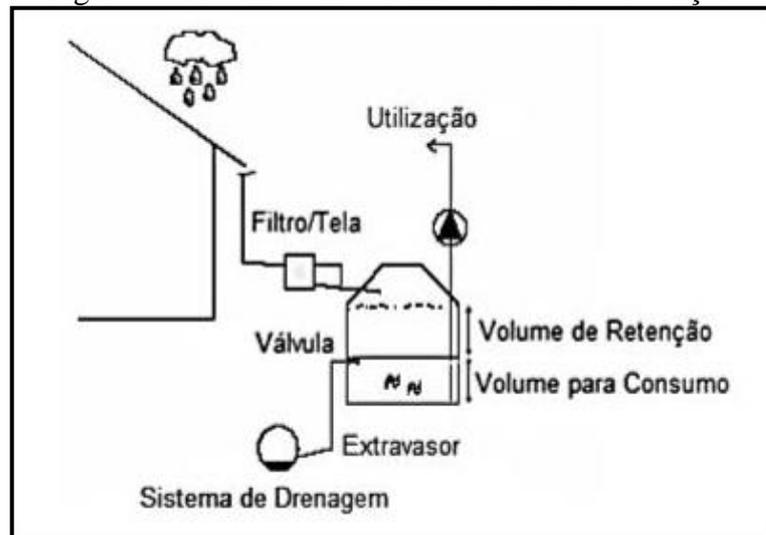


Fonte: Adaptada de Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005).

### 3.5.3 Sistema com volume adicional de retenção

Este sistema dispõe de um reservatório maior, com capacidade de armazenar o volume necessário de água para suprir a demanda e armazenar também um volume extra de água, com o propósito de evitar possíveis inundações. Logo, esse sistema possui uma válvula que controla a saída de água referente ao volume extra de retenção para o sistema de drenagem. Representado de forma simplificada na figura 6.

Figura 6 - Sistema com volume adicional de retenção.

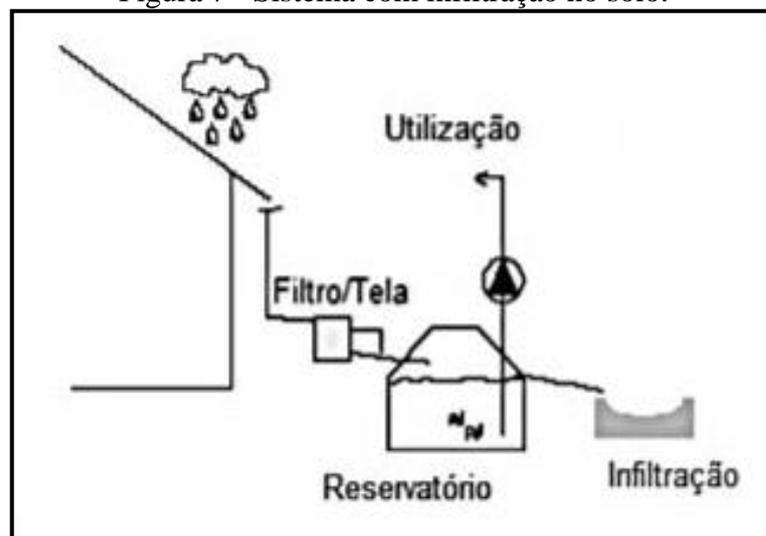


Fonte: Adaptado, Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005).

### 3.5.4 Sistema com infiltração no solo

Nesse sistema, toda a água coletada pela cobertura durante o período da chuva é encaminhada até um filtro ou uma tela e continua sua trajetória até chegar ao reservatório onde será armazenada. Portanto, quando o reservatório atinge seu limite de armazenamento, a água excedente é conduzida até o solo através de um sistema de infiltração. Representado de forma simplificada na figura 7.

Figura 7 - Sistema com infiltração no solo.



Fonte: Adaptado, Herrmann e Schmida (1999 apud ANNECCHINI, 2005).

### 3.6 Normas de referência

Para se desenvolverem sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva em regiões urbanas tem-se como base a NBR 15527 (ABNT, 2007), referente ao aproveitamento da água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Conforme falado anteriormente, essa norma define que, ao receber tratamento adequado, a água da chuva pode ser utilizada para fins não potáveis, como, por exemplo, para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas, para lavagem de veículos, lavagem de calçadas e pátios, em espelhos d'água e até mesmo em setores industriais.

Além de definir parâmetros, valores específicos e expor métodos, essa norma ainda indica outras normas necessárias para o desenvolvimento de todos os elementos que compõem este tipo de sistema, sendo elas: a NBR 5626 (ABNT, 1998) referente a instalação predial de água fria; a NBR 10844 (ABNT, 1989) referente a instalações prediais de águas pluviais; a NBR 12213 (ABNT, 1992) referente a projeto de captação de água de superfície para abastecimento público; a NBR 12214 (ABNT, 1992) referente a projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público; e a NBR 12217 (ABNT, 1994) referente a projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

### 3.7 Elementos que compõem um sistema de aproveitamento de água da chuva

Sistemas de aproveitamento de água da chuva devem ser compostos basicamente por elementos capazes de realizar, com eficiência, os processos de captação, filtração, armazenagem e distribuição da água proveniente de precipitações. Para tanto, serão descritos na sequência elementos que compõem estes sistemas e seus métodos de dimensionamento.

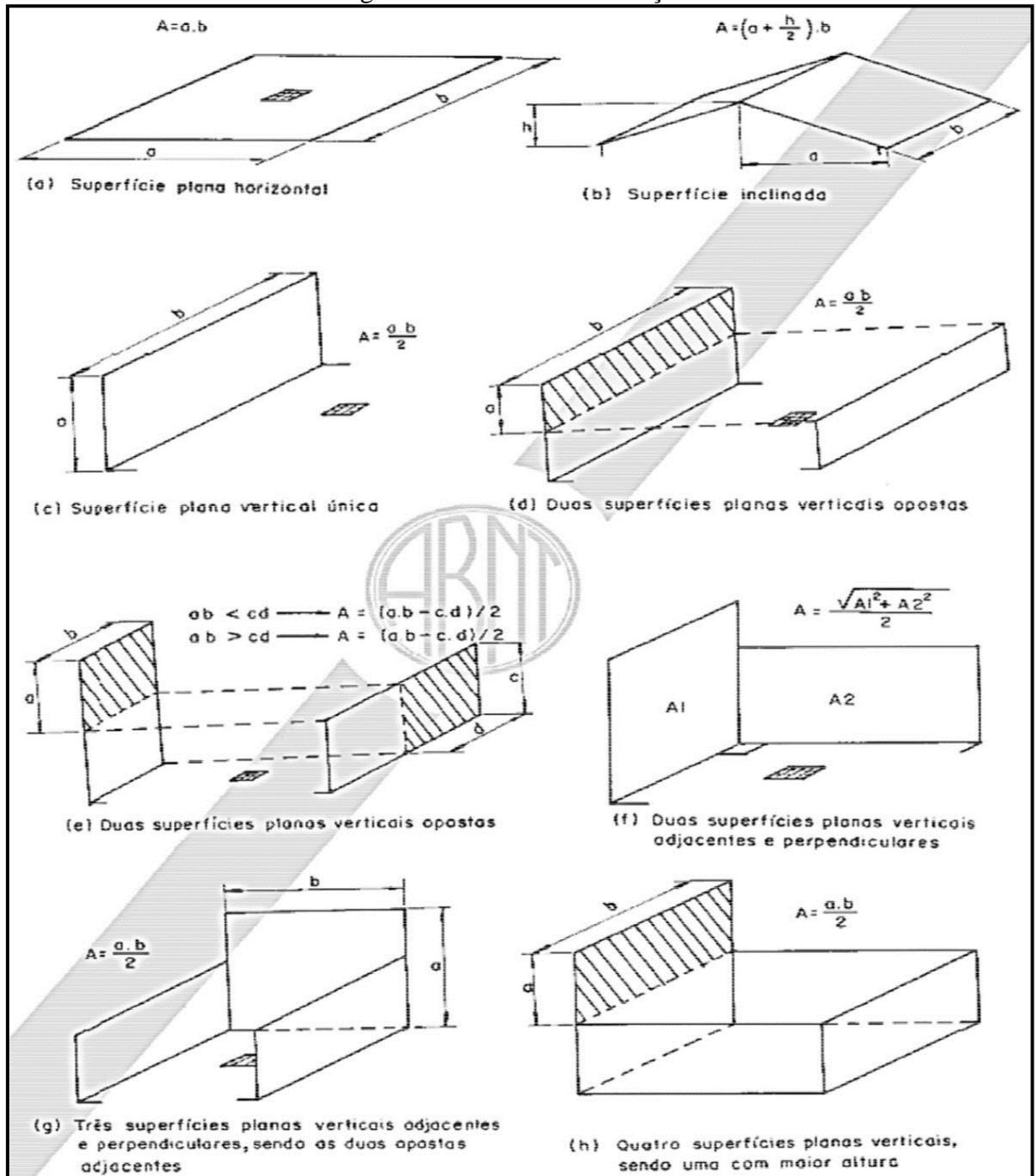
#### 3.7.1 Área de contribuição

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), define-se como área de contribuição a “soma das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação”.

Para calcular a área de contribuição, a NBR 10844 (ABNT, 1989) destaca que devem-se considerar os incrementos referentes à inclinação da cobertura e às paredes que retêm água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) define também algumas fórmulas para encontrar a área de contribuição de diferentes tipos de coberturas, como mostra na figura 8.

Figura 8 - Áreas de contribuição.



Fonte: (ABNT, 1989).

Como já citado acima e demonstrado na figura 8, ao se tratar de área de contribuição a NBR 10844 (ABNT, 1989) considera que a área de paredes que contornam a cobertura também contribui para a captação de água da chuva. Portanto, esta área de paredes não deve

ser considerada como área de captação, uma vez que a NBR 15527 (ABNT, 2007), define como área de captação apenas a área projetada paralelamente à superfície impermeável da cobertura.

### 3.7.2 Vazão de projeto

Ao ser captada pela superfície da cobertura, a água da chuva é direcionada para os condutores e calhas. A NBR 10844 (ABNT, 1989) define que vazão de projeto é a vazão de referência para se dimensionar calhas e condutores.

Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989), a vazão de projeto deve ser obtida através da seguinte fórmula:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (1)$$

Onde:

$Q \rightarrow$  é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

$I \rightarrow$  é a intensidade pluviométrica, devendo ser expressa em milímetros por hora (mm/h);

$A \rightarrow$  é a área de contribuição, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### 3.7.3 Descarte da primeira água ou *first flush*

O *first flush* ocorre quando a água da chuva escorre por uma cobertura seca em um intervalo mínimo de três dias (TOMAZ, 2010a). O autor também afirma que, ainda que sejam poucas as pesquisas do *first flush* em superfícies impermeáveis como ruas e avenidas, estas ainda são maiores que as pesquisas desenvolvidas em coberturas para sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva.

Conforme Tomaz (2010a), a maior parte da sujeira contida no telhado é deslocada junto da primeira água da chuva. Portanto, ao utilizar o *first flush* toda água contaminada nos primeiros minutos de chuva será descartada através de uma derivação auto-limpante.

Com objetivo de mostrar o quanto o *first flush* pode ser importante, Tomaz (2010a) destaca que 90% das partículas de sujeiras possuem diâmetros menores que 45µm e que a malha mais fina de dispositivos de retenção encontrada no mercado brasileiro é de 270 µm,

confirmando que estes dispositivos não apresentam a mesma eficiência que apresenta o *first flush*, pois não são capazes de reter as partículas contaminantes da água.

Portanto, a NBR 15527 (ABNT, 2007) não exige o uso do *first flush* e nem determina parâmetros para o seu dimensionamento, deixando estes a critério do projetista, apenas recomendando que na falta de dados para o dimensionamento, pode-se utilizar um descarte de 2mm ou seja 2 L/m<sup>2</sup>.

### 3.7.4 Coeficiente de *runoff*

A NBR 15527 (ABNT, 2007), determina o coeficiente de *runoff* como o coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, podendo variar de acordo com a superfície.

Dessa forma, Tomaz (2009b), afirma que para se desenvolverem cálculos, o volume de água da chuva que pode ser utilizado é diferente do volume de água precipitado, uma vez que existem perdas de volume por evaporação, limpeza do telhado, em processos de autolimpeza e outras. Com isso, o autor reafirma a definição normativa, identificando o coeficiente de *runoff* como a relação entre o volume que esco superficialmente pelo volume total precipitado.

Logo, a tabela 1 apresenta o coeficiente de *runoff* para diferentes tipos de matérias que podem estar presentes na composição das coberturas mais usuais.

Tabela 1 - Coeficientes de *runoff* médios.

<b>MATERIAL</b>	<b>COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i></b>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2010a).

Portanto, mesmo que apresentando os valores indicados na tabela 1, Tomaz (2009b) afirma que o valor mais adequado a ser adotado como coeficiente de *runoff* é de  $C = 0,95$ . Além disso, destaca a fórmula que deve ser utilizada para encontrar o volume de água aproveitável aplicando o coeficiente de *runoff*, como apresentado a seguir:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush} \quad (2)$$

Onde:

$V \rightarrow$  é o volume da cisterna em litros;

$P \rightarrow$  é a precipitação média anual, devendo ser expressa em milímetros (mm);

$A \rightarrow$  é a área do telhado em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$C \rightarrow$  é o coeficiente de *runoff* do telhado (adimensional);

$\eta \rightarrow$  é o rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema.

