

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

LETÍCIA CRISTINA BATISTA

**ESTUDO DE CASO: PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL
PARA A ESCOLA MUNICIPAL NOSSA SENHORA APARECIDA NO MUNICÍPIO
DE TRÊS PONTAS-MG**

VARGINHA - MG

2019

LETÍCIA CRISTINA BATISTA

**ESTUDO DE CASO: PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL
PARA A ESCOLA MUNICIPAL NOSSA SENHORA APARECIDA NO MUNICÍPIO
DE TRÊS PONTAS-MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção de grau bacharel.

Orientação: Prof^ª. Esp. Luana Ferreira Mendes.

**VARGINHA - MG
2019**

LETÍCIA CRISTINA BATISTA

**ESTUDO DE CASO: PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL
PARA A ESCOLA MUNICIPAL NOSSA SENHORA APARECIDA NO MUNICÍPIO
DE TRÊS PONTAS-MG**

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

Aprovado em / /

Prof.^a. Esp. Luana Ferreira Mendes

Prof. Luane Carolina Mendes

Prof. Elker Lucas Garroni

OBS.:

Dedico este trabalho a minha mãe e meu pai que não mediram esforços para me apoiar e ajudar a chegar até esta etapa. E também ao restante da família por todo o apoio durante todo o curso, e aos amigos próximos por compreenderem e ajudar nessa fase.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar o discernimento para superar os momentos difíceis e por me proporcionar muitas alegrias. Aos meus pais, pela confiança depositada em mim, que sempre me apoiaram e incentivaram em todos os momentos da minha vida, sem medir esforços para me ajudar. Também aos meus irmãos, pelo apoio, amizade e paciência. Ao meu namorado Gustavo, por todo seu companheirismo, sua compreensão com os momentos que estive distante, por todo seu amor e apoio. Aos meus amigos e colegas, pela amizade, força, companheirismo nos momentos difíceis e por serem pessoas incríveis, especialmente ao Guthenberg por todos os conselhos e palavras de incentivos. A Maria Aparecida Vilela Brito, pela oportunidade e confiança depositada em mim ao decorrer do curso. A minha orientadora, Professora Especialista Luana Ferreira Mendes a aos docentes do curso de Engenharia Civil, por todos os ensinamentos e experiências apresentadas durante o curso.

"Determinação coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho."

(Dalai Lama)

RESUMO

Sistemas de aproveitamento de água da chuva são ferramentas com elevada capacidade de amenizar inundações, de combater a falta de água e de diminuir gastos financeiros, além de contribuir de maneira significativa para a preservação do meio ambiente. O presente trabalho tem como intuito apresentar um projeto aproveitamento de água pluvial para a Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida, situada na zona rural do município de Três Pontas-MG, sendo destinada para as descargas de bacia e lavagem dos pátios. Fez-se necessário estabelecer parâmetros conforme normas regulamentadoras e pesquisas bibliográficas, a fim de obter conhecimentos teóricos para a construção do mesmo. Posteriormente determinou as vazões e demandas das águas pluvias que serão utilizadas no projeto. Tornou-se necessário obter dados referente a séries históricas de precipitação para permitir a caracterização do regime de chuva da região, diagnosticar as dimensões da edificação, dimensões da cobertura e determinação do número de usuários. Após obter todo o dados necessário, foi possível calcular a intensidade de chuva, a área de cobertura, vazão de projeto, estimar o consumo de água não potável, calhas, condutores verticais, condutores horizontais, o volume a ser aproveitado de água pluvial, os reservatórios inferior e reservatório superior, o sistema elevatório e a rede de distribuição. Dessa maneira após realizar o projeto foi elaborado seu custo estimado, que resultou numa proposta de R\$ 52.938,37 para implantação.

Palavras-chave: Aproveitamento de Água Pluvial. Sustentabilidade. Instalações Hidráulicas Prediais.

ABSTRACT

Rainwater harvesting systems are tools with a high capacity to mitigate floods, combat water shortages and reduce financial expenses, and contribute significantly to the preservation of the environment. The present work aims to present a rainwater harvesting project for the Nossa Senhora Aparecida Municipal School, located in the rural area of the city of Três Pontas-MG, and intended for the discharge of the basin and washing the courtyards. It was necessary to establish parameters according to regulatory norms and bibliographical research, in order to obtain theoretical knowledge for its construction. Subsequently determined the flows and demands of rainwater that will be used in the project. It was necessary to obtain data referring to historical rainfall series to allow the characterization of the region's rainfall regime, to diagnose the building's dimensions, coverage dimensions and determination of the number of users. After obtaining all the necessary data, it was possible to calculate rainfall intensity, coverage area, project flow, estimate non-potable water consumption, gutters, vertical conductors, horizontal conductors, the amount of rainwater to be used, lower reservoirs and upper reservoir, the lifting system, the distribution network. Thus, after carrying out the project, its estimated cost was prepared, which resulted in a proposal of R\$ \$ 52.938,37 for implementation.

Keywords: *Use of Rainwater. Sustainability. Hydraulic Installations.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Área de contribuição.....	18
Figura 2-Tipos de calha.....	20
Figura 3-Modelo de filtro volumétrico e o seu processo de filtragem.....	24
Figura 4-Firts Flush.....	28
Figura 5-Localização da Escola e Igreja-MG.....	38
Figura 6- Telhas Cerâmicas edificação 1.....	39
Figura 7- Telhas Cerâmicas edificação 2.....	40
Figura 8- Telhas Fibrocimento edificação 3.....	40
Figura 9-Parâmetros de equações da cidade de Três Pontas.....	41
Figura 10-Modelo da Bomba.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Coeficiente de rugosidade.....	20
Tabela 2- Capacidade de calhas semicirculares (Vazão em L/min).	21
Tabela 3 Capacidade de condutores horizontais de seção circular (Vazões em L/min)	22
Tabela 4-Coefficientes de runoff médios.	23
Tabela 5-Pesos relativos nos pontos de utilização.	31
Tabela 6-Determinação do período de retorno.	32
Tabela 7 - Precipitação mensal de janeiro de 2008 até março de 2019 (mm).	33
Tabela 8- Precipitação mensal de janeiro de 2008 até março de 2019 (mm).	41
Tabela 9- Estimativa de demanda de água não potável.	45
Tabela 10–Dimensionamento das calhas.to das calhas.	46
Tabela 11-Dimensionamento dos condutores Horizontais	48
Tabela 12-Volume aproveitável da precipitação média mensal.	49
Tabela 13-Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl.	50
Tabela 14-Dimensionamento do reservatório inferior método de Azevedo	50
Tabela 15-Comprimento equivalente de sucção (D = 30mm).	52
Tabela 16-Comprimento equivalente de recalque (D = 25mm).	52
Tabela 17- Dimensionamento da rede de distribuição.	54
Tabela 18-Estimativa de custo total do sistema.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional das Águas

Dr – Diâmetro de Recalque

Ds – Diâmetro de Sucção

I ou i – Intensidade de precipitação

IDF – Intensidade, duração e frequência da chuva

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

UFV- Universidade Federal de Viçosa

UNIS/MG – Centro Universitário do Sul de Minas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. PROJETO TÉCNICO	17
3.1 Memorial descritivo	17
3.1.1 Caracterização do local em estudo.....	17
3.1.2 Aproveitamento de água pluvial	17
3.1.3 Elementos que compõem um sistema para captação de água pluvial	18
3.1.3.1 Áreas de captação.....	18
3.1.3.2 Vazão de projeto	19
3.1.3.3 Calhas	19
3.1.3.4 Condutores Verticais	21
3.1.3.5 Condutores Horizontais	22
3.1.3.6 Coeficientes de runoff	23
3.1.3.7 Filtros.....	24
3.1.3.8 Reservatórios	24
3.1.3.8.1 Método de Rippl.....	25
3.1.3.8.2 Método da Simulação	25
3.1.3.8.3 Método Azevedo Netto.....	26
3.1.3.8.4 Método Prático Alemão	26
3.1.3.8.5 Método Prático Inglês	26
3.1.3.8.6 Método Prático Australiano	27
3.1.4 Descartes da primeira água ou first flush	28
3.1.5 Extravasor.....	28
3.1.6 Bombas.....	29
3.1.7 Sistema de distribuição.....	30
3.1.8 Estimativa de precipitação média mensal	31
3.1.9 Definição da intensidade de precipitação	31
3.2 Memorial de calculo	33
3.2.1 Informações sobre a Escola	33

3.2.2 Estimativa de precipitação média mensal	33
3.2.3 Área de cobertura contribuinte	34
3.2.4 Definição da vazão de projeto	34
3.2.5 Estimativa da demanda de água não potável	34
3.2.6 Dimensionamento das calhas	35
3.2.7 Dimensionamento dos condutores verticais	35
3.2.8 Dimensionamento dos condutores horizontais	35
3.2.9 Determinação do volume aproveitável da precipitação média mensal	35
3.2.10 Dimensionamento dos reservatórios	36
3.2.11 Dimensionamento do sistema elevatório	36
3.2.10 Dimensionamento do sistema de distribuição	37
3.2.11 Elaboração do projeto técnico	37
3.2.12 Quantitativo de materiais e estimativa de custos	37
4 RESULTADO E DISCUSSÕES	38
4.1 Local de Estudo	38
4.2 Caracterização das edificações	39
4.3 Análises do sistema atual de edificação	39
4.4 Estimativa de precipitação média mensal	40
4.5 Cálculo da intensidade de precipitação	41
4.6 Cálculo da área contribuinte	42
4.7 Cálculo da vazão de projeto	43
4.8 Cálculo da demanda de água não potável	44
4.9 Dimensionamento das calhas	45
4.10 Dimensionamento dos condutores verticais	46
4.11 Dimensionamento dos condutores horizontais	47
4.12 Volume aproveitável da precipitação média mensal	49
4.13 Dimensionamentos dos reservatórios	49
4.13.1 Dimensionamento do reservatório inferior	49
4.13.2 Dimensionamento do Reservatório Superior	51
4.14 Dimensionamento do Sistema Elevatório	51
4.15 Dimensionamento do Sistema de Distribuição	53
5. ESTIMATIVA DE CUSTOS	55
6 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57

ANEXO A – PERDAS DE CARGAS LOCALIZADAS –PVC RÍGIDO OU COBRE	
.....	60
ANEXO B – TABELA PÂRAMETROS DE ENGENHARIA	61
APÊNDICE A- PROJETO ARQUITETÔNICO	62
APÊNDICE B- PROJETO TÉCNICO	63
APÊNDICE C	64

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, a deterioração dos recursos hídricos e o uso não racional têm levado o ser humano a procurar reduzir a demanda de água bem como a buscar novas fontes para o abastecimento. Uma das soluções em estudo para aumentar a oferta de água para as edificações é o aproveitamento da água pluvial.

