

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

JOÃO CARLOS DA SILVA JUNIOR

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: Desenvolvimento de projeto para a
Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio**

Varginha

2017

JOÃO CARLOS DA SILVA JUNIOR

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: Desenvolvimento de projeto para a
Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio**

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

Varginha

2017

JOÃO CARLOS DA SILVA JUNIOR

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: Desenvolvimento de projeto para a
Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio**

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

Aprovado em ____/____/____

Prof. Ivana Prado Vasconcelos

OBS.:

Agradeço aos meus pais João Carlos e Marília pelo apoio, a minha namorada Thaís pela compreensão, e a engenheira Ana Maria pelo grande incentivo em finalizar este trabalho. Agradeço também à orientadora e professora Ivana pelas considerações realizadas ao longo do período e pela paciência em sanar as mais diversas dúvidas que surgiram ao longo do desenvolvimento deste projeto.

RESUMO

A utilização imprópria da água potável vem causando escassez deste recurso em diversas regiões do país. Tal fato fomenta ideias e técnicas sustentáveis que possibilitem a preservação e racionalização deste recurso hídrico. O aproveitamento de águas pluviais consiste na captação da água de chuva por meio das áreas impermeáveis, que é transportada e armazenada em um reservatório, de onde pode ser utilizada em atividades que não exigem padrões de potabilidade. Este trabalho teve como objetivo principal dimensionar o sistema de aproveitamento de águas pluviais para a Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio, localizada no município de Varginha. No diagnóstico realizado em visita à escola, constatou-se a ausência de calhas e condutores verticais, ambos dimensionados para que a captação pudesse ser realizada. Analisando os valores de consumo mensal de água na escola (para higienização, irrigação e bacias sanitárias) e determinando o volume de captação disponível de água de chuva em função da área da cobertura e índice pluviométrico, dimensionou-se o reservatório pelo método de Rippl para armazenar água durante o ano todo. Também foi dimensionado o desarenador, sistema elevatório, reservatório superior em função da demanda diária e a tubulação de água fria para abastecer os pontos de utilização. Realizando a viabilidade financeira através da planilha orçamentária de quantitativos e estimativa de economia de água potável, constatou-se um período de retorno de 9 anos, sendo considerado inviável financeiramente, porém com grande impacto socioambiental ao aplicar esta técnica em uma escola, visto que irá proporcionar conscientização sobre a racionalização da água aos alunos, pais e professores.

Palavra-chave: Água de chuva. Captação. Escola. Racionalização. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The improper use of drinking water has been causing scarcity of this resource in several regions of the country. This fact promotes sustainable ideas and techniques that enable the preservation and rationalization of this water resource. The utilization of rainwater consists of the capture of rainwater through the impermeable areas, which is transported and stored in a reservoir, from where it can be used in activities that do not require drinking standards. The main objective of this work was to scale the rainwater harvesting system to the Municipal School Antônio de Pádua Amâncio, located in the municipality of Varginha. In the diagnosis made during a visit to the school, the absence of vertical gutters and conductors was verified, both scaled so that the capture could be performed. Analyzing the values of monthly water consumption at school (for sanitation, irrigation and sanitary basins) and determining the volume of available rainwater abstraction as a function of the coverage area and the rainfall index, the reservoir was measured using the Rippl method store water throughout the year. It was also dimensioned the grinder, lifting system, upper tank in function of the daily demand and the cold water pipe to supply the points of use. Making financial viability through the quantitative budget worksheet and estimated potable water savings, a return period of 9 years was verified, being considered not financially feasible, but with a great socio-environmental impact when applying this technique in a school, since it will provide awareness of the rationalization of water to students, parents and teachers.

