

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**  
**VITÓRIO LUIZ ODELLI MEZZON**

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO PROJETUAL DE UM SISTEMA DE  
CAPTAÇÃO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA  
ESCOLA MUNICIPAL DE CAFELÂNDIA - PR**

**CASCATEL - PR**

**2020**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ**  
**VITÓRIO LUIZ ODELLI MEZZON**

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO PROJETUAL DE UM SISTEMA DE  
CAPTAÇÃO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA  
ESCOLA MUNICIPAL DE CAFELÂNDIA – PR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professor Orientador: Mestre Engenheiro Civil  
Rodrigo Techio Bressan**

**CASCADEL –PR**

**2020**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG**

**VITÓRIO LUIZ ODELLI MEZZON**

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO PROJETUAL DE UM SISTEMA DE  
CAPTAÇÃO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA  
ESCOLA MUNICIPAL DE CAFELÂNDIA – PR**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor **Mestre Engenheiro Civil RODRIGO TECHIO BRESSAN**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador Professor **Mestre RODRIGO TECHIO BRESSAN**  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Esp. Engenheiro Civil

---

Professor **Especialista NELSON MÜLLER JÚNIOR**  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Esp. Engenheiro Civil

---

Professora Mestre **RENATHIELLY FERNANDA DA SILVA**  
Centro Universitário Assis Gurgacz  
Esp. Engenheiro Civil

**CASCABEL - PR  
2020**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais e familiares que me apoiaram na realização dessa conquista, pelo amor infinito e compreensão.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por me proporcionar a vida, saúde, proteção. Sem ele nada seria possível.

Ao meus pais, que me educaram, incentivaram, oraram e me deram suporte para a realização do curso.

Ao orientador Rodrigo Techio Bressan, por ter me orientado durante a realização desse trabalho.

À coordenadora da Escola Municipal Theofânio Agapito Maltezo, que sempre me recebeu e me autorizou a realizar este trabalho.

E finalmente gostaria de agradecer a todos os que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

## **EPÍGRAFE**

“Nenhuma Engenharia constrói caráter, mas com caráter se faz os melhores engenheiros.”

Jordan Lucas.

## RESUMO

A utilização de água da chuva não é uma prática recente. Com a falta de água e a crescente busca por práticas sustentáveis em todas as atividades humanas, seu aproveitamento tem se tornado uma forte tendência em edificações. A água captada pode ser utilizada para fins não potáveis, dessa forma, preservando aquelas que são tratadas para fins mais nobres, reduzindo o tempo do ciclo da água, além do risco de enchentes. Assim, verifica-se a necessidade de uma solução para o aproveitamento pluvial utilizando estruturas de fácil instalação para serem utilizadas em edificações habitacionais para populações de baixa renda. O objetivo foi estudar a viabilidade técnica quanto à implantação de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma escola municipal de Cafelândia – PR. A pesquisa é qualitativa, através da revisão bibliográfica e coleta de dados referente à quantidade de chuva na região em estudo. Foi feita a descrição da edificação, o dimensionamento da área do telhado e o dimensionamento do reservatório para armazenar a água pluvial captada em uma cisterna, além do dimensionamento da tubulação para distribuição da água de acordo com ABNT NBR 10844/1989 e metodologia descrita por Azevedo Netto (1998). O consumo obtido foi de 27,53 m<sup>3</sup>/mês para uso não potável. O índice pluviométrico da região foi de 196,39 mm/h. Pela verificação das condições de necessidade, dimensionou-se uma bomba CB – 92 com potência de 1 CV, com vazão de 6,7 m<sup>3</sup>/h e altura manométrica de 10 m.c.a, sendo possível então dimensionar a distribuição de água não potável a fim de economizar o consumo de água da escola municipal.

**Palavras-chave:** Águas pluviais, Reservatório, Limpeza de calçadas e utilização em sanitários.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 01:</b> Esquema de funcionamento de sistema e aproveitamento de água de chuva em residência ..... | 23 |
| <b>Figura 02:</b> Área de captação, à esquerda telhado e à direita laje.....                                | 23 |
| <b>Figura 03:</b> Calha, condutor vertical e grade .....                                                    | 24 |
| <b>Figura 04:</b> Mapa com localização.....                                                                 | 28 |
| <b>Figura 05:</b> Ábaco do diâmetro interno do condutor vertical .....                                      | 33 |
| <b>Figura 06:</b> Capacidade dos condutores horizontais de seção circular .....                             | 34 |
| <b>Figura 07:</b> Catálogo de motobombas centrífugas Schneider .....                                        | 48 |
| <b>Figura 08:</b> Projeto de instalação .....                                                               | 50 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 01:</b> vantagens e desvantagens .....                               | 26 |
| <b>Tabela 02:</b> Tabela para levantamento de dados da escola .....            | 28 |
| <b>Tabela 03:</b> Coeficiente de rugosidade $n$ de Manning .....               | 32 |
| <b>Tabela 04:</b> Média das alturas mensais de precipitação Rio do Salto ..... | 42 |
| <b>Tabela 05:</b> Cálculo área de cobertura .....                              | 43 |
| <b>Tabela 06:</b> Vazão calha.....                                             | 44 |
| <b>Tabela 07:</b> Perda de carga manométrica .....                             | 46 |
| <b>Tabela 08:</b> Comprimento equivalente das peças sucção.....                | 46 |
| <b>Tabela 09:</b> Perda de carga sucção .....                                  | 47 |
| <b>Tabela 10:</b> Comprimento equivalente das peças recalque .....             | 47 |
| <b>Tabela 11:</b> Perda de carga manométrica .....                             | 48 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Equação 01:</b> Consumo de água das bacias sanitárias .....                | 29 |
| <b>Equação 02:</b> Consumo de água na lavagem das calçadas.....               | 29 |
| <b>Equação 03:</b> Intensidade média de precipitação local .....              | 30 |
| <b>Equação 04:</b> Área de cobertura inclinada da escola .....                | 31 |
| <b>Equação 05:</b> Vazão de projeto na calha.....                             | 31 |
| <b>Equação 06:</b> Vazão máxima permitida, fórmula de Manning-Strickler ..... | 31 |
| <b>Equação 07:</b> Raio hidráulico.....                                       | 32 |
| <b>Equação 08:</b> Volume de chuva, Método Azevedo Neto.....                  | 35 |
| <b>Equação 09:</b> Fração mensal, Método Azevedo Neto.....                    | 36 |
| <b>Equação 10:</b> Cálculo da vazão Manning-Strickeler .....                  | 36 |
| <b>Equação 11:</b> Cálculo do raio hidráulico .....                           | 36 |
| <b>Equação 12:</b> Intensidade média de precipitação.....                     | 37 |
| <b>Equação 13:</b> Velocidade calha.....                                      | 37 |
| <b>Equação 14:</b> Vazão calha.....                                           | 37 |
| <b>Equação 15:</b> Vazão reservatório elevado .....                           | 37 |
| <b>Equação 16:</b> Perda de carga Hazen-willians .....                        | 38 |
| <b>Equação 17:</b> Perda de carga ao longo da tubulação .....                 | 38 |
| <b>Equação 18:</b> Perda de carga com as conexões .....                       | 38 |
| <b>Equação 19:</b> Somatória perda de carga .....                             | 38 |
| <b>Equação 20:</b> Altura manométrica .....                                   | 39 |
| <b>Equação 21:</b> Diâmetro de recalque .....                                 | 39 |
| <b>Equação 22:</b> Potência bomba .....                                       | 40 |

## SUMÁRIO

|                                                                                         |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1.....</b>                                                                  | <b>14</b> |
| 1.1 INTRODUÇÃO.....                                                                     | 14        |
| 1.2 OBJETIVOS.....                                                                      | 15        |
| 1.2.1 Objetivo geral.....                                                               | 15        |
| 1.2.2 Objetivos específicos.....                                                        | 15        |
| 1.3 JUSTIFICATIVA.....                                                                  | 15        |
| 1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....                                                         | 16        |
| 1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE.....                                                         | 16        |
| 1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....                                                        | 16        |
| <b>CAPÍTULO 2.....</b>                                                                  | <b>18</b> |
| 2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                                                          | 18        |
| 2.1.1 Importâncias do Aproveitamento de Água Pluvial no Brasil .....                    | 18        |
| 2.1.2 A Importância da água para o ser humano.....                                      | 19        |
| 2.1.3 História do aproveitamento de água pluvial .....                                  | 19        |
| 2.1.4 Ciclo da água.....                                                                | 20        |
| 2.1.5 Deterioração dos recursos hídricos.....                                           | 20        |
| 2.1.6 Países que investem no aproveitamento de água pluvial.....                        | 21        |
| 2.1.7 Água no Brasil.....                                                               | 22        |
| 2.1.8 Funcionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva em residências.....   | 22        |
| 2.1.9 Área de captação.....                                                             | 23        |
| 2.1.9.1 Calhas e condutores.....                                                        | 23        |
| 2.1.9.2 Peneiras ou grades.....                                                         | 24        |
| 2.1.9.3 Reservatórios.....                                                              | 24        |
| 2.1.9.4 Bomba de recalque.....                                                          | 25        |
| 2.1.9.5 Vantagens e desvantagens de um sistema de aproveitamento de água pluvial.....   | 25        |
| <b>CAPÍTULO 3.....</b>                                                                  | <b>27</b> |
| 3.1 METODOLOGIA.....                                                                    | 27        |
| 3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa.....                                           | 27        |
| 3.1.2 Caracterização da amostra.....                                                    | 27        |
| 3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados.....                            | 28        |
| 3.1.4 Levantamento da demanda de água utilizada na limpeza e nas bacias sanitárias..... | 29        |
| 3.1.5 Definição das médias pluviométricas.....                                          | 30        |