### 3.7.5 Calhas

Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989), calhas são canais que recolhem e conduzem a água de coberturas, terraços e similares, para um determinado ponto.

A NBR 10844 (ABNT, 1989), destaca três tipos diferentes de calhas, sendo estas a calha de água furtada, a calha de beiral e a calha de platibanda. Esta norma define que calhas de beiral e platibanda devem ter inclinação constante com o valor mínimo de 0,5%, serem posicionadas sempre que possível centralmente sob a extremidade da cobertura e o mais próximo desta e quando não possuírem saída em uma de suas extremidades, considerar como vazão de projeto a vazão referente à maior das áreas de contribuição.

Já para calhas de água furtada, a NBR 10844 (ABNT, 1989) apenas enfatiza que esta deve estar sempre com sua inclinação paralela à inclinação da cobertura.

A norma também enfatiza que em calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver posicionada a menos de 4 metros de alguma mudança de sentido, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto.

<b>Tipo de curva</b>	<b>Curva a menos de 2m da saída da calha</b>	<b>Curva entre 2 e 4m da saída da calha</b>
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), as calhas devem ser dimensionadas utilizando a fórmula de Manning-Strickler, ou utilizando qualquer outra fórmula que seja equivalente a ela.

Fórmula de Manning-Strickler e fórmula do raio hidráulico indicadas a seguir:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times Rh^{2/3} \times I^{1/2} \quad (3)$$

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (4)$$

Onde:

$Q$  → é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

$S$  → é a área da seção molhada, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$n$  → é o coeficiente de rugosidade (tabela 3);

$Rh$  → é o raio hidráulico, devendo ser expresso em metros (m);

$P$  → é o perímetro molhado, devendo ser expresso em metros (m);

$I$  → é a declividade da calha, devendo ser expressa em metros (m/m);

$K$  → valor igual a 60.000.

A tabela 3 indica os valores dos coeficientes de rugosidade dos materiais que são comumente utilizados para a fabricação de calhas.

Tabela 3 - Coeficiente de rugosidade.

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

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

A tabela 4 expressa valores referentes à capacidade de calhas semicirculares utilizando coeficiente de rugosidade  $n = 0,011$  para determinados valores de declividade. Todos os valores apresentados foram obtidos através da fórmula de Manning-Strickler e considerando uma lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.

Tabela 4 - Capacidade de calhas semicirculares (Vazão em L/min).

<b>Coefficientes de rugosidade n = 0,011</b>			
<b>Diâmetro Interno (mm)</b>	<b>Declividades</b>		
	<b>0,5%</b>	<b>1%</b>	<b>2%</b>
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1634

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

A NBR 15527 (ABNT, 2007), determina que devem ser instalados dispositivos de remoção de detritos nas calhas e nos condutores verticais e horizontais, como por exemplo, grades e telas que atendam as especificações da NBR 12213 (ABNT, 1992).

### 3.7.6 Condutores verticais

Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989), condutores verticais são tubulações verticais designadas para receber águas das calhas, coberturas e terraços e encaminhá-las para a parte inferior da edificação.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) destaca que estes devem, sempre que possível, ser projetados e instalados em apenas uma prumada e que, em casos de mudanças de direção, devem-se utilizar curvas de 45° ou curvas de 90° com raio longo. A norma também define que condutores verticais não devem ter diâmetro interno inferior a 70 mm.

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), os condutores verticais devem ser dimensionados considerando os dados apontados a seguir:

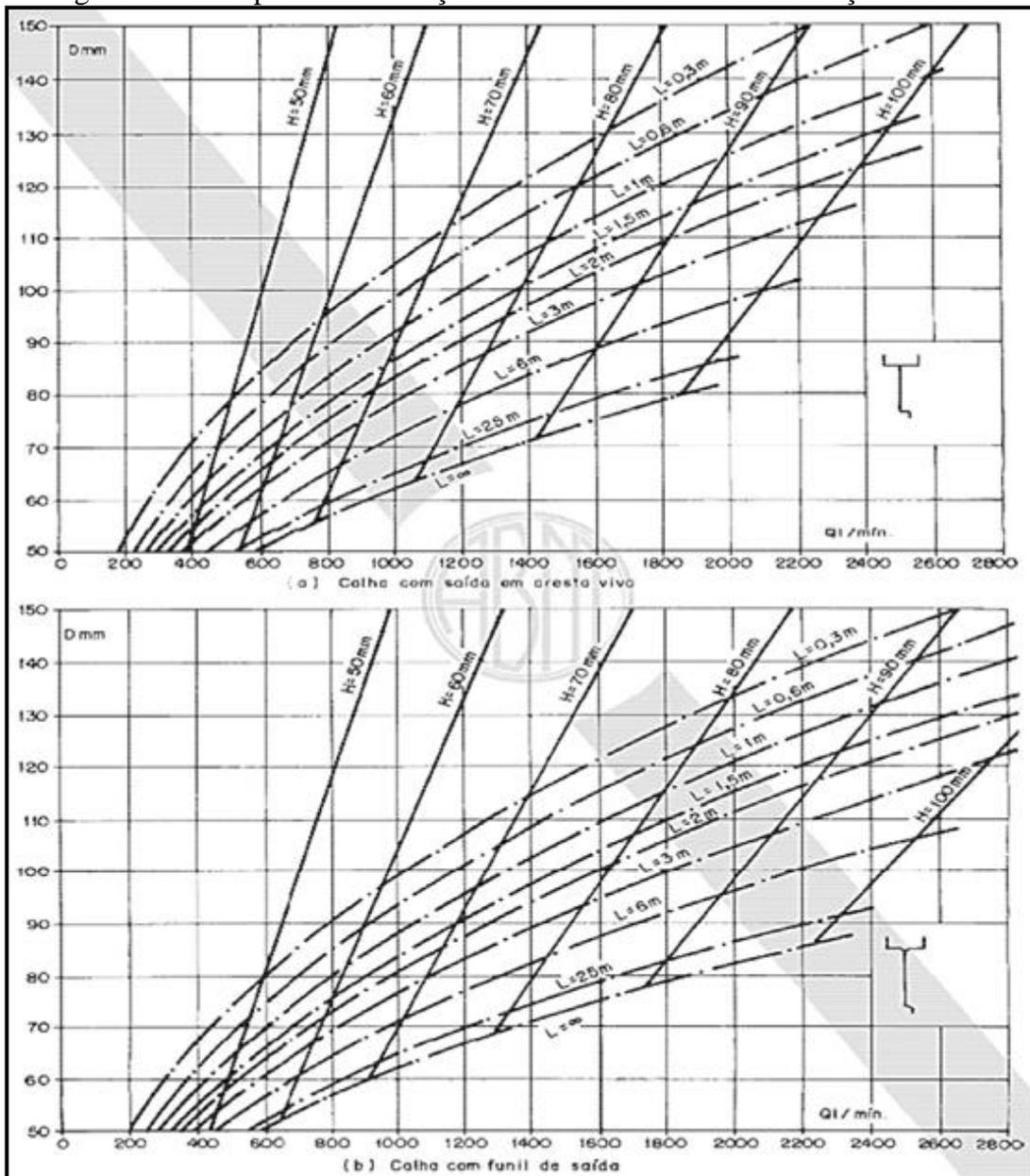
Q → é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

H → é a altura da lâmina de água na calha, devendo ser expressa em milímetros (mm);

L → é o comprimento do condutor vertical, devendo ser expresso em metros (m).

Posteriormente, ao obter o valor dos dados definidos, a NBR 10844 (ABNT, 1989) fornece os ábacos que devem ser utilizados para a determinação do diâmetro interno do condutor vertical, estes indicados na figura 9.

Figura 9: Ábaco para determinação do diâmetro interno da tubulação vertical.



Fonte: (ABNT, 1989).

### 3.7.7 Condutores horizontais

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), são tubulações horizontais com a função de receber águas pluviais e conduzi-las para locais permitidos por dispositivos legais.

Para condutores horizontais, a NBR 10844 (ABNT, 1989) determina que devem ser projetados sempre priorizando manter uma inclinação contínua e com valor de no mínimo 0,5%. A norma determina também, que ao dimensionar condutores horizontais circulares, deve-se considerar um escoamento com lâmina de água de altura equivalente a  $2/3$  do diâmetro interno (D) do tubo.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) também chama atenção para situações em que houver tubulações aparentes e enterradas, determinando que, para tubulações aparentes devem ser previstas inspeções sempre que tiver conexões com outras tubulações, quando houver mudança de inclinação ou sentido e, também, a cada seguimento de 20 metros nos trajetos retilíneos. Para tubulações enterradas deve-se prever caixas de areia sempre que tiver conexões com outras tubulações, mudanças de inclinação, mudanças de sentido e, também, a cada seguimento de 20 metros em trajetos retilíneos. A norma também destaca que as ligações entre condutores horizontais e verticais devem ser constituídas por curvas de raio longo, prevendo inspeções ou caixas de areia, independente dos condutores estarem aparentes ou enterrados.

Sobretudo, a NBR 15527 (ABNT, 2007) ressalta que em sistemas de coleta de águas da chuva não devem ser utilizadas caixas de areia nessas tubulações, e sim caixas de inspeção.

A tabela 5 apresenta a capacidade de vazão dos condutores horizontais de seção circular, onde todas as vazões apresentadas foram calculadas através da fórmula de Manning-Strickler e com altura de lâmina de água referente à 2/3 do diâmetro interno (D).

Tabela 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).

Diâmetro (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

### 3.7.8 Filtros

De acordo com Rodrigues (2010), são dispositivos instalados na maioria dos casos na tubulação anterior ao reservatório, com o objetivo de remover da água o maior número possível de sedimentos e detritos de pequeno porte, permitindo, posteriormente, o armazenamento de uma água com melhor qualidade, com menor índice de microrganismos e algas.

Dentre os mais variados tipos de filtros encontrados no mercado, Tomaz (2010b) destaca o filtro volumétrico como sendo um filtro de elevado grau de eficiência, uma vez que, independentemente do volume que transita, o filtro elimina constantemente os detritos. O autor ainda explica que este tipo de filtro é composto por peneiras que desenvolvem uma limpeza automática, porém, devido a processo de filtragem e descarte de detritos, geram perdas aproximadas de 20% a 55%. A figura 10 explica de maneira mais detalhada como funciona o processo de filtragem do filtro volumétrico.

Figura 10 - Processo de filtragem do filtro volumétrico.



Fonte: Aquesol [201-].

### 3.7.9 Reservatórios

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), para dimensionar reservatórios de água de chuva pode-se usar seis métodos diferentes, que, por sua vez, caberá ao projetista definir qual dos métodos se adequará melhor ao tipo de projeto que está sendo desenvolvido. Em sequência, todos os métodos serão demonstrados.

#### 3.7.9.1 Método de Rippl

Nesse método o dimensionamento pode ser desenvolvido utilizando séries históricas, mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (5)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação} \quad (6)$$

$$V = \sum S_{(t)} \text{ Somente Para Valores } S_{(t)} > 0 \quad (7)$$

Onde:

$S_{(t)}$  → é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo;

$Q_{(t)}$  → é o volume de chuva utilizável em um certo espaço de tempo;

$D_{(t)}$  → é a demanda ou consumo em um certo espaço de tempo;

$V$  → é o volume necessário para reservatório;

$C$  → é o coeficiente de escoamento superficial.

Sendo que:  $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Conforme Tomaz (2011b), devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação, o método de Rippl se tornou o mais usual. Normalmente ele apresenta o valor máximo do volume do reservatório, se tornando de importante utilização para que se tenha uma referência do volume limite.

### 3.7.9.2 Método da simulação

Neste método não se deve considerar a evaporação da água. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (8)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação} \quad (9)$$

Onde:

$S_{(t)}$  → é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo;

$S_{(t-1)}$  → é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo, menos 1;

$Q_{(t)}$  → é o volume de chuva utilizável em um certo espaço de tempo;

$D_{(t)}$  → é o consumo ou demanda em um certo espaço de tempo;

$V$  → é o volume do reservatório definido;

$C$  → é o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *Runoff*.

Logo, a norma ressalta que, para este método, devem-se desenvolver duas hipóteses, no início da contagem do tempo “t” o reservatório deve estar cheio, os dados históricos são demonstrativos para as futuras condições.

### 3.7.9.3 Método Azevedo Neto

Neste método o volume de chuva é encontrado utilizando a seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (10)$$

Onde:

$P$  → é o valor da precipitação média anual, devendo ser expresso em milímetros (mm);

$T$  → é a quantidade de meses de pouca chuva ou seca;

$A$  → é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$V$  → é o volume de água aproveitável e do reservatório, devendo ser expresso em litros (L).

#### 3.7.9.4 Método prático alemão

Discorre de um método empírico, em que se considera o menor valor do volume do reservatório; empregando 6% do volume anual de consumo ou do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín. } (V ; D) \times 0,06 \quad (11)$$

Onde:

$V \rightarrow$  é volume anual aproveitável de água de chuva, devendo ser expresso em litros (L);

$D \rightarrow$  é a demanda anual da água não potável, devendo ser expresso em litros (L);

$V_{\text{adotado}} \rightarrow$  é o volume de água do reservatório, devendo ser expresso em litros (L).

#### 3.7.9.5 Método Prático Inglês

Neste método o volume de chuva é encontrado por meio da seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (12)$$

Onde:

$P \rightarrow$  é o valor da precipitação média anual, devendo ser expresso em milímetros (mm);

$A \rightarrow$  é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$V \rightarrow$  é o volume de água utilizável e de água da cisterna, devendo ser expresso em litros (L).

