

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA CIVIL
GABRIEL SILVA CARVALHO

PROPOSTA DE PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE
CHUVA: Estudo de Caso na Escola Municipal Edna de Abreu – Três Pontas, MG

Varginha
2018

GABRIEL SILVA CARVALHO

**PROPOSTA DE PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE
CHUVA: Estudo de Caso na Escola Municipal Edna de Abreu – Três Pontas, MG**

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

**Varginha
2018**

GABRIEL SILVA CARVALHO

**PROPOSTA DE PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE
CHUVA: Estudo de Caso na Escola Municipal Edna de Abreu – Três Pontas, MG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas Gerais, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Orientadora: Prof^a. Esp. Luana Ferreira Mendes

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico a todos meus professores, amigos e familiares que acreditaram em mim, principalmente ao meu avô, visto que sem ele não teria começado o curso de Engenharia Civil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me iluminar nesta árdua jornada.

Aos meus professores por terem transmitido seus conhecimentos e dedicação necessários para minha formação.

A minha família e amigos pelo imensurável apoio nos momentos difíceis.

Em especial ao meu avô João Oliveira de Carvalho, meu maior mentor e incentivador.

“Faça as coisas mais difíceis enquanto são fáceis e faça as grandes enquanto são pequenas. Uma jornada de 1000 milhas deve começar com um único passo.”

Lao Dan

RESUMO

A água se apresenta como um recurso imprescindível à vida e a cada dia, inúmeras regiões sofrem por sua escassez ou contaminação. Enfatiza-se assim a preocupação com sua preservação e conservação, tema bastante discutido na atualidade. O presente trabalho apresenta uma proposta para o uso racional da água através do sistema de aproveitamento de água pluvial, de modo a promover a sustentabilidade. O objetivo deste trabalho é propor um projeto de captação de água de chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino da rede pública no município de Três Pontas – MG. Fez-se necessário estabelecer parâmetros conforme normas regulamentadoras, a fim de obter conhecimentos teóricos para construção do mesmo. Posteriormente estimou-se a precipitação média e intensidade de chuva do local de estudo e o volume de captação do telhado, para assim determinar a demanda e dimensionar com segurança o sistema de coleta. O dimensionamento do reservatório inferior foi realizado a partir do consumo nos pontos escolhido, sendo elevada a água até o reservatório superior através de um sistema elevatório e distribuído aos pontos de consumo pela rede de distribuição, após os dimensionamento pode-se encontrar a economia de água potável que o município alcançaria na escola em estudo e foi levantado também a economia que ele alcançaria com a instalação em todas as instituições de ensino municipal.

Palavras-chave: Sistema de Captação e Aproveitamento de Água Pluvial. Água de Chuva. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Water presents itself as an essential resource for life and every day many regions suffer from its scarcity or contamination. Emphasis is thus placed on the concern with its preservation and conservation, a topic that is much discussed today. This paper presents a proposal for the rational use of water through the rainwater harvesting system, in order to promote sustainability. The objective of this work is to propose a rainwater harvesting project for non-potable purposes in a public school teaching institution in the municipality of Três Pontas, MG. It was necessary to establish parameters according Regulatory Norms. Afterwards, the average precipitation and rainfall intensity of the study site and the volume of roof capture were estimated, in order to determine the demand and safely size the collection system. The design of the lower reservoir was carried out from the consumption at the chosen points, and the water was raised to the upper reservoir through a lifting system and distributed to the points of consumption by the distribution network and thus to find the saving of drinking water that the municipality would reach in the school in study and also raising the economy that he would reach with the installation in all the municipal educational institutions.

Keywords: *System of Capture and Utilization of Rainwater. Rain water. Sustainability.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fotografia aérea de Três Pontas e os municípios confrontantes.....	18
Figura 2 - Vista frontal da escola Municipal Professora Edna de Abreu	19
Figura 3 - Vista lateral da escola Municipal Professora Edna de Abreu	19
Figura 4 - Parâmetros da equação para cidade de Três Pontas.....	24
Figura 5 – Área de contribuição para superfícies inclinadas.....	25
Figura 6. Esquema do filtro, freio de água, sifão ladrão e boia de sucção, respectivamente. ..	30
Figura 7. Filtro volumétrico VF2.	30
Figura 8 – Especificações técnicas da bomba.	35

LISTA DE TABELA

Tabela 1- Tarifa aplicada pelo SAAE na distribuição de água em Três Pontas.....	21
Tabela 2 - Consumo diário de uma escola tipo EMEI.....	22
Tabela 3 - Precipitação em mm da cidade de Três Pontas	23
Tabela 4 - Precipitações médias entre janeiro de 2013 e abril de 2018.....	23
Tabela 5 - Coeficientes de escoamento e os aspectos de diferentes tipos de cobertura	26
Tabela 6 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em L/min).....	27
Tabela 7 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto.....	27
Tabela 8 - Coeficientes de rugosidade n de Manning	27
Tabela 9 - Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular.....	28
Tabela 10 - Capacidade dos condutores horizontais de seção circular com vazões em litros/minutos.....	29
Tabela 11 - Rendimento médio sugerido para o cálculo de motores elétricos.....	34
Tabela 12 - Acréscimo de potência de motores elétricos	35
Tabela 13- Pesos relativos nos pontos de utilização	36
Tabela 14 - Consumo diário em março na escola Municipal Professora Edna de Abreu	38
Tabela 15 - Demanda de água não potável em descargas sanitárias por dia	39
Tabela 16 - Demanda de água não potável em descargas sanitárias por dia.....	39
Tabela 17 - Volume de água gasto na limpeza utilizando baldes.....	40
Tabela 18 - Áreas de contribuições e vazões de captação	44
Tabela 19 - Diâmetros das calhas e inclinações	45
Tabela 20 - Diâmetros dos condutores verticais e vazões de escoamento	46
Tabela 21 - Diâmetros dos condutores horizontais	46
Tabela 22 - Volume de reservatório inferior em função dos locais de demanda	48
Tabela 23 - Comprimento equivalente de sucção ($D = 25$ mm).....	49
Tabela 24 - Comprimento equivalente de recalque ($D = 20$ mm).....	50
Tabela 25 - Planilha de cálculo da rede de distribuição da água pluvial.....	51
Tabela 26 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (setor captação)	52
Tabela 27 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (sistema elevatório).....	53
Tabela 28 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (rede de distribuição)	54
Tabela 29 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (reservatório).....	54
Tabela 30 - Demanda de possível utilização de água pluvial.....	56

LISTA DE SÍMBOLOS

ΣH_f = Somatório das perdas de cargas

γ = Peso específico da água, adota-se 1000 kgf/m³

μ = Rendimento conjunto motor-bomba

A = Área de contribuição

a = Parâmetro relativo à localidade

b = Parâmetro relativo à localidade

c = Parâmetro relativo à localidade

C = Coeficiente de escoamento superficial

Cv = Cavalo vapor

D = Diâmetro

D_e = Valor numérico da demanda anual da água não potável

D_t = Consumo ou demanda no tempo t.

H_f = Perda de carga

H_g = Desnível geométrico

H_{man} = Altura manométrica

i = Declividade

I = Intensidade de chuva

k = Parâmetro do Plúvio 2.1

L_t = Comprimento da tubulação somada ao comprimento equivalente convertido das conexões existentes

l = Largura total telhado

L = Litro

L_t = Comprimento da tubulação somada ao comprimento equivalente das conexões

L/m² = Litro por metro quadrado

L/min = Litros por minutos

l/s = Litro por segundo

m = Metro

m² = Metro quadrado

m³ = Metro cúbico

m³/s = Metro cubico por segundo

mg/L = Miligrama por litro

mL = Mililitro

mm/h = Milímetro por hora

n = Coeficiente de rugosidade

P = Precipitação da chuva no tempo t

P_t = Potência da bomba

Q = Vazão

Q_r = Vazão de recalque

Q_t = Volume de chuva no tempo t

R_H = Raio hidráulico

S = Área da seção molhada

s = Segundo

t = Duração de precipitação

T = Período de retorno

un = Unidade

V = Volume

$V_{(t-1)}$ = Volume de água que está no tanque no início do mês t

V_{adotado} = Valor numérico do volume de água do reservatório

X = Tempo de funcionamento da bomba

Sumário

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 DIAGNÓSTICO	18
3.1 DESCRIÇÃO DA CIDADE EM ESTUDO	18
3.2 INFORMAÇÕES SOBRE A ESCOLA	18
4 MEMORIAL DESCRITIVO	20
4.1 CONSUMO DA ÁGUA	20
4.1.2 DADOS TARIFÁRIOS DA CONCESSIONÁRIA SAAE	21
4.1.3 PONTOS E CONSUMOS DE ÁGUA NÃO POTÁVEL	21
4.2 DADOS PLUVIOMÉTRICOS	22
4.3 INTENSIDADE DE CHUVA	23
4.4 EQUAÇÃO PARA O VOLUME DE CAPTAÇÃO E ÁREA CONTRIBUINTE	24
4.5 DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS	26
4.6 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES VERTICAIS	28
4.7 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS.....	28
4.8 FILTRO	29
4.9 RESERVATÓRIO.....	30
4.9.1 Reservatório inferior.....	30
4.9.2 Reservatório superior.....	32
4.10 EXTRAVASOR	32
4.11 SISTEMA ELEVATÓRIO	32
4.12 REDE DE DISTRIBUIÇÃO	35
5 MEMORIAL DE CÁLCULO	38

5.1 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL	38
5.2 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL	39
5.3 DETERMINAÇÃO DA INTENSIDADE DE CHUVA.....	41
5.4 DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	41
5.5 DETERMINAÇÃO DA VAZÃO PLUVIAL	42
5.6 DIMENSIONAMENTO DE CALHAS	44
5.7 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES VERTICAIS	45
5.8 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES HORIZONTAIS	46
5.9 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO INFERIOR.....	47
5.10 RESERVATÓRIO SUPERIOR	48
5.11 EXTRAVASOR	48
5.12 SISTEMA ELEVATÓRIO	49
5.13 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL.....	50
6 LEVANTAMENTO DO QUANTITATIVO E ESTIMATIVA DE CUSTO.....	52
7 ESTIMATIVA DE ECONOMIA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL	55
7.1 ESTIMATIVA DE ECONOMIA NA ESCOLA EM ESTUDO.....	55
7.2 ESTIMATIVA DE ECONOMIA NO MUNICÍPIO.....	55
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS	59
 APÊNDICE A – Subdivisão do telhado, locação das calhas, condutores verticais e condutores horizontais	61
 APÊNDICE B – Sistema elevatório, isométrico, barriletes, colunas de água e rede de distribuição.....	62
 APÊNDICE C – Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl com demanda de 60,34 m³.....	63
 APÊNDICE D – Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl com demanda de 38,17 m.....	64
 APÊNDICE E – Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl com demanda de 26,67 m³.....	65
ANEXO A – Projeto arquitetônico da escola Municipal Professora Edna de Abreu	66
ANEXO B – Perdas de cargas localizadas e suas equivalências em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre (ABNT: NBR 5626/82)	67
ANEXO C – Vazões e peso relativo aos aparelhos sanitários e peças de utilização	68

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a água vem a cada dia tendo repercussões maiores e mais frequentes destacando-se em fóruns, congressos, jornais ou até mesmo em conversas do dia a dia, pois se trata de um recurso natural indispensável para o desenvolvimento humano e dos seres vivos do planeta.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), estima-se que em 100 anos a disponibilidade de água aos seres humanos irá cair em 60 %, enquanto o crescimento populacional aumentará em cerca de 50 % e este panorama futuro afetará todos os países, mesmo os que apresentam uma grande parcela deste recurso, como no caso do Brasil que detém aproximadamente 12 % do total de água doce da Terra (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

O cenário hídrico é afetado por ações antrópicas ao longo dos anos como o desmatamento, poluição de rios e lagos, desperdícios e aumento desenfreado da demanda aliado com o consumo inconsciente. No Brasil estima-se que 63 % dos depósitos de lixo se localizam próximos de lagos, rios e restingas, contribuindo para a escassez da água (CONCIENCIA, 2004 apud MACEDO, 2007).