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.5.1 Definição da intensidade média de precipitação local.....  | 30        |
| 3.1.5.2 Definição da área de captação de água.....                 | 31        |
| 3.1.5.3 Dimensionamento das calhas.....                            | 31        |
| 3.1.5.4 Dimensionamento dos condutores verticais.....              | 33        |
| 3.1.5.5 Dimensionamento dos condutores horizontais.....            | 34        |
| 3.1.5.6 Dimensionamento de reservatórios de água pluvial.....      | 35        |
| 3.1.5.7 Método Azevedo Neto.....                                   | 35        |
| 3.1.5.8 Dimensionamento da bomba de recalque.....                  | 36        |
| 3.1.5.9 Cálculo da vazão.....                                      | 36        |
| 3.1.6 Cálculo da vazão do reservatório elevado.....                | 37        |
| 3.1.6.1 Cálculo da altura manométrica .....                        | 38        |
| 3.1.6.2 Dimensionamento do reservatório elevado.....               | 39        |
| 3.1.6.3 Dimensionamento da tubulação de água pluvial.....          | 39        |
| 3.1.6.4 Potência da bomba.....                                     | 40        |
| <b>CAPÍTULO 4.....</b>                                             | <b>41</b> |
| 4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....                                   | 41        |
| 4.1.1 Cálculo da demanda.....                                      | 41        |
| 4.1.2 Consumo dos banheiros.....                                   | 41        |
| 4.1.3 Consumo para limpeza das calçadas e banheiros.....           | 41        |
| 4.1.4 Determinação das médias pluviométricas.....                  | 42        |
| 4.1.5 Determinação da Intensidade Média de Precipitação Local..... | 42        |
| 4.1.6 Determinação da área de captação de água.....                | 43        |
| 4.1.7 Dimensionamento das calhas.....                              | 43        |
| 4.1.8 Dimensionamento dos condutores verticais.....                | 44        |
| 4.1.9 Dimensionamento dos condutores horizontais.....              | 44        |
| 4.1.9.1 Dimensionamento do reservatório.....                       | 45        |
| 4.1.9.2 Dimensionamento do reservatório elevado.....               | 45        |
| 4.1.9.3 Dimensionamento da bomba de recalque.....                  | 45        |
| 4.1.9.4 Cálculo da vazão do reservatório elevado.....              | 45        |
| 4.1.9.5 Sucção.....                                                | 46        |
| 4.1.9.6 Cálculo da altura manométrica.....                         | 46        |
| 4.1.9.7 Recalque.....                                              | 47        |
| 4.1.9.8 Potência da bomba.....                                     | 48        |
| 4.1.9.9 Projeto de instalação.....                                 | 49        |

|                                           |           |
|-------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO 5.....</b>                    | <b>51</b> |
| 5.1 CONCLUSÃO.....                        | 51        |
| <b>CAPÍTULO 6.....</b>                    | <b>53</b> |
| 6.1 Sugestões para trabalhos futuros..... | 53        |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                   | <b>54</b> |
| <b>APÊNDICE A.....</b>                    | <b>58</b> |
| <b>APÊNDICE B.....</b>                    | <b>59</b> |
| <b>APÊNDICE C.....</b>                    | <b>60</b> |

## **CAPÍTULO 1**

### **1.1 INTRODUÇÃO**

A água potável encontrada na natureza é um dos recursos mais essenciais para o crescimento e multiplicação dos organismos vivos que habitam o planeta terra. A disseminação de informações referentes ao risco de escassez de água tem aumentado a conscientização da população com relação à utilização desse recurso (MAY, 2004).

No entanto, o consumo de água de modo insustentável, somado à escassez de recursos financeiros nas construções hídricas, tem se intensificado na última década, o que gera preocupação no que diz respeito ao consumo e a destinação deste recurso essencial. Estudos realizados por diversos órgãos nacionais e internacionais sinalizam que esta limitação tem forte relação com a ausência de gestão dos recursos hídricos, intensificada pela utilização de métodos de irrigação inadequados (UNESCO, 2003).

O aumento da população mundial de forma desordenada, e consequentemente na demanda por água potável, faz o homem buscar alternativas para suprir suas necessidades.

Além das mudanças na forma de consumo, com a conscientização da população e incentivo ao uso sustentável da água, devem ser implementadas novas tecnologias que possibilitem resguardar a água potável para fins mais nobres, como cozinhar alimentos, realização de higiene e para consumo, deixando a água não potável para fins menos nobres, como descarga em bacias sanitárias, rega de jardins, lavagem da casa e calçadas.

Como área de elevada transcendência no aprimoramento da sociedade, é importante a criação de alternativas para o reuso de água da chuva, buscando o aumento do seu ciclo, através do uso de novas tecnologias (ANNECCHINI, 2005).

Diariamente, grandes quantidades de água potável são utilizadas para descarga em bacias sanitárias, lavagem das casas e calçadas, sendo que poderia ser utilizada para preparo de alimentos ou consumo.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Estudar a viabilidade técnica quanto à implantação de um sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma escola municipal de Cafelândia – PR.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Dimensionar um sistema de captação de água da chuva para atender o consumo na escola municipal pelo método da ABNT NBR 10844/1989 e metodologia descrita por Azevedo Netto (1998);
- Desenvolver um projeto de sistema de captação para aproveitamento de água pluvial;
- Apresentar o projeto da instalação elevatória do projeto de captação de água pluvial.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

A água é um elemento restringido e primordial. No entanto, a maior parte da superfície planetária seja constituída por água, somente uma remota fração dessa água apresenta-se em aspectos ideais e regiões de possível captação. Visando que a água é um recurso natural restringido e fundamental para a vida, questões sobre a proteção e preservação dos recursos hídricos vêm sendo cada vez mais destacadas.

Uma possibilidade para solução desse impasse é a coleta de água pluvial. O aproveitamento de água traz grandes vantagens, proporciona a redução da demanda das águas de superfície e subterrâneas, além de contribuir com a proteção do meio ambiente. A acomodação irregular pelas inúmeras áreas do globo, faz com que ocorra escassez de água potável em múltiplos países. Com isso, esse subterfúgio tem sido elemento de debates e inquietação, desde líderes políticos até a população em geral (LIU et al., 2015; SHAREAMERICA, 2016).

De acordo com o detalhamento arquitetônico, podem ser utilizados materiais em PVC rígido, cobre, chapa galvanizada, fiberglass e concreto que empregam-se calhas em telhados (MACINTYRE, 2013).

Segundo Scherer (2003), as edificações escolares é uma fonte elementar para a instalação projetual de sistemas prediais de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, pois casualmente possuem grandes áreas de coberturas. Sendo importante uma pesquisa da relevância de água potável, para então esclarecer a relação de benefício na implantação desses sistemas.

#### 1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Considera-se que a água é um recurso indispensável para a sobrevivência de todos os seres vivos no planeta Terra. Sua crescente demanda tem sido provocada pelo crescimento das cidades e pelo desenvolvimento dos setores industrial, agrícola e urbano. Dessa forma, pelo seu quadro de escassez, o consumo da água doce tem sido praticado de maneira inconsciente, contribuindo para a falta de água em várias regiões do planeta.

#### 1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Diariamente, grandes quantidades de água potável são utilizadas para descarga em bacias sanitárias e lavagem de calçadas, sendo que poderia ser utilizada para o preparo de alimentos e higiene. Com a utilização deste sistema, a água potável pode ser utilizada apenas para fins nobres e a água da chuva para fins não potáveis, assim, reduzindo o tempo do ciclo da água.

#### 1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com o assunto do empasse, disserta um estudo qualitativo, pois demonstra nos dados e interpretação das regras e conhecimento das pesquisas atuais nos periódicos que retratam o tema, não havendo como foco o uso de métodos e técnicas estatísticas. Gerando uma pesquisa prática, pois busca gerar elementos de uso prático, acarretando ao aproveitamento sustentável das águas de origem pluvial,

De acordo com Godoy (1995), nos dados qualitativa os fenômenos que devem ser compreendidos no contexto em que ocorrem e suas análises devem privilegiar uma perspectiva integrada entre o objeto e o pesquisador. Deve-se capturar o fenômeno considerando todos os pontos relevantes e os tipos de dados coletados e analisados.

Os dados qualitativos são um método associado ao tema que engloba o Cientista com a realidade. O intelectual é um membro do assunto de sua tese e utiliza técnicas científicas específicas (DENZIN e LINCOLN, 1994, apud. BIROCHI, 2015).

A consulta foi desenvolvida na Escola Municipal Theofânio Agapito Maltezo na cidade de Cafelandia Paraná. A recolha de dados ligados ao consumo de água na escola resultou por meio de considerações das faturas posteriores, em conjunto com elementos de utilização da água no local. Os índices pluviométricos para a pesquisa foram considerados a partir de uma série de aferições pluviométricas citadas no site do Instituto das Águas do Paraná.

## CAPÍTULO 2

### 2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1.1 Importâncias do Aproveitamento de Água Pluvial no Brasil

O conhecimento sobre aproveitamento de água pluvial vem sendo concretizado no Brasil. No nordeste brasileiro perto de 20 anos atrás, os ensaios de aproveitamento de água pluvial vêm sendo concretizado no Brasil

No nordeste brasileiro e uma amostra onde a carência de água nos reservatórios naturais como lagoas e rios, são repentinos na região, e a salinidade das águas subterrâneas são começo que levam a parte da população nordestina a prevalecer-se da água de chuva para suprir as necessidades de uso domésticos e das atividades na agricultura. O clima semiárido brasileiro foi pioneiro na parte da arte de captação de águas pluviais.

Existem diversos ensaios de tecnologia de sucesso de captação e manejo de água de chuva para o uso do humano, para produção de alimentos, criação de animais, na sua maioria, desenvolvidas por agricultores familiares, as quais podem ser multiplicadas e que serão descritos após a pesquisa.

Hoje em dia, já existe no país a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva, que é responsável por anunciar os estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto (ABCMAC,2010).

No Brasil foram construídas nos últimos três anos, mais de 100 mil cisternas para armazenar cerca de 1,5 bilhões de litros de água na região do semiárido brasileiro (MONTIOIA, 2010).

Na cidade de Blumenau, localizada no estado de Santa Catarina, acolheu-se o sistema de aproveitamento de água pluvial em um hotel com 569,50m<sup>2</sup> (metros quadrados) de área de cobertura (área de captação), onde estimou-se um volume de água de 16.000 litros a ser utilizado em consumo não potável (BELLA CALHA, 2010).

### 2.1.2 A importância da água para o ser humano

A água é um recurso indispensável na sobrevivência dos seres vivos, meio natural, essencial que está relacionada em todos os aspectos da civilização humana, desde o progresso agrícola aos valores culturais e religiosos (GOMES 2011).

Sendo de extrema importância não só para o consumo, pois, na antiguidade os gregos a consideravam um dos elementos fundamentais da matéria. Segundo Aristóteles, o mesmo, acreditava que água fosse um dos quatro elementos fundamentais. O conceito durou mais de 2000 anos, somente no século XVIII é que experiências comprovam que a água era um composto formado de hidrogênio e oxigênio (QMCWED 2004).

Segundo Arrakis (2004), a vida é baseada no comportamento anormal da água, que nada mais é, que uma molécula suspeita e clara. Contudo, é considerado o líquido da vida, a mesma é encontrada nos três estados físicos, retrata 65 a 95% de massa da maior parte das proporções vivas, sendo o elemento mais abundante da ecossfera.

### 2.1.3 História do aproveitamento de água pluvial

Conforme Gnadlinger (2000), no planalto de Loess, na China, existe estruturas para o armazenamento de água da chuva como: tanque e reservatório, já no deserto de Negev, atualmente extensão de Israel e Jordânia, nesse século, a água era feita por um sistema de manuseamento. O mesmo aponta que o procedimento do aproveitamento de água foi mais empregadas em regiões áridas e semiáridas, onde acontece maior utilização e propagação do manejo devido ao caso de as chuvas ocorrerem em poucos meses do ano.

O desenvolvimento prático de manuseio do sistema de aproveitamento de água pluvial estabeleceu em culturas do Oriente, Oriente Médio, Europa, e da América Latina, pelos Incas, Maias e Astecas (GOLÇALVES, 2006).

