

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS/MG**

**ENGENHARIA CIVIL**

**EDUARDA CAMPOS COELHO**

**PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL  
PARA FINS NÃO POTÁVEIS PARA A ESCOLA MUNICIPAL CARROSSEL -  
ELÓI MENDES – MG**

**VARGINHA - MG**

**2020**

**EDUARDA CAMPOS COELHO**

**PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL  
PARA FINS NÃO POTÁVEIS PARA A ESCOLA MUNICIPAL CARROSSEL -  
ELÓI MENDES – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel, sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

**VARGINHA - MG**

**2020**

**EDUARDA CAMPOS COLEHO**

**PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL  
PARA FINS NÃO POTÁVEIS PARA A ESCOLA MUNICIPAL CARROSSEL -  
ELÓI MENDES – MG**

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

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof. Ivana Prado Vasconcelos

---

---

OBS.:

"Não fui eu que lhe ordenei? Seja forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois, o senhor, o seu Deus estará com você por onde você andar."

Josué 1:9

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus, pela vida, pela saúde e por me ajudar a ultrapassar todas as dificuldades encontradas ao longo do curso.

Aos meus pais Pedro Tavares Coelho e Marcilene Campos Coelho, que sempre estiveram presentes na minha trajetória e me apoiaram em todos os momentos.

Ao meu irmão Pedro Daniel Campos Coelho por sempre me apoiar.

Aos meus amigos da faculdade que sempre estiveram presentes ao longo desta trajetória.

A minha orientadora e professora Ivana Prado de Vasconcelos que auxiliou no desenvolvimento deste trabalho, sempre esteve disposta a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado.

A todos aqueles que contribuíram para o desenvolvimento deste projeto, em especial a diretora e demais funcionários da escola, pela disponibilidade de informações e acesso ao local.

## RESUMO

O constante crescimento populacional e a utilização inadequada da água potável vêm gerando a escassez deste recurso em várias regiões brasileiras. Diante deste cenário que afeta diretamente a todos, cada dia mais é necessário o uso consciente. E uma das maneiras de evitar a redução intensa da disponibilidade de água potável é realizar o aproveitamento das águas pluviais. Esse aproveitamento trata-se da captação da água pluvial através das áreas impermeáveis, que é conduzida por meio de calhas e condutores, e possibilita uma reserva de água de excelente qualidade que pode ser empregue em atividades que não necessitem de água potável como higienização de ambientes. Diante disso, este trabalho apresenta como principal objetivo o desenvolvimento de um projeto de captação e aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis para a Escola Municipal Carrossel que está situada no município de Elói Mendes. No diagnóstico realizado por meio de visitas a escola, se identificou a existência de calhas, condutores verticais e horizontais, e para que estes dispositivos fossem empregues no sistema de aproveitamento de água pluvial foi realizado as devidas verificações para cada dispositivo existente. Analisando os valores de consumo mensal de água na edificação com as atividades de higienização e descargas sanitárias, além de se determinar o volume possível de água pluvial em função da área de cobertura e índice pluviométrico, efetuou o dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl. Todavia inicialmente foi previsto uma demanda que necessitava de um reservatório inferior que apresentava dimensões que tornava sua instalação inexecutável, diante disso foi redimensionado o mesmo, onde se reduziu a demanda. Além disso foi dimensionado o sistema elevatório, reservatório superior e tubulação de água fria para abastecer os pontos de utilização. E por fim foi realizado uma estimativa de custos que representaria a execução do projeto, além de se identificar um período de retorno de 16 anos, dessa forma sendo considerado inviável financeiramente, todavia com grande impacto socioambiental, devido ao fato de proporcionar a conscientização da água.

**Palavra – chave:** Água pluvial. Captação. Aproveitamento. Redimensionamento.

## ABSTRACT

The constant population growth and the inadequate use of drinking water have created a scarcity of this resource in several Brazilian regions. Faced with this scenario that directly affects everyone, conscious use is increasingly necessary. And one of the ways to avoid an intense reduction in the availability of drinking water is to make use of rainwater. This use is the capture of rainwater through impermeable areas, which is conducted by means of gutters and conductors, and allows a reserve of water of excellent quality that can be used in activities that do not require drinking water as cleaning of environments . Therefore, this work has as main objective the development of a project to collect and use rainwater for non-potable purposes for the Municipal School Carrossel which is located in the municipality of Elói Mendes. In the diagnosis made through visits to the school, the existence of gutters, vertical and horizontal conductors was identified, and for these devices to be used in the rainwater recovery system, due checks were carried out for each existing device. Analyzing the values of monthly water consumption in the building with the activities of hygiene and sanitary flushes, in addition to determining the possible volume of rainwater according to the coverage area and rainfall index, the bottom reservoir was dimensioned by the Rippl method. However, initially a demand was foreseen that needed a lower reservoir that had dimensions that made its installation unworkable, before that it was resized, where the demand was reduced. In addition, the elevating system, upper reservoir and cold water piping were designed to supply the points of use. Finally, a cost estimate was carried out that would represent the execution of the project, in addition to identifying a return period of 16 years, thus being considered financially unfeasible, however with great socio-environmental impact, due to the fact of providing water awareness.

*Keyword: Rainwater. Capture. Use. Resizing.*

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01:</b> Fachada bloco 1. ....	17
<b>Figura 02:</b> Fachada bloco 2. ....	17
<b>Figura 03:</b> Planta de implantação. ....	18
<b>Figura 04:</b> Calha. ....	19
<b>Figura 05:</b> Dimensões da calha. ....	19
<b>Figura 06:</b> Diagrama de cobertura com a presença de calhas .....	20
<b>Figura 07:</b> Condutores Verticais. ....	20
<b>Figura 08:</b> Saída para a rede pública de águas pluviais por meio de condutor horizontal. .....	21
<b>Figura 09:</b> Caixa de areia .....	21
<b>Figura 10:</b> Parâmetros para o município de Elói Mendes. ....	24
<b>Figura 11:</b> Determinação da área de captação.....	29
<b>Figura 12:</b> Indicações para cálculos da área de contribuição. ....	30
<b>Figura 13:</b> Filtro pré-fabricado .....	34
<b>Figura 14:</b> Comprimentos equivalentes e perdas localizadas.....	46
<b>Figura 15:</b> Área de captação que cada condutor comporta do bloco 1. ....	59
<b>Figura 16:</b> Bomba .....	71
<b>Figura 17:</b> Caixa de areia .....	73
<b>Figura 18:</b> Reservatório superior.....	74
<b>Figura 19:</b> Filtro volumétrico VF2. ....	75
<b>Figura 20:</b> Bomba.....	75
<b>Figura 21:</b> Tubo em PVC da marca Tigre. ....	76
<b>Figura 22:</b> Joelho 90° da marca Tigre. ....	76



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01:</b> Determinação do período de retorno.....	25
<b>Tabela 02:</b> Coeficiente de runoff .....	25
<b>Tabela 03:</b> Tipos de usos e porcentagens de utilização de consumo interno. ....	27
<b>Tabela 04:</b> Demanda interna/externa de uso de água não potável. ....	27
<b>Tabela 05:</b> Coeficiente de rugosidade.....	31
<b>Tabela 06:</b> Vazão máxima de condutores verticais em função da taxa de ocupação. ....	33
<b>Tabela 07:</b> Vazões nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização. ....	37
<b>Tabela 08:</b> Vazões limites para os diâmetros usuais – Material PVC.....	38
<b>Tabela 09:</b> Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo rugoso (tubo de aço carbono, galvanizado ou não) .....	40
<b>Tabela 10:</b> Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre).....	41
<b>Tabela 11:</b> Valores do coeficiente k para algumas velocidades. ....	45
<b>Tabela 12:</b> Consumo nos meses de funcionamento. ....	49
<b>Tabela 13:</b> Consumo nos meses de férias. ....	50
<b>Tabela 14:</b> Estimativa de consumo anual.....	51
<b>Tabela 15:</b> Determinação volume possível de captação.....	52
<b>Tabela 16:</b> Determinação da área de captação .....	52
<b>Tabela 17:</b> Determinação da área de contribuição .....	53
<b>Tabela 18:</b> Vazão de projeto. ....	55
<b>Tabela 19:</b> Vazão por calha.....	55
<b>Tabela 20:</b> Comprimento das Calhas .....	57
<b>Tabela 21:</b> Número de condutores verticais.....	58
<b>Tabela 22:</b> Vazões dos condutores verticais .....	59
<b>Tabela 23:</b> Vazões dos condutores horizontais .....	61
<b>Tabela 24:</b> Comprimento dos condutores horizontais.....	62
<b>Tabela 25:</b> Dimensionamento do reservatório .....	63
<b>Tabela 26:</b> Estimativa de consumo anual.....	65
<b>Tabela 27:</b> Dimensionamento do reservatório. ....	65
<b>Tabela 28:</b> Tabela de orçamento para sistema de aproveitamento de água pluvial .....	77
<b>Tabela 29:</b> Estimativa de economia de água potável com o uso da água pluvial.....	80

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 01:</b> Série histórica de dados pluviométricos. ....	26
<b>Quadro 02:</b> Rendimento dos motores elétricos. ....	47
<b>Quadro 03:</b> Rendimento de bombas centrífugas. ....	47
<b>Quadro 04:</b> Dimensionamento da rede – Pátio 1. ....	66
<b>Quadro 05:</b> Dimensionamento da rede - Pátio 2 .....	67
<b>Quadro 06:</b> Dimensionamento da rede no banheiro – Bloco 2 .....	67
<b>Quadro 07:</b> Dimensionamento das prumadas. ....	67
<b>Quadro 08:</b> Peças e suas respectivas perdas de carga no banheiro - Bloco 2 .....	68
<b>Quadro 09:</b> Peças e suas respectivas perdas de carga – Pátio 1 .....	68
<b>Quadro 10:</b> Peças e suas respectivas perdas de carga – Pátio 1.....	69
<b>Quadro 11:</b> Altura das peças. ....	69
<b>Quadro 12:</b> Cálculo das pressões – Pátio 1 .....	69
<b>Quadro 13:</b> Cálculo das pressões – Pátio 1 .....	69
<b>Quadro 14:</b> Cálculo das pressões no banheiro – Bloco 2.....	70

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 01</b> – Intensidade de chuva .....	23
<b>Equação 02</b> – Volume do reservatório .....	26
<b>Equação 03</b> – Vazão de projeto .....	31
<b>Equação 04</b> – Raio hidráulico .....	32
<b>Equação 05</b> – Equação de Manning, velocidade .....	32
<b>Equação 06</b> – Equação de Manning, vazão suportada .....	32
<b>Equação 07</b> – Vazão .....	33
<b>Equação 08</b> – Taxa de ocupação .....	33
<b>Equação 09</b> – Método de Rippl .....	35
<b>Equação 10</b> – Volume de chuva aproveitável pelo método de Rippl.....	35
<b>Equação 11</b> – Volume do reservatório pelo método de Rippl.....	36
<b>Equação 12</b> – Vazão .....	37
<b>Equação 13</b> – Perda de carga nos tubos rugosos .....	39
<b>Equação 14</b> – Perda de carga nos tubos lisos .....	40
<b>Equação 15</b> – Perda de carga nos tubos lisos .....	42
<b>Equação 16</b> – Perda de carga nos tubos registros.....	44
<b>Equação 17</b> – Fórmula de Forcheimer.....	45
<b>Equação 18</b> – Funcionamento diário do conjunto elevatório .....	45
<b>Equação 19</b> – Altura manométrica .....	46
<b>Equação 20</b> – Altura geométrica .....	46
<b>Equação 21</b> – Potência da bomb.....	47
<b>Equação 22</b> – Coeficiente de rendimento global da bomba do conjunto elevatório .....	47
<b>Equação 23</b> – Período de retorno (Payback) .....	80

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>3 DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Apresentação do local de estudo .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Caracterização do sistema existente .....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Calhas .....	19
3.2.2 Condutores Verticais .....	20
3.2.3 Condutores Horizontais .....	21
3.2.4 Caixas de areia .....	21
<b>4 MEMORIAL DESCRITIVO .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 Concepção de projeto .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Intensidade Pluviométrica de Elói Mendes .....</b>	<b>23</b>
4.2.1 Período de retorno .....	24
4.2.2 Tempo de concentração .....	25
<b>4.3 Volume possível de captação .....</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Estimativa de consumo para fins não potáveis .....</b>	<b>27</b>
<b>4.5 Consumo de água não potável .....</b>	<b>28</b>
<b>4.6 Dimensionamento do sistema .....</b>	<b>28</b>
4.6.1 Área de Captação .....	28
4.6.2 Dimensionamento da área de contribuição .....	29
4.6.3 Dimensionamento de calhas .....	31
4.6.4 Dimensionamento de condutores verticais .....	32
4.6.5 Dimensionamento de condutores horizontais .....	34
4.6.6 Dimensionamento do filtro .....	34
4.6.7 First Flush .....	35
4.6.8 Dimensionamento dos reservatórios .....	35
<b>4.7 Dimensionamento instalação predial de água fria .....</b>	<b>36</b>
4.7.1 Vazões nos pontos de utilização .....	36
4.7.2 Vazões no abastecimento de reservatório .....	38
4.7.3 Velocidade máxima da água .....	38
4.7.4 Pressões mínimas e máximas .....	38
4.7.5 Perda de cargas nos tubos .....	39
4.7.5.1 Perda de carga nos tubos rugosos .....	39
4.7.5.2 Perda de carga nos tubos lisos .....	40

4.7.6 Perda de carga nas conexões .....	40
4.7.7 Perda de carga nos registros .....	42
<b>4.8. Dimensionamento do sistema elevatório.....</b>	<b>43</b>
4.8.1 Bombas .....	43
4.8.1.1 Diâmetro da sucção .....	44
4.8.1.2 Diâmetro de recalque.....	44
4.8.1.3 Potência da bomba.....	45
4.8.1.4 Dimensões dos poços de sucção .....	48
<b>5 MEMORIAL DE CÁLCULO .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1 Estudo da vazão de demanda .....</b>	<b>49</b>
5.1.1 Higienização de pátios, refeitório, salão multiuso.....	49
5.1.2 Descarga das bacias sanitárias .....	50
5.1.3 Determinação do consumo total .....	51
<b>5.2 Cálculo da vazão pluvial .....</b>	<b>51</b>
<b>5.3 Área de telhado .....</b>	<b>52</b>
5.3.1 Área de captação de chuva .....	52
5.3.2 Área de Contribuição.....	53
<b>5.4 Verificação do sistema existente.....</b>	<b>54</b>
5.4.1 Calhas .....	54
5.4.2 Condutores Verticais .....	58
5.4.3 Condutores Horizontais .....	61
5.4.4 Caixas de areia.....	63
<b>5.5 Volume de descarte da primeira água da chuva.....</b>	<b>63</b>
<b>5.6 Dimensionamento do Reservatório .....</b>	<b>63</b>
5.6.2 Reservatório superior.....	66
<b>5.7 Dimensionamento das redes de água fria .....</b>	<b>66</b>
<b>5.8 Dimensionamento do sistema elevatório .....</b>	<b>70</b>
5.8.1 Diâmetro de recalque.....	70
5.8.2 Diâmetro da sucção .....	71
5.9 Potência da bomba.....	71
<b>6 ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E SERVIÇOS .....</b>	<b>73</b>
<b>6.1 Instalações de águas pluviais .....</b>	<b>73</b>
<b>6.2 Sistema de captação de água de chuva .....</b>	<b>73</b>
<b>6.3 Instalações de água fria.....</b>	<b>76</b>
<b>7 ESTIMATIVA DE CUSTO .....</b>	<b>77</b>
<b>8 ESTIMATIVA DE PERÍODO DE RETORNO .....</b>	<b>79</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>81</b>

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE A – PLANTA BAIXA .....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE B – IMPLANTAÇÃO .....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE C – COBERTURA .....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICE D – REDE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL .....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE E – PONTOS DE ÁGUA FRIA .....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE F – TRAÇADO DE BARRILETE SOBRE A LAJE .....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE G – ISOMÉTRICO BANHEIRO BLOCO 2 .....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE F – ISOMÉTRICO PÁTIOS 1 E 2 .....</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água trata-se de um recurso imprescindível para a vida no planeta e é empregue em inúmeras atividades humanas. Além disso trata-se de um dos principais elementos do desenvolvimento, e classificada como um bem econômico, uma vez que a sua falta pode paralisar uma região.

O Brasil, ainda nos dias atuais é considerado um país privilegiado quando se trata de quantidade de água, e talvez justamente por isso não de a devida importância a este recurso natural. O desperdício e a poluição de nossas águas constituem um triste cenário que evidencia a necessidade de uma maior atenção da sociedade com relação a esta questão.

Com a intensificação da demanda de água é necessário o uso de fontes alternativas de captação, uma vez que os mananciais de água superficial e subterrânea não mais atendem as necessidades da população, diante disso surgiu técnicas de aproveitamento de água pluvial em edificações, sendo uma solução sustentável que colabora para um uso mais racional da água e assim preservar os recursos hídricos.

O sistema de aproveitamento consiste na captação de água por meio de telhados e coberturas das edificações, e é transportada por calhas, condutores horizontais e verticais até os filtros, este que irá separar os resíduos sólidos, despejando a água filtrada em um reservatório, este que se trata do elemento mais caro do sistema e exige uma atenção especial no dimensionamento.

Este trabalho iniciou-se coma apresentação do diagnóstico do local em estudo, onde se caracterizou todos os componentes já existentes na edificação, realizou um pré-dimensionamento do sistema e por meio de análises verificou-se que seria necessário reduzir a demanda para tornar a implantação do reservatório inferior exequível.

Nesta segunda etapa é detalhado o dimensionamento completo do sistema de captação e aproveitamento de águas pluviais para a Escola Municipal Carrossel, além de se especificar os materiais com os devidos detalhes de instalação e locais para a implantação dos reservatórios, além dos serviços que devem ser realizados. E por fim é apresentado uma planilha orçamentaria com a estimativa de custos, realizado isso se definiu o período de retorno do investimento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Realizar o desenvolvimento de um projeto de captação e aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, da Escola Municipal Carrossel localizada no município de Elói Mendes-MG.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Apresentar breve diagnóstico do local de estudo.
- Estabelecer a demanda de água não potável da edificação.
- Realizar estudo pluviométrico do município de Elói Mendes.
- Dimensionar os dispositivos necessários ao sistema de aproveitamento de água de chuva e o sistema de drenagem pluvial para a edificação.
- Dimensionar o sistema elevatório e as instalações de água fria.
- Realizar levantamento de custos para a implantação do sistema.
- Especificar materiais e serviços para melhor eficiência do sistema.



### 3 DIAGNÓSTICO

#### 3.1 Apresentação do local de estudo

A Escola Municipal Carrossel, local onde será elaborado o projeto de captação e aproveitamento de água pluvial, está localizada na Rua Maranhão, 315, no bairro Nossa Senhora Aparecida no município de Elói Mendes, Minas Gerais.

A escola é dividida em dois blocos, como pode ser observado nas figuras 01 e 02, e atende ensino fundamental, infantil, além do estudo para jovens e adultos (EJA), funciona em três turnos: matutino com 196 alunos e 24 funcionários, vespertino com 212 alunos e 25 funcionários, noturno com 16 alunos e 2 funcionários, atendendo um total de 424 alunos e contêm um total de 51 funcionários.

**Figura 01:** Fachada bloco 1.



Fonte: O autor (2020).

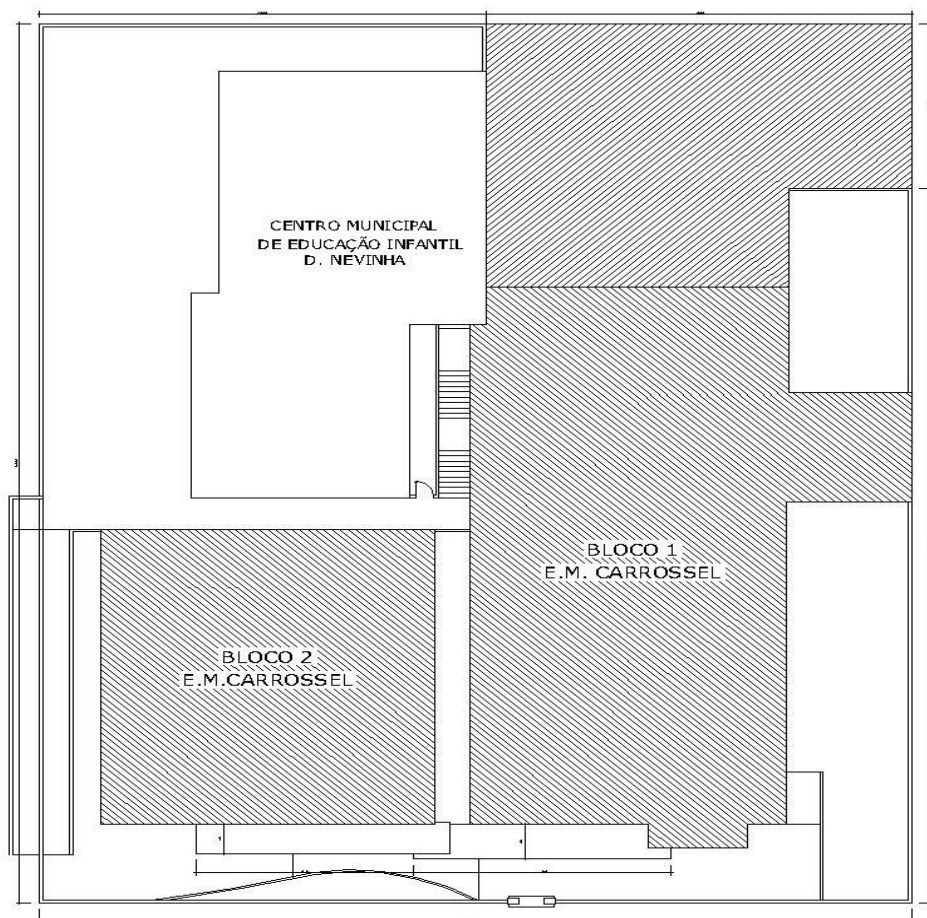
**Figura 02:** Fachada bloco 2.