Keyword: *Rainwater. Captation. School. Rationalization. Sustainability.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Divisão dos blocos e passarelas	13
Figura 02 – Entrada da Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio	14
Figura 03 – Canaleta instalada no bloco E	16
Figura 04 – Indicações para o cálculo da área de contribuição	20
Figura 05 – Arranjo típico de uma caixa de areia ou desarenador – em planta.....	23
Figura 06 – Arranjo típico de uma caixa de areia ou desarenador – em corte.....	24
Figura 07 – Esquema de ligação de bomba simples	26
Figura 08 – Curva característica para escolha do modelo de bomba	27
Figura 09 – Comprimentos equivalentes e perdas localizadas	29
Figura 10 – Revestimentos na área externa	31
Figura 11 – Seção retangular da calha.....	38
Figura 12 – Projeção das calhas e condutores verticais no diagrama de cobertura.....	38
Figura 13 – Divisão da área de captação para condutor vertical no bloco A	40
Figura 14 – Planta baixa e corte do desarenador/filtro de areia	43
Figura 15 – Espaço para locação do reservatório e desarenador no terreno.....	45
Figura 16 – Placa de advertência de água não potável	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Dimensões e área de captação para cada bloco	15
Tabela 02 – Parâmetros da engenharia para estimativa da demanda hidráulica	18
Tabela 03 – Precipitação média mensal no município de Varginha.....	19
Tabela 04 – Coeficientes de rugosidade	21
Tabela 05 – Condutores verticais de águas pluviais.....	22
Tabela 06 – Capacidade de condutores verticais de seção circular	23
Tabela 07 – Coeficientes de Runoff médios.....	25
Tabela 08 – Coeficientes de rugosidade para aplicação na fórmula de Hazen-Willians.....	28
Tabela 09 – Vazão nos pontos de utilização em função da peça de utilização	30
Tabela 10 – Área externa e revestimento empregado.....	31
Tabela 11 – Estimativa de consumo anual para higienização e irrigação	32
Tabela 12 – Estimativa de consumo anual para descarga em bacias sanitárias	34
Tabela 13 – Estimativa de consumo anual para pontos supridos pela água de chuva.....	35
Tabela 14 – Área de cobertura para dimensionamento das calhas e condutores.....	36
Tabela 15 – Vazão de projeto em cada bloco da escola	37
Tabela 16 – Dimensionamento das calhas de todos os blocos	39
Tabela 17 – Diâmetro dos condutores verticais.....	40
Tabela 18 – Área de cobertura para determinação do volume de captação	41
Tabela 19 – Volume disponível para captação de água de chuva	42
Tabela 20 – Estudo para dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl	43
Tabela 21 – Planilha orçamentária para sistema de aproveitamento de água pluvial	50
Tabela 22 – Tabela tarifária de consumo de água potável	52
Tabela 23 – Estimativa de economia de água potável com o uso da água de chuva.....	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3 BREVE DIAGNÓSTICO	13
3.1 Apresentação do local de estudo	13
3.2 Análise do sistema pluvial existente.....	15
3.2.1 Área de captação.....	15
3.2.2 Calhas e condutores verticais	16
3.2.3 Canaletas.....	16
3.2.4 Condutores horizontais	16
3.2.5 Caixas de areia.....	16
4 MEMORIAL DESCRITIVO	18
4.1 Concepção de projeto	18
4.2 Consumo de água.....	18
4.3 Dados pluviométricos	19
4.4 Área de contribuição	20
4.5 Vazão de projeto	20
4.6 Dimensionamento de calhas e condutores.....	21
4.6.1 Calhas	21
4.6.2 Condutores verticais	22
4.6.3 Condutores horizontais	22
4.7 Filtro (desarenador)	23
4.8 Volume de captação de água de chuva	24
4.9 Reservatórios.....	25
4.10 Sistema elevatório	26
4.10.1 Potência da bomba.....	28

4.11 Redes de distribuição de água	29
5.0 MEMORIAL DE CÁLCULO	31
5.1 Determinação do consumo de água.....	31
5.1.1 Higienização do pátio, refeitório e irrigação do gramado	31
5.1.2 Descarga das bacias sanitárias	33
5.1.3 Determinação do consumo total	34
5.2 Dados pluviométricos	35
5.3 Área de captação.....	35
5.4 Vazão de projeto	36
5.5 Dimensionamento de calhas.....	37
5.6 Dimensionamento dos condutores verticais	39
5.7 Determinação do volume de captação de água de chuva.....	41
5.8 Dimensionamento do filtro (desarenador)	42
5.9 Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.....	44
5.10 Locação do filtro e do reservatório no terreno	45
5.11 Dimensionamento dos condutores horizontais	45
5.12 Sistema elevatório	45
5.12.1 Diâmetro do tubo de recalque.....	45
5.12.2 Diâmetro do tubo de sucção	46
5.12.3 Determinação da potência da bomba.....	46
5.13 Dimensionamento das redes de água fria	47
6.0 ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS.....	48
6.1 Instalações de águas pluviais	48
6.2 Sistema de captação de água de chuva	48
6.3 Instalações de água fria.....	49
7.0 ORÇAMENTO	50
8.0 ESTIMATIVA DO PERÍODO DE RETORNO	52
9.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54

REFERÊNCIAS	55
APÊNDICE A – Dimensionamento dos condutores horizontais.....	57
APÊNDICE B – Dimensionamento da tubulação de água fria	59
APÊNDICE C – Projeto de aproveitamento de águas pluviais.....	61

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem natural indispensável para a vida no planeta utilizada (além de para o consumo próprio) nas mais diversas atividades humanas. Porém a sua utilização imprópria e o crescimento desenfreado da população acarretam num aumento considerável da sua demanda, provocando escassez deste recurso em algumas regiões. Deste modo, o tema vem se tornado pauta de diversas pesquisas e estudos, com o objetivo de obter medidas e técnicas que possam manter e preservar a água para a sociedade atual e para as próximas gerações.