No sul de Oaxaca, México, no século X, a irrigação da agricultura era baseada na coleta de água pluvial, a mesma era armazenada em reservatórios como cisternas com capacidade de armazenamento de vinte e quarenta e cinco metros cúbicos, chamadas pelos Maias de Chultuns (GNADLINGER, 2000).

Os reservatórios como cisternas de Chultuns eram escavadas em subsolo calcário, seu interior era revestido em reboco impermeável, sobre elas havia a área de captação de água, de cem a duzentos metros quadrados (ANNECCHINI, 2005).

Contudo, com a evolução de novos modelos de abastecimento público, a prática do aproveitamento de água perdeu a força, e foi sendo substituída e rejeitada pela população (GOLNÇAVES, 2006).

Conforme Anecchini (2005), as construções de barragens, implantações de sistemas de abastecimento, irrigação canalizada e o desenvolvimento de técnicas de aproveitamento de água subterrânea, foram os motivos que contribuíram para decadência da utilização de técnicas tradicionais de captação de água pluvial.

O desenvolvimento do sistema de aproveitamento de água pluvial no Brasil não acompanhou o crescimento do país, como ocorreu em outros países. Com a grande oferta do recurso hídrico encontrado no mesmo, prejudicou o desenvolvimento do sistema de captação (GONÇALVES, 2006).

#### 2.1.4 Ciclo da água

A movimentação de água em um ciclo hidrológico refere-se de maneira em que a água cai das nuvens até o solo em formato de chuva, neve, granizo ou até mesmo em pequenas proporções formando-se orvalho, o processo é chamado de precipitação.

A água ao deslocar-se das nuvens, antes mesmo do contato com o solo, passa por um pequeno processo de evaporação em contato com o ar, em seguida chocando-se com a superfície do solo, parte da mesma irá para rios, lagos, oceanos, e uma quantidade da água penetra ao solo chegando até os reservatórios subterrâneos. Por meio da energia gerada do sol, acontece a evaporação das águas dos oceanos e dos continentes, gerando nuvens que após ser carregadas novamente, ocorre a precipitação devidamente ocasionando o ciclo (CHIRATTO, 2004).

#### 2.1.5 Deterioração dos recursos hídricos

As reservas hídricas de boa característica são encontradas em rios, lagos, lençóis freáticos e em outros lugares que, chegados em oceanos e mares, são rapidamente menores. Por tanto, é possível observar nos dias de hoje que diversas ações do ser humano, consequentemente polui essas reservas de maneira evidente, quando agrupadas ao uso irracional que prejudica o desperdício, portanto, podem contribuir ainda mais para a decomposição do meio ambiente e para a falta da água (REBOUÇAS, 2002).

A poluição e a água compõem uma combinação impulsiva que ameaça a saúde pública. De acordo com a ONU, o avanço da combinação é de 5,3 milhões de vítimas nos países em desenvolvimento, não contando os problemas mais evidentes na saúde, que provocam doenças mais relevantes.

Segundo Capriles (2004), a grande falta de investimento na educação ambiental da população torna-se um grave problema, os números de desperdícios de água e excessivo, não levando em consideração os mananciais que reduziu ainda mais a água potável.

#### 2.1.6 Países que investem no aproveitamento de água pluvial

**Na atualidade, a água da chuva faz parte da gestão urbana dos recursos hídricos em diversos países do mundo. Em alguns países, a água captada da chuva é utilizada em residências, comércios, indústrias e na irrigação em plantações na área rural. Alguns países com alto índice de desenvolvimento como: países do Reino Unido, África, Índia, Austrália, China, Japão, e Alemanha, estão dando base para o desenvolvimento de programas que visam o sistema de captação de água da chuva para diversos fins (GONÇALVES, 2006).**

**Em países como, Estados Unidos, Japão e Alemanha existem como oportunidade de financiamentos, o incentivo da construção de sistemas de captação de água da chuva, já em Hamburgo, na Alemanha, é favorecida em torno de mil e quinhentos a dois mil dólares, a quem se beneficiar de água da chuva, visto que ao adotar esse sistema estará contribuindo para combater enchentes e inundações (TOMAZ, 2011).**

**Em Berlin, na Alemanha, a utilização da água é incentivada com o propósito de conservar as águas subterrâneas, pois este é de fato o recurso mais usado por lá para efetuar o abastecimento público. A água é coletada, armazenada e sua utilização se dá para vários fins como descarga de banheiros, lavação de roupa, dentre outros (GONÇALVES, 2006).**

**Uma maneira adotada para reduzir o desperdício foi a concretização de obras para que as águas residuais que saem das casas sigam para reservatórios próprios. Depois de tratada, a então "água para reuso" retorna para as moradias, já adaptadas para receber o líquido em uma rede de distribuição especial, que poderá ser utilizada na limpeza de casas, lavagem de calçadas e outras atividades em que se consiga reduzir o consumo de água potável (GONCALVES, 2006).**

### 2.1.7 Água no Brasil

No Brasil, recentemente vem-se ocorrendo inúmeros problemas a respeito da escassez de água, considerando que está em uma área privilegiada da América do sul contando com 12% da reserva mundial (BRITO, 1999).

Devido a diversidade climática e vasta dimensão geográfica, em alguns pontos do país há muita escassez do recurso hídrico, ocasionando a seca e deixando as pessoas em situações precárias.

A gerência voltada para o abastecimento de água e o saneamento básico no país instituiu a partir de um modelo estado cêntrico, que procura oferecer melhores diretrizes para o consumo final da água e dos dejetos, afrontando as contaminações nas nascentes e nas mananciais, evitando grandes riscos de contaminação ambiental para a população (ANA, 2002).

### 2.1.8 Funcionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva em residência

**O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial incide no jeito geral, na captação de água da chuva que cai sobre os telhados ou lajes da edificação.**

**A água é transportada até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Após passar pelo filtro, a água é estocada geralmente em reservatório do nível do piso (cisterna), e transportada por um conjunto moto bomba a um segundo reservatório (elevado), do qual as tubulações específicas de água pluvial irão distribuí-la para o consumo diversos não potável, NBR 15527.**

**Figura 01:** Esquema de funcionamento de sistema aproveitamento de água da chuva em residência

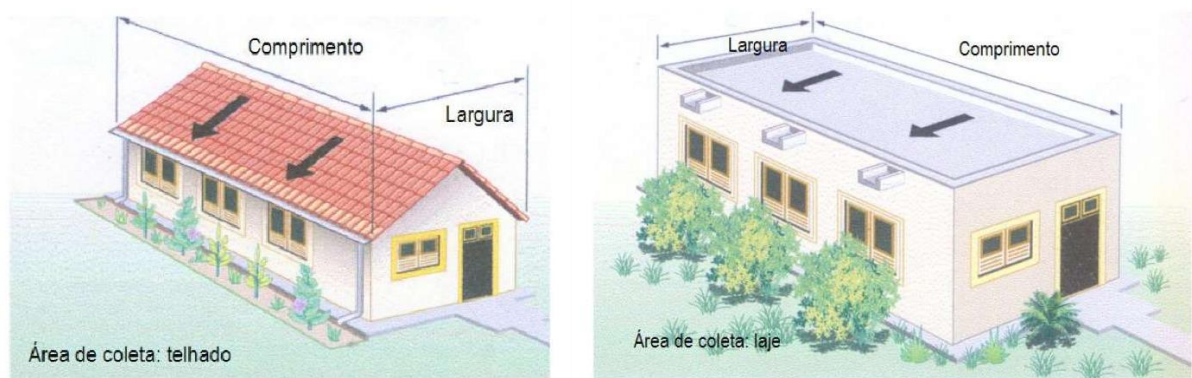


Fonte: EcoCasa, 2012.

#### 2.1.9 Área de captação

O espaço de captação é estabelecido em metros quadrados projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada e a mesma varia de acordo com o tamanho e a composição de cada material do telhado. Material liso, macios e impermeáveis contribuem com o aumento da qualidade e quantidade da água, porém pode ser material cerâmico, fibrocimento, zinco, aço galvanizado, plástico, acrílico, concreto armado, ou mesmo manta asfáltica (Tomaz 2011).

**Figura 02:** Área de captação, à esquerda telhado e à direita laje



Fonte: Waterfall, 2002.

### 2.1.9.1 Calhas e condutores

São equipamentos fundamentais para a captação e conduzir a água da chuva até seu devido local, seu dimensionamento é fundamentado em vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos da região em estudo e do período de retorno adotado. Para a coleta de água pluvial, o sistema envolve: a filtração, a reservação e a distribuição. Em alguns casos é necessária a desinfecção, para a utilização de fins potáveis conforme a ABNT NBR 10844/1989.

A fabricação das calhas, deve o material que atende aos aspectos de resistência à corrosão, ter longa durabilidade, ser lisa, leve e rígida, além, de serem feitas com material que não sofra deformações por variações de temperatura (TOMAZ, 2011).

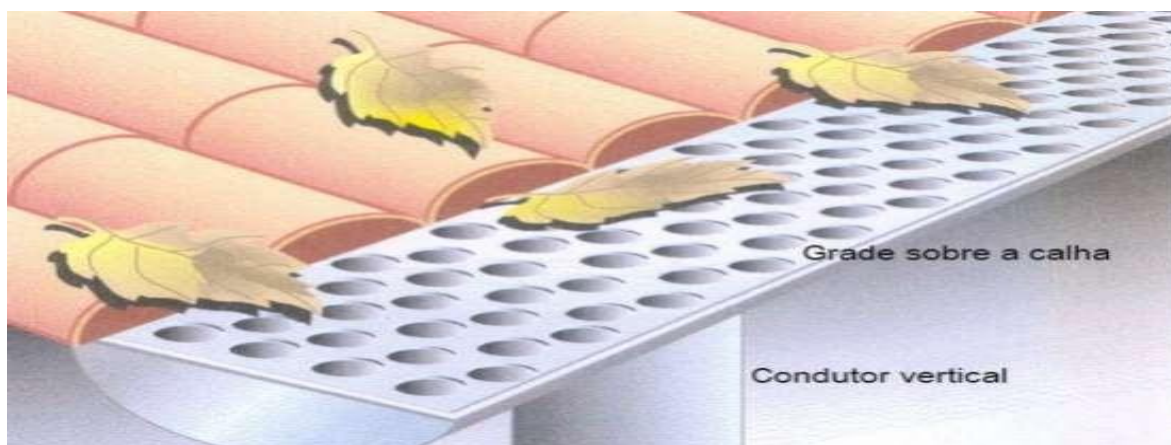
Os condutores podem ser verticais ou horizontais. Verticais, devem captar as águas de calhas, conduzi-las a parte inferior da edificação, já os condutores horizontais, tem função de recolher e conduzir as águas pluviais até galerias públicas (ABNT NBR 10844/1989).

As tubulações e demais componentes devem ter especificamento diferenciados das tubulações de água potável (NBR 5626).