Fonte: O autor (2020).

A partir da planta de implantação, figura 03 e também disponível no apêndice B, foi possível se obter a área construída que é 977,81 m<sup>2</sup> e essa edificação contém 12 salas de aula, sala de secretaria, sala de diretoria, sala de supervisão, sala de leitura, salão multiuso, pátios descobertos, cozinha, refeitório, banheiros, despensa, consultório odontológico, sala de professores, biblioteca. E a quadra que é utilizada pela escola pertence a comunidade e não somente a escola, tanto que ela não está presente na planta de implantação, pois não está no mesmo terreno que a escola.

**Figura 03:** Planta de implantação.



**Fonte:** Prefeitura Municipal de Elói Mendes (2020).

### 3.2 Caracterização do sistema existente

Para efetuar a caracterização do sistema além de consultas ao projeto arquitetônico disponibilizado pela prefeitura do município, foi necessário realizar visitas e medições no local para uma análise mais detalhada da escola.

E a partir das devidas análises e visitas ao local se identificou a existência de calhas, condutores verticais, condutores horizontais.

### 3.2.1 Calhas

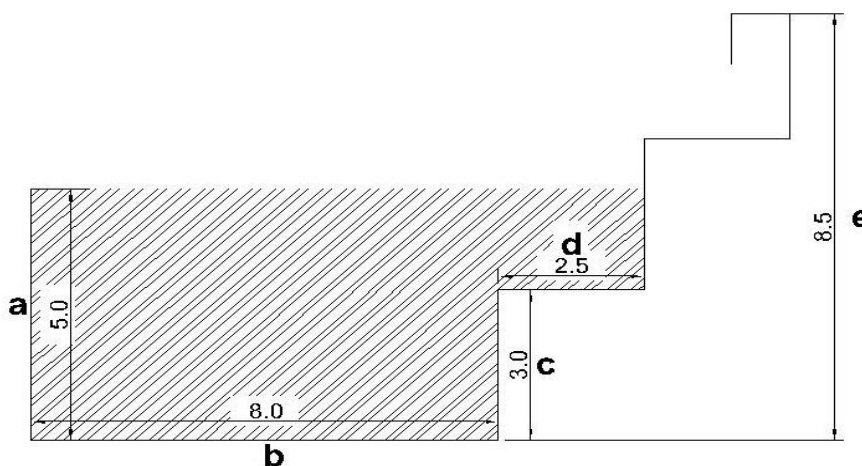
Na visita ao local identificou a existência de calhas do tipo beiral como podem ser observadas na figura 04, e por meio de medições se definiu suas dimensões sendo  $a = 5$  cm,  $b = 8$  cm,  $c = 3,0$  cm,  $d=2,5$  cm e  $e = 8,5$  cm além do perímetro molhado, como pode ser observado na figura 05 já que no projeto fornecido pela prefeitura não havia informações sobre calhas, condutores verticais e horizontais.

**Figura 04:** Calha.



**Fonte:** O autor (2020).

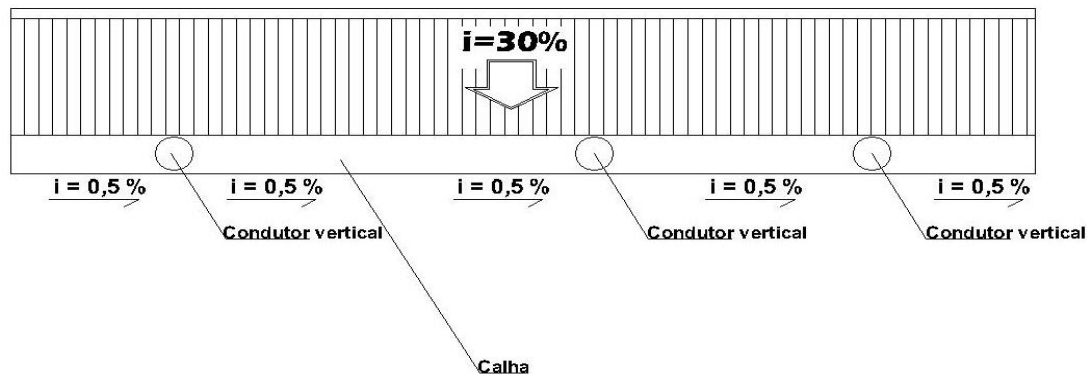
**Figura 05:** Dimensões da calha.



**Fonte:** O autor (2020).

A partir das medições, das análises das curvas de nível e das cotas da edificação, foi possível definir a declividade das calhas, como pode ser observado no diagrama de cobertura com as calhas e condutores verticais no bloco 1, figura 06.

**Figura 06:** Diagrama de cobertura com a presença de calhas



Fonte: O autor (2020).

### 3.2.2 Condutores Verticais

Durante a visita também se identificou a presença de condutores verticais (figura 07) circulares em PVC com diâmetro de 75 mm na edificação e em casos de necessidade de desvio se utilizou curvas de  $45^\circ$ .

**Figura 07:** Condutores Verticais.



Fonte: O autor (2020)

### 3.2.3 Condutores Horizontais

Em visita se constatou que os condutores verticais transportam a água de chuva até os condutores horizontais, além de se ter identificado que a tubulação desses condutores é PVC e apresentam diâmetro de 100 mm, que, através de condutores horizontais, encaminham toda a água para a rede pública de água pluviais, como pode ser observado na figura 08.

**Figura 08:** Saída para a rede pública de águas pluviais por meio de condutor horizontal.

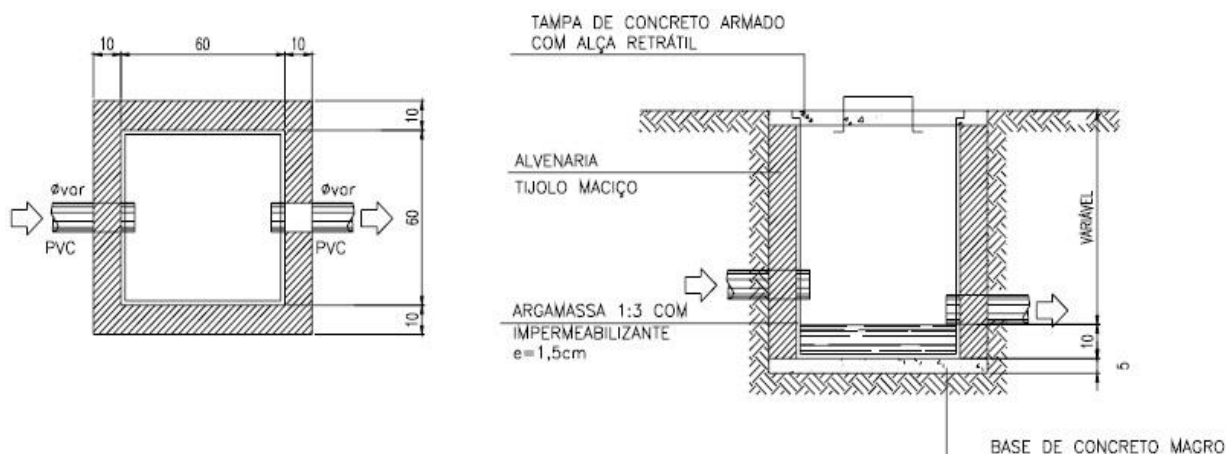


Fonte: O autor (2020).

### 3.2.4 Caixas de areia

As caixas de areia (figura 09) conforme a ABNT NBR 10844:1989 consistem nas caixas utilizadas nos condutores horizontais destinadas a coletar detritos por deposição.

**Figura 09:** Caixa de areia



Fonte: Portal do Projetista.

E a ABNT NBR 10844:1989 ainda define que nas tubulações enterradas, devem ser previstas a instalação desse dispositivo sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20 metros nos percursos retilíneos.

E no decorrer da visita a edificação se identificou que não se atendeu a recomendação da ABNT NBR 10844:1998 quanto a instalação das caixas de areia a cada 20 metros, dessa forma se faz necessário o seu dimensionamento.

## 4 MEMORIAL DESCRITIVO

### 4.1 Concepção de projeto

A elaboração do projeto de captação e aproveitamento de água pluvial acontecerá na Escola Municipal Carrossel, no município de Elói Mendes, onde a captação de água é executada no telhado e em seguida é conduzida para as calhas, que por sua vez a direcionam para os condutores verticais e horizontais.

Como a edificação já apresenta as instalações prediais de águas pluviais, os componentes existentes serão utilizados, como calhas e condutores verticais, até o sistema de armazenamento que é constituído por um reservatório inferior e superior. Já no caso dos condutores horizontais será necessário interceptá-los para que estes possam conduzir a água para o reservatório inferior, além disso será desenvolvido o sistema de distribuição da água com todos os seus devidos componentes.

### 4.2 Intensidade Pluviométrica de Elói Mendes

Para estimar a intensidade em um estabelecido local a Universidade Federal de Viçosa (1997), em parceria aos Departamentos de Engenharia Agrícola e Engenharia Civil, desenvolveu o software Plúvio que possibilita aos usuários adquirir a equação (01) de chuvas intensas para variadas regiões do Brasil.

#### Equação 01

$$Im = \frac{K \times Tr^a}{(tc + b)^c}$$

Onde:

Im → intensidade máxima média de precipitação (mm/h);

K → parâmetro relativo a localidade;

Tr → período de retorno (anos);

a → parâmetro relativo a localidade;

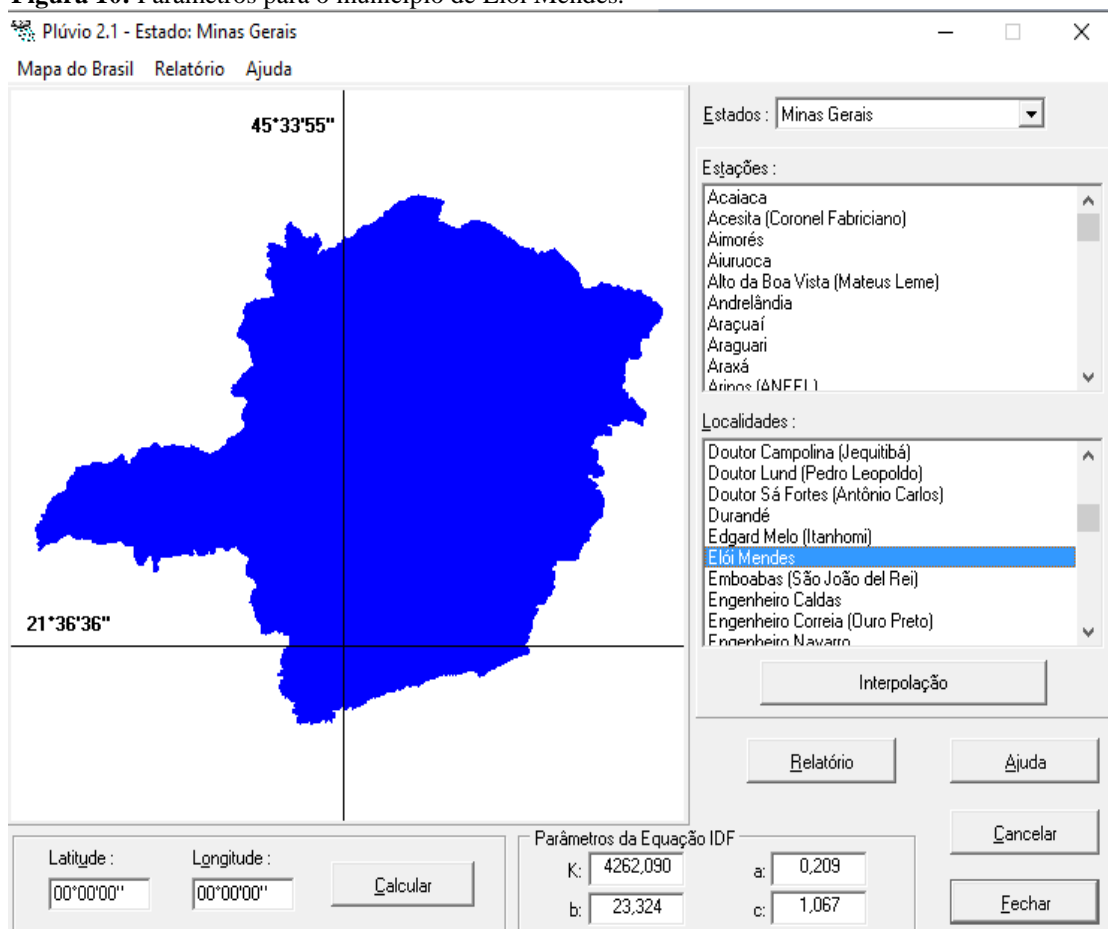
tc → duração da precipitação (minutos);

b → parâmetro relativo a localidade;

c → parâmetro relativo a localidade;

Por meio dessa equação (01) obteve-se o valor da intensidade pluviométrica do município de Elói Mendes, sendo necessário consultar o software Plúvio 2.1 para obter os devidos parâmetros para a realização do cálculo, como pode ser observado na figura 10:

**Figura 10:** Parâmetros para o município de Elói Mendes.



Fonte: O autor (2020).

#### 4.2.1 Período de retorno

A ABNT NBR 10844:1989 estabelece o período de retorno conforme as características da área a ser drenada, segundo os valores apresentados na tabela 01.



**Tabela 01:** Determinação do período de retorno.

<b>Características da área a ser drenada</b>	<b>Tr (anos)</b>
Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados.	01
Coberturas e ou terraços	05
Coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamentos não possam ser tolerados	25

**Fonte:** adaptado de ABNT (1989)

#### 4.2.2 Tempo de concentração

A ABNT NBR 10844:1989 fixa para instalações prediais de águas pluviais que o tempo de concentração deve ser de 5 minutos.

#### 4.3 Volume possível de captação

Para o cálculo do volume de água pluvial a ABNT NBR 15527:2019 afirma que precisa do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, este que segundo a ABNT NBR 15527:2019 é o coeficiente que simboliza a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, oscilando de acordo a superfície.

Para efeito de cálculo, Tomaz (2010) afirma que o volume de água pluvial que é capaz de ser aproveitado é diferente do precipitado. O mesmo autor fornece a tabela 02 com os coeficientes para diferentes tipos de material.

**Tabela 02:** Coeficiente de runoff (Continua)

<b>Material</b>	<b>Coeficiente de runoff</b>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95

**Tabela 02:** Coeficiente de runoff (Conclusão)

<b>Material</b>	<b>Coeficiente de runoff</b>
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, PVC	0,9 a 0,95

**Fonte:** Tomaz (2009).

Além disso é necessário a definição da precipitação média mensal de Elói Mendes, e para isso realiza-se consultas a Fundação Procafé referente a Varginha – MG, uma vez que não existem dados referentes a cidade de Elói Mendes e o município de Varginha é o mais próximo. Onde se considerou uma série histórica de 10 anos entre 2009 e 2019, como é o recomendável, como pode ser observado no quadro 01.

**Quadro 01:** Série histórica de dados pluviométricos.

<b>Ano</b>	<b>Meses</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>
2009	262,6	207	233	68,2	42	44,3	20,8	37,2	120,8	90,6	123,4	342,8
2010	198,4	141	116,6	18	14,4	16,4	10,8	0	83,5	126	225,2	176,2
2011	338,2	90,4	261	93,2	5,4	19,8	0,6	11,6	1,2	121	110	225,8
2012	334,8	49,2	185	85,2	33,8	110,6	22,6	0,8	29	47,2	140	224,6
2013	419,2	221,6	161	61	71,8	36	29,4	1	45,6	106,2	199,3	165,4
2014	47,6	12,8	117,8	82,4	15,4	6,4	33	14,4	46,8	39,6	117,6	164,6
2015	117	106,8	202	73,3	46	9,4	6,4	18	134,4	37	325,7	172,6
2016	345	164,4	175,1	21,4	30,8	54,2	0	45,2	12,8	146	170,8	160,6
2017	154	72,2	129,4	35	67	44,4	0,2	15,8	66,2	122	144,6	261
2018	188	166,2	68,2	16,8	27	26,8	2,4	75,4	103,6	116,2	157,8	207,2
2019	164,6	298	193,2	62	81	5,4	8,4	18,8	85,6	51,6	151,6	273,6

**Fonte:** Adaptado Fundação Procafé (2020).

Com todos esses parâmetros definidos é possível calcular o volume de água pluvial, por meio da equação 02.

### **Equação 02**

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}}$$

Onde:

V → volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P → precipitação média anual, mensal ou diária;

A → área de coleta;

C → coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$\eta_{\text{fator de captação}}$  → eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

#### 4.4 Estimativa de consumo para fins não potáveis

O autor Tomaz (2010) aborda sobre uma forma de se estimar o consumo de água não potável por meio de parâmetros de engenharia, todavia como são necessárias diversas informações e em algumas vezes não há a disponibilidade delas, dessa forma essa atividade pode se tornar muito trabalhosa.

Através da tabela 03 é exibido alguns tipos de usos e porcentagens de utilização de consumo interno, que podem ser atendidos através da água da chuva.

**Tabela 03:** Tipos de usos e porcentagens de utilização de consumo interno.

Tipos de usos de água	Porcentagem	Consumo residencial no Brasil supondo média mensal de 160 litros/dia x habitante (litros)
Descargas nas bacias sanitárias	27%	43
Vazamentos em geral	14%	22

**Fonte:** Vickers (2001) apud Tomaz (2007).

Já na tabela 04 são fornecidos alguns parâmetros relativos ao uso interno de água não potável.

**Tabela 04:** Demanda interna/externa de uso de água não potável.

Uso interno/externo	Unidades	Parâmetros
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	2
Volume de descarga	Litros/descarga	9
Higienização de pátio	Litros/dia/m <sup>2</sup>	2

**Fonte:** Adaptado Tomaz (2007) apud Anecchini (2005).

A frequência de higienização de acordo com a diretora da escola é realizada durante todos os dias do período letivo, correspondendo a 21 dias letivo por mês e no período de férias é realizada uma vez por semana a higienização da escola.

Primeiramente se definiu a área de cada ambiente por meio do projeto arquitetônico fornecido pela prefeitura do município. E para o estabelecimento do consumo com as descargas das bacias sanitárias foi necessário definir parâmetros como o número de descargas por pessoa por dia e o volume por descarga por meio da tabela 03. Além disso foi necessário definir o número de pessoas que o volume captado será capaz de atender, isso devido ao fato de não ser possível atender ao número total de alunos. A partir da multiplicação do número de pessoas, número de descarga, volume e dias letivo, obteve o consumo das descargas sanitárias. Os resultados serão apresentados no memorial de cálculo.

#### **4.5 Consumo de água não potável**

A água não potável obtida no sistema de aproveitamento pluvial será empregue na lavagem de pátios, refeitório, salão multiuso e além disso será empregue na descarga dos vasos sanitários da escola.

#### **4.6 Dimensionamento do sistema**

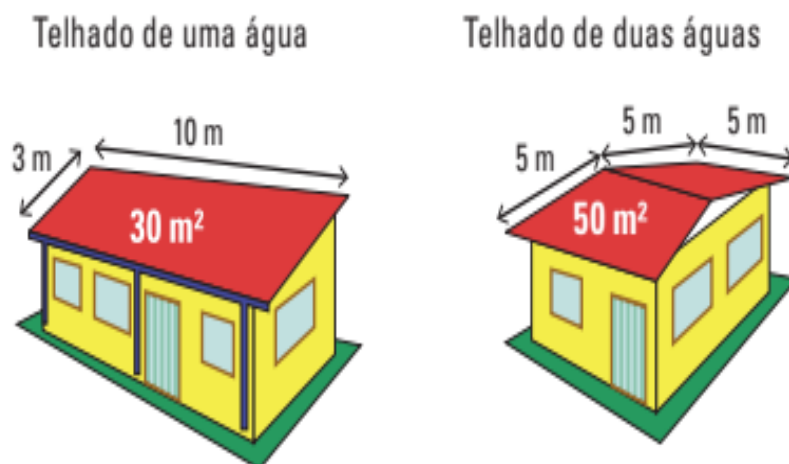
Após se definir o emprego da água não potável na edificação, o projeto dessa escola deve ser dimensionado adotando as seguintes fórmulas e especificações descritas a seguir:

##### **4.6.1 Área de Captação**

O cálculo da área de captação é uma etapa bem simples de acordo com FEAM/FIEMG (2015), quando se trata de um telhado de uma água basta realizar a multiplicação das dimensões do comprimento e da largura e no caso de duas águas soma

o comprimento das duas águas e multiplica pela largura do telhado, como pode ser observado na figura 11.