#### 3.7.9.6 Método Prático Australiano

Para este método o volume de chuva deve ser encontrado utilizando a seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P-I) \quad (13)$$

Onde:

$C \rightarrow$  é o coeficiente de escoamento superficial, sendo usualmente 0,8;

$P \rightarrow$  é a precipitação média mensal, devendo ser expressa em (mm);

$I \rightarrow$  é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, sendo usualmente 2 mm;

$A \rightarrow$  é a área de captação, devendo ser expressa em metros quadrados ( $m^2$ );

$Q \rightarrow$  é o volume mensal gerado pela chuva.

Posteriormente, realiza-se o cálculo do volume do reservatório, cálculo este desenvolvido por meio de tentativas, até que sejam empregados valores aperfeiçoados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (14)$$

Onde:

$Q_t \rightarrow$  é o volume mensal gerado pela chuva no mês  $t$ ;

$V_t \rightarrow$  é o volume de água encontrado no tanque no final do mês  $t$ ;

$V_{t-1} \rightarrow$  é o volume de água encontrado no tanque no início do mês  $t$ ;

$D_t \rightarrow$  é a demanda mensal;

Nota: Para o primeiro mês considera-se o reservatório vazio.

Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$ , então  $V_t = 0$

O volume do tanque designando será  $T$ .

Determinação do valor de falha para se encontrar o valor de confiança:

$$P_r = N_r / N \quad (15)$$

Onde:

$P_r \rightarrow$  é a falha;

$N_r \rightarrow$  é a quantidade de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando  $V_t = 0$ ;

$$\text{Confiança} = (1 - P_r) \quad (16)$$

Aconselha-se que os valores de confiança fiquem entre 90% e 99%.

### 3.7.10 Sistema elevatório

Conforme Netto (et al., 1998), bombas são equipamentos mecânicos que transferem energia suficiente para a água permitindo que esta se eleve de um ponto a outro no interior da tubulação. O autor afirma também que na maioria dos casos as instalações para água utilizam bombas centrífugas ativadas por motores elétricos e que estas bombas podem ser fabricadas em diversos modelos diferentes.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) ressalta que, quando necessário o bombeamento, este deverá atender as especificações da NBR 12214 (ABNT, 1992a). A norma também afirma que deve se considerar as recomendações para tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba, além de permitir a instalação de um dosador automático de derivado clorado junto à bomba.

Portanto, para que todo o conjunto elevatório seja dimensionado, Netto (et al., 1998), destaca as seguintes equações:

- Equação 17: Determinação do diâmetro de recalque, conforme Bresse;
- Equação 18: Determinação do diâmetro de recalque com relação às horas de funcionamento do conjunto motor-bomba, conforme a NBR 5626 (ABNT, 1998);
- Equação 19: Creder (2006);
- Equação 20: Determinação da perda de carga com relação ao comprimento da tubulação e perdas localizadas, conforme Hazen-Williams;
- Equação 21: Determinação da potência do conjunto motor-bomba;

$$\varnothing \text{ recalque} = k \times \sqrt{Q} \quad (17)$$

$$\varnothing \text{ recalque ABNT} = 1,3 \times X^{0,25} \times \sqrt{Q} \quad (18)$$

$$Hf = \frac{10,641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times L \quad (19)$$

$$Hman = Hg + \sum Hf \quad (20)$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times Hman}{75 \times \mu} \quad (21)$$

Sendo:

$K$  → Coeficiente = 1,2;

$Q_p$  → Vazão de projeto, devendo ser expressa em metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ );

$X$  → Relação entre horas de funcionamento diário e 24 h;

$H_f$  → Perda de carga, devendo ser expressa em metros (m);

$C$  → Coeficiente Hazen-Williams;

$D$  → Diâmetro das tubulações, devendo ser expresso em metros (m);

$P$  → Potência da bomba, devendo ser expressa em cavalos (cv);

$H_{man}$  → Altura manométrica, devendo ser expressa em metros (m);

$H_g$  → Altura geométrica, devendo ser expressa em metros (m);

$\gamma$  → Peso específico da água;

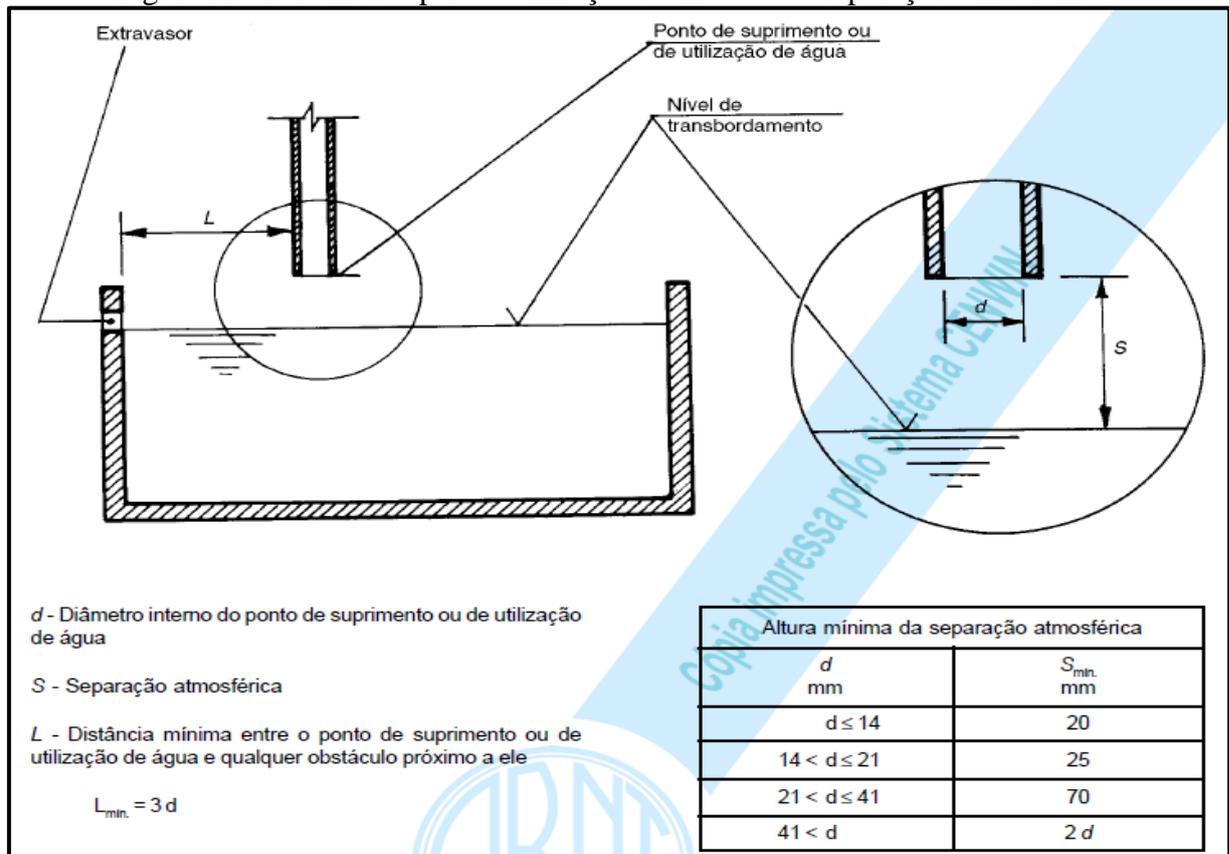
$\mu$  → Rendimento do conjunto motor-bomba.

### 3.7.11 Complementação dos reservatórios com água potável

Em períodos de estiagem, a água encontrada nos reservatórios do sistema de aproveitamento de água da chuva pode ser insuficiente para suprir a demanda de água não potável da edificação. Com isso, o sistema deverá ser completado com a água fornecida pela rede de abastecimento, através de uma interligação entre os sistemas de água potável e não potável.

De acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1998), devem ser tomadas medidas necessárias capazes de evitar a contaminação da água potável através de um ponto de interligação. Com isso, a norma destaca o método de separação atmosférica e o define como uma separação física existente entre o ponto de suprimento e o nível de transbordamento do reservatório, além de estabelecer parâmetros para o posicionamento do ponto de suprimento com relação ao reservatório, como apresenta a figura 11.

Figura 11 - Parâmetros para a utilização do método de separação atmosférica.



Fonte: Adaptado de ABNT (1998).

A NBR 5626 (ABNT, 1998), define também que em situações em que houver instalação predial de água fria abastecida com água não potável, todos os reservatórios, tubulações e pontos de utilização devem ser diferenciados por símbolos e cores e, também, atentar os usuários com o aviso: “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

### 3.8 Manutenção do sistema

Para que o sistema de aproveitamento de água de chuva funcione com eficiência e segurança, a NBR 15527 (ABNT, 2007) define que devem ser feitas manutenções em todos os elementos que o compõem. Dessa maneira, a norma estabelece uma frequência de inspeção e manutenção que varia conforme o componente, como mostra o quadro 2.

Quadro 2 - Frequência de manutenção.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral

(continuação)

<b>Componente</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatórios	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: (ABNT, 2007).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) também chama atenção para situações de manutenção em que sejam utilizados produtos potencialmente nocivos à saúde humana na área de captação, determinando que, ao utilizar estes produtos, o sistema deve ser desconectado a ponto de impedir qualquer tipo de contaminação da água contida no reservatório de água de chuva.

Conforme Rodrigues (2010), as inspeções podem ser executadas pelos próprios usuários do sistema, porém, ao se tratar de manutenções nos sistemas de bombeamento e tratamento, estas devem ser elaboradas por técnicos especializados.

### 3.9 Indicador de consumo de água - IC

De acordo com Oliveira e Gonçalves (1999) o indicador de consumo - IC é a relação entre a quantidade de água consumida em um determinado intervalo de tempo com o número de consumidores encontrados neste mesmo intervalo de tempo. Por meio dessa relação, encontra-se o valor que indica o quanto de água pode ser consumido por cada pessoa em diferentes tipos de edificações.

Conforme Oliveira e Cardoso (2002), o indicador de consumo - IC pode ser encontrado por meio da seguinte fórmula:

$$IC = \frac{\text{Consumo de água do período}}{n^{\circ} \text{ de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad (22)$$

Contudo, para que se possa obter um valor representativo de consumo de água do período, o manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (FIESP et al, 2005),

recomenda que, em situações, em que o consumo não for sazonal, deve-se determinar a média aritmética e o desvio padrão do consumo dos três últimos meses computados pela conta de água da edificação. Logo, se os três valores estiverem dentro do intervalo obtido pela média  $\pm$  o desvio padrão, o valor encontrado pela média será o consumo médio histórico representativo e poderá ser aplicado na fórmula do indicador de consumo – IC como o consumo de água do período. Em contrapartida se, ao menos um dos três valores citados ficar fora do intervalo apresentado, deve-se recalculá-lo a média e o desvio padrão considerando o consumo dos doze últimos meses computados pela conta de água da edificação e, posteriormente, retirar os valores de consumo que estiverem fora do intervalo obtido pela média  $\pm 2 \times$  desvio padrão, permitindo assim, que se calcule uma nova média utilizando apenas os valores que se encontram no intervalo apresentado, sendo o valor dessa nova média o valor do consumo histórico representativo.

### **3.10 Estimativa de demanda de água não potável para fins comerciais**

De acordo com Tomaz (2009c), como o Brasil ainda não possui pesquisas suficientes para desenvolver parâmetros de engenharia que possam ser utilizados para que se preveja o consumo de água em determinadas edificações, utilizam-se dados estimados.

Tomaz (2009c) estima um consumo para bacias sanitárias de 9,0L/descarga, para lavagem de pátios comuns de 2,0 L/m<sup>2</sup> x dia e para regar jardins comuns de 2,0 L/m<sup>2</sup> x dia. O autor também aponta que a frequência aproximada de utilização das bacias sanitárias por pessoa é de 5 vezes/dia para indústrias e 2 vezes/dia para escolas e prédios de escritórios, que jardins geralmente são regados com uma frequência que varia de 1 vez a cada 15 dias a 2 vezes/semana e que pátios geralmente são lavados também com uma frequência de 1 vez a cada 15 dias a 2 vezes/semana. Cabe ressaltar, que estas estimativas são as que geralmente serão utilizadas para que se possa estimar o consumo de água não potável em um edifício comercial.

### **3.11 Estimativa de precipitação**

Para que se possam dimensionar sistemas de aproveitamento de água de chuva, é fundamental realizar pesquisas capazes de fornecer dados históricos referentes à precipitação no local de estudo.

Instituições como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Agência Nacional de Águas (ANA), por meio de estações meteorológicas, realizam medições referentes a diversos fenômenos naturais que atuam em determinada região. Com isso, são capazes de fornecer dados de precipitação anual, mensal, diária e até mesmo horária.

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), uma estação meteorológica de superfície automática é constituída por uma unidade de memória central, conectada a vários sensores que coletam a cada minuto e disponibilizam a cada hora, informações meteorológicas relacionadas a direção e velocidade dos ventos, pressão atmosférica, umidade, temperatura, precipitação e radiação solar.

A tabela 6 apresenta dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes a precipitações mensais registradas na cidade de Varginha-MG, de janeiro do ano de 2007 até fevereiro do ano de 2017, possibilitando estimar um valor médio referente ao quanto pode ser precipitado em cada mês do ano.