### 2.1.9.2 Peneiras ou grades

Grades ou peneiras são instaladas de acordo com a necessidade em ambientes onde ocorrem grandes riscos de entupimentos. Seu objetivo principal é evitar a entrada de objetos na calha como: galhos, folhas e resíduos de grande dimensão para que não haja entupimento na saída do condutor horizontal, como apresenta a Figura 03 (Gonçalves 2006),

**Figura 03:** Calha, condutor vertical e grade



Fonte: Waterfall, 2002.

### 2.1.9.3 Reservatórios

No projeto elaborado de um sistema hídrico, considera-se os componentes essenciais para garantir a qualidade da água ou fluido que está sendo reservado, os mesmos são: extravasor, descarga de fundo, cobertura do reservatório, entrada para inspeção, ventilação e segurança como indica a ABNT NBR 15527/2007, a mesma, ainda destaca-se que quando o reservatório for alimentado por outro suprimento de água potável, que é necessário a instalação de dispositivos que impeçam a conexão cruzada.

A água pluvial coletada pode ser armazenada de acordo com a necessidade e o local da instalação, a mesma, pode ser abaixo no nível do solo, semi-enterrada, apoiada sobre o solo, ou até mesmo em uma estrutura onde o reservatório ficaria elevado a uma altura do piso, considerando uma pressão na descarga.

De acordo com o fluido a ser estocado, há restrições quanto ao material do armazenamento e os reservatórios podem ser fabricados de concreto armado, fibra de vidro, aço, polietileno.

A desinfecção e limpeza dos armazenamentos de água devem ser feitas com solução de derivado clorado, mais de uma vez por ano, conforme a recomendação da ABNT NBR 5626/1998.

A quantidade de água coletada que não for utilizada, pode ser escoada em um extravasor com ligação do reservatório a uma galeria pluvial das vias públicas ou lançada até mesmo ao solo, sem que não ocasione enchentes e riscos de retorno ao reservatório, onde o mesmo, deve ser protegido de animais e insetos que possam ter acesso pela tubulação (ECYCLE, 2018).

### 2.1.9.4 Bomba de Recalque

Em instalações com alturas elevadas, utilizamos uma bomba centrífugas para fazer a mudança do fluido de um reservatório para outro reservatório, esse esforço mecânico é utilizado para bombear diversos fluidos, muito utilizado em áreas agrícolas para a irrigação em lavouras, considerando que cada função tem sua especificação e sua potência necessária (PARAÍSO DAS BOMBAS, 2018).

### 2.1.9.5 Vantagens e desvantagens de um Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva

São diversos aspectos favoráveis no uso do sistema de aproveitamento de água pluvial, pois o mesmo, possibilitam reduzir o consumo de água potável, diminuindo os custos de água abastecida pelas companhias de abastecimento, favorável à redução em enchentes e preservar o meio ambiente amortizando a carência do recurso hídrico (MAY, 2004).

SIMIONI (2004), cita alguns pontos positivos do aproveitamento de água pluvial e alguns pontos negativos conforme a Tabela 01, vantagens e desvantagens.

**Tabela 01:** Vantagens e desvantagens.

| Vantagens                           | Desvantagens                           |
|-------------------------------------|----------------------------------------|
| Baixo choque ambiental              | Custo alto comparado com outras fontes |
| Instalação em estruturas existentes | Suprimento limitado                    |
| Água para uso em diversos fins      | Qualidade da água vulnerável           |
| Reserva para situação de emergência | Não atrativo à políticas públicas      |
| Fácil manutenção                    | Custo inicial médio                    |
| Baixo custo de operação             | Possível rejeição cultural             |

Fonte: Simione, 2004.

## CAPÍTULO 3

### 3.1. METODOLOGIA

#### 3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Refere-se à implantação de um sistema projetual de captação de águas pluviais para fins não potáveis na escola municipal Theofânio Agapito Maltezo, localizada no bairro centro, na cidade de Cafelândia, Paraná.

A coleta de dados foi realizada através de visitas na escola, onde resultou entrevistas com a coordenadora, para estabelecer o número de alunos, funcionários e repetição de limpeza mensais nas dependências da mesma. Com isso, estimou-se o consumo médio de água não potável.

Com o levantamento de dados coletados, foi possível realizar o dimensionamento e projeto do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais, para sua respectiva análise. Com essas condições, determinou-se o sistema mais eficaz baseada na demanda necessária de água.

#### 3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo foi realizado na escola municipal Theofânio Agapito Maltezo em Cafelândia, Paraná, como mostrado na Figura 6. A escola tem turmas da pré-escola até o quinto ano do ensino fundamental, contendo 60 funcionários e 494 alunos. As aulas são ministradas no período matutino e vespertino. A mesma, contém 22 salas de aula, 6 salas administrativas, cozinha, refeitório, banheiros, área de recreação, biblioteca entre outras, totalizando 3.316,78 m<sup>2</sup> de área construída.

**Figura 04:** Mapa com a localização da escola

Fonte: Google Maps (2018).

### 3.1.3 Instrumentos e procedimentos para coleta de dados

Os dados necessários para execução do estudo foram coletados na própria escola, no mês de dezembro de 2019, conforme apresentado na Tabela 02.

**Tabela 02:** Tabela para levantamento de dados da escola, visando o dimensionamento do sistema

| FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE DADOS DA ESCOLA |                      |
|-------------------------------------------------|----------------------|
| ESCOLA MUNICIPAL THEOFÂNIO AGAPITO MALTEZO      |                      |
| Área total da obra:                             | 1.092 m <sup>2</sup> |
| Área de cobertura captada:                      | 514.5 m <sup>2</sup> |
| Área de calçadas:                               | 411.5 m <sup>2</sup> |
| Número de alunos:                               | 494                  |
| Número de funcionários:                         | 60                   |
| Número de bacias sanitárias:                    | 28                   |
| Frequência de limpeza das calçadas:             | 4,5 mês              |

Fonte: Autor (2019).

Com as informações obtidas através de uma pesquisa em bloco, obtemos as informações de cada item conforme a Tabela 01. Após essas informações, foi possível realizar os cálculos necessários para o projeto de captação e aproveitamento de água pluvial para utilização em fins não potáveis.

#### 3.1.4 Levantamento da demanda de água utilizada na limpeza e nas bacias sanitárias

Conforme a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) a mesma escreveu e lançou a normativa técnica portuguesa, onde esclareceu métodos de aproveitamento de águas da chuva (ETA 0701 – Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais), que oferecem valores de consumação unitário para diversos usos (ANQIP, 2018). Na busca de relatos realizado por Matos et al (2013), são estabelecidos os valores classificados para comprovação da demanda e composição dos cenários.

A fórmula de consumo individual, tem como essencial os elementos do local de implantação e de seu funcionamento. Para estimar o consumo mensal de água para meios não potáveis, utiliza-se as equações aplicadas por Matos et al (2013), e os consumos unitários recomendados pela Especificação Técnica 07/01 da ANQIP. Utiliza-se a Equação 01 para estabelecer o consumo nas bacias sanitárias:

$$CMB = \frac{FxCuxdxpop}{1000} \quad (01)$$

Onde:

F: Frequência de pessoas que usam o banheiro (%)

Cu: Consumo unitário (l/pessoa.dia)

d: Número de dias do mês

pop: Número de pessoas atendidas

Utiliza-se a Equação 02 para estabelecer o consumo de água na lavagem das calçadas da escola:

$$CMP = \frac{AxCuxNL}{1000} \quad (02)$$

Onde:

A: Área para lavagem (m<sup>2</sup>)

Cu: Consumo unitário para lavagens (l m<sup>2</sup>)

NL: Número mensal de lavagens previsto

### 3.1.5 Definição das médias pluviométricas

Instituto das Águas do Paraná, órgão responsável pelo controle, planejamento e execução de ações e projetos técnicos de proteção e conservação, recuperação e gestão de recursos hídricos superficiais e subterrâneos para preservar e restaurar aspectos quantitativos e qualitativos das águas. O mesmo é utilizado para estabelecer as médias pluviométricas, que estão disponíveis gratuitamente no site do instituto.

A coleta de dados da estação pluviométrica, foi realizada no período de 2015 a 2018 conforme mostra a Tabela 04 (AGUASPARANÁ). São dados diários de chuva, separados em intervalos mensais.

#### 3.1.5.1 Definição da intensidade média de precipitação local

A Intensidade Média de Precipitação Local utilizou-se a Equação 03 de chuva intensa na cidade de Cascavel, com tempo de retorno de 25 anos e tempo de duração de 5min, como sugere a ABNT NBR 10844/1989.

$$Imm = \frac{778,54 \times Tr^{0,1729}}{(td+9,65)^{0,7204}} \quad (03)$$

Onde:

Imm: Intensidade média de precipitação (mm/h)

Tr: Tempo de retorno (anos)

Td: tempo de duração (minutos)

Conforme Longo *et.al* (2006), a equação de chuva extensa, foi fundada pela metodologia da desagregação da chuva, que associa os períodos de duração da chuva e tempo de retorno com o potencial média de precipitação, para a cidade de Cascavel – PR.

### 3.1.5.2 Definição da área de captação de água.

A realização do cálculo da área da cobertura inclinada foi verificado através da Equação 04, conforme indicada pela ABNT NBR 10844/1989.

$$A = \left( a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (04)$$

Onde:

A: Área de cobertura (m²)

A: Largura do telhado (m)

h: Altura do telhado (m)

b: Comprimento do telhado (m)

### 3.1.5.3 Dimensionamento das calhas

A área das calhas foi mensurada ABNT NBR 10844/1989, que propõem a utilização da Equação 05, explanada a seguir, para o cálculo da vazão de projeto na calha.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (05)$$

Onde:

Q: vazão do projeto (l/mim)

I: Intensidade pluviométrica (mm/h)

A: Área de contribuição (m²)

De acordo com a ABNT NBR 10844/1989, o dimensionamento das calhas foi realizado através da fórmula de Manning-Strickler, apresentado na Equação 06 para encontrar a velocidade máxima concedida para determinado tipo e dimensão da seção da calha:

$$V = \frac{\sqrt[3]{R^2 \times I}}{n} \quad (06)$$

Onde:

V: velocidade

R: raio hidráulico = razão entre a área molhada e o perímetro molhado (m)

I: declividade em m/m (altura disponível) / ( comprimento de calha)

n: coeficiente de rugosidade, dependendo do matéria

S: área molhada, em m<sup>2</sup>

O raio hidráulico foi calculado por meio da Equação 07:

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (07)$$

Onde:

Rh: raio hidráulico (m)

S: Área de seção molhada (m<sup>2</sup>)

P: Perímetro molhado (m)

Utiliza-se a Tabela 03 para determinar o coeficiente de rugosidade (*n*) em função do material utilizado para a fabricação da calha.