**Figura 11:** Determinação da área de captação.



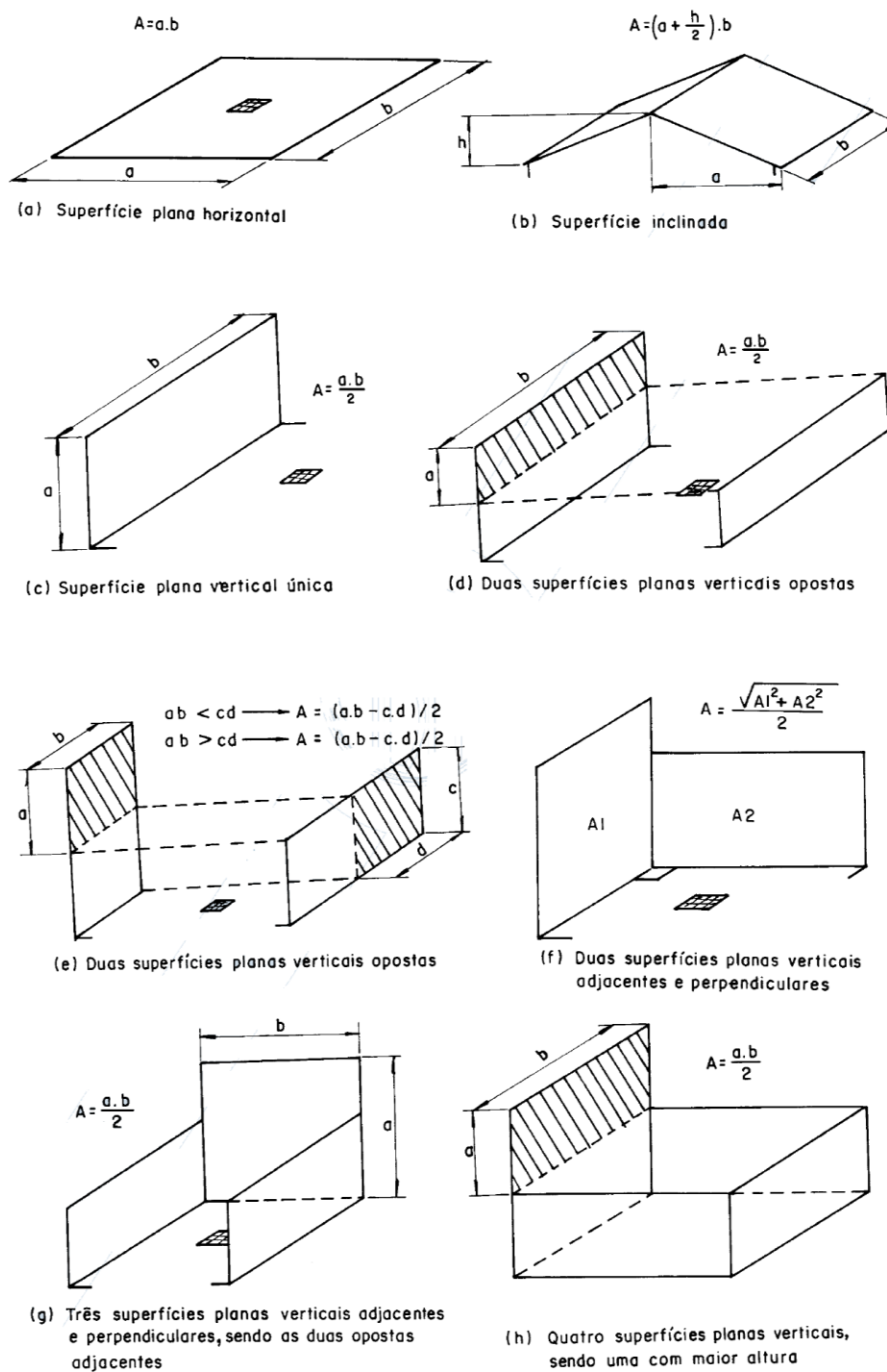
Fonte: FEAM/FIEMG (2015).

#### 4.6.2 Dimensionamento da área de contribuição

Para o cálculo da área de contribuição a ABNT NBR 10844:1989, estabelece que deve levar em conta os incrementos gerados pela inclinação da cobertura e as paredes que retém água de chuva que também deve ser drenada pela cobertura.

No projeto arquitetônico é disponibilizado as dimensões do telhado, com essas informações e de acordo com as indicações conforme o tipo de cobertura fornecidos pela ABNT NBR 10844:1989 (figura 12), é possível se obter a área de contribuição por meio da equação de superfície inclinada

**Figura 12:** Indicações para cálculos da área de contribuição.



Fonte: ABNT (1989).

### 4.6.3 Dimensionamento de calhas

No diagnóstico realizado por meio do projeto fornecido pela prefeitura e visita ao local, constatou a presença de calhas e dessa forma não será necessário o seu dimensionamento, sendo necessário apenas o cálculo da vazão dessas calhas.

O cálculo da vazão de projeto que segundo a ABNT NBR 10844:1998 consiste na vazão de referência para o dimensionamento de condutores e calhas. Essa norma ainda define que a vazão deve ser calculada pela equação (03):

#### Equação 03

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

Onde:

Q → vazão de projeto (L/min);

I → intensidade pluviométrica (mm/h);

A → área de contribuição (m<sup>2</sup>).

A tabela 05 apresenta os coeficientes de rugosidade dos materiais geralmente empregados na confecção de calhas.

**Tabela 05:** 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:** NBR 10844 (ABNT, 1989).

Com a vazão de projeto definida é necessário verificar se o dispositivo disponível na edificação é capaz de suportar a vazão para que está sendo projetado, para isso é necessário calcular o perímetro molhado que consiste no somatório das dimensões, além do raio hidráulico (equação 04):

**Equação 04**

$$\text{Raio hidráulico} = \frac{\text{área de molhada}}{\text{perímetro molhada}}$$

Já a velocidade é definida por meio da equação de Maning, equação 05:

**Equação 05**

$$V = \frac{\sqrt[3]{Rh^2} * \sqrt{i}}{n}$$

Onde:

V → velocidade (m.s<sup>-1</sup>);

Rh → raio hidráulico (m);

i → declividade (m);

n → coeficiente de rugosidade.

E por fim finalmente é definida a vazão suportada (equação 06) para que seja possível realizar a verificação.

**Equação 06**

$$Q = A * V$$

Onde:

Q → vazão suportada (litros/min);

A → área da calha (m<sup>2</sup>);

V → velocidade (m.s<sup>-1</sup>).

**4.6.4 Dimensionamento de condutores verticais**

E ainda durante o diagnóstico realizado por meio do projeto fornecido pela prefeitura e visita ao local, se identificou a existência de condutores verticais, dessa forma não será necessário realizar o seu dimensionamento e no memorial de cálculo será apresentado o quantitativo e dimensões desse dispositivo.



Diante da existência desses condutores é necessário realizar a verificação para analisar se esses são capazes de suprir a demanda que estão sendo projetados. Como não existe uma verificação brasileira para isso, se utiliza o Uniform Plumbing Code de 1973, este que foi criado na Bélgica e fornece bons resultados. E de acordo com Reis, 2007 essa verificação é realizada por meio das equações 07 e 08.

#### Equação 07

$$Q = 0,019 * (T_o)^{\frac{5}{3}} * D^{\frac{8}{3}}$$

Onde:

Q → vazão L/min;

D → diâmetro interno do condutor vertical (mm);

To → taxa de ocupação

#### Equação 08

$$T_o = \frac{S_w}{S_t}$$

Onde:

$S_w$  → área da seção anelar por onde escoar a água;

$S_t$  → área da seção transversal do condutor vertical.

Além disso foi desenvolvido no Brasil a tabela 20 para que possa facilitar a verificação dos condutores verticais.

**Tabela 06:** Vazão máxima de condutores verticais em função da taxa de ocupação.

Taxa de ocupação (TO)	25%	30%
<b>Diâmetro interno (mm)</b>	<b>Vazão (L/min)</b>	
75	188,57	255,54
100	-	550,33
150	-	1622,33
200	-	3494,37
250	-	6335,72

Fonte: Reis, 2007 apud PCC – USP (2006).

#### 4.6.5 Dimensionamento de condutores horizontais

Como já há a presença de condutores horizontais na edificação, não será necessário o seu dimensionamento, todavia estes se encontram enterrados, dessa forma será necessário interceptá-los até o reservatório.

Diante da existência desses condutores é necessário realizar a verificação para que se possa analisar se os dispositivos existentes serão capazes de suportar a demanda para a qual estão sendo projetado. Onde essa verificação é realizada a partir do cálculo da vazão suportada e nenhuma vazão dos condutores pode estar acima.

#### 4.6.6 Dimensionamento do filtro

A FEAM/FIEMG (2015), estabelece que o dimensionamento desses dispositivos deve ser efetuado com base na área de filtração, isso na maioria das vezes é feito e fornecido pelos próprios fabricantes.

Ainda de acordo com a FEAM/FIEMG (2015) é possível a fabricação de um filtro autolimpante com um custo relativamente baixo, além de utilizar materiais disponíveis no mercado. Além de existir diversos filtros pré-fabricados comercializados no mercado brasileiro, conforme o da figura 13.

**Figura 13:** Filtro pré-fabricado



**Fonte:** 3P Technik, ilustração adaptada apud FEAM/FIEMG (2015).

#### 4.6.7 First Flush

Para a ABNT NBR 15527:2019 no momento em que se utiliza esse dispositivo de descarte de água há necessidade de ser dimensionado pelo projetista. Em caso de ausência de dados, sugere o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

#### 4.6.8 Dimensionamento dos reservatórios

No dimensionamento do reservatório de descarte a princípio é necessário a definição da quantidade de descarte de água da primeira chuva, isso porque segundo Tomaz (2007) após um período de três dias de seca ocorre o acúmulo de poeiras, folhas e detritos e dessa forma a água das primeiras chuvas se tornam inviável para o uso. Ainda conforme Tomaz (2007) foram realizadas pesquisas que expõem que o first flush oscila de 0,4 L/m<sup>2</sup> de telhado a 8 L/m<sup>2</sup> de telhado de acordo com o local.

Para a ABNT NBR 15527:2019 no momento em que se utiliza esse dispositivo de descarte de água há necessidade de ser dimensionado pelo projetista. Em caso de ausência de dados, sugere o descarte de 2 mm da precipitação inicial

Após isso é possível realizar o cálculo do volume do reservatório superior, este que será dimensionado por meio do Método de Rippl que segundo a FEAM/FIEMG (2015) é o mais complexo e seu volume de reservatório é estabelecido por análise gráfica. Além disso ainda afirma que não leva em conta a demanda por água de chuva.

De acordo com Tomaz (2007) esse método normalmente superdimensiona o reservatório, todavia é conveniente utilizá-lo para verificar o limite superior do volume acumulado de águas pluviais do reservatório.

A ABNT NBR 15527: 2019 determina que neste método pode se empregar as series históricas mensais ou diárias.

#### Equação 09

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

#### Equação 10

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

### Equação 11

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

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

Onde:

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

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

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

V → volume do reservatório;

C → coeficiente de escoamento superficial.

## 4.7 Dimensionamento instalação predial de água fria

Tomaz (2007) cita a necessidade de uma nítida distinção entre as tubulações de água potável e as outras tubulações e demais componentes.

O autor ainda recomenda distintos sistemas de distribuição de água fria, um com finalidade potável e o outro não potável e precisam desses em qualquer tipo de construção, impossibilitando a conexão cruzada e seguindo as orientações da ABNT NBR 5626:2020.

### 4.7.1 Vazões nos pontos de utilização

Conforme a ABNT NBR 5626:2020 a instalação predial precisa ser dimensionada com o objetivo de garantir a vazão de projeto determinada na tabela 07, e esteja a disposição no respectivo ponto de utilização. E a norma ainda determina que a rede predial de distribuição seja dimensionada dessa mesma forma, mesmo que haja o uso simultâneo de dois ou mais pontos de utilização.

**Tabela 07:** Vazões nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

<b>Aparelho sanitário</b>	<b>Peça de utilização</b>	<b>Vazão de projeto (L/s)</b>	<b>Peso relativo</b>
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
	Válvula de descarga	1,7	32
Banheira	Misturador (água fria)	0,3	1
Bebedouro	Registro de pressão	0,1	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,1	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,2	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,1	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,3	1
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	Com sifão integrado Válvula de descarga	0,5	2,8
	Sem sifão integrado Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
	Torneira	0,1	0,1
Tanque	Torneira elétrica	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,2	0,4

**Fonte:** NBR 5626 (ABNT, 1998).

Com os pesos devidamente definidos através da tabela 07 e as vazões calculadas por meio da equação 12, é possível se determinar o diâmetro, este que é definido a partir da tabela 08.

### Equação 12

$$Q = 0,30 \sqrt{\Sigma \text{Pesos}}$$

**Tabela 08:** Vazões limites para os diâmetros usuais – Material PVC.

Diâmetro		Vazão limite	Velocidade (m/s)	
Pol	mm	l/s	Caso 1	Caso 2
	15	0,2	1,6	1,71
	20	0,55	1,93	1,98
1	25	1,1	2,21	2,21
1 1/4	30	2	2,5	2,5
1 1/2	40	3	2,73	2,8
2	50	5,9	3	3,13
2 1/2	60	8,5	3	3,43
3	75	13,26	3	3,83
4	100	23,55	3	4,43
5	125	36,78	3	4,95

Fonte: Prado, 2020.

#### 4.7.2 Vazões no abastecimento de reservatório

De acordo com a ABNT NBR 5626:2020 no que se refere aos pontos de suprimento de reservatórios, a vazão de projeto é obtida por meio da razão da capacidade do reservatório pelo tempo de enchimento. Com isso a vazão vai variar de acordo com o tamanho do reservatório, já que no caso de reservatórios individualizados o tempo de enchimento não ultrapassa 1 hora e grandes reservatórios esse tempo pode chegar até 6 horas.

#### 4.7.3 Velocidade máxima da água

A ABNT NBR 5626:2020 define 3 m/s como valor máximo para a velocidade da água, em qualquer trecho da tubulação, dessa forma as tubulações precisam ser dimensionadas para atender essa especificação.

#### 4.7.4 Pressões mínimas e máximas

Segundo a ABNT NBR 5626:2020 independentemente da situação, a pressão deve ser no mínimo 10kPa, exceto no ponto da caixa de descarga onde a pressão pode

apresentar valor inferior ao mínimo, podendo ser até 5kPa, já do trecho da válvula de descarga para bacia sanitária local no qual a pressão deve ser no mínimo 15kPa.

A mesma ainda estabelece que em qualquer trecho da rede predial de distribuição, a pressão da água em situações dinâmicas (com escoamento) deve ser no mínimo de 5kPa. Já quando se trata de situações estáticas a norma estabelece no máximo 400kPa.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 5626:2020 são permitidas sobrepressões oriundas de transientes hidráulicos no dimensionamento das tubulações, desde que não ultrapassem um limite de 200kPa.

#### **4.7.5 Perda de cargas nos tubos**

A ABNT NBR 5626:2020 declara que a perda de carga ao longo de um tubo depende de elementos: comprimento, diâmetro, rugosidade da superfície interna e vazão. A mesma ainda indica a equação universal para o cálculo do valor da perda de carga nos tubos, por meio do fornecimento dos fabricantes dos valores das rugosidades. Caso não tenha essas informações, pode utilizar as equações de Fair-Whipple-Hsiao.

##### **4.7.5.1 Perda de carga nos tubos rugosos**

No caso de tubos rugosos (tubos de aço-carbono, galvanizado ou não) a ABNT NBR 5626:2020 estabelece que a perda de carga deve ser calculada pela seguinte equação (13):

#### **Equação 13**

$$J = 20,2 \times 10^6 \times Q^{1,88} \times d^{-4,88}$$

Onde:

J → perda de carga unitária (KPa/m);

Q → vazão estimada na seção considerada (L/s);

D → diâmetro interno do tubo (mm).

#### 4.7.5.2 Perda de carga nos tubos lisos

No caso de tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre) a ABNT NBR 5626:2020 determina que a perda de carga deve ser calculada pela seguinte equação (14):

#### Equação 14

$$J = 8,69 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75}$$

Onde:

J → perda de carga unitária (KPa/m);

Q → vazão estimada na seção considerada (L/s);

D → diâmetro interno do tubo (mm).

#### 4.7.6 Perda de carga nas conexões

De acordo com a ABNT NBR 5626:2020 a perda de carga nas conexões que conectam os tubos, formando as tubulações, apresenta a necessidade de ser expressa em termos de comprimentos similares a esses tubos, e esses comprimentos são fornecidos pelas seguintes tabelas 09 e 10.

**Tabela 09:** Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo rugoso (tubo de aço carbono, galvanizado ou não). (Continua)

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7
20	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0
25	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4
32	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7



**Tabela 09:** Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo rugoso (tubo de aço carbono, galvanizado ou não). (Conclusão)

40	1,4	0,6	1,0	0,6	0,2	2,1
50	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7
65	2,4	1,1	1,7	1,0	0,4	3,4
80	2,8	1,3	2,0	1,2	0,5	4,1
100	3,8	1,7	2,7	...	0,7	5,5
125	4,7	2,2	...	...	0,8	6,9
150	5,6	2,6	4,0	...	1,0	8,2

Fonte: ABNT (1998).

**Tabela 10:** Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre). (Continua)

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

**Tabela 10:** Perda de carga em conexões – Comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre). (Conclusão)

100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

**Fonte:** ABNT (1998).

Ainda de acordo com a mesma norma, acaso for inexequível prever os tipos e números de conexões a serem utilizados, pode se estimar uma porcentagem de comprimento real de tubos, oscilando de 10% a 40% e esse valor escolhido varia muito da experiência do projetista.

#### 4.7.7 Perda de carga nos registros

Conforme a ABNT NBR 5626:2020 os registros de fechamento, normalmente empregues na situação de passagem plena possuem uma perda de carga nos registros considerada baixa, podendo ser desconsiderada. Já os registros de utilização são caracterizados por altas perdas de carga, que precisam ser minuciosamente computadas. Para o cálculo da perda de carga em registro de pressão é utilizado a seguinte equação (15):

#### Equação 15

$$\Delta h = 8 \times 10^6 \times K \times Q^2 \times \pi^{-2} \times d^{-4}$$

$\Delta h$  → perda de carga no registro (kPa);

K → coeficiente de perda de carga do registro (ver NBR 10071);

Q → vazão estimada na seção considerada (L/s);

d → diâmetro interno da tubulação (mm).

## **4.8. Dimensionamento do sistema elevatório**

A ABNT NBR 5626:2020 afirma que para a determinação tanto do tipo de instalação elevatória quanto na localização dos reservatórios e bombas hidráulicas, é necessário levar em consideração o uso mais conveniente da pressão disponível, com a finalidade de conservar energia.

Ainda de acordo com essa norma a instalação elevatória precisa apresentar no mínimo duas unidades de elevação de pressão, independentes, com a finalidade de assegurar o abastecimento de água acaso haja falha de uma das unidades.

Quanto a localização e a forma de instaurar a instalação elevatória a NBR 5626:2020 afirma que precisam ser estabelecidas prevendo soluções designadas a diminuir os efeitos da vibração e dos ruídos.

### **4.8.1 Bombas**

De acordo com o autor Netto (2012) as bombas consistem em equipamentos mecânicos que transferem energia necessária para um deslocamento, possibilitando a elevação da água de um ponto para outro. O autor ainda afirma que normalmente tanto nas instalações para água como para o esgoto são utilizadas as bombas centrífugas ativadas por motores elétricos.

A ABNT NBR 15527:2019 afirma sobre a necessidade de observar as especificações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.

Além disso é definido pela ABNT NBR 15527:2019 a possibilidade de instalação, junto à bomba centrífuga, dosador automático de derivado clorado, que convém ser encaminhado a um reservatório intermediário para que ocorra tempo de contato de pelo menos 30 minutos.

#### 4.8.1.1 Diâmetro da sucção

Segundo Netto (2012) a tubulação de sucção deve apresentar a menor extensão possível, preservando-se ao máximo de peças especiais como: curvas, cotovelos. O autor ainda afirma que esse tipo de tubulação normalmente apresenta um diâmetro comercial imediatamente superior ao da tubulação de recalque.

Netto (2012) define como altura máxima de sucção incluindo as perdas de carga deve atender as especificações determinadas pelos fabricantes das bombas. E ainda estabelece que para grande parte das bombas centrífugas, a sucção deve ser inferior a 5m.

#### 4.8.1.2 Diâmetro de recalque

Conforme Netto (2012) especifica que a princípio é necessário definir se o sistema opera de forma contínua ou não contínua, para poder aplicar as devidas fórmulas.

- **Sistema contínuo**

Para esse tipo de sistema o diâmetro de recalque é calculado pela seguinte fórmula (16) de Bresse.

#### Equação 16

$$D = K \times \sqrt{Q}$$

Onde:

D → diâmetro (m);

K → coeficiente que depende da velocidade do recalque, varia de 0,7 e 1,5;

Q → vazão (m<sup>3</sup>/s).