O aproveitamento de águas pluviais em edificações é uma solução sustentável que tem por objetivo a utilização da água de chuva em atividades que não necessitem de água potável, como higienização de ambientes, irrigação de jardins, descargas para vasos sanitários, lavagem de veículos, dentre outras. O sistema de aproveitamento consiste na captação da água de chuva por meio da área de coleta disponível (cobertura), onde é direcionada para as calhas e condutores até o local de armazenamento (reservatório). A distribuição da mesma para os pontos de consumo pode ser feita através de bombas elétricas ou por gravidade, dependendo da edificação e do sistema adotado.

Este trabalho iniciou-se abordando os conceitos do sistema de aproveitamento de águas pluviais e seus principais componentes, as técnicas recomendadas por autores e normas, as equações e cálculos utilizados e um panorama contemporâneo sobre a aplicação desta técnica sustentável no Brasil. Foi realizado um pré-dimensionamento do sistema e por meio dos resultados verificou-se a possibilidade de ampliação dos pontos de utilização devido à grande área de captação.

Nesta segunda etapa do trabalho de conclusão de curso apresenta-se o dimensionamento completo do sistema de captação de águas pluviais para a Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio, assim como a especificação de materiais utilizados, detalhe das instalações, local para implantação do reservatório e planilha orçamentária para estimar o período de retorno do investimento.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um projeto de aproveitamento de água pluvial para a Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio, situada no município de Varginha/MG.

2.2 Objetivos específicos

Este trabalho de conclusão de curso apresenta os seguintes objetivos específicos:

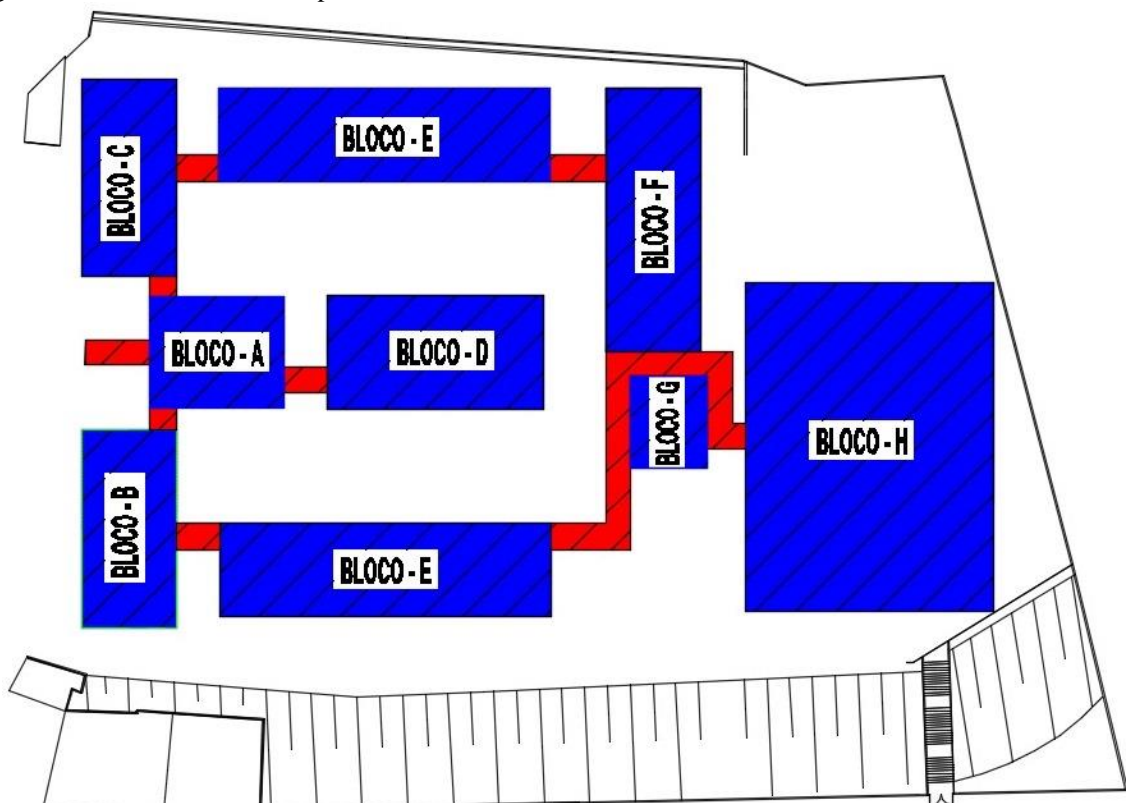
- Apresentar breve diagnóstico do local de estudo;
- Determinar o consumo de água da edificação que poderá ser suprido por água não-potável;
- Realizar estudo pluviométrico do município de Varginha;
- Dimensionar o sistema de aproveitamento de água de chuva e o sistema de drenagem pluvial para a edificação;
- Dimensionar o sistema elevatório (bombas) e as instalações de água fria;
- Realizar orçamento para a instalação de todo o sistema;
- Determinar o período de retorno para o projeto de aproveitamento de água pluvial.