**Tabela 03:** Coeficientes de rugosidade *n* de Manning

| Material                                             | Coeficiente de Rugosidade <i>n</i> de Manning |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Plásticos, fibrocimento, aço, metais, não terrosos   | 0,011                                         |
| Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida | 0,012                                         |
| Cerâmica, concreto não-alisado                       | 0,013                                         |
| Alvenaria de tijolo não-revestida                    | 0,015                                         |

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

#### 3.1.5.4 Dimensionamento de condutores verticais

Conforme ABNT NBR 10844/1989, o dimensionamento dos condutores verticais foi dimensionado a partir dos seguintes dados:

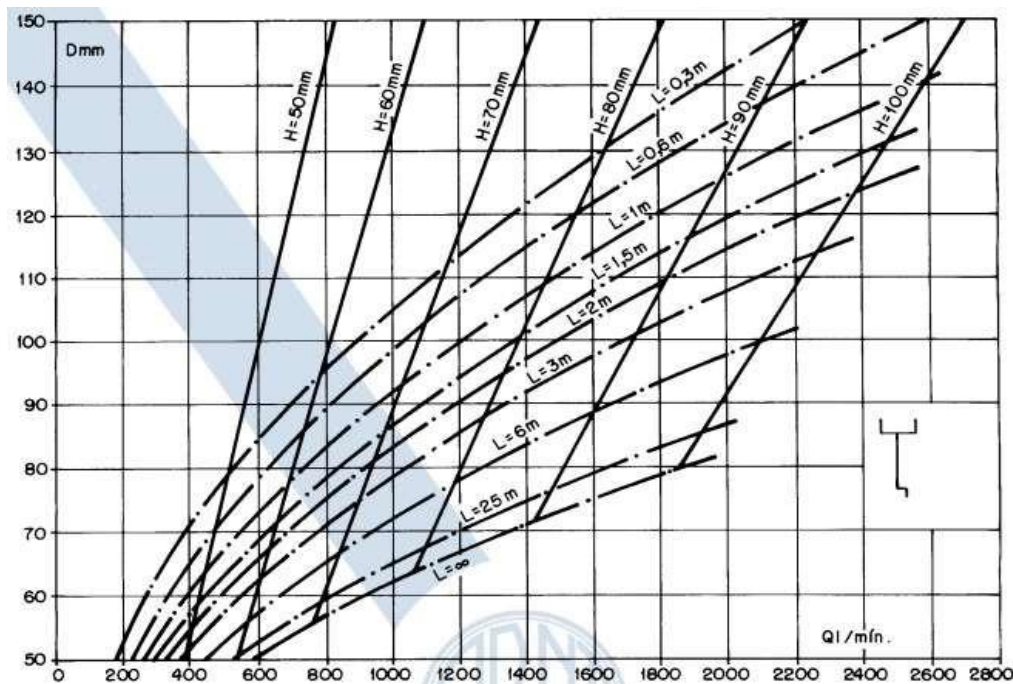
- *Q*: Vazão de projeto (l/min)
- *H*: Altura da lâmina d'água na calha (mm)
- *L*: Comprimento do condutor vertical (m)

O diâmetro interno  $D$  do condutor vertical foi obtido com o auxílio do ábaco (Figura 05), apontado pela ABNT NBR 10844/1989, para calhas com saída em aresta viva. Para o dimensionamento do condutor vertical através do ábaco (Figura 07), a ABNT NBR 10844/1989 indica os seguintes métodos:

- Levantar uma vertical por  $Q$  até interceptar as curvas de  $H$  e  $L$  correspondentes (No caso de não haver curvas dos valores  $H$  e  $L$ , interpolar entre as curvas existentes);
- Transportar a interseção mais alta até o eixo  $D$ ;
- Adotar o diâmetro nominal cujo diâmetro interno seja igual ou superior ao valor encontrado.

Confome ABNT NBR 10844/1989, o diâmetro mínimo sugerido é de 75mm para condutores verticais de seção circular.

**Figura 05:** Ábaco do diâmetro interno do condutor vertical



Fonte: ABNT NBR 10844, 1989.

### 3.1.5.5 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os dados da ABNT NBR 10844/1989, para o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para o escoamento com lâmina d'água de altura igual a  $2/3$  do diâmetro interno da tubulação.

A Figura 06, apresenta a capacidade de condutores horizontais de seção circular, para diâmetro interno, material e inclinação do mesmo.

**Figura 06:** Capacidade de condutores horizontais de seção circular

|   | Diâmetro interno (D) (mm) | $n = 0,011$ |       |       |        | $n = 0,012$ |       |       |       | $n = 0,013$ |       |       |       |
|---|---------------------------|-------------|-------|-------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|
|   |                           | 0,5 %       | 1 %   | 2 %   | 4 %    | 0,5 %       | 1 %   | 2 %   | 4 %   | 0,5 %       | 1 %   | 2 %   | 4 %   |
|   | 1                         | 2           | 3     | 4     | 5      | 6           | 7     | 8     | 9     | 10          | 11    | 12    | 13    |
| 1 | 50                        | 32          | 45    | 64    | 90     | 29          | 41    | 59    | 83    | 27          | 38    | 54    | 76    |
| 2 | 75                        | 95          | 133   | 188   | 267    | 87          | 122   | 172   | 245   | 80          | 113   | 159   | 226   |
| 3 | 100                       | 204         | 287   | 405   | 575    | 187         | 264   | 372   | 527   | 173         | 243   | 343   | 486   |
| 4 | 125                       | 370         | 521   | 735   | 1.040  | 339         | 478   | 674   | 956   | 313         | 441   | 622   | 882   |
| 5 | 150                       | 602         | 847   | 1.190 | 1.690  | 552         | 777   | 1.100 | 1.550 | 509         | 717   | 1.010 | 1.430 |
| 6 | 200                       | 1.300       | 1.820 | 2.570 | 3.650  | 1.190       | 1.670 | 2.360 | 3.350 | 1.100       | 1.540 | 2.180 | 3.040 |
| 7 | 250                       | 2.350       | 3.310 | 4.660 | 6.620  | 2.150       | 3.030 | 4.280 | 6.070 | 1.990       | 2.800 | 3.950 | 5.600 |
| 8 | 300                       | 3.820       | 5.380 | 7.590 | 10.800 | 3.500       | 4.930 | 6.960 | 9.870 | 3.230       | 4.550 | 6.420 | 9.110 |

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.

Fonte: ABNT NBR 10844, 1989.

Tubulações aparentes, seja apreciada vistoria, sempre que houver conexões com outras tubulações, desníveis, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20m nos percursos retilíneos;

Tubulações enterradas, seja previsto caixas de areia, sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade ainda a cada trecho de 20m nos percursos retilíneos;

Ligação entre os condutores verticais e horizontais deverá ser feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado.

### 3.1.5.6 Dimensionamento de reservatório de água pluvial

Conforme ABNT NBR 15527/2007, a mesma expõe seis métodos de cálculo que podem ser utilizados para realização de dimensionamentos para reservatórios de águas pluviais.

Paraná, tem diversos estudos que foram realizados pelos metodologias sugeridas pela norma, exemplo Moruzzi e Oliveira (2010), que utilizaram um programa computacional para realização do dimensionamento de volume de reservatório, empregando os métodos de cálculo

presentes na ABNT NBR 15527/2007, para a cidade de Ponta Grossa – PR, onde apresentou grandes variações de quantidade entre os métodos.

Além de dimensionar os volumes para os métodos propostos pela ABNT NBR 15527/2007, foram analisados o potencial de utilização de água pluvial através do programa computacional Netuno para consultar a eficiência gerada individualmente para cada volume obtido nos métodos.

#### 3.1.5.7 Método Azevedo Neto

Método empírico indicado pela ABNT NBR 15527/2007. O volume de chuva é realizado conforme a Equação 08.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (08)$$

Onde:

V: Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (litros)

P: Precipitação média anual (mm)

A: Área de coleta em projeção (m²)

T: Valor numérico de meses de pouca chuva ou seco

No fator de segurança apontado na Equação 15 desvio da concepção do método, que tem como proposição a um aproveitamento máximo de 50% da precipitação anual, em missão do escoamento superficial e perdas específicas ao sistema (SAMPAIO, 2013). A Equação 09 apresenta a fração mensal correspondente ao aproveitamento citado.

$$V_{ap} = \frac{(50 \times P)}{12 \text{ meses}} = 0,042 \times P \quad (09)$$

A ABNT NBR 15527/2007 não indica o número de meses com pouca chuva.

#### 3.1.5.8 Dimensionamento da bomba de recalque.

Na definição da bomba de recalque mais apropriada, foi necessário realizar o cálculo da vazão e a altura manométrica que a mesma teria que fornecer e atender, respectivamente,

para elevar água da cisterna para o reservatório elevado. Em sequência foram apresentados os cálculos do dimensionamento da vazão e da altura manométrica da bomba, considerando as suas respectivas perdas de carga localizada ao longo da tubulação.

### 3.1.5.9 Cálculo da vazão.

O cálculo da vazão foi realizado pelo método de Manning-Strickeler através das seguintes equações: Equação 10 Equação 11, Equação 12, Equação 13 e Equação 14 continuidade.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right)xb \quad (10)$$

Onde:

A: Área de cobertura (m<sup>2</sup>)

A: Largura do telhado (m)

h: Altura do telhado (m)

b: Comprimento do telhado (m)

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (11)$$

Onde:

Rh: raio hidráulico (m)

S: Área de seção molhada (m<sup>2</sup>)

P: Perímetro molhado (m)

$$Imm = \frac{778,54 \times Tr^{0,1729}}{(td + 9,65)^{0,7204}} \quad (12)$$

Onde:

Imm: Intensidade média de precipitação (mm/h)

Tr: Tempo de retorno (anos)

Td: Tempo de duração (minutos)

$$V = \frac{\sqrt[3]{R^2 x \sqrt{I}}}{n} \quad (13)$$

Onde:

V: velocidade de escoamento, em  $m.s^{-1}$

R: raio hidráulico = razão entre a área molhada e o perímetro molhado (m)

I: declividade em m/m (altura disponível) / ( comprimento de calha)

n: coeficiente de rugosidade, dependendo da matéria

S: área molhada, em  $m^2$

$$Q = V \times A \quad (14)$$

Onde:

Q: vazão ( $m^3/s$ )

V: velocidade ( $m/s$ )

### 3.1.6. Cálculo da vazão do reservatório elevado.

A vazão foi calculada através da Equação 15:

$$Q = \frac{V}{T} \quad (15)$$

Onde:

Q: Vazão ( $m^3/h$ )

V: Volume do reservatório elevado ( $m^3$ )

T: Tempo de funcionamento da bomba (horas)

#### 3.1.6.1. Cálculo da altura manométrica

Para o cálculo da altura manométrica foi utilizado o método de Hazen -Williams para condutores de seção circular pela Equação 16, Equação 17, Equação 18, Equação 19 e Equação 20.

$$J = \frac{10.64 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (16)$$

Onde:

J: perda de carga (m)

Q: vazão (m<sup>3</sup>/s)

C: coeficiente de rugosidade do material

D: diâmetro interno da canalização em m (D>50mm)

$$Hf' = L \times J \quad (17)$$

Onde;

Hf': perda de carga (m)

L: comprimento da tubulação (m)

$$Hf'' = \frac{K \times V^2}{2 \times g} \quad (18)$$

Onde:

Hf': perda de carga (m)

V: velocidade (m<sup>3</sup>/s)

G: gravidade

$$\Delta h = Hf' + Hf'' \quad (19)$$

$\Delta h$ : somatória de perda de carga (m)

$$HM = Hg + \Delta h_s + \Delta h_r \quad (20)$$

Onde:

HM: altura manométrica (m)

Hg: altura geométrica (m)

$\Delta h_s$ : perda de carga sucção (m)

$\Delta h_r$ : perda de carga recalque (m)

### 3.1.6.2 Dimensionamento do reservatório elevado

Para o dimensionamento do reservatório elevado, foi considerado a demanda diária da escola pelo consumo de cada aluno e funcionários que ali frequentam, e número de lavagens mensal de calçadas, de tal modo, que não falte água tanto para a limpeza, quanto para as bacias sanitárias.