Segundo Scherer (2003), as escolas são uma fonte potencial para a implantação de sistemas de aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis, por geralmente apresentarem grandes áreas de telhados e outras coberturas. Questões como o uso de equipamentos economizadores de água e a conscientização dos usuários para redução do consumo também são de suma importância. Contudo, para a implantação desses sistemas, é necessário verificar a economia de água potável, relacionando o custo e o benefício.

Dessa forma, este trabalho, além de apresentar o projeto completo de um sistema de aproveitamento de água pluvial para a Escola Municipal Nossa senhora Aparecida, tornando o local mais sustentável e reduzindo o consumo de água potável. Apresenta também o seu valor estimado de implantação, destacando-se em seu decorrer parâmetros normativos e cálculos utilizados para o dimensionamento do sistema e elaboração do projeto.

No capítulo 2 deste trabalho será abordado os objetivos do presente estudo, sendo proposto um projeto de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, e exposto os objetivos específicos que serão abordados.

No capítulo 3 será demonstrado o memorial descritivo do projeto sendo abordado toda metodologia utilizada para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial e as etapas a serem seguidas pelos cálculos. Em seguida foi realizado o memorial de cálculo e os resultados e discussões que com o auxílio dos dados levantados no memorial, foi possível elaborar os cálculos das áreas contribuinte, a vazão de projeto, o dimensionamento de calhas, condutores verticais e condutores horizontais, volume dos reservatórios, sistema elevatório, especificação da bomba e o sistema de distribuição. Após concluídas todas as etapas essenciais do projeto, foi possível realizar a estimativa de custos de implantação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho de conclusão de curso tem o objetivo de apresentar um projeto de captação e aproveitamento de água pluvial para Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida, localizada na Zona Rural Três Pontas, MG.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Caracterizar o local do estudo;
- Verificar o regime de chuva da região;
- Verificar a vazão de projeto da cobertura;
- Estimar o consumo de demanda;
- Dimensionar os equipamentos e dispositivos que integram o sistema de captação;
- Elaborar o projeto hidráulico de aproveitamento de água pluvial.
- Elaborar o memorial descritivo e o memorial de cálculo.
- Estimar o custo da implantação do sistema.

3. PROJETO TÉCNICO

3.1 Memorial descritivo

3.1.1 Caracterização do local em estudo

- Projeto: Sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis
- Destinação: Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida
- Endereço: Fazenda Esmeralda, zona rural do município de Três Pontas- Mg.
- Área construída: 570,97 m²
- Área do terreno: 1827,50 m²

3.1.2 Aproveitamento de água pluvial

O aproveitamento de água pluvial é uma medida que se enquadra nos princípios da construção sustentável, pois gera pouco impacto a qualidade ambiental, principalmente com relação aos recursos hídricos. Além disso, proporciona uma economia no uso de água potável fornecida pela rede pública de abastecimento (SCHERER & FENDRICH, 2004).

Montibeller & Schmidt (2004) afirmam que a água pluvial pode ser aproveitada e utilizada com as mais variadas finalidades, como o uso doméstico, o industrial e o agrícola. Complementam ainda, que a utilização desta técnica vem crescendo e se difundindo cada vez mais no mundo todo.

Para Mano e Schmitt (2004), a água de chuva pode ser utilizada de forma parcial ou total. O uso parcial compreende aplicações específicas no aproveitamento, já o uso total abrange o fornecimento da água para o consumo humano, higiene pessoal, alimentação, entre outras aplicações.

O tratamento da água pluvial irá depender da destinação final a qual será dada. Utilização da água para fins não potáveis não necessitam de longos processos de purificação. Para um tratamento simples, podem-se usar processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração. Já a água captada que será dada para consumo humano, recomenda-se utilizar tratamentos mais complexos, como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa (MAY & PRADO, 2004).

3.1.3 Elementos que compõem um sistema para captação de água pluvial

O sistema de captação da água pluvial pode ser simples ou de complexas instalações podendo conter diversos tipos de dispositivos. Os sistemas simples dependem fundamentalmente de três elementos: precipitação, condutos horizontais e verticais e do reservatório de armazenamento. Já os sistemas complexos, são indicados para empreendimentos de grande porte, pois requerem assistência profissional, investimentos e reservatórios maiores ou interligados para armazenar grandes volumes de água (WATERFALL, 2002).

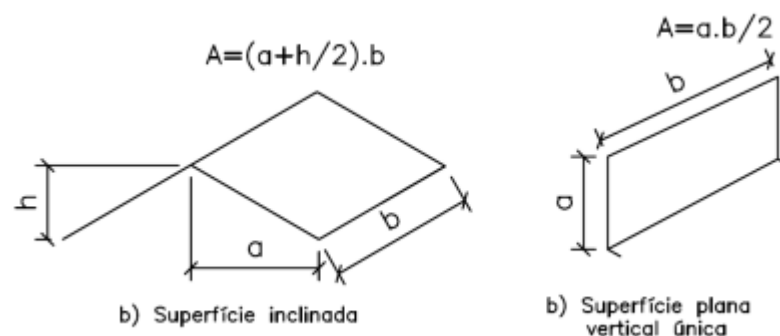
3.1.3.1 Áreas de captação

A área de captação geralmente é referente aos telhados de casas ou indústrias, sendo que os telhados podem ser inclinados ou planos. As telhas são feitas por vários tipos de materiais, por exemplo: cerâmicas, fibrocimento, zinco entre outros meios (TOMAZ, 2003).

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989) as áreas de captação devem possuir uma inclinação mínima de 0,5% para garantir o escoamento até os pontos previstos para realizar a drenagem, sendo que esses pontos devem ser superiores a um. Caso a área de captação possua uma grande área pode se fazer necessário a divisão em pequenas áreas de caimento para garantir a efetividade do sistema.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) define também algumas fórmulas para encontrar a área de contribuição de diferentes tipos de coberturas, como mostra na Figura 1.

Figura 1-Área de contribuição.



Fonte: Adaptado (ABNT, 1989).

Sendo:

A = área de contribuição, expressa em metros quadrados (m²);

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).

3.1.3.2 Vazão de projeto

Quando ocorrem as precipitações, a água pluvial é captada pelo telhado e imediatamente conduzida para as calhas e os condutores. Deste modo, a NBR 10844 (ABNT, 1989) determina que a vazão de projeto é a vazão de referência para se dimensionar calhas e condutores. E de acordo com essa norma, a vazão pode ser encontrada pela seguinte fórmula:

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

Onde:

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

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

A - é a área de contribuição, devendo ser expressa em metros quadrados (m²)

3.1.3.3 Calhas

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

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

Figura 2-Tipos de calha



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

Para efeito de dimensionamento, esta norma indica que para o cálculo das calhas, deve-se utilizar a fórmula de Manning-Strickler juntamente com a do raio hidráulico, como pode-se ver a seguir:

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

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (3)$$

Onde:

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

S - é a área da seção molhada, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

n - é o coeficiente de rugosidade (Tabela 1);

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

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

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

K - valor igual a 60.000.

Para a aplicação da equação acima, é necessário adotar um valor para o coeficiente de rugosidade de acordo com o material que será empregado, conforme a Tabela 1 abaixo:

Tabela 1- Coeficiente de rugosidade.

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: Adaptado de ABNT (1989).

A Tabela 2 a seguir, usa o coeficiente de rugosidade de 0,011 para definir a capacidade de calhas semicirculares com relação a sua inclinação, onde todos os valores foram obtidos pela fórmula de Manning-Strickler descrita anteriormente.

Tabela 2- Capacidade de calhas semicirculares (Vazão em L/min).

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

Fonte: Adaptado da NBR 10844 (ABNT, 1989).

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

3.1.3.4 Condutores Verticais

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), condutor vertical é definido como a “tubulação vertical destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício”. A norma também determina que os condutores verticais devem ser projetados em uma só prumada sempre que possível e, quando necessário o desvio, o mesmo deve ser feito utilizando-se curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, e serem previstas peças de inspeção. O diâmetro interno mínimo dos condutores de seção circular é 70 mm.

Devido à dificuldade de determinação de diâmetros através dos ábacos apresentados pela NBR 10844 (ABNT, 1989) para vazões pequenas e a inexistência de fórmulas hidráulicas de dimensionamento, são utilizadas referências internacionais, como o *Uniform Plumbing Code*, que estabelece requisitos mínimos e padrões para proteção da saúde pública, segurança e bem-estar.

A equação a seguir permite a verificação da máxima vazão nos condutores verticais, para que os mesmos trabalhem em regime de escoamento livre.

$$Q = 0,019 \times T_0^{5/3} \times D^{8/3} \quad (4)$$

Para o cálculo do diâmetro de condutores verticais, será considerada a vazão encontrada para cada .Dessa forma, será determinado o diâmetro necessário para a condução da vazão de projeto canalizada por cada calha, sendo adotado um diâmetro comercial igual ou superior ao diâmetro encontrado na equação.

3.1.3.5 Condutores Horizontais

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), condutor horizontal é o “canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais até os locais permitidos pelos dispositivos legais”. A norma determina que os condutores horizontais devem ser projetados com declividade uniforme de valor mínimo 0,5% sempre que possível e que o dimensionamento de seções circulares deve ser realizado para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo.

Para o dimensionamento dos condutores horizontais deste projeto, será utilizada a Tabela 3, com as vazões para tubos de diversos materiais e inclinações usuais, calculadas através da fórmula de Manning-Strickler, disponibilizada pela NBR 10844 (ABNT,1989).