Uma alternativa para o problema de escassez deste recurso natural é o aproveitamento de água de chuva, sendo ele um processo criado há tempos, como por exemplo, os reservatórios escavados em rochas na região de Creta na Grécia por volta de 3000 a.C com a finalidade de armazenamento de água pluvial para consumo humano (TOMAZ, 2011). Porém, somente nos dias atuais pelos constantes períodos de racionamento ou até mesmo escassez, esta técnica vem sendo mais difundida na sociedade.

Este trabalho traz um o projeto e viabilização de implantação do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma escola localizada na cidade de Três Pontas – MG. O desenvolvimento deste trabalho foi possível a partir da determinação do volume captado pelo telhado da edificação e demanda nos pontos de utilização pré-estabelecidos. A estimativa da água captada da chuva foi obtida através de consultas das precipitações na estação pluviométrica mais próxima da edificação em análise. Já a demanda de água não potável foi adquirida através de estudo em campo, realizado com as pessoas responsáveis pela limpeza da escola e de parâmetros encontrados por outros autores.

Através dos valores do volume captado e demanda nos pontos de utilização, houve o dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento pluvial para que se atenda com eficiência a todos os pontos de consumo determinados sem a necessidade de abastecimento

externo pela concessionária local. Durante o dimensionamento do reservatório inferior, várias hipóteses de pontos de consumo foram adotadas, escolhendo as dimensões que se encaixariam no espaço disponível para sua locação. Sendo elevada a água até o reservatório superior através de um sistema elevatório e para os determinados pontos pela rede de distribuição.

Visando uma visão mais abrangente de economia de água com este sistema, foi levantado todas as áreas de telhados das escolas municipais de Três Pontas e suas respectivas demandas, para assim encontrar uma estimativa de economia de água potável que o município poderia conseguir.

A substituição da água potável pela água não potável proveniente da chuva em uma instituição de ensino tem inúmeras vantagens como: redução final do consumo de água fornecida da concessionária local; economia ao setor público; minimização dos problemas de enchentes, pois a água pluvial que antes era escoada diretamente ao sistema de drenagem urbana, agora é aproveitada; favorecimento do meio ambiente e principalmente dentro da própria escola haverá por parte dos alunos e pais um aprendizado do que é educação ambiental, já que eles visualizarão na prática o que antes era apenas água de descarte agora é utilizada para limpeza e descargas sanitárias.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo apresentar um projeto de captação e aproveitamento de água pluvial, para utilização da água para fins não potáveis na Escola Municipal Professora Edna de Abreu – Três Pontas, MG.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

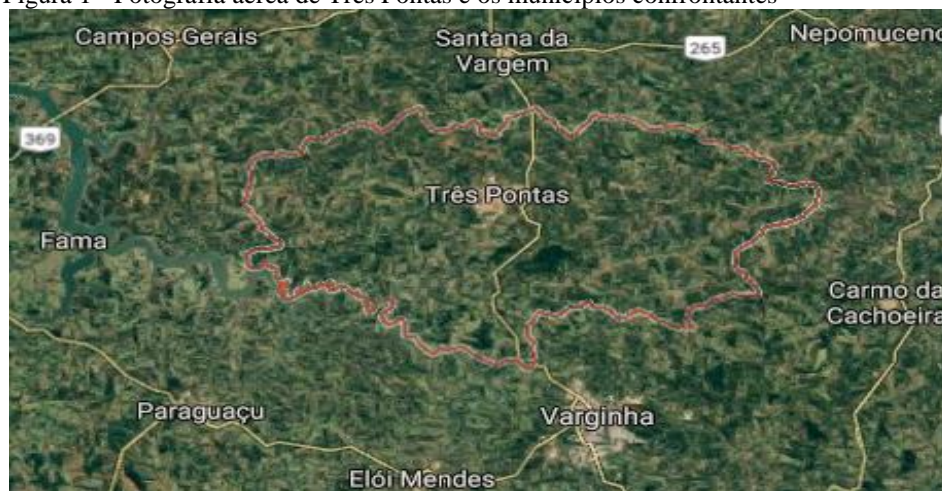
- Elaborar memorial descritivo e de cálculo;
- Estabelecer a demanda de consumo de água potável da instituição através de leituras diárias do hidrômetro durante um mês;
- Estabelecer a demanda de água não potável e a vazão de captação de água pluvial;
- Dimensionar os equipamentos e dispositivos que integram o sistema de captação e aproveitamento de água pluvial.
- Estimar o custo dos materiais para a implementação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial na edificação em estudo.
- Estimar a economia de água não potável na escola e a economia que o município alcançaria se implementasse o sistema para todas as escolas municipais.

3 DIAGNÓSTICO

3.1 Descrição da cidade em estudo

A cidade em que se encontra a instituição de ensino em estudo é Três Pontas, localizada na região Sul de Minas, distanciando de Belo Horizonte em 291 quilômetros pela BR 381 Rodovia Fernão Dias sentido Perdões, a cidade segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apresenta uma população de 53.860 habitantes no último censo de 2010 e aproximadamente 57.097 habitantes no ano de 2017, com uma área territorial de 689,794 km², sua principal fonte econômica é a agricultura, tendo como destaque o plantio de café, ela é cortada pela rodovia MG – 167, tendo Santana da Vargem, Nepomuceno, Carmo da Cachoeira, Varginha, Elói Mendes, Paraguaçu, Fama e Campos Gerais como municípios vizinhos, conforme figura 1.

Figura 1 - Fotografia aérea de Três Pontas e os municípios confrontantes



Fonte: Google Maps (2018).

3.2 Informações sobre a escola

A escola Municipal Professora Edna de Abreu é a presente instituição de ensino em estudo, está localizada na Rua Amélio Garcia de Miranda nº 775, no bairro Santa Edwiges em Três Pontas-MG. A edificação compreende-se num terreno de 754,60 m², com 520 m² de área construída, distribuídas em 6 salas de ensino, biblioteca, secretaria, refeitório, sala dos professores, cozinha, despensa, depósito, banheiro feminino e banheiro masculino, em anexo

A está o projeto arquitetônico da escola detalhando cada cômodo e nas figuras 2 e 3 são apresentadas as vistas frontal e lateral respectivamente.

Figura 2 - Vista frontal da escola Municipal Professora Edna de Abreu



Fonte: o autor (2018).

Figura 3 - Vista lateral da escola Municipal Professora Edna de Abreu



Fonte: o autor (2018).

A cobertura da edificação é de telhas cerâmicas apoiadas numa trama de madeira, onde no local já existem para captação da água pluvial calhas galvanizadas retangulares e condutores verticais que escoam a água para um sistema de drenagem ligada diretamente na rede pública, não existindo no local nenhum tipo de sistema de aproveitamento de água. A escola é do tipo EMEI (atende crianças de 5 a 6 anos), com 81 alunos matriculados no período diurno e 79 alunos matriculados no período matutino e com um quadro de funcionário de 14 profissionais, sendo 8 professores, 3 profissionais no setor administrativo e 3 profissionais responsáveis pela limpeza e refeição.

4 MEMORIAL DESCRITIVO

Para a realização do presente trabalho, foram efetuadas inicialmente pesquisas em artigos, trabalhos acadêmicos, livros e Normas Regulamentadoras. Diversos programas computacionais foram utilizados como o AutoCAD 2016, Plúvio 2.1, Microsoft Word 2010 e Microsoft Excel 2010.

Para a execução do projeto de captação e aproveitamento de água de chuva levantou-se inicialmente o consumo de água potável, encontrada através de leituras diárias do hidrômetro na edificação, para o volume da água não potável realizou-se comparativos com outros estudos de diferentes autores e também de pesquisa realizada entre os colaboradores da instituição do consumo nos pontos possíveis de utilização. Foi considerado para a verificação de oferta de água pluvial os índices pluviométricos referente ao município de Três Pontas – MG, a fim de atender as necessidades da instituição de ensino em estudo, sendo o telhado da edificação considerado como área de captação.

O sistema adotado na edificação será de fluxo total, onde a água escoada pelo telhado irá para as calhas, sendo dimensionadas com geometria retangular e conduzidas para os condutores verticais de tubo PVC com diâmetros dimensionados isoladamente e assim transportando a água de chuva para os condutores horizontais instalados sob o piso do pátio interno que a conduzirá até o reservatório inferior também instalado abaixo do piso do pátio.

As tubulações de água potável e não potável serão instaladas separadamente para não haver contaminação. Um sistema elevatório será dimensionado para conduzir a água do reservatório inferior até o superior e através da rede de distribuição será conduzida para seu determinado ponto de consumo.

4.1 Consumo da água

A eficiência do sistema de aproveitamento de água de chuva é alcançada através de sua capacidade de atender seu respectivo consumo e da capacidade de redução do volume total de água que a instituição recebe da concessionária de distribuição.

O consumo de água potável consumido na instituição foi levantado a partir de uma leitura diária do relógio do hidrômetro no mês de março de 2018, a fim de se obter além do valor total os dias de maior consumo, realizadas 22 verificações de consumo sempre no mesmo horário antes do início das aulas, variando entre 6:45 a 6:55, não aferidas apenas aos sábado, domingo e nos dias 29 e 30, datas em que a escola se encontrava fechada.

4.1.2 Dados tarifários da concessionária SAAE

A cidade de Três Pontas tem como concessionária responsável pela distribuição de água potável e esgotamento sanitário o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), a tabela 1 apresenta os dados tarifários cobrados por ela para a categoria pública no mês de Maio de 2018, sendo acrescido do valor de consumo de água potável em 30 % referente à tarifa de esgoto.

Tabela 1- Tarifa aplicada pelo SAAE na distribuição de água em Três Pontas

Classe de consumo	Intervalo por consumo (m ³)	Valor por m ³
Pública	0 até 15	1,3378
	Maior que 15 até 20	2,7950
	Maior que 20 até 25	3,0293
	Maior que 25 até 30	3,4294
	Maior que 30 até 40	3,4294
	Maior que 40 até 100	3,9147

Fonte: o autor adaptado Serviço Autônomo de Água e Esgoto (2018).

4.1.3 Pontos e consumos de água não potável

Os pontos que podem ser destinados das águas captadas do sistema de aproveitamento de água pluvial na escola são as descargas das bacias sanitárias e limpezas de todo o piso da instituição de ensino.

Os números totais de alunos diurnos e matutinos que utilizam os vasos sanitários são de 160 e através de uma pesquisa com funcionários constatou que a maioria utiliza o banheiro na média uma vez ao dia ou nenhuma, sendo poucos os que utilizam duas vezes, porém para efeito de segurança do sistema inicialmente a demanda será dimensionada como apresenta Tomaz (2009) com uma frequência de 2 vezes por aluno e consumo de 15 litros por utilização.

Outros parâmetros de consumo de água adotados foram os de Ywashima (2005), que realizou um estudo bem aprofundado a respeito do consumo de água em diferentes escolas na cidade de Campinas-SP, em que além de verificar o consumo de cada ambiente, ela também constatou a existência ou não de possíveis vazamentos, aplicou também questionários para cada usuário e observou as atividades que englobam o uso da água, medindo seus respectivos horários de utilização, frequência de utilização, entre outros fatores.

Ywashima (2005) construiu assim uma tabela com a distribuição do consumo diário em cada aparelho da escola tipo EMEI, a tabela 2 apresenta o valor encontrado por ela para dois aparelhos distintos que serão adotados no estudo de caso para recebimento de água de chuva.

Tabela 2 - Consumo diário de uma escola tipo EMEI

Aparelho	Volume médio estimado
Torneira de lavagem	0,125 (litros por segundo de limpeza)
Bacia sanitária (alunos)	9,29 (litros por aluno ao dia)
Bacia sanitária (diretoria)	12,33 (litros por pessoa ao dia)
Bacia sanitária (professoras)	12,38 (litros por professora ao dia)

Fonte: o autor adaptado Ywashima (2005).

A área de limpeza entre pátio e refeitório somam 230,28 m², onde nestas áreas as limpezas com uso de mangueiras ocorrem 3 vezes por semana, as áreas externas somam 103,60m² com frequência de limpeza de uma vez ao mês utilizando mangueiras e segundo Tomaz (2009), as limpeza de pátios comuns é usualmente empregado 2 litros por metros quadrados (L/m²). As demais localidades as limpezas são realizadas através de baldes de 13 litros, sendo levantado este consumo através de entrevistas com funcionários responsáveis pela limpeza.