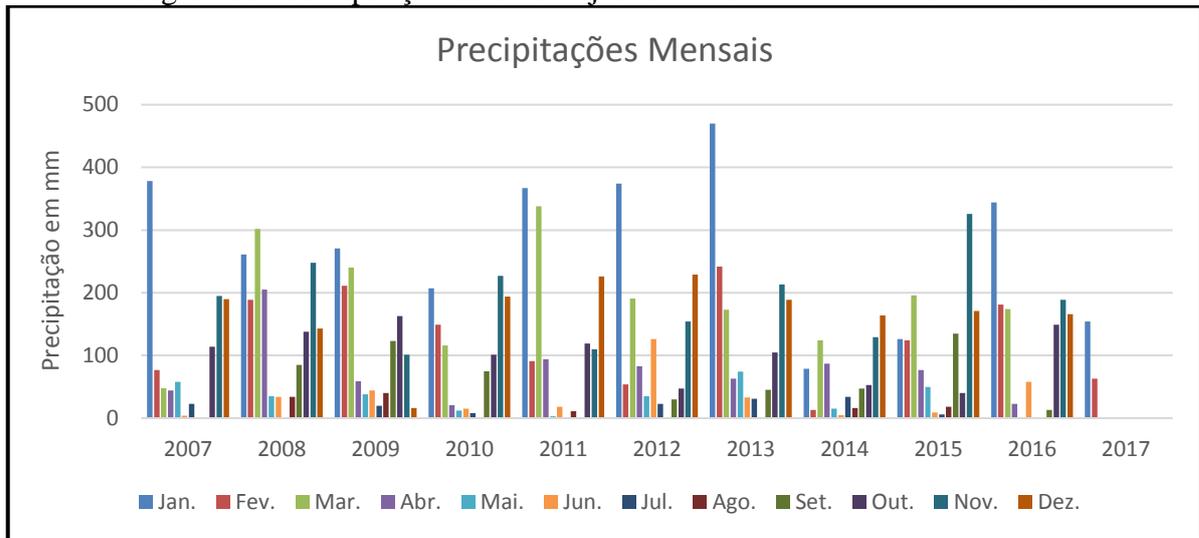
Tabela 6 - Precipitação mensal de janeiro de 2007 até fevereiro de 2017 (mm).

<b>Mês</b> <b>Ano</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fev.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>Mai.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>
<b>2007</b>	378	77	48	44	58	4	23	0	0	114	195	190
<b>2008</b>	261	189	302	205	35	34	0	34	85	138	248	143
<b>2009</b>	271	211	240	59	38	44	20	40	123	163	101	16
<b>2010</b>	207	149	116	21	12	15	8	0	75	101	227	194
<b>2011</b>	367	91	338	94	3	18	0	11	1	119	110	226
<b>2012</b>	374	54	191	83	35	126	23	0	30	47	154	229
<b>2013</b>	470	242	173	63	74	33	31	1	45	105	213	189
<b>2014</b>	79	13	124	87	15	5	34	16	47	53	129	164
<b>2015</b>	126	124	196	77	50	9	6	18	135	40	326	171
<b>2016</b>	344	181	174	23	1	58	0	0	13	149	189	166
<b>2017</b>	154	63										

Fonte: Adaptado de INMET (2017).

Contudo, o gráfico destacado na figura 12 apresenta de maneira mais detalhada e simplificada a intensidade de precipitação ocorrida em cada mês do ano de 2007 ao ano de 2017, deixando evidente que na maioria dos anos os maiores índices de precipitação ocorrem no mês de janeiro.

Figura 12 - Precipitação mensal de janeiro de 2007 até fevereiro de 2017.



### 3.12 Intensidade de precipitação

Para estimar a intensidade, duração e frequência (IDF) da chuva em determinado local, a Universidade Federal de Viçosa (1997), junto aos Departamentos de Engenharia Agrícola e Engenharia Civil, desenvolveu o software Plúvio que permite aos usuários obter a equação de chuvas intensas para diversas regiões do Brasil.

Conforme os desenvolvedores, a principal forma de caracterizar a intensidade das chuvas é por meio da equação de intensidade, duração e frequência (IDF) da precipitação, sendo esta fórmula demonstrada a seguir:

$$Im = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (23)$$

Onde:

$Im$  → é a intensidade máxima média de precipitação, devendo ser expressa em (mm/h);

$T$  → é o período de retorno em anos;

$t$  → é a duração da precipitação em minutos;

$K$  → parâmetro relativo à localidade;

$a$  → parâmetro relativo à localidade;

$b$  → parâmetro relativo à localidade;

$c$  → parâmetro relativo à localidade.

Ao utilizar a fórmula expressa acima, será necessário consultar o software Plúvio para a obtenção dos valores de (K, a, b, c), lembrando que estes valores irão variar de acordo com a região em estudo.

De acordo com Tomaz (2015), período de retorno (T) é o intervalo de tempo médio que um certo fenômeno hidrológico é igualado ou ultrapassado ao menos uma vez. Portanto, a NBR 10844 (ABNT, 1989) define que o período de retorno (T) deve ser definido através das características da área a ser drenada, obedecendo aos valores apresentados na tabela 7, estabelecendo ainda, que a duração da precipitação (t) deve ser fixada em 5 minutos.

Tabela 7 - Determinação do período retorno.

<b>Características da área a ser drenada</b>	<b>T (anos)</b>
Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados	1
Coberturas e ou terraços	5
Coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possam ser tolerados	25

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

## **4 METODOLOGIA**

De forma a viabilizar o projeto de captação e aproveitamento de água da chuva na empresa Veículos Cruzeiro Comercio LTDA, desenvolveu-se a presente metodologia que consiste nas seguintes etapas: local de estudo; informações sobre a empresa; estimativa de precipitação média mensal; definição da intensidade de precipitação; demarcação da área contribuinte; definição da vazão de projeto; estimativa do consumo de água potável; estimativa de demanda de água não potável; estimativa de economia de água potável; dimensionamento de calhas; dimensionamento de condutores verticais; obtenção do volume aproveitável de precipitação média mensal; dimensionamento dos reservatórios; dimensionamento do sistema elevatório; dimensionamento da rede de distribuição; elaboração do projeto hidráulico, levantamento quantitativo e estimativa de custo e memorial descritivo e de cálculo.

### **4.1 Local de estudo**

O estudo será desenvolvido no edifício comercial da empresa Veículos Cruzeiro Comercio LTDA, na cidade de Varginha/MG. Logo, por meio de visitas técnicas, de entrevistas com colaboradores da empresa e de análises do projeto arquitetônico, será possível agregar conhecimentos fundamentais para o desenvolvimento do projeto.

### **4.2 Informações sobre a empresa**

Para conhecer um pouco sobre a Empresa Veículos Cruzeiro Comércio LTDA, serão realizadas entrevistas com colaboradores aptos a expor a história da empresa e apresentar seus objetivos e especialidades.

### **4.3 Estimativa de precipitação média mensal**

Com o objetivo de encontrar o valor da precipitação média mensal que pode ocorrer no local de estudo, serão utilizados valores de precipitações mensais registrados de janeiro de 2007 a fevereiro de 2017 no município de Varginha/MG (tabela 6), fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017).

#### 4.4 Definição da intensidade de precipitação

Para que se possam encontrar valores referentes à intensidade de precipitação no município de Varginha-MG, será utilizada a equação de intensidade, duração e frequência da precipitação (IDF), juntamente com valores fornecidos pelo software Plúvio e considerando valores normativos para o período de retorno (T) e a duração (t). Equação expressa a seguir:

$$Im = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (24)$$

#### 4.5 Demarcação da área de cobertura contribuinte

Através do projeto arquitetônico do edifício e de visitas técnicas a serem realizadas *in loco*, serão coletados dados referentes a área e inclinação da cobertura e área de platibandas, que possibilitarão desenvolver o cálculo de área contribuinte, utilizando as fórmulas normativas de superfícies inclinadas e superfícies verticais opostas, apresentadas na figura 8, letras (b) e (d). Ambas expressas a seguir:

$$\text{Área} = \left( a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (25)$$

$$\text{Área} = \frac{a \times b}{2} \quad (26)$$

#### 4.6 Definição da vazão de projeto

Após definir a intensidade de chuva da região e o valor da área contribuinte, será definida a vazão de projeto que, além de fornecer um parâmetro referente a quantos litros de água a cobertura pode vir a captar por minuto, também será utilizada no dimensionamento das calhas e condutores. A vazão de projeto deve ser encontrada por meio da seguinte fórmula:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (27)$$

#### 4.7 Estimativa de consumo de água potável

Para que se possa estimar o consumo de água potável, será coletado, durante 21 dias no mesmo horário, o valor registrado pelo hidrômetro. Além disso, será consultado o consumo constante na fatura de água referente ao mês em que foram coletados os valores e, também, outros consumos referentes a meses anteriores, possibilitando que se possam obter valores referentes ao índice de consumo médio de água, que apresentará quantos litros de água podem ser consumidos por cada um dos trabalhadores que utilizam a edificação. O indicador de consumo deverá ser encontrado com a utilização da fórmula a seguir:

$$IC = \frac{\text{Consumo de água do período}}{n^{\circ} \text{ de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad (28)$$

A utilização desses dois métodos de medição tem por finalidade conseguir estimar de maneira mais precisa possível, o quanto de água potável é consumida todos os dias pela utilização do edifício.

#### 4.8 Estimativa de demanda de água não potável

A fim projetar um sistema capaz de atender a demanda gerada pela utilização da edificação, serão desenvolvidas duas estimativas de demanda de água não potável: uma considerando o número máximo de pessoas que podem trabalhar na edificação e outra considerando o número de pessoas que atualmente estão trabalhando na edificação.

A água de chuva que for armazenada pelo sistema será utilizada em descargas de bacias sanitárias e para regar jardins, com isso será considerado um consumo de 9,0 L/descarga e de 2,0 L/m<sup>2</sup> x dia para regar jardim. Será considerado também que as bacias sanitárias serão utilizadas 2 vezes/dia por pessoa e que o jardim será regado 1 vez/semana (ver item 2.9).

#### 4.9 Estimativa de economia de água potável

Para que se possa estimar o quanto de água potável poderá ser economizado pelo edifício utilizando um sistema de aproveitamento de água da chuva, serão utilizados os valores de estimativa de demanda não potável, que serão aplicados em um período real

registrado pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA, permitindo que posteriormente possa ser estimada a demanda não potável para o período, possibilitando, assim, que possa ser prevista a porcentagem de economia de água potável para determinado período.

#### **4.10 Dimensionamento das calhas**

Para que se possa definir o diâmetro das calhas que serão empregadas na cobertura em estudo, será utilizada a tabela 4, referente á capacidade de calhas semicirculares, disponibilizada pela NBR 10844 (ver item 3.7.5). Dessa forma, serão fixadas duas calhas de platibanda equipadas, cada uma delas, com um bocal a montante e um bocal a jusante, buscando assim reduzir ao máximo os riscos de transbordamentos que possam ser provocados pela obstrução dos bocais a jusante.

#### **4.11 Dimensionamento dos condutores verticais**

Os condutores verticais estarão conectados aos bocais a montante e a jusante de cada calha. Estes serão de PVC (policloreto de polivinila) e serão dimensionados por meio da seguinte equação (VASCONCELOS, 2017):

$$Q = 0,019 \times T_o^{5/3} \times D^{8/3} \quad (29)$$

Para que se possa encontrar o diâmetro necessário, será aplicado na equação apresentada a metade do valor da vazão de projeto (Q), uma vez que a cobertura terá duas calhas de dimensões iguais e considerando uma taxa de ocupação (To) de 30%. Com isso, será encontrado o diâmetro necessário para atender a vazão de projeto canalizada por cada calha e será adotado um diâmetro comercial igual ou superior ao diâmetro encontrado pela equação.

#### **4.12 Obtenção do volume aproveitável da precipitação média mensal**

O volume aproveitável da precipitação média que ocorre em cada mês é fundamental para que o reservatório seja dimensionado com precisão, garantindo, assim, que este seja

capaz de atender toda a demanda de água não potável gerada pela utilização do edifício. Dessa forma, o volume aproveitável será obtido através da seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (30)$$

Portanto, para o cálculo do volume aproveitável será necessária a utilização dos valores de precipitação média mensal, da área de captação, do coeficiente de runoff, sendo este igual a 0,95 (ver item 3.7.4) e do rendimento do dispositivo de filtragem, sendo este igual a 0,8 (ver item 3.7.8).

#### **4.13 Dimensionamento dos reservatórios**

Para suprir toda a demanda de água não potável gerada pelo edifício, o sistema será composto por 2 reservatórios, onde o maior reservatório será instalado no térreo e o menor posicionado sobre a laje superior do último pavimento.

O reservatório inferior será dimensionado pelo método de Ripple (ver item 3.7.9.1) e pelo método de Azevedo Netto (ver item 3.7.9.3). Em seguida, os volumes encontrados serão analisados e o volume que apresentar maior compatibilidade com o projeto em estudo será utilizado para determinar as dimensões do reservatório.

O reservatório superior será dimensionado com base nos valores de demanda diária de água não potável do edifício, devendo este, ter capacidade suficiente para atender a demanda gerada por dois dias de utilização do edifício, sem necessidade de acionar o conjunto elevatório, garantindo, assim, um assegurado fornecimento de água.

#### **4.14 Dimensionamento do sistema elevatório**

Para que seja possível encaminhar para o reservatório superior toda água pluvial armazenada no reservatório inferior, será necessária a implantação de um sistema elevatório composto por tubulações de sucção, tubulações de recalque e conjunto motor-bomba com potência suficiente para impulsionar a água, garantindo que esta se eleve vencendo toda altura geométrica do sistema.