Tabela 3 Capacidade de condutores horizontais de seção circular (Vazões em L/min)

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

Fonte: Adaptado da NBR 10844 (ABNT, 1989).

3.1.3.6 Coeficientes de runoff

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

Dessa forma, Tomaz (2009b), afirma que para se desenvolverem cálculos, o volume de água da chuva que pode ser utilizado é diferente do volume de água precipitado, uma vez que existem perdas de volume por evaporação, limpeza do telhado, em processos de autolimpeza e outras. A Tabela 4 apresenta o coeficiente de *runoff* para diferentes tipos de matérias que podem estar presentes na composição das coberturas mais usuais.

Tabela 4-Coeficientes de runoff médios.

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

Fonte: (TOMAZ, 2010b).

De acordo com Tomaz (2010b), ele afirma que o valor mais adequado para se adotar no cálculo, é $C=0,95$. Assim, para encontrar o volume aproveitável de água da chuva utilizando o coeficiente de *run off*, pode-se usar a seguinte fórmula:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush} \quad (5)$$

Onde:

V - é o volume da água pluvial aproveitável em litros;

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

A - é a área do telhado em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

C - é o coeficiente de *run off* do telhado (adimensional);

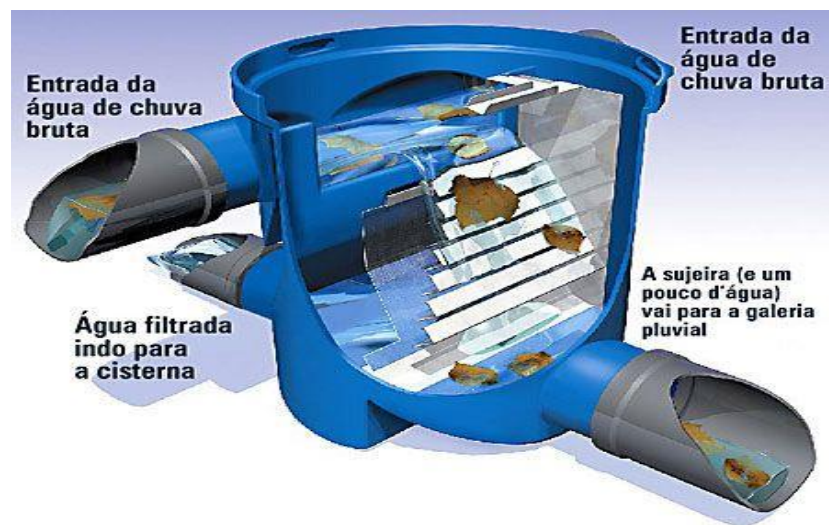
η - é o rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema.

3.1.3.7 Filtros

Os filtros são elementos colocados normalmente na tubulação que antecede ao reservatório, com a função principal de retirar da água a maior quantidade possível de sedimentos e detritos de pequeno porte, provenientes da água da chuva, proporcionando assim uma água com melhor qualidade e com um menor índice de microrganismos e algas (RODRIGUES, 2010).

De acordo com Tomaz (2010a), ele diz que entre todos os tipos de filtro que é possível encontrar no mercado, o melhor para se utilizar que possui um elevado grau de eficiência é o filtro volumétrico, pois independentemente da quantidade de água que passa por ele o filtro elimina constantemente os detritos. Então, o autor destaca que este tipo de filtro, contém peneiras que praticam uma limpeza automática, mas geram perdas de aproximadamente de 20% a 55%, por causa do processo de filtragem e descarte dos detritos.

Figura 3-Modelo de filtro volumétrico e o seu processo de filtragem.



Fonte: Aquesol,2018.

3.1.3.8 Reservatórios

Os reservatórios de água pluvial, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), no seu dimensionamento poderá se utilizar seis métodos diferentes, onde ficará a cargo do projetista a definição de qual o melhor método para empregar ao tipo de projeto que está sendo realizado. Sendo assim, todos esses métodos serão demonstrados.

3.1.3.8.1 Método de Rippl

Para o dimensionamento neste método pode-se utilizar séries históricas, mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (6)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação} \quad (7)$$

$$V = \sum S_{(t)} \text{ Somente Para Valores } S_{(t)} > 0 \quad (8)$$

Onde:

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

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

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

V - é o volume necessário para reservatório;

C - é o coeficiente de escoamento superficial.

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

3.1.3.8.2 Método da Simulação

No método da Simulação, não se deve considerar a evaporação da água. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (9)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação} \quad (10)$$

Onde:

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

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

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

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

V - é o volume do reservatório definido;

C - é o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *run off*.

3.1.3.8.3 Método Azevedo Netto

Neste método, o volume de chuva é encontrado pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (12)$$

Onde:

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

T - é a quantidade de meses de pouca chuva ou seca;

A - é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

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

3.1.3.8.4 Método Prático Alemão

Método empírico, onde se considera o menor valor do volume do reservatório. Assim, é empregado 6% do volume anual de consumo ou do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín.} (V; D) \times 0,06 \quad (13)$$

Onde:

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

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

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

3.1.3.8.5 Método Prático Inglês

No método Prático Inglês, o volume de chuva é encontrado por meio da seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (14)$$

Onde:

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

A - é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

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

3.1.3.8.6 Método Prático Australiano

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

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (15)$$

Onde:

C - é o coeficiente de escoamento superficial, sendo usualmente 0,8;

P - é a precipitação média mensal, devendo ser expressa em (mm);

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

A - é a área de captação, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

Q - é o volume mensal gerado pela chuva.

Na sequência, é necessário realizar o cálculo do volume do reservatório, onde este deve ser desenvolvido por meio de tentativas, até que sejam empregados valores obtidos de confiança.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (16)$$

Onde:

Q_t - é o volume mensal gerado pela chuva no mês t ;

V_t - é o volume de água encontrado no tanque no final do mês t ;

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

D_t - é a demanda mensal;

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

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

O volume do tanque designando será T .

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

$$P_r = N_r / N \quad (17)$$

Onde:

P_r - é a falha;

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

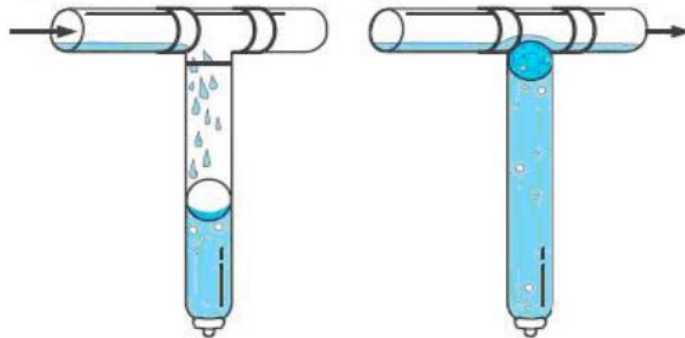
$$\text{Confiança} = (1 - P_r) \quad (18)$$

É aconselhado, que os valores de confiança fiquem entre 90% e 99%.

3.1.4 Descartes da primeira água ou first flush

A grande parte de toda a sujeira contida no telhado é movida juntamente com a primeira água da chuva. Sendo assim, quando se implanta o sistema *first flush*, toda a água contaminada nos primeiros minutos de chuva será descartada através de uma derivação auto-limpante. E ainda que sejam poucas as pesquisas sobre o *first flush* em superfícies impermeáveis como as avenidas e ruas, essas ainda são maiores do que as averiguações desenvolvidas para as coberturas de sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial (TOMAZ, 2010b).

Figura 4-Firts Flush



Fonte: Collect-Rainwater,2018.

3.1.5 Extravasor

O extravasor é em geral um tubo saliente de 75mm ou 100mm que é colocado acima do nível máximo de água da calha calculado. Ele é colocado no ponto alto da calha, e recomendando-se que a calha tenha sempre dois trechos inclinados com 0,5% até 2% caindo

cada trecho para um coletor vertical. Em caso em que não haja possibilidade de se colocar o extravasor no meio, o mesmo pode ser feito junto ao coletor próximo aos cantos. (TOMAZ, 2003).

3.1.6 Bombas

As bombas são elementos mecânicos que transmitem energia necessária a água, para que esta se eleve de um ponto ao outro no interior de uma tubulação. E em grande parte dos casos, as bombas usadas para o transporte de água são as centrífugas ativadas por motores elétricos, e elas podem ser fabricadas de variados modelos (Netto, 1998).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) diz que deve-se considerar todas recomendações referentes as tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.

Para que seja calculado todo o conjunto elevatório, o autor Netto (1998) indica as seguintes fórmulas:

Determinação do diâmetro de recalque, conforme Bresse:

$$\emptyset \text{ recalque} = k x \sqrt{Q} \quad (19)$$

Determinação do diâmetro de recalque com relação as horas de funcionamento do conjunto motor-bomba, conforme a NBR 5626 (ABNT, 1998):

$$\emptyset \text{ recalque ABNT} = 1,3 x X^{0,25} x \sqrt{Q} \quad (20)$$

Determinação da perda de carga com relação ao comprimento da tubulação e perdas localizadas, conforme Hazen-Williams:

$$Hf = \frac{10,641}{C^{1,85}} x \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} x L \quad (21)$$

Determinação da potência do conjunto motor-bomba:

$$Hman = Hg + \sum Hf \quad (22)$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \mu} \quad (23)$$

Sendo:

K - Coeficiente = 1,2;

Q - Vazão de projeto, devendo ser expressa em metros cúbicos por segundo (m³/s);

X - Relação entre horas de funcionamento diário e 24 h;

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

C - Coeficiente Hazen-Williams;

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

L - Comprimento das tubulações, devendo ser expresso em metros (m);

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

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

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

γ - Peso específico da água;

μ - Rendimento do conjunto motor-bomba.

3.1.7 Sistema de distribuição

Para o dimensionamento da coluna, barrilete e do ramal de distribuição serão seguidas as orientações da NBR 5626 (ABNT, 1998) quanto ao procedimento de dimensionamento de tubulações da rede predial de distribuição.