3.0 BREVE DIAGNÓSTICO

3.1 Apresentação do local de estudo

A Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio, está localizada na Rua Dom Joseph Kallas, nº 50, no bairro Nossa Senhora de Fátima, no município de Varginha. A edificação foi inaugurada no dia 30 de março de 2016 e atende cerca de 800 alunos do ensino fundamental ao ensino médio. Possui 2.957,84 m² de área construída contando com 12 salas de aula, biblioteca, salas multiuso e ginásio poliesportivo. Na Figura 01 é possível observar a divisão dos blocos (demarcados na cor azul) e passarelas (demarcadas na cor vermelho) no terreno em que se encontra a edificação. A implantação dos blocos, assim como os projetos complementares de água fria, esgoto sanitário, rede pluvial e prevenção de incêndio foram adaptados ao terreno disponível para a construção. A modificação foi realizada pela prefeitura, que disponibilizou os projetos para a realização deste trabalho.

Figura 01- Divisão dos blocos e passarelas.



Fonte: (o autor. 2017).

Sendo:

Bloco A: Administrativo/Diretoria

Bloco B: Salas de Aula/Biblioteca

Bloco C: Salas de aula/Salas multiuso

Bloco D: Refeitório/Cozinha

Bloco E: Salas de aula/Sanitários

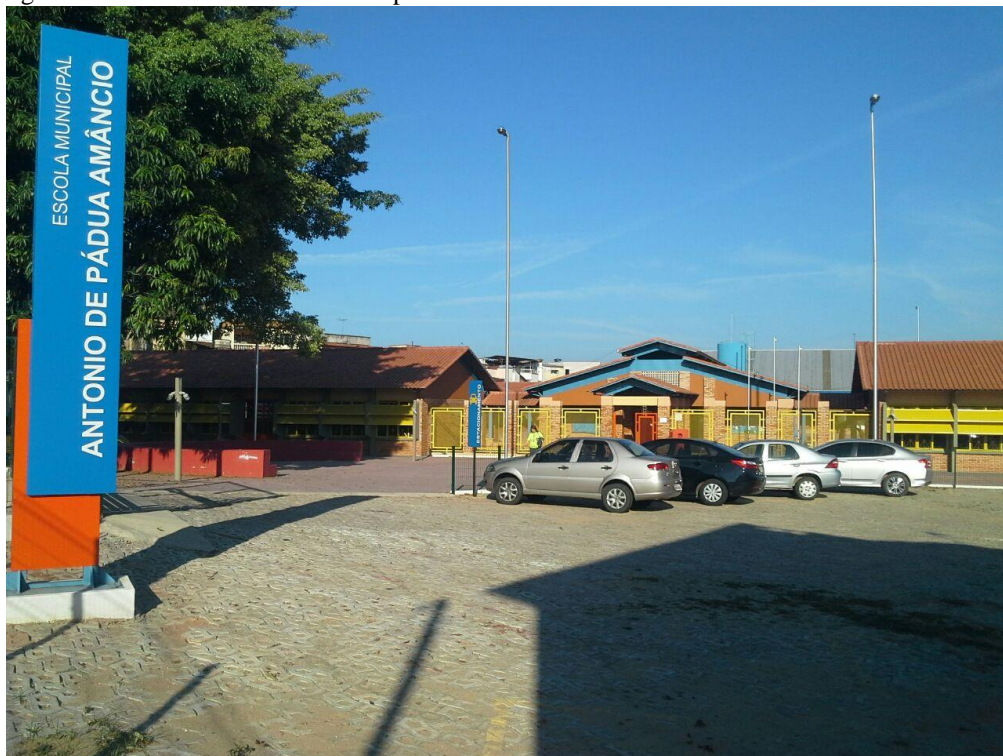
Bloco F: Salas de aula/Salas multiuso

Bloco G: Vestiários

Bloco H: Ginásio poliesportivo

A construção da escola (Figura 02) ocorreu em parceria com o Ministério da Educação, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) e Prefeitura Municipal de Varginha. O programa, que tem o nome de “Projeto Espaço Educativo Urbano”, disponibiliza todos os projetos e documentações necessárias para a construção da edificação (pode ser acessado em www.fnde.gov.br/programas). De acordo com o registro de responsabilidade técnica (RRT) disponível no site, o projeto arquitetônico é autoria da Arquiteta e Urbanista Vivian Maurer Bortolotto.

Figura 02- Entrada da Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio.



Fonte: (o autor, 2017).

3.2 Análise do sistema pluvial existente

O projeto de redes pluviais da Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio necessitou ser ajustado, pois a locação dos blocos foi modificada, alterando as redes de tubos e grelhas.

3.2.1 Área de captação

Obteve-se a área real das coberturas apresentadas no diagrama de cobertura do projeto arquitetônico. A Tabela 01 a seguir apresenta as dimensões e área total de cada bloco (multiplicando largura por comprimento).

Tabela 01 – Dimensões e área de captação para cada bloco (continua)

Ambiente	Lado do telhado	Largura (a)	Comprimento (b)	Área de captação (m²)