Netto (2012) ainda declara que para adquirir um rendimento econômico, k deve valer 1,2, além disso devido a adoção da fórmula de Bresse é necessário consultar a tabela 11 com as velocidades de recalque e seus respectivos k.

**Tabela 11:** Valores do coeficiente k para algumas velocidades.

Valores de K	Valores de v (m/s)
0,90	1,60
1,10	1,06
1,30	0,75
1,5	0,57

Fonte: Netto (2012)

- **Sistema operando não contínuo**

Para esse tipo de sistema o diâmetro de recalque é calculado pela seguinte fórmula (17)

**Equação 17**

$$D = 1,3X^{1/4} x \sqrt{Q}$$

Onde:

D → diâmetro (m);

X → relação entre o número de horas de funcionamento diário do conjunto elevatório e 24 horas, conforme a equação (18).

Q → vazão (m<sup>3</sup>/s).

**Equação 18**

$$X = \frac{n^{\circ} \text{ de horas de bombeamento por dia}}{24}$$

#### 4.8.1.3 Potência da bomba

De acordo com Netto (2012), define que o conjunto elevatório (motor – bomba) deverá vencer o desnível entre os dois pontos acrescentados das perdas de cargas ao longo do percurso. E para isso o autor ainda estabelece que a primeira etapa para definição da potência da bomba é o cálculo da altura manométrica por meio da equação (19):

### Equação 19

$$H_{man} = H_g + \text{perdas de carga totais (hf)}$$

Onde:

$H_{man}$  → altura manométrica;

$H_g$  → altura geométrica, isto é, a diferença de nível.

Sendo que a altura geométrica é obtida por meio da equação (20):

### Equação 20

$$H_g = H_s + H_r$$

Onde:

















$H_s$  → altura de sucção, isto é, altura do eixo da bomba sobre o nível inferior;

$H_r$  → altura de recalque, ou seja, altura do nível superior em relação ao eixo bomba;

$H_g$  → altura geométrica, isto é, a diferença de nível.

Para o estabelecimento dos comprimentos equivalentes das peças utilizadas, foi necessário realizar consultas na figura 14.

**Figura 14:** Comprimentos equivalentes e perdas localizadas.

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem direta	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída bilateral	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canaliz.	Válvula de pé e crivo	Válvula retenção		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
DN (mm)	Ref. (pol.)																
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,5	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: Knapik, 2017 apud Macintyre, 2017.

Após a determinação da altura manométrica é possível obter a potência da bomba através da equação (21):

**Equação 21**

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \eta}$$

Onde:

P → potência (cv);

$\gamma$  → peso específico do líquido a ser elevado (água ou esgoto: 1000 kgf/m<sup>3</sup>);

Q → vazão ou descarga (m<sup>3</sup>/s)

$H_{man}$  → altura manométrica (m)

$\eta$  → coeficiente de rendimento global da bomba do conjunto elevatório (Quadro 02 e 03)

Sendo  $\eta$  calculado pela seguinte equação (22):

**Equação 22**

$$\eta = \eta_{motor} \times \eta_{bomba}$$

**Quadro 02:** Rendimento dos motores elétricos.

<b>Rendimento de motores elétricos</b>												
HP	½	¾	1	1 ½	2	3	5	10	20	30	50	100
$\eta_m$	64%	67%	72%	73%	75%	77%	81%	84%	86%	87%	88%	90%

Fonte: Netto (2012)

**Quadro 03:** Rendimento de bombas centrífugas.

<b>Rendimento de bombas centrífugas</b>												
Q, l/s	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	100	200	
$\eta_m$	64%	67%	72%	73%	75%	77%	81%	84%	86%	87%	88%	

Fonte: Netto (2012)

#### **4.8.1.4 Dimensões dos poços de sucção**

Para Netto (2012) o poço de sucção (individual) deve apresentar uma área de no mínimo 12,5 vezes a área da seção de entrada na tubulação. Já a área da seção de escoamento na parte inicial do poço o autor estabelece que deve ser no mínimo 10 vezes a área da seção de entrada na tubulação de secção. E altura mínima de água deve se adotar como sendo maior que uma vez e meia o diâmetro ( $h > 1,5 \times D$ ).

O autor ainda destaca que o volume dos poços de sucção deve ser determinado de maneira que consiga garantir a regularidade na atividade das bombas.



## 5 MEMORIAL DE CÁLCULO

### 5.1 Estudo da vazão de demanda

A água não potável obtida no sistema de aproveitamento pluvial será empregue na higienização de pátios, refeitório, salão multiuso e na descarga dos vasos sanitários da escola. E no caso das descargas foi necessário se estimar uma demanda para 255 pessoas, já que o volume disponível pelo sistema não seria capaz de atender a demanda do número total de pessoas presente na escola.

#### 5.1.1 Higienização de pátios, refeitório, salão multiuso

Primeiramente se definiu a área de cada ambiente a partir de análises no projeto arquitetônico fornecido pela prefeitura do município.

Já a frequência de higienização de acordo com a diretora da escola é realizada durante todos os dias do período letivo, correspondendo a 21 dias letivo por mês e no período de férias é realizada uma vez por semana a higienização da escola.

Antes da definição do consumo causado pela realização da higienização dos ambientes é necessário definir o consumo de água com limpeza dos ambientes e para isso foi realizada definição a partir dos parâmetros fornecidos na tabela 04 do item 4.4.

Com todos os dados necessário obtive as tabelas 12 e 13, que se referem respectivamente aos meses de funcionamento e de férias.

**Tabela 12:** Consumo nos meses de funcionamento.

<b>Atividade</b>	<b>Frequência (n° vezes por mês)</b>	<b>Consumo (litros/dia/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>
Higienização do pátio 1	21	2	111,4	4,68
Higienização do pátio 2	21	2	61,75	2,59
Higienização do pátio 3	21	2	14,6	0,61
Higienização do refeitório	21	2	30,4	1,28
Salão multiuso	21	2	66,89	2,81
<b>Total</b>				<b>11,97</b>

**Fonte:** O autor (2020).

**Tabela 13:** Consumo nos meses de férias.

<b>Atividade</b>	<b>Frequência (n° vezes por mês)</b>	<b>Consumo (litros/dia/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>
Higienização do pátio 1	4	2	111,4	0,89
Higienização do pátio 2	4	2	61,75	0,49
Higienização do pátio 3	4	2	14,6	0,12
Higienização do refeitório	4	2	30,4	0,24
Salão multiuso	4	2	66,89	0,54
<b>Total</b>				<b>2,28</b>

Fonte: O autor (2020).

### 5.1.2 Descarga das bacias sanitárias

Para o estabelecimento do consumo com as descargas das bacias sanitárias foi necessário definir parâmetros como o número de descargas por pessoa por dia e o volume por descarga por meio da tabela 04 do item 4.4. Além disso foi necessário definir o número de pessoas que o sistema seria capaz de atender, considerando alunos e funcionários. A partir da multiplicação do número de pessoas, número de descarga, volume e dias letivo, obteve o consumo das descargas sanitárias

- **Consumo no período letivo (m<sup>3</sup>)**

$$C = N^{\circ} \text{ pessoas} * N^{\circ} \text{ descargas/pessoa/dia} * \text{Volume por descarga} * \text{Dias letivos}/1000$$

$$C = 255 * 2 * 9 * 21/1000$$

$$C = 96,39 \text{ m}^3$$

Pelo fato de durante as férias uma vez na semana funcionários frequentarem a escola para realizar a higienização, foi calculado o consumo para esse período.

- **Consumo no período de férias (m<sup>3</sup>)**

$$C = N^{\circ} \text{ pessoas} * N^{\circ} \text{ descargas/pessoa/dia} * \text{Volume por descarga} * \text{Dias limpeza} /1000$$

$$C = 10 * 2 * 9 * 4/1000$$

$$C = 0,72 \text{ m}^3$$

### 5.1.3 Determinação do consumo total

Após realizar todos esses cálculos conseguiu se definir a estimativa de consumo anual, onde se soma o consumo com a higienização dos ambientes com o consumo das descargas sanitárias de cada mês, ao final obteve-se a tabela 14.

**Tabela 14:** Estimativa de consumo anual.

<b>Mês</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>
Janeiro	3,0
Fevereiro	108,36
Março	108,36
Abril	108,36
Mai	108,36
Junho	108,36
Julho	3,0
Agosto	108,36
Setembro	108,36
Outubro	108,36
Novembro	108,36
Dezembro	108,36
<b>Total</b>	<b>1089,6</b>
<b>Consumo mensal</b>	<b>90,80</b>

Fonte: O autor (2020).

### 5.2 Cálculo da vazão pluvial

Para o cálculo do volume possível de captação utilizou a equação 02 descrita no item 4.3, ainda nesse mesmo item é abordado sobre o coeficiente de Runoff e por meio da tabela 01, levando em consideração que a cobertura é de telha cerâmica adotou 0,9 para o coeficiente. Já para o estabelecimento da intensidade pluviométrica foi necessário realizar consultas a Fundação Procafé e obteve-se o quadro 01.

Com todos os dados definidos, obteve-se volume possível de captação para cada mês, além dos volumes anual e mensal como pode ser observado na tabela 15.

**Tabela 15:** Determinação volume possível de captação

Mês	Precipitação média (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	Coefficiente de Runoff	$\eta_{first\ flush}$	Volume possível de captação (L)
Janeiro	233,58	1221,48	0,9	0,85	218.264,76
Fevereiro	139,05	1221,48	0,9	0,85	129.932,85
Março	167,48	1221,48	0,9	0,85	156.498,77
Abril	56,05	1221,48	0,9	0,85	52.374,95
Mai	39,51	1221,48	0,9	0,85	36.919,43
Junho	33,97	1221,48	0,9	0,85	31.742,67
Julho	12,24	1221,48	0,9	0,85	11.437,45
Agosto	21,65	1221,48	0,9	0,85	20.230,47
Setembro	66,32	1221,48	0,9	0,85	61.971,57
Outubro	91,22	1221,48	0,9	0,85	85.238,94
Novembro	169,64	1221,48	0,9	0,85	158.517,14
Dezembro	215,85	1221,48	0,9	0,85	201.697,27
Volume anual (L)					1.164.826,28
Volume mensal (L)					97.068,86

Fonte: O autor (2020).

### 5.3 Área de telhado

#### 5.3.1 Área de captação de chuva

A partir do diagrama de cobertura e das diretrizes fornecidas no item 4.6.1 obteve-se a área de captação de cada bloco como pode ser observado na tabela 16, onde a multiplicação das dimensões de largura e comprimento resultou na área de captação pluvial.

**Tabela 16:** Determinação da área de captação (Contínua)

Local	Lado do telhado	Largura (a)	Comprimento (b)	Área de captação (m <sup>2</sup> )	
<b>Bloco 1</b>	<b>Área 1</b>	Lado 1	5,28	19,7	104,02
		Lado 2	5,28	19,7	104,02

**Tabela 16:** Determinação da área de captação (Contínua)

<b>Área 2</b>	Lado 1	2,6	7,75	20,15	
	Lado 2	2,65	7,75	20,54	
<b>Área 3</b>	Lado 1	3,25	29,15	94,74	
	Lado 2	2,65	29,15	77,25	
<b>Área 4</b>	Lado 1	2,55	36,9	94,10	
	Lado 2	2,55	36,9	94,10	
<b>Área 5</b>	Lado 1	3,7	6,1	22,57	
	Lado 2	3,7	6,1	22,57	
<b>Área 6</b>	Lado 1	2,98	36,9	109,96	
	Lado 2	3,68	31,9	117,39	
<b>Área 7</b>	-	1,35	4,4	5,94	
<b>Área 1</b>	Lado 1	3,75	18,2	68,25	
	Lado 2	3,05	18,2	55,51	
<b>Bloco 2</b>	<b>Área 2</b>	Lado 1	2,38	18,2	43,316
		Lado 2	2,38	18,2	43,316
	<b>Área 3</b>	Lado 1	3,75	18,2	68,25
		Lado 2	3,05	18,2	55,51
<b>TOTAL</b>				1.221,48	

Fonte: O autor (2020)

### 5.3.2 Área de Contribuição

Por meio das visitas a escola e as devidas medições se obteve a inclinação de 30% e a altura do telhado necessário para o cálculo da área de contribuição, está que é calculada de acordo com a NBR 10844:1989 como foi descrito no 4.6.2, onde é fornecido a figura 10 com as indicações para o cálculo, nesse caso com exceção da área 6 que é uma seção plana, todas as outras se enquadram na seção inclinada e após todas essas análise e cálculos resultou na área total de contribuição, como pode ser observado na tabela 17.

**Tabela 17:** Determinação da área de contribuição (Continua)

Local	Lado do telhado	Largura (a)	Comprimento (b)	Altura (h)	Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	
<b>Área 1</b>	Lado 1	5,28	19,7	1,37	117,51	
	Lado 2	5,28	19,7	1,37	117,51	
<b>Área 2</b>	Lado 1	2,6	7,75	0,57	22,36	
	Lado 2	2,65	7,75	0,80	23,62	
<b>Bloco 1</b>	<b>Área 3</b>	Lado 1	3,25	29,15	0,80	106,32
		Lado 2	2,65	29,15	0,80	88,83
	<b>Área 4</b>	Lado 1	2,55	36,9	0,35	100,46
		Lado 2	2,55	36,9	0,35	100,46
	<b>Área 5</b>	Lado 1	3,7	6,1	0,90	25,32
		Lado 2	3,7	6,1	0,90	25,32

**Tabela 17:** Determinação da área de contribuição (Conclusão)

Local	Lado do telhado	Largura (a)	Comprimento (b)	Altura (h)	Área de contribuição (m <sup>2</sup> )
Área 6	Lado 1	2,98	36,9	0,89	126,38
	Lado 2	3,68	31,9	0,89	131,59
Área 7	-	1,35	4,4	0,41	6,84
Área 1	Lado 1	3,75	18,2	0,92	76,62
	Lado 2	3,05	18,2	0,92	63,88
Bloco 2 Área 2	Lado 1	2,38	18,2	0,29	45,96
	Lado 2	2,38	18,2	0,29	45,96
Área 3	Lado 1	3,75	18,2	0,92	76,62
	Lado 2	3,05	18,2	0,92	63,88
<b>Total</b>					<b>1.365,44</b>

Fonte: O autor (2020).

## 5.4 Verificação do sistema existente

### 5.4.1 Calhas

Para se obter a vazão de cada calha é necessário calcular a vazão de projeto, que por sua vez precisa da intensidade pluviométrica que é calculada conforme o item 4.2, e os parâmetros K, a, b e c já foram estabelecidos no item 4.2 pelo software Plúvio 2.1. Já o tempo de retorno foi definido de acordo com a tabela 01 do item 4.2.1, e o tempo de concentração foi utilizado de 5 minutos como o recomendado pela ABNT NBR 10844:1989 no item 4.2.2, e assim encontrou o valor da intensidade:

$$I_m = \frac{4262,09 \times 5^{0,209}}{(5 + 23,324)^{1,067}}$$

$$I_m = 168,37 \text{ mm/h}$$

Já a vazão de projeto foi calculada de acordo o item 4.6.3, onde multiplica-se a intensidade pluviométrica pela área de contribuição de cada bloco, e assim obteve a tabela 18.

$$Q = \frac{168,37 \times 117,51}{60}$$

$$Q = 329,75 \text{ L/min}$$

**Tabela 18:** Vazão de projeto.

Local	Lado do telhado	Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão (L/min)
Bloco 1	Área 1	Lado 1	117,51	329,75
		Lado 2	117,51	329,75
	Área 2	Lado 1	22,36	62,74
		Lado 2	23,62	66,28
	Área 3	Lado 1	106,32	298,36
		Lado 2	88,83	249,28
	Área 4	Lado 1	100,46	281,91
		Lado 2	100,46	281,91
	Área 5	Lado 1	25,32	71,04
		Lado 2	25,32	71,04
	Área 6	Lado 1	126,38	354,65
		Lado 2	131,59	369,26
	Área 7	-	6,84	19,20
	Bloco 2	Área 1	Lado 1	76,62
Lado 2			63,88	179,26
Área 2		Lado 1	45,96	128,96
		Lado 2	45,96	128,96
Área 3		Lado 1	76,62	215,01
		Lado 2	63,88	179,26

Fonte: O autor (2020).

Com o número de condutores verticais definidos, foi possível se calcular a vazão para cada calha, onde divide-se a vazão de projeto pelo número de condutores, assim obteve-se a tabela 19.

**Tabela 19:** Vazão por calha

Local	Lado do telhado	Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão (L/min)	Número condutores verticais	Vazão por calha (L/min)	
Bloco 1	Área 1	Lado 1	117,5105	329,75	4	82,44	
		Lado 2	117,5105	329,75	3	109,92	
	Área 2	Lado 1	22,35875	168,37	62,74	-	62,74
		Lado 2	23,618125	66,28	2	33,14	
	Área 3	Lado 1	106,324625	298,36	3	99,45	
		Lado 2	88,834625	249,28	-	-	
	Área 4	Lado 1	100,46025	281,91	3	93,97	

**Tabela 19:** Vazão por calha (Conclusão)

Local	Lado do telhado	Área de contribuição (m <sup>2</sup> )	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão (L/min)	Número condutores verticais	Vazão por calha (L/min)
Área 5	Lado 2	100,46025		281,91	3	93,97
	Lado 1	25,315		71,04	1	71,04
	Lado 2	25,315		71,04	1	71,04
Área 6	Lado 1	126,3825		354,65	-	-
	Lado 2	131,5875		369,26	5	73,85
Área 7	-	6,842		19,2	-	-
Área 1	Lado 1	76,622		215,01	3	71,67
	Lado 2	63,882		179,26	-	-
Bloco 2 Área 2	Lado 1	45,955		128,96	3	42,99
	Lado 2	45,955		128,96	3	42,99
Área 3	Lado 1	76,622		215,01	-	-
	Lado 2	63,882		179,26	3	59,75

Fonte: O autor (2020).

Com a vazão de projeto da calha definida é necessário verificar se as calhas já existentes na edificação serão capazes de suportar essa vazão, para isso realizou os seguintes cálculos:

$$\text{Perímetro molhado} = a + b + c + d$$

$$\text{Perímetro molhado} = 0,05 + 0,08 + 0,03 + 0,025$$

$$\text{Perímetro molhado} = 0,185 \text{ m}$$

$$\text{Raio hidráulico} = \frac{(0,08 * 0,05) + (0,025 * 0,02)}{0,185}$$

$$\text{Raio hidráulico} = 0,024 \text{ m}$$

E também será necessário definir a velocidade, por meio da equação de Manning:

$$V = \frac{\sqrt[3]{0,024^2} * \sqrt{0,005}}{0,011}$$

$$V = 0,53 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Após a realização de todos esses cálculos finalmente, foi possível se obter a vazão suportada pela calha:



$$Q = [(0,08 * 0,05) + (0,025 * 0,02)] * 0,53$$

$$Q = 0,002385 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q = 143,1 \text{ litros / min}$$

Dessa forma as calhas existentes na edificação passaram na verificação, uma vez que a vazão suportada está acima de todas as vazões que cada apresenta, estas que foram calculadas e apresentadas na tabela 19.

Além disso por meio do desenvolvimento da rede de aproveitamento de água pluvial, que será apresentada no Apêndice D, foi possível se definir o comprimento desses dispositivos, como pode ser observado na tabela 20.

**Tabela 20:** Comprimento das Calhas

<b>Identificação</b>	<b>Comprimento (m)</b>
<b>Calha 1</b>	6
<b>Calha 2</b>	5,5
<b>Calha 3</b>	6,05
<b>Calha 4</b>	3,65
<b>Calha 5</b>	8
<b>Calha 6</b>	5,95
<b>Calha 7</b>	4,75
<b>Calha 8</b>	6,8
<b>Calha 9</b>	5,45
<b>Calha 10</b>	5,45
<b>Calha 11</b>	8,2
<b>Calha 12</b>	10,05
<b>Calha 13</b>	17,7
<b>Calha 14</b>	17,75
<b>Calha 15</b>	17,7
<b>Calha 16</b>	17,75
<b>Calha 17</b>	5,74
<b>Calha 18</b>	7,8
<b>Calha 19</b>	10
<b>Calha 20</b>	3,6
<b>Calha 21</b>	7,6
<b>Calha 22</b>	7,6
<b>Calha 23</b>	7,88
<b>Calha 24</b>	8,05
<b>Calha 25</b>	8,05
<b>Calha 26</b>	8,05
<b>Calha 27</b>	8,05
<b>Calha 28</b>	7,8
<b>Calha 29</b>	7,7

Fonte: O autor (2020).

### 5.4.2 Condutores Verticais

Durante as análises realizadas no projeto e durante as visitas com as medições condutores, foi possível estabelecer o diâmetro e identificar o número de dispositivos presentes na edificação, como pode ser observado na tabela 21.