4.2 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos para a cidade de Três pontas foram coletados pelo departamento técnico da Cocatrel, uma cooperativa de cafeicultores fundada em 1961, escolhida esta estação pluviométrica por ser a única na cidade e também estar bem próxima da edificação, estando a menos de 500 m de distância, as precipitações mapeadas foram de janeiro de 2013 até abril de 2018, conforme tabela 3. A tabela 4 apresenta as precipitações médias de todos os meses que foram obtidos os índices pluviométricos.

Tabela 3 - Precipitação em mm da cidade de Três Pontas

Ano Mês	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Jan.	529	30,6	118	383,2	194,8	347,2
Fev.	197,4	48	158	135,6	75	262,2
Mar.	159	101	138,1	150,8	71,2	180,6
Abr.	32,4	141,4	11,2	18,4	42	38,9
Mai.	70,6	27,4	51,8	36,6	86,8	2
Jun.	23,6	8,8	22,8	103,8	40,2	-
Jul.	12,2	38	5,4	1	1,4	-
Ago.	2,8	14,2	18	40,6	14,4	-
Set.	70,2	23,6	124,4	0,4	80	-
Out.	95	35,6	55,2	195,6	187,5	-
Nov.	156,2	224,8	234,3	196,4	173,5	-
Dez.	210,8	237,2	260,6	158,6	268,5	-
Total	1559,3	930,6	1197,8	1421	1235,2	830,9

Fonte: Cocatrel (2018).

Tabela 4 - Precipitações médias entre janeiro de 2013 e abril de 2018

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Precipitações (mm)	267,1	146	133,5	47,4	54,6	39,9	11,6	18	59,7	113,78	197	227,14

Fonte: o autor adaptado Cocatrel (2018).

4.3 Intensidade de Chuva

A intensidade de chuva segundo a ABNT NBR 10.844:1989 é o quociente entre a altura pluviométrica precipitada num intervalo de tempo e este intervalo. Segundo Tomaz (2010) a melhor forma de calcular as chuvas intensas é através da equação da intensidade, duração e frequência da precipitação, representada por:

$$I = (k \times T^a) / (t + b)^c \quad (01)$$

Sendo:

I = intensidade de chuva (mm/h);

k = parâmetro do Plúvio 2.1;

T = período de retorno (anos);

a = parâmetro relativo à localidade;

b = parâmetro relativo à localidade;

c = parâmetro relativo à localidade;
 t = duração de precipitação (minutos).

Os parâmetros relativos à localidade foram adotados para a cidade de Três Pontas, fornecidos pelo Programa Plúvio 2.1, conforme figura 4.

Figura 4 - Parâmetros da equação para cidade de Três Pontas



Fonte: Plúvio 2.1 (2018).

O dimensionamento da intensidade pluviométrica além dos parâmetros da equação 01, requer a duração de precipitação (t) fixado pela ABNT NBR 10.844/1989 em 5 minutos e o período de retorno (T) que segundo ABNT (1989) é um número médio de anos em que para uma mesma duração de precipitação uma intensidade de chuva é igualada ou excedida no mínimo uma vez, caracterizado para terraços e coberturas um valor fixo de 5 anos.

4.4 Equação para o volume de captação e área contribuinte

A micro bacia de contribuição para este projeto será a cobertura com telhas cerâmicas da instituição de ensino em pesquisa, formado por quatro águas com área total de 623,13m², em que para telhados com esta característica de acordo com a ABNT: NBR 10844:1989 tem a vazão de captação de acordo com a equação:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (02)$$

Sendo:

Q = volume de captação, em L/min (litros / minutos);

I = intensidade pluviométrica, em mm/h (milímetros / hora);

A = área de contribuição, em m^2 (metros quadrados).

O dimensionamento da área de contribuição varia de acordo com o tipo de telhado em estudo, o telhado com quatro águas é caracterizado segundo a ABNT: NBR 10844:1989 como superfície inclinada, calculada de acordo com a equação abaixo e representada na figura 5.

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (03)$$

Sendo:

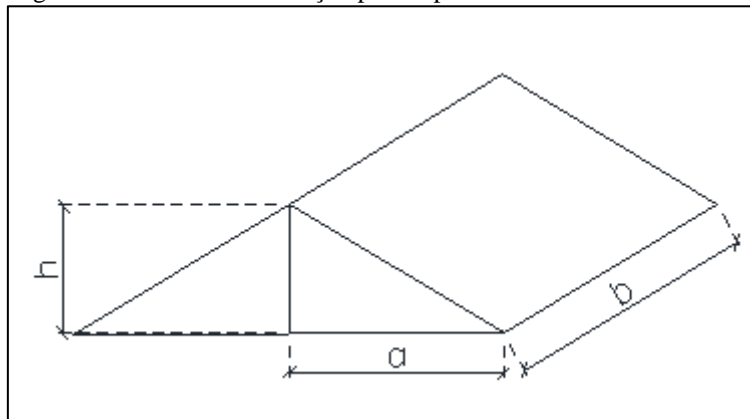
A = área de contribuição, expressa em metros quadrados (m^2);

a = largura do telhado, expresso em metros (m);

h = altura do telhado, expresso em metros (m);

b = comprimento lateral do telhado, expresso em metros (m).

Figura 5 – Área de contribuição para superfícies inclinadas.



Fonte: o autor adaptado ABNT: NBR 10.844/1989.

O volume final de captação encontrado pela fórmula é o de projeto, porém este não é o valor real captado pelo sistema, sendo necessário minorar através do coeficiente de *runoff* de 0,8 (telhas cerâmicas), conforme apresentado na tabela 5. No dimensionamento dos dispositivos de coleta o coeficiente de *runoff* é desconsiderado, conforme estabelece a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989), visando assim uma margem de segurança ao sistema, porém para os cálculo do volume do reservatório utilizará a vazão real.

Tabela 5 - Coeficientes de escoamento e os aspectos de diferentes tipos de cobertura

Tipo	Coeficiente de escoamento	Aspectos
Folhas de ferro galvanizado	> 0,90	. Qualidade da água muito boa.
Telha cerâmica	0,60 - 0,90	. Se vitrificada, a água apresenta boa qualidade. . Se não vitrificada, pode apresentar mofo. . Pode existir contaminação nas junções das telhas. . Telhas novas podem dar boa qualidade a água. . Não há evidências que causa efeito cancerígeno pela ingestão da água que passa por elas.
Telha de cimento amianto	0,80 - 0,90	. Levemente porosa ,o que diminui o coeficiente de escoamento e quando velhas podem apresentar mofo e rachaduras.
Orgânicos (sapê)	0,2	. Baixa qualidade da água. . Pouca eficiência da primeira chuva. . Alta turbidez devido à matéria orgânica dissolvida que não decanta

Fonte: Universidade de Wardick [200-?] apud Carvalho (2007).

4.5 Dimensionamento das calhas

As calhas têm como objetivo coletar as águas pluviais que caem sobre o telhado e conduzi-las até os condutores verticais, elas estando em bom funcionamento evitam apodrecimentos de beiras, diminuem a umidade excessiva nas paredes, impedem a queda da água no momento da chuva em pessoas que passam abaixo do telhado (CARVALHO JÚNIOR, 2014).

Existem diversas formas de seções de calhas, sendo neste projeto adotado a calha semicircular de tubo PVC rígido, dimensionada segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989) conforme a tabela 6, calculada utilizando a fórmula de Manning-strickler com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno, devendo sempre ter uma inclinação mínima de 0,5 % em direção à saída para que não ocorra nenhum acúmulo de água em seu interior.

Tabela 6 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em L/min)

Diâmetro (mm)	Vazões (L/min)		
	Declividade		
	0,5%	1,0%	2,0%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: ABNT: NBR 10844/1989.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989) estabelece ainda que em calhas de beiral quando a saída de água estiver a menos de 4 metros de uma mudança na direção do escoamento à vazão resultante de projeto necessita ser multiplicada por um coeficiente, conforme tabela 7 e dependendo do material o coeficiente de rugosidade será diferente conforme apresenta a tabela 8.

Tabela 7 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

Tipo de curva	Curva a menos de 2 metros da saída da calha	Curva entre 2 e 4 metros da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989).

Tabela 8 - Coeficientes de rugosidade n de Manning

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

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989) acrescenta que não possui uma recomendação para comprimento máximo no trecho da calha entre condutores verticais, mas Tomaz (2010) em seu livro aproveitamento de água de chuva cita que o doutor Isaac Moysés Zimelnan traz algumas considerações em relação às calhas, como colocar intervalos menores entre os condutores verticais e não instalar condutores verticais nos cantos.

4.6 Dimensionamento dos condutores verticais

Segundo Botelho e Ribeiro (1998), a maneira mais prática de calcular os condutores verticais de seção circular é através da área máxima do telhado e vazão em função do diâmetro, porém este método deve ser utilizado quando as intensidades de chuvas forem de 120 mm/h e 150 mm/h, a tabela 9 mostra este comparativo.

Tabela 9 - Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área do telhado (m ²)	
		Chuva de 150 mm/h	Chuva de 120 mm/h
75	1,76	42	53
100	3,78	90	114
125	7	167	212
150	11,53	275	348
200	25,18	600	760

Fonte: Botelho e Ribeiro (1998).

Sendo adotada para este projeto, condutores verticais de tubo PVC (policloreto de polivinila) branco da série normal da marca Amanco ou que ofereça qualidade equivalente, sendo fixadas com braçadeiras metálicas parafusadas junto a face externa dos pilares de concreto existentes na instituição, respeitando todas as medidas de posicionamento especificadas em projeto.

4.7 Dimensionamento dos condutores horizontais

A ABNT: NBR 1084/1989 determina que os condutores horizontais devam ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme. A mesma norma fornece uma tabela para obtenção do diâmetro dos condutores horizontais levando em conta a vazão de projeto, a declividade e o coeficiente de rugosidade, apresentada na tabela 10.

Tabela 10 - Capacidade dos condutores horizontais de seção circular com vazões em litros/minutos

	Diâmetro (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	10.400	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: ABNT: NBR 10.844/1989.

Todas as tubulações de PVC branco que compõem os condutores horizontais deverão ser interligadas com conexões equivalentes conforme demonstra em projeto até as caixas de passagens, construídas em alvenaria com dimensões de 50 cm x 50 cm x 45 cm (comprimento x largura x altura), devendo ser respeitado todas as inclinações e cotas de alinhamentos representados no projeto, garantindo assim a eficiência do sistema.

4.8 Filtro

O filtro é responsável pela limpeza da água proveniente da captação pluvial, separando o máximo dos detritos de pequenos portes e sedimentos, realizando assim uma limpeza mais refinada, sendo instaladas antes do reservatório inferior. No mercado existem várias marcas, cabendo ao projetista avaliar e escolher a que melhor se encaixa na sua obra, observando a sua área de captação e nível de filtração que deseje (WERNECK, 2006).

Para o sistema foi escolhido o filtro volumétrico VF2 AquaSave/ 3P Technik, que atende áreas de telhados até 750 m², sendo instalado antes do reservatório inferior, ele possui uma entrada de água na lateral superior de 200 mm, saída na parte inferior de 200 mm. Juntamente com o filtro outras peças são essenciais como o freio de água que impede o turbilhamento das partículas decantadas, o sifão ladrão que extravasa o excesso e evita a entrada de odores e animais oriundos da rede pública e a boia de sucção que tem a finalidade de succionar a água mais limpa do reservatório, na figura 6 mostra um esquema do funcionamento destes mecanismos.

Figura 6. Esquema do filtro, freio de água, sifão ladrão e boia de sucção, respectivamente.



Fonte: ECOCASA Tecnologias Ambientais (2018).

A filtragem pelo VF2 acontece em duas etapas, sendo a primeira através de cascatas as partículas sólidas maiores são eliminadas, logo em seguida a água cai por gravidade passando por uma malha de aço inox chegando ao fundo do filtro e direcionada ao reservatório inferior. Vale ressaltar que os sólidos retidos com um pouco de água são direcionados ao sistema público de drenagem, sendo assim no dimensionamento do volume do reservatório deve ser descontada nos cálculos, a figura 7 mostra o filtro VF2.

Figura 7. Filtro volumétrico VF2.



Fonte: ECOCASA Tecnologias Ambientais (2018).