Desse modo, o sistema será dimensionado conforme as equações destacadas por Netto (et al., 1998) que estão descritas de maneira detalhada no item 3.7.10, e considerando os

comprimentos equivalentes de cada peça conforme Creder (2006). Equações expressas a seguir:

$$\emptyset \text{ recalque} = k \times \sqrt{Q} \quad (31)$$

$$\emptyset \text{ recalque ABNT} = 1,3 \times X^{0,25} \times \sqrt{Q} \quad (32)$$

$$H_f = \frac{10,641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times L \quad (33)$$

$$H_{man} = H_g + \sum H_f \quad (34)$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \mu} \quad (35)$$

#### 4.15 Dimensionamento da rede de distribuição

A rede de distribuição será dimensionada conforme todas as exigências da NBR 5626 (ABNT, 1998), onde os limites mínimos de pressão deverão ser de 5 kPa em qualquer ponto da rede e de 10 kPa nos pontos de utilização de vasos sanitários com caixa acoplada e na torneira de jardim. Será considerado também que a velocidade máxima permitida nas tubulações deverá ser inferior a 3 m/s e que a perda de carga unitária não deverá ser superior a 0,08 m/m.

#### 4.16 Elaboração do projeto hidráulico

Por meio dos resultados das equações apresentadas, de visitas técnicas para coletas de dados e do projeto arquitetônico apresentado no anexo A, poderá ser desenvolvido o projeto hidráulico. Este será desenvolvido no programa AutoCad e, posteriormente, apresentado no apêndice A, possibilitando que o projeto possa ser visualizado de maneira detalhada, uma vez que este, além de indicar toda a dimensão do sistema e de seus componentes, indicará também todos os pontos em que serão posicionadas as calhas, os condutores, os reservatórios e todos os outros componentes que fizerem parte do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva do edifício comercial em estudo.

#### **4.17 Levantamento quantitativo e estimativa de custos**

Dispondo do projeto concluído com todo o sistema dimensionado, será possível desenvolver o quantitativo de materiais estabelecendo quantas unidades de cada um dos componentes do sistema serão utilizadas na execução do projeto. Contendo o quantitativo de materiais, será apurado, conforme o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e a planilha referencial de preços para as obras de edificação do Estado de Minas Gerais (SETOP), o valor de cada um dos componentes contabilizados, possibilitando, enfim, estimar o valor total que será despendido para que o projeto desenvolvido possa ser executado.

#### **4.18 Memorial descritivo e de cálculo**

Posteriormente ao dimensionamento do sistema, à elaboração do projeto, ao levantamento quantitativo e à estimativa de custos, será desenvolvido o memorial descritivo e de cálculo. Este será apresentado no apêndice B e, além de apresentar o projeto, destacando métodos, materiais e tabelas que forem empregados durante seu desenvolvimento, especificará os tipos de materiais e serviços que deverão ser utilizados e realizados na execução do projeto.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Apresentação do local de estudo

A cidade de Varginha está localizada ao sul do estado de Minas Gerais, na região sudeste do Brasil, estando aproximadamente a 320 km de Belo Horizonte, 316km de São Paulo e a 380 km do Rio de Janeiro. A cidade se destaca devido a sua forte economia o que faz dela um importante polo regional e a coloca entre as principais cidades do sul de minas.

De acordo com o IBGE (2016), Varginha conta com uma área territorial de 395,396 Km<sup>2</sup> e possuía, em 2016, uma população estimada de 133.384 habitantes. A cidade é também considerada como um dos principais centros de produção e comercialização de café do mundo, sendo este, um dos principais fatores que contribuem para o fortalecimento de sua economia.

Figura 13 - Mapa de Varginha /MG.



Fonte: (IBGE, 2016).

A figura 14 apresenta o edifício comercial da empresa Veículos Cruzeiro Comércio LTDA, localizado na Avenida Princesa do Sul, nº 470, no bairro Jardim Andere em Varginha/MG. O edifício é composto por 4 pavimentos, totalizando uma área construída de 2101,81 m<sup>2</sup>, dívida em escritórios, setor de vendas, depósitos, cozinhas, banheiros, oficinas e salas de administração geral, como mostra o anexo A.

Segundo o sócio proprietário da empresa, Sr. Arnaldo Carvalho Alves, podem trabalhar no edifício até 50 pessoas, entretanto, atualmente encontram-se apenas 35 pessoas trabalhando no local.

Figura 14: Edifício comercial em estudo.



Fonte: O autor.

## 5.2 Informações sobre a empresa

Fundada no ano de 1979, na cidade de Lavras/MG, pelo Sr. Carlos Alberto Andrade Alves e seu filho Accácio José Carvalho Alves, iniciou suas atividades no ramo de comércio de veículos novos e usados, atuando nessa área por, aproximadamente, 02 (dois) anos.

Com a inclusão de novos sócios, sendo eles Carlos Alberto Carvalho Alves, Arnaldo Carvalho Alves e Luiz Fernando Carvalho Alves, também filhos do fundador, alterou seu ramo de atividade passando ao comércio varejista e atacadista de peças, tintas e acessório automotivos, além de ferramentas em geral.

Após consolidado conhecimento no ramo automotivo, em 1984 inaugurou sua primeira filial na cidade de Varginha/MG, e ainda, nos anos subsequentes, mais três filiais, sendo elas um centro de distribuição atacadista na cidade de Lavras/MG e mais dois comércios varejistas nas cidades de Dourados/MS e São João Del Rei/MG.

Pela tradição que adquiriu ao longo de seus quase 40 anos de atuação no ramo automotivo, além da excelência no atendimento de seus clientes e da qualidade dos produtos que representa, a empresa expandiu seus negócios, tanto no comércio varejista quanto no comércio atacadista, o qual atende clientes em âmbito nacional.

A empresa, que tem por escopo contar com estruturas físicas próprias em todas as suas filiais, construiu no ano de 2004 um novo edifício comercial para a filial da cidade de Varginha/MG, o qual é o objeto de estudo do presente trabalho.

### 5.3 Estimativa de precipitação média mensal

Por meio dos valores apresentados pela série histórica de precipitação na cidade de Varginha (ver tabela 6), pôde-se desenvolver a tabela 8, que utiliza o método da média aritmética para encontrar os valores da precipitação média mensal, para cada mês do ano.

Tabela 8 - Precipitação média mensal (mm).

Nº	Mês		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	Ano													
1	<b>2007</b>		378	77	48	44	58	4	23	0	0	114	195	190
2	<b>2008</b>		261	189	302	205	35	34	0	34	85	138	248	143
3	<b>2009</b>		271	211	240	59	38	44	20	40	123	163	101	16
4	<b>2010</b>		207	149	116	21	12	15	8	0	75	101	227	194
5	<b>2011</b>		367	91	338	94	3	18	0	11	1	119	110	226
6	<b>2012</b>		374	54	191	83	35	126	23	0	30	47	154	229
7	<b>2013</b>		470	242	173	63	74	33	31	1	45	105	213	189
8	<b>2014</b>		79	13	124	87	15	5	34	16	47	53	129	164
9	<b>2015</b>		126	124	196	77	50	9	6	18	135	40	326	171
10	<b>2016</b>		344	181	174	23	1	58	0	0	13	149	189	166
11	<b>2017</b>		154	63										
	$\Sigma$		3031	1394	1902	756	321	346	145	120	554	1029	1892	1688
	<b>Média</b>		275,5	126,7	190,2	75,6	32,1	34,6	14,5	12,0	55,4	102,9	189,2	168,8

Fonte: Adaptado de INMET (2017).

Ao analisar a tabela 8, observa-se que os valores precipitados no mês de janeiro são na maioria das vezes os maiores registrados dentre todos os meses, gerando para o mês de janeiro a maior média de precipitação mensal.

### 5.4 Cálculo de intensidade de precipitação

Por meio da equação de (IDF) e dos valores de (K, a, b, c), fornecidos pelo software Plúvio, e também da consideração de um período de retorno de 5 anos e uma duração de 5 minutos, ambos normativos, tornou-se possível a realização do cálculo de intensidade de precipitação para a cidade de Varginha/MG, representado a seguir:

$$\rightarrow K = 5987,104 \rightarrow a = 0,218 \rightarrow b = 32,694 \rightarrow c = 1,087$$

$$I_m = \frac{5987,104 \times 5^{0,218}}{(5 + 32,694)^{1,087}} = 164,5 \text{ mm/h} \quad (36)$$

O valor de intensidade de precipitação encontrado será fundamental para que, posteriormente, possa ser definida a vazão de projeto da cobertura do edifício em estudo.

### 5.5 Cálculo da área contribuinte

Após analisar o projeto arquitetônico e realizar visitas técnicas no local de estudo, obtiveram-se dados referentes às dimensões da cobertura da edificação, que possibilitaram a realização dos seguintes cálculos:

$$h = 2,58 \text{ m} - 0,78 \text{ m} = 1,8 \text{ m} \quad (37)$$

$$\text{Declividade} = \frac{1,8}{12,0} \times 100 = 15\% \quad (38)$$

$$\text{Área cobertura} = 12,0 \times 40,1 = 481,2 \text{ m}^2 \quad (39)$$

$$\text{Área de platibandas contribuintes} = \frac{((1,84 \times 12,5)/2)}{2} \times 2 = 11,5 \text{ m}^2 \quad (40)$$

$$\text{Área de cobertura contribuinte} = \left(12,0 + \frac{1,8}{2}\right) \times 40,1 = 517,3 \text{ m}^2 \quad (41)$$

$$\text{Área contribuinte total} = 517,3 + 11,5 = 528,8 \text{ m}^2 \quad (42)$$

O valor de área contribuinte encontrado também é fundamental para que se possa definir a vazão de projeto da cobertura do edifício em estudo.

### 5.6 Cálculo da vazão de projeto

Após serem encontrados os valores referentes à intensidade de precipitação e área contribuinte, foi possível determinar a vazão de projeto apresentada adiante que, na próxima

etapa do trabalho, será fundamental para o dimensionamento das calhas e condutores que compõem o sistema.

$$Q = \frac{164,5 \text{ mm/h} \times 528,8 \text{ m}^2}{60} = 1449,8 \text{ litros/min} \quad (43)$$

### 5.7 Cálculo de estimativa de consumo de água potável

Durante um período de 21 dias foram coletados os valores apresentados pelo hidrômetro, o que possibilitou o desenvolvimento da tabela 9, que, por meio destes valores, apresenta o quanto de água potável foi consumido a cada dia e indica o consumo médio diário ocorrido dentro do período analisado.

Tabela 9 - Consumo diário e consumo médio diário de água potável.

Nº	Data	Dia	Horário	Consumo total (m <sup>3</sup> )	Consumo diário (m <sup>3</sup> )
1	11/04/2017	Terça-feira	08:50	1154,04	1,34
2	12/04/2017	Quarta-feira	08:51	1155,38	1,06
3	13/04/2017	Quinta-feira	08:49	1156,44	0,90
4	14/04/2017	Sexta-feira	08:50	1157,34	0,03
5	15/04/2017	Sábado	08:50	1157,37	0,27
6	16/04/2017	Domingo	08:52	1157,64	0,13
7	17/04/2017	Seg.-feira	08:51	1157,77	1,00
8	18/04/2017	Terça-feira	08:48	1158,77	1,25
9	19/04/2017	Quarta-feira	08:49	1160,02	1,01
10	20/04/2017	Quinta-feira	08:51	1161,03	0,90
11	21/04/2017	Sexta-feira	08:50	1161,93	0,09
12	22/04/2017	Sábado	08:50	1162,02	0,71
13	23/04/2017	Domingo	08:49	1162,73	0,17
14	24/04/2017	Seg.-feira	08:50	1162,90	1,27
15	25/04/2017	Terça-feira	08:52	1164,17	1,08
16	26/04/2017	Quarta-feira	08:50	1165,25	1,01
17	27/04/2017	Quinta-feira	08:49	1166,26	1,16
18	28/04/2017	Sexta-feira	08:49	1167,42	0,98
19	29/04/2017	Sábado	08:50	1168,40	0,38
20	30/04/2017	Domingo	08:51	1168,78	0,01
21	01/05/2017	Seg.-feira	08:50	1168,79	-
				Consumo médio diário (m <sup>3</sup> )	0,74

Fonte: O autor.

Para estimar valores precisos da demanda de água potável, foram realizadas análises da fatura de água emitida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA, no dia 19/04/2017, como mostra o anexo C. A fatura apresenta um consumo total de 22 m<sup>3</sup> de água, contados em um período de 29 dias, gerando um consumo médio diário de 758 litros. Também apresenta valores de consumo mensal e consumo médio diário de períodos passados, registrados de maio de 2016 até março de 2017.

A partir dos valores apresentados pela fatura, pôde-se desenvolver a tabela 10 que através do histórico de consumo de água do edifício e também de valores referentes a média, variância e desvio padrão, apresenta o consumo médio histórico representativo (ver item 2.9), que será utilizado para estimar o quanto de água potável está sendo gasto por pessoa que trabalha na edificação.

Tabela 10 - Consumo médio histórico representativo.

Nº	Data	Média diária (L/dia)	Verificação	Média diária (L/dia)
1	Mai/16	933	ok	933
2	Jun/16	718	ok	718
3	Jul/16	766	ok	766
4	Ago/16	656	ok	656
5	Set/16	758	ok	758
6	Out/16	966	fora do intervalo	
7	Nov/16	750	ok	750
8	Dez/16	833	ok	833
9	Jan/17	724	ok	724
10	Fev/17	750	ok	750
11	Mar/17	666	ok	666
12	Abr/17	758	ok	758
Média		773,17		
Variância		8960,88		
Desvio padrão		94,66	Consumo médio histórico (L/dia)	755,64
Média + 2x desvio		962,49		
Média - 2x desvio		583,84		

Fonte: O autor.