Para estimar a vazão das peças a serem atendidas na edificação será utilizada a equação abaixo. A norma também apresenta a Tabela 5 e o Anexo A com os pesos relativos das peças usuais, os quais serão utilizados para a elaboração deste trabalho. O diâmetro das tubulações será pré-definido de acordo com a vazão passante na mesma e alterados se necessário.

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P} \quad (24)$$

Sendo:

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

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

Tabela 5-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 NBR 5626 (ABNT, 1998) é através da equação de Fair-Whipple, com uma perda de carga máxima para tubo PVC de 8%.

$$J = 0,000865 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \quad (25)$$

Onde:

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

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

D = diâmetro, expresso em milímetros (mm).

3.1.8 Estimativa de precipitação média mensal

Para realizar o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial, é importante analisar os dados históricos quanto à precipitação no local de estudo, podendo ser encontrados dados anuais, mensais, diários ou até mesmo horários. Com esses dados, é possível estimar o volume de precipitação média da região.

Instituições como a Agência Nacional das Águas (ANA) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), através de estações meteorológicas, realizam medições referentes a diversos fenômenos naturais que atuam em determinada região. Na região do sul de Minas Gerais, a precipitação média mensal é fornecida pela Fundação Procafé.

3.1.9 Definição da intensidade de precipitação

Com o objetivo principal de estimar a intensidade, a duração e a frequência (IDF) de chuva de um determinado local, a Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1997) juntamente

com os Departamentos de Engenharia Agrícola e Engenharia Civil, desenvolveu o software Plúvio, que possibilita aos usuários obter as precipitações para várias regiões do Brasil.

A determinação dos valores relacionados a intensidade de precipitação do município de Três Pontas-MG, será realizada através da equação de intensidade de precipitação, em conjunto com os dados fornecidos pelo *software Plúvio* e atendendo os valores normativos para o período de retorno (T) e a duração (t).

$$Im = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (26)$$

Onde:

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

T - é o período de retorno em anos;

t - é a duração da precipitação em minutos;

K - parâmetro relativo à localidade;

a - parâmetro relativo à localidade;

b - parâmetro relativo à localidade;

c - parâmetro relativo à localidade.

Os parâmetros K, a, b, c são fornecidos pelo software Plúvio. Já os parâmetros T e t são encontrados na NBR 10844 (ABNT, 1989). Segundo a norma, o valor da duração da precipitação (t) é fixado em 5 minutos. Já o período de retorno (T) é obtido de acordo com a área a ser drenada, conforme Tabela 6 a seguir.

Tabela 6-Determinação do período de retorno.

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

Fonte: Adaptado da NBR 10844 (ABNT, 1989).

3.2 Memorial de calculo

3.2.1 Informações sobre a Escola

A Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida, está localizada na Zona rural do município de Três Pontas-MG. Para obter informações necessárias para a elaboração do projeto de captação de aproveitamento de água pluvial na Escola, foi realizadas visitas técnicas, reuniões com o Diretor e verificação do projeto arquitetônico, todos esses dados obtidos serão de suma importância para agregar com os conhecimentos básicos para a realização do projeto.

3.2.2 Estimativa de precipitação média mensal

O município de Três Pontas-MG, não contém dados históricos de precipitações de chuva. Então, com a finalidade de encontrar o valor da precipitação média mensal que pode ocorrer no local de estudo, serão utilizados valores de precipitações mensais registrados de janeiro de 2008 a março de 2019 do município de Varginha-MG, fornecidos pela Fundação Pró Café. Conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Precipitação mensal de janeiro de 2008 até março de 2019 (mm).

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Ano												
2008	261	189	302	205	35	34	0	34	85	138	248	143
2009	271	211	240	59	38	44	20	40	123	163	101	16
2010	207	149	116	21	12	15	8	0	75	101	227	194
2011	367	91	338	94	3	18	0	11	1	119	110	226
2012	374	54	191	83	35	126	23	0	30	47	154	229
2013	470	242	173	63	74	33	31	1	45	105	213	189
2014	79	13	124	87	15	5	34	16	47	53	129	164
2015	126	124	196	77	50	9	6	18	135	40	326	171
2016	344	181	174	23	1	58	0	0	13	149	189	166
2017	154	72	129	35	67	44	1	16	66	122	145	261
2018	188	166,2	68,2	16,8	27	26,8	2,4	75,4	103,6	116,2	157,8	207,2
2019	164,6	298	193,2									

Fonte: Adaptado de Fundação Procafé (2019).

3.2.3 Área de cobertura contribuinte

Utilizando como base o projeto arquitetônico do local, e também através de visitas técnicas serão obtidos dados relacionados à área e a inclinação da cobertura, que proporcionarão o desenvolvimento do cálculo da área contribuinte, ver item (3.1.3.1).

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

3.2.4 Definição da vazão de projeto

Depois que estabelecer a intensidade da chuva e o valor da área contribuinte, será possível definir a vazão de projeto, onde este parâmetro possibilitará a obtenção da quantidade de litros de água que pode ser captada pela cobertura, além disso, poderá ser usado no dimensionamento de calhas e condutores, ver item (3.1.3.2).

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

3.2.5 Estimativa da demanda de água não potável

Para desenvolver um projeto de aproveitamento de água pluvial capaz de suprir a demanda das edificações, será considerado um consumo de acordo com o número de pessoas que utilizam o local. Logo, o volume armazenado pelo reservatório será destinado ao uso em descargas da bacia sanitária e para lavagem dos pátios.

Tomaz (2003) estima que o consumo para bacias sanitárias seja de 9,0 L/descarga e para a lavagem de pátios 2,0 L/m². Além disso, o autor também estima uma frequência aproximada de utilização de bacias sanitárias de 2 vezes/dia para escolas e pátios geralmente são lavados 1 vez a cada 15 dias a 2 vezes/semana. Em caso de pátios de refeitórios, a limpeza é realizada diariamente.

Para o desenvolvimento deste trabalho, será considerado um consumo de 9,0 L/descarga e 2,0 L/m² de pátio. Será considerada a frequência de utilização de bacias sanitárias como sendo 2 vezes/dia/pessoa, e a lavagem de pátios será realizada 2 vez durante a semana.

3.2.6 Dimensionamento das calhas

Depois de obter a vazão de projeto, o volume de água encontrado será direcionado para as calhas, que serão calculadas de acordo com a NBR 10844 (item 3.1.3.3). Para a definição do diâmetro das calhas a serem utilizadas na edificação em estudo serão considerados os parâmetros apresentados na Tabela 1, referente a capacidade de calhas semicirculares para determinados valores de declividade, disponibilizada pela NBR 10844 (ABNT, 1989).

3.2.7 Dimensionamento dos condutores verticais

Com a equação 4 para dimensionamento de condutores verticais (ver item 3.1.3.4), pode-se dar início a determinação dos diâmetros dos condutores verticais.

$$Q = 0,019 \times T^{5/3} \times D^{8/3}$$

Para o cálculo do diâmetro de condutores verticais, será considerada a vazão encontrada para cada. Dessa forma, será determinado o diâmetro necessário para a condução da vazão de projeto canalizada por cada calha, sendo adotado um diâmetro comercial igual ou superior ao diâmetro encontrado na equação.

3.2.8 Dimensionamento dos condutores horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais deste projeto, será utilizada a Tabela 3 (ver item 3.1.3.5), com as vazões para tubos de diversos materiais e inclinações usuais.

Os condutores horizontais serão de PVC, interligando os condutores verticais e o reservatório. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), os condutores horizontais devem ser projetados com declividade uniforme de valor mínimo 0,5% sempre que possível.

3.2.9 Determinação do volume aproveitável da precipitação média mensal

Através da equação de volume aproveitável (ver item 3.2.3.6) é possível desenvolver a estimativa de volume de água pluvial aproveitável em cada mês do ano.

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush}$$

3.2.10 Dimensionamento dos reservatórios

Para o dimensionamento do reservatório inferior será utilizado o Método de Rippl e o Método Azevedo Netto, (ver item 3.1.3.8.1 e 3.1.3.8.3). Segundo Tomaz (2011), por causa da sua simplicidade e facilidade de aplicação, o método de Rippl se tornou o mais usual. Geralmente, ele demonstra o valor máximo do volume do reservatório, se tornando de importante utilização para que se tenha uma referência do volume limite.

O reservatório superior será dimensionado visando atender a demanda de água não potável da edificação, visando atender aproximadamente 2 dias de utilização sem necessidade de acionamento do sistema elevatório.

3.2.11 Dimensionamento do sistema elevatório

Para conduzir o volume armazenado no reservatório inferior para o reservatório superior, será implantado um sistema elevatório composto por tubulações de sucção, tubulações de recalque e o conjunto motor-bomba com potência suficiente para impulsionar a água, de forma que esta se eleve e vença toda a altura geométrica do sistema.

Sendo assim, o sistema será dimensionado através das equações descritas no (item 3.1.6), e a seguir :

$$Dr = 1,3x \sqrt[4]{\frac{T}{24}} x \sqrt{Q}$$

$$Jun = \frac{10,643 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

$$Hman = Hg + \Sigma \Delta Hfs + \Sigma \Delta Hfr$$

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

3.2.10 Dimensionamento do sistema de distribuição

O dimensionamento da rede de distribuição da Escola, será realizadas de acordo com as orientações da NBR 5626 (ABNT, 1998), atendendo todos os limites mínimos e máximos de pressão, velocidade máxima permitida e a perda de cargas nas tubulações.

3.2.11 Elaboração do projeto técnico

De posse dos resultados obtidos no dimensionamento dos sistemas, das visitas e entrevistas para coleta de dados e do projeto arquitetônico apresentado no Apêndice A, será elaborado o projeto técnico. Este será desenvolvido no software AutoCad e posteriormente apresentado no apêndice B, possibilitando uma visão mais detalhada do projeto, indicando toda a dimensão do sistema e de seus componentes, como o posicionamento de calhas, condutores, reservatórios e demais elementos participantes do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial da Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida.