4.9 Reservatório

4.9.1 Reservatório inferior

Através dos valores encontrados do volume de água captado e a demanda da escola nos pontos de utilização, foi possível dimensionar a geometria do reservatório necessário para o consumo nos pontos estabelecidos sem a necessidade de abastecimento externo pela concessionária local, sendo avaliado para diversas demandas encontrando a dimensão que

melhor se ajusta no espaço disponível na edificação. Para o cálculo foi adotado o método de Rippl por melhor relacionar oferta com a demanda, encontrado segundo a ABNT: NBR 15.527/2007 com a equação;

$$S_t = D_t - Q_t \quad (04)$$

Sendo:

S_t = volume de água no reservatório no tempo, expresso em metros cúbicos t (m^3);

D_t = consumo ou demanda no tempo t, expresso em metros cúbicos (m^3);

Q_t = volume de chuva no tempo t, expresso em metros cúbicos (m^3).

O dimensionamento do volume de chuva aproveitável depende da eficiência do sistema de descarte das primeiras águas e do coeficiente de escoamento superficial, sendo adotado usualmente conforme Tomaz (2007) $C \times n$ um valor de 0,80.

$$Q_t = C \times n \times P_{(t)} \times A \quad (05)$$

Sendo:

C = coeficiente de escoamento superficial;

n = fator de eficiência do primeiro escoamento;

P = precipitação da chuva no tempo t, expressa em metros (m);

A = área de captação, expressa em metros quadrados (m^2).

O cálculo do volume do reservatório inferior da escola foi efetuado adotando as precipitações médias mensais entre janeiro de 2013 até abril de 2018 da cidade de Três Pontas, a área da cobertura contribuinte (A) calculada como superfície plana e o coeficiente de escoamento (c) x volume de descarte primeira chuva adotado de 0,80.

A fim de avaliar a melhor condição entre atendimento de demanda e dimensão do reservatório, foram aplicados neste método diferentes variabilidade de uso da água não potável captada da chuva, apresentado nos apêndices C, D e E as planilhas de cálculos de cada uma e na tabela 22 seus resultados, alcançados através do consumo de água não potável apresentado no item 5.9.

Para a execução do reservatório inferior, será efetuado escavação do solo de forma manual, por não haver espaço na instituição para tráfego de nenhum tipo de veículo

motorizado, a compactação será realizada com o compactador de solo sapo motor, aplicação de um lastro de concreto magro de 10 cm no fundo, sendo colocado uma lona entre o solo e o lastro para maior impermeabilização, a concretagem será com concreto de fck 25 MPa, a impermeabilização após a concretagem será com manta asfáltica, reaterro das valas restante de forma manual e por fim instalação da tampa metálica.

4.9.2 Reservatório superior

O reservatório superior deverá ser dimensionado para atender um dia de fornecimento e permitir que a rede de distribuição de água pluvial atenda a todos os pontos de utilização com eficiência, água que chegará até ele através de um sistema elevatório, sendo necessária a realização de três furos, para encaixe da tubulação de recalque, tubulação da rede de distribuição e do extravasor.

4.10 Extravasor

O extravasor conhecido também como “ladrão” é instalado no reservatório para desviar o volume que excede da sua capacidade e encaminhar para a rede pública, sendo necessário ser instalado algum dispositivo que evite a passagem de pequenos animais. Segundo Tomaz (2010) é adotado na prática um diâmetro igual ou duas vezes o diâmetro de entrada.

4.11 Sistema elevatório

De acordo com Azevedo Netto et al (1998), o bombeamento tem por objetivo vencer a diferença de nível entre o ponto de água mais baixo e o ponto mais alto, ou seja, elevar a água captada que está armazenada no reservatório subterrâneo até o reservatório superior para ser distribuído nos devidos lugares de utilização. Previamente foi definido o local onde será instalado o sistema elevatório e os comprimentos de tubulação e altura geométrica entre a bomba e o reservatório superior, apresentado seu projeto em apêndice B.

Inicialmente é necessário encontrar o diâmetro da tubulação de recalque em função da vazão e tempo de funcionamento da bomba, adotado em 2 hora por dia de funcionamento, encontrado conforme Azevedo Netto et al (1998):

$$d' = 1,3 \times (X/24)^{0,25} \times \sqrt{Q_r} \quad (6)$$

Onde:

d' = diâmetro de recalque, expresso em metros (m);

X = tempo de funcionamento da bomba, devendo ser expresso em horas (h);

Q_r = vazão de recalque, expressa em metros cúbicos por segundos (m^3/s);

O passo seguinte é encontrar a altura manométrica em que a bomba terá que vencer, encontrada segundo Azevedo Netto et al (1998):

$$H_{man} = H_g + \sum H_f \quad (7)$$

Sendo:

H_{man} = altura manométrica, expressa em metros (m);

H_g = desnível geométrico, expresso em metros (m);

$\sum H_f$ = somatório das perdas de cargas, expresso em metros (m).

O somatório das perdas de cargas é alcançado através da equação 8, adotados para a tubulação de sucção e de recalque e então somados os dois valores encontrados, esta fórmula exige a conversão das conexões existentes em comprimento de tubulações equivalentes, conforme apresentado em anexo B, a equação para cálculo de perda de carga segundo Creder (2006):

$$H_f = \frac{10,641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times L_t \quad (8)$$

Sendo:

H_f = perda de carga, expressa em metros (m);

C = Coeficiente Hazen-Williams;

Q = Vazão, expressa em metros cúbicos por segundo (m^3/s);

D = diâmetro da tubulação, expresso em metros (m);

L_t = comprimento da tubulação somada ao comprimento equivalente convertido das conexões existentes, expresso em metros (m).

De posse do valor da altura manométrica, vazão e rendimento do conjunto motor-bomba adotado em 52 % por tem uma vazão menor que 5 L/s, conforme apresenta a tabela 11, é possível encontrar a potência do motor da bomba conforme Azevedo Netto et al (1998) na equação 9 e então buscar nos fabricantes locais a melhor bomba para atender o sistema:

$$P_t = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \mu} \quad (9)$$

Onde:

P_t = Potência da bomba, expressa em cavalo vapor (cv);

γ = Peso específico da água, adota-se 1000 kgf/m³;

Q = Vazão, expressa em metros cúbicos por segundo (m³/s);

H_{man} = Altura manométrica, expressa em metros (m);

μ = Rendimento conjunto motor-bomba.

Tabela 11 - Rendimento médio sugerido para o cálculo de motores elétricos.

Vazão (l/s)	Rendimento (%)
5	52
7,5	61
10	66
15	68
20	71
25	75
30	80
40	84
50	85
100	87
200	88

Fonte: Azevedo Netto et al (1998).

Conforme orienta Azevedo Netto et al (1998), um acréscimo na potência dos motores elétricos deve ser adicionado, visando uma maior segurança ao sistema elevatório, apresentado na tabela 12.

Tabela 12 - Acréscimo de potência de motores elétricos

Acréscimo de potência (%)	Potência (HP)
50	2
30	2 a 5
20	5 a 10
15	10 a 20
10	20

Fonte: Azevedo Netto et al (1998).

O sistema elevatório da edificação terá uma motobomba elétrica centrífuga da marca Dancor conforme modelo, altura manométrica de elevação e vazão apresentada na figura 8. A moto bomba deverá ser instalada por profissionais especializados, programando para funcionar 2 horas ao dia, ela será instalada sobre o piso da casa de máquinas que ficará sob o pátio da escola, a bomba ficará no mesmo nível da cota de fundo do reservatório, significando assim não existir altura de sucção. As tubulações de sucção e recalque de 25 mm e 20 mm respectivamente serão de tubo PVC rígido, marrom, soldável, da marca Amanco ou qualidade equivalente, sendo interligadas utilizando todas as válvulas, conexões e registros especificados no projeto.

Figura 8 – Especificações técnicas da bomba.

Modelo	Pot. (cv)	Sucção (bsp)	Elevação (bsp)	Diâmetro rotor (mm)	AMT máx. (mca)	Altura Manométrica Total em metros de Coluna de Água (mca)									
						Não estão incluídas as perdas por atrito									
127V ou 220V						Vazão (m³/h)									
CAM-2	1/10	3/4"	3/4"	89,0	11,8	3,06	2,86	2,6	2,34	2,04	1,78	1,46	1,13	0,81	0,40

Fonte: DANCOR (2018).

4.12 Rede de distribuição

A rede de distribuição será composta por barriletes que devem ser posicionados sobre a laje do edifício e por colunas de água não potável que descem diretamente a cada ponto de utilização, sendo eles neste projeto as bacias sanitárias da sala dos professores e administração e torneiras para limpeza de piso. Todas as tubulações que compõem a rede de distribuição deverão ser de PVC soldável e dimensionado adotando as mesmas regras da rede de distribuição de água fria segundo a ABNT: NBR 5626/1998.

Para o cálculo das colunas de água e barriletes foi utilizado o Método Máximo Provável, acumulando todo o peso dos aparelhos de utilização conforme tabela 13. Segundo a ABNT: NBR 5626/1998 a equação por este método é dada por:

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P} \quad (10)$$

Sendo:

Q = vazão, expressa em litros/segundos (L/s);

$\sum P$ = somatório de pesos relativos (anexo C).

Tabela 13- Pesos relativos nos pontos 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
Torneira de lavagem em geral	Torneira	0.2	0.4

Fonte: o autor adaptado ABNT: NBR 5626/1998.

Com a vazão definida é possível determinar o diâmetro da tubulação, que segundo a ABNT: NBR 5626:1998 é através da equação de Fair-Whipple-Hsiao, com uma perda de carga máxima para tubo PVC de 8%.

$$J = 0,000865 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \quad (11)$$

Onde:

Q = vazão, expressa em litros/segundos (L/s);

J = perda de carga máxima, expressa em porcentagem (%);

D = diâmetro, expresso em milímetros (mm).

A rede de distribuição abastecerá 2 bacias sanitárias com a água proveniente do sistema de captação pluvial, com o traçado da rede apresentado no desenho em Apêndice A, que a partir do traçado realizado foi possível verificar a pressão disponível, garantindo assim a pressão mínima de 15 kPa estabelecida pela ABNT (1998).

A rede de distribuição da escola será composta por barriletes, instalados acima da laje de forro, composta também de colunas de água cinza que descerão diretamente para cada bacia sanitária, ramal e sub-ramal que alimentarão as torneiras para limpeza do piso da edificação, sendo toda elas de tubo PVC rígido, marrom, soldável, da marca Amanco ou outra com qualidade similar, utilizando todas as conexões e registros especificados em projeto, garantindo a pressão manométrica em todos os pontos de utilização conforme estabelece a ABNT: NBR 5626/1998.

Os registros das áreas internas serão de gaveta de PVC cromado e os registros das áreas externas e dos barriletes serão de gaveta de latão da marca Deca ou equivalente no requisito da qualidade. Os adesivos para união das peças de PVC serão de plásticos transparentes da marca Amanco ou similar que tenha a mesma qualidade.

As saídas da tubulação da torneira para limpeza será instalada a uma altura de 30 cm do piso, obedecendo aos diâmetros conforme projeto. As saídas das tubulações das bacias sanitárias serão instaladas a uma altura de 45 cm do piso, a união de todas as conexões serão com adesivos plásticos incolores, lixando as extremidades de cada peça, proporcionando assim uma maior aderência entre o tubo e o adesivo, para que não ocorra nenhum tipo de vazamento.

5 MEMORIAL DE CÁLCULO

5.1 Determinação do consumo de água potável

Através das leituras diárias criou-se a tabela 14, observando que os valores de consumo variam entre 3,1 a 6,62, metros cúbicos e quando questionadas as funcionárias a respeito desta diferença, foi explicado por elas que esta diferença acontece por terem dias que não ocorrem limpeza ou é limpo apenas alguns lugares da escola.