Bloco A	Entrada - lado 1	1,9	7,2	13,68
	Entrada - lado 2	1,9	7,2	13,68
	Lado 1	6,23	16,15	100,61
	Lado 2	6,23	16,15	100,61
Bloco B	Lado 1	5,35	23,35	124,92
	Lado 2	7,15	23,35	166,95
Bloco C	Lado 1	5,35	23,35	124,92
	Lado 2	7,15	23,35	166,95
Bloco D	Lado 1	7,03	25,15	176,8
	Lado 2	7,03	25,15	176,8
Bloco E-1	Lado 1	5,35	37,95	203,03
	Lado 2	7,15	37,95	271,34
Bloco E-2	Lado 1	5,35	37,95	203,03
	Lado 2	7,15	37,95	271,34
Bloco F	Lado 1	5,35	30,54	163,39
	Lado 2	7,15	30,54	218,36
Bloco G	Lado 1	5,35	8,98	48,04
	Lado 2	7,15	8,98	64,21
Bloco H	Lado 1	13,1	37,64	493,08
	Lado 2	13,1	37,64	493,08
Passarelas (totais)	Lado 1	1,8	56,39	101,5
	Lado 2	1,8	56,39	101,5
Total				3797,87

Fonte: (o autor. 2017).

3.2.2 Calhas e condutores verticais

Em visita ao local, foi constatado que todas as coberturas não possuem calhas e condutores verticais. Tanto no projeto original, como no adaptado pela prefeitura também não preveem a instalação dessas peças.

3.2.3 Canaletas

A água de chuva que escorre pelo telhado cai sobre canaletas (Figura 03) instaladas no piso. As canaletas são de concreto, dimensões 20x20 cm e com tampa com grelha de alumínio, com inclinação de 1 %. Conforme projeto, estão instaladas nas laterais dos blocos, com exceção do bloco F (não possui canaleta na lateral direita) e de grande parte das passarelas.

Figura 03- Canaleta instalada no bloco E.



Fonte: (o autor. 2017).

3.2.4 Condutores horizontais

De acordo com o projeto de águas pluviais, as canaletas transportam a água de chuva até os condutores horizontais. A tubulação é em PVC soldável, com inclinação de 0,5% e 1%. O diâmetro varia de 100 a 300 mm em função da vazão captada pelo condutor, que encaminha toda a água para a rede pública de águas pluviais.

3.2.5 Caixas de areia

Foram instalados dois modelos de caixa de areia na edificação:

- Caixa de areia de 60x60 cm, com tampa de concreto e grelha;
- Caixa de areia de 80x80 cm, com tampa de concreto.

As caixas estão locadas no projeto e foi observado que algumas (ao redor do bloco H) não atendem às recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 10844/1989 que estabelece uma distância máxima de 20 m para um trecho de tubulação enterrada em percursos retilíneos.

4.0 MEMORIAL DESCRITIVO

4.1 Concepção de projeto

O projeto de aproveitamento de águas pluviais para a Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio foi desenvolvido de maneira a aproveitar a grande superfície disponível para captação de águas pluviais, visando a sua utilização nos pontos de consumo que não necessitam de água potável.