### 3.1.6.3 Dimensionamento da tubulação de água pluvial

Conforme a ABNT NBR 5626/1998 – Instalações prediais de água fria, a mesma determina a exigências e recomendações relativas a projeto, execução e manutenção das instalações prediais de água fria.

No projeto de captação de águas pluviais da escola municipal Theofânio Agapito Maltezo, foi utilizado o cálculo para funcionamento descontínuo do conjunto motobomba por onde definimos o diâmetro de recalque pela Equação 21.

$$DR = 0,586 \times X^{1/4} \times Q^{1/2} \quad (21)$$

Onde:

DR: diâmetro de recalque (mm)

X: número de horas de funcionamento por dia.

Q: vazão (m<sup>3</sup>/s)

### 3.1.6.4 Potência da bomba

Para calcular a potência da bomba utilizamos a Equação 22.

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot Hm}{n} \quad (22)$$

Onde:

P: Potência da bomba (w)

$\gamma$ : Peso específico do fluido (N/m<sup>3</sup>)

Q: Vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Hm: Altura manométrica (m)

N: rendimento do motor

## CAPÍTULO 4

### 4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 4.1.1 Cálculo da demanda

#### 4.1.2 Consumo nos banheiros

Com base na implantação projetual da escola municipal Theofânio Agapito Maltezo, foram obtidas as seguintes informações realizadas em pesquisa no mesmo: A escola possui aulas nos períodos matutino e vespertino, somando um total de 494 alunos frequentando semanalmente, cinco dias por semana;

A escola possui um número de 60 funcionários, entre eles os professores em geral. Sendo assim, considerou-se uma população equivalente a 554 pessoas ao longo do dia. Para a determinação do consumo de água nos vasos sanitários, o equivalente a 25% da população que usará o banheiro uma vez ao dia e para o consumo unitário do banheiro, determinou-se 6 l/hab.dia, este valor foi considerado através da especificação técnica da ANQIP, categoria A – Edifícios escolares.

Através da Equação 01, descrita no item 3.1.4, calculou-se o consumo de água dos vasos sanitários por mês:  $CMB = 18,28 \text{ m}^3/\text{mês}$

#### 4.1.3. Consumo para limpeza das calçadas e banheiros

As áreas de limpeza da escola municipal Theofânio Agapito Maltezo são as calçadas com  $276,88 \text{ m}^2$  e pátios com  $134,62 \text{ m}^2$ , totalizando  $411,5,00 \text{ m}^2$ .

A especificação técnica da ANQIP fornece um consumo unitário de  $5 \text{ l/m}^2$  para lavagem de pavimentos. Segundo a coordenadora da escola as calçadas e os pátios são lavadas quatro vezes por mês, sempre nos finais de semana.

Conforme a Equação 02, do item 3.1.4. foram calculados os consumos de água para a limpeza das calçadas e pátios.

$CMP = 9,25 \text{ m}^3/\text{mês}$ .

Portanto, o consumo mensal para limpeza das dependências da escola para uso em calçadas e pátio é de 9,25 m³/mês. O consumo total de água não potável da escola utilizado pelos alunos e funcionários é de 18,28 m³/mês, totalizando o consumo mensal de 27,53m³/mês.

#### 4.1.4 Determinação das médias pluviométricas

Através do site Instituto de Águas do Paraná, busca-se um relatório aproximado sobre a média pluviométrica sobre a precipitação de chuva, compreendendo os anos 2015 até 2019 na estação em Rio do Salto, Tabela 04.

**Tabela 04:** Média das alturas mensais de precipitação Rio do Salto



Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná

Sistema de Informações Hidrológicas - SIH



Alturas de precipitação - Resumo Anual (mm)

Estação:

RIO DO SALTO

Código:

02553035

Entidade:

AGUASPARANÁ

Município:

Cascavel

Instalação:

20/07/1975

Extinção:

Tipo:

P

Bacia:

Iguaçu

Sub-bacia:

8

Altitude:

633,186 m

Latitude:

25° 08' 11"

Longitude:

53° 19' 51"

| ANO  | Total anual | Máxima diária | Data da ocorrência | Dias de chuva |
|------|-------------|---------------|--------------------|---------------|
| 2015 | 2491,7      | 95,6          | 10/05/2015         | 105           |
| 2016 | 1886,1      | 90,6          | 13/10/2016         | 97            |
| 2017 | 2119,3      | 109,4         | 22/10/2017         | 72            |
| 2018 | -           | -             | -                  | -             |
| 2019 | 1501,4      | 68,6          | 06/04/2019         | 68            |

Resumo Anual

| ANO       | Total anual | Máxima diária | Dias de chuva |
|-----------|-------------|---------------|---------------|
| MÉDIA     | 1999,6      | 91,1          | 85,5          |
| MÍNIMA    | 1501,4      | 68,6          | 68,0          |
| MÁXIMA    | 2491,7      | 109,4         | 105,0         |
| D. PADRAO | 359,7       | 14,7          | 15,8          |

Fonte: ÁGUASPARANÁ (2018).

#### 4.1.5. Determinação da Intensidade Média de Precipitação Local

Com a média de intensidade de precipitação de chuva na cidade de Cascavel – Paraná, com um período de retorno de 25 anos e um tempo de duração de 5 minutos, conforme sugere a ABNT NBR 10844/1989: consegue-se determinar através da Equação 03, descrita no item 3.1.5.1. determina-se o índice pluviométrico de,  $Imm = 196,39$  mm/h.

#### 4.1.6. Determinação da área de captação de água

Para a determinação da área de captação de água, optou-se pela metade da cobertura da quadra esportiva do colégio municipal Theofânio Agapito Maltezo que proporciona uma ampla área de captação livre com árvores e prédios ao redor, onde possa comprometer o projeto com sua vazão, optou-se um lado da cobertura onde disponha-se uma área de 514,5 m<sup>2</sup> para captação de água pluvial. Os cálculos utilizados para a realização da captação foram as áreas de contribuição formadas através da Equação 04, descrita no capítulo 3.1.5.2, e os resultados estão descritos na Tabela 05.

**Tabela 05:** Cálculo de área de coleta.

| DIMENSÕES  |                      |
|------------|----------------------|
| A          | 12,25 m              |
| H          | 0,60 m               |
| B          | 41m                  |
| AREA TOTAL | 514,5 m <sup>2</sup> |

Fonte: Autor(2019).

#### 4.1.7. Dimensionamento de calhas

Na pesquisa sobre os dados coletados *in loco*, constatou-se a existência de uma calha para não ocorrer o escoamento onde supostamente acontecerá um fluxo de pessoas ao realizar as atividades esportivas na quadra da escola, portanto, realizou-se os cálculos pelo método coeficiente de Manning-Strickeler para a verificação da vazão da calha conforme a ABNT NBR 10844/1989.

A calha existente possui dimensões de 0,2 m de largura e 0,15 m de altura, com esses dados verificou-se através da Equação 04, item 3.1.5.3, Equação 05, Equação 06, Equação 07, item 3.1.5.3 para verificar vazão máxima da calha descrito na Tabela 06.

**Tabela 06:** Vazão calha

|                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| Área calha            | 0,03 m                 |
| Perímetro calha       | 0,5 m                  |
| Raio Hidráulico calha | 0,06 m                 |
| Velocidade            | 1,39m's                |
| Vazão calha           | 0,041m <sup>3</sup> 's |
| Vazão projeto         | 0,028m <sup>3</sup> 's |

Fonte: Autor(2019).

Através dos resultados mostrados na Tabela 06, verifica-se que a vazão da calha já existente atende a vazão do projeto.

#### 4.1.8. Dimensionamento dos condutores verticais

Para transportar a água que será lograda por parte da cobertura do ginásio esportivo da escola, será utilizado a calha existente, que por sua vez, conduzirá a água até o condutor vertical do sistema, conforme projeto apresentado no Apêndice. Dessa forma, o dimensionamento do condutor vertical foi obtido através do ábaco (Figura 07), onde determinou-se um diâmetro para tubulação de 150 mm, que atenderá a vazão de 0,028m<sup>3</sup>/s.

#### 4.1.9. Dimensionamento dos condutores horizontais

O condutor horizontal do projeto, receberá a água derivada do condutor vertical e será transportada até a cisterna inferior. Conforme citado no item 3.1.5.5, utilizou-se dados da Figura 06 para estipular o diâmetro. O material do condutor corresponde ao coeficiente de rugosidade igual a 0,011 e utilizando inclinação de 4%, constatou-se que o diâmetro de 150 mm atenderá a vazão de projeto de 0,028m<sup>3</sup>/s.

#### 4.1.9.1 Dimensionamento do reservatório

Para o dimensionamento do reservatório de água, utilizamos o consumo total mensal gastos pelos consumos nos vasos sanitários e o número de lavagens em calçadas onde adota-se um reservatório de 15.000 litros reservados em uma cisterna abaixo do nível do piso acabado, atendendo uma capacidade de consumo mensal, considerando chuva a cada 7 dias.

#### 4.1.9.2 Dimensionamento do reservatório elevado.

Conforme o levantamento de consumo mensal, consideramos a necessidade de reservar uma quantidade de água suficiente para que não efetue o funcionamento mecânico em um tempo maior que 1 hora por dia, pois a limpeza não é frequente, e sim nos finais de semana. Com isso, determinamos um reservatório de 2000 litros para atender uma eventual máxima demanda diária de 1000 litros.

#### 4.1.9.3 Dimensionamento da bomba de recalque.

A bomba de recalque foi estimada para transportar a água da cisterna ao reservatório elevado para que forneça a vazão possível para atender o consumo diário de limpeza e das bacias sanitárias, completando o reservatório elevado em 1 hora de funcionamento do conjunto motobomba.

#### 4.1.9.4 Cálculo da vazão do reservatório elevado.

Para calcular a vazão foi utilizada a Equação 08, descrita no item 3.1.6. Sendo assim, tem-se:

$$Q = \frac{2}{1} = 2,0 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### 4.1.9.5 Sucção

Para calcular o diâmetro de sucção utiliza-se a Equação 21 do item 3.1.6.3 onde através do cálculo do diâmetro de recalque adota-se o diâmetro superior mais próximo para determinar a sucção. DR= 25mm. Onde: DR: 25 mm para recalque da bomba para o reservatório elevado é

DS: 32mm para sucção da cisterna ou conjunto motobomba.

