

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

AISLAN DE ARAUJO

ESTUDO DE CASO: Projeto de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis na escola CBS objetivo da cidade de Paraguaçu – Minas Gerais

**VARGINHA - MG
2019**

AISLAN DE ARAUJO

ESTUDO DE CASO: Projeto de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis na escola CBS objetivo da cidade de Paraguaçu – Minas Gerais

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/ MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob a orientação da Prof.^a Luana Ferreira Mendes.

**VARGINHA - MG
2019**

AISLAN DE ARAUJO

ESTUDO DE CASO: Projeto de um sistema de captação de águas pluviais para fins não potáveis na escola CBS objetivo da cidade de Paraguaçu – Minas Gerais

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/ MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, pela Banca Examinadora Composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof.^a Eng. Esp. Luana Ferreira Mendes

Eng. Esp. Luana Nogueira Matias

Eng. Esp. Luiz Otávio Andreatta Schmidt

OBS:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, a minha família, aos meus amigos, e a todos que de certa forma colaboraram para sua realização.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, por ter me dado saúde e força para chegar até a etapa final da graduação, por não ter me deixado desanimar pelo caminho. Agradeço aos meus pais Lázaro de Araújo e Maria de Lourdes Fernandes Araújo que sempre me incentivaram e acreditaram na minha capacidade. Agradeço a minha pequena filha, Maria Fernanda Souza Araújo que foi o maior incentivo de minha graduação. Agradeço aos meus irmãos por sempre terem me apoiado. A Prof.^a Luana Ferreira Mendes por ter colaborado em minha formação e a todos que contribuíram durante minha caminhada.

"Cada sonho que você deixa pra trás, é um pedaço de seu futuro que deixa de existir."

Steve Jobs

RESUMO

Atualmente com as condições cada vez mais precárias de se obter água com qualidade e em quantidade suficiente para atender as diversas atividades exercidas pelo homem, vem sendo praticado métodos racionais de aproveitamento da água de chuva. Este trabalho tem por objetivo apresentar um projeto de aproveitamento de água de chuva que será utilizado na Escola CBS Objetivo com educação pedagógica focada no ensino Infantil, Fundamental I e II da cidade de Paraguaçu, Minas Gerais, visando atender as necessidades de água no que se refere a descargas em bacias sanitárias e rega de jardim. O trabalho apresenta o projeto de um desenho técnico detalhado de um sistema de aproveitamento de água de chuva, memorial descritivo e de cálculo, serviços, materiais e acessórios a serem empregados na execução do projeto. Resultando em um valor estimado de R\$ 65294,65 (sessenta e cinco mil, duzentos e noventa e quatro reais e sessenta e cinco centavos)) para implantação, cujo tempo de retorno será de aproximadamente 81 anos. A utilização desse projeto contribuirá com a economia do uso de água potável, contribuirá com a preservação dos mananciais além da preservação desse recurso natural.

Palavra-chave: Aproveitamento de água de chuva. Sustentabilidade. Meio ambiente.

ABSTRACT

Nowadays, with the increasingly precarious conditions of obtaining enough quality water to meet the various activities performed by man, rationing methods of rainwater use have been practiced. This paper aims to present a rainwater harvesting project that will be used at the CBS Objective School with pedagogical education focused on kindergarten, Elementary I and II of the city of Paraguaçu, Minas Gerais, aiming to meet the water needs in which refers to toilet flushing and garden watering. The work presents the project of a detailed technical drawing of a rainwater harvesting system, descriptive and calculation memorial, services, materials and accessories to be employed in the execution of the project. Resulting in an estimated value of sixty-one thousand and eight hundred and fourteen reais and eighty-one cents (R \$ 65294,65) for implementation, whose return time will be approximately 81 years. The use of this project will contribute to the saving of the use of drinking water, will contribute to the preservation of the springs besides the preservation of this natural resource.

Keyword: Rainwater harvesting. Sustainability. Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Imagem da localização de Paraguaçu.	18
Figura 02 - Fachada da escola.	19
Figura 03 - Vista do lado direito da edificação	21
Figura 04 – Sistemas de drenagens existentes.....	22
Figura 5 - Guia de instalação do Ciclo 2000.	56
Figura 6 - Bomba centrífuga KSB C500N	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (L/min)	29
Tabela 2 – Acréscimo de potência recomendado	32
Tabela 3 – Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.....	33
Tabela 4 – Pluviosidade média mensal em milímetros.	36
Tabela 5 – Consumo médio de água potável em m ³ e valores em reais.....	38
Tabela 6 – Consumo diário e média diária de consumo de água.	39
Tabela 7 – Consumo médio histórico representativo.	40
Tabela 8 – Demanda diária de água para descarga em bacias sanitárias.....	42
Tabela 9 – Demanda diária de água para descarga em bacias sanitárias.....	43
Tabela 10 – Estimativa de demanda de água não potável diária.	43
Tabela 11 – Dimensionamento das calhas retangulares.	44
Tabela 12 – Dimensionamento dos condutores verticais.	45
Tabela 13 – Dimensionamento dos condutores horizontais.	47
Tabela 14 – Volume aproveitável por mês.....	48
Tabela 15 – Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl.	49
Tabela 16 – Comprimento equivalente de sucção D = 25 mm.....	51
Tabela 17 – Comprimento equivalente de sucção D = 20 mm.....	51
Tabela 18 – Dimensionamento da rede de distribuição 1.....	53
Tabela 19 – Dimensionamento da rede de distribuição 2.....	54
Tabela 20 – Dimensionamento da rede de distribuição 3.....	54
Tabela 21 – Levantamento do quantitativo	58
Tabela 22 – Planilha orçamentária	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Demanda de água não potável em uma residência.....	26
Quadro 02 - Coeficientes de rugosidade.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDF – Intensidade, Duração e Frequência.

USP – Universidade de São Paulo

Dr – Diâmetro de Recalque

Ds – Diâmetro de Sucção

I ou i – Intensidade de precipitação

IC – Indicador de Consumo

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MG – Minas Gerais

NBR – Norma Brasileira

PVC – Policloreto de polivinila

SETOP – Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

UNIS/MG – Centro Universitário do Sul de Minas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3. DIAGNÓSTICO	17
3.1 Caracterização do município.....	18
3.2 Caracterização da escola.....	18
3.3 Caracterização da edificação.....	19
4. MEMORIAL DESCRITIVO	23
4.2 Local de Estudo.....	23
4.3 Obtenção da Precipitação Média Mensal.....	24
4.4 Obtenção da Intensidade de Precipitação	24
4.5 Definição da Área de Contribuição.....	25
4.6 Obtenção da Vazão de Projeto	25
4.7 Estimativa de Consumo de Água Não Potável.....	26
4.8 Estimativa de Consumo de Água Potável.....	26
4.9 Estimativa de economia de água potável.....	27
4.10 Dimensionamento das Calhas.....	27
4.11 Dimensionamento dos Condutores Verticais	28
4.12 Dimensionamento dos Condutores Horizontais	29
4.13 Obtenção do Volume Aproveitável da Precipitação Média Mensal	30
4.14 Dimensionamento dos Reservatórios.....	30
4.15 Dimensionamento do Sistema Elevatório	31
4.16 Dimensionamento da rede de distribuição	32
4.17 Elaboração do projeto hidráulico	34
4.18 Levantamento do Quantitativo e custos	34
4.19 Estimativa do tempo de retorno	34
5 MEMORIAL DE CÁLCULO	36
5.1 Estimativa de Precipitação Média Mensal	36
5.2 Cálculo da Intensidade da Chuva para Paraguaçu.....	36
5.3 Cálculo da Área de Contribuição.....	37
5.4 Cálculo da Vazão de Projeto	38
5.5 Cálculo de Estimativa de Consumo de Água Potável.....	38
5.6 Cálculo da Estimativa de Demanda de água não potável.....	41
5.7 Cálculo da Estimativa de Economia de Água Potável	43
5.8 Dimensionamento das calhas.....	44
5.9 Dimensionamento dos condutores verticais	45
5.10 Dimensionamento dos condutores horizontais	46
5.11 Volume Aproveitável da Precipitação Média Mensal	48
5.12 Dimensionamento dos reservatórios	48
5.12.1 Dimensionamento do reservatório inferior.....	48
5.12.2 Dimensionamento do reservatório superior.....	50

5.13 Dimensionamento do sistema elevatório.....	50
5.14 Dimensionamento da rede de distribuição	52
5.15.1 Tubulações e conexões	55
5.15.2 Reservatórios	56
5.15.3 Filtros.....	56
5.15.4 Bomba centrífuga	57
5.16 Levantamento do quantitativo	58
5.17 Estimativa de custos	60
5.18 Estimativa de tempo de retorno do investimento	63
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS	66
ANEXO A	68
ANEXO B.....	69
ANEXO C.....	70
APÊNDICE A1.....	71
APÊNDICE A2.....	72
APÊNDICE A3.....	73

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário mundial está perceptível aos seres humanos a necessidade da busca da racionalização dos recursos naturais e a preocupação com o meio ambiente devido às diversas ações do homem que vem afetando seriamente esses recursos e o meio ambiente. Uma alternativa para a diminuição de gasto dos recursos naturais é o aproveitamento da água de chuva em tarefas que não exige o tratamento dessa água como potável. Sendo um método que já vem sendo muito utilizado em diversos países que não possuem grande disponibilidade hídrica como o Brasil, porém é um recurso que futuramente poderá afetar em escala mundial.

Uma edificação que implante o sistema de aproveitamento de água pluvial certamente estará contribuindo para o meio ambiente e praticando uma conscientização na preservação de água potável. A água de boa qualidade para consumo do ser humano que seria utilizada para limpeza de pátios, descarga de vasos sanitários, lavagem de automóveis, irrigação de plantas poderá ser substituída pela água de aproveitamento pluvial.

A principal justificativa deste estudo é de apresentar através de coletas de dados a realização de um projeto para o uso e aproveitamento de água pluvial, evitando que essa água seja descartada no meio ambiente e com a finalidade de obter uma economia de consumo de água potável. O aproveitamento da água pluvial é um método benéfico para a população, pois é um sistema que gera uma redução no consumo de água potável. Além disso, é um sistema não estrutural que contribui com uma pequena parte da drenagem urbana.

Através deste estudo será apresentado um projeto completo de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para a Escola CBS Objetivo, localizada na cidade de Paraguaçu, Minas Gerais, realizando uma estimativa de consumo de materiais e também do valor de investimento para implantação do sistema, sendo apresentado todo referencial teórico, parâmetros normativos e cálculos aplicados no dimensionamento do projeto.

No segundo capítulo do presente trabalho é apresentado os objetivos. No terceiro capítulo são apresentados o diagnóstico compreendendo o local de estudo, a caracterização da escola e da edificação, compreendendo todas áreas da escola.

No quarto capítulo é apresentado o memorial descritivo, explicando como procedeu cada parte do projeto, onde são apresentados dados da edificação, como foi obtida a precipitação média, definição da área de cobertura, as estimativas de consumo de água potável e não potável, como será o dimensionamento das partes que compõe o sistema.

No quinto capítulo é apresentado o memorial de cálculo, sendo desenvolvido todos os cálculos que foram expostos no memorial descritivo, além da verificação da estimativa de custo

de implantação do projeto e a verificação da estimativa do tempo de retorno do investimento. No sexto capítulo é apresentada as considerações finais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal propor um projeto para implantação de um sistema de captação de uso de águas pluviais para fins não potáveis para a escola CBS Objetivo, localizado na cidade de Paraguaçu, Minas Gerais.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

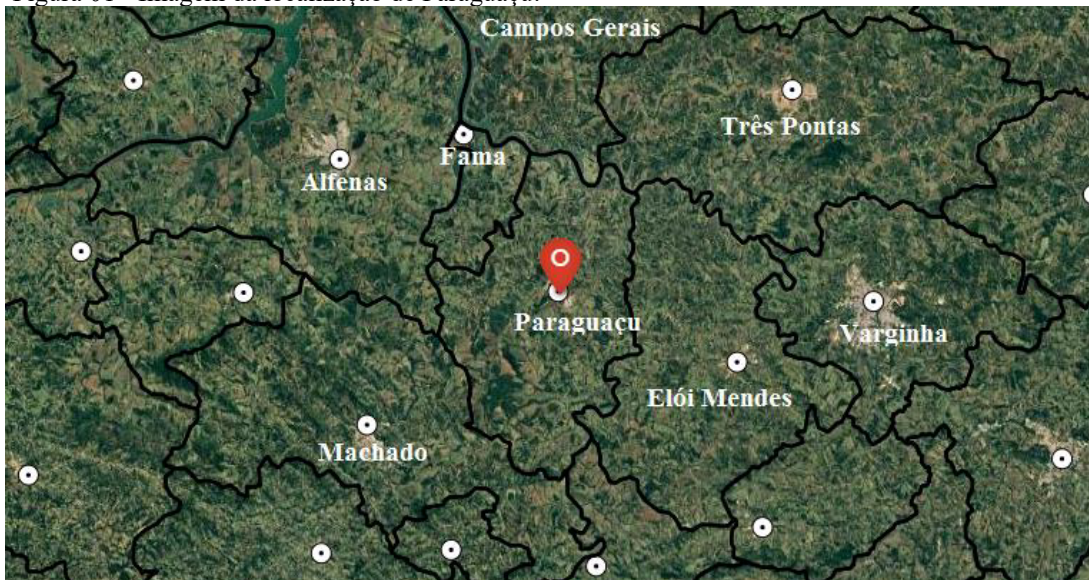
- Realizar a caracterização do local de estudo;
- Obter os dados pluviométricos ocorridos na região;
- Obter e definir a vazão de água pluvial que poderá ser coletada pela cobertura;
- Estimar o consumo de água potável e não potável que a edificação utiliza;
- Estimar o quanto de água potável pode ser economizado;
- Realizar o dimensionamento dos componentes que fazem parte do sistema;
- Elaborar o projeto hidráulico do sistema;
- Elaborar o memorial descritivo e de cálculo;
- Elaborar o orçamento de custo de implantação do sistema;
- Estimar o total de custo do projeto;
- Estimar o tempo de retorno do investimento.

3. DIAGNÓSTICO

3.1 Caracterização do município

Paraguaçu é uma cidade brasileira situada no sul do estado de Minas Gerais, e de acordo com o IBGE (2018), possui uma área de 424,296 Km² e uma população de 20.245 habitantes (CENSO 2010) e com uma população prevista em 2018 de 21.418 habitantes. É cidade vizinha dos municípios de Elói Mendes, Fama, Machado, Campos Gerais e Três Pontas (conforme figura 01), situando-se a 810 metros de altitude, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 21° 33' 22" S, e Longitude: 45° 44' 22" O, possuindo uma pluviosidade média de 1200 mm anuais de clima temperado.

Figura 01 - Imagem da localização de Paraguaçu.



Fonte: Adaptado de IDE SISEMA, (2019).

Sua principal fonte econômica baseia-se na agropecuária, criação de bovinos, produção de leite e café, confecções, indústria têxtil, metalúrgica e argamassas.

3.2 Caracterização da escola

A Escola CBS Objetivo está situada na Rua Treze de Maio, n. 113, no bairro Jardim Bela Vista, na cidade de Paraguaçu, Minas Gerais (figura 02). Iniciou suas atividades na nova sede no ano de 2015, atualmente com 190 alunos matriculados e 36 colaboradores. Exerce suas atividades em período integral, iniciando às 07:00 horas e encerrando as 18:30 horas de segunda à sexta feira. A escola possui um total de 1493,52 m² de área construída e uma área de terreno de 2000,35 m².

A escola CBS Objetivo, tem direção pedagógica focada na Educação Infantil e Ensino Fundamental I e II, está fundamentada na educação como um ato social, oferecendo ensino infantil para crianças a partir de um ano de idade, fundamental I e o fundamental II até o 9º período.

Figura 02 - Fachada da escola.



Fonte: O autor, (2019).

3.3 Caracterização da edificação

Através do projeto arquitetônico apresentado (*vide* Anexo A), é possível identificar que a edificação possui uma área de 771,0 m² e ao fundo da edificação existe um conjunto de coberturas sobre as áreas destinadas para *playground* e uma quadra poliesportiva com uma área de 722,52 m², totalizando 1493,52 m² de área construída. Devido a existência de grandes coberturas, a aplicação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva se torna atrativo.

As coberturas são de estruturas metálica, com telhas metálicas com inclinação de 10% e 15%, ainda existindo uma área de platibanda na face frontal que será considerada para fins de cálculos normativos.

Através da capacitação da água, a mesma poderá ser armazenada e utilizada para atender as atividades de descargas nas bacias sanitárias, existindo um total de 12 bacias sanitárias com caixa acoplada e um total de 5 mictórios, e pelo fato da existência de um pequeno jardim na face frontal da edificação de 6,25 m², será definido um ponto para torneira de jardim para irrigação.

Pode ser notado que ao lado direito da edificação (*vide* Figura 03), ainda não existe um sistema de captação de água de chuva, a drenagem deste lado é realizado através de 4 ralos de PVC no diâmetro de 100 mm (*vide* planta de cobertura Anexo A), e já do lado esquerdo da edificação (*vide* Figura 04), existe um sistema com drenagem pluvial formado por um conjunto de 6 calhas retangulares galvanizadas, com dimensão de 20cm x 15cm, com 5 coletores verticais de PVC no diâmetro de 100 mm, e no beiral do *playground* existe um conjunto de calhas retangulares galvanizadas, com dimensão de 30cm x 10cm, com 6 coletores verticais de PVC no diâmetro de 100 mm que realiza a drenagem pluvial da cobertura da quadra poliesportiva e do *playground*.

Durante o dimensionamento, será verificado se o sistema de captação existente está bem dimensionado e verificado o transbordamento das calhas em casos de chuvas intensas como recomendado por norma e devido não haver a possibilidade da verificação dos condutores horizontais, devido não existir um projeto técnico e há não existência de caixas de inspeção, será proposto um novo sistema de condutores verticais.

Figura 03 - Vista do lado direito da edificação



Fonte: O autor, (2019).

Figura 04 – Sistemas de drenagens existentes.



Fonte: O autor, (2019).

Para que ocorra a menor interferência de áreas existentes, o projetista definiu que toda água pluvial drenada seja conduzida para a parte dos fundos da edificação, onde existe uma área de 53,40 m² que será destinada para instalação do reservatório inferior

4. MEMORIAL DESCRITIVO

Para o desenvolvimento do projeto estabeleceu-se a seguinte metodologia: dados da edificação; local de estudo; obtenção da estimativa da precipitação média mensal; obtenção da intensidade de precipitação; definição da área de contribuição; obtenção da vazão de projeto; estimativa de consumo de água não potável; estimativa de consumo de água potável; estimativa de economia de água potável; dimensionamento das calhas; dimensionamento dos condutores verticais; dimensionamento dos condutores horizontais; obter o volume aproveitável mensal; dimensionamento dos reservatórios; dimensionamento do sistema elevatório; dimensionamento da rede de distribuição; elaboração do projeto hidráulico; quantitativo de materiais e de custos.

4.1 Dados da Edificação

Tipo de projeto: Sistema de aproveitamento de água pluvial.

Local: Paraguaçu/ MG.

Cliente: Escola CBS Objetivo.

Endereço: Rua 13 de Maio, n. 113.

Área: Terreno = 2000,35 m²;

Áreas Construídas: 836,97 m² edificação; 181,43 m² playground e 547,16 m² quadra poliesportiva.

Projetista: Aislan de Araújo.

Telefone: (35) 984118338

Para a elaboração do projeto será utilizado como auxílio o projeto arquitetônico da escola CBS Objetivo (anexo A), além de realizar visitas técnicas e entrevista com os responsáveis e colaboradores, onde será apresentado o histórico da empresa.

4.2 Local de Estudo

O local de estudo escolhido é a cidade de Paraguaçu/ MG onde se encontra a Escola CBS Objetivo, com direção pedagógica focada na educação Infantil, Fundamental I e II, onde foram realizadas visitas técnicas, medições, podendo realizar um croqui da edificação que pode servir de auxílio nos cálculos.