Por meio do estudo realizado no Trabalho de Conclusão de Curso I, observou-se que o volume de chuva captado pela área das coberturas é maior que o consumo de água estipulado para higienização dos pátios e irrigação do gramado. Portanto, optou-se pela ampliação dos pontos de utilização, direcionando a água de chuva também para suprir a descarga das bacias sanitárias.

Primeiramente foi realizado o dimensionamento das instalações de águas pluviais, visto que as coberturas existentes na escola não possuem calhas e condutores verticais. Também foram previstos novos condutores horizontais que conduzirão a água de chuva para o filtro de areia e reservatório de armazenamento. Definido o local para implantação do reservatório, a água será distribuída aos pontos de utilização por meio de sistema elevatório (bombas elétricas) e um reservatório superior.

4.2 Consumo de água

Segundo Tomaz (2010), há uma grande dificuldade em se determinar o consumo de água devido à escassez de informações, entretanto, há uma forma de estimar esse consumo através dos parâmetros utilizados nos Estados Unidos. A tabela 02 a seguir apresenta os valores adotados para os pontos de utilização previstos na escola.

Tabela 02 – Parâmetros da engenharia para estimativa da demanda hidráulica.

Uso	Unidades	Valores
Descarga na bacia sanitária	descarga/pessoa/dia	2
Volume de descarga	litros/descarga	9
Irrigação de gramado ou jardim	litros/dia/m ²	2
Higienização de pátio	litros/dia/m ²	2

Fonte: (Adaptado. TOMAZ, 2010, p. 67 e 68).

De acordo com a diretora da escola, o consumo de água para higienização e irrigação é variável. Nos períodos de aula, o pátio e refeitório são higienizados uma vez por semana, enquanto nas férias (janeiro, julho e dezembro) a higienização passa a acontecer uma vez a

cada 15 dias. Para a irrigação do gramado, o consumo varia de acordo com os períodos de chuva, sendo que nos meses de altos índices de precipitação, a irrigação acontece duas vezes por mês. Nos meses de estiagem (considerando de Maio a Setembro), a irrigação passa a acontecer três vezes por semana.

Para mensuração da área total de gramado e pátio foi utilizado o projeto arquitetônico disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Varginha. Em relação ao volume de água utilizada na descarga da bacia sanitária somou-se o número total de alunos que a escola comporta juntamente com o número de funcionários fixos, multiplicando-os pelos valores citados na tabela anterior, considerando um período letivo mensal de 21 dias. Os resultados serão apresentados no memorial de cálculo.

4.3 Dados pluviométricos

Os dados referentes à precipitação média mensal no município de Varginha (Tabela 03) foram obtidos no site da Fundação Procafé. A média mensal corresponde ao intervalo de tempo dos anos de 1974 a 2015.

Tabela 03 – Precipitação média mensal no município de Varginha para período entre 1974 e 2015

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação média (mm)	274,0	180,3	176,6	80,3	50,7	34,2	18,6	17,3	73,0	107,3	180,2	257,2

Fonte: (Fundação Procafé. Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/estacao-e-avisos/sul-de-minas/boletim-de-aviso>>. Acesso em: 07 abril 2017).

Para a determinação da intensidade pluviométrica utilizou-se o software Pluvio (Universidade Federal de Viçosa), que forneceu dados para serem aplicados na equação geral ou equação IDF (FESTI, 2006).

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

(Equação 01)

Sendo:

i: intensidade pluviométrica, em mm/h;

Tr: período de retorno, em anos;

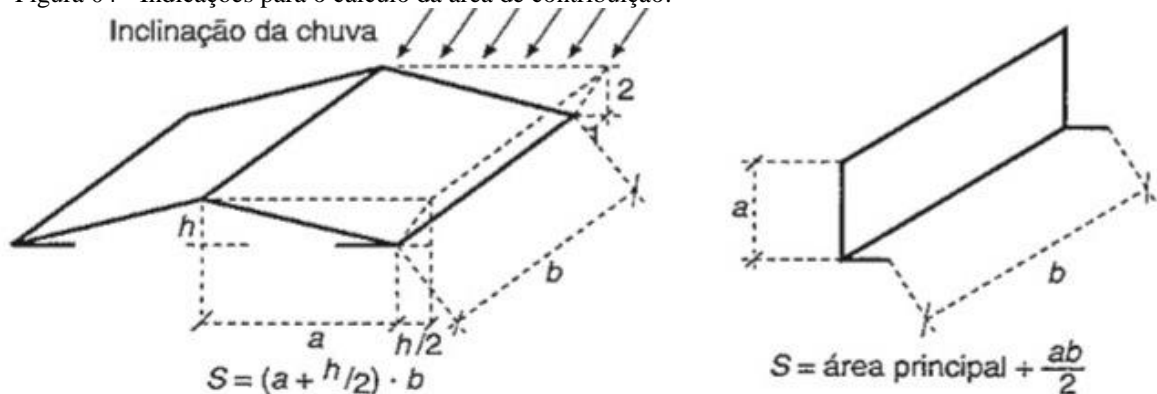
tc: tempo de concentração, em min;

K, a, b, c: parâmetros locais que podem ser obtidos pelo software Pluvio.