#### 4.1.9.6 Cálculo da altura manométrica

A altura manométrica do sistema foi calculado de Hazen-Willians do citado no item 3.1.6.1, onde o autor considera através da soma dos seguintes itens e apresentamos na Tabela 07

- Desnível geométrico entre a bomba e o reservatório elevado;
- Perda de carga das conexões;
- Perda de carga da tubulação.

**Tabela 07:** Perda de carga altura manométrica

|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| J (perda de carga) | 0,020 m                |
| V (velocidade)     | 0,70 m <sup>3</sup> /s |

Fonte: Autor(2019).

Na Tabela 08, está definido o comprimento equivalente, real e total da tubulação de recalque da bomba, necessário para calcular a perda de carga da tubulação.

**Tabela 08:** Comprimento equivalente das peças

| Descrição das peças                          | Quantidade | Comprimento<br>equivalente<br>(m) | Comprimento<br>equivalente<br>total (m) |
|----------------------------------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| Joelho 90° (DN 32mm)                         | 1,00       | 2,00                              | 2,00                                    |
| Válvula pé e crivo (DN 32mm)                 | 1,00       | 15,5                              | 15,5                                    |
| Soma dos comprimentos equivalentes das peças |            |                                   | 17,5 m                                  |
| Comprimento da Tubulação                     |            |                                   | 6,66 m                                  |

Fonte: Autor(2019).

Através do comprimento total da tubulação de sucção apresentado na Tabela 08, foi possível calcular a perda pelo cálculo de Hazen-willins pela Equação 19, descrita no item 3.1.6.1 conforme a Tabela 9.

**Tabela 9:** Perda de carga sucção

|              |         |
|--------------|---------|
| $H_f'$       | 0,133 m |
| $H_f''$      | 0,43 m  |
| $\Delta h_s$ | 0,56 m  |

Fonte: Autor(2019).

#### 4.1.9.7 Recalque

Através do comprimento total da tubulação de recalque apresentado na Tabela 10 e Tabela 11, foi possível calcular a perda pelo cálculo de Hazen-willins.

**Tabela 10:** Comprimento equivalente das peças

| Descrição das peças                          | Quantidade | Comprimento<br>equivalente<br>(m ) | Comprimento<br>equivalente<br>total (m) |
|----------------------------------------------|------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| Joelho 90° (DN 25mm)                         | 1,00       | 1,50                               | 1,50                                    |
| Registro gaveta aberto (DN 25mm)             | 1,00       | 0,3                                | 0,3                                     |
| Valvular retenção leve (DN 25mm)             | 1,00       | 3,8                                | 3,8                                     |
| Soma dos comprimentos equivalentes das peças |            |                                    | 5,6 m                                   |
| Comprimento da Tubulação                     |            |                                    | 5,00 m                                  |

Fonte: Autor (2019).

**Tabela 11:** Perda de carga manométrica

|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| J (perda de carga) | 0,070 m                |
| V (velocidade)     | 0,011m <sup>3</sup> /s |
| Hf'                | 0,35 m                 |
| Hf''               | 0,000034 m             |
| $\Delta h_s$       | 0,35 m                 |
| HM                 | 10 m                   |

Fonte: Autor (2019).

#### 4.1.9.8 Pontência da bomba

Através do catálogo de bombas e motobombas da Schneider (Figura 07), a potência da bomba a ser utilizada com um rendimento de 50% conforme calculado no item 3.1.6.4 e a altura manométrica é equivalente ao desnível da cisterna ao reservatório elevado considerado 10 m. Utilizamos uma bomba CB – 92 com potência de 1cv, onde os cálculos nos apresentou a necessidade de uma bomba de 560w com uma potência de 1 cv monofásico, com vazão de 6,7 m<sup>3</sup>/h e altura manométrica de 10 m.c.a.

**Figura 07:** Catálogo de motobombas centrífugas Schneider



BC-92

Motobombas Centrífugas Monoestágio

Características

Info para Pedido

Tabela de Seleção

Downloads

| Modelo       | Potência (cv) | Características Hidráulicas                  |     |     |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |  |
|--------------|---------------|----------------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|--|
|              |               | Altura Manométrica Total (m.c.a.)            |     |     |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |  |
|              |               | 2                                            | 4   | 6   | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18  | 20  | 22  | 24  | 26  | 28  | 30  | 32  | 34  | 36  | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 |  |
|              |               | Vazão em m³/h válida para sucção de 0 m.c.a. |     |     |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |  |
| BC-92 S/T 1A | 3/4           | 7                                            | 6,9 | 6,8 | 6,6  | 6,5  | 6,3  | 6,1  | 5,8  | 5,5 | 5   | 3,9 | 2,4 |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |  |
|              | 1             | 7,1                                          | 7   | 6,9 | 6,8  | 6,7  | 6,6  | 6,5  | 6,3  | 6,2 | 6   | 5,7 | 5,4 | 4,9 | 3,8 | 2,3 |     |     |     |    |    |    |    |    |  |
|              | 1/5           | 7,2                                          | 7,2 | 7,1 | 7    | 6,9  | 6,8  | 6,7  | 6,7  | 6,5 | 6,4 | 6,3 | 6,2 | 6   | 5,8 | 5,5 | 5,2 | 4,6 | 3,3 |    |    |    |    |    |  |
|              | 1             | *                                            | *   | *   | 19,7 | 17,8 | 15,7 | 13,4 | 10,9 | 7,9 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |  |

Fonte: Schneider (2017).

#### 4.1.9.9 Projeto para instalação.

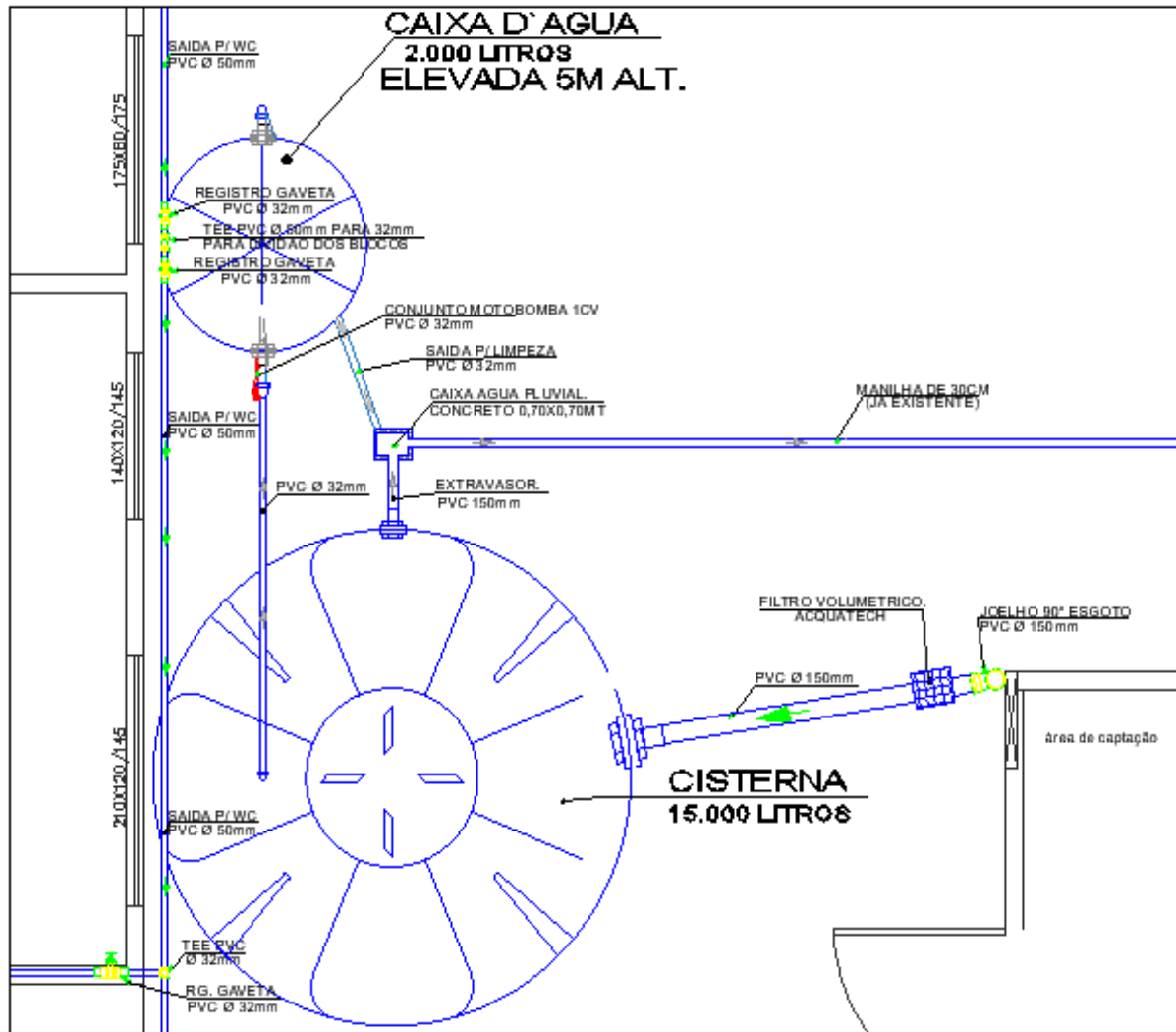
Após os cálculo de projeção do sistema de captação de águas pluviais, foi possível elaborar um projeto de modo que atenda as necessidades da demanda, o projeto foi adequado em um local em que não comprometia o trânsito de pessoas e alunos.

A tubulação vertical de coleta de água do telhado encontra-se em local não visível mas protegido entre as estruturas do pilar metálico da quadra esportiva, transportando a um condutor horizontal abaixo do nível do piso, escoando-se para cisterna com capacidade de estocar 15,000 litros de água.

Utilizou-se um conjunto motobomba de potência de 1 cv para sucção da água da cisterna com diâmetro de 32 mm, e o recalque com diâmetro de 25 mm, elevando o fluido ao reservatório superior com capacidade de 2,000 litros, apoiado em uma estrutura metálica de 5 metros de altura, onde a mesma foi utilizado para proteger o conjunto motobomba.

A bomba é acionada por uma boia elétrica que é instalada no reservatório superior, conforme reduz o nível da água, a mesma é acionada de acordo com o consumo diário, a bomba foi dimensionada para um tempo de funcionamento de 2 horas por dia, conforme Figura 08, planta baixa da instalação do projeto.

**Figura 08:** Projeto de instalação.



Fonte: Autor (2019).

## CAPÍTULO 5

### 5.1 CONCLUSÃO

De acordo com o estudo de implantação de um projeto de captação de água pluvial no colégio municipal Theofânio Agapito Maltezo de Cafelândia Paraná, com uso limitado onde atende especificamente os vasos sanitários e lavagens de calçadas em geral, observamos a grande quantidade de água potável que está sendo utilizada em lugares que poderiam ser aproveitadas águas pluviais.