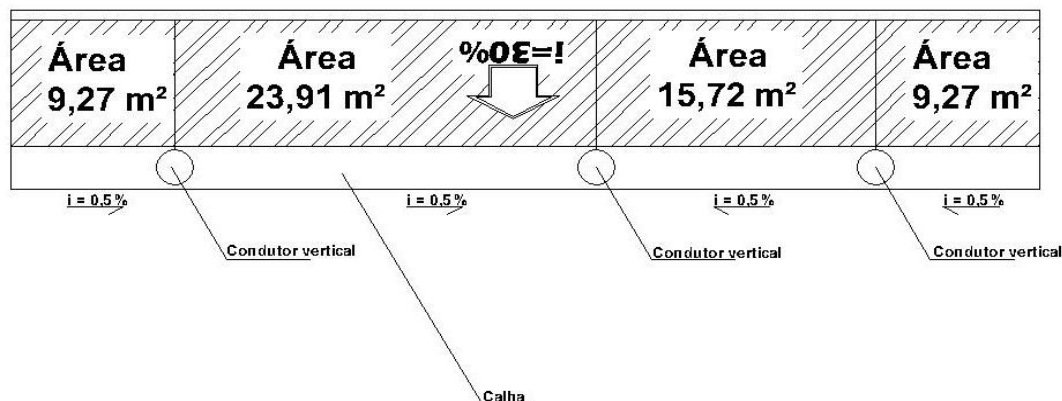
**Tabela 21:** Número de condutores verticais

<b>Local</b>	<b>Lado do telhado</b>	<b>Número condutores verticais</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	
<b>Bloco 1</b>	<b>Área 1</b>	Lado 1	4	75
		Lado 2	3	75
	<b>Área 2</b>	Lado 1	-	-
		Lado 2	2	75
	<b>Área 3</b>	Lado 1	3	75
		Lado 2	-	-
	<b>Área 4</b>	Lado 1	3	75
		Lado 2	3	75
	<b>Área 5</b>	Lado 1	1	75
		Lado 2	1	75
	<b>Área 6</b>	Lado 1	-	-
		Lado 2	5	75
	<b>Área 7</b>	-	-	-
	<b>Bloco 2</b>	<b>Área 1</b>	Lado 1	3
Lado 2			-	-
<b>Área 2</b>		Lado 1	3	75
		Lado 2	3	75
<b>Área 3</b>		Lado 1	-	-
		Lado 2	3	75

**Fonte:** O autor (2020).

Para a verificação dos condutores verticais é necessário se definir a área de captação que cada condutor comporta, como pode ser observado na figura 15 e com as respectivas áreas de captação se obteve a tabela 20 com todas as vazões de cada condutor.

**Figura 15:** Área de captação que cada condutor comporta do bloco 1.



Fonte: O autor (2020).

Para o cálculo das vazões dos condutores verticais foi necessário definir a área que cada condutor seria responsável pela captação, além disso precisa da intensidade pluviométrica calculada anteriormente.

$$Q = \frac{168,37 \times 13,35}{60}$$

$$Q = 37,46 \text{ L/min}$$

Realizando esse cálculo para todos os condutores presentes na edificação se obteve a tabela 22.

**Tabela 22:** Vazões dos condutores verticais (Continua)

Local	Lado do telhado	Condutores verticais	Área de captação (m²)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão (L/min)	
Bloco 1	Área 1	Lado 1	Condutor 1	13,35	168,37	37,46
		Condutor 2	23,56	66,11		
		Condutor 3	23,25	65,24		
		Condutor 4	12,15	34,09		
	Lado 2	Condutor 1	24,22	67,97		
		Condutor 2	40,97	114,97		
		Condutor 3	16,85	47,28		
	Área 2	Lado 1	-	20,15	-	
		Lado 2	Condutor 1	18,59	52,17	
	Área 3	Lado 1	Condutor 1	9,27	26,01	
			Condutor 2	39,63	111,21	
			Condutor 3	9,27	26,01	
Área 4	Lado 1	-	77,25	-		
		Condutor 1	9,35	24,47		
		Condutor 2	18,70	24,75		
		Condutor 3	9,35	26,24		

**Tabela 22:** Vazões dos condutores verticais  
(Conclusão)

<b>Bloco 2</b>	Área 5	Lado 2	<b>Condutor 1</b>	9,35	26,24		
			<b>Condutor 2</b>	18,70	52,48		
			<b>Condutor 3</b>	9,35	26,24		
	Área 5	Lado 1	<b>Condutor 1</b>	22,57	63,34		
		Lado 2	<b>Condutor 1</b>	22,57	63,34		
	Área 6	Lado 1	-	109,96	-		
			<b>Condutor 1</b>	8,72	24,47		
			<b>Condutor 2</b>	8,82	24,75		
			<b>Condutor 3</b>	34,63	97,18		
			<b>Condutor 4</b>	8,82	24,75		
	Área 6	Lado 2	<b>Condutor 5</b>	8,72	24,47		
			-	5,94	-		
			Área 1	Lado 1	<b>Condutor 1</b>	12,39	34,77
					<b>Condutor 2</b>	18,31	51,38
					<b>Condutor 3</b>	12,39	34,77
	Área 1	Lado 2	-	55,51	-		
			Área 2	Lado 1	<b>Condutor 1</b>	3,95	11,08
					<b>Condutor 2</b>	6,28	17,62
	<b>Condutor 3</b>	3,95			11,08		
	Área 2	Lado 2	<b>Condutor 1</b>	3,95	11,08		
<b>Condutor 2</b>			6,28	17,62			
<b>Condutor 3</b>			3,95	11,08			
Área 3	Lado 1	-	68,25	-			
		Área 3	Lado 2	<b>Condutor 1</b>	11,50	32,27	
				<b>Condutor 2</b>	19,10	53,60	
				<b>Condutor 3</b>	11,50	32,27	

Fonte: O autor (2020).

Com as vazões definidas, é necessário verificar se o dispositivo presente na edificação é capaz de atender essa vazão.

$$T_o = \frac{S_w}{(\pi * r^2)}$$

$$T_o = \frac{(\pi * 18,75^2)}{(\pi * 37,5^2)}$$

$$T_o = 25 \%$$

$$Q = 0,019 * (T_o)^{\frac{5}{3}} * 75^{\frac{8}{3}}$$

$$Q = 0,019 * (0,25)^{\frac{5}{3}} * 75^{\frac{8}{3}}$$

$$Q = 188,57 \text{ L/min}$$

Dessa forma diante dos cálculos pelo método do Uniform Plumbing Code, se obteve uma vazão máxima de 188,57 L/min e como a máxima vazão dos condutores verticais da edificação foi de 114,97 L/min, estes passaram na verificação.

### 5.4.3 Condutores Horizontais

Para o estabelecimento das vazões dos condutores horizontais foi necessário definir a área de captação que cada condutor é responsável e também a intensidade pluviométrica, esta que já foi calculada anteriormente.

$$Q = \frac{168,37 \times 50,55}{60}$$

$$Q = 141,85 \text{ L/min}$$

Realizando esse cálculo para todos os condutores presentes na edificação se obteve a tabela 23.

**Tabela 23:** Vazões dos condutores horizontais

<b>Condutores horizontais</b>	<b>Área de captação (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Intensidade pluviométrica (mm/h)</b>	<b>Vazão (L/min)</b>
<b>Condutor 1</b>	12,19		34,21
<b>Condutor 2</b>	49,03		137,59
<b>Condutor 3</b>	36,84		103,38
<b>Condutor 4</b>	20,16		56,57
<b>Condutor 5</b>	20,56		57,69
<b>Condutor 6</b>	25,20		70,72
<b>Condutor 7</b>	65,92		184,98
<b>Condutor 8</b>	47,34		132,84
<b>Condutor 9</b>	12,51	168,37	35,11
<b>Condutor 10</b>	17,75		49,81
<b>Condutor 11</b>	17,08		47,93
<b>Condutor 12</b>	42,12		118,20
<b>Condutor 13</b>	16,50		46,30
<b>Condutor 14</b>	71,20		199,80
<b>Condutor 15</b>	40,26		112,98
<b>Condutor 16</b>	18,97		53,23
<b>Condutor 17</b>	10,79		30,28

Fonte: O autor (2020).

Já para a verificação se os condutores são capazes de suprir a demanda, realizou o cálculo da vazão suportada, como pode ser observado a seguir:

$$Q = \frac{168,37 \times (\pi \times r^2)}{60}$$

$$Q = \frac{168,37 \times (\pi \times 5^2)}{60}$$

$$Q = 220,40 \text{ L/min}$$

Dessa forma como as vazões dos condutores nenhuma ficou acima da vazão suportada, os condutores horizontais passaram na verificação.

Além disso por meio do desenvolvimento da rede de aproveitamento de água pluvial, que será apresentada no Apêndice D, foi possível se definir o comprimento desses dispositivos, como pode ser observado na tabela 24.

**Tabela 24:** Comprimento dos condutores horizontais.

<b>Identificação</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Comprimento (m)</b>
<b>C. H . 1</b>	100	3,3
<b>C. H . 2</b>	100	6
<b>C. H . 3</b>	100	9,7
<b>C. H . 4</b>	100	4,3
<b>C. H . 5</b>	100	6,75
<b>C. H . 6</b>	100	9,05
<b>C. H . 7</b>	100	14,4
<b>C. H . 8</b>	100	24,95
<b>C. H . 9</b>	100	5
<b>C. H . 10</b>	100	1,6
<b>C. H . 11</b>	100	5,75
<b>C. H . 12</b>	100	0,95
<b>C. H . 13</b>	100	8,25
<b>C. H . 14</b>	100	1,5
<b>C. H . 15</b>	100	7,8
<b>C. H . 16</b>	100	7,05
<b>C. H . 17</b>	100	7,1

**Fonte:** O autor (2020).

#### 5.4.4 Caixas de areia

Serão instaladas caixas de areia segundo as diretrizes da ABNT NBR 10844:1989 descritas no item 3.2.4, e a altura mínima desse dispositivo é de 60 cm, dessa forma será utilizado:

- Caixa de areia de 60 x 60 cm, com tampa de concreto e grelha;

#### 5.5 Volume de descarte da primeira água da chuva

Para o volume de descarte de primeira água de chuva, considerou-se 2,0 L/m<sup>2</sup> como sugerido pela ABNT NBR 15527:2019 no item 4.6.7. E como a área total da edificação é 1.221,48 m<sup>2</sup>, gera um volume de 2442,96 litros.

#### 5.6 Dimensionamento do Reservatório

Com a finalidade de realizar o dimensionamento do reservatório utilizou as diretrizes do método de Rippl descrito no item 4.6.8 e empregou as equações 09, 10 e 11 e isso resultou no valor do reservatório como pode ser observado na tabela 25.

**Tabela 25:** Dimensionamento do reservatório

Mês	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Volume mensal de chuva (m <sup>3</sup> )	Diferença entre demanda mensal e volume mensal de chuva (m <sup>3</sup> )	Diferença acumulada (m <sup>3</sup> )
Janeiro	3	126,59	-123,59	-116,75
Fevereiro	108,36	75,36	33,00	33,38
Março	108,36	90,77	17,59	50,97
Abril	108,36	30,37	77,99	128,96
Maiο	108,36	21,41	86,95	215,91
Junho	108,36	18,41	89,95	305,86
Julho	3	6,63	-3,63	302,22
Agosto	108,36	11,74	96,62	398,85
Setembro	108,36	35,94	72,42	471,27
Outubro	108,36	49,44	58,92	530,19
Novembro	108,36	91,93	16,43	<b>546,62</b>
Dezembro	4,8	116,98	-112,18	434,43
<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>			<b>546,62</b>	

Fonte: O autor (2020).

Devido a possibilidade de períodos prolongados de estiagens ou grandes variações climáticas, é necessário um reservatório com alta capacidade de armazenamento, com base nisso é necessário que o reservatório seja o de 546,62 m<sup>3</sup>. Adotando uma altura de 4,6 metros, chegou-se nas dimensões de 20,0 x 6,0 x 4,6 m (largura x comprimento x altura) resultando em um volume de 556 m<sup>3</sup>, sendo suficiente para suprir a demanda.

Para a locação desse reservatório inferior há a opção de três pátios, sendo o pátio um com uma área de 111,4 m<sup>2</sup>, o pátio dois com uma área de 61,75 m<sup>2</sup> e o pátio três com uma área de 14,6 m<sup>2</sup>.

Analisando todas essas opções de pátios, nenhuma atendeu levando em consideração as dimensões do reservatório, dessa forma uma possível alternativa seria local o reservatório em uma área livre de 195 m<sup>2</sup>, que fica em uma creche atrás da edificação da escola, todavia a implantação do reservatório inferior com as dimensões propostas na área livre seria inexecutável, isso devido ao fato de ter que aprofundar muito e isso poderia trazer riscos para as edificações existentes no terreno. Diante disso realizou um novo dimensionamento para o reservatório inferior, onde terá redução da demanda proposta inicialmente para as descargas, antes seria para atender os dois blocos, agora essa demanda será apenas para atender o bloco 2 e mantida a mesma para a higienização dos ambientes.

- **Consumo no período letivo (m<sup>3</sup>)**

$$C = N^{\circ} \text{ pessoas} * N^{\circ} \text{ descargas/pessoa/dia} * \text{Volume por descarga} * \text{Dias letivos}/1000$$

$$C = 70 * 2 * 9 * 21/1000$$

$$C = 26,46 \text{ m}^3$$

Pelo fato de durante as férias uma vez na semana funcionários frequentarem a escola para realizar a higienização, foi calculado o consumo para esse período.

- **Consumo no período de férias (m<sup>3</sup>)**

$$C = N^{\circ} \text{ pessoas} * N^{\circ} \text{ descargas/pessoa/dia} * \text{Volume por descarga} * \text{Dias limpeza} /1000$$

$$C = 10 * 2 * 9 * 4/1000$$

$$C = 0,72 \text{ m}^3$$

A partir disso se obteve uma nova estimativa de consumo anual, como pode ser observado na tabela 26.



**Tabela 26:** Estimativa de consumo anual.

Mês	Consumo (m <sup>3</sup> )
Janeiro	3
Fevereiro	38,43
Março	38,43
Abril	38,43
Mai	38,43
Junho	38,43
Julho	3
Agosto	38,43
Setembro	38,43
Outubro	38,43
Novembro	38,43
Dezembro	38,43
<b>Total</b>	<b>390,3</b>
<b>Consumo mensal</b>	<b>32,53</b>

Fonte: O autor (2020).

Com o consumo anual definido foi possível realizar um novo dimensionamento do reservatório pelo método do Rippl, e assim obteve um reservatório de 51,69 m<sup>3</sup> como pode ser observado na tabela 27. Adotando uma altura de 2,0 metros, chegou-se nas dimensões de 7,0 x 4,0 x 2,0 m (largura x comprimento x altura) resultando em um volume de 56 m<sup>3</sup>, sendo suficiente para suprir a demanda.

**Tabela 27:** Dimensionamento do reservatório.

Mês	Demanda mensal (m <sup>3</sup> )	Volume mensal de chuva (m <sup>3</sup> )	Diferença entre demanda mensal e volume mensal de chuva (m <sup>3</sup> )	Diferença acumulada (m <sup>3</sup> )
Janeiro	3	126,59	-123,59	-116,75
Fevereiro	38,43	75,36	-36,93	33,38
Março	38,43	90,77	-52,34	-18,96
Abril	38,43	30,37	8,06	-10,90
Mai	38,43	21,41	17,02	6,12
Junho	38,43	18,41	20,02	26,14
Julho	3	6,63	-3,63	22,50
Agosto	38,43	11,74	26,69	49,20
Setembro	38,43	35,94	2,49	<b>51,69</b>
Outubro	38,43	49,44	-11,01	40,68
Novembro	38,43	91,93	-53,50	-12,82
Dezembro	4,8	116,98	-112,18	-125,01
<b>Volume do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>			<b>51,69</b>	

Fonte: O autor (2020).

### 5.6.2 Reservatório superior

E a água reservada no reservatório inferior será bombeada até o superior. Onde o objetivo é a atender média diária de consumo da edificação, o reservatório foi dimensionado da seguinte forma:

$$\text{Consumo anual} = 390,3 \text{ m}^3$$

$$\text{Média de consumo em um período de 12 meses} = \frac{390,3}{12}$$

$$\text{Média de consumo em um período de 12 meses} = 32,53 \text{ m}^3$$

$$\text{Média de consumo diário (21 dias letivos em um mês)} = \frac{32,53}{21}$$

$$\text{Média de consumo diário (21 dias letivos em um mês)} = 1,55 \text{ m}^3$$

A partir disso será implantado um reservatório de 1,55 m<sup>3</sup> que equivale a 1.550 litros. Diante disso será implantado dois reservatórios superiores de 1000 litros cada, uma vez que outra dimensão abaixo disso e que atendesse o valor total do volume não foi encontrado no mercado.

### 5.7 Dimensionamento das redes de água fria

O dimensionamento das redes de água fria foi realizado de acordo com as especificações da ABNT NBR 5626 e está disponível nos Apêndices E, F, G e H por meio do método dos pesos, onde se determina um peso para cada peça de utilização, a partir das informações contidas na tabela 07, isso é realizado para que seja possível obter a vazão estimada. Com isso e a partir da tabela 08 se define o diâmetro para todos os trechos e obteve-se os quadros 04, 05 e 06.

**Quadro 04:** Dimensionamento da rede – Pátio 1.

Ambiente	Componente	Trecho	Peso Unit	Q (l/s)	Diâmetro (mm)	Diâmetro adotado(mm)	V(m/s)
Pátio 1	BARRILETE	6	0,4	0,189737	20	20	0,604257
	AF	6	0,4	0,189737	20	20	0,604257
	RAMAL	6.1	0,4	0,189737	20	20	0,604257

Fonte: O autor (2020).

**Quadro 05:** Dimensionamento da rede - Pátio 2

Ambiente	Componente	Trecho	Peso Unit	Q (l/s)	Diâmetro (mm)	Diâmetro adotado(mm)	V(m/s)
Pátio 2	BARRILETE	7	0,4	0,189737	20	20	0,604257
	AF	7	0,4	0,189737	20	20	0,604257
	RAMAL	7.1	0,4	0,189737	20	20	0,604257

Fonte: O autor (2020).

**Quadro 06:** Dimensionamento da rede no banheiro – Bloco 2

Ambiente	Componente	Trecho	Peso Unit	Q (l/s)	Diâmetro (mm)	Diâmetro adotado(mm)	V(m/s)
Banheiro - Bloco 2	BARRILETE	1	32	1,697056	32	50	0,864742
	AF	1	32	1,697056	32	50	0,864742
	RAMAL	1.1	32	1,697056	32	50	0,864742
	BARRILETE	2	32	1,697056	32	50	0,864742
	AF	2	32	1,697056	32	50	0,864742
	RAMAL	2.1	32	1,697056	32	50	0,864742
	BARRILETE	3	32	1,697056	32	50	0,864742
	AF	3	32	1,697056	32	50	0,864742
	RAMAL	3.1	32	1,697056	32	50	0,864742
	BARRILETE	4	32	1,697056	32	50	0,864742
	AF	4	32	1,697056	32	50	0,864742
	RAMAL	4.1	32	1,697056	32	50	0,864742
	BARRILETE	5	32	1,697056	32	50	0,864742
	AF	5	32	1,697056	32	50	0,864742
	RAMAL	5.1	32	1,697056	32	50	0,864742

Fonte: O autor (2020).

Para o dimensionamento das prumadas, analisa-se sua respectiva somatória de pesos e com isso calcula-se a vazão conforme a Equação 12. Com a vazão calculada, estabelece um diâmetro pelo Quadro 07, e verifica-se nos trechos iniciais de prumada a qual tem de ser menor ou igual a 8%.

**Quadro 07:** Dimensionamento das prumadas.

Prumada	Diâmetro	vazão	J (máx)
1	50	1,697056	0,018518
2	50	1,697056	0,018518
3	50	1,697056	0,018518
4	50	1,697056	0,018518
5	50	1,697056	0,018518
6	20	0,604257	0,027875
7	20	0,604257	0,027875

Fonte: O autor (2020).

Nos quadros 08, 09 e 10 é exposto as peças bem como suas respectivas perdas de carga nos trechos de cálculo, onde essas perdas de carga foram definidas a partir da figura 14.

**Quadro 08:** Peças e suas respectivas perdas de carga no banheiro - Bloco 2

Ambiente	Componente	Trecho	Peça	Diâmetro	Leq	Leq total
Banheiro - Bloco 2	BARRILETE	1	1 Entrada Normal	50	1,5	2,3
			1 Registro gaveta		0,8	
	AF	1	2 Joelhos 90°	50	3,4	7,6
			1 Registro gaveta		0,8	
	RAMAL	1.1	2 Joelhos 90°	50	3,4	6,8
	BARRILETE	2	1 Entrada Normal	50	1,5	2,3
			1 Registro gaveta		0,8	
	AF	2	2 Joelhos 90°	50	3,4	7,6
			1 Registro gaveta		0,8	
	RAMAL	2.1	2 Joelhos 90°	50	3,4	6,8
	BARRILETE	3	1 Entrada Normal	50	1,5	2,3
			1 Registro gaveta		0,8	
	AF	3	2 Joelhos 90°	50	3,4	7,6
			1 Registro gaveta		0,8	
	RAMAL	3.1	2 Joelhos 90°	50	3,4	6,8
	BARRILETE	4	1 Entrada Normal	50	1,5	2,3
1 Registro gaveta			0,8			
AF	4	2 Joelhos 90°	50	3,4	7,6	
		1 Registro gaveta		0,8		
RAMAL	4.1	2 Joelhos 90°	50	3,4	6,8	
BARRILETE	5	1 Entrada Normal	50	1,5	2,3	
		1 Registro gaveta		0,8		
AF	5	2 Joelhos 90°	50	3,4	7,6	
		1 Registro gaveta		0,8		
RAMAL	5.1	2 Joelhos 90°	50	3,4	6,8	

Fonte: O autor (2020).