4.4 Área de contribuição

Por meio do projeto arquitetônico, foram retirados dos diagramas de cobertura o comprimento, largura e inclinação de cada bloco. Conforme Figura 04, a ABNT: NBR 10844 (1989) forneceu a equação para cálculo da área contribuinte.

Figura 04 - Indicações para o cálculo da área de contribuição.



Fonte: (Adaptado, NETTO, 1998, p. 592).

4.5 Vazão de projeto

De acordo com a norma ABNT: NBR 10844 (1989), a vazão de projeto foi determinada pela seguinte equação:

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

(Equação 02)

Onde:

Q: vazão de projeto, em L/min;

i: intensidade pluviométrica, em mm/h;

A: área de contribuição, em m².

A área de contribuição utilizada nesta equação deve considerar os incrementos devido à inclinação do telhado, com o objetivo de obter um dimensionamento preciso das peças hidráulicas de instalações pluviais.

4.6 Dimensionamento de calhas e condutores

4.6.1 Calhas

No diagnóstico realizado de acordo com projeto e visita ao local, constatou-se que não foi prevista a instalação de calhas nas coberturas dos blocos. Sendo assim, as calhas foram dimensionadas para direcionar toda a água de chuva captada pelos telhados. Na escolha do tipo de calha, foi adotada a de seção retangular em chapa de aço galvanizado, visto que é o modelo mais tradicional na região. Para o dimensionamento, optou-se por utilizar a fórmula de Manning-Strickler indicada na equação 03.

$$Q = K \frac{S}{n} R_h^{2/3} i^{1/2}$$

(Equação 03)

Onde:

Q: vazão de projeto, em L/min;

S: área da seção molhada, em m²;

n: coeficiente de rugosidade, conforme Tabela 04;

R: raio hidráulico, em m;

Rh: perímetro molhado, em m;

i: declividade da calha, em m/m

K: 60.000

A inclinação das calhas deve ser uniforme, com valor mínimo de 0,5%.

Tabela 04 – Coeficientes de rugosidade

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

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

4.6.2 Condutores verticais

Conforme cita a ABNT: NBR 10844 (1989), os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada. Em caso de necessidade de desvio, curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45° devem ser adotadas em conjunto com peças de inspeção.

Adotou-se para este o projeto o condutor vertical circular em PVC. O dimensionamento foi realizado conforme Tabela 05.

Tabela 05 – Condutores verticais de águas pluviais

Diâmetro do condutor		Área máxima de cobertura (m²)	
(pol)	(cm)	Uso corrente no Rio de Janeiro	Recomendação norte-americana
2	5	46	39
3	7,5	130	88
4	10	288	156
5	12,7	501	256
6	15	780	342
8	20,3	1616	646

Fonte: (MACINTYRE, 2008, p. 143).

4.6.3 Condutores horizontais

Conforme a ABNT: NBR 10844 (1989), os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, utilizando o valor mínimo de 0,5%.

Não foi possível utilizar os condutores horizontais existentes na escola para a captação de água de chuva, pois além de conduzirem a água que escorre pelo pátio (por meio das grelhas), já estão interligados nos bueiros externos da edificação. Portanto, foi necessário criar uma nova rede que parte dos condutores verticais até o filtro de areia e reservatório de armazenamento. Adotando tubos de seção circular e material em PVC (n=0,011), o dimensionamento foi realizado por meio da Tabela 06 a seguir.

Tabela 06 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011			n = 0,012		
	0,50%	1%	2%	0,50%	1%	2%
50	32	45	64	29	41	59
75	95	133	188	87	122	172
100	204	287	405	187	264	372
125	370	521	735	339	478	674
150	602	847	1190	552	777	1100
200	1300	1820	2570	1190	1670	2360

Fonte: (ABNT, 1989, p. 9).