4.3 Obtenção da Precipitação Média Mensal

Como na cidade de Paraguaçu não existe estação pluviométrica, é necessário à obtenção dos dados da série histórica de pluviosidade média mensal da estação mais próxima do local. No caso, está localizada na cidade de Machado, Minas Gerais, onde deverá ser obtido os valores de precipitação média mensal que podem ocorrer na região, sendo utilizado os registro da estação pluviométrica no período de Janeiro de 2009 a dezembro de 2018, que será obtido através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019).

4.4 Obtenção da Intensidade de Precipitação

Será utilizada a equação de intensidade, duração e frequência (IDF), e através dos parâmetros obtidos através da consulta ao *software* Plúvio 2.1 e utilizando um período de retorno (T) e duração da chuva (t) como recomendado pela norma. A intensidade então é obtida através da seguinte equação:

$$I_m = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (01)$$

Onde:

I_m - é a intensidade máxima média de precipitação, devendo ser expressa em (mm/h);

T - é o período de retorno em anos;

t - é a duração da precipitação em minutos;

K - parâmetro relativo à localidade;

a - parâmetro relativo à localidade;

b - parâmetro relativo à localidade;

c - parâmetro relativo à localidade.

Segundo a ABNT NBR 10844 (1989), para se determinar a intensidade pluviométrica "I", para projetos, devem ser utilizados valores fixos apropriados para o tempo de duração de precipitação e o tempo de retorno. São utilizados dados pluviométricos mais próximos do local em análise, para utilização do tempo de retorno é obtido através das características da área de captação, conforme:

$T = 1$ ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;

T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços;

T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamento não possa ser tolerado.

4.5 Definição da Área de Contribuição

Utilizando o projeto arquitetônico da edificação em análise (Anexo A), serão obtidas as áreas de cobertura e inclinação da cobertura (*vide* planta de cobertura) que poderá ser utilizada para captação, dados que servirão de auxílio na definição da área de contribuição, sendo utilizada uma equação normativa para superfícies inclinadas (equação 02) e platibandas (equação 03), de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), conforme a seguir:

Áreas inclinadas:

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (02)$$

Onde:

A – área de superfície inclinada, em metros quadrados (m²);

a – largura horizontal de uma água do telhado, em metros (m);

h – altura do telhado, em metros (m);

b – comprimento horizontal do telhado, em metros (m);

Platibanda:

$$A = \frac{a \times b}{2} \quad (03)$$

Onde:

A – área da superfície plana vertical única, em metro quadrado (m²);

a – altura da superfície plana, em metros (m);

b – largura da superfície plana, em metros (m).

4.6 Obtenção da Vazão de Projeto

Através da obtenção da intensidade da chuva e da área de contribuição, é possível a obtenção da vazão de projeto, que será um parâmetro que fornecerá a quantidade de litros por segundo que poderá ser captado pela área de contribuição.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), a vazão de projeto calculada será utilizada para o dimensionamento de calhas e condutores. A vazão de projeto é obtida através da equação 04:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (04)$$

Onde:

Q-vazão de projeto, em (litros/min).

I- intensidade pluviométrica, em (mm/h).

A-área de contribuição, em (m²).

4.7 Estimativa de Consumo de Água Não Potável

Será estimado o consumo de água não potável no sistema de aproveitamento de água de chuva, um sistema que seja capaz de suprir o consumo de água necessário de consumo da edificação para usos não potáveis, e a água armazenada pelo sistema será utilizada para descargas em bacias sanitárias e irrigação do jardim.

Segundo Tomaz (2003), pode ser adotado o consumo de água para as atividades conforme o Quadro 01, onde é indicado o consumo de água que será adotado para atender as atividades propostas de descarga em bacias sanitárias e irrigação de jardim.

Quadro 01 - Demanda de água não potável em uma residência.

Demanda	Unidade	Faixa
Vaso sanitário – volume	L/descarga	6 a 15
Vaso sanitário – frequência	Descarga/hab./dia	3 a 6
Gramado ou jardim - volume	L/dia/m ²	2
Gramado ou jardim – frequência	Lavagem/mês	8 a 12
Lavagem de carro – volume	L/lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de carro – frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Manutenção de piscinas	L/dia/m ²	3

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003).

4.8 Estimativa de Consumo de Água Potável

Para estimativa de consumo de água potável serão utilizados os consumos de água mensais da escola, obtidos através da série histórica da consulta da ficha de consumo de água mensal da concessionária de água e esgoto da cidade. Serão utilizados o consumo de água

potável desde o mês de março do ano de 2015, ano em que a escola iniciou suas atividades, até o mês de novembro do ano de 2019, data do projeto.

Para uma estimativa mais precisa, será consultado no hidrômetro da edificação a quantidade de água consumida diariamente pelo uso da edificação, durante 30 dias corridos, no mesmo horário. Para estimar o quanto de água poderá ser consumido por pessoa, será utilizado o índice de consumo, utilizando a série histórica de consumo de água do mês em análise e meses anteriores. Aplicando a equação 05:

$$IC = \frac{\text{Consumo de água do período}}{n^{\circ} \text{ de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad (05)$$

4.9 Estimativa de economia de água potável

Para a estimativa do quanto de água potável poderá ser economizada na edificação utilizando o sistema de aproveitamento de água de chuva, será aplicado os valores de demanda de água não potável, sendo utilizado um período real que tenha sido anotado pela Concessionária de saneamento básico da cidade (Coságua), podendo em seguida se estimar a demanda de água não potável que a edificação necessita para esse período, para posteriormente obter uma porcentagem de economia estimada.

4.10 Dimensionamento das Calhas

Para o dimensionamento das calhas que serão empregadas no sistema de captação de água de chuva e para verificação das calhas existentes, será utilizada a equação de *Manning-Strickler* recomendada pela NBR 10844 (ABNT, 1989), conforme a equação 06:

$$Q = 60.000 \times \left(\frac{S}{\eta}\right) \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{0,5} \quad (06)$$

Sendo:

Q -Vazão de projeto, em litros/min.

S - Área da seção molhada, em m².

η - Coeficiente de rugosidade.

Rh - Raio hidráulico, em m.

P- Perímetro molhado, em m.

I-Declividade da calha, em m/m.

Sendo recomendada a instalação de bocal a montante e a jusante no auxílio de prevenção ao transbordamento do escoamento de água que podem ocorrer devido à obstrução dos bocais a jusante.

Como existem vários tipos de materiais de confecção de calhas, é fornecido pela NBR 10844 (ABNT, 1989), uma tabela com os diversos tipos de matérias e sua rugosidade, conforme o Quadro 02.

Quadro 02 - Coeficientes de rugosidade.

Material	η
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos.	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida.	0,012
Cerâmica, concreto não alisado.	0,01
Alvenaria de tijolos não revestida.	0,015

Fonte: Adaptado, NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 6).

4.11 Dimensionamento dos Condutores Verticais

Os condutores verticais serão instalados aos bocais de montante e jusante de cada calha, e serão de PVC (policloreto de polivinila), para o dimensionamento dos condutores verticais e para verificação dos condutores verticais existentes será através da equação 07 (VASCONCELOS, 2019).

$$Q = 0,019 \times T_o^{5/3} \times D^{8/3} \quad (07)$$

Onde:

Q – vazão em L/min;

TO – taxa de ocupação;

D – diâmetro do condutor vertical

Para definição do diâmetro necessário, aplica-se os valores de vazões encontrados para as subáreas que irão contribuir na vazão para cada condutor vertical (*vide* Apêndice A1), uma

vez que as coberturas serão divididas em várias áreas, utilizando uma taxa de ocupação de 30%, com isso será definido o diâmetro necessário para atender a vazão de projeto que cada calha irá disponibilizar, devendo ser respeitado conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989) o diâmetro mínimo de 70mm e em caso de não existir o diâmetro calculado deverá ser adotado um diâmetro superior ao encontrado pela equação.

4.12 Dimensionamento dos Condutores Horizontais

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), condutores horizontais são as tubulações na posição horizontal, que possuem a função de coletar as águas pluviais das tubulações verticais e direcioná-las até o reservatório inferior.

Ainda é recomendado pela NBR 10844, que os condutores horizontais devam manter uma inclinação constante de no mínimo 0,5% de inclinação. Para o dimensionamento dos condutores horizontais com seção circular, deve ser considerada para o fluxo do escoamento uma altura de 2/3 do diâmetro interno do condutor a altura de lâmina de água.

A NBR 10844 ainda estabelece, em locais que existam condutores verticais visíveis, deve estar previsto inspeções sempre que ocorrer a ligação com outra tubulação, alteração de declividade, mudança de direção e em lugares retilíneos, um a cada 20 metros. Em locais que os condutores estiverem enterrados, deve ser previsto caixas de areia onde ocorrerá ligação com outra tubulação, alteração de declividade, mudança de direção e em lugares retilíneos, um a cada 20 metros. Para conexão entre os condutores verticais e horizontais deverá ser utilizada sempre curvas de raio longas, com inspeção ou caixa de areia, sendo o condutor horizontal visível ou enterrado.

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007), sistemas de captação de água pluvial não podem ser utilizadas caixas de areia nas tubulações, devendo ser utilizado caixas de inspeção.

A capacidade de vazão dos condutores horizontais de seção circular poderá ser observada através da Tabela 1, considerando-se uma altura de lâmina de água de 2/3 do diâmetro interno, conforme a NBR 10844 (ABNT,1989).

Tabela 1 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (L/min).

Diâmetro D (mm)	$\eta = 0,011$				$\eta = 0,012$				$\eta = 0,013$			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76

75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptado da NBR 108444 (ABNT, 1989).

4.13 Obtenção do Volume Aproveitável da Precipitação Média Mensal

A obtenção do volume aproveitável da precipitação média ocorrida mensalmente, se faz necessário para que se consiga dimensionar o reservatório com maior precisão, podendo o reservatório ser dimensionado para suprir toda a demanda de água não potável que a edificação necessitar. O volume aproveitável é obtido através da equação 08 da NBR 15527 (ABNT, 2007):

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad (08)$$

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;

η - a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado;

Segundo a NBR 15.527 (ABNT, 2007), para obtenção do valor do volume aproveitável deve ser utilizado os valores da precipitação média mensal, a área de captação, o coeficiente de *Runoff* conforme o material que será utilizado e o rendimento do dispositivo de filtragem.

4.14 Dimensionamento dos Reservatórios

Como o projeto de aproveitamento de água de chuva possui a finalidade de substituir os pontos onde não seja necessária a utilização de água potável e sim a utilização de água não

potável, é preciso que essa água seja armazenada, sendo necessário à instalação de dois reservatórios. Um reservatório inferior com maior capacidade de armazenagem e um reservatório superior com a finalidade de distribuição nos pontos de consumo de água não potável, e atender a demanda diária de água não potável.

Para o dimensionamento do reservatório inferior será aplicado por escolha do projetista o método de *Rippl*, sendo considerado no dimensionamento o valor encontrado para estimativa do volume de água do reservatório.

Para o dimensionamento do reservatório superior será utilizado os valores de consumo médio diário de água não potável na edificação, e esse reservatório superior será dimensionado para suprir a necessidade de água para dois dias e meio de utilização, para evitar o acionamento constante do sistema elevatório.

4.15 Dimensionamento do Sistema Elevatório

Devido à implantação de um reservatório inferior, é necessário a implantação de um reservatório superior para atender os pontos de água não potável definidos e para que seja atendido o abastecimento do reservatório superior, é necessário a implantação de um sistema elevatório, composto por um conjunto motobomba e por tubulações de sucção e recalque, que conduzirá a água até vencer a altura geométrica onde estará instalado o reservatório superior, e o sistema elevatório terá um funcionamento de 3 horas a cada dois dias e meio.

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

$$\emptyset \text{ recalque ABNT} = K \times X^{0,25} \times \sqrt{Q} \quad (09)$$

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

$$H_{man} = H_g + \sum H_f \quad (11)$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \mu} \quad (12)$$

Onde:

$K \rightarrow$ Coeficiente = 1,3;

$Q_p \rightarrow$ Vazão de projeto, em metros cúbicos por segundo (m^3/s);

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

$H_f \rightarrow$ Perda de carga, em metros (m);

- C → Coeficiente Hazen-Williams;
 D → Diâmetro das tubulações, em metros (m);
 P → Potência da bomba, em cavalos (cv);
 Hman → Altura manométrica, em metros (m);
 Hg → Altura geométrica, em metros (m);
 γ → Peso específico da água.

Conforme Neto (1998 apud Tomaz, 2010c), deve ser considerado um acréscimo de potência para utilização de motores elétricos, e esse acréscimo é conforme a potência calculada, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Acréscimo de potência recomendado.

50%	2 HP
30%	2 a 5 HP
20%	5 a 10 HP
15%	10 a 20 HP
10%	> 20 HP

Fonte: Neto (1998 apud Tomaz, 2010c).

4.16 Dimensionamento da rede de distribuição

O dimensionamento da rede de distribuição será conforme as exigências da NBR 5626 (ABNT, 1998), que estabelece os limites mínimos de pressão em qualquer ponto da rede o valor de 5 KPa e o valor de 10 Kpa para os pontos de utilização de vaso sanitário com caixa acoplada e torneira de jardim. Devendo ser levado em consideração as velocidades máximas permitidas nas tubulações sendo inferiores a 3m/s e as perdas de carga unitária não poderão serem superiores a 0,08 m/m.

Na estimativa da vazão das peças a serem atendidas na edificação será utilizado o método o máximo possível para atender os banheiros masculino e feminino dos alunos e conforme a Equação 13, onde a vazão definida fornecerá o diâmetro a ser adotado nos banheiros dos professores. E para atender o ponto de torneira de jardim será utilizado a Equação 14.

$$Q = Q1 + Q2 + \dots + Qn \quad (13)$$

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\Sigma P} \quad (14)$$

Onde:

Q – vazão estimada na seção considerada, em (L/s);

ΣP – soma dos pesos relativos de todas as peças de utilização alimentadas pela tubulação considerada.

A norma estabelece que para o dimensionamento da instalação predial de água fria, deve se estabelecer a vazão de projeto de acordo com a Tabela 3, e que a mesma deverá estar disponível no ponto de consumo definido, somente se for o único ponto em utilização.

Tabela 3 - Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,7	32,0
Banheira		Misturador de água fria	0,3	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,1	0,1
Bidê		Misturador de água fria	0,1	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador de 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	1,0
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 ou registro de pressão	0,15	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,1	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7

Torneira de jardim ou lavagem geral	Torneira	0,2	0,4
-------------------------------------	----------	-----	-----

Fonte: Adaptado da NBR 5626 (ABNT, 1998, pág. 13).

4.17 Elaboração do projeto hidráulico

Através das equações apresentadas e com os resultados obtidos das visitas técnicas no local e auxílio do projeto arquitetônico apresentado no Anexo A, permitirá o desenvolvimento do projeto hidráulico. Sendo utilizado para auxílio do desenvolvimento do projeto o *software AutoCAD*, e posteriormente será apresentado no Apêndice A3, permitindo que o projeto hidráulico possa ser visualizado com mais detalhes.

No projeto estará indicado as dimensões do sistema e seus componentes, a indicação dos locais das calhas e condutores, a localização dos reservatórios e todos os componentes que fazem parte do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para a edificação em estudo.

4.18 Levantamento do Quantitativo e custos

Após a finalização do projeto e o sistema totalmente dimensionado, é possível realizar o levantamento da quantidade dos componentes e materiais que serão utilizados na execução da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Utilizando o quantitativo de cada material empregado, será levantado o valor de cada componente considerado, conforme o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e a planilha referencial de preços da Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais (SETOP) para as obras da edificação.

Através do levantamento de quantitativo e custos pode-se obter uma estimativa do valor a ser investido para a implantação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial e estimar um período de retorno do investimento.

4.19 Estimativa do tempo de retorno

Segundo Tomaz (2010d), existe uma forma simples para verificar a análise do tempo de retorno, que é o *payback*, devendo ser utilizado para aceitação ou rejeição de um pré-projeto,

sendo a estimativa de quanto tempo irá levar até que seja recuperado a aplicação inicial, conforme a equação 15.

$$P = \frac{G}{L} \quad (15)$$

Onde:

P – é o período de retorno, em anos;

G – é o total do valor investido, em reais;

L – é o lucro anual médio gerado pelo projeto, em anos;

5 MEMORIAL DE CÁLCULO

5.1 Estimativa de Precipitação Média Mensal

Através dos valores obtidos da série histórica da precipitação da cidade de Machado, Minas Gerais, desenvolveu-se a Tabela 4, que aplicou o método da média aritmética, para obtenção do valor médio mensal de precipitação de cada mês do ano.

Tabela 4 - Pluviosidade média mensal em milímetros.

Mês Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2009	210	402	114	187	51	46	25	68	120	128	50	352
2010	212	134	150	65	33	17	19	0	44	110	136	247
2011	420	168	285	92	30	29	0,0	3	2	203	116	264
2012	313	90	113	45	62	99	15	2	70	108	134	335
2013	500	214	195	58	57	23	52	52	65	70	287	157
2014	61	86	133	107	18	6	37	5	42	51	181	236
2015	93	309	261	35	43	16	13	16	123	92	177	246
2016	364	147	241	9,8	52	74	0	30	20	214	239	71
2017	194	52	98	43	89	15	0	16	58	141	163	216
2018	161	113	134	27	86	31	10	67	87	177	249	262
Σ	2528	1715	1724	669	521	356	171	259	631	1294	1732	2386
Média	211	143	144	56	43	30	14	22	53	108	144	199

Fonte: Adaptado de INMET, (2019).

Conforme pode ser verificado na tabela acima, os meses de dezembro e janeiro são os meses com as maiores médias mensais de precipitação, sendo o mês de janeiro com a maior média mensal de precipitação.

5.2 Cálculo da Intensidade da Chuva para Paraguaçu

Aplicando-se à relação da interação entre intensidade-duração-frequência (curva IDF), e através da obtenção dos parâmetros da equação (K, a, b e c) fornecidos pelo *software Plúvio*, e utilizando um período de retorno (T) de 5 anos e com duração de chuva (t) de 5 minutos conforme recomendado pela ABNT (*vide* item 4.4), foi possível obter para cidade de Paraguaçu/ MG uma intensidade média de:

$$K = 3810,660; a = 0,207; b = 20,341; c = 1,075.$$

$$I_m = \frac{3810,660 \times 5^{0,207}}{(5 + 20,341)^{1,075}} = 164,66 \text{ mm/h} \quad (04)$$

Sendo a obtenção da intensidade média utilizada na obtenção da vazão de projeto da edificação em análise.

5.3 Cálculo da Área de Contribuição

Através da análise do projeto arquitetônico, foi obtido dado de inclinação e dimensões da cobertura (*vide* Anexo A planta de cobertura e corte, e dividindo as coberturas em 4 áreas de contribuição, devido aos conjuntos de coberturas que se sobrepõem, que possibilitou a realização dos seguintes cálculos para coberturas inclinadas.

$$\text{Área 1} = \left(9,96 + \frac{1,48}{2}\right) \times 40,60 = 434,422 \text{ m}^2 \quad (02)$$

$$\text{Área 2} = \left(9,96 + \frac{1,48}{2}\right) \times 27,75 = 296,93 \text{ m}^2 \quad (02)$$

$$\text{Platibandas} = \left(\frac{1,085 \times 9,96}{2}\right) \times 2 = 10,81 \text{ m}^2 \quad (03)$$

$$\text{Área 3} = \left(9,96 + \frac{1,48}{2}\right) \times 12,85 + \left(3,62 + \frac{0,36}{2}\right) \times 12,85 = 186,33 \text{ m}^2 \quad (02)$$

$$\text{Área de contribuição da edificação} = 928,49 \text{ m}^2$$

$$\text{Área 4} = \left(19,21 + \frac{2,85}{2}\right) \times 28,80 + \left(6,93 + \frac{0,69}{2}\right) \times 28,80 = 803,81 \text{ m}^2 \quad (02)$$

$$\text{Área de contribuição do playground + quadra} = 803,81 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total de contribuição das coberturas} = 1732,30 \text{ m}^2$$

Verificando as áreas de cobertura plana sobre o *playground* e a quadra poliesportiva, teremos:

$$\text{Cobertura plana da edificação} = 9,85 \times 40,60 \times 2 + 3,60 \times 12,85 = 846,08 \text{ m}^2$$

$$\text{Cobertura plana da quadra e playground} = 19,00 \times 28,80 + 6,90 \times 28,80 = 745,92 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de cobertura plana} = 1592 \text{ m}^2$$

O valor da área de contribuição plana será utilizado na obtenção do volume aproveitável mensal.