3.2.12 Quantitativo de materiais e estimativa de custos

Finalizados os cálculos e a elaboração do projeto hidráulico com todo o detalhamento do sistema, será levantado o quantitativo de materiais de acordo com os elementos a serem implantados na execução do mesmo. Através do quantitativo de materiais, será apurado o valor de cada componente contabilizado, 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 de edificação. Dessa forma, será possível estimar o valor total a ser investido para que o projeto desenvolvido seja executado.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

4.1 Local de Estudo

A Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida está localizada na Fazenda Esmeralda no município de Três Pontas, MG. Ela foi inaugurada em 1985 e dispõe em suas instalações um total de 11 funcionários, sendo 6 professores, 3 profissionais responsáveis pela limpeza e refeição, 2 profissionais no setor administrativo e 87 alunos matriculados no período matutino cursando a fase introdutória ao quinto ano do ensino fundamental, com uma faixa etária de 4 a 12 anos. Atualmente o abastecimento de água da escola é feito por poço artesiano. Ao lado da escola encontra-se uma igreja.

A Figura 5 a seguir, mostra a localização da escola e da igreja.

Figura 5-Localização da Escola e Igreja-MG.



Fonte: Google Maps (2019).

4.2 Caracterização das edificações

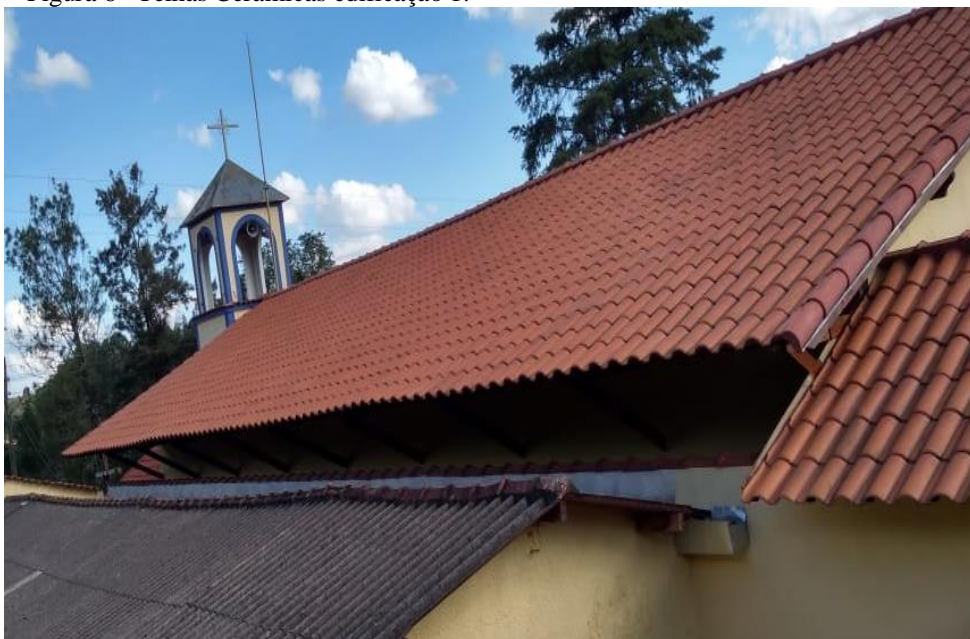
Para realização do projeto será utilizado à área de cobertura da escola e da igreja. As edificações não contém nenhum tipo de estrutura para captação de água pluvial (calhas, condutores verticais e horizontais), onde deverá ser projetado todo seu sistema.

As edificações possuem 570,97 m² de área total construída em um terreno com 1827,50 m² de área, contendo na escola uma área de recepção, sete salas de ensino, material didático, dois depósitos, uma secretaria, possui também uma cozinha com um refeitório, uma área de serviço, dois banheiros masculinos, dois banheiros femininos, pátio e circulação. Na Igreja possui um salão principal, uma sacristia, um átrio e um banheiro, conforme mostra o Apêndice A.

4.3 Análises do sistema atual de edificação

Por meio de visitas no local foi possível levantar dados e fazer uma análise preliminar em relação à edificação. Sendo assim foi verificado que a mesma é dotada por dois tipos de materiais diferentes de telhados, sendo duas partes constituídas de telhas em cerâmica com inclinação de 35% e 27% (ver figura 6 e 7) e a outra em telhas fibrocimento com inclinação de 30% (ver figura 8).

Figura 6– Telhas Cerâmicas edificação 1.



Fonte: Autora,2019.

Figura 7– Telhas Cerâmicas edificação 2.



Fonte: Autora,2019.

Figura 8– Telhas Fibrocimento edificação 3



Fonte: Autora,2019.

4.4 Estimativa de precipitação média mensal

Através dos valores apresentados pela série histórica de precipitação na cidade de Varginha-MG (Tabela 7, ver item 3.3.2), foi possível desenvolver a Tabela 8 a seguir, que utiliza o método da média aritmética para encontrar os valores de precipitação média mensal, para cada mês do ano.

Tabela 8- Precipitação mensal de janeiro de 2008 até março de 2019 (mm).

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Ano												
2008	261	189	302	205	35	34	0	34	85	138	248	143
2009	271	211	240	59	38	44	20	40	123	163	101	16
2010	207	149	116	21	12	15	8	0	75	101	227	194
2011	367	91	338	94	3	18	0	11	1	119	110	226
2012	374	54	191	83	35	126	23	0	30	47	154	229
2013	470	242	173	63	74	33	31	1	45	105	213	189
2014	79	13	124	87	15	5	34	16	47	53	129	164
2015	126	124	196	77	50	9	6	18	135	40	326	171
2016	344	181	174	23	1	58	0	0	13	149	189	166
2017	154	72	129	35	67	44	1	16	66	122	145	261
2018	188	166,2	68,2	16,8	27	26,8	2,4	75,4	103,6	116,2	157,8	207,2
2019	164,6	298	193,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	3005,6	1790,2	2244,4	763,8	357	412,8	125,4	211,4	723,6	1153,2	1999,8	1966,2
Média	250,47	149,18	187,03	69,45	32,45	37,52	11,4	19,22	65,78	104,83	181,8	178,74

Fonte: Adaptado de Fundação Procafé (2019).

Ao analisar a Tabela 8, nota-se que os valores precipitados no mês de janeiro são na maioria das vezes os maiores registrados entre todos os meses, resultando assim, para o mês de janeiro a maior média de precipitação mensal.

4.5 Cálculo da intensidade de precipitação

Para determinar a equação de intensidade, duração e frequência (IDF) e dos valores de (K, a, b, c), foi utilizado o software Plúvio 2.1.

Figura 9–Parâmetros de equações da cidade de Três Pontas.



Fonte:Pluvio,2019.

Considerando um tempo de retorno (T) recomendado de 5 anos e uma duração (t) de 5 minutos, ambos normativos, tornou-se possível a realização do cálculo da intensidade de precipitação para a cidade de Três Pontas, demonstrado a seguir:

$$I_m = \frac{5690,461 \times 5^{0,200}}{(5 + 32,626)^{1,080}} = 156,10 \text{ mm/h}$$

O valor obtido da intensidade de precipitação é fundamental para que possa ser definida a vazão de projeto da cobertura da edificação em estudo.

4.6 Cálculo da área contribuinte

Analisando o projeto arquitetônico foi possível encontrar os dados referentes às dimensões de cobertura das edificações, o que permitiu a realização dos seguintes cálculos das áreas.

Edificação 1:

$$\text{Área da cobertura} : \left(5,71 + \frac{1,55}{2} \right) \times 21,47 = 139,15 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da cobertura} : \left(5,71 + \frac{1,55}{2} \right) \times 21,47 = 139,15 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da cobertura} : \left(3,55 + \frac{0,95}{2} \right) \times 5,05 = 20,32 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da cobertura} : \left(3,55 + \frac{0,95}{2} \right) \times 5,05 = 20,32 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total da cobertura 1} = 318,95 \text{ m}^2$$

Edificação 2:

$$\text{Área da cobertura} : \left(3,35 + \frac{11,17}{2} \right) \times 26,70 = 105,06 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da cobertura} : \left(3,35 + \frac{11,17}{2} \right) \times 26,70 = 105,06 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da cobertura} : \left(1,65 + \frac{0,58}{2} \right) \times 21,30 = 41,33 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total da cobertura:} = 251,43 \text{ m}^2$$

Edificação 3:

$$\text{Área da cobertura} : \left(5,13 + \frac{1,53}{2} \right) \times 21,43 = 126,33 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da cobertura} : \left(5,13 + \frac{1,53}{2} \right) \times 21,43 = 126,33 \text{ m}^2$$

$$\text{Área da cobertura} : \left(1,60 + \frac{0,48}{2} \right) \times 7,32 = 13,46 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total da cobertura:} = 266,12 \text{ m}^2$$

$$\text{Área total contribuinte das edificações:} 836,50 \text{ m}^2$$

O valor da área contribuinte é fundamental, para estabelecer a vazão de projeto da cobertura das edificações em estudo.

4.7 Cálculo da vazão de projeto

Após obter os valores referentes à intensidade de precipitação e das áreas de contribuição, é possível determinar a vazão de projeto que será apresentada abaixo.

Edificação 1

$$Q1 = \frac{156,10 \text{ mm/h} \times 318,95 \text{ m}^2}{60} = 829,80 \text{ litros/min}$$

Edificação 2

$$Q2 = \frac{156,10 \text{ mm/h} \times 251,43 \text{ m}^2}{60} = 654,13 \text{ litros/min}$$

Edificação 3

$$Q3 = \frac{156,10 \text{ mm/h} \times 266,12 \text{ m}^2}{60} = 692,35 \text{ litros/min}$$

$$Q \text{ total} = 2176,28 \text{ litros/min}$$

4.8 Cálculo da demanda de água não potável

Para analisar o consumo mensal dos usuários das edificações, foi levantado a área do pátio que resultou em uma área de 139,06 m², o serviço será realizado 2 vezes durante a semana. Para a lavagem dos pátios foi utilizando os parâmetros de engenharia para a estimativa da demanda de água não potável descritos na Tabela 1 de Tomaz (2003) no Anexo B.