De acordo com os valores apresentados pelas tabelas 9 e 10, pôde-se obter o indicador de consumo – IC, (ver item 2.9) para cada um dos dois métodos utilizados para estimar o consumo médio diário de água potável, como apresenta os cálculos a seguir que foram desenvolvidos considerando o número atual de 35 pessoas trabalhando no edifício.

Indicador de consumo utilizando o consumo médio encontrado pela tabela 9:

$$IC = \frac{0,740 \times 1000}{35} = 21,14 \text{ L/pessoa/dia} \quad (4422)$$

Indicador de consumo utilizando o consumo médio encontrado pela tabela 10:

$$IC = \frac{755,64}{35} = 21,59 \text{ L/pessoa/dia} \quad (45)$$

Logo, observa-se que mesmo utilizando parâmetros diferentes, os dois métodos apresentaram valores bastante próximos referentes a quanto de água potável é gasto por dia por pessoa que trabalha no edifício.

## 5.8 Cálculo de estimativa de demanda de água não potável

Os valores estimados de consumo de água em pontos que não necessitam de água potável (ver item 2.10), possibilitaram o desenvolvimento dos cálculos que estimam o quanto de água não potável pode ser consumido.

Sendo assim, em primeiro será estimada a demanda considerando o número máximo de 50 pessoas trabalhando no local e, em segundo, considerando o número atual de 35 pessoas trabalhando no local.

Estimativa de demanda diária de água não potável considerando 50 pessoas:

$$\text{Gasto com descargas} = 9,0 \text{ L/descarga} \times 50 \times 2 \text{ vezes/dia} = 900 \text{ L/dia} \quad (46)$$

Estimativa de demanda diária de água não potável considerando 35 pessoas:

$$\text{Gasto com descargas} = 9,0 \text{ L/descarga} \times 35 \times 2 \text{ vezes/dia} = 630 \text{ L/dia} \quad (47)$$

Portanto, devido a dois pequenos gramados presentes na área externa da empresa, que juntos possuem uma área total de 64 m<sup>2</sup>, foram desenvolvidos os cálculos a seguir que estimam quantos litros de água serão consumidos nos dias em que os jardins forem irrigados.

Estimativa de consumo de água para irrigar jardins:

$$\text{Gastos com jardins} = 2,0L \times 64 \text{ m}^2 = 128 \text{ litros a cada irrigação} \quad (48)$$

Logo, observa-se que, no dia em que os jardins forem irrigados, haverá um acréscimo estimado de 128 litros no consumo diário, como mostra a tabela 11, que foi desenvolvida considerando os 6 dias de funcionamento semanal do edifício e que os jardins serão irrigados 1 vez/semana.

Tabela 11 - Estimativa de demanda de água não potável.

Nº	Dias da semana	Utilização	Demanda diária para 50 pessoas (L)	Demanda diária para 35 pessoas (L)
1	Segunda-feira	Vaso sanitário	900	630
2	Terça-feira	Vaso sanitário	900	630
3	Quarta-feira	Vaso sanitário + irrigação	1028	758
4	Quinta-feira	Vaso sanitário	900	630
5	Sexta-feira	Vaso sanitário	900	630
6	Sábado	Vaso sanitário	900	630
7	Domingo	Sem utilização	0	0

Fonte: O autor.

A partir dos valores apresentados pela tabela 11, foi elaborada uma estimativa de demanda mensal considerando a utilização do edifício durante 26 dias, em um período de 30 dias, sendo esta a maior quantidade de dias que o edifício poderá ser utilizado dentro do período fixado, uma vez que este se encontra em funcionamento de segunda a sábado. Também foi estabelecido que os jardins poderão ser irrigados 5 vezes durante o período de 30 dias, sendo 5 o número máximo que poderá ocorrer, devido a frequência de irrigação utilizada de 1 vez/semana.

Estimativa de demanda mensal de água não potável considerando 50 pessoas:

$$\text{Gasto mensal} = 26 \times 900 + 5 \times 128 = 24040 \text{ L/mês ou } 24,04 \text{ m}^3/\text{mês} \quad (49)$$

Estimativa de demanda mensal de água não potável considerando 35 pessoas:

$$\text{Gasto mensal} = 26 \times 630 + 5 \times 128 = 17020 \text{ L/mês ou } 17,02 \text{ m}^3/\text{mês} \quad (50)$$

Os valores de demanda de água não potável encontrados nos cálculos apresentados, serão fundamentais para que o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva possa ser projetado com precisão.

### 5.9 Cálculo de estimativa de economia de água potável

A partir dos valores de demanda diária de água não potável estimados pela tabela 11, para o número de 35 pessoas que atualmente trabalham edificação, desenvolveu-se a tabela 12 que apresenta todos os dias em que o edifício esteve em utilização e fixou os valores de demanda estimada para cada um desses dias, considerando também o gasto adicional com a irrigação do jardim que foi fixada toda quarta-feira. Contudo, a tabela estima a demanda total de água não potável para o período de 22/03/2017 a 19/04/2017, sendo este o mesmo período que a COPASA contabilizou um consumo de 22 m<sup>3</sup> de água potável.

Tabela 12 - Demanda de água não potável para o período de 22/03/2017 a 19/04/2017.

Nº	Data	Dia da semana	Demanda diária (L)
1	22/03/2017	Quarta-feira	758
2	23/03/2017	Quinta-feira	630
3	24/03/2017	Sexta-feira	630
4	25/03/2017	Sábado	630
5	26/03/2017	Domingo	0
6	27/03/2017	Segunda-feira	630
7	28/03/2017	Terça-feira	630
8	29/03/2017	Quarta-feira	758
9	30/03/2017	Quinta-feira	630
10	31/03/2017	Sexta-feira	630
11	01/04/2017	Sábado	630
12	02/04/2017	Domingo	0
13	03/04/2017	Segunda-feira	630
14	04/04/2017	Terça-feira	630

(continuação)

<b>Nº</b>	<b>Data</b>	<b>Dia da semana</b>	<b>Demanda diária (L)</b>
15	05/04/2017	Quarta-feira	758
16	06/04/2017	Quinta-feira	630
17	07/04/2017	Sexta-feira	630
18	08/04/2017	Sábado	630
19	09/04/2017	Domingo	0
20	10/04/2017	Segunda-feira	630
21	11/04/2017	Terça-feira	630
22	12/04/2017	Quarta-feira	758
23	13/04/2017	Quinta-feira	630
24	14/04/2017	Sexta-feira (feriado)	0
25	15/04/2017	Sábado	630
26	16/04/2017	Domingo	0
27	17/04/2017	Segunda-feira	630
28	18/04/2017	Terça-feira	630
29	19/04/2017	Quarta-feira	758
<b>Demanda total de água não potável no período (L)</b>			<b>15760</b>

Fonte: O autor.

Por meio do valor total de demanda de água não potável, estimado pela tabela 12, e também do valor total do consumo de água potável registrado pela COPASA no período de 22/03/2017 a 19/04/2017 (ver item 4.7), obteve-se um valor teórico referente à percentagem de água potável que poderia ter sido economizada no mesmo período com a utilização de água não potável, como mostra o cálculo a seguir.

$$\text{Porcentagem de economia de água potável} = \frac{15760}{22000} \times 100 = 71,63 \% \quad (51)$$

Logo, percebe-se que aproximadamente 15.760 litros de água potável poderiam ter sido economizados por este edifício comercial durante o período analisado de apenas 29 dias.

### 5.10 Dimensionamento das calhas

Sabendo que a cobertura será equipada com duas calhas de dimensões equivalentes pôde-se desenvolver a tabela 13, que, através da vazão de projeto calculada (ver item 5.6) e dos valores apresentados pela tabela 4 referente à capacidade de calhas semicirculares disponibilizada pela NBR 10844 (ver item 3.7.5), determina o diâmetro das calhas e apresenta o comprimento e a declividade que estas deverão possuir quando instaladas.

Tabela 13 - Dimensionamento das calhas semicirculares.

Calhas	Dec. %	L Calha (m)	n	Qp (L/min.)	Des. Final (m)	D. Int. (mm)	Verificação
C1	0,5	20,05	0,011	724,90	0,10	200	ok
C2	0,5	20,05	0,011	724,90	0,10	200	ok

Fonte: O autor.

### 5.11 Dimensionamento dos condutores verticais

A partir da equação para determinação do diâmetro dos condutores verticais e da vazão de projeto já calculada (ver item 5.6), pôde-se determinar o diâmetro (ver item 4.11) dos condutores verticais através dos seguintes cálculos:

$$Q = \frac{1449,80}{2} = 724,90 \text{ litros/min} \quad (52)$$

$$724,90 = 0,019 \times 0,3^{5/3} \times D^{8/3} \quad (53)$$

$$D = \sqrt[8/3]{\frac{724,90}{0,019 \times 0,3^{5/3}}} = 110,88 \text{ mm} \quad (54)$$

$$\text{Dadotado} = 150 \text{ mm} \quad (55)$$

Cabe destacar, que o motivo de se utilizar a metade da vazão de projeto para o dimensionamento se deve ao fato de a cobertura estar equipada com duas calhas de dimensões iguais, onde cada uma delas é capaz de cobrir 50% da área total de cobertura contribuinte.

## 5.12 Volume aproveitável da precipitação média mensal

Utilizando os valores de precipitação média mensal determinados pela tabela 8 e também a equação de volume aproveitável apresentada no item 4.3, pôde-se desenvolver a tabela 14, que estima o volume de chuva que pode ser aproveitado em cada mês do ano.

Tabela 14 - Volume aproveitável da precipitação média mensal.

Meses	Prec. Med. (mm)	Área Capt. (m)	Runoff	Rend. Filtro	Volume (L)	Volume (m <sup>3</sup> )
Janeiro	275,50	481,2	0,95	0,8	100.753,66	100,75
Fevereiro	126,70	481,2	0,95	0,8	46.335,71	46,34
Março	190,20	481,2	0,95	0,8	69.558,42	69,56
Abril	75,60	481,2	0,95	0,8	27.647,83	27,65
Mai	32,10	481,2	0,95	0,8	11.739,36	11,74
Junho	34,60	481,2	0,95	0,8	12.653,64	12,65
Julho	14,50	481,2	0,95	0,8	5.302,82	5,30
Agosto	12,00	481,2	0,95	0,8	4.388,54	4,39
Setembro	55,40	481,2	0,95	0,8	20.260,44	20,26
Outubro	102,90	481,2	0,95	0,8	37.631,76	37,63
Novembro	189,20	481,2	0,95	0,8	69.192,71	69,19
Dezembro	168,80	481,2	0,95	0,8	61.732,19	61,73

Fonte: O autor

Vale lembrar, que valores de precipitação média e volume apresentados pela tabela 14, serão utilizados no dimensionamento do reservatório inferior do edifício.

## 5.13 Dimensionamento dos reservatórios

### 5.13.1 Dimensionamento do reservatório inferior

Para dimensionar um reservatório capaz de armazenar volume de água suficiente para atender a demanda de água não potável gerada pelo edifício, desenvolveu-se o dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Ripple e pelo método de Azevedo Netto.

Em vista disso, a tabela 15 apresenta o dimensionamento desenvolvido pelo método de Ripple considerando o número máximo de 50 pessoas trabalhando no local. A tabela determina o volume total do reservatório através do valor de demanda mensal de água não potável equivalente a 24,04 m<sup>3</sup>/mês (ver item 5.8) e dos valores de volume aproveitável apresentados pela tabela 14 (ver item 5.11).

Tabela 15 - Dimensionamento pelo método de Ripple.

<b>Meses</b>	<b>Cons. Mens (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. Mens (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. Result. (m<sup>3</sup>)</b>
Janeiro	24,04	100,75	76,71
Fevereiro	24,04	46,34	22,30
Março	24,04	69,56	45,52
Abril	24,04	27,65	3,61
Maio	24,04	11,74	-12,30
Junho	24,04	12,65	-11,39
Julho	24,04	5,30	-18,74
Agosto	24,04	4,39	-19,65
Setembro	24,04	20,26	-3,78
Outubro	24,04	37,63	13,59
Novembro	24,04	69,19	45,15
Dezembro	24,04	61,73	37,69
Volume do Reservatório Inf. (m <sup>3</sup> )			53,55

Fonte: O autor.

Na sequência, foi desenvolvida a tabela 16, a qual apresenta o dimensionamento pelo método de Azevedo Netto e determina o volume total do reservatório através do número de meses de pouca chuva, da área da cobertura (ver item 5.5) e da somatória dos valores de precipitação média mensal apresentados pela tabela 14 (ver item 5.11).

Tabela 16 - Dimensionamento pelo método de Azevedo Netto.

<b>Fator</b>	<b>Prec. Anual (mm)</b>	<b>Área Capt. (m)</b>	<b>M. Pouca chuva</b>	<b>Vol. Res. (m<sup>3</sup>)</b>
0,042	1277,50	481,2	2	51,64

Fonte: O autor.

Logo, observa-se que, mesmo utilizando dois métodos distintos para o dimensionamento do reservatório, as tabelas apresentaram resultados muito próximos, obtendo-se, pelo método de Ripple, um volume equivalente a 53,55 m<sup>3</sup> de água e, pelo método de Azevedo Netto, um volume de 51,64 m<sup>3</sup> de água.