5.4 Cálculo da Vazão de Projeto

Através da obtenção dos valores da intensidade de precipitação e da área de contribuição, foi possível determinar a vazão de projeto a seguir, utilizando a soma de todas as áreas de contribuição.

$$Q_1 = \frac{164,66 \times 1732,30}{60} = 4754,0 \text{ L/min} \quad (04)$$

5.5 Cálculo de Estimativa de Consumo de Água Potável

Utilizando a ficha de consumo mensal da concessionária local (Anexo B), foi obtido a série histórica de consumo de água da edificação. Através da série histórica desenvolveu-se a Tabela 5, que aplicou o método da média aritmética para obtenção da maior média de consumo anual, que será utilizado de referência.

Tabela 5 -Consumo médio de água potável em m³ e valores em reais.

Ano	2015		2016		2017		2018		2019	
	C. real	Valor	C. real	Valor	C. real	Valor	C. real	Valor	C. real	Valor
Jan	-	-	14	138,8	12	140,7	17	436,5	59	425,5
Fev	-	-	17	138,9	15	140,7	15	446,3	21	155,6
Mar	12	107,5	25	139,1	25	140,7	26	145,9	37	218,5
Abr	20	108,4	19	131,1	28	140,7	30	154,8	30	162,8
Mai	27	107,5	19	134,3	27	140,7	46	280,6	33	179,7
Jun	19	109,8	16	134,0	26	140,7	32	165,3	46	292,6
Jul	21	109,9	53	313,9	19	140,7	23	151,6	35	196,76
Ago	15	119,3	18	131,1	16	140,7	18	153,5	23	165,46
Set	30	125,9	15	153,2	34	178,7	27	153,3	35	203,13

Out	29	140,8	21	143,7	123	1133,3	32	170,3	40	258,31
Nov	26	131,1	21	140,7	31	154,08	48	309,9	-	-
Dez	31	146,1	18	140,7	31	444,67	38	221,3	-	-
Média	23	100,5	21,3	153,3	32,3	253,0	29,3	232,4	35,9	225,80

Fonte: Adaptado de Coságuas, (2019).

Como verificado, a escola necessita de um consumo médio de 35,90 m³ mensais e paga uma tarifa média de água de R\$ 225,80 conforme o ano atual.

Para análise de consumo médio diário foi coletado no hidrômetro da edificação diariamente os valores de consumo de água durante 30 dias, podendo ser desenvolvido a Tabela 6, que indica o quanto de água está sendo consumido diariamente na edificação, podendo assim estabelecer uma média de consumo de água diária durante o período definido.

Tabela 6 -Consumo diário e média diária de consumo de água.

Nº	Data	Dia	Horário	Consumo total (m³)	Consumo diário (m³)
1	01/06/19	Sábado	06:43	1342,098	0,00
2	02/06/19	Domingo	06:40	1342,102	0,00
3	03/06/19	Segunda-feira	06:37	1342,104	2,31
4	04/06/19	Terça-feira	06:45	1344,413	2,12
5	05/06/19	Quarta-feira	06:42	1346,534	2,40
6	06/06/19	Quinta-feira	06:38	1348,937	2,43
7	07/06/19	Sexta-feira	06:37	1351,370	2,29
8	08/06/19	Sábado	06:41	1353,658	0,01
9	09/06/19	Domingo	06:40	1353,663	0,04
10	10/06/19	Segunda-feira	06:50	1353,703	2,42
11	11/06/19	Terça-feira	06:47	1356,128	2,53
12	12/06/19	Quarta-feira	06:43	1358,657	2,28
13	13/06/19	Quinta-feira	06:41	1360,934	2,20
14	14/06/19	Sexta-feira	06:38	1363,139	2,26
15	15/06/19	Sábado	06:45	1365,401	0,01
16	16/06/19	Domingo	06:45	1365,407	0,00
17	17/06/19	Segunda-feira	06:37	1365,409	2,31

18	18/06/19	Terça-feira	06:42	1367,721	2,33
19	19/06/19	Quarta-feira	06:41	1370,083	2,03
20	20/06/19	Quinta-feira	06:40	1372,115	2,30
21	21/06/19	Sexta-feira	06:41	1374,416	2,14
22	22/06/19	Sábado	06:47	1376,558	0,01
23	23/06/19	Domingo	06:40	1376,565	0,01
24	24/06/19	Segunda-feira	06:40	1376,572	2,23
25	25/06/19	Terça-feira	06:35	1378,798	2,39
26	26/06/19	Quarta-feira	06:42	1381,184	2,26
27	27/06/19	Quinta-feira	06:46	1383,446	2,31
28	28/06/19	Sexta-feira	06:50	1385,753	2,20
29	29/06/19	Sábado	06:41	1387,949	0,01
30	30/06/19	Domingo	06:38	1387,957	0,01
31	01/07/19	Segunda-feira	06:46	1387,968	-
Consumo total (m³)					45,87
Consumo médio diário (m³)					2,09

Fonte: O autor, (2019).

Utilizando os valores obtidos da série histórica de consumo de água da edificação permitiu-se o desenvolvimento da Tabela 7, que foram utilizados para obter uma média aritmética considerando a utilização da edificação no período de 22 dias, tendo em vista que a escola não abre aos sábados e domingo, não existindo consumo de água representativo nesses dias, podendo ser obtido através da média aritmética a variância e o desvio padrão, podendo assim definir o consumo médio histórico representativo (*vide* item 3.15), que será o parâmetro para se estimar o quanto de água potável poderá estar sendo consumido por pessoa que utiliza da edificação.

Tabela 7 - Consumo médio histórico representativo.

Nº	Mês	Ano	Consumo total (m ³)	Consumo diário (m ³)	Verificação	Consumo diário (m ³)
1	Novembro	2018	48	2,18	ok	48
2	Dezembro	2018	38	1,73	ok	38
3	Janeiro	2019	59	2,68	fora do intervalo	-
4	Fevereiro	2019	21	0,95	ok	21
5	Março	2019	37	1,68	ok	37

6	Abril	2019	30	1,36	ok	30
7	Maio	2019	33	1,50	ok	33
8	Junho	2019	46	2,09	ok	46
9	Julho	2019	37	1,68	ok	37
10	Agosto	2019	30	1,36	ok	30
11	Setembro	2019	33	1,50	ok	33
12	Outubro	2019	46	2,09	ok	46
Média				1,561	Consumo médio histórico	1,65
Variância				0,276		
Desvio padrão				0,526		
Média + 2 x desvio padrão				2,612		
Média – 2 x desvio padrão				0,509		

Fonte: O autor, (2019).

Através do desenvolvimento das tabelas 6 e 7, foi possível obter o indicador de consumo (IC), e através do desenvolvimento dos métodos apresentados nos quadros é possível estimar o consumo médio diário de água potável que será consumido por pessoa que utilizar a edificação, podendo ser expresso no seguinte cálculo, sendo 103 alunos no período da manhã, 87 alunos no período da tarde e 36 funcionários no período integral.

Aplicando o valor médio do indicador obtido na tabela 04:

$$IC = \frac{2,09 \times 1000}{103 \times 0,5 + 87 \times 0,5 + 36 \times 1} = 15,95 \text{ L/pessoa/dia} \quad (05)$$

Aplicando o valor médio do indicador obtido na tabela 05:

$$IC = \frac{1,65 \times 1000}{103 \times 0,5 + 87 \times 0,5 + 36 \times 1} = 12,60 \text{ L/pessoa/dia} \quad (05)$$

Como pode ser visto mesmo sendo utilizados dois métodos diferentes, resultou em valores aproximados e a diferença está relacionada com a variação mensal de uso de água da edificação podendo ser definido o quanto de água pode ser consumido por dia para cada pessoa que utilizar a edificação, sendo considerado o maior valor obtido.

5.6 Cálculo da Estimativa de Demanda de água não potável

A utilização do aproveitamento da água de chuva será destinada para rega de jardim e descargas nas bacias sanitárias e mictórios.

Para estimativa de consumo de água para rega de jardim é necessário se estimar a frequência necessária mensalmente. Para a verificação do consumo de água para rega de jardins pode ser utilizado o parâmetro de engenharia fornecido por Tomaz (2010) que são de 2,0 Litros/dia/m².

Na escola existe um pequeno jardim na face frontal de 6,25 m². Considerando a rega do jardim sendo realizada 8 vezes ao mês com um consumo de 2 Litros/m²xdia, tem-se:

$$\text{Gasto com jardim} = 2,0 \text{ L} \times 6,25 \text{ m}^2 = 12,50 \text{ litros/irrigação}$$

Para estimativa de consumo gasto em descargas em bacias sanitárias será utilizado o parâmetro de engenharia fornecido por Tomaz (2010), e como a escola funciona em período integral foi levado em consideração o total de pessoas que fazem uso em período diurno e vespertino, considerando o uso da edificação em um período de 22 dias. Com isso verificou através de pesquisas que atualmente 226 pessoas utilizam a edificação, sendo 103 alunos no período da manhã, 87 alunos no período da tarde e 36 funcionários.

Através da obtenção do número de pessoas que utilizam a edificação, desenvolveu-se a Tabela 08, onde pode ser observado que utilizando a frequência de descarga de duas vezes ao dia por usuário e gastando 8,0 Litros/descarga, conforme recomendado por Tomaz (2010), verifica-se que os valores estão fora da demanda de água da escola, pois o consumo diário de água se encontra entre um valor variável de 1,76 a 2,10 m³ diário, conforme as Tabelas 6 e 7.

Tabela 8 -Demanda diária de água para descarga em bacias sanitárias.

Aparelho	Consumo Litros	Quantidade Litros	Consumo total Diário (Litros)
Banheiro dos alunos	16	190	3040
Banheiro dos professores	16	36	576
Somatório			3616

Fonte: O autor, (2019).

Buscando um projeto que atenda com eficiência, mas que também se ajuste com a realidade de demanda da escola, foi desenvolvido a Tabela 9, utilizando o parâmetro de

frequência de Tomaz (2010) como sendo de uma descarga de bacia sanitária por dia para cada usuário, obtendo valores mais próximos dos que vem sendo contabilizados diariamente.

Tabela 9 -Demanda diária de água para descarga em bacias sanitárias.

Aparelho	Consumo Litros	Quantidade Litros	Consumo total Diário (Litros)
Banheiro dos alunos	8	190	1520
Banheiro dos professores	8	36	288
Somatório			1808

Fonte: O autor, (2019).

Através da análise das estimativas verifica-se que quando houver a irrigação do jardim, haverá um aumento de 12,50 litros no consumo diário de água da edificação, com isso foi desenvolvido a Tabela 10, que mostra os cinco dias semanais de funcionamento da edificação e os dias definidos para irrigação do jardim.

Tabela 10 -Estimativa de demanda de água não potável diária.

Nº	Dia da semana	Utilização	Demanda diária para 226 pessoas (L)
1	Segunda-feira	Vaso sanitário	1808,0
2	Terça-feira	Vaso sanitário + irrigação	1820,50
3	Quarta-feira	Vaso sanitário	1808,0
4	Quinta-feira	Vaso sanitário	1808,0
5	Sexta-feira	Vaso sanitário + irrigação	1820,50
6	Sábado	Sem utilização	0
7	Domingo	Sem utilização	0

Fonte: O autor, (2019).

Através dos valores apresentados, pode ser elaborada uma estimativa de demanda mensal de água não potável. Ficando definido que o jardim poderá ser irrigado 8 vezes no período de 30 dias.

Estimativa d consumo de água não potável considerando 226 pessoas:

$$Gasto\ mensal = 22\ dias \times 1808 + 8\ vezes \times 12,50\ Litros = 39876\ Litros/mês$$

5.7 Cálculo da Estimativa de Economia de Água Potável

Utilizando o valor total de estimativa de consumo de água não potável, seria necessário uma demanda de 39,88m³ e utilizando o valor total anotado na tarifa de água da concessionária

da cidade, no período de 01/06/19 à 30/06/19, no total de 46,0 m³, pode estabelecer um valor teórico do quanto de economia que poderia ter sido economizado através do sistema de aproveitamento de água de chuva.

$$\text{porcentagem de economia de água potável} = \frac{39,88}{46,00} \times 100 = 86,70 \%$$

Através dessa relação, define-se que aproximadamente 39.880 Litros de água potável consumida poderiam estar sendo economizadas na edificação, e que atualmente a escola estaria pagando somente o valor mínimo de taxa que é cobrado pela concessionária de água e esgoto local.

5.8 Dimensionamento das calhas

Sabendo-se que a cobertura do *playground* é equipada com 12 calhas com comprimentos equivalentes as subáreas de vazões definidas (Apêndice A1), e ao lado esquerdo equipada com 6 calhas equivalentes as subáreas de vazões e que ao lado direito será necessário equipar com 6 calhas com dimensão equivalente a sua subárea de vazão, pode ser desenvolvida a Tabela 11, que utiliza as vazões de projeto calculadas, e aplicando a equação de *Manning-Strickler*, para calhas retangulares, pode-se verificar o sistema existente e dimensionar as calhas para o lado que não possui nenhum sistema, sendo as calhas C1 a C6, as calhas propostas e as calhas C7 a C24, as calhas existentes.

Tabela 11 -Dimensionamento das calhas retangulares.

Calha	Q L/min	Base	Altura (m)	L (m)	Y	Rh	Vazão (m ³ /s)	Vazão (L/min)	Verificação
C1	198,80	0,15	0,10	6,77	0,07	0,04	0,007	415,00	Ok!
C2	198,80	0,15	0,10	6,77	0,07	0,04	0,007	415,00	Ok!
C3	198,80	0,15	0,10	6,77	0,07	0,04	0,007	415,00	Ok!
C4	198,80	0,15	0,10	6,77	0,07	0,04	0,007	415,00	Ok!
C5	198,80	0,15	0,10	6,77	0,07	0,04	0,007	415,00	Ok!
C6	213,63	0,15	0,10	6,77	0,07	0,04	0,007	415,00	Ok!
C7	218,69	0,20	0,15	6,94	0,10	0,05	0,017	1046,94	Ok!
C8	203,79	0,20	0,15	6,94	0,10	0,05	0,017	1046,94	Ok!
C9	203,79	0,20	0,15	6,94	0,10	0,05	0,017	1046,94	Ok!
C10	203,50	0,20	0,15	6,94	0,10	0,05	0,017	1046,94	Ok!

C11	255,87	0,20	0,15	6,43	0,10	0,05	0,017	1046,94	Ok!
C12	255,87	0,20	0,15	6,43	0,10	0,05	0,017	1046,94	Ok!
C13	94,21	0,30	0,10	1,23	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C14	201,83	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C15	201,83	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C16	201,83	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C17	201,83	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C18	201,83	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C19	201,83	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C20	201,83	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C21	201,83	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C22	201,83	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C23	201,83	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!
C24	94,21	0,30	0,10	2,64	0,07	0,05	0,017	992,53	Ok!

Fonte: O autor, (2019).

Como verificado através do dimensionamento, o sistema existente atendeu a capacidade de coleta da vazão da área de cobertura, e para área 1 que não existe nenhum sistema, será necessária a implantação de uma calha retangular de dimensão de 15x10 cm.

5.9 Dimensionamento dos condutores verticais

Utilizando a equação para determinação do diâmetro mínimo dos condutores verticais (*vide* item 4.11) e respeitando o diâmetro mínimo estabelecido pela norma de 70 mm e utilizando as vazões de projeto conforme cada subárea de vazão de projeto (*vide* item 5.4), pôde-se desenvolver a Tabela 12, que estabelece o diâmetro mínimo para os condutores verticais propostos e verifica os condutores verticais existentes, que são todos no diâmetro de 100 mm de PVC.

Sendo os condutores propostos CV1 ao CV4, de PVC e os condutores verticais existentes do CV5 ao CV15 em PVC.

Tabela 12 - Dimensionamento dos condutores verticais.

Condutor vertical	Vazão L/min	To	D mm	D comercial	Verificação
-------------------	-------------	----	------	-------------	-------------

CV1	198,80	30%	68,26	75	Ok
CV2	397,59	30%	88,52	100	Ok
CV3	397,59	30%	88,52	100	Ok
CV4	213,63	30%	70,13	100	Ok
CV5	218,69	30%	70,75	100	Ok
CV6	407,58	30%	89,35	100	Ok
CV7	203,50	30%	68,86	75	Ok
CV8	255,87	30%	75,04	100	Ok
CV9	255,87	30%	75,04	100	Ok
CV10	296,04	30%	79,25	100	Ok
CV11	403,65	30%	89,03	100	Ok
CV12	403,65	30%	89,03	100	Ok
CV13	403,65	30%	89,03	100	Ok
CV14	403,65	30%	89,03	100	Ok
CV15	296,04	30%	79,25	100	Ok

Fonte: O autor, (2019).

Através das verificações, os condutores verticais da área 1 (*vide* Apêndice A1), deverão ser nos diâmetros de 75mm e 100mm, onde não existe nenhum sistema de captação, para área 2, 3 e 4, que já possuem condutores de 100mm, através da análise, todos atenderam a capacidade de vazão.

5.10 Dimensionamento dos condutores horizontais

Para realização do dimensionamento dos condutores horizontais do sistema de captação é necessário que esteja estabelecido o local do reservatório inferior, local que será responsável pela armazenagem da vazão captada das coberturas. Após as visitas técnicas e auxílio do projeto arquitetônico, definiu-se que o melhor local de implantação do reservatório é na parte do fundo da edificação, atrás do *playground* e da quadra poliesportiva.

Após a definição do local de instalação do reservatório, posiciona-se o local dos condutores horizontais (*vide* Apêndice A1), sendo considerado as vazões que são recebidas pelos condutores verticais desenvolvida na Tabela 12, utilizando o comprimento de cada condutor é possível obter os diâmetros dos mesmos, sendo desenvolvida a Tabela 13. Sendo escolhido todos os condutores horizontais em PVC.

Tabela 13 -Dimensionamento dos condutores horizontais.

Condutores Horizontais	Declividade (%)	Comprimento (m)	η	Q projeto (L/min)	Diâmetro (mm)
CH1	1	2,8	0,011	213,63	100
CH2	2	2,8	0,011	397,59	100
CH3	2	2,8	0,011	397,59	100
CH4	0,5	2,8	0,011	198,80	100
CH5	1	13,5	0,011	213,63	100
CH6	1	13,5	0,011	611,22	150
CH7	2	13,5	0,011	1008,81	150
CH8	1	0,7	0,011	218,69	100
CH9	4	0,7	0,011	407,58	100
CH10	0,5	2,95	0,011	203,50	100
CH11	1	0,2	0,011	255,87	100
CH12	1	0,2	0,011	255,87	100
CH13	1	13,8	0,011	218,69	100
CH14	1	12,15	0,011	626,26	150
CH15	1	3	0,011	626,26	150
CH16	2	13	0,011	1085,63	150
CH17	1	25,5	0,011	1341,49	200
CH18	2	0,75	0,011	296,04	100
CH19	2	0,75	0,011	403,65	100
CH20	2	0,75	0,011	403,65	100
CH21	2	0,75	0,011	403,65	100
CH22	2	0,75	0,011	403,65	100
CH23	2	0,75	0,011	296,04	100
CH24	2	1,1	0,011	2549,10	200
CH25	1	5,3	0,011	2845,14	250
CH26	1	5,3	0,011	3248,79	250
CH27	2	5,3	0,011	3652,44	250
CH28	2	5,3	0,011	4056,10	250
CH29	2	5,3	0,011	4459,75	250
CH30	4	2,15	0,011	4755,79	250
CH31*	4	2,8	0,011	4755,79	250

*Nota: O CH31 terá sua vazão dividida por dois, para o funcionamento ideal do sistema de filtragem, onde serão utilizados dois diâmetros de 200 mm.