Estimativa de consumo de água para lavar o pátio:

$$\text{Gasto com o pátio: } 139,06 \text{ m}^2 \times 2,0 \text{ L/m}^2 \times 2 = 556,25 \text{ litros /lavagem}$$

Para calcular a demanda de água não potável para as descargas foi considerado o número máximo de 98 pessoas que utilizam o banheiro 2 vezes por dia.

Estimativa de demanda diária de água não potável considerando 98 pessoas:

$$\text{Gasto com descargas: } 9,0 \text{ L/descarga} \times 98 \times 2 \text{ vez/dia} = 1764 \text{ L/dia}$$

A Tabela 9 a seguir foi desenvolvida considerando os cinco dias de funcionamento da escola e o pátio que serão lavados duas vezes por semana.

Tabela 9- Estimativa de demanda de água não potável.

Nº	Dias da semana	Utilização	Consumo diário para 98 pessoas (L)
1	Segunda-feira	Vaso Sanitário	1764
2	Terça-feira	Vaso Sanitário+ Lavagem Pátio	2320,25
3	Quarta-feira	Vaso Sanitário	1764
4	Quinta-feira	Vaso Sanitário	1764
5	Sexta-feira	Vaso Sanitário+ Lavagem Pátio	2320,25
6	Sábado	Vaso Sanitário	Sem uso
7	Domingo	Vaso Sanitário	Sem uso

Fonte: Autora,2019.

Com os valores apresentados na Tabela 9 foi possível estimar a demanda mensal considerando vinte e três dias de utilização da escola de segunda-feira a sexta-feira e a lavagem do pátio duas vezes por semana em um período de trinta dias. Logo abaixo será apresentado a estimativa de consumo mensal de água não potável.

$$\text{Consumo mensal} = (23 \times 1764) + (8 \times 2320,25) = 45,00 \text{ m}^3/\text{mês.}$$

4.9 Dimensionamento das calhas

Para realizar o dimensionamento das calhas foram utilizados dados referentes a cada área de cobertura (ver item 4.6). As edificações serão compostas por calhas semicirculares de PVC de dimensões variadas como é disponibilizado pela NBR 10844(ABNT,1989) sendo fixadas nas extremidades do telhado. Dessa forma foi desenvolvido Tabela 10.

Tabela 10–Dimensionamento das calhas.to das calhas.

Dimensionamento de calhas								
Desc.	Contribuição		Intensidade (mm/60min)	Q (l/min.)	Trecho	N	ø (mm) (tabela)	Declividade (m/m)
	Área	m ²						
Edif. 1	A1	139,15	156,1	362,022	C-1	0,011	125	0,50%
	A2	139,15		362,022	C-2	0,011	125	0,50%
	A3	20,32		52,8659	C-3	0,011	75	0,50%
	A4	20,32		52,8659	C-4	0,011	75	0,50%
Edifi. 2	A1	105,06	156,1	273,331	C-5	0,011	125	0,50%
	A2	105,06		273,331	C-6	0,011	125	0,50%
	A3	41,33		107,527	C-7	0,011	100	0,50%
Edif. 3	A1	126,33	156,1	328,669	C-8	0,011	125	0,50%
	A2	126,33		328,669	C-9	0,011	125	0,50%
	A3	13,46		35,0184	C-10	0,011	75	0,50%

Fonte: Autora,2019.

4.10 Dimensionamento dos condutores verticais

Utilizando a equação abaixo, e a vazão de projeto conduzida por cada calha conforme a Tabela 10, pode-se dar início á determinação dos diâmetros dos condutores verticais, conforme apresentado a seguir.

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{0,019 \times T_o^{5/3}}} = mm$$

- Para calhas de beiral (Qp=362,02 L/min)

$$D = \sqrt[3]{\frac{362,02}{0,019 \times 0,3^{5/3}}} = 86,16mm \therefore Dn= 100 mm$$

- Para calhas de beiral (Qp=52,86 L/min)

$$D = \sqrt[3]{\frac{52,86}{0,019 \times 0,3^{5/3}}} = 41,80mm \therefore Dn= 75mm$$

- Para calhas de beiral ($Q_p=273,33$ L/min)

$$D = \sqrt[3]{\frac{8}{0,019 \times 0,3^{5/3}} \cdot 273,33} = 77,56 \text{ mm} \therefore D_n = 100 \text{ mm}$$

- Para calhas de beiral ($Q_p=107,52$ L/min)

$$D = \sqrt[3]{\frac{8}{0,019 \times 0,3^{5/3}} \cdot 107,52} = 54,58 \text{ mm} \therefore D_n = 75 \text{ mm}$$

- Para calhas de beiral ($Q_p=328,66$ L/min)

$$D = \sqrt[3]{\frac{8}{0,019 \times 0,3^{5/3}} \cdot 328,66} = 83,08 \text{ mm} \therefore D_n = 100 \text{ mm}$$

- Para calhas de beiral ($Q_p=35,01$ L/min)

$$D = \sqrt[3]{\frac{8}{0,019 \times 0,3^{5/3}} \cdot 35,01} = 35,80 \text{ mm} \therefore D_n = 75 \text{ mm}$$

Sendo assim, o diâmetro adotado para cada condutor vertical vai ser de 100 mm. E seu posicionamento será demonstrado no Apêndice B.

4.11 Dimensionamento dos condutores horizontais

Para dimensionar os condutores horizontais do sistema de captação primeiro é determinado o posicionamento do reservatório inferior, ponto onde será descarregada a vazão captada dos telhados. Através da análise do projeto arquitetônico e de visitas técnicas, foi determinado que o reservatório inferior será construído na parte lateral da escola.

A partir disso são posicionados os condutores horizontais, sendo verificadas as vazões passantes em cada trecho de acordo com a entrada de condutores verticais. Dessa forma foi elaborada a Tabela 11 com as declividades, comprimentos, vazões e diâmetros dos mesmos, determinados com base nos dados da Tabela 4. Foi prevista instalação de caixas de inspeção a distâncias máximas de 20,0 metros em trechos retilíneos ou quando houvesse mudança de direção.

Tabela 11-Dimensionamento dos condutores Horizontais

Dimensionamento de condutores horizontais					
Condutores Horizontais	Declividades %	Comprimento (m)	Desnivel	Ø interno (mm)	Ø comercial (mm)
CH' 1- C1	3,00	0,75	0,02	100	100
CH 1- C1	3,00	6,51	0,20	100	
CH 2- C1	3,00	5,84	0,18	100	
CH 3- C1	3,00	1,17	0,04	100	
CH 4- C1	2,00	7,20	0,14	75	
CH 5- C1	2,00	8,45	0,17	100	
CH 6- C1	2,00	7,22	0,14	100	
CH 7- C1	2,00	6,36	0,13	100	
CH 8- C1	2,50	1,38	0,03	100	
CH 9- C1	2,50	4,15	0,10	75	
CH 10 - C2	4,00	7,77	0,31	100	100
CH 11- C2	4,00	2,15	0,09	100	
CH 12- C2	4,00	12,55	0,50	100	
CH' 13- C3	1,00	0,75	0,01	100	100
CH 13- C3	1,00	6,85	0,07	100	
CH 14 - C3	1,00	6,51	0,07	100	
CH 15- C3	1,00	4,87	0,05	100	
CH' 16- C4	1,00	0,75	0,01	100	100
CH 16- C4	1,00	6,85	0,07	100	
CH 17- C4	1,00	6,65	0,07	100	
CH 18- C4	1,00	2,15	0,02	100	
CH' 19- C5	1,50	0,75	0,01	100	100
CH 19- C5	1,50	1,25	0,02	100	
CH 20- C5	1,00	7,46	0,07	100	
CH 21- C5	1,00	6,92	0,07	100	
CH 22- C5	1,00	5,92	0,06	100	
CH 23- C5	1,50	2,00	0,03	75	
CH 24- C5	1,50	1,70	0,03	100	
CH 25- C6	2,00	9,20	0,18	100	100
CH' 26- C7	0,50	0,75	0,00	100	100
CH 26- C7	0,50	12,93	0,06	100	
CH 27- C7	0,50	12,70	0,06	100	
CH 28- C7	0,50	12,35	0,06	100	
CH 29- C7	0,50	13,10	0,07	100	

Fonte: Autora,2019.

4.12 Volume aproveitável da precipitação média mensal

Com base nos valores de precipitação média mensal determinada pela Tabela 8 e também a equação de volume aproveitável, pode-se desenvolver a Tabela 12, que estima o volume de chuva que poder ser aproveitado em cada mês do ano.

Tabela 12-Volume aproveitável da precipitação média mensal.

Meses	Prec. Média(mm)	Área contrib.(m ²)	Run off	Filtro	Vol (l)	Vol (m ³)
Janeiro	250,50	836,50	0,95	0,80	159253	159,25
Fevereiro	149,18	836,50	0,95	0,80	94840	94,84
Março	187,03	836,50	0,95	0,80	118902	118,90
Abril	69,45	836,50	0,95	0,80	44152	44,15
Mai	32,45	836,50	0,95	0,80	20630	20,63
Junho	37,52	836,50	0,95	0,80	23853	23,85
Julho	11,40	836,50	0,95	0,80	7247,4	7,25
Agosto	19,22	836,50	0,95	0,80	12219	12,22
Setembro	65,78	836,50	0,95	0,80	41819	41,82
Outubro	104,83	836,50	0,95	0,80	66645	66,64
Novembro	181,80	836,50	0,95	0,80	115578	115,58
Dezembro	178,74	836,50	0,95	0,80	113632	113,63

Fonte: A autora (2019).

O valor de precipitação média e volumes apresentados serão utilizados para o desenvolvimento do dimensionamento do reservatório inferior que irá compor o sistema.

4.13 Dimensionamentos dos reservatórios

4.13.1 Dimensionamento do reservatório inferior

Para dimensionar o reservatório de armazenamento inferior capaz de atender as edificações em estudo, foram desenvolvidos os cálculos pertinentes através do método de Rippl e método Azevedo Netto.