**Quadro 09:** Peças e suas respectivas perdas de carga – Pátio 1

Ambiente	Componente	Trecho	Peça	Diâmetro	Leq	Leq total
Pátio 1	BARRILETE	6	1 Entrada Normal	20	0,4	0,6
			1 Registro gaveta		0,2	
	AF	6	2 Joelhos 90°	20	1,2	2,6
			1 Registro gaveta		0,2	
RAMAL	6.1	2 Joelhos 90°	20	1,2	2,4	

Fonte: O autor (2020).

**Quadro 10:** Peças e suas respectivas perdas de carga – Pátio 1.

Ambiente	Componente	Trecho	Peça	Diâmetro	Leq	L eq total
Pátio 2	BARRILETE	7	1 Entrada Normal	20	0,4	0,6
			1 Registro gaveta		0,2	
	AF	7	2 Joelhos 90°	20	1,2	2,6
			1 Registro gaveta		0,2	
	RAMAL	7.1	2 Joelhos 90°	20	1,2	2,4

Fonte: O autor (2020).

Além disso ainda é necessário se definir a altura de cada peça em seu respectivo ambiente, e a partir do pé direito e o comprimento da prumada é possível se definir o comprimento da tubulação na vertical para cada peça, como pode ser observado no quadro 11.

**Quadro 11:** Altura das peças.

Ambiente	Peças	Altura (m)	Pé direito	Comprimento da prumada (m)	Comprimento da tubulação na vertical para cada peça (m)
Banheiro -Bloco 2	Válvula de descarga	1,1	3	1,1	0,8
Pátio 1	Torneira	0,75	3	1,1	1,15
Pátio 2	torneira	0,75	3	1,1	1,15

Fonte: O autor (2020).

Com todos esses parâmetros definidos finalmente é possível calcular as pressões como pode ser observado nos quadros 12, 13 e 14 onde o valor mínimo para essa pressão é 0,5 metros.

**Quadro 12:** Cálculo das pressões – Pátio 1

Ambiente	L (m) Tubo	Equival	J (m/m)	hf (m)	PD M (m)	PD J (m)
Pátio 1	4,15	0,6	0,027875	0,132405	0,367595	1,685191
	1,1	2,6	0,027875	0,103136	1,685191	1,582055
	1,4	2,4	0,027875	0,105924	1,582055	1,476131

Fonte: O autor (2020).

**Quadro 13:** Cálculo das pressões – Pátio 1

Ambiente	L (m) Tubo	Equival	J (m/m)	hf (m)	PD M (m)	PD J (m)
Pátio 2	4,05	0,6	0,027875	0,129617	0,370383	1,690766
	1,1	2,6	0,027875	0,103136	1,690766	1,58763
	1,4	2,4	0,027875	0,105924	1,58763	1,481706

Fonte: O autor (2020).

**Quadro 14:** Cálculo das pressões no banheiro – Bloco 2

Ambiente	L (m) Tubo	Equival	J (m/m)	hf (m)	PD M (m)	PD J (m)
Banheiro - Bloco 2	2,05	2,3	0,018518	0,080554	0,419446	1,788891
	1,1	7,6	0,018518	0,161109	1,788891	1,627783
	1,05	6,8	0,018518	0,145368	1,627783	1,482414
	2,05	2,3	0,018518	0,080554	1,482414	2,85186
	1,1	7,6	0,018518	0,161109	2,85186	2,690751
	1,05	6,8	0,018518	0,145368	2,690751	2,545383
	2,05	2,3	0,018518	0,080554	2,545383	2,464829
	1,1	7,6	0,018518	0,161109	2,464829	2,30372
	1,05	6,8	0,018518	0,145368	2,30372	2,158352
	2,05	2,3	0,018518	0,080554	2,158352	2,077798
	1,1	7,6	0,018518	0,161109	2,077798	1,916689
	1,05	6,8	0,018518	0,145368	1,916689	1,771321
	1,6	2,3	0,018518	0,072221	1,771321	1,6991
	1,1	7,6	0,018518	0,161109	1,6991	1,537991
	1,05	6,8	0,018518	0,145368	1,537991	1,392623

Fonte: O autor (2020).

## 5.8 Dimensionamento do sistema elevatório

### 5.8.1 Diâmetro de recalque

Para o dimensionamento da tubulação de recalque será estabelecido para a vazão diária de água pluvial:

*Média da vazão mensal: 97.068,86 litros → 97,07 m<sup>3</sup>*

$$\text{Média da vazão diária: } \frac{97,07}{21}$$

*Média da vazão diária: 4,62 m<sup>3</sup>/dia → 0,0000535 m<sup>3</sup>/s*

Com a vazão diária definida é necessário adotar um valor para k, que nesse caso será de 1,4 conforme a tabela do item 4.8.1.2.

Esta que vai estar operando de forma contínua e será calculada através da equação 08 e de acordo os parâmetros estabelecidos no item 4.8.1.2,

$$D = K x \sqrt{Q}$$

$$D = 1,4 \times \sqrt{0,0000535}$$

$$D = 0,010 \text{ m}$$

$$\varnothing 20 \text{ mm}$$

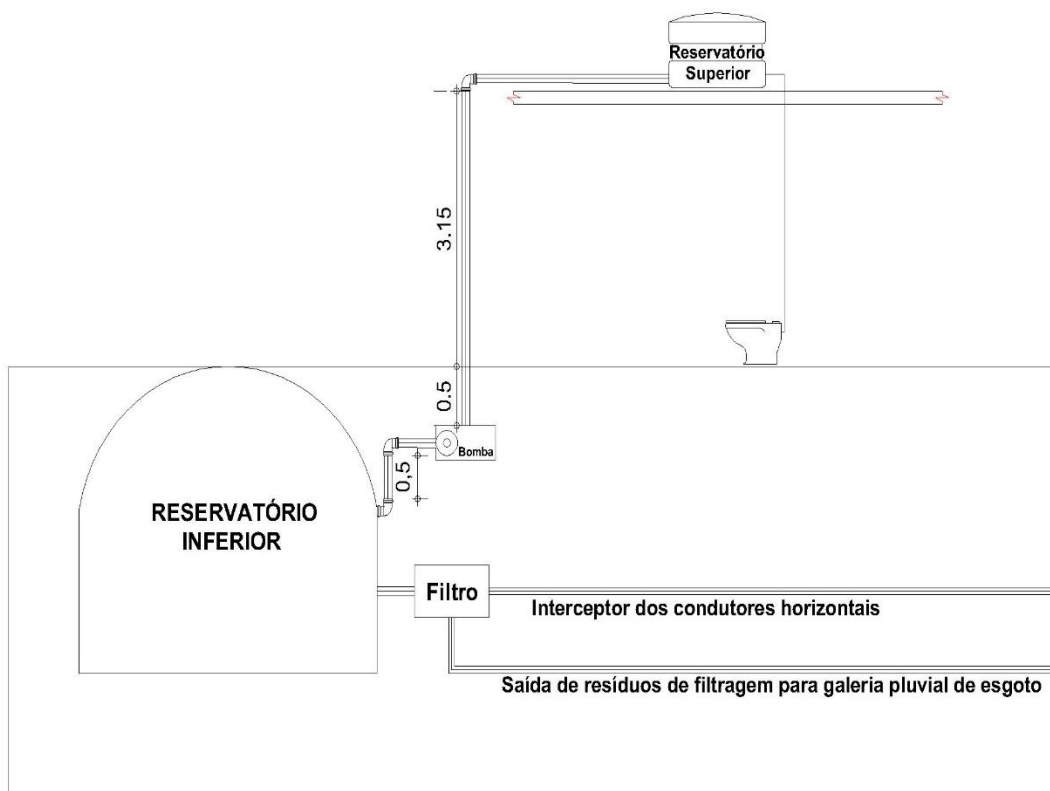
### 5.8.2 Diâmetro da sucção

Segundo Netto (2012) a tubulação de sucção normalmente apresenta um diâmetro comercial imediatamente superior ao da tubulação de recalque, dessa forma é 25 mm.

### 5.9 Potência da bomba

Para que seja possível a definição da potência da bomba, esta que pode ser observada na figura 16, é necessária calcular a altura manométrica.

**Figura 16:** Bomba



**Fonte:** O autor (2020).

Unidade de recalque (20 mm)

- 01 válvula de retenção leve: 2,7
- 01 registro de gaveta: 0,2
- 01 joelho de 90°: 1,2
- Saída de canalização: 0,9

Unidade de sucção (25 mm)

- 01 válvula de pé de crivo: 13,3
- 01 registro de gaveta: 0,3
- 02 joelho de 90°: 1,5

A partir dessas peças se definiu os comprimentos equivalentes e em seguida calcularam a perda de carga unitária, a partir da multiplicação da perda de carga unitária e comprimento equivalente, resulta na altura manométrica, esse processo é realizado tanto pela unidade de sucção como a de recalque, ao final se somo e obtém-se uma altura manométrica: 21,6 m

$$P = \frac{1000 \times 0,0000535 \times 21,3}{75 \times 0,75}$$

$$P = 0,02054 \text{ CV}$$



## 6 ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS E SERVIÇOS

Especificação dos materiais a serem utilizados no projeto referente ao sistema de captação de água de chuva e instalações de água fria.

### 6.1 Instalações de águas pluviais

Como existem calhas, condutores verticais e condutores horizontais, e estes passaram nas devidas verificações, serão utilizados. Será necessário apenas tubos e conexões em PVC (linha específica para água pluvial) com diâmetro de 20 mm para servir como interceptor dos condutores horizontais até o reservatório inferior.

### 6.2 Sistema de captação de água de chuva

As caixas de areia (figura 17) serão construídas em concreto com argamassa impermeabilizante. Foram previstas telas de malha fina para evitar a retenção de folhas e dejetos que podem vir a entrar no reservatório.

**Figura 17:** Caixa de areia



**Fonte:** [https://www.panoramahomecenter.com.br/ProdutoId\\_10127,2215008/HIDRAULICA/ESGOTO/C AIXA-DE-GORDURA/CAIXA-DE-CONCRETO-PASSAGEM-40X40.html](https://www.panoramahomecenter.com.br/ProdutoId_10127,2215008/HIDRAULICA/ESGOTO/C AIXA-DE-GORDURA/CAIXA-DE-CONCRETO-PASSAGEM-40X40.html)

O reservatório inferior deverá apresentar as dimensões de 7,0 x 4,0 x 2,0 m e será construído com fibra de poliéster, com paredes em alvenaria estrutural de concreto e

colunas de ferro. Onde a base do reservatório concretado e impermeabilização com manta especial.

O reservatório superior será do tipo caixa d'água de polietileno, como pode ser observado na figura 18, e apresenta capacidade total de 1.550 litros, onde será instalado dois reservatórios superiores sendo um em cada bloco da edificação de 1.000 litros.

**Figura 18:** Reservatório superior.



**Fonte:**[https://www.leroymerlin.com.br/tanque-de-polietileno-5-000l-fort-plus-fortlev\\_87050880?region=grande\\_sao\\_paulo&gclid=EAIaIQobChMI5oCojanl7AIVARGRCh2bMg66EAQYASABEgKqOPD\\_BwE](https://www.leroymerlin.com.br/tanque-de-polietileno-5-000l-fort-plus-fortlev_87050880?region=grande_sao_paulo&gclid=EAIaIQobChMI5oCojanl7AIVARGRCh2bMg66EAQYASABEgKqOPD_BwE)

E esses reservatórios deverão ser instalados nas áreas estabelecidas no projeto. No caso do reservatório inferior é necessário que seja verificado se a superfície da base prevista em projeto está totalmente nivelada e livre de pedras ou pontas que possam danificá-lo, além deste ter que ficar no mínimo 0,6 m da divisa.

Dentre os filtros disponibilizados pela empresa 3P Technik, o filtro volumétrico VF2 (figura 19 ) atenderá as necessidades do projeto e refere-se a um filtro para água de chuva para áreas de captação maiores. Além disso apresenta a necessidade de ser instalado dentro de um poço técnico. E conta com a capacidade de até 750 m<sup>2</sup> com uma precipitação de 300 litros (seg x ha). Devido ao seu sistema duplo de limpeza (peneira grossa, depois fina) ele apresenta uma eficiência significativa, independente da vazão. Este modelo possui o seu desnível entre a entrada e saída de descarte é de 320mm. No caso da manutenção sua frequência varia de acordo com a incidência da sujeira sendo de 2 a 4 vezes por ano.

**Figura 19:** Filtro volumétrico VF2.



**Fonte:** <http://www.agua-de-chuva.com/73-2-3P-Filtro-Industrial-VF2.html>,

2020.

Já a bomba responsável por abastecer o reservatório superior deverá ser do modelo Ksb Hydrobloc P 1000 1 CV – 220 monofásica, como pode ser observado na figura 20. Já os tubos de sucção, recalque e respectivas conexões deverão ser em cobre.

**Figura 20:** Bomba



**Fonte:** [https://www.bombashopping.com.br/ksb-hydrobloc-p-1000-10-cv-monof-0000000037005/p?idsku=990786801&pht=48071585236417298&gclid=EAIaIQobChMI7azS16717AIVBASRCh2UbgWqEAYYSABEgL9xPD\\_BwE](https://www.bombashopping.com.br/ksb-hydrobloc-p-1000-10-cv-monof-0000000037005/p?idsku=990786801&pht=48071585236417298&gclid=EAIaIQobChMI7azS16717AIVBASRCh2UbgWqEAYYSABEgL9xPD_BwE)

E essa bomba precisa ser instalada por um profissional qualificado, e este deverá estabelecer as bitolas de fios e disjuntores necessários para a implantação do sistema.

### 6.3 Instalações de água fria

Os tubos e conexões dos ramais, sub-ramais, prumadas e barriletes serão em PVC rígido, soldável para água fria, onde sugere-se que seja da marca Tigre ou similar, já os diâmetros estão especificados no projeto. Nas figuras 21 e 22 são apresentados os tubos e conexões em PVC.

**Figura 21:** Tubo em PVC da marca Tigre.



Fonte: <https://www.telhanorte.com.br/tubo-soldavel-6-metros-34-tigre-23701/p>

**Figura 22:** Joelho 90° da marca Tigre.



Fonte: <https://www.telhanorte.com.br/tubo-soldavel-6-metros-34-tigre-23701/p>

Após a partida do reservatório, os barriletes se ramificarão sobre a laje até os determinados pontos de água fria.

Já as prumadas deverão ser embutidas nas paredes, desvendo da derivação do barrilete até o ponto de ligação com as válvulas de descargas ou torneiras.

No caso das uniões das tubulações serão realizadas por meio de adesivos plásticos, onde as pontas dos tubos deverão estar devidamente limpas. Além disso deverá se ter cuidado quanto ao encaixe para que se evite possíveis vazamentos.

Já as torneiras serão em liga de cobre (bronze e latão) e estarão devidamente sinalizadas.

## 7 ESTIMATIVA DE CUSTO

A tabela orçamentária foi desenvolvida baseada na tabela disponibilizada pela Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas (SETOP), referente a região sul de Minas Gerais, com desoneração e mês de referência em julho/2020. Aqueles itens não disponíveis na SETOP foram realizados cotações em casas de materiais de construção ou pela internet. Além disso foi adotado BDI no valor 30%.

**Tabela 28:** Tabela de orçamento para sistema de aproveitamento de água pluvial (Continua)

Item	Descrição	Referência	Unid.	Quantidade	Preço Unit.	Total
<b>1.0</b>	<b>INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS</b>					
1.1	Escavação manual de valas incluindo bota fora (vala para interceptação de condutor horizontal)	SETOP	m <sup>3</sup>	25,39	89,33	2268,089
1.2	Interceptor de condutores horizontais tubo PVC 20 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	70,27	18,21	1279,617
1.3	Escavação manual de valas incluindo bota fora (vala para saída de resíduos)	SETOP	m <sup>3</sup>	30,725	89,33	2744,664
1.4	Saída de resíduos tubo PVC 20 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	61,45	18,21	1119,005
1.5	Caixas de areia em alvenaria, tampa em concreto, incluindo escavação	SETOP	unid	13	452,18	5878,34
1.6	Torneira metálica	SETOP	unid	2	45,12	90,24
<b>2.0</b>	<b>SISTEMA ELEVATÓRIO, FILTRAGEM E ARMAZENAMENTO</b>					
2.1	Filtro	SETOP	unid	1	4845,11	4845,11
2.2	Escavação manual de valas incluindo bota fora (vala para reservatório)	SETOP	m <sup>3</sup>	56	89,33	5002,48
2.3	Fabricação e instalação de reservatório em vinil tramado incluindo alvenaria e manta impermeabilizada (2,0 x 4,0 x 7,0)	Piscina e Cia	unid	1	16575	16575
2.4	Tubo de cobre 20 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	5,75	95,78	550,735
2.5	Tubo de cobre 25 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	1	116,44	116,44
2.6	Válvula de pé com crivo - 25 mm	SETOP	unid	1	97,72	97,72

**Tabela 28:** Tabela de orçamento para sistema de aproveitamento de água pluvial (Conclusão)

2.7	Válvula de retenção horizontal ou vertical - 20 mm	SETOP	unid	2	125,22	250,44
2.8	Registro de gaveta - 20 mm	SETOP	unid	2	66,63	133,26
2.9	Registro de gaveta - 25 mm	SETOP	unid	2	72,5	145
2.10	Moto-bomba	Bomba Shopping	unid	1	1599	1599
<b>3.0 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA</b>						
3.1	Reservatório do tipo caixa d'água de polietileno com capacidade de 1.000 litros.	LEROY MERLIN	unid	2	416	832
3.2	Tubo PVC rígido soldável, inclusive conexões e suportes, 20 mm	SETOP	m	177,32	18,21	3228,997
3.3	Tubo PVC rígido soldável, inclusive conexões e suportes, 50 mm	SETOP	m	11,7	46,1	539,37
3.4	Registro de gaveta - 1 1/2"	SETOP	unid	10	115,54	1155,4
3.5	Registro de gaveta - 1/2"	SETOP	unid	4	66,63	266,52
<b>TOTAL</b>						<b>48.717,43</b>

**Fonte:** O autor (2020).

## 8 ESTIMATIVA DE PERÍODO DE RETORNO

Após a caracterização de consumo de água não potável da escola e a definição do consumo total anual, é possível se analisar e identificar os benefícios econômicos que a implantação desse projeto poderá oferecer a edificação, diante disso é possível se estabelecer o prazo de retorno do investimento.

E segundo Tomaz (2010) uma forma simples e prática de realizar o estudo do período de retorno é o payback, este deve ser utilizado quando se trata de um pré estudo para que possa implantar ou rejeitar o projeto.

Isso pode ser calculado através da seguinte equação:

### Equação 23

$$p = \frac{G}{L}$$

Onde:

$p$  → período de retorno;

$G$  → investimento;

$l$  → lucro anual médio gerado pelo projeto.

Para se determinar o lucro anual médio baseou-se na tabela de tarifas fornecida pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE, levando em consideração que a edificação se enquadra no tipo pública e apresenta o consumo médio mensal de 32,53 m<sup>3</sup>, dessa forma se enquadra dentro da faixa de consumo de 30 m<sup>3</sup> a 40 m<sup>3</sup> que apresenta um valor de tarifa de R\$ 7,99.

Com base nessas informações e os dados de consumo obtidos na tabela 26, estimou-se a economia anual com o emprego da água do sistema de aproveitamento de água pluvial para a higienização dos três pátios, salão multiuso, refeitório e abastecimento das bacias sanitárias com válvula de descarga somente do bloco 2. A tabela apresenta os resultados dessa análise, e nos meses de janeiro e julho que se refere as férias, o consumo fica abaixo do mínimo, dessa forma paga-se o mínimo.

**Tabela 29:** Estimativa de economia de água potável com o uso da água pluvial.

<b>Mês</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tarifa (R\$)</b>	<b>Custo (R\$)</b>
Janeiro	3	7,99	42
Fevereiro	38,43	7,99	307,0557
Março	38,43	7,99	307,0557
Abril	38,43	7,99	307,0557
Mai	38,43	7,99	307,0557
Junho	38,43	7,99	307,0557
Julho	3	7,99	42
Agosto	38,43	7,99	307,0557
Setembro	38,43	7,99	307,0557
Outubro	38,43	7,99	307,0557
Novembro	38,43	7,99	307,0557
Dezembro	38,43	7,99	307,0557
<b>Total</b>	<b>390,3</b>		<b>3154,557</b>

**Fonte:** O autor (2020).

A partir desse resultado é possível se calcular o período de retorno por meio da equação 23, e obteve-se um período de retorno de aproximadamente 16 anos.

$$p = \frac{48717,43}{3154,557}$$

$$p = 15,44 \text{ anos}$$



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais ouve-se falar a respeito de preservação do meio ambiente, reciclagem, economia de energia, e também sobre o aproveitamento de água pluvial. Esse último é pelo fato da água ser essencial para a nossa sobrevivência, além da ingestão da água, o ser humano consome esse recurso para muitas outras atividades no cotidiano.

Todavia esse recurso não é utilizado de forma racional e devido a isso os problemas hídricos no mundo são constantes, e o aproveitamento de água pluvial é uma das alternativas mais eficientes para reduzir o consumo de água tratada.