Fonte: O autor, (2019).

5.11 Volume Aproveitável da Precipitação Média Mensal

Através dos dados obtidos na precipitação média mensal (*vide* item 5.1) e aplicando a equação do volume aproveitável (*vide* item 4.10), possibilitou o desenvolvimento da Tabela 14, que poderá estimar em cada mês do ano um volume de água de chuva que poderá ser aproveitado.

Tabela 14 -Volume aproveitável por mês.

Mês	Precipitação média mm	Área de contribuição m ²	Runoff	Rend. Filtro	Volume litros	Volume m ³
Jan.	210,67	1592,00	0,85	0,90	256566,72	256,57
Fev	142,92	1592,00	0,85	0,90	174055,35	174,06
Mar	143,67	1592,00	0,85	0,90	174968,76	174,97
Abr	55,73	1592,00	0,85	0,90	67876,51	67,88
Mai	43,42	1592,00	0,85	0,90	52876,29	52,88
Jun	29,67	1592,00	0,85	0,90	36130,44	36,13
Jul	14,25	1592,00	0,85	0,90	17354,79	17,35
Ago	21,58	1592,00	0,85	0,90	26285,91	26,29
Set	52,58	1592,00	0,85	0,90	64040,19	64,04
Out	107,83	1592,00	0,85	0,90	131328,06	131,33
Nov	144,33	1592,00	0,85	0,90	175780,68	175,78
Dez	198,83	1592,00	0,85	0,90	242155,14	242,16

Fonte: O autor, (2019).

Os valores obtidos da precipitação média mensal e os volumes de água de chuva aproveitável mensal informados através da Tabela 13, serão aplicados no dimensionamento do reservatório inferior da edificação.

5.12 Dimensionamento dos reservatórios

5.12.1 Dimensionamento do reservatório inferior

O dimensionamento do reservatório inferior será para armazenar o volume de água necessário para satisfazer a demanda de água não potável que será consumida pela edificação.

Na Tabela 15 é apresentado o dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl, que determina o volume total de capacidade do reservatório pelo valor de estimativa de demanda mensal de água não potável, sendo um total de 39,88 m³/mês (*vide* item 5.6) que corresponde ao valor de 226 usuários e dos valores que podem ser aproveitável (*vide* item 5.11).

Tabela 15 -Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl.

Mês	Consumo mensal (m³)	Volume mensal (m³)	Volume resultante (m³)
Jan	39,88	256,57	216,69
Fev	39,88	174,06	134,18
Mar	39,88	174,97	135,09
Abr	39,88	67,88	28,00
Mai	39,88	52,88	13,00
Jun	39,88	36,13	-3,75
Jul	39,88	17,35	-22,53
Ago	39,88	26,29	-13,59
Set	39,88	64,04	24,16
Out	39,88	131,33	91,45
Nov	39,88	175,78	135,90
Dez	39,88	242,16	202,28
Volume do reservatório inferior (m³)			39,87

Fonte: O autor, (2019).

Conforme verificado, o reservatório inferior deverá possuir uma capacidade de armazenagem superior a 39,87 m³ de água para garantir um eficiente fornecimento de água, devido somente três meses apresentarem valores inferiores necessário para atender a demanda de água não potável.

O reservatório inferior será do tipo enterrado e construído em concreto armado, com dimensão interna de 1,40 x 10,80 m e 3,10 m de altura e 0,20 m de espessura de parede e 0,10 m de espessura de laje, o qual terá uma capacidade de armazenagem de 40,0 m³ de água não potável, e será destinado 0,55 m acima do nível máximo do reservatório para a disposição das tubulações. E será colocado uma caixa em concreto armado acima do reservatório com dimensões internas de 1,40 x 4,30 m e 2,30 m de altura, com 0,10 m de espessura de parede e 0,10 m de espessura de laje para disposição do sistema de filtragem e do sistema elevatório.

Através de estimativa, para o reservatório será necessário um volume total de 21,67 m³ de concreto e considerando uma taxa de 80 Kg de aço/ m³ de concreto, será necessário um

total de 1733,60 Kg de aço. Para a caixa da disposição do sistema elevatório e de filtragem, será necessário um volume total de 3,69 m³ de concreto e um total de 295,20 Kg de aço.

5.12.2 Dimensionamento do reservatório superior

Assim como foi dimensionado o reservatório inferior, o reservatório superior será dimensionado para atender um total de 226 pessoas que utilizarão a edificação diariamente, e que poderão gerar um consumo diário de 1.808 litros/dia de água não potável, sendo considerado neste valor o consumo de 12,50 litros quando houver a irrigação no jardim. Sendo obtido o seguinte valor de volume do reservatório, conforme o cálculo a seguir:

$$\text{Vol. do reservatório} = 1808 + 12,50 = 1820,50 \text{ litros}$$

Definindo que o reservatório deverá atender a dois dias e meio de utilização da edificação para utilização de água não potável, sem ser preciso realizar o acionamento do sistema elevatório neste intervalo, será utilizado um reservatório de polietileno com capacidade de armazenamento de 5 mil litros de água não potável.

5.13 Dimensionamento do sistema elevatório

Determinado que o reservatório superior terá uma capacidade de armazenagem de 5.000 litros e estabelecendo que a bomba irá operar em um período de 3 horas, pode-se através do projeto hidráulico apresentado no apêndice A, e das tabelas de cálculo 16 e 17 a seguir, realizar o dimensionamento do sistema elevatório.

a) Determinação dos diâmetros de recalque e sucção:

$$Q_{\text{projeto}} = \frac{5 \times 1000}{3600 \times 2,5} = 0,56 \text{ L/s}$$

$$\varnothing_{\text{recalque}} = 1,3 \times \left(\frac{3}{24}\right)^{0,25} \times \sqrt{\frac{0,56}{1000}} = 0,018 \text{ m} \quad (09)$$

$$\varnothing_{\text{recalque}} = 20 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{sucção}} = 25 \text{ mm}$$

b) Percas de carga de sucção e recalque:

- L sucção = 4,80 m
- L recalque = 38,20 m
- C = 140 (PVC)

Tabela 16 -Comprimento equivalente de sucção D = 25 mm

Peça	Quantidade	L equivalente unit. (m)
Válvula pé e crivo	1	13,3
joelho 90°	1	1,5
registro de gaveta	1	0,3
L equivalente total		15,10

Fonte: O autor, (2019).

Tabela 17 - Comprimento equivalente de sucção D = 20 mm.

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

Fonte: O autor, (2019).

$$H_{fs} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,56/1000)^{1,85}}{0,025^{4,87}} \times (15,10 + 4,80) = 1,386 \text{ m} \quad (10)$$

$$H_{fs} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,56/1000)^{1,85}}{0,020^{4,87}} \times (10 + 38,20) = 9,95 \text{ m} \quad (10)$$

c) Altura manométrica e potência da bomba:

- Hg sucção = 0,0 m
- Hg recalque = 8,0 m
- Rendimento do conjunto = 69%

$$H_{man} = 8,0 + 1,386 + 9,95 = 19,336 \text{ m} \quad (11)$$

$$\text{Pot. bomba} = \frac{1000 \times (0,56|1000)}{75 \times 0,69} \times 19,336 = 0,21 \text{ cv} \quad (12)$$

É recomendado para motores elétricos um acréscimo de potência, sabendo-se que 1 cv equivale a 0,98632 HP, e com o resultado obtido de 0,21 cv, teremos uma potência de 0,207 HP, sendo que a potência obtida é menor que 2 HP, devendo ser utilizado um acréscimo de potência de 50 %, podendo ser verificada a nova potência a seguir:

$$P = 0,21 + 50\% = 0,315 \text{ cv}$$

Com o valor obtido e utilizando a tabela de dimensionamento da KSB, obteve como recomendação a aplicação de uma motobomba centrífuga, KSB Hydrobloc C500N, de 0,5 cv de potência e com altura manométrica máxima de 22,0 m.

5.14 Dimensionamento da rede de distribuição

Após finalizar o dimensionamento do sistema de captação de água pluvial e do dimensionamento do sistema elevatório da água pluvial armazenada, para a edificação em estudo, é dimensionada a rede de distribuição que irá atender os pontos definidos das bacias sanitárias, dos mictórios e do ponto de torneira do jardim.

Primeiramente são posicionadas as peças sanitárias e os pontos definidos, (*vide* Apêndice A3), existindo na edificação, um total de 4 banheiros, com um total de 12 bacias sanitárias com caixa acoplada, 5 mictórios e um pequeno jardim na face frontal de 6,25 m², onde será utilizado um ponto de torneira para rega de jardim.

No dimensionamento da rede de distribuição foram utilizados dois métodos, o método máximo possível que é utilizado em casos especiais onde pode ocorrer a situação de todos os equipamentos estarem sendo utilizados ao mesmo tempo, somando-se todas as vazões para obter o diâmetro da tubulação, e o método dos pesos relativos, onde se utiliza um peso definido para cada tipo de peça a ser empregada no ponto definido, a fim de se obter a vazão estimada e o diâmetro da tubulação correspondente, apresentados pela NBR 5626 (ABNT, 1998), (*vide* item 4.16, Tabela 02).

A verificação da perda de carga, seguiu a recomendação da norma em questão, utilizando um coeficiente $C = 140$ para tubos de PVC, no dimensionamento da rede de distribuição, foram considerados os comprimentos dos tubos e as conexões dos tubos que irão conduzir a água até os pontos das peças de utilização. A análise dos conjuntos de tubos e conexões é de extrema importância, para obter o valor de comprimento de tubo equivalente.

Para determinar a equivalência em metros para cada tipo de peça podem ser observados na tabela apresentada no anexo C.

As Tabelas 18, 19 e 20 apresentam o dimensionamento das redes de distribuição, verificando que todos os pontos definidos de utilização recebem água com pressão suficiente ao mínimo estabelecido pela referida norma, que para a torneira de jardim e vaso sanitário com caixa acoplada deve ter uma pressão mínima de 1,0 m.c.a. e a perda de carga sendo inferior a 0,08 m/m em todos os trechos e a velocidade inferior a 3,0 m/s.

Nas tabelas serão apresentados a descrição do ponto da rede (Desc.), o trecho (T), as peças, o peso relativo (Pr), a vazão (Q), o diâmetro nominal (Dn), a velocidade de escoamento (v), a perda de carga unitária (J), o comprimento da tubulação (L), o comprimento equivalente (Le), o comprimento total (Lt), a perda de carga total (Hf), a pressão a montante (Pm) e a pressão a jusante (Pj), para cada trecho e nos pontos estabelecidos de utilização.

Tabela 18 -Dimensionamento da rede de distribuição 1.

Des	T	Peças	Pr	Q L/s	Dn Mm	V m/s	J m/m	Comprimento equivalente			hf	PM m.c.a	PJ m.c.a
								Lt (m)	Le c (m)	Lt (m)			
bar	1.4	1 ent.nor + 1 rg aber.	4,50	2,25	50	1,15	0,030	1	2,3	3,3	0,10	0,00	0,90
bar	1.3	1 cv 90	4,50	2,25	50	1,15	0,030	2,67	1,3	3,97	0,12	0,90	0,78
bar	1.1	1 t pd	3,00	1,50	40	1,19	0,043	1,24	2,2	3,44	0,15	0,78	0,63
bar	1.2	1 t pd	1,50	0,75	32	0,93	0,037	4,52	1,5	6,02	0,22	0,78	0,56
ap	1	1 cv 90	3,00	1,50	40	1,19	0,043	1,4	1,2	2,6	0,11	0,63	2,02
ram	1.4	1 cv 90 + 1 tpd	1,50	0,75	32	0,93	0,037	0,8	2,2	3	0,11	2,02	1,91
subr.	vs	1 t sl + 1 j 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	3,6	4,9	0,12	1,91	3,09
ram	1.3	1 t pd	1,20	0,60	25	1,22	0,081	1,14	0,9	2,04	0,17	1,91	1,74
subr.	vs	1 t sl + j 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	3,6	4,9	0,12	1,74	2,92
ram	1.2	1 t pd	0,90	0,45	25	0,92	0,049	1	0,9	1,9	0,09	1,74	1,65
subr.	vs	1 t sl + j 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	3,6	4,9	0,12	1,65	2,83
ram	1.1	1 t pd	0,60	0,30	20	0,96	0,070	1	0,8	1,8	0,13	1,65	1,52
subr.	vs	1 t sl + j 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	3,6	4,9	0,12	1,52	2,70
subr.	a	1 t pd	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,2	0,8	2	0,05	1,52	1,47
subr.	vs	2 j 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	2,4	3,7	0,09	1,47	2,69
ram	1.8	1 cv 90	1,50	0,75	32	0,93	0,037	2,15	0,7	2,85	0,11	2,02	1,91
subr.	mict	1 t sl + 1 j 90 + 1 rglobo	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1	15	16	0,39	1,91	2,52
ram	1.7	1 t pd	1,20	0,60	25	1,22	0,081	0,6	0,9	1,5	0,12	1,91	1,79
subr.	mict	1 t sl + 1 j 90 + 1 rglobo	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1	15	16	0,39	1,79	2,40

ram	1.6	1 t pd	0,90	0,45	25	0,92	0,049	0,6	0,9	1,5	0,07	1,79	1,72
subr.	mict	1 t sl + 1 j 90+ 1 rglobo	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1	15	16	0,39	1,72	2,33
ram	1.5	1 t pd	0,60	0,30	20	0,96	0,070	0,6	0,8	1,4	0,10	1,72	1,62
subr.	mict	1 t sl + 1 j 90+ 1 rglobo	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1	15	16	0,39	1,62	2,23
subr.	1.2	1 t pd	0,30	0,16	20	0,52	0,024	0,6	0,8	1,4	0,03	1,62	1,59
subr.	mict	2 j 90 + rglobo	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1	13,8	14,8	0,36	1,59	2,23
ap	2	1 cv 90	1,50	0,75	32	0,93	0,037	1,4	0,7	2,1	0,08	0,56	1,98
ram	2.4	1 cv 90	1,50	0,75	32	0,93	0,037	0,7	0,7	1,4	0,05	1,98	1,93
subr.	vs	1 t sl + j 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	3,6	4,9	0,12	1,93	3,11
ram	2.3	1 t pd	1,20	0,60	25	1,22	0,081	1,05	1,5	2,55	0,21	1,93	1,72
subr.	vs	1 t sl + j 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	3,6	4,9	0,12	1,72	2,90
ram	2.2	1 t pd	0,90	0,45	25	0,92	0,049	1,05	1,5	2,55	0,12	1,72	1,59
subr.	vs	1 t sl + j 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	3,6	4,9	0,12	1,59	2,78
ram	2.1	1 t pd	0,60	0,30	20	0,96	0,070	1,05	0,8	1,85	0,13	1,59	1,47
subr.	vs	1 t sl + j 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	3,6	4,9	0,12	1,47	2,65
subr.	2	1 t pd	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,05	0,8	1,85	0,04	1,47	1,42
subr.	vs	2 j90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	2,4	3,7	0,09	1,42	2,63

Fonte: O autor, 2019.

Tabela 19 -Dimensionamento da rede de distribuição 2.

Des	T	Peças	Pr	Q L/s	Dn mm	V m/s	J m/m	Comprimento equivalente			hf	PM m.c.a	PJ m.c.a
								Lt (m)	Le c (m)	Lt (m)			
bar	2.4	1 ent.nor + 1 rg aber.	0,60	0,30	32	0,37	0,007	1	1	2	0,01	0,00	0,99
bar	2.3	1 cv 90	0,60	0,30	32	0,37	0,007	41,5	0,7	42,2	0,31	0,99	0,67
bar	2.2	1 t pd	0,30	0,16	20	0,52	0,024	0,1	0,8	0,9	0,02	0,67	0,65
bar	2.1	1 t pd	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,47	0,8	2,27	0,06	0,67	0,62
ap	4	1 cv 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,4	0,5	1,9	0,05	0,65	2,00
ap	3	1 cv 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,4	0,5	1,9	0,05	0,62	1,97
subr.	3.1	1 cv 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	0,4	0,5	0,9	0,02	1,97	1,95
subr.	vs	2 j90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	2,4	3,7	0,09	1,95	3,16
subr.	4.1	1 cv 90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	0,4	0,5	0,9	0,02	2,00	1,98
subr.	vs	2 j90	0,30	0,16	20	0,52	0,024	1,3	2,4	3,7	0,09	1,98	3,19

Fonte: O autor, 2019.

Tabela 20 -Dimensionamento da rede de distribuição 3

Des	T	Peças	Pr	Q	Dn	V	J	Comprimento equivalente	hf	PM m.c.a	PJ m.c.a
-----	---	-------	----	---	----	---	---	----------------------------	----	-------------	-------------

				L/s	Mm	m/s	m/m	Lt (m)	Le c (m)	Lt (m)			
bar	3.2	1 ent.nor + 1 rg aber.	0,40	0,19	20	0,60	0,031	4,85	0,6	5,45	0,17	0,00	4,68
bar	3.1	1 cv 90	0,40	0,19	20	0,60	0,031	37,6	0,5	38,1	1,19	4,68	3,49
ap	5	1 j90	0,40	0,19	20	0,60	0,031	0,8	1,2	2	0,06	3,49	2,63
subr	Tor.	1 j90	0,40	0,19	20	0,60	0,031	0,1	1,2	1,3	0,04	2,63	1,33

Fonte: O autor, 2019.

5.15 Especificações de materiais e serviços

5.15.1 Tubulações e conexões

No sistema de captação de água pluvial será aproveitado o sistema existente e será implantada uma calha de beiral retangular de dimensão de 15x10 cm do lado direito da edificação. Serão instalados 4 condutores verticais referentes a este lado sendo 2 no diâmetro de 75 mm e dois no diâmetro de 100 mm, demais condutores verticais existentes serão aproveitados. Devendo os novos condutores serem instalados preferencialmente em uma só prumada, caso houver necessidade de mudança de direção serão instaladas curvas de 45° e 90° de raio longo e peça de inspeção.

Os condutores horizontais serão instalados a jusante dos condutores verticais em curvas de raio longo de 90°, e serão enterrados obedecendo a declividade uniforme estabelecida no projeto técnico. Nos locais onde há mudança de direção, mudança de declividade estão estabelecidas os locais de instalação das caixas de inspeção que terão dimensões variáveis conforme o espaço do local, sendo caixas de 40x40 e 30x30 e com profundidades variáveis de acordo com a profundidade de cada ponto dos condutores horizontais, sendo respeitado a distância máxima de cada caixa a cada 20 m, conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007). Os tubos serão de esgoto, série leve e normal com junção simples (Y) de PVC.

As calhas, condutores verticais e horizontais, devem seguir conforme apresentado no memorial descritivo, de cálculo e conforme o projeto técnico, obedecendo os diâmetros e declividades definidos. Ressalta-se que qualquer alteração desses fatores poderá atrapalhar o escoamento da água, podendo causar avarias na edificação.

No sistema elevatório e na rede de distribuição de água pluvial devem ser utilizados registros de gaveta aberto, válvula de retenção de liga de cobre, e válvula de pé e crivo, e as tubulações de distribuição devem ser de PVC rígido soldável, devendo utilizar adesivo plástico para junção, devendo ser obedecido os diâmetros e comprimentos especificados no projeto técnico.

5.15.2 Reservatórios

O reservatório inferior será de concreto armado, com dimensão externa de 180 x 11,20 m e 3,50 m de altura, com espessura de parede de 20 cm, devendo ser utilizado concreto de Fck 30 MPa, com armação em aço CA-50, moldado *in loco*.