Assim, a Tabela 13 a seguir, demonstra o dimensionamento desenvolvido pelo método de Rippl, considerando o número máximo pessoas que utilizam as edificações. Então, a Tabela estabelece o volume total do reservatório a partir do valor de demanda mensal de água não potável equivalente a 45,00 m³/mês e dos valores aproveitável apresentados pela Tabela 12.

Tabela 13-Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl.

Método de Rippl			
Meses	Cons. mês (m ³)	Vol. Mens. (m ³)	Vol. Result. (m ³)
Janeiro	45,00	159,25	114,25
Fevereiro	45,00	94,84	49,84
Março	45,00	118,9	73,90
Abril	45,00	44,15	-0,85
Mai	45,00	20,63	-24,37
Junho	45,00	23,85	-21,15
Julho	45,00	7,25	-37,75
Agosto	45,00	12,22	-32,78
Setembro	45,00	41,82	-3,18
Outubro	45,00	66,64	21,64
Novembro	45,00	115,58	70,58
Dezembro	45,00	113,63	68,63
Volume do reservatório inferior (m ³)			120,08

Fonte: A autora,2019.

Na sequência, foi desenvolvida a Tabela 14, a qual apresenta o dimensionamento pelo método de Azevedo Netto e determina o volume total do reservatório através do número de meses de pouca chuva, da área da cobertura e da somatória dos valores de precipitação média mensal.

Tabela 14-Dimensionamento do reservatório inferior método de Azevedo

Método Azevedo Netto			
Volume		(L)	(m ³)
Precipitação anual	1287,9	180991	180,99
Área de contri.	836,50		
Mês pouca chuva	4		
Fator	0,042		

Fonte: A autora,2019.

Desta maneira mostra que ao utilizar dois métodos diferentes para o dimensionamento do reservatório, as Tabelas apresentaram resultados diferentes, pelo Método de Rippl considerando o consumo total das edificações obteve-se um volume equivalente a 120,08 m³ de água e pelo método de Azevedo Netto, um volume de 180,99 m³ de água.

Portanto, visando favorecer o processo construtivo e garantir um eficiente fornecimento de água, será utilizado o dimensionamento pelo método de Rippl. O reservatório ficará embutido no solo e será construído em concreto armado, portando dimensões internas de 6,0 m x 6,0 m x 3,40 m (comprimento x largura x altura), sendo um metro de altura destinado a disposição das tubulações e dois metros e quarenta de altura destinado ao armazenamento de água.

4.13.2 Dimensionamento do Reservatório Superior

O reservatório superior será dimensionado visando atender a demanda de água não potável da edificação. Portanto foi considerado o maior dia de consumo em que ocorre a lavagem do pátio e a utilização das bacias sanitárias, conforme apresentado abaixo.

$$\text{Vol. do Reservatório} = 556,25 + 1764 = 2320,25 \text{ litros}$$

Visando atender aproximadamente 2 dias de utilização de água não potável sem necessidade de acionamento do sistema elevatório, será utilizado um reservatório elevado com capacidade para armazenar 5 mil litros de água não potável. O reservatório será da marca Ame modelo tipo taça metálica coluna seca .

4.14 Dimensionamento do Sistema Elevatório

Sabendo que o reservatório superior terá um volume de 5 mil litros e determinando que a bomba deverá funcionar por um período de 4 horas, foi possível realizar o dimensionamento do sistema elevatório através dos dados de projeto técnico, das Tabelas 15 e 16 e dos cálculos realizados a seguir.

a) Diâmetros de recalque e sucção:

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

$$Q \text{ projeto} = (5 \times 1000) \div (3600 \times 4) \cong 0,35 \text{ litros/seg}$$

$$\emptyset \text{ recalque} = 1,2 \times \sqrt{(0,35 \div 1000)} = 0,022 \text{ m} = 22 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ recalque ABNT} = 1,3 \times (4 \div 24)^{0,25} \times \sqrt{(0,35 \div 1000)} = 0,015 \text{ m} = 15,53 \text{ mm}$$

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

$$\emptyset \text{ sucção} = 30 \text{ mm}$$

b) Perdas de carga de sucção e recalque:

$$L \text{ sucção} = 2,0 \text{ m}$$

$$L \text{ recalque} = 65,05$$

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

Tabela 15-Comprimento equivalente de sucção (D = 30mm).

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

Fonte: adaptado de Creder (2006)

Tabela 16-Comprimento equivalente de recalque (D = 25mm).

Peça	Qtd.	L equivalente unit. (m)	L equivalente (m)
Joelho de 90°	4	1,2	4,80
Válvula de retenção	1	2,7	2,7
Reg. gaveta aberto	1	0,2	0,2
Saída de canalização	1	0,9	0,9
L equivalente total (m)			8,60

Fonte: adaptado de Creder (2006)

$$H_{fs} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,35 \div 1000)^{1,85}}{0,030^{4,87}} \times (2,0 + 2,3) = 0,051 \text{ m}$$

$$H_{fr} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,35 \div 1000)^{1,85}}{0,025^{4,87}} \times (65,05 + 8,60) = 2,15 \text{ m}$$

c) Altura manométrica e potência da bomba:

Hg sucção = 1,50 m

Hg recalque = 8,0 m

Rendimento do conjunto = 70%

$$H_{man} = 8,00 + 0,20 + 2,15 = 10,35 \text{ m}$$

$$Pot. bomba = \frac{1000 \times (0,35 \div 1000) \times 10,35}{75 \times 0,70} = 0,07 \text{ Cv}$$

$$Potencia Comercial: P + 50\% = 0,07 \times 1,5 = 0,105 \text{ Cv}$$

Através da potência obtida e da Tabela de dimensionamento da Scheineider, pôde-se sugerir a utilização de uma motobomba Schneider, elétrica, centrífuga, do modelo BCS-C5 com altura manométrica máxima de 12,00 m.

Figura 10-Modelo da Bomba

MODELO	Potência (cv)	Monoelástico	Trifásico	Ø Recalque (pol)	Pressão máxima sem vazão (m.c.a.)	Ø Máximo dos sólidos (mm)	Ø Rotor (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS																							
								Altura Manométrica Total (m.c.a.)																							
								2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
BCS-C5	1/2	x	x	2	10	5	86	18,5	17,6	16,5	15,3	13,9	12,3	10,3																	
	1	x	x	2	14	5	96	24,3	23,5	22,7	21,9	20,9	19,9	18,8	17,4	15,9	14,1	11,9													
BCS-205	2		x	2	21	5	113	33,2	32,4	31,5	30,5	29,5	28,4	27,2	25,9	24,5	23,0	21,5	19,8	18,1	16,3	14,3	12,2	9,9							
	3		x	2	25	5	127	35,8	35,1	34,5	33,8	33,0	32,2	31,3	30,3	29,2	27,9	26,6	25,3	23,9	22,4	20,9	19,3	17,6	15,9	14,0	12,0	9,8			

Fonte: Catalogo Scheneider (2019)

4.15 Dimensionamento do Sistema de Distribuição

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 e as torneiras do pátio, seguindo as exigências da NBR 5626 (ABNT,1998). Desenvolvida assim a Tabela 17, definindo o peso relativo total, a vazão, o diâmetro adotado, velocidade, comprimento das tubulações, perda de carga (hf), pressão montante e a pressão jusante para todos os trechos e pontos de utilização. Sendo a bastecida por esta rede 6 bacias sanitárias com caixas acopladas e 2 torneiras para limpeza.

Tabela 17- Dimensionamento da rede de distribuição.

TRECHO	PESO	Q (l/s)	φ (mm)	Veloc (m/s)	Jreal (m/m)	L (tubo)	L (Equi)	TOTAL	PM	HF	PJ
<i>Ramal 1.1</i>	0,4	0,19	20	0,60	0,031	2,15	5,9	8,05	0	0,251	4,55
<i>SB-1</i>	0,4	0,19	20	0,60	0,031	0,2	6,7	6,9	4,55	0,215	4,33
<i>Ramal 1.2</i>	0,4	0,19	20	0,60	0,031	8,5	1,4	9,9	4,55	0,309	4,24
<i>Ramal 1.3</i>	0,4	0,19	20	0,60	0,031	23,4	0,7	24,1	4,24	0,751	3,49
<i>Ramal 1.4</i>	0,1	0,09	20	0,30	0,009	2,74	2,1	4,84	3,49	0,045	0,44
<i>SB-3</i>	0,3	0,16	20	0,52	0,024	3,83	3,5	7,33	0,44	0,178	1,47
<i>Ramal 1.5</i>	0,3	0,16	20	0,52	0,024	3,3	1,4	4,7	3,49	0,114	0,37
<i>SB-3</i>	0,3	0,16	20	0,52	0,024	3,83	2,1	5,93	0,37	0,144	1,43
<i>Ramal 1.7/ SB -2</i>	0,4	0,19	20	0,60	0,031	2,98	7,4	10,38	4,24	0,324	3,917
<i>Ramal 2.1</i>	0,4	0,19	20	0,60	0,031	5,05	1	6,05	0	0,189	4,61
<i>Ramal 2.2</i>	0,4	0,19	20	0,60	0,031	19,21	1,4	20,61	4,61	0,643	0,97
<i>SB- 4</i>	0,3	0,16	20	0,52	0,024	3,65	2,1	5,75	0,97	0,139	2,03

Fonte: Autora,2019.

5. ESTIMATIVA DE CUSTOS

A planilha de estimativa de custo foi desenvolvida com base na Tabela de preços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), sobre a região do sul de Minas Gerais, com desoneração e mês de referência em Novembro/2019. Os itens não encontrados na Tabela SINAPI, foram retirados da planilha SETOP, e através de cotações por meio de empresas via telefone ou pela internet. Conforme o Apêndice C, e a tabela 18 que apresenta o custo total da estimativa.

Tabela 18-Estimativa de custo total do sistema

DESCRIÇÃO	VALOR
SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 9.313,93
SISTEMA HIDRAULICO PLUVIAL	R\$ 20.816,24
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE AGUA PLUVIAL	R\$ 18.905,02
ESTAÇÃO ELEVATORIA	R\$ 2.832,35
ABASTECIMENTO DO RESERVATORIO ELEVADO	R\$ 1.070,82
VALOR ESTIMADO	R\$ 52.938,37

Fonte: Autora,2019.