Inicialmente, para fins não potáveis, foi realizado um levantamento de dados sobre a população que ocupa diariamente o colégio municipal Theofânio Agapito Maltezo em Cafelândia, Paraná, incluindo alunos e funcionários.

As informações relacionadas à população de alunos, professores e funcionários foram utilizadas para definir as duas amostras de consumo como, número de lavagens mensal em calçadas pelos funcionários e população diariamente usuária de sanitários.

Após isso, verificou-se que o consumo diário de água per capita obtido, apontou para um consumo em calçadas e pátios de 9,25 m<sup>3</sup>/mês, e consumo total de água não potável da escola, utilizado pelos alunos e funcionários é de 18,28 m<sup>3</sup>/mês, totalizando consumo mensal de 27,53m<sup>3</sup>/mês.

Apesar de ser um consumo considerado baixo, por pessoa, encontra-se dentro da faixa de consumo médio de água para escolas e universidades, lembrando também que o consumo de água em instituições de ensino pode variar bastante conforme a sua tipologia e tempo de permanência dos usuários na edificação.

Com os resultados finais sobre o consumo mensal de água potável que está sendo utilizado em uso para lavagens e uso em sanitários que corresponde a 27,53 m<sup>3</sup>/mês, fizemos uma comparação do consumo mensal atualmente que em média utiliza 36 m<sup>3</sup>/mês, um consumo muito grande de água potável sendo utilizado de maneira inadequada.

**No decorrer de todo o desenvolvimento do projeto surgiram várias dificuldades, pois no período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020, o colégio encontrava-se de férias, com isso, dificultou muito a coleta de informações necessárias para desenvolvê-lo.**

**As pesquisas *in loco* foram realizadas em dias úteis, mas com o acompanhamento de guarda do colégio. Dentre outras dificuldades mais precisas,**

**conseguimos contatos fora do colégio e até mesmo na prefeitura, com os responsáveis pelas informações necessárias.**

## **CAPÍTULO 6**

### **6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Após o final deste estudo, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Realizar um estudo mais aprofundado sobre o consumo em mais áreas do colégio para análise de viabilidade econômica e seu tempo de retorno do investimento.
- Realizar estudo referente à sistemas de aproveitamento de água pluvial em outros lugares de grande frequência de pessoas.

## REFERÊNCIAS

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

\_\_\_\_\_. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais – Procedimento. Rio de Janeiro, 1989.

\_\_\_\_\_. **NBR 15527**: Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ABCMAC. Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br>

AGUASPARANÁ. **Relatório de alturas mensais de precipitação**. Disponível em: <<http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sihweb/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=arrregarInterfaceInicial>>. Acesso em: 24 de abril de 2018.

ANA – Agência Nacional de Águas. **A evolução da gestão de recursos hídricos no Brasil**. Edição Comemorativa do Dia Mundial da Água., p.64., 2002.

ACQUATECH **Comércio de Sistemas e Soluções para Água da Chuva e de Reuso**. Catálogo Online. Disponível em: < <http://www.acquatech.com.br/#>>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

ANNECCHINI K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – ES, 2005.

Disponível em: <[http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERS%C3%83O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN\\_.pdf](http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/VERS%C3%83O%20final%20-%20Karla%20Ponzo.PRN_.pdf)>. Acesso em: 21 de abril de 2018.

ANQIP. **Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais**. Disponível em: <<http://www.anqip.com>>. Acesso em: 22 de abril de 2018.

ARRAKIS. **El agua: uma extrana molécula**. 2004. Disponível em: <<http://www.arrakis.es/%7Elluengo/agua.html>>. Acesso em: 14 de março de 2018.

AZEVEDO NETO, M. F. Fernandez, R. Araujo, A. E. Ito. **Manual de Hidráulica**. São Paulo, Edigar Blucher, 1998 8ª ed. 669p.

BELLA CALHA. Disponível em:< <http://www.bellacalha.com.br>> acessado em 2010.

BEZERRA, S. M. da C. et al. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construindo**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, out./dez. 2010.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CASCAVEL. Prefeitura Municipal. **Programa Municipal de conservação e uso racional da água e reuso em edificações**. 2007. Disponível em: <[https://www.camaracascavel.pr.gov.br/leis-municipais.html?sdetail=1&leis\\_id=81](https://www.camaracascavel.pr.gov.br/leis-municipais.html?sdetail=1&leis_id=81)>. Acesso em: 24 de abril de 2018.

CHIURATTO, **Água um direito de todos**. 1.ed. Curitiba: Editora: Excelência Comunicação, 2004.

ECYCLE. **Captação de água da chuva: conheça as vantagens e cuidados necessários para o uso da cisterna**. 2018. Disponível em: < <https://www.ecycle.com.br/3301-captacao-de-agua-da-chuva-aproveitamento-sistema-cisternas-como-captar-armazenar-coletar-para-aproveitar-vantagens-coletor-modelos-cisterna-ecologica-aproveitando-coleta-pluvial-armazenamento-caseiro-residencial-como-onde-encontrar-comprar>>. Acesso em: 13 de abril de 2018.

ECOCASA. Tecnologias Ambientais – Aproveitamento de Água de Chuva. Disponível em:< <http://www.ecocasa.com.br> > acessado em 2010.

GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. In: Fórum Mundial da Água, 2., 2000, Holanda. Disponível em: <<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: 10 de março de 2018.

GOMES, M. A. F., **Qualidade das águas subterrâneas e suas relações com as atividades agrícolas**. Disponível em: <[http://www.geocities.com/esabio.geo/agua/qualidade\\_da\\_agua.htm](http://www.geocities.com/esabio.geo/agua/qualidade_da_agua.htm)>. Acesso em: 21 de abril de 2018.

GONÇALVES R. F. **Uso racional da água em edificações**. 1. Ed. 332 p. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

IDELT. Instituto de desenvolvimento, logística, transporte e meio ambiente. **Água de reuso**. 2005. Disponível em: <[www.idelt.com.br/meio\\_ambiente.html](http://www.idelt.com.br/meio_ambiente.html)>. Acesso em: 13 de abril de 2018.

LONGO, A. J. **Equações de chuvas intensas e precipitação provável para o município de Cascavel-Paraná**. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/variascientia/article/view/712>>. Acesso em: 20-de março de 2018.

LIU, J. et al. **Inter-county virtual water flows of the Hetao irrigation district, China: A new perspective for water scarcity.** Journal of Arid Environments, v. 119, p. 31-40, mar. 2015.

MORUZZI R. B.; OLIVEIRA S. C.; CARVALHO G. **Volume do reservatório de aproveitamento de água pluvial baseado no conceito do balanço de vazões para uma residência unifamiliar.** Publicitário UEPG: Ciencias Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia: Editora UEPG, v. 8, n. 1, 2002.

MONTOIA, P. Água, o ouro azul do nosso século. In: Moderna – Livros Didáticos, Disponível em: <<http://www.moderna.com.br/moderna/didaticos/projeto/2006/1/cisternas/>> acessado em 2010.

OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; YWASHIMA, L.; REIS, R. P. A. **Levantamento do Estado da Arte: Água. Projeto Tecnologia para Construção Habitacional Mais Sustentável.** São Paulo, 2007.

ONU. **População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU.** 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 03 de março de 2018.

PARAÍSO DAS BOMBAS. **Modelos de bomba d'água: saiba quais são os melhores.** Disponível em: <<https://blog.paraisodasbombas.com.br/modelos-de-bomba-dagua-saiba-quais-sao-os-melhores/>>. Acesso em: 02 de outubro de 2018.

RAINHO, J. M., **Planeta água.** Revista Educação, v.26, n.221, p.48-64, set/1999.

REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil – Capital Ecológico, uso e conservação.** 2ª. Edição. São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda. P.703, 2002.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construindo**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, out./dez. 2011.

SAMPAIO FILHO A. C. S. **Taxa interna de retorno modificada: Proposta de implementação automatizada para cálculo em projetos não-periódicos, não necessariamente convencionais.** 2008, p. 143. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós- graduação em Administração) Faculdade Ibmecc, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em:

<[http://www.ibmecrj.br/sub/RJ/files/dissert\\_mestrado/ADM\\_antoniosampaio\\_jul.pdf](http://www.ibmecrj.br/sub/RJ/files/dissert_mestrado/ADM_antoniosampaio_jul.pdf)>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

SAMPAIO, F. E. O. V. **Análise da viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em centros urbanos.** 2013. 165 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ L. A. Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso. CLACS' 04 – I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais.... CD Rom, 2004.

SCHERER, F. A. **Uso Racional da Água em Escolas Públicas: Diretrizes Para Secretarias de Educação**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós Graduação em Engenharia da construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SCHMIDT, G. Cristine. **Escola de Engenharia**. Minas, metalúrgica e materiais. Desenvolvimento de filtros de carvão ativado para remoção do cloro da água potável. Porto Alegre, 2011.

SCHNEIDER. **Tabela para seleção de bombas e motobombas**. 2017. Disponível em: <<http://www.schneider.ind.br/media/205160/tabela-de-selecao-schneider-motobombas-2017.pdf>>. Acesso em: 25 de novembro de 2018.

SHAREAMERICA. **Ao coletar a água da chuva, você está ajudando o meio ambiente**. 2016. Disponível em: <<https://share.america.gov/pt-br/ao-coletar-agua-da-chuva-voce-esta-ajudando-o-meio-ambiente/>>. Acesso em: 21 de agosto de 2018.

SEBRAE. **Captação de água da chuva: como fazer um sistema de captação da água de chuva**. 2014 Disponível em: <<http://sustentabilidade.sebrae.com.br/sites/Sustentabilidade/Para%E2%80%93sua%E2%80%93Empresa/Publicacoes/Infograficos/Capta%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1gua-da-chuva>>. Acesso em: 11 de abril de 2018.

SILVA Jr. H. X. **Aplicação das metodologias de análise estatística e de análise do custo do ciclo de vida (ACCV) para o estabelecimento de padrões de eficiência energética: Refrigeradores Brasileiros**. 2005, p. 144. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2005. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/refrigeradores-std.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

TESTON, ANDRÉA. **Aproveitamento de água da chuva: Um estudo qualitativo entre os principais sistemas**. 2012. 106 f. Dissertação (Pós-Graduação) – Especialização em construções sustentáveis – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-Pr, 2012. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/789/1/CT\\_CECONS\\_II\\_2012\\_03.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/789/1/CT_CECONS_II_2012_03.pdf)>. Acesso em: 17 de abril de 2018.

TOMAZ P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 4. 208 p.Ed. São Paulo: Navegar Editora, 2011.

TOMAZ P. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis**. Revista Saneas: Jornal AESabesp, São Paulo, n. 33, p. 33-39, 2009.

**APÊNDICE A - ÁREAS DE LIMPEZA DA ESCOLA**

**APÊNDICE B – DETALHAMENTO DA CAIXA D'ÁGUA**

**APÊNDICE C – DETALHAMENTO DO CONDUTOR VERTICAL**