O reservatório superior será da marca Fortleve ou similar, de polietileno com capacidade de 5.000 litros, para atender a demanda de dois dias de utilização de água não potável da edificação. Devendo ser implantado na edificação uma torre para colocação do reservatório, e pelo fato do reservatório ter ficado acima do reservatório existente não há possibilidades de realizar intercomunicação entre eles, devendo ser instalado uma ligação direta do hidrômetro para o reservatório, sendo necessário um registro de gaveta para ser aberto somente em casos de estiagens mais severas, quando o reservatório inferior estiver sem água pluvial, não deixando nenhum ponto a ser atendido.

A torre para o reservatório superior deverá ter uma altura de 4,90 m do piso até a laje de apoio do reservatório, e a laje deverá ter uma dimensão de 2,90 x 2,90 m. Os pilares e vigas serão de concreto armado e a laje de concreto maciço.

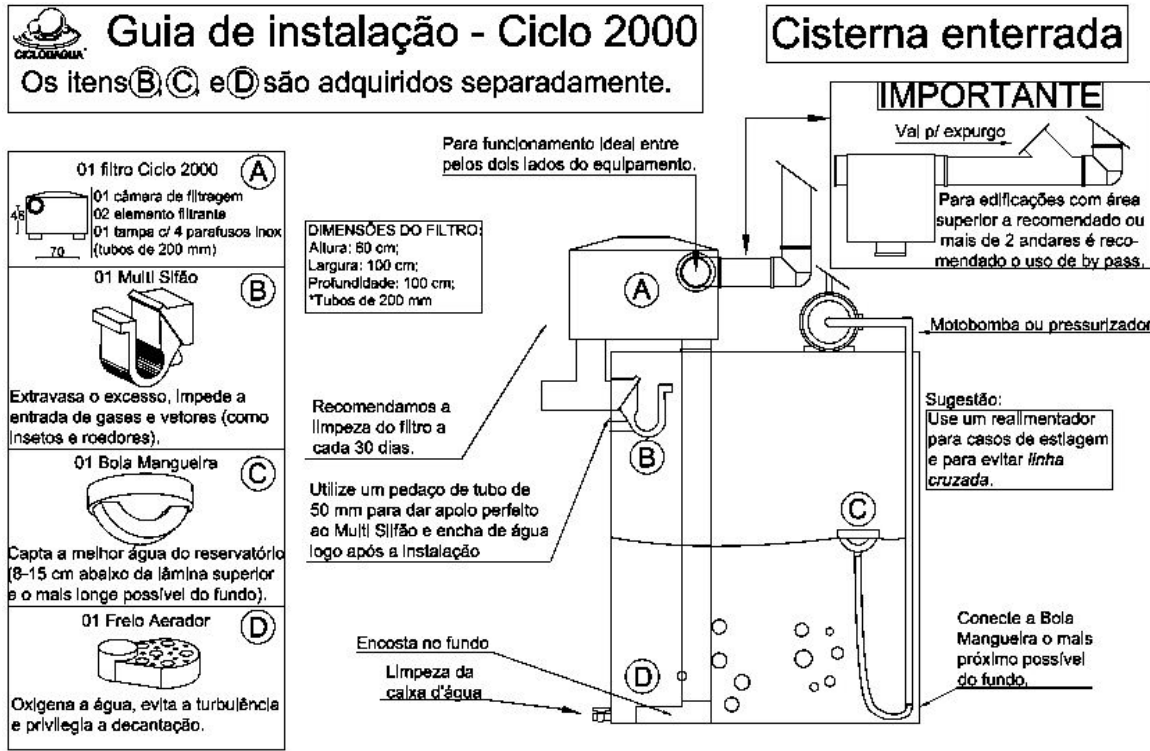
Estimando que as vigas terão dimensões de 0,20 x 0,20 x 2,90 m, e os pilares dimensões de 0,20 x 0,20 x 5,60 m, será necessário um volume total de 1,36 m³ de concreto, e estimando um consumo de 80 Kg/ m³ de concreto, será necessário um total de 108,80 Kg de aço.

Os reservatórios deveram ser posicionados nos locais estabelecidos no projeto técnico apresentados no apêndice A1 e A2, obedecendo suas dimensões, profundidade e altura.

5.15.3 Filtros

No projeto técnico está definido que deverá ser instalado um filtro de água pluvial para toda água coletada, o filtro definido é o da marca Ciclodágua, modelo Ciclo 2000 ou similar, desde que atenda a área de captação. O Ciclo 2000 é um filtro que foi desenvolvido com o propósito de maximizar a eficiência de sistemas de captação da água de chuva para grandes áreas. Na Figura 5 pode ser observado como é a instalação do filtro Ciclo 2000.

Figura 5 - Guia de instalação do Ciclo 2000.



Fonte: Adaptado de Ciclodágua, (2019).

5.15.4 Bomba centrífuga

No sistema elevatório através do dimensionamento definiu-se que a bomba centrífuga a ser utilizada será da marca KSB, modelo KSB Hydrobloc C500N apresentada na Figura 6, com potência de 0,5 cv monofásica 220/380 v. Possui altura máxima de sucção de 7,0 m de altura e altura manométrica máxima de 22,0 m.

A bomba será instalada sobre o reservatório inferior (*vide* Apêndice A2), deverá ser seguido o ponto de instalação conforme o projeto, e qualquer alteração do ponto poderá alterar o rendimento do conjunto, em caso de escolha de outra marca, deverá ser proposta uma bomba com especificações compatíveis com a do projeto.

Figura 6 - Bomba centrífuga KSB C500N



Fonte: Adaptado de KSB, (2019).

5.16 Levantamento do quantitativo

Após a realização do dimensionamento do projeto, possibilitou-se a realização do levantamento do quantitativo de todos materiais e acessórios que serão utilizados no projeto, obtendo a quantidade necessária de materiais e acessórios.

A seguir, na Tabela 21, é apresentado de uma forma entendível, a quantidade de material necessário para a realização dos setores de captação, do sistema elevatório e da rede de distribuição.

Tabela 21 - Levantamento do quantitativo.

Item	Descrição	Medida	Unid.	Qtd.
1	Setor de captação			
1.1	Adesivo plástico	850 g	unid.	1
1.2	Caixa de Inspeção	40x40	unid.	17
1.3	Calha galvanizada corte	50 cm	mts	40,6
1.4	Condutor horizontal	100	mts	34,25
1.5	Condutor horizontal	150	mts	52,15

1.6	Condutor horizontal	200	mts	32,2
1.7	Condutor horizontal	250	mts	28,65
1.8	Condutor vertical	75	mts	9
1.9	Condutor vertical	100	mts	9
1.10	Curva 45°	75	unid.	4
1.11	Curva 45°	100	unid.	7
1.12	Curva 45°	150	unid.	2
1.13	Curva 90°	75	unid.	2
1.14	Curva 90°	100	unid.	2
1.15	Curva 90°	150	unid.	1
1.16	Curva 90°	250	unid.	3
1.17	Filtro Ciclo 2000	200	unid.	1
1.18	Joelho 45°	75	unid.	4
1.19	Joelho 45°	100	unid.	4
1.20	Suporte para calha	150	unid.	20
1.21	Tê	250	unid.	1
2	Sistema elevatório	Medida	Unid.	Qtd.
2.1	Adaptador c/ bolsa e rosca	20x1/2"	unid.	4
2.2	Adaptador c/ bolsa e rosca	25x3,4"	unid.	2
2.3	Adaptador p/ caixa d'água	20	unid.	1
2.4	Adesivo plástico	850 g	unid.	1
2.5	Bomba elétrica centrífuga KSB	0,5	cv	1
2.6	Joelho 90°	20	unid.	5
2.7	Joelho 90°	25	unid.	1
2.8	Registro de gaveta	20	unid.	1
2.9	Registro de gaveta	25	unid.	1
2.10	Tubo água fria	20	met.	38,2
2.11	Tubo água fria	25	met.	4,8
2.12	Válvula de retenção	20	unid.	1
2.13	Torre do reservatório superior	2,90 x 2,90	unid.	1
3	Rede de distribuição	Medida	Unid.	Qtd.
3.1	Adaptador c/ bolsa e rosca	20x1/2"	unid.	12
3.2	Adaptador c/ bolsa e rosca	32x1"	unid.	2
3.3	Adaptador c/ bolsa e rosca	40x1 1/2"	unid.	2
3.4	Adaptador p/ caixa d'água	20	unid.	1
3.5	Adaptador p/ caixa d'água	32	unid.	1
3.6	Adaptador p/ caixa d'água	40	unid.	1
3.7	Adesivo plástico	850 g	unid.	1
3.8	Bucha de redução	25x20	unid.	4
3.9	Bucha de redução	32x20	unid.	5
3.10	Bucha de redução	32x25	unid.	3
3.11	Bucha de redução	40x32	unid.	4
3.12	Caixa d'água polietileno	5000	lit	1

3.13	Curva 90°	20	unid.	2
3.14	Curva 90°	32	unid.	4
3.15	Curva 90°	40	unid.	2
3.16	joelho 90°	20	unid.	6
3.17	Joelho 90° c/ bucha de latão	20	unid.	18
3.18	Registro de gaveta bruto	20	unid.	1
3.19	Registro de gaveta bruto	32	unid.	1
3.20	Registro de gaveta bruto	50	unid.	1
3.21	T de redução	25x20	unid.	5
3.22	Te	20	unid.	3
3.23	Te	32	unid.	5
3.24	Te	40	unid.	2
3.25	Tubo água fria	20	mts	30,2
3.26	Tubo água fria	25	mts	5,44
3.27	Tubo água fria	32	mts	51,1
3.28	Tubo água fria	40	mts	2,45
3.29	Tubo água fria	50	mts	3,7
3.30	Válvula de descarga p/ mictório	20	unid.	5
3.31	Veda rosca	18 mm x 50 m	unid.	1
4	Reservatório inferior	Medida	Unid.	Qtd.
4.1	Concreto reservatório	1,80x10,80x3,10	m ³	21,67
4.2	Aço reservatório	Ø <12,5 mm	Kg	1733,60
4.3	Concreto caixa sistema elevatório	1,80x4,50x2,40	m ³	3,69
4.4	Aço caixa sistema elevatório	Ø <12,5 mm	Kg	295,20

Fonte: O autor, (2019).

5.17 Estimativa de custos

Após o levantamento do quantitativo de materiais e acessórios, foi possível o levantamento de uma estimativa do total de investimento necessário para a implantação do projeto de captação e aproveitamento de água de chuva na escola, conforme se verifica na Tabela 22.

Para estimativa forma feitas pesquisa nas planilhas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) de outubro de 2019 e da Secretaria de Estado de Transportes e Obras públicas (SETOP) de agosto de 2019, utilizadas sem desoneração.

Tabela 22 - Planilha orçamentária.

Item	Código	Descrição	Unid.	Qtd.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
1	94228	Calha em chapa de aço galvanizado num 24, desenvolvimento de 50 cm, incluso transporte vertical	mts	40,60	61,83	2510,30
2	89576	Tubo PVC, série R, água pluvial, DN 75 mm, fornecido e instalado em condutores horizontais de águas pluviais	mts	9,00	26,80	241,20
3	89578	Tubo PVC, série R, água pluvial, DN 100 mm, fornecido e instalado em condutores horizontais de águas pluviais	mts	9,00	41,74	375,66
4	89519	Curva 45 graus, PVC, soldável, DN 75 mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação	mts	4,00	27,68	110,72
5	89520	Curva 45 graus, PVC, soldável, DN 100 mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação	mts	2,00	34,44	68,88
6	ED-48669	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 100 mm, inclusive conexões e suportes	mts	34,25	26,85	919,61
7	ED-48670	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 150 mm, inclusive conexões e suportes	mts	52,15	35,83	1868,53
8	ED-48671	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 200 mm, inclusive conexões e suportes	mts	112,30	53,42	5999,07
9	Ed-48672	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 250 mm, inclusive conexões e suportes	mts	28,65	72,84	2086,87
10	74166	Caixa de inspeção	unid	20,00	183,73	3674,60
11	93358	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,50 m.	m ³	88,40	7,86	694,82
12	94097	Preparo de fundo de vala com largura menor que 1,50 m, em local com nível baixo de interferência	m ²	70,72	4,62	326,73
13	94319	Aterro manual de valas com solo argilo-arenoso e compactação mecanizada	m ²	58,95	35,01	2063,84
14	90100	Escavação mecanizada de valas	m ³	138,57	9,36	1297,02

15	94099	Preparo de fundo de vala com largura maior ou igual a 1,5 m e menor que 2,5 m	m ²	23,40	2,36	55,22
16	96619	Lastro de concreto magro com espessura de 5 cm	m ³	1,50	20,92	31,38
17	92795	Corte, dobra e armação de aço CA-50 Ø <12,5 mm	Kg	2028,80	4,93	10001,98
18	ED-8398	Forma e desforma de compensado plastificado, esp. 12mm, reaproveitamento (3x), exclusive escoramento	m ²	148,00	44,16	6535,68
19	ED-9054	Fornecimento de concreto estrutural, usinado bombeado, auto-adensável, com fck 30 MPa, inclusive lançamento e acabamento	m ³	25,36	333,43	8455,78
20	ED-50171	Impermeabilização por cristalização	m ²	159,50	21,04	3355,88
21	x	Filtro ciclo 2000	unid	1,00	5990,00	5990,00
22	ED-50018	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 20 mm	mts	30,20	14,09	425,52
23	ED-50019	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 25 mm	mts	5,44	16,31	88,73
24	ED-50020	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 32 mm	mts	51,10	19,96	1019,96
25	ED-50021	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 40 mm	mts	2,45	23,37	57,26
26	ED-50022	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 50 mm	mts	3,70	25,20	93,24
27	x	Bomba elétrica centrífuga KSB	unid	1,00	557,76	557,76
28	x	Caixa d'água de polietileno 5000 L	unid	1,00	2212,00	2212,00
29	ED-48666	Tampão de ferro fundido para poço de visita	unid	2,00	398,77	797,54
30	ED-50842	Pilar em concreto aparente 20 MPa, inclusive armação, forma plastificada e desforma	m ³	0,90	1834,02	1643,28
31	ED-50850	Viga de 0,21 a 0,35 m de largura em concreto 20mpa, aparente,	m ³	0,46	1238,72	574,77

		armação, forma plastificada, escoramento e desforma				
32	ED-50848	Laje 10 cm maciça de concreto 20 MPa, com armação, forma resinada, escoramento e desforma	m ²	8,41	138,03	1160,83
Valor total R\$						65294,65

Fonte: O autor, (2019).

5.18 Estimativa de tempo de retorno do investimento

Portanto, conforme as estimas de custos apresentadas na Tabela 23, verifica-se que para implantação do sistema de captação de água de chuva será necessário um investimento de R\$ 65294,65 (sessenta e cinco mil, duzentos e noventa e quatro reais e sessenta e cinco centavos) e considerando o valor médio pago de tarifa de água que atualmente é de R\$ 225,80 (duzentos e vinte e cinco reais e oitenta centavos).

Em consulta junto a Coságua, que é concessionária da cidade, a escola CBS Objetivo se enquadra no tipo comercial, e atualmente a tarifa mínima para edificação comercial é de R\$ 158,62 (cento e cinquenta e oito reais e sessenta e dois centavos) equivalente a 30 m³. E que existe um plano de incentivo da Coságua para edificação do tipo comercial que consumir um total de água inferior a 8 m³, a edificação pagaria uma tarifa de R\$ 63,92 (sessenta e três reais e noventa e dois centavos), que é atualmente o mínimo residencial.

Para obtenção do lucro anual serão consideradas dois casos:

Caso 1: A edificação iria pagar sempre o valor mínimo comercial devido a água de aproveitamento poder contribuir para chegar no valor mínimo comercial.

Caso 2: Através da verificação do histórico de consumo de água, utilizando o aproveitamento de água de chuva a edificação conseguiria ter um consumo médio abaixo dos 8 m³ durante 6 meses por ano.

Para o caso 1 o lucro anual seria de:

$$L = 12x (225,80 - 158,62) = 806,16 \text{ reais anuais}$$

Para o caso 2 o lucro anual seria de:

$$L = 6x (225,80 - 158,62) + 6x (225,80 - 63,92) = 1374,36 \text{ reais anuais}$$

Após a obtenção do valor do lucro médio anual é possível estimar o tempo de retorno do investimento através do seguinte cálculo:

Para o caso 1:

$$P = \frac{65294,65}{806,16} = 80,99 \text{ anos} \quad (15)$$

Para o caso 2:

$$P = \frac{65294,65}{1374,36} = 47,51 \text{ anos} \quad (15)$$

Logo se define que o tempo de retorno mesmo utilizando duas situações diferentes, torna o projeto inviável, devido a quantidade de anos para obter retorno do investimento do projeto.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o atual cenário do meio ambiente cada vez mais desfavorável e a preocupação cada vez mais crescente em encontrar novas alternativas de aproveitamento dos recursos naturais, o método de aproveitamento de água de chuva acaba se tornando um método de extrema importância, pois além de ser um método que diminui o impacto ambiental, evita o desperdício de água potável.

Conforme exposto, o presente trabalho apresentou um projeto de um sistema de aproveitamento de água pluvial para escola CBS Objetivo, sendo verificado que a estrutura da cobertura possui uma excelente capacidade de coleta de água de chuva, somente três meses do ano apresentaram demanda não potável inferiores necessárias para utilização nos pontos definidos, possibilitando a economia na conta de água e esgoto, reduzindo o desperdício de água potável e contribuindo com o meio ambiente.

Através das estimativas de economia de consumo de água, verificou-se que a edificação poderá gerar uma economia média entre R\$ 67,18 (sessenta e sete reais e dezoito centavos) até R\$ 161,88 (cento e sessenta e um reais e oitenta e oito centavos) nas tarifas de água.

No final do presente trabalho, verificou-se que o projeto necessitará de um investimento total de R\$ 65294,65 (sessenta e cinco mil, duzentos e noventa e quatro reais e sessenta e cinco centavos). Através das estimativas de serviços, materiais e acessórios, verificou-se que o projeto se tornaria inviável, por ter um tempo de retorno relativamente alto, mesmo utilizando duas situações em que a edificação poderia gerar uma economia, os tempos de retorno se apresentaram altos. Tempo que deixa o projeto menos atrativo, mas também seria uma excelente forma de contribuição para com o meio ambiente e preservação dos recursos hídricos.

Portanto conclui-se que a edificação da Escola CBS Objetivo não possui uma boa oportunidade de se instalar um projeto de sistema de aproveitamento de água de chuva, pois a tarifa mínima comercial cobrada pela concessionária da cidade é muito próximo ao valor que vem sendo cobrado atualmente.

REFERÊNCIAS

- _____. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- _____. **NBR 12213**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992a.
- _____. **NBR 12214**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992b.
- _____. **NBR 12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- _____. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- _____. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**. Minas Gerais: Paraguaçu. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/paraguacu.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- BRASIL. **Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)**. Dados Meteorológicos. 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 10 de abril. 2019.
- BRASIL. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos IDE-SISEMA**. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br>> Acesso: 15 de abr. de 2019.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648>. Acesso em: 15 out. 2019.
- CICLODAGUA. **Gerenciamento de recursos hídricos**. Disponível em: <<http://www.ciclodagua.com/produto/ciclo-2000/>>. Acesso em: 10 out. 2019
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Minas Gerais: Paraguaçu. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/paraguacu.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- KSB Bombas hidráulicas S.A.** Disponível em: <http://www.ksb.com.br/php/produtos/download.php?arquivo=a2754_12p_4.pdf&tipo=folhetos>. Acesso em: 28 out 2019
- MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. **Consulta à Planilha Preço SETOP – Região Sul**. Disponível em: <<http://www.transportes.mg.gov.br/component/gmg/page/2244-consulta-a-planilha-preco-setop-regiao-sul>>. Acesso em: 15 out. 2019.