Conforme os valores apresentados pela Tabela 18 estima-se que para a execução do projeto de aproveitamento de água pluvial para a Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida deverão ser investidos aproximadamente R\$ 52.938,37.

Logo a implantação do sistemas de aproveitamento de água pluvial e consequente redução do consumo excessivo de água potável traz benefícios a todos os cidadãos, tornando-se um dever de todos o uso racional deste recurso natural importante para as gerações atuais e futuras.

6 CONCLUSÃO

A proposta de instalar um sistema de aproveitamento de água pluvial vem da necessidade de preservar o meio ambiente em que vivemos, demonstrando que a água pluvial na qual muita das vezes é descartada sem utilidade alguma, possui a possibilidade de ser reaproveitada para usos não potáveis, podendo gerar economia no orçamento da edificação em um período estimável.

O presente trabalho visou a um estudo sobre o aproveitamento de água pluvial para a Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida localizada na zona rural de Três Pontas - MG, que recebe alunos entre 4 a 12 anos num total de 87 alunos para o período letivo e 11 funcionários. Com a finalidade de tornar o edifício mais ecologicamente sustentável e demonstrar principalmente aos pais dos alunos um exemplo de sustentabilidade e preservação do meio ambiente.

Com este intuito, foram feitas análises e diversos cálculos que permitiram ao presente trabalho cumprir com os objetivos propostos para dimensionar o sistema de captação e aproveitamento de água pluvial. Informações quanto a intensidade de precipitação da região e a área de captação da edificação permitiram o dimensionamento do sistema. O trabalho definiu parâmetros, materiais e dimensões necessárias à sua implantação, como o dimensionamento de calhas, condutores verticais, horizontais e reservatórios para o armazenamento do volume captado. Com base na demanda atual da edificação, foram propostos pontos de utilização da água pluvial, dimensionando também os sistemas elevatório e de distribuição da água não potável.

Além disso, ao final do trabalho verificou-se a estimativa de custo para a implantação do sistema no valor de R\$52.938,37.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br>>. Acesso em: 29 abr. 2019.
- AME. Reservatório Taça com coluna cheia. Disponível em: <<https://www.amereservatorios.com.br/produtos/reservatorios-tipo-taca-coluna-cheia/62>>. Acesso em 12 de outubro. 2019.
- AQUESOL. Filtros. Disponível em: <http://www.aquesol.com> <http://www.aquesol.com/editor/Image/filtro_VF1.png>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água pluvial – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- AUTODESK. AutoCAD 2019. [S.l.] Autodesk Corporation, 2019. Software.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL SINAPI. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648>.
- COLLECT-RAINWATTER- **Firts Flush**. Disponível em: <http://www.reuk.co.uk/Collect-Rainwater.html>.
- Fundação Procafé. **Boletins de Aviso do Sul de Minas**. 2018. Disponível em: <<http://www.fundacaoprocafe.com.br/estacao-e-avisos/sul-de-minas/boletim-de-aviso>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- GOOGLE MAPS. **Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>.
- HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. **Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. Urban Water. v. 1, n. 4, p. 307- 316, 1999.
- Macintyre , Archibald Joseph. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- MANO, R. S.; SCHMITT, C. M. **Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins Não Potáveis**, em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade Técnica e dos Benefícios do Sistema. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC

04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais, 2004.

MAY S.; PRADO R. T. A. **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo – SP. Anais, 2004.

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>>.

MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. **Análise do Potencial de Economia de Água Tratada através da Utilização de Água Pluvial em Santa Catarina**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2004.

NETTO, Azevedo. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1998.

RODRIGUES, José Carlos Moreira Resende. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010. SABESP. **Companhia de Saneamento Básico de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>.

SCHNEIDER.Bombas Centrifugas. Disponível em: https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/264013/schneider_Tabela_selecao_01-2019_rev08.pdf. Acesso em 12 de outubro. 2019.

Software Plúvio 2.1. **Chuvas intensas para o Brasil**. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>.

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

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água pluvial 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>.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água pluvial 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>.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água pluvial em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 21 – Noções de hidrologia [S.l.]: Plínio Tomaz, 2010a. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo21.pdf>.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água pluvial em áreas urbanas para fins não potáveis:** Capítulo 00 – Introdução. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2010b. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%200-0-%20Introdu%C3%A7%C3%A3o.pdf>.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água pluvial em áreas urbanas para fins não potáveis:** Capítulo 06 – Bombas e dispositivos usados em reservatórios. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2010c. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo06.pdf>.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água pluvial em áreas urbanas para fins não potáveis:** Capítulo 09 – Método de Rippl. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2011b. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo09.pdf>.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água.** São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Manual.** 1997. Disponível em: <<http://arquivo.uvf.br/ctq/terrace/Menu2.html>>.

WATERFALL, P.H. **Harvesting Rainwater for Landscape Use.** University of Arizona Cooperative (2002). Disponível em: <<http://ag.arizona.edu/pubs/>>.

ANEXO A – PERDAS DE CARGAS LOCALIZADAS –PVC RÍGIDO OU COBRE

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

Fonte: Macintyre, 2017

ANEXO B – TABELA PÂRAMETROS DE ENGENHARIA

Tabela 1- Parâmetros de engenharia para a estimativa da demanda residencial de água potável não potável

Demanda	Unidade	Faixa
Uso Interno		
Vaso Sanitário - Volume	L/descarga	6 a 15
Vaso Sanitário - Frequência	Descarga/hab/dia	1 a 6
Lavagem de Roupas - Volume	L/ciclo	108 a 189
Lavagem de Roupas - Frequência	Carga/hab/dia	0,2 a 0,37
Uso Externo		
Gramado ou Jardim - Volume	L/dia/m ²	2
Gramado ou Jardim - Frequência	Lavagem/mês	1 a 12
Lavagem de Carro - Volume	L/lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de Carro - Frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Lavagem de Área Impermeável - Volume	L/lavagem/área	80 a 150
Lavagem de Área Impermeável - Frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Manutenção de Piscinas	L/dia/m ²	3

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003).

APÊNDICE A- PROJETO ARQUITETÔNICO

APÊNDICE B- PROJETO TÉCNICO

APÊNDICE C

APÊNDICE C							
Estimativa do custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial							
SINAPI		2019/11 SEM DESONERAÇÃO		SEM BDI	Fonte:	Versão	
SETOP		2019/01 SEM DESONERAÇÃO			Data:	07/12/2019	
Item	Código	Descrição		Qtde	Unid	Valor unit. R\$	Valor Total
SERVIÇOS PRELIMINARES							
1	SETOP TER-ESC- 050	ESCAVAÇÃO MANUAL DE TERRA (DESATERRO MANUAL)		122,4	M³	29,52	R\$ 3.613,25
2	SINAPI 93358	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS		110,35	M³	51,66	R\$ 5.700,68
TOTAL							R\$ 9.313,93
SISTEMA HIDRAULICO PLUVIAL							
3	SINAPI 100434	CALHA DE BEIRAL, SEMICIRCULAR DE PVC, DIAMETRO 125 MM, INCLUINDO CABECEIRAS, EMENDAS, BOCAIS, SUPORTES E VEDAÇÕES, EXCLUINDO CONDUTORES, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL		177,93	M	51,39	R\$ 9.143,82
4	SINAPI 91790	CONDUTOR VERTICAL DE AP DO TELHADO EM TUBO PVC , INCLUSIVE CONEXÕES, CORTES E FIXAÇÕES , 100 MM		64,4	M	40,68	R\$ 2.619,79
5	SETOP PLU-CON- 006	CONDUTOR HORIZONTAL DE AP DO TELHADO EM TUBO PVC ESGOTO, INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES, 100 MM		190,56	M	37,64	R\$ 7.172,68
6	SINAPI 74166/001	CAIXA DE INSPEÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO DN 60CM COM TAMPA H= 60CM FORNECIMENTO E INSTALACAO		15	UNID	125,33	R\$ 1.879,95
TOTAL							R\$ 20.816,24

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE AGUA PLUVIAL						
Item	Código	Descrição	Qtde	Unid	Valor unit. R\$	Valor Total
7	COTAÇÃO 12 MIX	CONCRETO ESTRUTURAL COM RESISTÊNCIA FCK>=30,0MPA (EXECUÇÃO, INCLUINDO O FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS, EXCLUI O TRANSPORTE DOS AGREGADOS)	37,5	M³	270,00	R\$ 10.125,00
8	SINAPI 74075/0022	FORMA E DESFORMA DE COMPENSADO RESINADO, ESP.10MM, REAPROVEITAMENTO (2X), EXCLUSIVE ESCORAMENTO	40,8	M³	48,53	R\$ 1.980,02
9	COTAÇÃO	RESERVATORIO ELEVADO DE 5000 L	1	UN	5200,00	R\$ 5.200,00
10	COTAÇÃO	FILTRO VF1 ACQUASAVE PARA AGUA DE CHUVA	1	UN	1600,00	R\$ 1.600,00
TOTAL						R\$ 18.905,02
ESTAÇÃO ELEVATORIA						
11	COTAÇÃO	BOMBA SCHEINEDER BCS-C5	1	UN	1692,50	R\$ 1.692,50
12	SETOP HID-TUB-005	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 20 MM (1/2"), INCLUSIVE CONEXÕES	76,8	M	14,20	R\$ 1.090,56
13	SETOP HID-TUB-010	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 25 MM (3/4"), INCLUSIVE CONEXÕES	3	M	16,43	R\$ 49,29
TOTAL						R\$ 2.832,35
ABASTECIMENTO DO RESERVATORIO ELEVADO						
14	SETOP HID-TUB-005	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 20 MM (1/2"), INCLUSIVE CONEXÕES	71,05	M	14,20	R\$ 1.008,91
15	SINAPI 89393	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	5	UN	4,96	R\$ 24,80
16	SINAPI 89404	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	9	UN	3,33	R\$ 29,97
17	SINAPI 89405	JOELHO 45 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	2	UN	3,57	R\$ 7,14
TOTAL						R\$ 1.070,82