Portanto, visando favorecer o processo construtivo e garantir um eficiente fornecimento de água, o reservatório ficará embutido no solo e será construído em concreto armado, portando dimensões internas de 6,0 m x 5,0 m x 3,0 m (comprimento x largura x altura), sendo um metro de altura destinado à disposição das tubulações e dois metros de altura destinados ao armazenamento de água, permitindo-se que este seja capaz de armazenar até 60 mil litros de água pluvial.

### 5.13.2 Dimensionamento do reservatório superior

Assim como o reservatório inferior, o reservatório superior também foi dimensionado visando atender o número máximo de 50 pessoas que podem vir a trabalhar no local, as quais poderão gerar um consumo de 900 l/dia de água não potável, considerando, também, o valor de 128 litros que pode ser gasto a cada irrigação dos jardins. Vale ressaltar, que o reservatório superior de água não potável não inclui reserva de incêndio, estando esta reserva atribuída ao reservatório de água potável já existente. Cálculo a seguir:

$$\text{Vol. do Reservatório} = 900 + 128 = 1028 \text{ litros} \quad (56)$$

Logo, visando atender aproximadamente 2 dias de utilização de água não potável sem necessidade de acionamento do sistema elevatório, será utilizado um reservatório de polietileno com capacidade para armazenar 2 mil litros de água não potável.

### 5.14 Dimensionamento do sistema elevatório

Sabendo que o reservatório superior terá um volume de 2 mil litros e determinando que a bomba deverá funcionar por um período de 2 horas, pôde-se, através do projeto hidráulico apresentado no apêndice A, das tabelas 17 e 18 e dos cálculos a seguir, realizar todo o dimensionamento do sistema elevatório.

a) Diâmetros de recalque e sucção:

$$Q \text{ demanda} = 2 \text{ m}^3 \quad (57)$$

$$Q \text{ projeto} = (2 \times 1000) \div (3600 \times 2) \cong 0,28 \text{ litros/seg} \quad (58)$$

$$\emptyset \text{ recalque} = 1,2 \times \sqrt{(0,28 \div 1000)} = 0,02 \text{ m} = 20 \text{ mm} \quad (59)$$

$$\begin{aligned} \emptyset \text{ recalque ABNT} &= 1,3 \times (2 \div 24)^{0,25} \times \sqrt{(0,28 \div 1000)} = 0,0117 \text{ m} \quad (60) \\ &= 11,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\emptyset \text{ recalque} = 20 \text{ mm} \quad (61)$$

$$\emptyset \text{ sucção} = 25 \text{ mm} \quad (62)$$

b) Perdas de carga de sucção e recalque:

→ L sucção = 1,5 m

→ L recalque = 22,0 m

→ C = 140 (PVC)

Tabela 17: Comprimento equivalente de sucção (D = 25mm).

Peça	Qtd.	L equivalente unit. (m)
Entrada normal	1	0,5
Joelho de 90°	1	1,5
Reg. gaveta aberto	1	0,3
L equivalente total (m)		2,3

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

Tabela 18: Comprimento equivalente de recalque (D = 20mm).

Peça	Qtd.	L equivalente unit. (m)	L equivalente (m)
Joelho de 90°	5	1,2	6,0
Válvula de retenção	1	2,7	2,7
Reg. gaveta aberto	2	0,2	0,4
Saída de canalização	1	0,9	0,9
L equivalente total (m)			10,0

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

$$H_{fs} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,28 \div 1000)^{1,85}}{0,025^{4,87}} \times (1,5 + 2,3) = 0,0734 \text{ m} \quad (63)$$

$$H_{fr} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,28 \div 1000)^{1,85}}{0,020^{4,87}} \times (22,0 + 10) = 1,832 \text{ m} \quad (64)$$

c) Altura manométrica e potência da bomba:

→ Hg sucção = 0,0 m

→ Hg recalque = 15,2 m

→ Rendimento do conjunto = 35,4%

$$H_{man} = 15,2 + 0,0734 + 1,832 = 17,10 \text{ m} \quad (65)$$

$$\text{Pot. bomba} = \frac{1000 \times (0,28 \div 1000) \times 17,10}{75 \times 0,354} = 0,180 \text{ Cv} \quad (66)$$

$$\text{Pot. bomba} + 20\% = 0,180 \times 1,2 = 0,216 \text{ Cv} \quad (67)$$

Através da potência obtida e da tabela de dimensionamento da Shulz, pôde-se sugerir a utilização de uma motobomba Shulz, elétrica, centrífuga, do modelo SHX1P com 0,5 Cv de potência e com altura manométrica máxima de 19,6 m.

### 5.15 Dimensionamento da rede de distribuição

Para dimensionar uma rede de distribuição capaz de atender todas as demandas de utilização e exigências da NBR 5626 (ABNT, 1998), foram desenvolvidas as tabelas 19 e 20 que definem peso relativo (Pr), vazão (Q), diâmetro ( $\varnothing$ ), velocidade (v), perda de carga unitária (J), comprimento de tubulação (L), comprimento equivalente (Le), comprimento total (Lt), altura (H), perda de carga total (Hf), pressão a montante (Pm) e pressão a jusante (Pj) para todos os trechos e pontos de utilização da rede. Cabe destacar, que o edifício em estudo, possui um número total de dez banheiros e uma área de jardins equivalente a 64 m<sup>2</sup>, resultando assim em uma rede de distribuição composta por dez bacias sanitárias e uma torneira de jardim.

Tabela 19: Dimensionamento da rede de distribuição 1.

Desc.	N	T	Peças	Pr	Q (l/s)	Ø	V (m/s)	J (m/m)	L (m)	Le (m)	Lt (m)	H (m)	Hf (m)	Pm (mca)	Pj (mca)
Bar.	1	1	1-registro. gav. + 2-joe.90° + 1-T s.l.	1,80	0,402	32	0,500	0,0124	2,10	9,00	11,10	1,05	0,138	0,00	0,91
Bar.	1	2	2-joelho 90°	0,30	0,164	25	0,335	0,0084	7,00	3,00	10,00	0,00	0,084	0,91	0,83
Ap vs.	5	1	1-registro gav. + 1-joe. 90°	0,30	0,164	20	0,523	0,0242	2,60	1,40	4,00	2,60	0,097	0,83	3,33
Bar.	1	3	1-T saída lateral	1,50	0,367	32	0,457	0,0106	0,45	4,60	5,05	0,00	0,054	0,91	0,86
Bar.	1	4	1-joelho 90°	0,30	0,164	25	0,335	0,0084	5,90	1,50	7,40	0,00	0,062	0,86	0,80
Ap vs.	4	1	1-registro gav. + 1-joe. 90°	0,30	0,164	20	0,523	0,0242	2,60	1,40	4,00	2,60	0,097	0,80	3,30
Bar.	1	5	1-T saída lateral	1,20	0,329	32	0,409	0,0087	15,3	4,60	19,90	0,00	0,174	0,86	0,68
Bar.	1	6	1-joelho 90°	0,60	0,232	25	0,473	0,0154	5,90	1,50	7,40	0,00	0,114	0,68	0,57
Ap	3	1	1-T saída bilateral	0,60	0,232	20	0,740	0,0445	4,40	3,10	7,50	4,40	0,333	0,57	4,64
Ap vs.	3	1	1-registro gav. + 3-joe. 90°	0,30	0,164	20	0,523	0,0242	2,10	3,80	5,90	1,70	0,143	4,64	6,19
Ap vs.	3	2	1-registro gav. + 3-joe. 90°	0,30	0,164	20	0,523	0,0242	2,10	3,80	5,90	1,70	0,143	4,64	6,19
Bar.	1	7	1-T saída bilateral	0,60	0,232	32	0,289	0,0048	0,70	4,50	5,20	0,00	0,025	0,57	0,55
Bar.	1	8	1-joelho 90°	0,30	0,164	25	0,335	0,0084	1,10	1,50	2,60	0,00	0,022	0,55	0,52
Ap vs.	2	1	1-registro gav. + 1-joe. 90°	0,30	0,164	20	0,523	0,0242	2,60	1,40	4,00	2,60	0,097	0,52	3,03
Bar.	1	9	1-joelho 90°	0,30	0,164	25	0,335	0,0084	1,10	1,50	2,60	0,00	0,022	0,55	0,52
Ap vs.	1	1	1-registro gav. + 1-joe. 90°	0,30	0,164	20	0,523	0,0242	2,60	1,40	4,00	2,60	0,097	0,52	3,03

Fonte: O autor.

Tabela 20: Dimensionamento da rede de distribuição 2.

Desc.	N	T	Peças	Pr	Q (l/s)	Ø	V (m/s)	J (m/m)	L (m)	Le (m)	Lt (m)	H (m)	Hf (m)	Pm (mca)	Pj (mca)
Bar.	2	1	1-registro. gav. + 2-joe.90°+1-T s.l.	1,80	0,402	32	0,500	0,0124	2,15	9,00	11,15	1,05	0,139	0,00	0,91
Bar.	2	2	1-joelho 90°	0,30	0,164	25	0,335	0,0084	5,15	1,50	6,65	0,00	0,056	0,91	0,86
Ap vs.	6	1	1-registro gav. + 1-joe. 90°	0,30	0,164	20	0,523	0,0242	2,60	1,40	4,00	2,60	0,097	0,86	3,36
Bar.	2	3	1-T saída lateral	1,30	0,342	32	0,425	0,0094	2,25	4,60	6,85	0,00	0,064	0,91	0,85

(continuação)

Desc.	N	T	Peças	Pr	Q (l/s)	Ø	V (m/s)	J (m/m)	L (m)	Le (m)	Lt (m)	H (m)	Hf (m)	Pm (mca)	Pj (mca)
Bar.	2	4	1-joelho 90°	0,30	0,164	25	0,335	0,0084	5,90	1,50	7,40	0,00	0,062	0,85	0,78
Ap vs.	7	1	1-registro gav. + 1-joe. 90°	0,30	0,164	20	0,523	0,0242	2,60	1,40	4,00	2,60	0,097	0,78	3,29
Bar.	2	5	1-T saída lateral	1,20	0,329	32	0,409	0,0087	13,25	4,60	17,85	0,00	0,156	0,85	0,69
Bar.	2	6	1-joelho 90°	0,40	0,190	25	0,387	0,0108	6,25	1,50	7,75	0,00	0,084	0,69	0,61
Ap	8	1	1-joelho 90°	0,40	0,190	20	0,604	0,0312	6,70	1,20	7,90	6,70	0,246	0,61	7,06
Ap vs.	2	7	1-T saída bilateral	0,60	0,232	32	0,289	0,0048	2,75	4,50	7,25	0,00	0,035	0,69	0,66
Ap vs.	2	8	1-joelho 90°	0,30	0,164	25	0,335	0,0084	1,10	1,50	2,60	0,00	0,022	0,66	0,63
Bar.	9	1	1-registro gav. + 1-joe. 90°	0,30	0,164	20	0,523	0,0242	2,60	1,40	4,00	2,60	0,097	0,63	3,14
Bar.	2	9	1-joelho 90°	0,30	0,164	25	0,335	0,0084	1,10	1,50	2,60	0,00	0,022	0,66	0,63
Ap vs.	1 0	1	1-registro gav. + 1-joe. 90°	0,30	0,164	20	0,523	0,0242	2,60	1,40	4,00	2,60	0,097	0,63	3,14

Fonte: O autor.

### 5.16 Levantamento quantitativo e estimativa de custos

Após dimensionado o sistema e desenvolvido o projeto, tornou-se possível realizar o levantamento quantitativo de todas as peças e materiais que serão utilizados, o qual, por conseguinte, permitiu estimar o valor que será gasto apenas com materiais, caso o projeto venha ser executado.

Portanto as tabelas 21, 22, 23 e 24, apresentam, de maneira inteligível, o consumo de materiais e gastos financeiros que serão gerados na execução do setor de captação, do sistema de recalque, da rede de distribuição e na construção do reservatório inferior.

Tabela 21: Levantamento quantitativo e estimativa de custo (setor de captação).

Peças	Medida	Unid.	Qtd.	V. unit. R\$	Total R\$
Joelho 45°	150mm	u	1	36,57	36,57
Curva 90°	150mm	u	14	82,93	1.161,02
Luva de correr	150mm	u	6	31,26	187,56
Luva de correr simples	150mm	u	17	34,51	586,67
Junção simples	150mm x 100mm	u	1	65,33	65,33

(continuação)

<b>Peças</b>	<b>Medida</b>	<b>Unid.</b>	<b>Qtd.</b>	<b>V. unit. R\$</b>	<b>Total R\$</b>
Redução excêntrica	100mm x 50mm	u	1	3,02	3,02
Bucha de redução longa	50mm x 40mm	u	1	1,94	1,94
Condutor vertical/horizontal	150mm	m	70	18,19	1.273,30
Condutor vertical/horizontal	100mm	m	3	7,67	23,01
Ralo seco c/ grelha redonda	100mm x 40mm	u	1	4,11	4,11
Caixa de passagem (alvenaria)	(50x50x45) cm	u	3	290,41	871,23
Suporte para calha	200mm	u	28	2,70	75,60
Calha semicircular 3m	200mm	u	14	37,71	527,94
Filtro AquaSave Twin	150mm	u	1	4.650,00	4.650,00
Adesivo plástico incolor	175 g	u	3	14,05	42,15
				<b>Subtotal R\$</b>	<b>9.509,45</b>

Fonte: O autor.

Tabela 22: Levantamento quantitativo e estimativa de custo (sistema elevatório).