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

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; CARDOSO, Cleverson Gomes. **Índices de desperdício de água em edifícios residenciais multifamiliares de Goiânia**. 2002. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1887_1896.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2019.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; GONÇALVES, Orestes Marraccini. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/08/PUERHE_Água-BT_Oliveira.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2019.

Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais – **Sisema**. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/1/128-sisemamg-em-nova-sede>>. Acesso em 20 de abril de 2019.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento da Água de Chuva**. São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, P. A **Economia de Água para Empresas e Residências** – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água. Navegar Editora, São Paulo, 2001 a.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 03 – Previsão de consumo de água não potável. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2009a. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2003.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 05 – Coeficiente de runoff. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2009b. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2005.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2019.

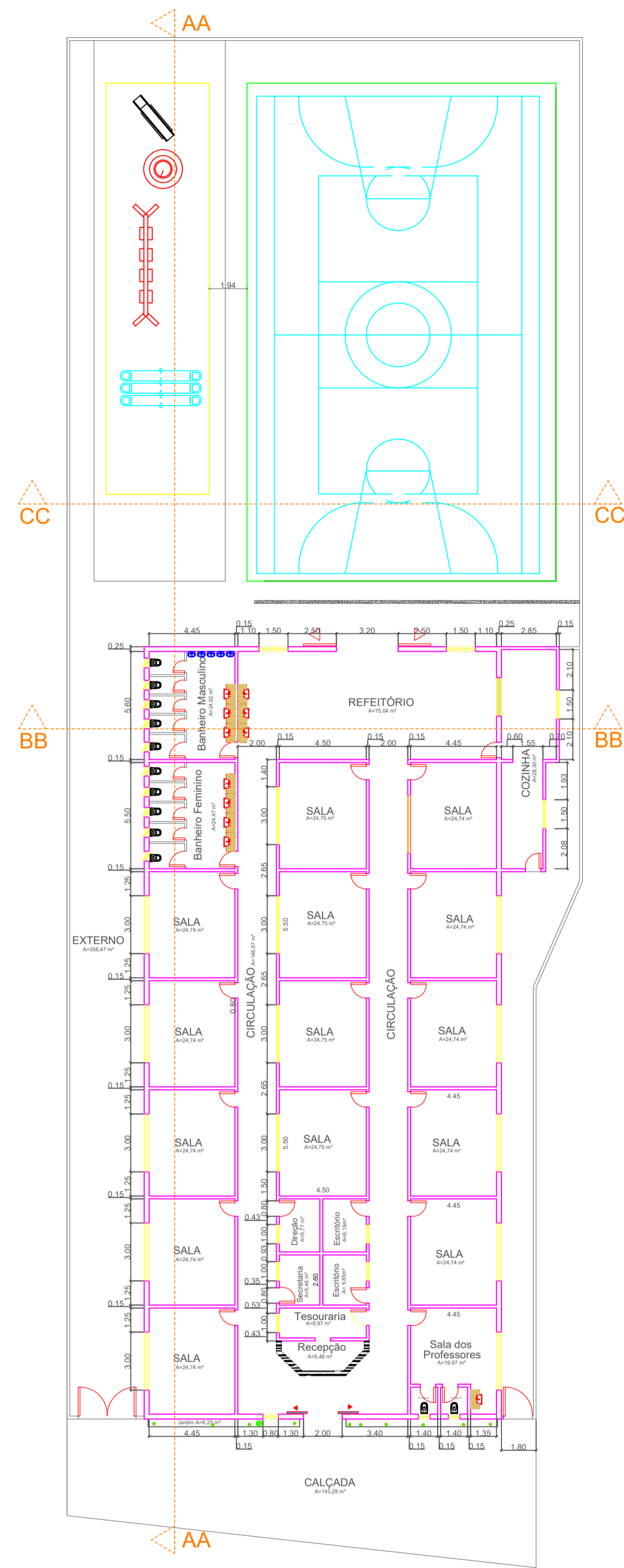
TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 09 - Método de Rippl. [s.l.]: Plínio Tomaz, 2011. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo09.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2019.

TOMAZ, Plínio. **Economia de água para empresas e residências**. São Paulo: Navegar, 2001.

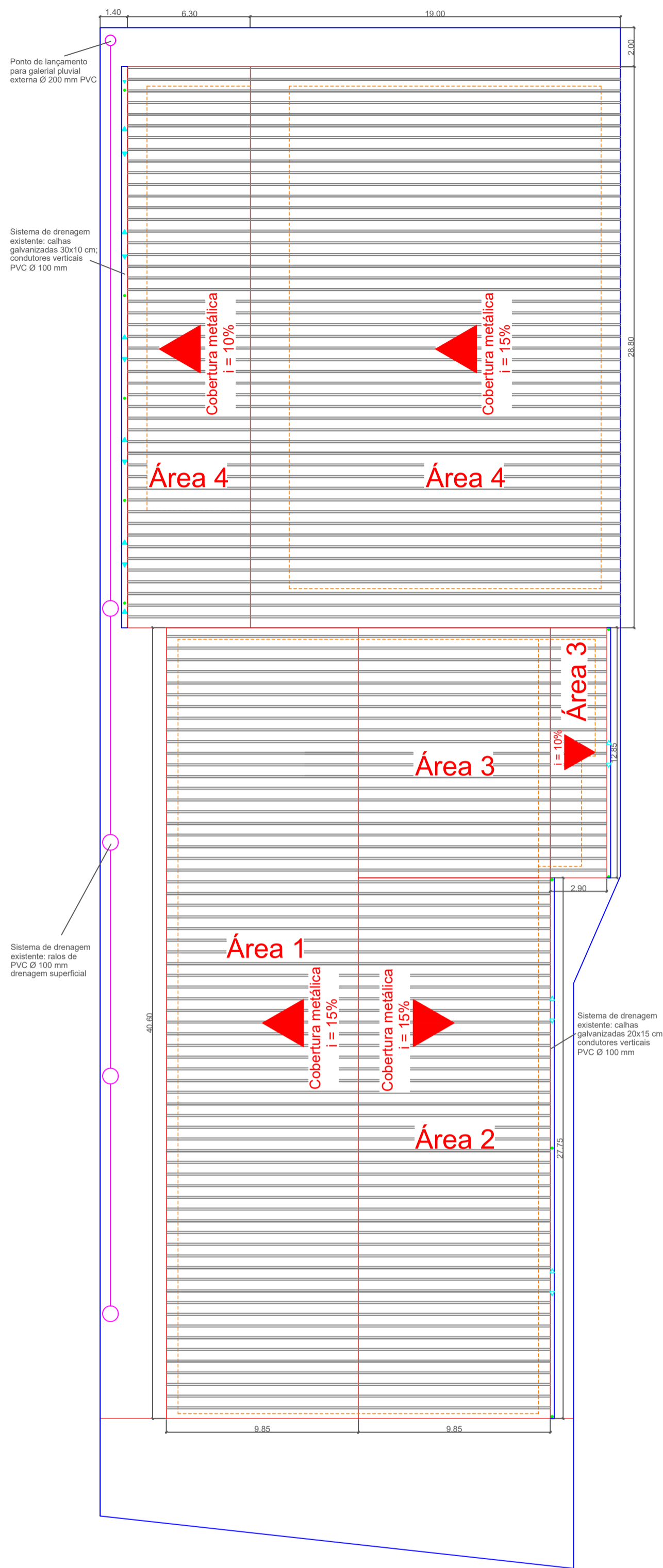
TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Guarulhos: Navegar, 2010. 486 p.

VASCONCELOS, Ivana Prado de. **Projeto de instalações hidráulicas e sanitárias**: Instalações prediais de águas pluviais. 01 out. 2019, 15 Out. 2019. 32 p. Notas de Aula. No prelo.

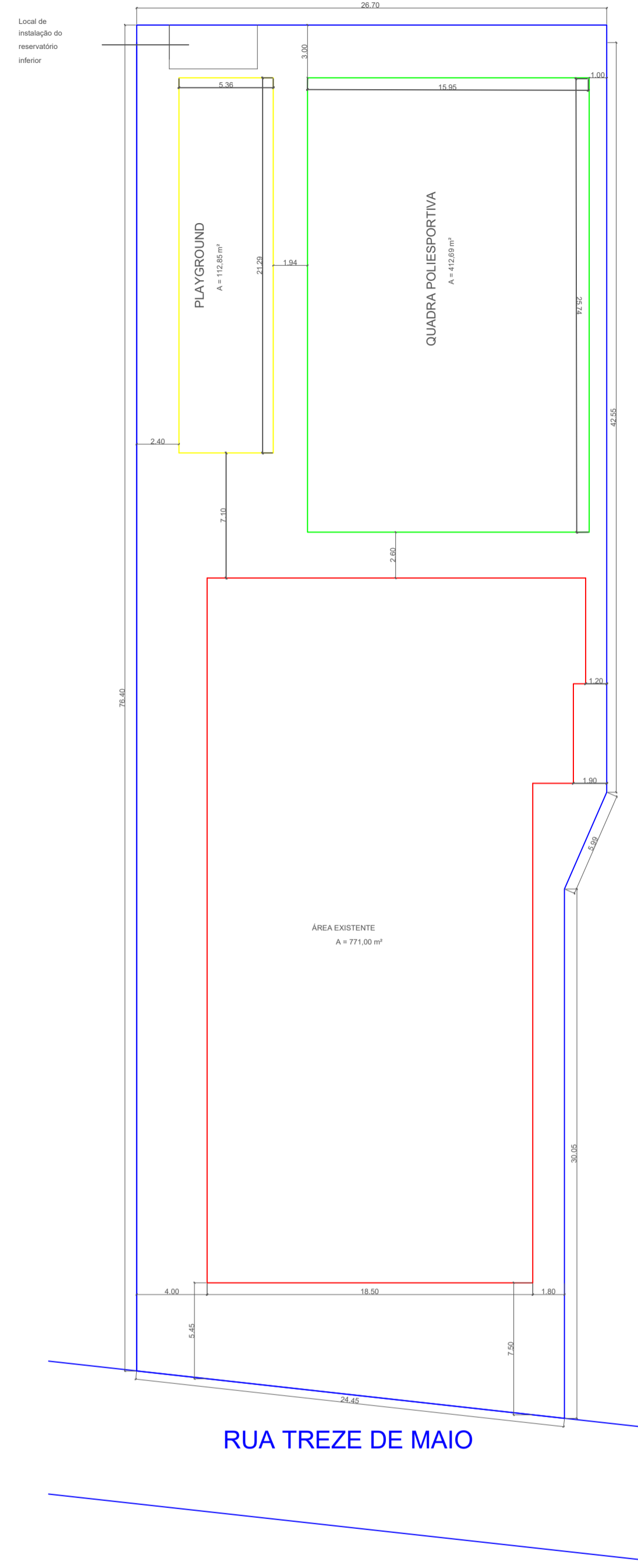
ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO DA EDIFICAÇÃO



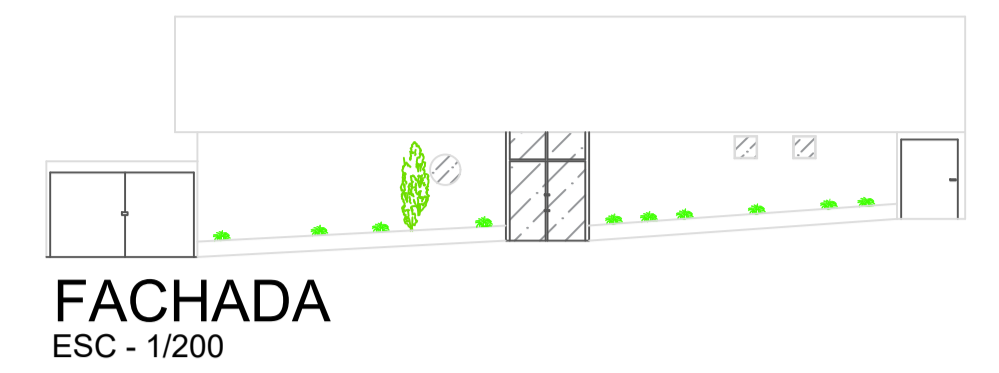
PLANTA BAIXA
ESC - 1/200



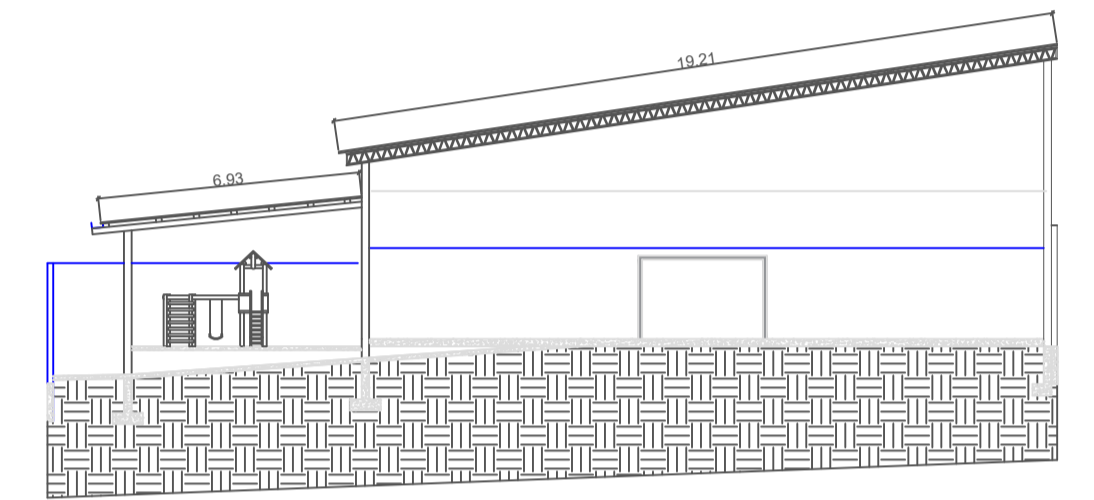
PLANTA DE COBERTURA
ESC - 1/200



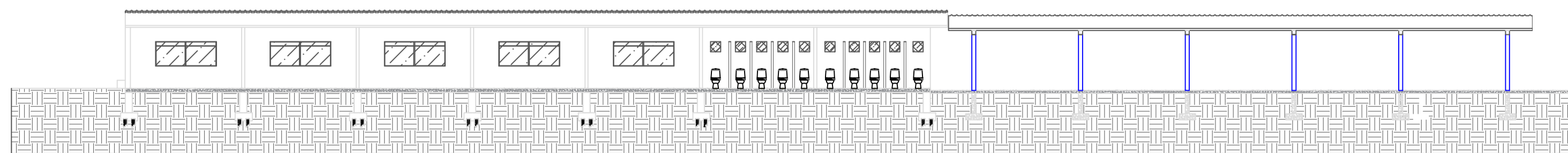
PLANTA DE IMPLANTAÇÃO
ESC - 1/250



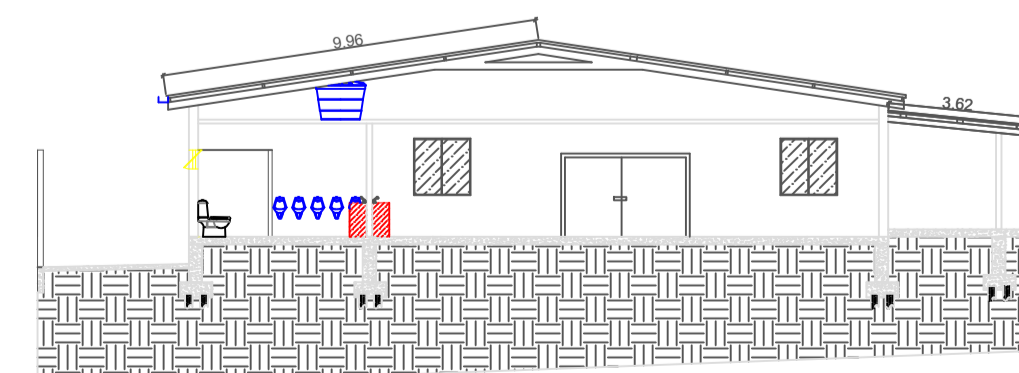
FACHADA
ESC - 1/200



CORTE CC
ESC - 1/200



CORTE AA
ESC - 1/200



CORTE BB
ESC - 1/200

ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO		PROJETO ARQUITETONICO	
CLASSIFICAÇÃO DE OBRA		COMERCIAL	
TÍTULO DA OBRA			
DADOS DA OBRA			
PROPRIETÁRIO	CBS OBJETIVO		
CPF	TREZE DE MAIO, 113		
BARRIO	JARDIME BELA VISTA		
MUNICIPIO	PARAGUAÇU/ MG		
CADASTRO			
C.R.1			
CONTRATANTE		ÁREAS	
NOME		TERRENO	2000,35 m²
CPF Nº		CONSTRUÇÃO	ESCOLA 838,97 m²
RESPONSÁVEL TÉCNICO			QUADRA POLIESPORTIVA 547,16 m²
			PLAYGROUND 181,43 m²
			TOTAL 1563,39 m²
NOME		TAXA DE OCUPAÇÃO	TAXA DE PERMEABILIDADE
PROFISSÃO/ CREA			
CPF Nº		ESCALA	INDICADAS
			UNIDADE DE ESCALAS
CONTEÚDO	PLANTA BAIXA PLANTA DE COBERTURA PLANTA DE IMPLANTAÇÃO CORTE AA CORTE BB CORTE CC FACHADA	CREA	METRO LINEAR
			PREFEITURA
			DEPARTAMENTO DE OBRAS
			CADASTRO MUNICIPAL
			PREFEITO
DATA			DESENHISTA
			PARAGUAÇU/ MG