Tabela 14 - Consumo diário em março na escola Municipal Professora Edna de Abreu

Data	Dia da semana	Consumo total (m³)	Consumo (m³)
28/02/2018	Quarta-feira	2484,701	
01/03/2018	Quinta-feira	2488,342	3,641
02/03/2018	Sexta-feira	2491,463	3,642
05/03/2018	Segunda-feira	2495,105	4,031
06/03/2018	Terça-feira	2499,136	3,499
07/03/2018	Quarta-feira	2502,635	3,348
08/03/2018	Quinta-feira	2505,983	2,973
09/03/2018	Sexta-feira	2508,956	3,266
12/03/2018	Segunda-feira	2512,222	4,495
13/03/2018	Terça-feira	2516,717	3,527
14/03/2018	Quarta-feira	2520,244	3,683
15/03/2018	Quinta-feira	2523,927	3,100
16/03/2018	Sexta-feira	2527,027	3,235
19/03/2018	Segunda-feira	2530,262	5,318
20/03/2018	Terça-feira	2535,58	3,621
21/03/2018	Quarta-feira	2539,201	3,704
22/03/2018	Quinta-feira	2542,905	3,756
23/03/2018	Sexta-feira	2546,661	3,734
26/03/2018	Segunda-feira	2550,395	6,629
27/03/2018	Terça-feira	2557,024	3,561
28/03/2018	Quarta-feira	2560,585	3,721
02/04/2018	Segunda-feira	2564,306	
Volume total consumido (m³)			76,484

Fonte: o autor.

5.2 Determinação do consumo de água não potável

O consumo total de água não potável nas descargas de bacias sanitárias foi encontrado através de parâmetros de Tomaz (2009) e Ywashima (2005), conforme tabela 15 e através dela se observa que os valores de Plínio Tomaz adotando frequência de duas descargas por alunos e professores estão fora da realidade de consumo da escola, pois o consumo total de água na edificação na maioria dos dias varia entre 3,1 a 6,2 m³.

Tabela 15 - Demanda de água não potável em descargas sanitárias por dia

Parâmetros	Aparelho	Consumo	Quantidade	Consumo total
Plínio Tomaz	Banheiros dos alunos	30 litros	160 alunos	4800 litros
	Banheiros dos professores	30 litros	14 funcionários	420 litros
	Somatório			5220 litros
Ywashima	Banheiros dos alunos	9,29 litros	160 alunos	1486,40 litros
	Banheiros dos professores	12,38 litros	14 funcionários	173,32 litros
	Somatório			1659,72 litros

Fonte: o autor adaptado Plínio Tomaz (2009b) e Ywashima (2005).

Visando um sistema que atenda com eficiência, mas também que condiz com a realidade, foi criado a tabela 16 adotando para o método de Plínio Tomaz uma frequência de utilização de uma vez por aluno e professoras, observando assim valores de consumos mais compatíveis com a realidade da edificação.

Tabela 16 - Demanda de água não potável em descargas sanitárias por dia

Parâmetro	Aparelho	Consumo	Quantidade	Consumo total
Plínio Tomaz	Banheiros dos alunos	15 litros	160 alunos	2400 litros
	Banheiro dos professores	15 litros	14 funcionários	210 litros
	Somatório			2610,00 litros
Ywashima	Banheiros dos alunos	9,29 litros	160 alunos	1486,40 litros
	Banheiros dos professores	12,38 litros	14 funcionários	173,32 litros
	Somatório			1659,72

Fonte: o autor adaptado Plínio Tomaz (2009b) e Ywashima (2005).

Através dos dados levantados do volume utilizados nas limpezas dos pisos da escola e da quantidade gasta nas bacias sanitárias apresentado na tabela 17, foi possível chegar numa estimativa de volume total de água não potável que podem ser atendido pelo sistema de captação pluvial na edificação.

Tabela 17 - Volume de água gasto na limpeza utilizando baldes

Locais	Quantidade de baldes 13 litros (un.)	Volume de água gasto por limpeza (L)	Frequência de limpeza
Cozinha	6	78	12 vezes por mês
Despensa e depósito	2	26	2 vezes por mês
Banheiros	16	208	42 vezes por mês
Biblioteca	6	78	4 vezes por mês
Secretaria	6	78	4 vezes por mês
Sala de professores	6	78	4 vezes por mês
Salas de aulas	37	481	12 vezes por mês

Fonte: o autor.

Assim o valor consumo total de água não potável que poderia ser aproveitada da água de chuva na instituição foi estimado em 59.374 litros de água.

- Volume nas bacias dos alunos

Valor médio por aluno ao dia = 9,29 litros

Quantidade de dias adotados = 22 dias

Quantidade de alunos matriculados = 160

$$160 \times 22 \times 9,29 = 32.700 \text{ litros por mês}$$

- Volume nas bacias dos funcionários

Valor médio por funcionário ao dia = 12,38 litros

Quantidade de dias adotados = 22 dias

Quantidade de funcionários = 14 funcionários

$$12,38 \times 22 \times 14 = 3.813 \text{ litros por mês}$$

- Volume nas limpezas dos pisos utilizando baldes (item 5.2 tabela 17)

$$78 \times 15 + 26 \times 2 + 208 \times 42 + 78 \times 4 + 78 \times 4 + 78 \times 4 + 481 \times 12 = 16.666 \text{ litros ao mês}$$

- Volume nas limpezas dos pisos com mangueira

Valor estimado = 2 litros por m²

Área com frequência de limpeza de 1 vez ao mês = 103,60 m²

Área com frequência de limpeza de 3 vezes ao mês = 230,28 m²

$$103,60 \times 2 + 230,28 \times 13 \times 2 = 6.195 \text{ litros}$$

- Volume total de água que podem ser utilizados do sistema pluvial = 59.374 litros

5.3 Determinação da intensidade de chuva

Através dos parâmetros fornecidos pela ABNT (1989) e os parâmetros de localidade adquiridos através do programa Pluvio 2.1 calculou-se a intensidade de chuva para a cidade de Três Pontas, com a equação (01).

$$I = (5690,461 \times 5^{0,2}) / (5 + 32,626)^{1,08}$$

Encontrando uma intensidade pluviométrica de 156,10 mm/h.

5.4 Determinação da área de contribuição

Os dimensionamentos das áreas de contribuições para os cálculos das calhas e condutores partiram da subdivisão do telhado em diversas áreas conforme Apêndice A, de acordo com o escoamento da calha até o condutor vertical e aplicando na equação 3 de área de contribuição para telhados inclinados, encontrou-se:

- Áreas de contribuições

$$A_1 = \left(4,5 + \frac{1,30}{2}\right) \times 3,15 + \left(0,91 + \frac{1,30}{2}\right) \times 0,29 = 16,67 \text{ m}^2$$

$$A_{1-A} = \left(3,85 + \frac{1,30}{2}\right) \times 7,78 - 16,67 = 18,34 \text{ m}^2$$

$$A_2 = \left(4,5 + \frac{1,30}{2}\right) \times 3,15 + \left(2,21 + \frac{1,30}{2}\right) \times 0,29 = 17,05 \text{ m}^2$$

$$A_{2-A} = \left(5,15 + \frac{1,30}{2}\right) \times 7,78 - 17,05 = 28,07 \text{ m}^2$$

$$A_3 = \left(3,85 + \frac{1,30}{2}\right) \times 7,81 = 35,15 \text{ m}^2$$

$$A_4 = \left(1,5 + \frac{0,5}{2}\right) \times 0,62 + \left(5,15 + \frac{1,30}{2}\right) \times 7,20 + \left(4,65 + \frac{1,5}{2}\right) \times 0,62 = 46,19 \text{ m}^2$$

$$A_5 = \left(3,85 + \frac{1,30}{2}\right) \times 6,81 = 30,65 \text{ m}^2$$

$$A_6 = \left(1,5 + \frac{0,5}{2}\right) \times 3,28 + \left(5,15 + \frac{1,3}{2}\right) \times 3,53 + \left(4,65 + \frac{1,5}{2}\right) \times 3,28 = 43,93 \text{ m}^2$$

$$A_7 = \left(4,50 + \frac{1,30}{2}\right) \times 3,15 + \left(0,91 + \frac{1,30}{2}\right) \times 0,29 = 16,67 \text{ m}^2$$

$$A_{7-A} = \left(3,85 + \frac{1,30}{2}\right) \times 7,59 - 16,67 = 17,48 \text{ m}^2$$

$$A_8 = \left(4,50 + \frac{1,30}{2}\right) \times 3,15 + \left(2,21 + \frac{1,30}{2}\right) \times 0,29 = 17,05 \text{ m}^2$$

$$A_{8-A} = \left(5,15 + \frac{1,30}{2}\right) \times 7,59 - 17,05 = 26,97 \text{ m}^2$$

$$A_9 = \left(4,5 + \frac{1,5}{2}\right) \times 3,90 + \left(2,26 + \frac{1,5}{2}\right) \times 0,29 = 21,35 \text{ m}^2$$

$$A_{9-A} = \left(5,90 + \frac{1,5}{2}\right) \times 7,78 - 21,35 = 30,39 \text{ m}^2$$

$$A_{10} = \left(4,5 + \frac{1,5}{2}\right) \times 3,90 + \left(0,96 + \frac{1,5}{2}\right) \times 0,29 = 20,96 \text{ m}^2$$

$$A_{10-A} = \left(4,60 + \frac{1,5}{2}\right) \times 7,78 - 20,96 = 20,66 \text{ m}^2$$

$$A_{11} = \left(1,5 + \frac{0,5}{2}\right) \times 0,62 + \left(5,40 + \frac{0,5}{2}\right) \times 0,62 + \left(5,9 + \frac{1,5}{2}\right) \times 7,25 = 52,37 \text{ m}^2$$

$$A_{12} = \left(4,60 + \frac{1,5}{2}\right) \times 7,82 = 41,84 \text{ m}^2$$

$$A_{13} = \left(1,5 + \frac{0,5}{2}\right) \times 3,28 + \left(5,4 + \frac{1,5}{2}\right) \times 3,28 + \left(5,90 + \frac{1,5}{2}\right) \times 3,53 = 49,39 \text{ m}^2$$

$$A_{14} = \left(4,60 + \frac{1,5}{2}\right) \times 6,81 = 36,43 \text{ m}^2$$

$$A_{15} = \left(4,5 + \frac{1,5}{2}\right) \times 3,90 + \left(2,26 + \frac{1,5}{2}\right) \times 0,29 = 21,35 \text{ m}^2$$

$$A_{15-A} = \left(5,90 + \frac{1,5}{2}\right) \times 7,59 - 21,35 = 29,12 \text{ m}^2$$

$$A_{16} = \left(4,5 + \frac{1,5}{2}\right) \times 3,90 + \left(0,96 + \frac{1,5}{2}\right) \times 0,29 = 20,96 \text{ m}^2$$

$$A_{16-A} = \left(4,60 + \frac{1,5}{2}\right) \times 7,59 - 20,96 = 19,65 \text{ m}^2$$

5.5 Determinação da vazão pluvial

Após as áreas contribuintes calculadas, pode-se encontrar a vazão de projeto e a vazão real, aplicando os valores na equação 2:

- Vazão de projeto e vazão real

Intensidade de chuva = 156,10 mm/h

$$Q_1 = \frac{156,10 \times 16,67}{60} = 43,37 \times 0,8 = 34,70 \text{ L/min}$$

$$Q_{1-A} = \frac{156,10 \times 18,34}{60} = 47,71 \times 0,8 = 38,17 \text{ L/min}$$

$$Q_2 = \frac{156,10 \times 17,05}{60} = 44,35 \times 0,8 = 35,49 \text{ L/min}$$

$$Q_{2-A} = \frac{156,10 \times 28,07}{60} = 73,02 \times 0,8 = 58,42 \text{ L/min}$$

$$Q_3 = \frac{156,10 \times 35,15}{60} = 91,44 \times 0,8 = 73,16 \text{ L/min}$$

$$Q_4 = \frac{156,10 \times 46,19}{60} = 120,17 \times 0,8 = 96,14 \text{ L/min}$$

$$Q_5 = \frac{156,10 \times 30,65}{60} = 79,74 \times 0,8 = 63,79 \text{ L/min}$$

$$Q_6 = \frac{156,10 \times 43,93}{60} = 114,29 \times 0,8 = 91,43 \text{ L/min}$$

$$Q_7 = \frac{156,10 \times 16,67}{60} = 43,37 \times 0,8 = 34,70 \text{ L/min}$$

$$Q_{7-A} = \frac{156,10 \times 17,48}{60} = 45,48 \times 0,8 = 36,38 \text{ L/min}$$

$$Q_8 = \frac{156,10 \times 17,05}{60} = 44,36 \times 0,8 = 35,49 \text{ L/min}$$

$$Q_{8-A} = \frac{156,10 \times 26,97}{60} = 70,17 \times 0,8 = 56,13 \text{ L/min}$$

$$Q_9 = \frac{156,10 \times 21,35}{60} = 55,55 \times 0,8 = 44,44 \text{ L/min}$$

$$Q_{9-A} = \frac{156,10 \times 30,39}{60} = 79,27 \times 0,8 = 63,42 \text{ L/min}$$

$$Q_{10} = \frac{156,10 \times 20,96}{60} = 54,53 \times 0,8 = 43,62 \text{ L/min}$$

$$Q_{10-A} = \frac{156,10 \times 20,66}{60} = 53,75 \times 0,8 = 43,00 \text{ L/min}$$

$$Q_{11} = \frac{156,10 \times 52,37}{60} = 136,24 \times 0,8 = 109,00 \text{ L/min}$$

$$Q_{12} = \frac{156,10 \times 41,84}{60} = 108,85 \times 0,8 = 87,08 \text{ L/min}$$

$$Q_{13} = \frac{156,10 \times 49,39}{60} = 128,50 \times 0,8 = 102,80 \text{ L/min}$$

$$Q_{14} = \frac{156,10 \times 36,43}{60} = 94,77 \times 0,8 = 75,82 \text{ L/min}$$

$$Q_{15} = \frac{156,10 \times 21,35}{60} = 55,55 \times 0,8 = 44,44 \text{ L/min}$$

$$Q_{15-A} = \frac{156,10 \times 30,47}{60} = 79,27 \times 0,8 = 63,42 \text{ L/min}$$

$$Q_{16} = \frac{156,10 \times 20,96}{60} = 54,53 \times 0,8 = 43,62 \text{ L/min}$$

$$Q_{16-A} = \frac{156,10 \times 20,66}{60} = 53,75 \times 0,8 = 43,00 \text{ L/min}$$