<b>Peças</b>	<b>Medida</b>	<b>Unid.</b>	<b>Qtd.</b>	<b>V. unit. R\$</b>	<b>Total R\$</b>
Joelho 90°	20mm	u	5	0,38	1,90
Joelho 90°	25mm	u	1	0,57	0,57
Tubo marrom água fria	20mm	m	25	1,86	46,50
Tubo marrom água fria	25mm	m	3	2,47	7,41
Registro de gaveta bruto	25mm	u	2	24,52	49,04
Registro de gaveta bruto	32mm	u	1	33,42	33,42
Adaptador c/ bolsa e rosca	25mm x 3/4"	u	4	0,80	3,20
Adaptador c/ bolsa e rosca	32mm x 1"	u	2	1,58	3,16
Adaptador p/ caixa d'água	20mm	u	1	10,80	10,80
Válvula de retenção	25mm	u	1	36,90	36,90
Bomba elétrica centrífuga	0,5 Cv	u	1	448,00	448,00
Adesivo plástico incolor	175 g	u	1	14,05	14,05
				<b>Subtotal R\$</b>	<b>654,95</b>

Fonte: O autor.

Tabela 23: Levantamento quantitativo e estimativa de custo (rede de distribuição).

<b>Peças</b>	<b>Medida</b>	<b>Unid.</b>	<b>Qtd.</b>	<b>V. unit. R\$</b>	<b>Total R\$</b>
Joelho 90°	20mm	u	3	0,38	1,14
Joelho 90°	25mm	u	1	0,57	0,57
Joelho 90°	32mm	u	4	1,47	5,88
Joelho de redução 90°	25mm x 20mm	u	10	2,20	22,00
Joelho 90° c/ bucha de latão	20mm x 1/2"	u	11	4,35	47,85
T de redução	32mm x 25mm	u	8	4,40	35,20
Tubo marrom água fria	20mm	m	60	1,86	111,60
Tubo marrom água fria	25mm	m	45	2,47	111,15
Tubo marrom água fria	32mm	m	45	5,30	238,50
Registro de gaveta cromado	20mm	u	11	37,90	416,90
Registro de gaveta bruto	25mm	u	3	34,30	102,90
Registro de gaveta bruto	40	u	3	42,19	126,57
Adaptador c/ bolsa e rosca	40mm x 1,1/4"	u	6	2,85	17,10
Adaptador c/ bolsa e rosca	32mm x 1"	u	6	1,58	9,48
Adaptador p/ caixa d'água	32mm	u	2	15,97	31,94
Adaptador p/ caixa d'água	20mm	u	2	10,80	21,60
Caixa d'água (polietileno)	2000 l	u	1	757,40	757,40
Adesivo plástico incolor	175 g	u	3	14,05	42,15
				<b>Subtotal R\$</b>	<b>2.099,93</b>

Fonte: O autor.

Tabela 24: Levantamento quantitativo e estimativa de custo (reservatório).

<b>Descrição</b>	<b>Unid.</b>	<b>Qtd.</b>	<b>V. unit. R\$</b>	<b>Total R\$</b>	
Escav. mecanizada em solo de 1° cat.	m <sup>3</sup>	145	59,45	8620,25	
Apiloamento de fundo com soquete	m <sup>2</sup>	40	15,69	627,60	
Lastro de concreto magro com e = 8 cm	m <sup>3</sup>	3,2	412,31	1.319,39	
Armadura de aço CA-50 Ø ≥ 12,5mm	kg	1400	7,33	10.262,00	
Forma e desforma de madeira de pilho	m <sup>2</sup>	169	70,37	11.892,53	
Fornecimento e lançamento de concreto, fck ≤ 20	m <sup>3</sup>	17,5	337,64	5.908,70	
Impermeabilização por cristalização	m <sup>2</sup>	96	21,04	2.019,84	
Reaterro manual das valas + (empolamento)	m <sup>3</sup>	42,2	46,38	1.957,24	
Tampa de metálica para o reservatório	u	2	168,99	337,98	
				<b>Subtotal R\$</b>	<b>42.945,53</b>

Fonte: O autor.

Utilizando o valor de subtotal apresentado nas tabelas 21,22, 23 e 24, desenvolveu-se a tabela 25, que estima valor total que será gasto com materiais, caso o projeto do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva venha ser executado.

Tabela 25: Estimativa de custo total do sistema.

<b>Descrição</b>	<b>Valor R\$</b>
Setor de captação	9.509,45
Sistema elevatório	654,95
Rede de distribuição	2.099,93
Reservatório inferior (concreto armado)	42.945,43
<b>Subtotal R\$</b>	<b>55.209,76</b>

Fonte: O autor.

Logo, conforme os valores apresentados na tabela 23 estima-se que para a execução do projeto de aproveitamento de água da chuva para o edifício em estudo, deverão ser investidos aproximadamente R\$ 55.209,76 (cinquenta e cinco mil duzentos e nove reais e setenta e seis centavos).

## 6 CONCLUSÃO

Diante do cenário ambiental desfavorecido e imprevisível que o planeta se encontra, torna-se de grande importância a utilização de recursos sustentáveis capazes de reduzir os impactos que o homem pode causar ao ambiente e que o ambiente pode causar ao homem. Os sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva são exemplos significativos desses recursos, pois são aptos a atuar de maneira colaborativa ao homem e ao ambiente, reduzindo inundações em regiões que apresentam déficits nos sistemas de drenagem urbana, fornecendo água de forma mais contínua em regiões que se encontram em crises hídricas ou que possuam menores fornecimentos de água potável e, sobretudo, contribuindo consideravelmente para a preservação de rios e lagos, devido à redução do consumo de água potável que se obtém ao utilizar estes sistemas.

Em vista desse quadro, o presente Trabalho de Conclusão de Curso, apresentou o projeto completo e o custo aproximado de um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva para o edifício comercial da empresa Veículos Cruzeiro Comércio LTDA que, ao ser implantado, tornará o edifício mais sustentável, reduzindo o consumo de água fluvial e, conseqüentemente, colaborando com a saúde do meio ambiente.

No decorrer do trabalho foram desenvolvidos estudos hidrológicos essenciais para a realização de cálculos preliminares que, apontaram para o município de Varginha/MG, uma intensidade de precipitação equivalente a 164,5 mm/h e definiram que a cobertura do edifício em estudo possui uma área de contribuição de 528,8 m<sup>2</sup>, capaz de gerar uma vazão de projeto de 1449,8 litros de água a cada minuto. Além disso, a partir dos valores estimados de consumo de água potável e não potável, denota-se que, para o edifício em estudo, mais de 70% do volume de água potável gasto atualmente pode ser economizado fornecendo água da chuva nos pontos de utilização que não necessitam de água potável, indicando resultados promissores, no que se refere à implantação do sistema no edifício. Vale ressaltar que o fato de o edifício apresentar demanda de água potável menor do que demanda de água não potável ocorre em razão de este ser utilizado para fins comerciais, encontrando-se isento de gastos gerados por chuveiros, lavagem de roupas, cozimento de alimentos e até mesmo por lavagem de maiores volumes de louças.

Posteriormente, a partir da vazão de projeto encontrada, gerada pela área de contribuição, puderam-se dimensionar todas as calhas e condutores que compõem o projeto e, seguidamente, utilizando a área de captação existente e os índices de precipitação média

mensal, dimensionou-se um reservatório inferior com capacidade para armazenar um volume de 60 m<sup>3</sup> de água pluvial e determinou-se que a cobertura em estudo junto aos índices pluviométricos da região, são plenamente capazes de captar água suficiente para suprir as demandas de água não potável geradas pela utilização do edifício. Na sequência, dimensionou-se o sistema elevatório e, por fim, toda a rede de distribuição de água não potável que o edifício deverá portar.

Após o dimensionamento do sistema e elaboração do projeto, desenvolveu-se o levantamento quantitativo de todos os materiais que deverão ser utilizados em sua execução e, por meio deste, pôde-se estimar que para a execução do mesmo a empresa precisará investir um valor aproximado de R\$ 55.209,76 (cinquenta e cinco mil, duzentos e nove reais e setenta e seis centavos).

Por todo o exposto, conclui-se que o edifício comercial da empresa Veículos Cruzeiro Comércio LTDA está totalmente apto a receber um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, pois, ao utilizar o sistema, muitos litros de água potável poderão ser economizados e, conseqüentemente, o edifício se tornará mais colaborativo com o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

ANNECCHINI, Karla Ponzio Vaccari. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - Es, 2005.

ANVISA. **Norma de qualidade da água para consumo humano**. 2000. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/portarias/1469\\_00.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/portarias/1469_00.htm)>. Acesso em: 25 mar. 2017.

Aquesol. **Filtros**. [201-]. Disponível em: <[http://www.aquesol.com/editor/Image/filtro\\_VF1.png](http://www.aquesol.com/editor/Image/filtro_VF1.png)>. Acesso em: 26 mar. 2017.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992b.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14799**: Reservatório com corpo em polietileno, com tampa em polietileno ou em polipropileno, para água potável, de volume nominal até 2.000 L. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

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, 2007.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5688**: Tubos e conexões de PVC-U para sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da Água da chuva em Edificações**. 2006. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **SINAPI**. Disponível em: <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/PageNotFoundError.aspx?requestUrl=http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-mg/SINAPI\\_ref\\_Insumos\\_Composicoes\\_MG\\_072017\\_NaoDesonerado](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/PageNotFoundError.aspx?requestUrl=http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-mg/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MG_072017_NaoDesonerado)>. Acesso em: 22 set. 2017.

COPASA. **Tratamento da Água**. [201-]. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/agua-de-qualidade/tratamento-da-agua>>. Acesso em: 11 abr. 2017.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 423 p.

EXPLORAR AS CIÊNCIAS. **Importância da água para os seres vivos**. [ca.2015]. Disponível em: <<http://explorarasciencias.yolasite.com/5%C2%BA-ano-cn-%C3%A1gua.php>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

FIESP et al. **Conservação e Reúso da água em Edificações**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

FRIBURGO FILTROS. **Biblioteca**. [201-]. Disponível em: <<http://www.friburgofiltros.com.br/index.html>>. Acesso em: 19 maio 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Minas Gerais**: Varginha. 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=317070&search=||infoгр%Е1ficos:-informa%Е7%F5es-completas>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Dados Meteorológicos**. 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 22 mar. 2017.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & Águas**. 3. ed. Belo Horizonte: Jorge Macêdo, 2007. 1048 p.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos (Ed.). **Reuso de Água: 1** A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. Barueri, Sp: Manuele, 2003.

MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. **Consulta à Planilha Preço SETOP - Região Sul**. Disponível em: <<http://www.transportes.mg.gov.br/component/gmg/page/2244-consulta-a-planilha-preco-setop-regiao-sul>>. Acesso em: 13 set. 2017.

NETTTO, Azevedo et al. **MANUAL DE HIDRÁULICA**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1998. 669 p.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; CARDOSO, Cleverson Gomes. **Índices de desperdício de água em edifícios residenciais multifamiliares de Goiânia**. 2002. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002\\_1887\\_1896.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1887_1896.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2017.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; GONÇALVES, Orestes Marraccini. **METODOLOGIA PARA A IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMA DE USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFÍCIOS**. 1999. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <[http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/08/PUERHE\\_Água-BT\\_Oliveira.pdf](http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/08/PUERHE_Água-BT_Oliveira.pdf)>. Acesso em: 14 abr. 2017.

RODRIGUES, José Carlos Moreira Resende. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis:** Capítulo 01 - Conceito de aproveitamento de água de chuva. [s.l]: Plínio Tomaz, 2011a. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_agua\\_dechuva/Capitulo\\_01.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._agua_dechuva/Capitulo_01.pdf)>. Acesso em: 21 mar. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis:** Capítulo 02 - Qualidade da água de chuva. [s.l]: Plínio Tomaz, 2009a. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo\\_02.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo_02.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis:** Capítulo 03 - Previsão de consumo de água não potável. [s.l]: Plínio Tomaz, 2009b. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo\\_03.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo_03.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis:** Capítulo 05 - Coeficiente de runoff. [s.l]: Plínio Tomaz, 2009c. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo\\_05.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo_05.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis:** Capítulo 06 - Dispositivos usados em reservatórios. [s.l]: Plínio Tomaz, 2010a. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo06.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo06.pdf)>. Acesso em: 26 mar. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis:** Capítulo 09 - Método de Rippl. [s.l]: Plínio Tomaz, 2011b. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo09.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo09.pdf)>. Acesso em: 07 abr. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis:** Capítulo 19 - First flush. [s.l]: Plínio Tomaz, 2010b. Disponível em: <[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro\\_aprov.\\_aguadechuva/Capitulo19.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo19.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2017.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais:** Capítulo 03 - Período de retorno. [s.l]: Plínio Tomaz, 2015. Disponível em:  
<[http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos\\_livros/livro\\_calculoshidrolicos/Capitulo\\_03-Periodo de Retorno.pdf](http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_calculoshidrolicos/Capitulo_03-Periodo_de_Retorno.pdf) >. Acesso em: 08 abr. 2017.

Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Manual.** (1997). Disponível em:  
<<http://arquivo.ufv.br/ctq/terraço/Menu2.html>>. Acesso em: 19 abr. 2017.

VASCONCELOS, Ivana Prado de. **Projeto de instalações hidráulicas e sanitárias:** Instalações prediais de águas pluviais. 06 fev. 2017, 07 jul. 2017. 32 p. Notas de Aula. No prelo.

**ANEXO A - Projeto arquitetônico do edifício**

**ANEXO B - Fatura de água fornecida pela COPASA**

## **Apêndice A - Projeto hidráulico**

**Apêndice B - Memorial descritivo e de cálculo**