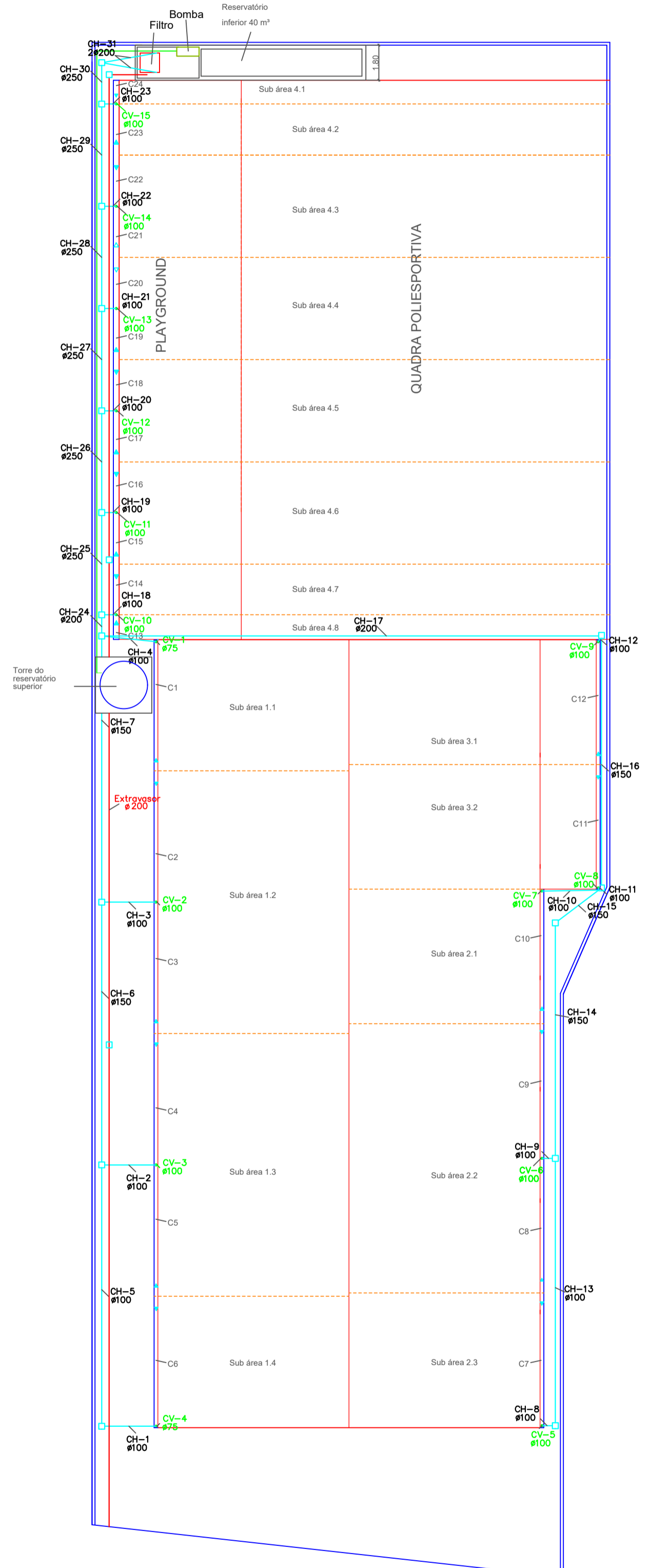
ANEXO B – FATURA DE ÁGUA FORNECIDA PELA COSÁGUA

ANEXO C - Perdas de carga localizadas

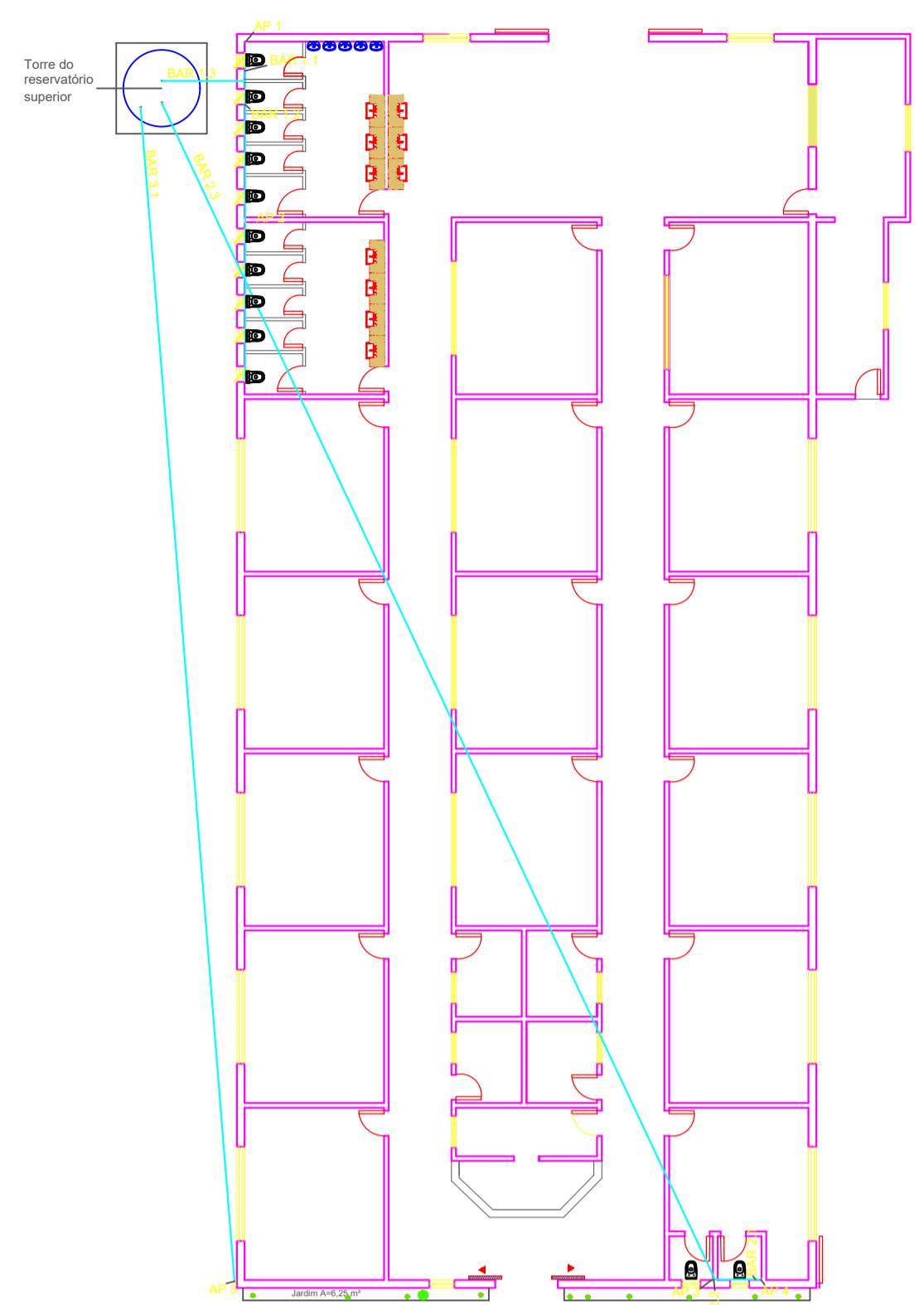
Diâmetro Nominal	Joelho		Curva		Te 90° pas. direta	Te 90° saida lateral	Te 90° saida bilat.	Entrada Normal	Entrada Borda	Saída canal, e crivo	Válv. pé reten.,reten. leve pesada	Válv. globo	Válv. gaveta	Reg. ângulo aberto	Reg. aberto	Reg. aberto	
	90°	45°	90°	45°													
DN Refer. (mm) (")																	
15	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	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	1,5	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	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	3,2	1,0	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	3,4	1,3	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	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	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0	
100	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	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	27,4	17,5	19,2	50,9	1,1	25,2	
150	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: Adaptado da NBR 5626 (ABNT, 1998).

APÊNDICE A1 – PROJETO HIDRÁULICO

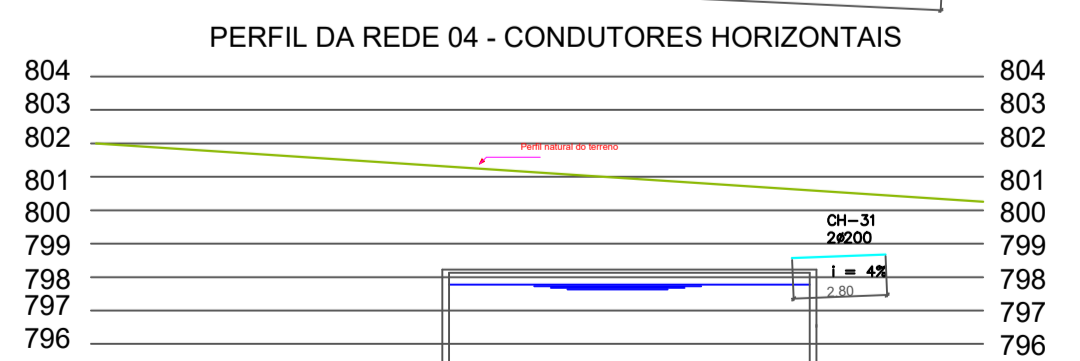
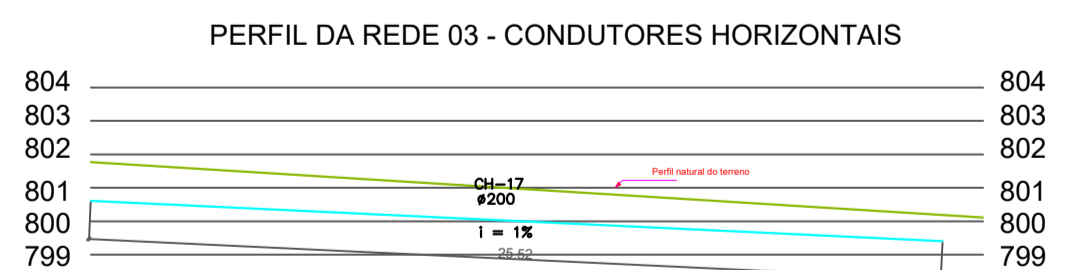
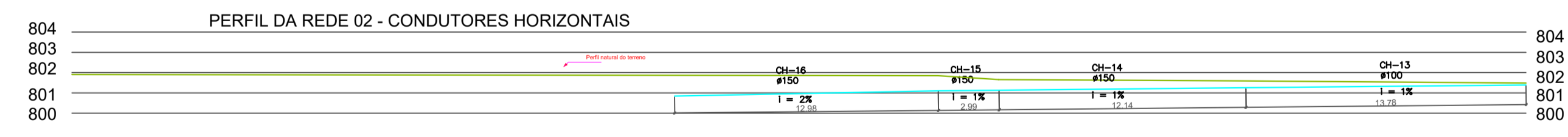
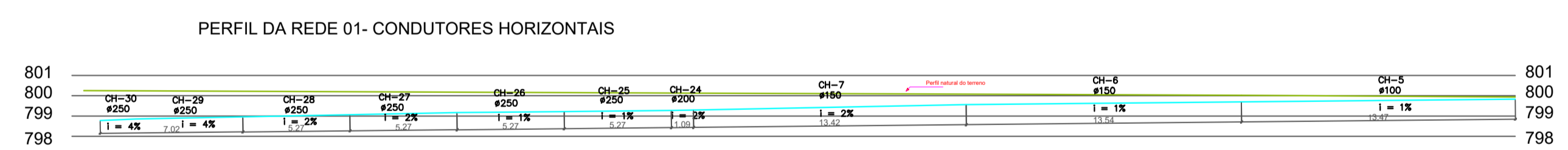


Posição condutores horizontais; verticais
reservatório inferior; superior; calhas
ESC - 1/200



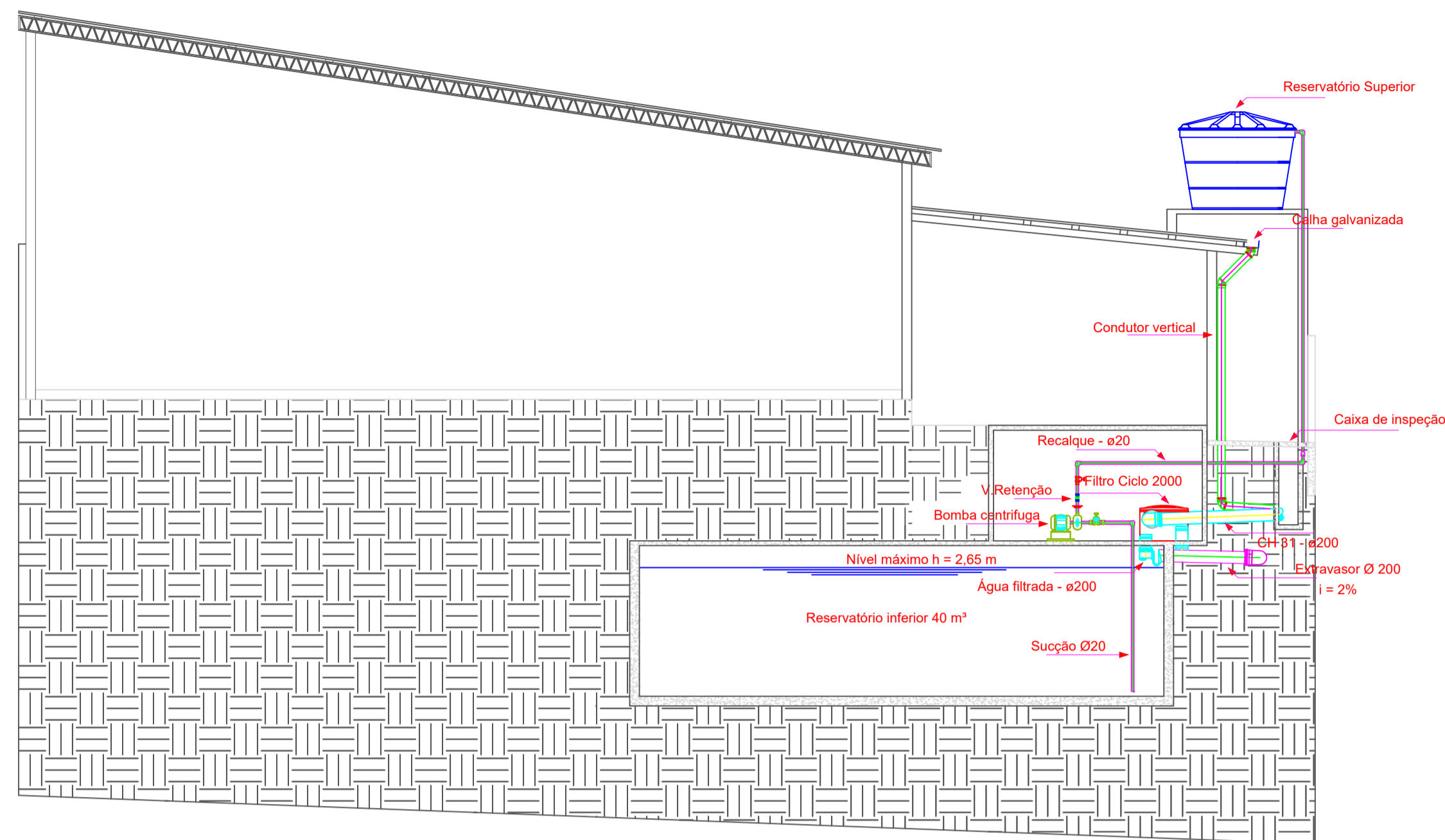
Lançamento da rede de distribuição
ESC - 1/200

SIMBOLOGIA	
CH - N ØN	Condutor horizontal nº
CV - N ØN	Condutor vertical nº
▲	Sentido fluxo da calha
□	Caixa de inspeção
—	Extravasos

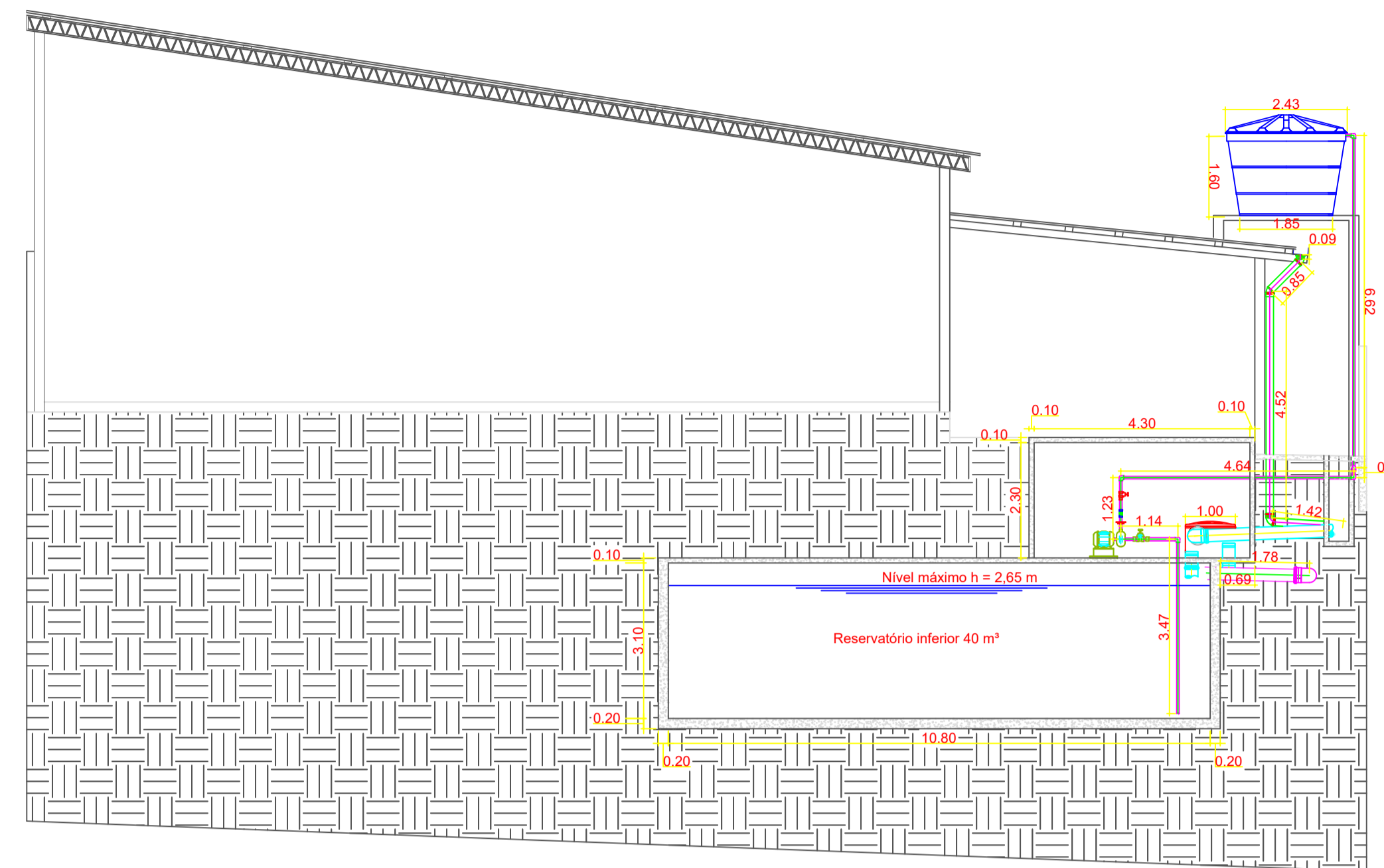


ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO		PROJETO HIDRÁULICO	
CLASSIFICAÇÃO DE OBRA		COMERCIAL	
TÍTULO DA OBRA		SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	
DADOS DA OBRA			
PROPRIETÁRIO	CBS OBJETIVO		
CPF	TREZE DE MAIO, 113		
BAIRRO	JARDIME BELA VISTA		
MUNICÍPIO	PARAGUAÇU/ MG		
CADASTRO			
C.R.1			
CONTRATANTE		ÁREAS	TERRENO
RESPONSÁVEL TÉCNICO		CONSTRUÇÃO	TOTAL
CONTEÚDO	POSIÇÃO DOS CONDUTORES VERTICAIS POSIÇÃO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS DETALHAMENTO REDE DE DISTRIBUIÇÃO PERFIS DAS REDES CH	TAXA DE OCUPAÇÃO	TAXA DE PERMEABILIDADE
		ESCALA	INDICADAS
		UNIDADE DE ESCALAS	METRO LINEAR
		CREA	PREFEITURA
		DEPARTAMENTO DE OBRAS	
		CADASTRO MUNICIPAL	
		PREFEITO	
DATA	20/10/2019	PARAGUAÇU/ MG	DESENHISTA
			AIISLAN DE ARAUJO

APÊNDICE A2 – PROJETO HIDRÁULICO



Sistema de captação - reservatório inferior - sistema elevatório
ESC - 1/100

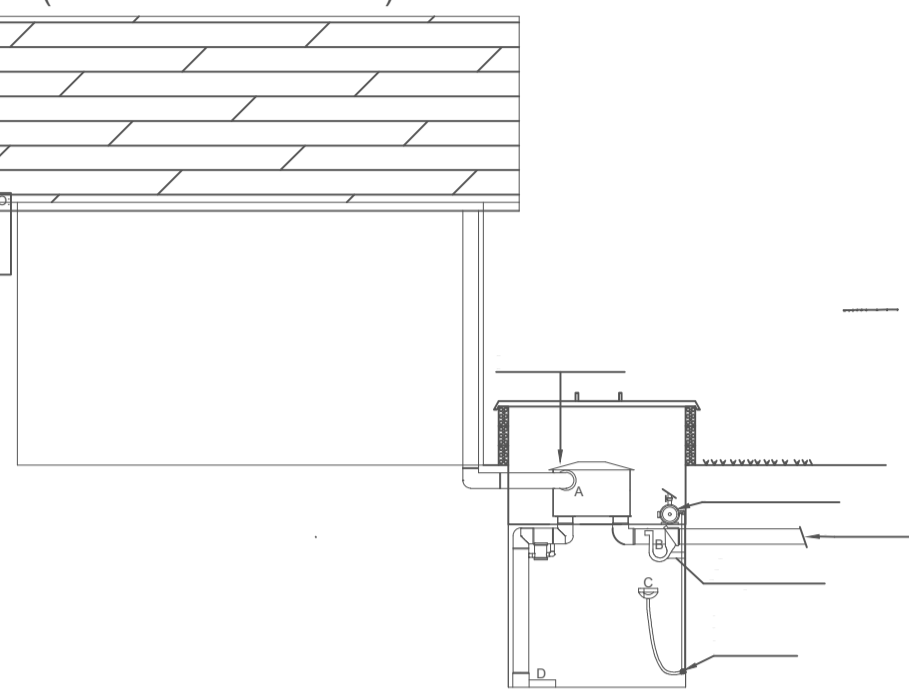
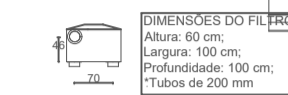