Para o telhado da edificação aplicando os cálculos anteriores das áreas de contribuições e vazões, montou-se a tabela 18

Tabela 18 - Áreas de contribuições e vazões de captação

Locais de contribuição	Áreas (m ²)	Vazão	Vazão de projeto(L/min)	Vazão real (L/min)	Vazão real (m ³ /s)
A1	16,67	Q1	43,37	34,70	0,000578
A1-A	18,34	Q1-A	47,71	38,17	0,000636
A2	17,05	Q2	44,36	35,49	0,000591
A2-A	28,07	Q2-A	73,03	58,42	0,000974
A3	35,15	Q3	91,45	73,16	0,001219
A4	46,19	Q4	120,17	96,14	0,001602
A5	30,65	Q5	79,74	63,79	0,001063
A6	43,93	Q6	114,29	91,43	0,001524
A7	16,67	Q7	43,37	34,70	0,000578
A7-A	17,48	Q7-A	45,48	36,38	0,000606
A8	17,05	Q8	44,36	35,49	0,000591
A8-A	26,97	Q8-A	70,17	56,13	0,000936
A9	21,35	Q9	55,55	44,44	0,000741
A9-A	30,39	Q9-A	79,06	63,25	0,001054
A10	20,96	Q10	54,53	43,62	0,000727
A10-A	20,66	Q10-A	53,75	43,00	0,000717
A11	52,37	Q11	136,25	109,00	0,001817
A12	41,84	Q12	108,85	87,08	0,001451
A13	49,39	Q13	128,50	102,80	0,001713
A14	36,43	Q14	94,78	75,82	0,001264
A15	21,35	Q15	55,55	44,44	0,000741
A15-A	30,47	Q15-A	79,27	63,42	0,001057
A16	20,96	Q16	54,53	43,62	0,000727
A16-A	20,66	Q16-A	53,75	43,00	0,000717

Fonte: o autor.

5.6 Dimensionamento de calhas

A vazão a ser adotada como parâmetros para a determinação da geometria da calha será a de projeto, visando funcionamento com segurança do sistema, adotando assim conforme a tabela 6 de capacidade de escoamento das calhas semicirculares fornecida pela ABNT (1989) para tubos de Plásticos que se encontra no item 4.5, as geometrias e inclinações serão adotadas conforme a tabela 19.

Tabela 19 - Diâmetros das calhas e inclinações

Calha e inclinação	Vazão (L/min)	Diâmetro necessário (mm)
Calha 1- 0.5 %	91.08	100
Calha 2- 0.5 %	117.39	100
Calha 3- 0.5 %	134.61	125
Calha 4- 0.5 %	108.28	100
Calha 5- 0.5 %	91.45	100
Calha 6- 0.5 %	120.17	100
Calha 7- 0.5 %	136.25	125
Calha 8- 0.5 %	108.85	100
Calha 9- 0.5 %	168.59	125
Calha 10- 0.5 %	228.82	125
Calha 11- 1.0 %	263.31	125
Calha 12- 0.5 %	203.06	125

Fonte: o autor.

5.7 Dimensionamento dos condutores verticais

O dimensionamento dos condutores verticais partiu dos parâmetros da tabela 9 de Botelho e Ribeiro (1998) no item 4.6 e da intensidade de 156,10 mm/h, respeitando o diâmetro da calha caso seu valor seja menor, apresentada na tabela 20 as vazões e diâmetros.

- Condutores verticais.

cv-1 = 182,53 L/min = diâmetro de 100mm, adotado 125 mm.

cv-2 = 237,56 L/min = diâmetro de 125 mm, adotado 150 mm.

cv-3 = 270,86 L/min = diâmetro de 125 mm, adotado 150 mm.

cv-4 = 217,14 L/min = diâmetro de 100 mm, adotado 125 mm.

cv-5 = 168,59 L/min = diâmetro de 100 mm, adotado 125 mm.

cv-6 = 228,82 L/min = diâmetro de 100 mm, adotado 125 mm.

cv-7 = 263,31 L/min = diâmetro de 125 mm, adotado 150 mm.

cv-8 = 203,06 L/min = diâmetro de 100 mm, adotado 125 mm.

Tabela 20 - Diâmetros dos condutores verticais e vazões de escoamento

Condutores verticais	Área de contribuição (m²)	Vazão projeto (L/min)	Vazão (L/s)	Diâmetro nominal (mm)
cv-1	70,16	182,53	3,04	125
cv-2	91,31	237,56	3,94	150
cv-3	104,11	270,86	4,51	150
cv-4	83,46	217,14	3,62	125
cv-5	64,80	168,59	2,83	125
cv-6	87,95	228,82	3,81	125
cv-7	101,21	263,31	4,39	150
cv-8	78,05	203,06	3,38	125

Fonte: o autor.

5.8 Dimensionamento dos condutores horizontais

O dimensionamento dos condutores horizontais até o reservatório inferior foi realizado através da tabela 10, em que a ABNT: NBR 10.844/1989 traz a relação dos diâmetros com a vazão e inclinação, sendo avaliada no trabalho de acordo com o trecho entre as caixas de inspeção conforme apêndice A, apresentado na tabela 21 os diâmetros encontrado de acordo com cada trecho conforme desenho em apêndice A e suas inclinações adotadas.

Tabela 21 - Diâmetros dos condutores horizontais

Trecho	Vazão projeto (L/min)	Diâmetro (mm)	Inclinação (%)
CP.1-CP.4	182,53	100	1
CP.4-CP.5	351,12	150	1
CP.6-CP.3	203,06	150	1
CP.3-CP.2	420,20	150	1
CP.2- CP.5	928,61	150	2
CP.5-R	1771,87	150	2

Fonte: o autor.

- Diâmetro dos condutores horizontais.

Trecho CP-1 a CP-4, com inclinação 1%.

$$Q_{cv-1} = 182,53 \text{ L/min}$$

Trecho CP-4 a CP-5, com inclinação 1%.

$$Q_{cv-1} + Q_{cv-5} = 182,53 + 169,89 = 352,46 \text{ L/min.}$$

Trecho CP-6 a CP-3, com inclinação 1%.

$$Q_{cv-8} = 203,06 \text{ L/min.}$$

Trecho CP-3 a CP-2, com inclinação 1%.

$$Q_{cv-4} + Q_{cv-8} = 217,14 + 203,06 = 420,20 \text{ L/min.}$$

Trecho CP-2 a CP-5, com inclinação 2%.

$$Q_{cv-2} + Q_{cv-3} + Q_{cv-4} + Q_{cv-8} = 236,49 + 270,86 + 217,14 + 203,06 = 927,55 \text{ L/min.}$$

Trecho CP-5 – R, com inclinação 2%.

$$Q_{cv-1} + Q_{cv-2} + Q_{cv-3} + Q_{cv-4} + Q_{cv-5} + Q_{cv-6} + Q_{cv-7} + Q_{cv-8} = \\ 182,53 + 236,49 + 270,86 + 217,14 + 169,89 + 223,43 + 257,57 + 203,06 = 1760,96 \text{ L/min}$$

5.9 Dimensionamento do reservatório inferior

O volume do reservatório inferior adotado terá capacidade de 49,50 m³ de água armazenada atendendo uma demanda de 26,67 m³ dos pontos de limpeza de todo piso da escola e considerando também as bacias sanitárias dos professores e administração. O reservatório inferior será de concreto armado com dimensões internas de 7,50 m x 2,20 m x 4,0 m (comprimento x largura x altura), sendo um metro de altura reservado para a disposição das tubulações, tendo ele uma capacidade de armazenamento de 49.500 litros de água de chuva e instalado sob o piso do pátio.

Os pontos com demanda de 26,67 m³ citados anteriormente foram escolhidos em relação ao atendimento total pelo sistema de captação de água pluvial, geometria necessária do reservatório e local disponível para sua instalação no subsolo, pois se calculado para atender todos os pontos possíveis de consumo de água de chuva pelo método de Rippl, necessitaria de um reservatório de aproximadamente 243 m³, não havendo assim local

disponível para sua instalação. A tabela 22 informa a relação entre demanda, locais de utilização e reservatório necessário.

- Demanda na limpeza de piso e bacias sanitárias

$$32.700 + 3.813 + 16.666 + 6.195 = 59.374 \text{ litros}$$

- Demanda em todos os banheiros

$$32.700 + 3.813 = 36.513 \text{ litros}$$

- Demanda na limpeza de piso e bacias sanitárias das professoras e sala administração.

$$3.813 + 16.666 + 6.195 = 26.674 \text{ litros}$$

Tabela 22 - Volume de reservatório inferior em função dos locais de demanda

Locais de utilização	Demanda (m³)	Volume reservatório (m³)
Todas as áreas de limpezas. Todas as bacias sanitárias.	59,38	242,45
Todos os banheiros.	36,51	104,25
Áreas de limpezas de pisos Bacias sanitárias das professoras e administração.	26,67	48,87

Fonte: o autor.

5.10 Reservatório superior

O reservatório será instalado a uma altura de 0,50 cm acima da laje de forro, sendo posicionado sobre uma superfície lisa e plana de concreto armado,. adotada uma caixa de água de 1500 litros de polietileno da marca tigre com diâmetro da base de 1,42 metros e o diâmetro da parte superior com a tampa de 1,71 metros, com uma altura de 0,98 metros.

5.11 Extravasor

O extravasor adotado terá um diâmetro de 150 mm sendo de tubo PVC branco, da série normal da marca Amanco ou com qualidade equivalente fixado na frente do reservatório inferior como detalhado em projeto, um ralo seco deverá ser instalado de 100 mm no piso de

casa de máquina, para drenar a água se houver necessidade de algum reparo no sistema ou vazamento do mesmo.

5.12 Sistema elevatório

Adotando o reservatório superior com um volume de 1500 litros e determinando que a bomba deva funcionar por um período de 2 horas, pôde-se através do projeto hidráulico apresentado no apêndice B e das tabelas 23 e 24 e dos cálculos a seguir, efetuar todo o dimensionamento do sistema elevatório.

- Diâmetro de recalque e sucção:

$$Q \text{ demanda} = 1,5 \text{ m}^3$$

$$Q \text{ projeto} = (1,5 \times 1000) \div (3600 \times 2) \cong 0,208 \frac{\text{litros}}{\text{seg}} = 0,000208 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$d'(\text{recalque}) = 1,3 \times (2/24)^{0,25} \times \sqrt{0,00020833}$$

$$d'(\text{recalque}) = 0,012 \text{ m} = 12\text{mm}, \text{será adotado } 20 \text{ mm}$$

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

- Perdas de cargas de sucção e recalque:

$$L \text{ sucção} = 1,5 \text{ m}$$

$$L \text{ recalque} = 10,14 \text{ m}$$

$$C = 140 \text{ (PVC)}$$

Tabela 23 - Comprimento equivalente de sucção (D = 25 mm)

Peça	Quantidade	Comprimento equivalente (m)
Entrada normal	1	0.5
Joelho de 90°	1	1.5
Registro gaveta aberto	1	0.3
Comprimento equivalente total (m)		2.3

Fonte: adaptado de Creder (2006).