A partir do diagnóstico foi possível conhecer melhor as instalações da edificação e com isso analisar sua necessidade quanto ao consumo de água não potável, além de verificar e comparar sua demanda com a disponibilidade e volume de captação. Nesta etapa verificou-se que o reservatório inferior proposto inicialmente era inexecutável, pois sua implantação poderia trazer riscos a edificação já existente e com isso realizou um novo dimensionamento onde atenderia somente o bloco 2 no abastecimento das bacias sanitárias.

A possibilidade da implantação do sistema foi apresentada por meio de verificações de viabilidade econômica, onde se realizou o levantamento de materiais e serviços, e com isso estimou-se os custos. Quando se leva em consideração o impacto ambiental positivo que o sistema proporciona, principalmente quanto a preservação dos recursos hídricos e além de promover a conscientização de pais, alunos, professores e funcionários acerca de um uso mais racional desse recurso, tudo isso é um fator que apresenta um peso significativo quanto a viabilidade.

Todavia a implantação do sistema necessitaria da escola um investimento inicial significativo com retorno a longo prazo, apresentando um tempo de retorno de dezesseis anos aproximadamente e isso torna o projeto inviável economicamente, além de como se tratar de uma edificação pública depende de recursos públicos para a implantação do sistema.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: **Água de chuva – Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 2020.

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

**BOMBA SHOPPING**. Disponível em: <[FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - FEAM E FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE MINAS GERAIS - FIEMG. \*\*Aproveitamento de Água Pluvial – Conceitos e Informações Gerais\*\*. 2015.](https://www.bombashopping.com.br/ksb-hydrobloc-p-1000-10-cv-monof-0000000037005/p?idsku=990786801&pht=48071585236417298&gclid=EAIaIQobChMI7azS16717AIVBASRCh2UbgWqEAYYBSABEgL9xPD_BwE.> Acesso: 02 de Novembro de 2020</a></p></div><div data-bbox=)

**FUNDAÇÃO PROCAFÉ**. Disponível em: < <http://fundacaoprocafe.com.br/> > Acesso: 10 de Junho de 2020.

KNAPIK, HELOISE. **Tabelas Auxiliares para Dimensionamento**. Versão 2017 – Universidade Federal do Paraná.

**LEROY MERLIN**. Disponível em :< :[https://www.leroymerlin.com.br/tanque-de-polietileno-5-000l-fort-plus-fortlev\\_87050880?region=grande\\_sao\\_paulo&gclid=EAIaIQobChMI5oCojanl7AIVARGRCh2bMg66EAQYASABEgKqOPD\\_BwE](https://www.leroymerlin.com.br/tanque-de-polietileno-5-000l-fort-plus-fortlev_87050880?region=grande_sao_paulo&gclid=EAIaIQobChMI5oCojanl7AIVARGRCh2bMg66EAQYASABEgKqOPD_BwE). Acesso: 02 de Novembro de 2020.

NETTO, José Martiniano de Azevedo. **Manual de Hidráulica**. 8 Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 2012.

**PANORAMA HOME CENTER**. Disponível em : < [https://www.panoramahomecenter.com.br/ProdutoId\\_10127,2215008/HIDRAULICA/ESGOTO/CAIXA-DE-GORDURA/CAIXA-DE-CONCRETO-PASSAGEM-40X40.html](https://www.panoramahomecenter.com.br/ProdutoId_10127,2215008/HIDRAULICA/ESGOTO/CAIXA-DE-GORDURA/CAIXA-DE-CONCRETO-PASSAGEM-40X40.html)> Acesso: 02 de Novembro de 2020.

**PORTAL DO PROJETISTA.** Disponível em:

<<http://portaldoprojetista.com.br/captacao-de-aguas-pluviais/caixa-de-areia/>> Acesso em: 25 de Setembro de 2020.

PRADO, Ivana. **Projeto de Instalações hidráulicas prediais:** Projeto de Instalações Prediais de Água Fria. Agosto, 2020. 37 slides.

REIS, Ricardo Prado Abreu. **Sistemas Prediais de Águas Pluviais – SPAP.** Goiânia 2007.

SAAE. **Serviço Autônomo de Água e Esgoto.**

SETOP. **Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas**

SOFTWARE PLÚVIO 2.1, 2006, **Chuvas intensas para o Brasil**

<http://arquivo.ufv.br/ctq/terraço/Menu2.html> (Universidade Federal de Viçosa).

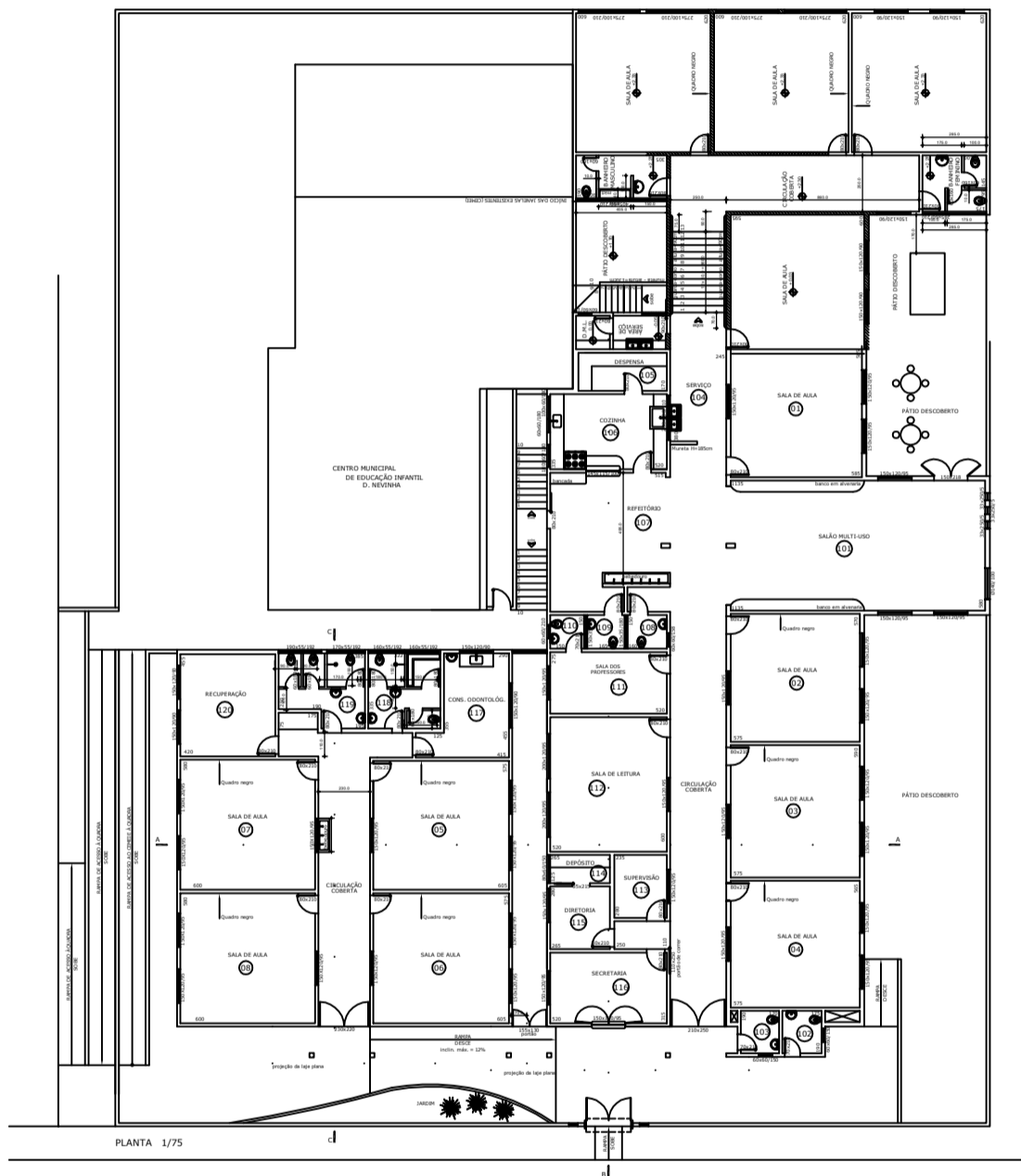
**TELHA NORTE.** Disponível em: <<https://www.telhanorte.com.br/tubo-soldavel-6-metros-34-tigre-23701/p>> Acesso: 02 de Novembro de 2020.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis – Diretrizes básicas para um projeto. 6º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA.** Belo Horizonte, 2007.

TOMAZ, Plinio. **Cálculos Hidrológicos e hidráulicos para obras municipais.** 2 Ed. São Paulo: Editora Navegar, 2011.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** São Paulo: Editora Navegar, 2010.

**3P TECHNIK.** Disponível em < [http://www.agua-de-chuva.com/index.php?article\\_id=135&clang=2&rexsearch=>](http://www.agua-de-chuva.com/index.php?article_id=135&clang=2&rexsearch=>) Acesso em: 23 de Março de 2020.



PLANTA BAIXA

PROJETO: <b>RUA MARANHÃO N° 315, BAIRRO NOSSA SENHORA APARECIDA- ELÓI MENDES - MG</b>	
PROJETO DE: <b>ESCOLA MUNICIPAL CARROSSEL</b>	TIPO DE: _____
CLASSIFICAÇÃO: _____	
PROJETO DE USO: <b>EDUCACIONAL</b>	
ESTADO: _____	DECLARO QUE A APROVAÇÃO DO PROJETO, NÃO IMPLICA NO RECONHECIMENTO POR PARTE DA PREFEITURA DO DIREITO DE PROPRIEDADE DO TERRENO.
PROFESSOR: _____	PROFESSOR RESPONSÁVEL PELA EDIFICAÇÃO: _____
ÁREA DO TERRENO: _____ 1942,00 m <sup>2</sup>	ÁREA DO PROJETO: _____
ÁREA A CONSTRUIR: _____ 997,81 m <sup>2</sup>	PROFESSOR TÍT: _____
PROFESSOR: _____	ESTRUTURA: _____
APROVAÇÃO: _____	
APROVAÇÃO DE 2024: <b>APÊNDICE A - PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL</b> CONTEÚDO DA FERRAMENTA: <b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b> ESCALA: _____	

QUADRA POLIESPORTIVA DO BAIRRO NOSSA SENHORA APARECIDA (DESCOBERTA)

RUA ALAGOAS

CENTRO MUNICIPAL  
DE EDUCAÇÃO INFANTIL  
D. NEVINHA

BLOCO 1  
E.M. CARROSSEL

BLOCO 2  
E.M. CARROSSEL

RUA RIO DE JANEIRO

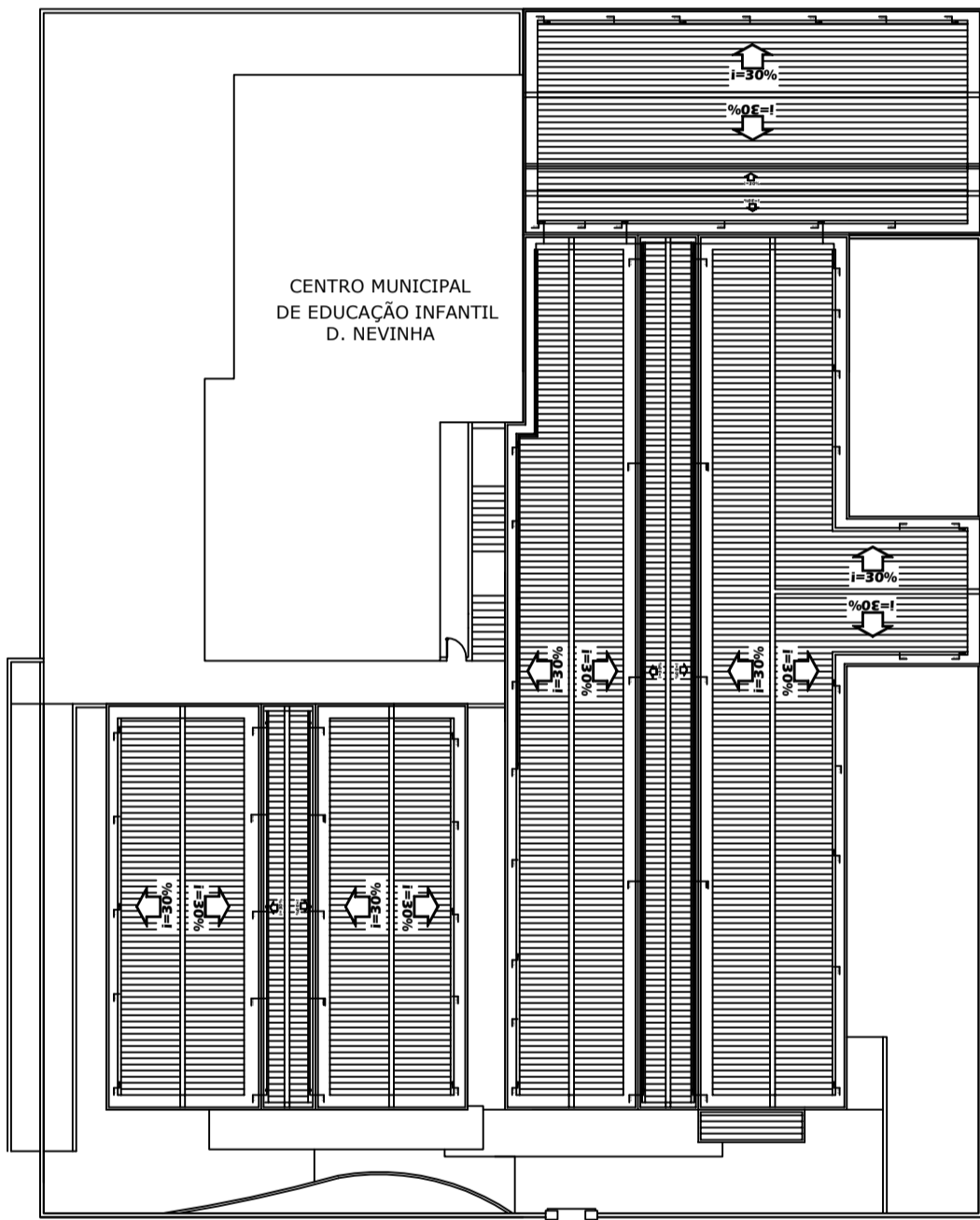
IMPLANTAÇÃO

RUA MARANHÃO

Pórtico (ver detalhe acima)

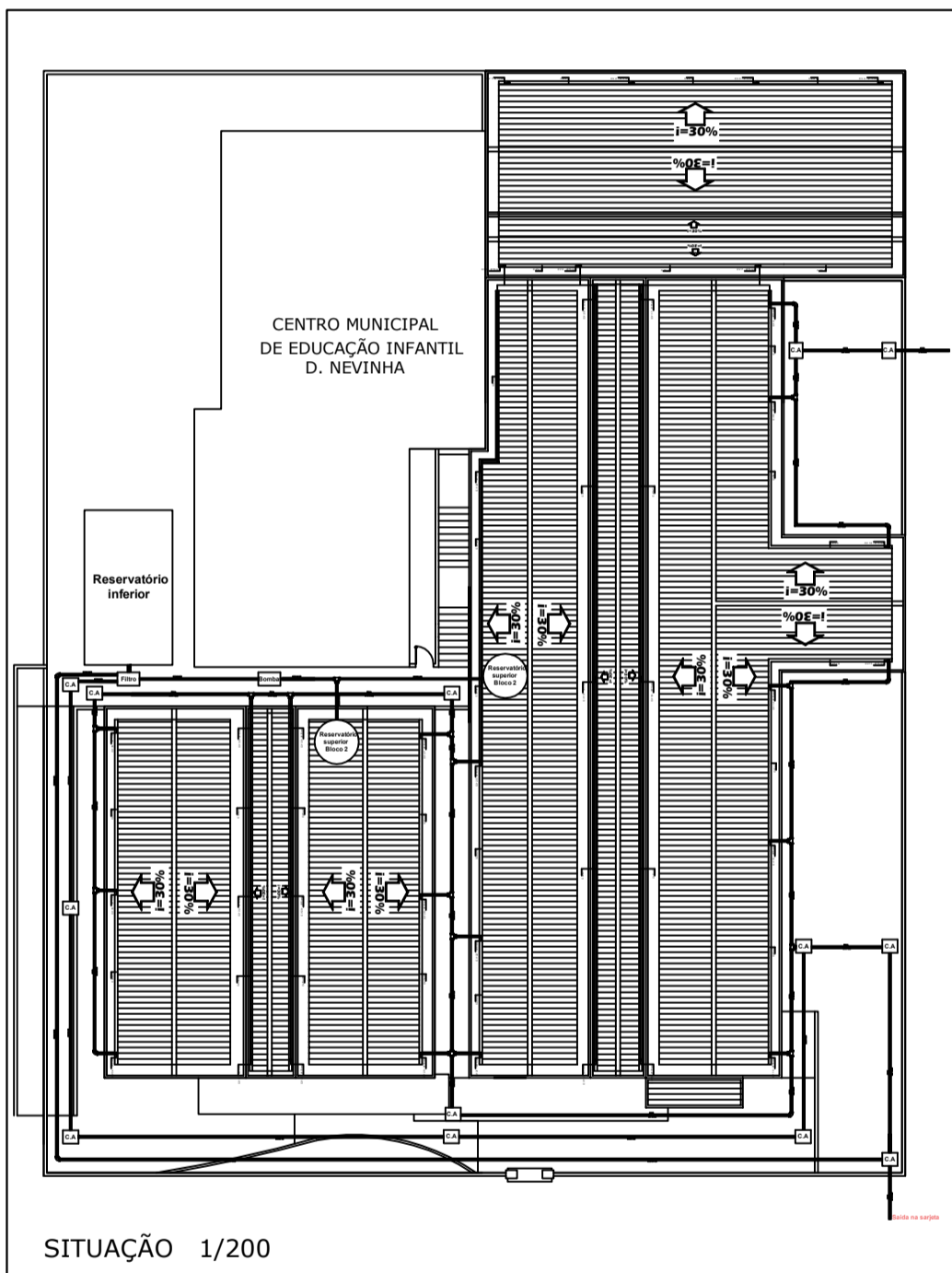
Laje de cobertura sobre passagem entre blocos

PROJETO: RUA MARANHÃO N° 315, BAIRRO NOSSA SENHORA APARECIDA - ELÓI MENDES - MG	
PROPOSTA: ESCOLA MUNICIPAL CARROSSEL	OFÍCIO:
COMISSÃO: /	
PROJETO DE: EDUCACIONAL	
ESTUDO:	DECLARO QUE A APROVAÇÃO DO PROJETO, NÃO IMPLICA NO RECONHECIMENTO POR PARTE DA PREFEITURA DO DIREITO DE PROPRIEDADE DO TERRENO.
ÁREA: ÁREA DO TERRENO: 1942,00 m <sup>2</sup> ÁREA A CONSTRUIR: 997,81 m <sup>2</sup>	PROFESSOR: EDUARDA CARLOS COELHO AUTOR DO PROJETO: EDUARDA CARLOS COELHO PROFESSOR: EDUARDA CARLOS COELHO
DESENHOS: EDUARDA CARLOS COELHO DATA: 06/11/2020	
APROVAÇÕES:	
IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO: APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	
TÍTULO DO PROJETO: <b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	
ESCALA: 1/100	



COBERTURA

ENDEREÇO: RUA MARANHÃO N° 315, BAIRRO NOSSA SENHORA APARECIDA- ELÓI MENDES - MG	
PROPRIETÁRIO:	ESPECIAL
ESCOLA MUNICIPAL CARROSSEL	
COMPROVAÇÃO:	
<b>EDUCACIONAL</b>	
ESTRUTURA:	DECLARO QUE A APROVAÇÃO DO PROJETO, NÃO IMPLICA NO RECONHECIMENTO POR PARTE DA PREFEITURA DO DIREITO DE PROPRIEDADE DO TERRENO.
ÁREA DO TERRENO ..... 1942,00 m <sup>2</sup> ÁREA A CONSTRUIR ..... 997,81 m <sup>2</sup>	PROPRIETÁRIO: RESPONSÁVEL PELA EDIFICAÇÃO AUTOR DO PROJETO: EDUARDA CAMPOS COELHO RESPONSÁVEL: TEC. EDUARDA CAMPOS COELHO
ESTABELEÇO: EDUARDA CAMPOS COELHO DATA: 04/11/2020	
APROVAÇÃO:	
IDENTIFICADOR DE BOMBA: APÊNDICE C - PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	
CONTEÚDO DA FOLHA:	
<b>PROJETO ARQUITETÔNICO</b>	
ESCALA: 1/50	



COMPRIMENTO DAS CALHAS

Identificação	Comprimento (m)
C1	6,0
C2	5,5
C3	6,05
C4	3,65
C5	8,0
C6	5,95
C7	4,75
C8	6,8
C9	5,45
C10	5,45
C11	8,2
C12	10,05
C13	17,7
C14	17,75
C15	17,7
C16	17,75
C17	5,74
C18	7,8
C19	10,0
C20	3,6
C21	7,6
C22	7,6
C23	7,88
C24	8,05
C25	8,05
C26	8,05
C27	8,05
C28	7,8
C29	7,7