Sistema de captação - reservatório inferior - sistema elevatório
ESC - 1/100

ESQUEMA DE INSTALAÇÃO
CICLO 2000

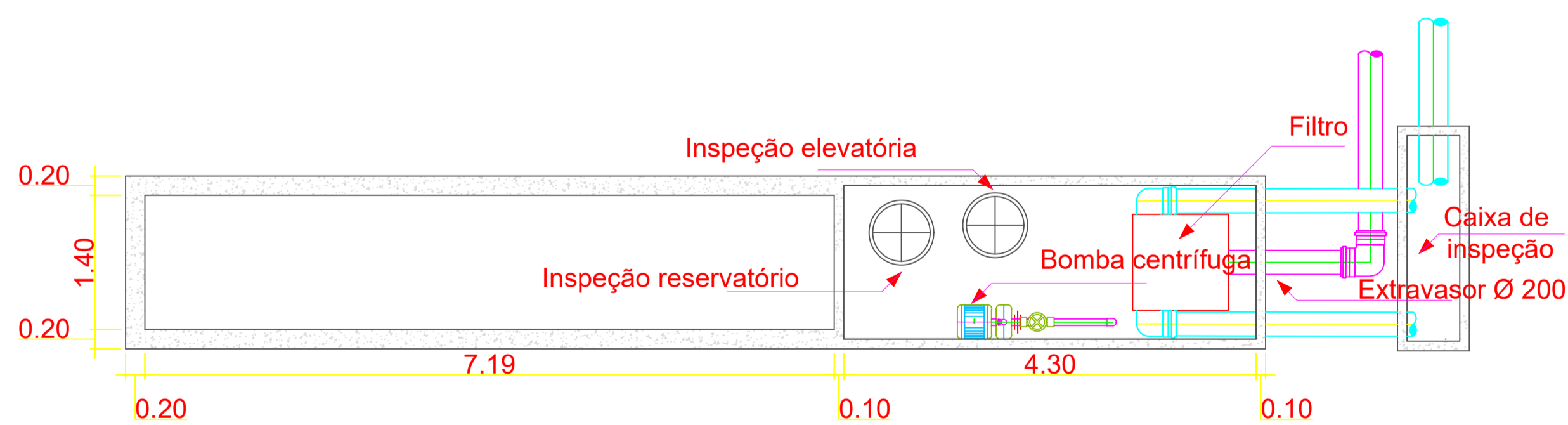
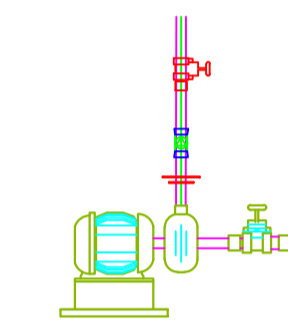
O kit contém:

- A) Filtro Ciclo 2000
- B) Multi Sifão
- C) Boia Mangueira
- D) Freio Aerador
- E) Realimentador (vem da concessionária).
- F) Clorador

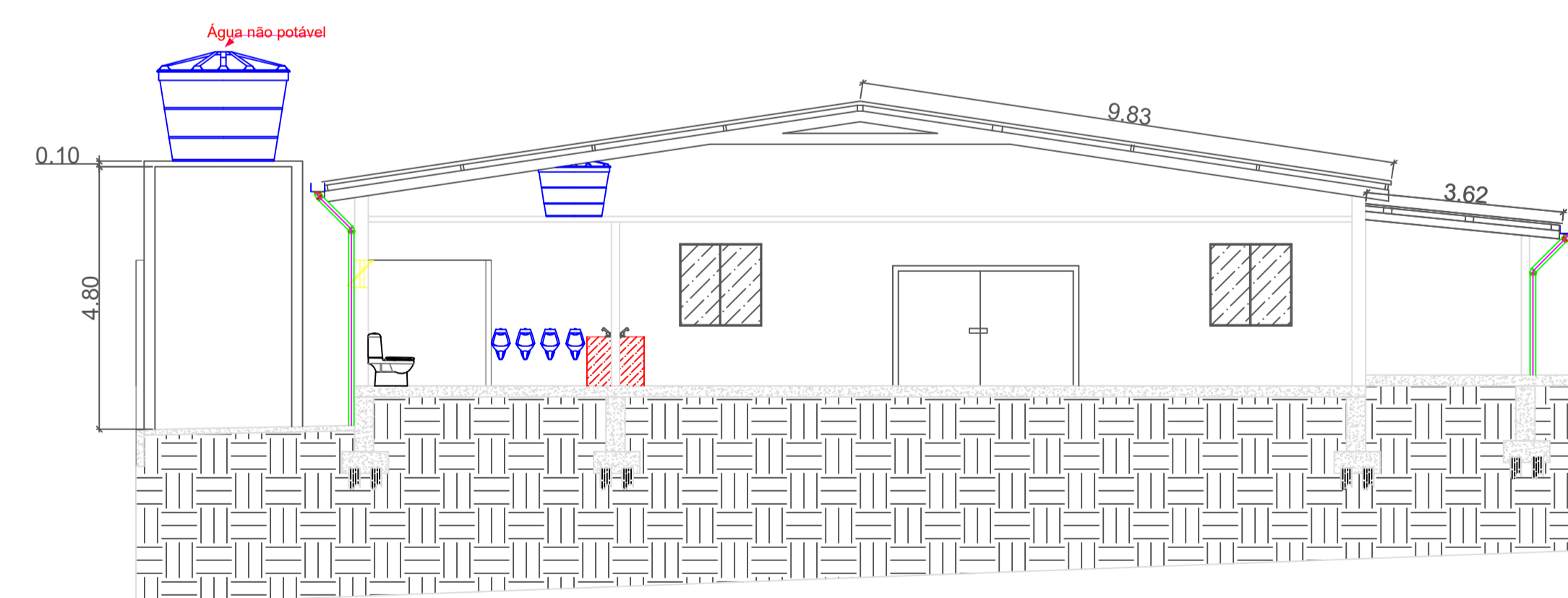


ESPECIFICAÇÃO DA MOTOBOMBA

FABRICANTE :	KSB
MODELO :	C500N
VAZAO (m³/h):	2,5
H. MANOM. (m.c.a):	20
POTENCIA (cv):	0,5
Ø SUCCAO (mm)	25
Ø RECALQUE (mm)	20



Vista superior do reservatório
ESC - 1/50

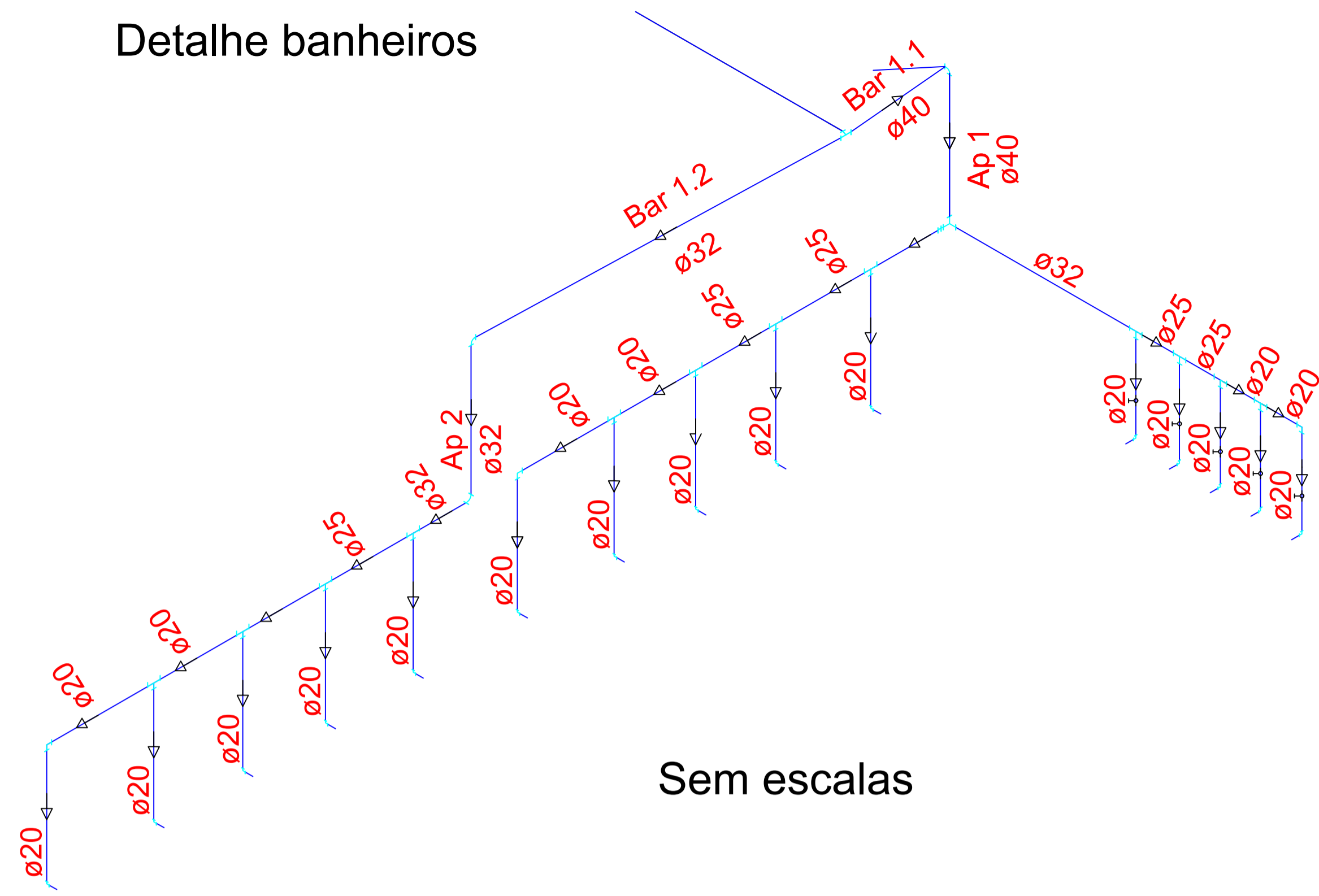


Reservatório superior
ESC - 1/100

ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO		PROJETO HIDRÁULICO	
CLASSIFICAÇÃO DE OBRA		COMERCIAL	
TÍTULO DA OBRA			
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS			
DADOS DA OBRA			
PROPRIETÁRIO	CBS OBJETIVO		
CPF			
ENDEREÇO	TREZE DE MAIO, 113		
BAIRRO	JARDIME BELA VISTA		
MUNICÍPIO	PARAGUAÇU/ MG		
CADASTRO			
C.R.I			
CONTRATANTE		ÁREAS	
		TERRENO	CARTÓRIO
			CADASTRO
		CONSTRUÇÃO	CONSTRUÇÃO
			QUADRA POLIESPORTIVA
			PLAYGROUND
		TOTAL	
RESPONSÁVEL TÉCNICO		TAXA DE OCUPAÇÃO	TAXA DE PERMEABILIDADE
		ESCALA	INDICADAS
		UNIDADE DE MEDIDAS	METRO LINEAR
		CREA	PREFEITURA
		DEPARTAMENTO DE OBRAS	
		CADASTRO MUNICIPAL	
		PREFEITO	
DATA	20/10/2019	PARAGUAÇU/ MG	DESENHISTA
			AIISLAN DE ARAUJO

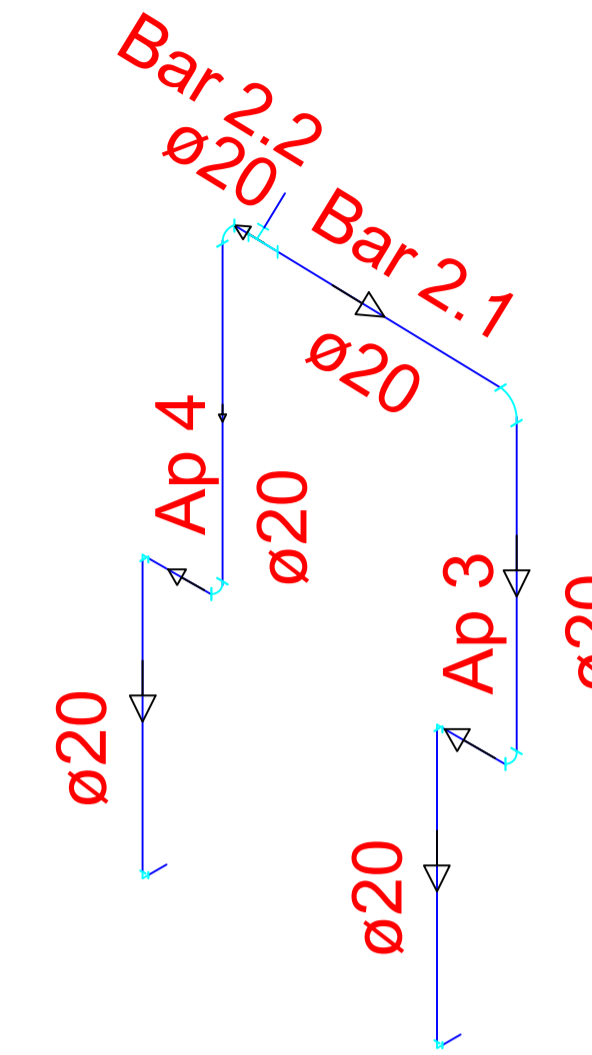
APÊNDICE A3 – PROJETO HIDRÁULICO

Detalhe banheiros

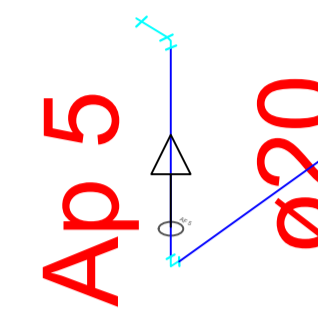


Sem escalas

Detalhe banheiros

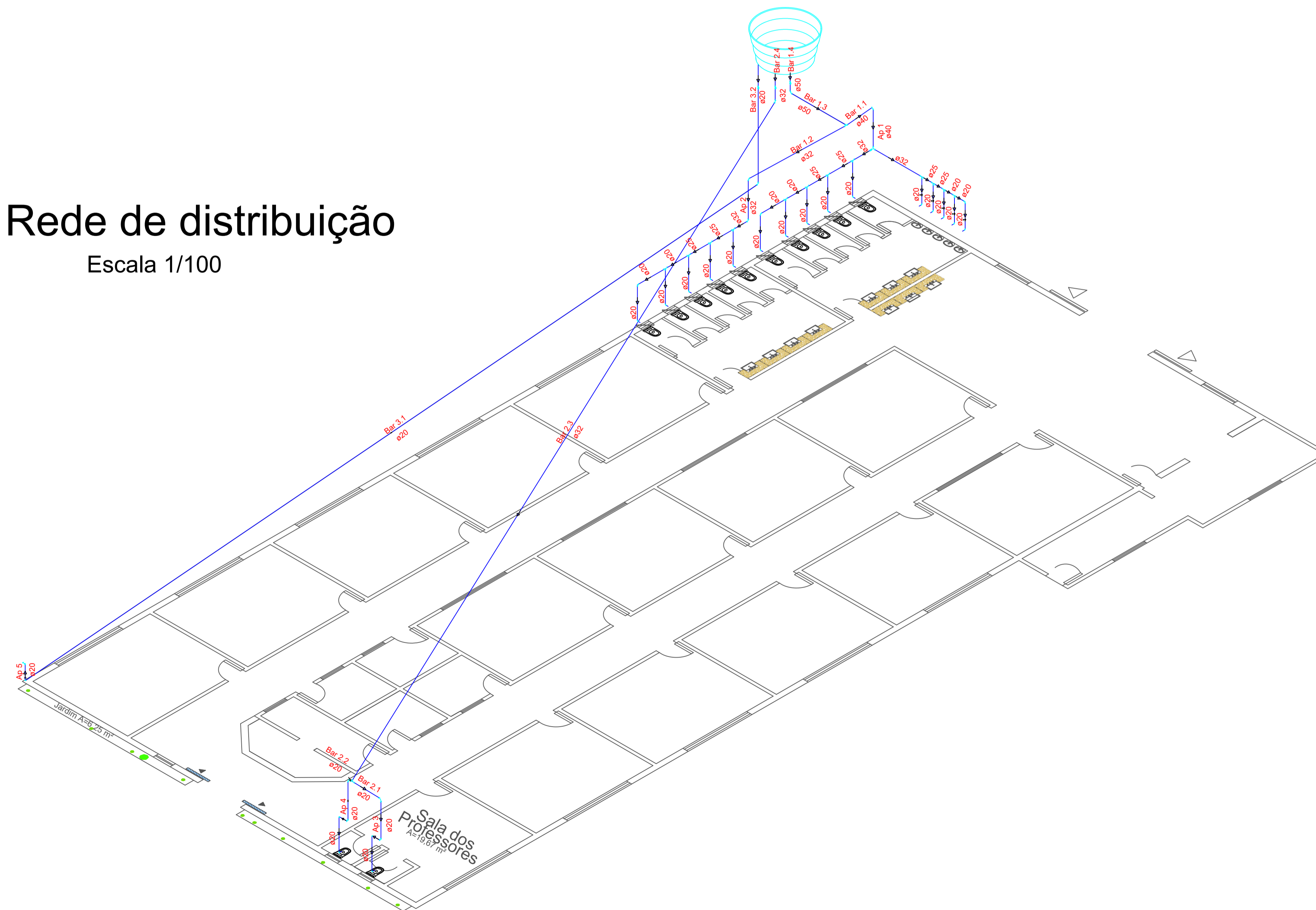


Detalhe torneira



Rede de distribuição

Escala 1/100



SIMBOLOGIA	
	Tê
	Curva 90°
	Joelho 90°
	Sentido de fluxo
	Registro de gaveta
ØN	Diâmetro
BAR	Barrilete
	Torneira de jardim
	Válvula de mictório

ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO		PROJETO HIDRÁULICO	
CLASSIFICAÇÃO DE OBRA		COMERCIAL	
TÍTULO DA OBRA			
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS			
DADOS DA OBRA			
PROPRIETÁRIO	CBS OBJETIVO		
CPF	TREZE DE MAIO, 113		
BAIRRO	JARDIME BELA VISTA		
MUNICÍPIO	PARAGUAÇU/ MG		
CADASTRO			
C.R.I			
CONTRATANTE		ÁREAS	
NOME		TERRENO	
CPF Nº		CONSTRUÇÃO	
RESPONSÁVEL TÉCNICO		TOTAL	
NOME		TAXA DE OCUPAÇÃO	
PROFISSÃO/ CREA		TAXA DE PERMEABILIDADE	
CPF Nº		ESCALA	
CONTEÚDO		INDICADAS	
POSIÇÃO DOS CONDUTORES VERTICAIS		UNIDADE DE ESCALAS	
POSIÇÃO DOS CONDUTORES VERTICAIS		METRO LINEAR	
DETALHAMENTO REDE DE DISTRIBUIÇÃO		PREFEITURA	
PERFIS DAS REDES CH		DEPARTAMENTO DE OBRAS	
CREA		CADASTRO MUNICIPAL	
PLANO		PREFEITO	
PLANCHAS 2/3		DATA	
20/10/2019		PARAGUAÇU/ MG	
DESENHISTA		AISLAN DE ARAUJO	