Tabela 24 - Comprimento equivalente de recalque (D = 20 mm)

Peça	Quantidade	Comprimento equivalente (m)
Joelho de 90°	3	3.6
Válvula de retenção	1	2.7
Saída de canalização	1	0.9
Registro gaveta aberto	2	0.4
Comprimento equivalente total (m)		7.6

Fonte: adaptado de Creder (2006).

$$Hfs = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,00020833)^{1,85}}{0,025^{4,87}} \times (1,5 + 2,3) = 0,04 \text{ m}$$

$$Hfr = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,00020833)^{1,85}}{0,020^{4,87}} \times (7,6 + 10,14) = 0,59 \text{ m}$$

- Altura manométrica e potência da bomba:

Hg sucção = 0,00 m

Hg recalque = 5,65 m

Rendimento do conjunto = 52,0%

$$Hman = 5,65 + 0,04 + 0,63 = 6,32 \text{ m}$$

$$Pot. \text{ bomba} = \frac{1000 \times (0,000208) \times 6,32}{75 \times 0,52} = 0,04 \text{ Cv}$$

$$Pot. \text{ bomba} + 50\% = 0,04 \times 1,5 = 0,06 \text{ Cv}$$

Com a potência estabelecida e com a tabela de dimensionamento da Dancor, pôde-se sugerir a utilização de uma motobomba Dancor, elétrica, centrífuga, do modelo monofásico 127 volts CAM-2 com 0,10 cv de potência e com altura manométrica máxima de 11,6 m.

5.13 Rede de distribuição de água pluvial

O dimensionamento da rede de distribuição de água do sistema pluvial foi realizado com intuito de atender as demandas estabelecidas sendo elas as bacias sanitárias da sala dos professores e administração e para as torneiras de limpeza de piso, seguindo as exigências da

ABNT: NBR 5626/1998, desenvolvida assim a tabela 25, que define os pesos relativos, a vazão (Q), o diâmetro adotado, a velocidade (V), a perda de carga unitária (J), o comprimento do tubo, comprimento equivalente, comprimento total do tubo, perda de carga no trecho (hf), pressão disponível em montante (M) e pressão disponível em jusante (J). Sendo a bastecida por esta rede 2 bacias sanitárias com caixas acopladas e 4 torneiras para limpeza.

Tabela 25 - Planilha de cálculo da rede de distribuição da água pluvial

Trecho	Peso	Q (l/s)	Ø (mm)	Ø adotado (mm)	V (m/s)	J (m/m)	Tubo (m)	L eq. (m)	Total (m)	Hf (m)	M (mca)	J (mca)
Barrilete 1-1	2.2	0.44	22.45	25	0.91	0.048	2.55	1.20	3.75	0.156	1.10	0.92
Barrilete 1-2	1.6	0.38	21.17	25	0.77	0.036	4.10	3.10	7.20	0.247	0.92	0.66
Barrilete 1-3	0.6	0.23	17.67	25	0.47	0.015	5.45	0.90	6.35	0.104	0.66	0.56
Barrilete 1-4	0.3	0.16	15.55	25	0.33	0.008	2.80	0.60	3.40	0.029	0.56	0.53
Barrilete 1-5	0.3	0.16	15.55	25	0.33	0.008	2.80	0.60	3.40	0.029	0.53	0.50
AP 1	1.6	0.38	21.17	20	1.21	0.105	3.45	0.70	4.15	0.399	0.50	3.51
Ramal 1-1	1.6	0.38	21.17	20	1.21	0.105	1.66	0.50	2.16	0.219	3.51	3.29
Ramal 1-2	0.8	0.27	18.64	20	0.85	0.057	2.54	0.80	3.34	0.191	3.29	3.10
Sub-ramal 1	0.4	0.19	16.40	20	0.60	0.031	15.80	0.50	16.30	0.473	3.10	2.59
Sub-ramal 2	0.4	0.19	16.40	20	0.60	0.031	15.80	0.80	16.30	0.483	3.29	2.77
AP 2	0.3	0.16	15.55	20	0.52	0.024	2.70	1.40	4.10	0.097	0.53	3.13
AP 3	0.3	0.16	15.55	20	0.52	0.024	2.70	1.40	4.10	0.097	0.50	3.10

Fonte: o autor.

6 LEVANTAMENTO DO QUANTITATIVO E ESTIMATIVA DE CUSTO

Após a finalização do dimensionado do sistema de captação e aproveitamento de água de chuva foi possível levantar o quantitativos de todas as peças e materiais utilizados, realizando a estimativa de custo com a implementação do sistema, conforme apresentam as tabelas 26, 27, 28 e 29, ressaltando que o valor final é uma estimativa para ordem de grandeza financeira, já que o objetivo final do trabalho é apresentar que a maior questão a ser analisada deve ser a ambiental.

Tabela 26 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (setor captação)

Material	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Calha semicircular - 100 mm	m	60.5	R\$ 30.01	R\$ 1815.61
Calha semicircular - 125 mm	m	108.13	R\$ 49.50	R\$ 5.352.43
Emenda 125 mm	unidade	18	R\$ 34.97	R\$ 484.20
Emenda 100 mm	unidade	10	R\$ 22.33	R\$ 171.80
Suporte para calha	unidade	187	R\$ 810,40	R\$ 1.664.30
Bocal 100 mm	unidade	5	R\$ 50.70	R\$ 253.50
Bocal 125 mm	unidade	7	R\$ 77,14	R\$ 539.98
Esquadro externo 100 mm	unidade	3	R\$ 23.38	R\$ 51.36
Esquadro externo 125 mm	unidade	4	R\$ 26.28	R\$ 105.12
Luva de correr 100 mm	unidade	2	R\$ 40.51	R\$ 81.02
Luva de correr 125 mm	unidade	6	R\$ 58,52	R\$ 351.12
Luva de correr 150 mm	unidade	2	R\$ 88,82	R\$ 177.64
Abraçadeira	unidade	16	R\$ 7.62	R\$ 121.92
Joelho 45° 100 mm	unidade	6	R\$ 18.29	R\$ 109.74
Joelho 45° 150 mm	unidade	18	R\$ 68.42	R\$ 1.231.56
Condutor vertical Tubo PVC - 100 mm	m	6	R\$ 12.70	R\$ 76.20
Condutor vertical Tubo PVC - 150 mm	m	18	R\$ 20.11	R\$ 385.38
Condutor horizontal tubo PVC - 100 mm	m	23	R\$ 12.70	R\$ 292.10
Condutor horizontal tubo PVC - 150 mm	m	32	R\$ 33.47	R\$ 1071.04

(continua)

(conclusão)

Material	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Condutor horizontal tubo PVC - 150 mm	m	18	R\$ 33.47	R\$ 602.46
Caixa de passagem de alvenaria - 50x50x45 (cm)	unidade	6	R\$ 290.41	R\$ 1.742.46
Filtro VF2 - Aquasave/ 3P Technik	unidade	1	R\$ 7.600.00	R\$ 7.600.00
Adesivo plástico incolor 850 gramas	unidade	1	R\$ 44.26	R\$ 44.26
Ralo seco com grelha 100 mm	unidade	1	R\$ 13.12	R\$ 13.12
Valor total				R\$ 24.338,32

Fonte: o autor

Tabela 27 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (sistema elevatório)

Material	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Tubo marrom água fria 25 mm	m	2	R\$ 5.94	R\$ 11.88
Tubo marrom água fria 20 mm	m	11	R\$ 4.82	R\$ 53.02
Joelho 90° 25 mm	unidade	1	R\$ 3.77	R\$ 3.77
Joelho 90° 20 mm	unidade	3	R\$ 2.77	R\$ 8.31
Adaptador com Bolsa e rosca 20 mm	unidade	1	R\$ 2.82	R\$ 2.82
Registro de gaveta bruto 20 mm	unidade	2	R\$ 32.02	R\$ 64.04
Válvula de pé e crivo 25 mm	unidade	1	R\$ 65.22	R\$ 65.22
Válvula de retenção 25 mm	unidade	1	R\$ 65.90	R\$ 65.90
Bomba elétrica centrífuga 0.1 cv	unidade	1	R\$ 684.29	R\$ 684.29
Automático de boia superior, chave de partida e fita isolante	unidade	1	R\$ 527.00	R\$ 527.00
Ajudante de eletricista e eletricista	unidade	1	R\$ 430.66	R\$ 430.66
Valor Total				R\$ 1916,91

Fonte: o autor.

Tabela 28 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (rede de distribuição)

Material	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Tubo PVC marrom 25 mm	m	18	R\$ 5.94	R\$ 106.92
Tubo PVC marrom 20 mm	m	43	R\$ 4.82	R\$ 207.26
Joelho 90° 25 mm	unidade	5	R\$ 3.77	R\$ 18.85
Joelho 90° transição 25 mm para 20 mm	unidade	3	R\$ 5.84	R\$ 17.52
Joelho 90° 20 mm	unidade	6	R\$ 2.77	R\$ 16.62
Tê 25 mm	unidade	1	R\$ 5.55	R\$ 5.55
Tê 20 mm	unidade	2	R\$ 4.57	R\$ 7.78
Registro gaveta bruto 20 mm	unidade	3	R\$ 34.29	R\$ 102.87
Registro gaveta 25 mm	unidade	1	R\$ 36.69	R\$ 36.69
Adaptador com bolsa e rosca 25 mm	unidade	1	R\$ 2.94	R\$ 2.94
Caixa de água poliestireno 1500 litros	unidade	1	R\$ 852.67	R\$ 655.90
Valor total				R\$ 1178,90

Fonte: o autor.

Tabela 29 - Levantamento quantitativo e estimativa de custo (reservatório)

Material	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Escavação e transporte do solo	m ³	61.6	R\$ 54.57	R\$ 3361.51
Apiloamento do solo	m ³	16.5	R\$ 34.01	R\$ 561.16
Lastro de concreto magro e = 6 cm	m ³	0.99	R\$ 244.14	R\$ 18.16
Armadura de aço CA-50	kg	1100	R\$ 7.57	R\$ 8.327.00
Forma e desforma madeira de pinho	m ²	80	R\$ 82.36	R\$ 6.588.80
Concreto fck 25 MPa	m ³	13.75	R\$ 331.38	R\$ 4.556.48
Impermeabilização por cristalização	m ²	80	R\$ 21.04	R\$ 1.683.20
Tampa metálica do reservatório 2,25m x 2,25m	unidade	2	R\$ 219.68	R\$ 437.36
Valor total				R\$ 25.533,67

Fonte: o autor.

Somando os valores totais de cada etapa do sistema conforme tabela 26,27,28 e 29, encontrou-se uma estimativa de custo de implementação do sistema de captação e aproveitamento de água da escola de R\$ 52.967.80, caso o município veja a instalar o sistema.

7 ESTIMATIVA DE ECONOMIA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

7.1 Estimativa de economia na escola em estudo

Analisando a demanda de 26,67 m³ de água não potável conforme tabela 12 e o consumo da edificação conforme tabela 16, obteve-se um valor teórico referente a porcentagem de água potável que poderia ser economizada no mesmo período se utilizada a água proveniente da captação pluvial, conforme cálculo a seguir.

$$\text{Porcentagem de economia de água potável} = \frac{26,67}{76,485} \times 100 = 34,87 \% \quad (17)$$

A economia anual com a execução deste sistema chegaria a aproximadamente 303 mil litros de água potável. Aplicando as tarifas do SAAE, o município teria uma economia mensal de aproximadamente R\$ 105,90, procedendo numa redução do gasto público anual de até R\$ 1270,80.

7.2 Estimativa de economia no município

O levantamento da estimativa de economia para o município de Três Pontas para implementação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em todas as escolas urbana da cidade, analisou todos os pontos possíveis de utilização da água pluvial ou pontos parciais conforme disponibilidade de espaço para instalação do reservatório inferior, foi realizado a partir das medições de todos os telhados, informações do quantitativo de alunos e funcionários em cada escola, a demanda de água não potável que pode ser aproveitada da chuva e a disponibilização de espaço para implementação do reservatório inferior, demonstrado estes valores na tabela 30, encontrando uma estimativa de economia mensal de água potável de aproximadamente 759 mil litros de água.