DIÂMETRO E COMPRIMENTO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS

Identificação	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)
C.H.1	100	3,3
C.H.2	100	6,0
C.H.3	100	9,7
C.H.4	100	4,3
C.H.5	100	6,75
C.H.6	100	9,05
C.H.7	100	14,4
C.H.8	100	24,95
C.H.9	100	5,0
C.H.10	100	1,6
C.H.11	100	5,75
C.H.12	100	0,95
C.H.13	100	8,25
C.H.14	100	1,5
C.H.15	100	7,8
C.H.16	100	7,05
C.H.17	100	7,1

DIÂMETRO E COMPRIMENTO DOS CONDUTORES DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO

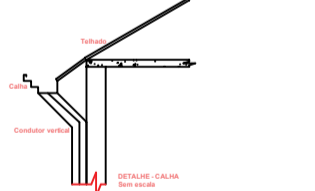
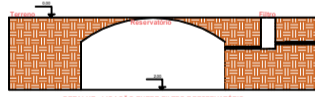
Identificação	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)
C.S.A.1	20	0,5
C.S.A.2	20	5,4
C.S.A.3	20	2,4
C.S.A.4	20	1,65
C.S.A.5	20	6,4

DIÂMETRO E COMPRIMENTO DOS INTERCEPTORES DOS CONDUTORES HORIZONTAIS

Identificação	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)
I.C.H.1	20	8,0
I.C.H.2	20	15,22
I.C.H.3	20	16,5
I.C.H.4	20	9,75
I.C.H.5	20	9,5
I.C.H.6	20	1,8

DIÂMETRO E COMPRIMENTO DAS SAÍDAS DE RESÍDUOS DE FILTRAGEM PARA GALERIA DE ESGOTO

Identificação	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)
Saída 1	20	37,2
Saída 2	20	21,65
Saída 3	20	2,6



PROJETO: RUA MARANHÃO Nº 315, BAIRRO NOSSA SENHORA APARECIDA - ELOÍ MENDES - MG

PROPOSTA: ESCOLA MUNICIPAL CARROSEL

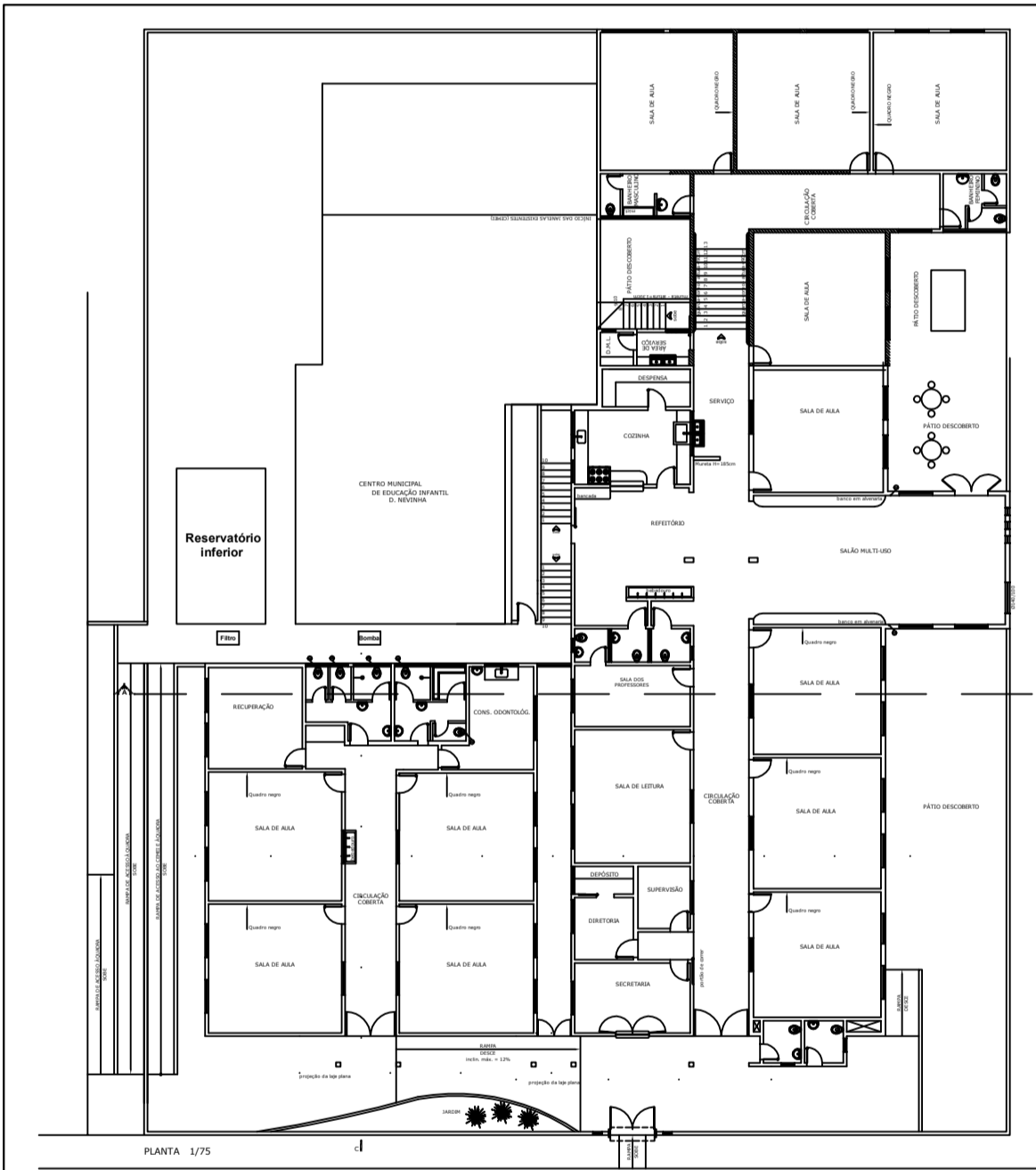
EDUCACIONAL

DECLARO QUE A APROVAÇÃO DO PROJETO, NÃO IMPLICA NO RECONHECIMENTO POR PARTE DA PREFEITURA DO DIREITO DE PROPRIEDADE DO TERRENO.

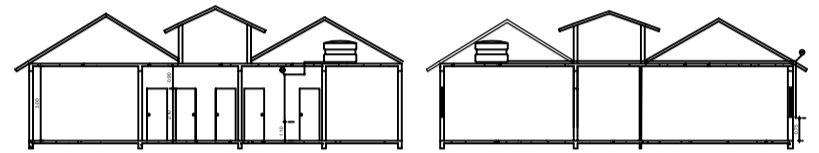
ÁREAS:  
 ÁREA DO TERRENO: 1942,00 m²  
 ÁREA A CONSTRUIR: 972,81 m²

PROJETO: REDE DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

UNICA



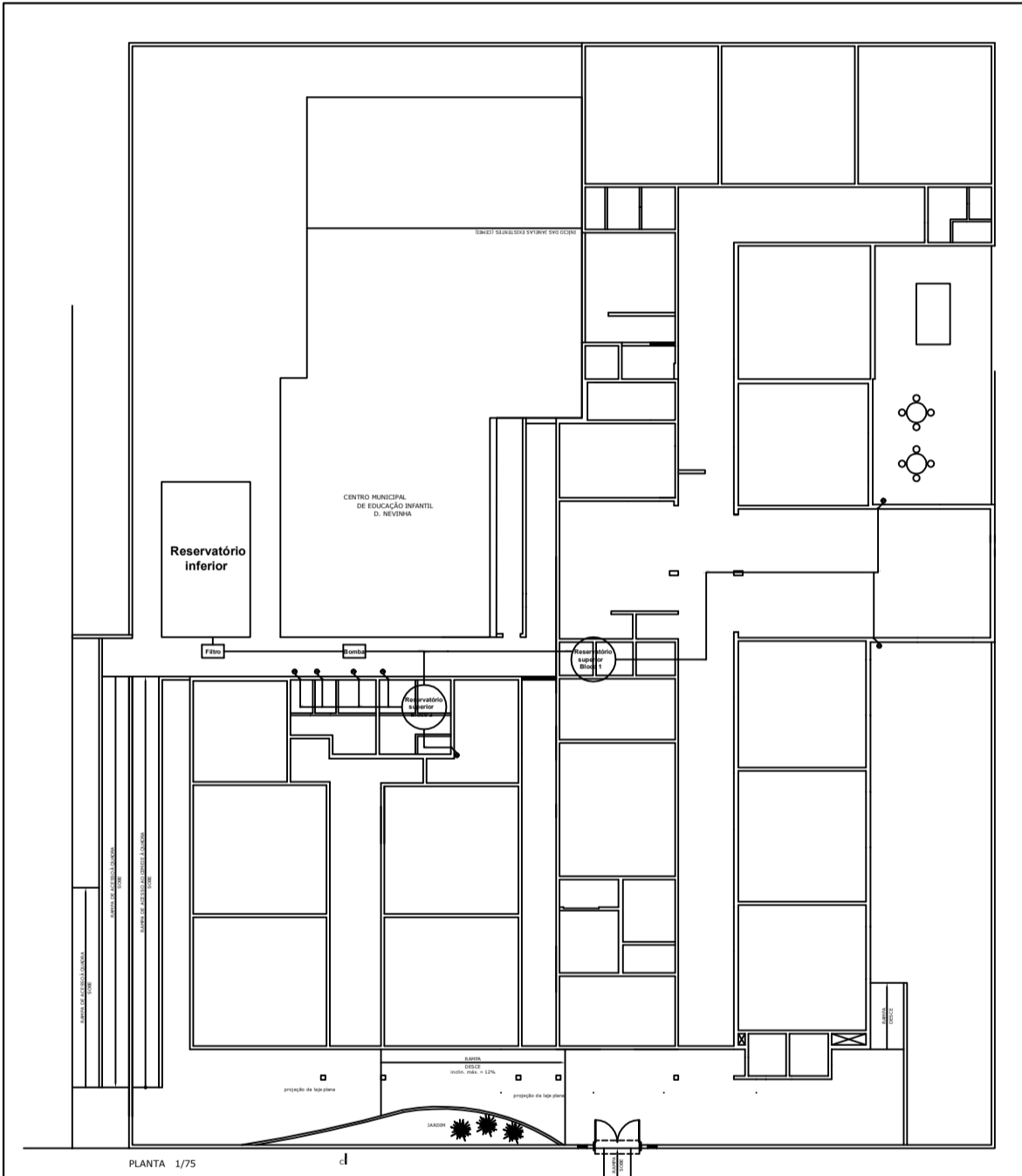
**PONTOS DE ÁGUA FRIA**



**CORTE AA**

<b>ENDEREÇO: RUA MARANHÃO N° 315, BAIRRO NOSSA SENHORA APARECIDA- ELÓI MENDES - MG</b>	
<b>PROPOSTA: ESCOLA MUNICIPAL CARROSSEL</b>	
<b>COMERCIALIZADA:</b>	
<b>TIPO DE OBRA: EDUCACIONAL</b>	
SITUAÇÃO:	DECLARO QUE A APROVAÇÃO DO PROJETO, NÃO IMPLICA NO RECONHECIMENTO POR PARTE DA PREFEITURA DO DIREITO DE PROPRIEDADE DO TERRENO.
ÁREAS: ÁREA DO TERRENO ..... 1942,00 m <sup>2</sup> ÁREA A CONSTRUIR ..... 997,81 m <sup>2</sup>	
PROPOSTA: TEL: EDUARDA CAMPOS COELHO DESINHADA: EDUARDA CAMPOS COELHO DATA: 04/11/2020	
APROVAÇÃO:	
IDENTIFICAÇÃO DA OBRA: APROVAÇÃO E PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PONTOS DE ÁGUA FRIA	





**TRAÇADO DE BARRILETES SOBRE A LAJE**

**DIÂMETRO E COMPRIMENTO DAS TUBULAÇÕES**

TRECHO	Diâmetro (mm)	Comprimento (m)	
R.S - Bloco 2	B 1	50	0,85
B 1	AF 1	50	1,25
R.S	B 2	50	0,6
B 2	AF 2	50	1,25
B 2	B 3	50	1,35
B 3	AF 3	50	1,25
B 3	B 4	50	1,65
B 4	AF 4	50	1,25
B 4	B 5	50	1,0
B 5	AF 5	50	1,25
R.S - BLOCO 1	T 1	20	4,10
T 2	T 3	20	3,95
T 3	B 6	20	7,55
B 6	AF 6	20	3,0
B 6	B 7	20	0,5
B 7	AF 7	20	2,9
R.I	FILTRO	20	0,5
FILTRO	BOMBA	20	5,4
BOMBA	R.E 1.1	20	2,65
R.E 1.1	R.E 1.2	20	1,5
R.E 1.2	R.E 1.3	20	6,7

PROPOSTA: **RUA MARANHÃO N° 315, BAIRRO NOSSA SENHORA APARECIDA- ELÓI MENDES - MG**

PROPOSTA: **ESCOLA MUNICIPAL CARROSSEL**

EDUCACIONAL

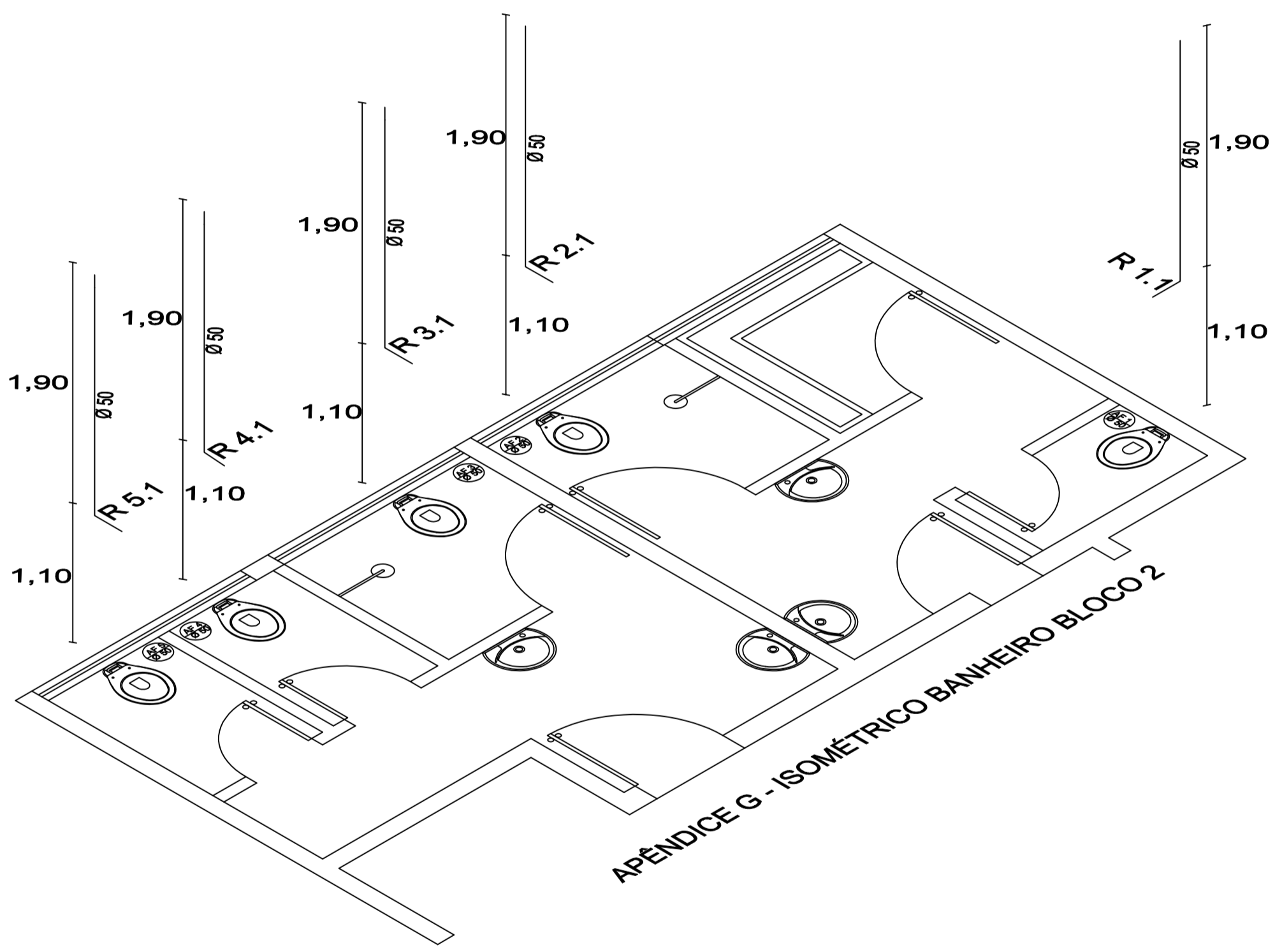
DECLARO QUE A APROVAÇÃO DO PROJETO, NÃO IMPLICA NO RECONHECIMENTO POR PARTE DA PREFEITURA DO DIREITO DE PROPRIEDADE DO TERRENO.

ÁREAS:  
 ÁREA DO TERRENO ..... 1942,00 m<sup>2</sup>  
 ÁREA A CONSTRUIR ..... 997,81 m<sup>2</sup>

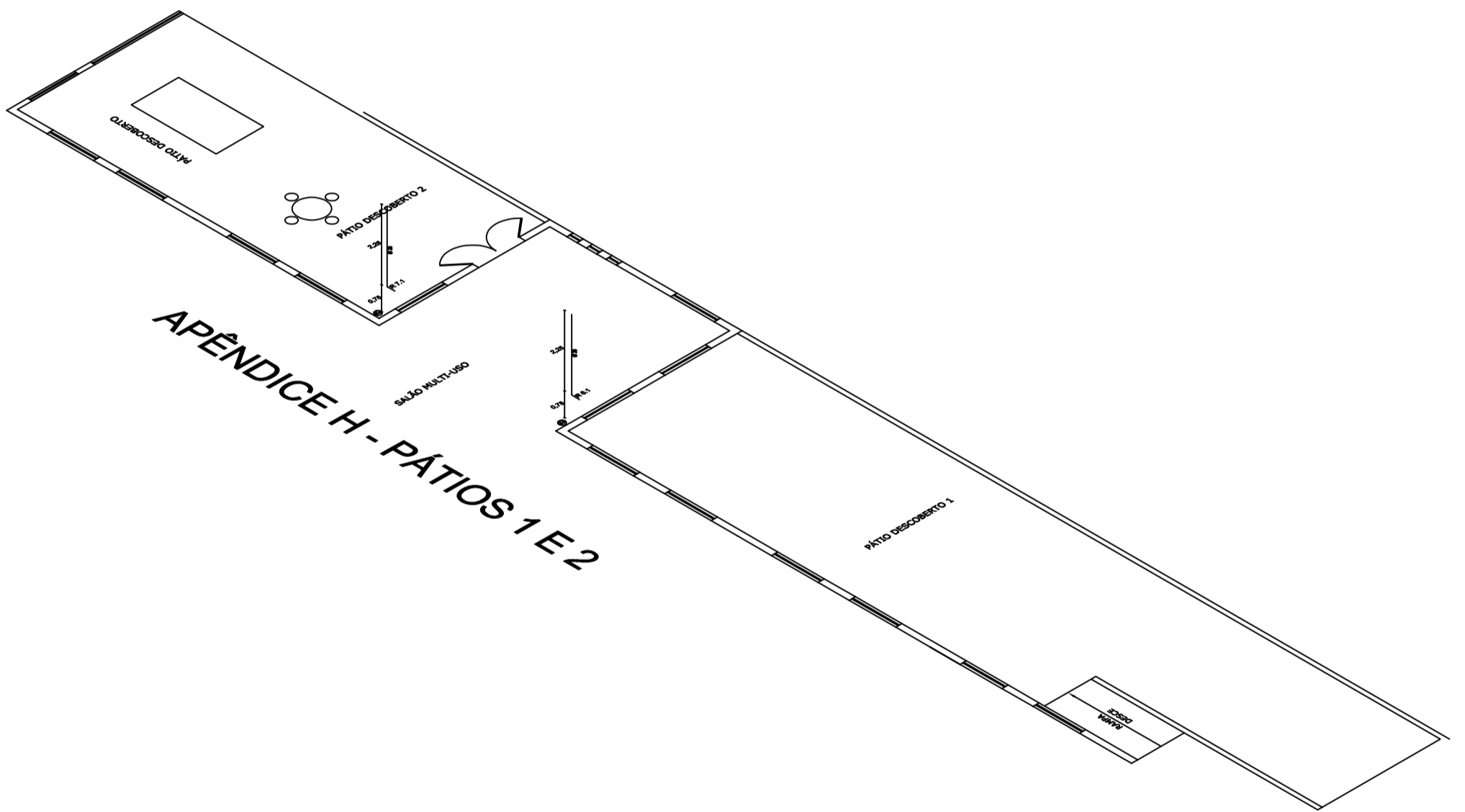
PROJETO DE ARQUITETURA: EDUARDA CAMPOS COELHO  
 RESPONSÁVEL TÉCNICO: EDUARDA CAMPOS COELHO  
 DATA: 04/11/2020

APROVAÇÕES:

PROPOSTA DE OBRA:  
**PONTOS DE ÁGUA FRIA**



APÊNDICE G - ISOMÉTRICO BANHEIRO BLOCO 2



# APÊNDICE H - PÁTIOS 1 E 2