Tabela 30 - Demanda de possível utilização de água pluvial

Escolas	Área de cobertura (m²)	Pontos de utilização	Demanda mês (m³)
M. Antonieta Ferracioli Duarte	1452.32	Banheiro dos alunos e Limpeza de pisos	174
M. Cônego Victor	970.38	Banheiro dos alunos e Limpeza de pisos	149
M. Prof. Nilda Rabelo Reis	2158.74	Banheiro dos alunos e Limpeza de pisos	208
M. Prof. João de Abreu Salgado	2401.6	Banheiro dos alunos e limpeza de pisos	128
M. Prof. Edna de Abreu	623.13	Banheiro professores e administrativo e limpeza de pisos	26,67
M. C. S. Manoel Jacinto de Abreu	578.76	Banheiro dos alunos e limpeza de pisos	27
M. Solange Mendonça Reis	399.57	Banheiro dos alunos e limpeza de pisos	47

Fonte: o autor.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do cenário atual de constante escassez de água no país, causadas principalmente pela falta de conscientização da conservação e uso irracional deste bem natural imprescindível para a sobrevivência humana, torna-se importante a implantação de métodos alternativos sustentáveis que visam a reduzir os impactos ambientais, equilibrar a relação oferta com a demanda e diminuir problemas de enchentes no escoamento superficial do sistema público de coleta. Um exemplo deste método de racionamento de água potável é o sistema de captação de aproveitamento de água pluvial.

O presente trabalho visou a um estudo sobre o aproveitamento de água de chuva para a Escola Municipal Edna de Abreu localizada na cidade de Três Pontas - MG, que recebe alunos entre 5 a 6 anos num total de 160 para o período letivo de 2018, com intuito de tornar o edifício mais ecologicamente sustentável e demonstrar principalmente aos pais dos alunos um exemplo de sustentabilidade e preservação do meio ambiente.

Inicialmente estimou-se o volume de captação através da área de contribuição do telhado da escola e a intensidade de chuva para a cidade em análise, estimada em 156,10 mm/h, com estes valores pode-se dimensionar os dispositivos de coleta e escoamento vertical e horizontal, garantindo um funcionamento eficaz dos mecanismos.

O volume gasto de água não potável foi levantado através de entrevistas com funcionários e pesquisas realizadas por outros autores a respeito da quantidade consumida nas bacias sanitárias de uma escola tipo EMEI (atende crianças de 5 a 6 anos) e para as limpezas de pisos, em que encontrou um volume total de 59,37 m³ de água não potável que poderia ser utilizado do sistema.

Através da demanda levantada e do volume de chuva disponível, encontrou-se os melhores pontos a serem atendidos, sem haver interrupção nem a necessidade de abastecimento de água potável neles, encontrando um consumo de aproximadamente 26,67 m³ ao mês nas áreas de limpezas dos pisos e bacias sanitárias das salas das professoras e do setor administrativo, sendo necessário um reservatório com dimensões internas de 7,50 x 2,20 m x 4,0 m (comprimento x largura x altura), instalado abaixo do piso do pátio interno.

Enfim, se a prefeitura realizar a implementação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, poderá reduzir seu consumo anual de água potável em aproximadamente 320 mil litros, acarretando numa redução dos gastos públicos no ano de quase R\$ 1270,80 e como a estimativa de custo de implementação foi de R\$ 52.967,80, o tempo de retorno financeiro seria de 42 anos.

Outro benefício de sua implementação seria a diminuição dos riscos de enchentes, pois o que antes seria despejada diretamente no sistema público de drenagem agora é aproveitado dentro da instituição e mesmo o tempo de retorno sendo alto, o sistema é viável no requisito sustentabilidade ecológica, objetivo principal deste trabalho demonstrar, sendo que se o município abrangesse para todas as escolas municipais a economia anual poderia chegar numa estimativa de 9.116.000,00 litros de água potável.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626 – **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.844 – **Instalações prediais de água pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217 – **Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.527 – **Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.
- AZEVEDO NETTO, J.M., et al. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 669p.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos; Ribeiro Júnior; Geraldo de Andrade. **Instalações hidráulicas prediais feitas para durar**, São Paulo: ProEditores, 1998. 238p.
- CARVALHO, Gabriela dos Santos. **Análise de uma proposta de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para uso em bacias sanitárias com caixa acoplada em residências unifamiliares**. 2007. 64f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro, São Paulo, 2007.
- CARVALHO JÚNIOR, Roberto. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 8. ed. São Paulo: Blucher, 2014. 342p.
- GOOGLE MAPS. **Localização da cidade de Três Pontas**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Tr%C3%AAAs+Pontas++MG,+37190000/@21.4106213,5.6380861,101256m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x94ca83eb92c9b969:0x7bcaf88db5210db1!8m2!3d-21.3697623!4d-45.5113389>>, acesso em 05 de maio de 2018.
- CREDER, HÉLIO. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2006. 423 p.
- DANCOR. **Indústria mecânica**. Disponível em :< http://www.dancor.com.br/dancor-siteiovo/public/uploads/tabela_de_selecai/Tabela%20Selecao%20Dancor%202017.pdf>, acesso em 29 de set. 2018
- ECOCASA. **Filtro VF2 (Acquasesave/3P Technik)**. 2018. Disponível em: < <https://www.ecocasa.com.br/kit-filtro-vf2>>. Acesso em: 10 set. 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama da cidade de Três Pontas**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/tres-pontas/panorama>>. Acesso em 05 de Maio 2018.

MACEDO, Jorge Antônio Barros. **Águas e Águas**. 3. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2007. 1027p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Água**. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf>. Acesso em 10 de set. 2018.

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

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 01 - Conceito de aproveitamento de água de chuva. [s.l]: Plínio Tomaz, 2011. Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em: 11 de set. 2018.

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, 2009. Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livros_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em: 11 de set. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 04 – Calhas e condutores. [s.l]: Plínio Tomaz, 2010. Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em: 12 de set. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis**. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Belo Horizonte – MG, 2007.

WERNECK, Guilherme Augusto Miguel. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí**. Dissertação apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do título de mestre. Rio de Janeiro, 2006.

YWASHIMA, L.A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análises de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. 2005. 312f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

APÊNDICE A – Subdivisão do telhado, locação das calhas, condutores verticais e condutores horizontais

APÊNDICE B – Sistema elevatório, isométrico, barriletes, colunas de água e rede de distribuição

APÊNDICE C – Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl com demanda de 60,34 m³

Mês	Área de Captação (m ²)	Precipitação (m)	c	Volume de chuva (m ³)	Volume descarte (m ³)	Volume Disponível I (m ³)	Volume Demanda (m ³)	Diferença entre Volume disponível e demanda (m ³)
Jan	623,13	0,2671	0,8	133,15	0,623	132,53	60,34	72,19
Fev	623	0,15	0,8	72,78	0,62	72,16	60,3	11,82
Mar	623,13	0,1335	0,8	66,55	0,623	65,93	60,34	5,59
Abr	623,1	0,047	0,8	23,62	0,623	23,00	60,34	-37,34
Mai	623,1	0,055	0,8	27,24	0,623	26,62	60,34	-33,72
Jun	623,1	0,039	0,8	19,44	0,623	18,82	60,34	-41,52
Jul	623,13	0,0116	0,8	5,78	0,623	5,16	60,34	-55,18
Ago	623,13	0,018	0,8	8,97	0,623	8,35	60,34	-51,99
Set	623,13	0,0597	0,8	29,76	0,623	29,14	60,34	-31,20
Out	623	0,11	0,8	56,72	0,62	56,10	60,3	-4,24
Nov	623,13	0,197	0,8	98,21	0,623	97,58	60,34	37,24
Dez	623,13	0,2271	0,8	113,23	0,623	112,61	60,34	52,27
Volume reservatório inferior (m ³)								255,19

APÊNDICE D – Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl com demanda de 38,17 m

Mês	Área de Captação (m ²)	Precipitação (m)	c	Volume de chuva (m ³)	Volume descarte (m ³)	Volume Disponível (m ³)	Volume Demanda (m ³)	Diferença entre volume disponível e demanda (m ³)
Jan	623,13	0,2671	0,8	133,15	0,623	132,53	38,17	94,36
Fev	623,1	0,146	0,8	72,78	0,623	72,16	38,17	33,99
Mar	623,1	0,134	0,8	66,55	0,623	65,93	38,17	27,76
Abr	623,1	0,047	0,8	23,62	0,623	23,00	38,17	-15,17
Mai	623,1	0,055	0,8	27,24	0,623	26,62	38,17	-11,55
Jun	623,1	0,039	0,8	19,44	0,623	18,82	38,17	-19,35
Jul	623,1	0,012	0,8	5,78	0,623	5,16	38,17	-33,01
Ago	623,1	0,018	0,8	8,97	0,623	8,35	38,17	-29,82
Set	623,13	0,0597	0,8	29,76	0,623	29,14	38,17	-9,03
Out	623,13	0,1138	0,8	56,72	0,623	56,10	38,17	17,93
Nov	623,13	0,197	0,8	98,21	0,623	97,58	38,17	59,41
Dez	623,13	0,2271	0,8	113,23	0,623	112,61	38,17	74,44
Volume reservatório inferior (m ³)								117,93

APÊNDICE E – Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl com demanda de 26,67 m³

Mês	Área de Captação (m ²)	Precipitação (m)	c	Volume de chuva (m ³)	Volume descarte (m ³)	Volume Disponível (m ³)	Volume Demanda (m ³)	Diferença entre volume disponível e demanda (m ³)
Jan	623,13	0,2671	0,8	133,15	0,623	132,53	26,67	106,48
Fev	623,13	0,146	0,8	72,78	0,623	72,16	26,67	46,11
Mar	623,13	0,1335	0,8	66,55	0,623	65,93	26,67	39,88
Abr	623,13	0,04738	0,8	23,62	0,623	23,00	26,67	-3,05
Mai	623,13	0,05464	0,8	27,24	0,623	26,62	26,67	0,57
Jun	623,13	0,039	0,8	19,44	0,623	18,82	26,67	-7,23
Jul	623,13	0,0116	0,8	5,78	0,623	5,16	26,67	-20,89
Ago	623,13	0,018	0,8	8,97	0,623	8,35	26,67	-17,70
Set	623,13	0,0597	0,8	29,76	0,623	29,14	26,67	3,90
Out	623,13	0,11378	0,8	56,72	0,623	56,10	26,67	30,05
Nov	623,13	0,197	0,8	98,21	0,623	97,58	26,67	71,54
Dez	623,13	0,22714	0,8	113,23	0,623	112,61	26,67	86,56
Volume reservatório inferior (m ³)								48,87

ANEXO A – Projeto arquitetônico da escola Municipal Professora Edna de Abreu

ANEXO B – Perdas de cargas localizadas e suas equivalências em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre (ABNT: NBR 5626/82)

DIÂMETRO NOMINAL	JOELHO 90º		JOELHO 45º		CURVA 90º	CURVA 45º	TÉ 90º PASSAGEM DIRETA	TÉ 90º SAÍDA DE LADO	TÉ 90º SAÍDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	SAÍDA DE CANALIZ.	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO	VALV. RETENÇÃO		REGISTRO GLOBO ABERTO	REGISTRO GAVETA ABERTO	REGISTRO ÂNGULO ABERTO
	90º	45º	90º	45º										TIPO LEVE	TIPO PESADO			
DN (ref)																		
mm (-)																		
15 (1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9	
20 (3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	2,4	0,4	1	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1	
25 (1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15	0,3	8,4	
32 (1 1/4)	2	1	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22	0,4	10,5	
40 (1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	7,3	1	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17	
50 (2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5	
60 (2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25	8,2	12,5	38	0,9	19	
75 (3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8	8	8	2	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40	0,9	20	
100 (4)	4,3	1,9	1,6	1	2,6	8,3	8,3	8,3	2,2	4	3,9	28,6	10,4	16	42,3	1	22,1	
125 (5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10	10	10	2,5	5	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2	
150 (6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9	

Fonte: ABNT: NBR 5626/1982 apud Tomaz (2010).

ANEXO C – Vazões e peso relativo aos aparelhos sanitários e peças 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	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,5	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: ABNT: NBR 5626/1998.