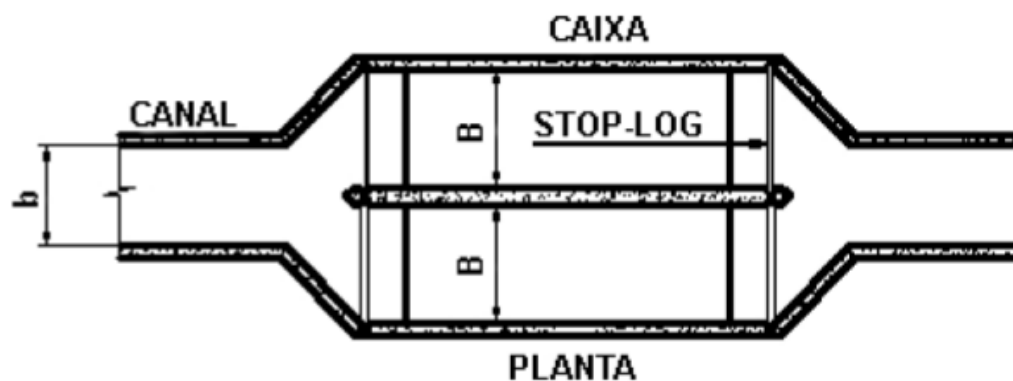
4.7 Filtro (desarenador)

Visto que a escola é dividida em vários blocos, com áreas de captação diferentes, mostrou-se viável a implantação de um desarenador para filtragem, pois os filtros disponíveis no mercado são limitados em função da área de captação, ao ponto que, um desarenador suporta toda a água captada pelos telhados.

De acordo com Ciesielski (2011), a função do desarenador é reduzir e controlar a velocidade de escoamento de forma a forçar a sedimentação ou deposição de partículas acima de um determinado padrão. Adota-se comumente a remoção de partículas de diâmetro médio a grande, superior a 0,2 mm.

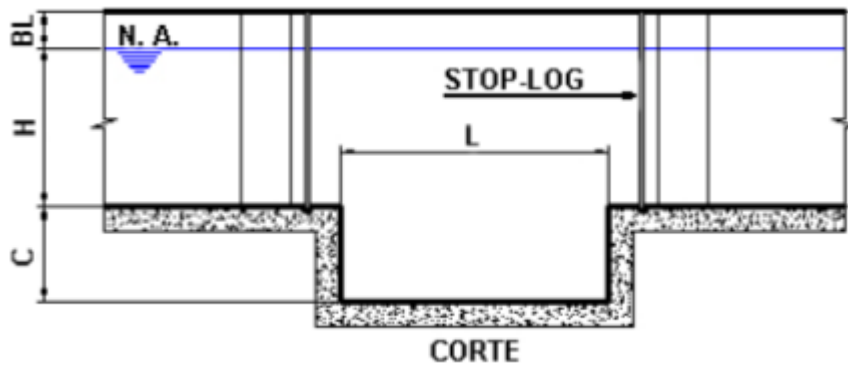
Geralmente, divide-se a caixa de areia ou desarenador em dois canais, sendo que cada um deve operar separadamente enquanto o outro passa por manutenção ou limpeza. As Figuras 05 e 06 apresentam um arranjo típico de desarenador.

Figura 05 – Arranjo típico de uma caixa de areia ou desarenador – em planta.



Fonte: (CIESIELSKI, 2011).

Figura 06 – Arranjo típico de uma caixa de areia ou desarenador – em corte.



Fonte: (CIESIELSKI, 2011).

4.8 Volume de captação de água de chuva

O volume de captação de água de chuva disponível na escola foi calculado de acordo com a ABNT: NBR 15527 (2007), que estabelece a equação a seguir.

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

(Equação 04)

Onde:

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

P: precipitação média anual, mensal ou diária;

A: área de coleta (plano horizontal);

C: coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

η fator de captação: é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja realizado. Usualmente adotado como 0,85 (TOMAZ, 2010).

De acordo com Tomaz (2010), o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de runoff é o quociente entre a água que esco superficialmente pelo total de água precipitada. A Tabela 07 apresenta alguns valores médios do coeficiente de runoff.

Tabela 07 – Coeficientes de runoff médios

Material	Coefficiente de Runoff
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, 2010, p. 103).

Em visita à escola, verificou-se que existem dois tipos de telhas nas coberturas, telhas cerâmicas para os blocos principais e telha de aço galvanizada para o ginásio. Portanto, o valor adotado para o coeficiente de Runoff foi de 0,9.

4.9 Reservatórios

Com os dados obtidos até então, foi possível dimensionar o reservatório através da ABNT: NBR 15527 (2007), que estabelece alguns métodos para cálculo. Utilizou-se o método de Rippl, que dimensiona o reservatório em função das séries de precipitação histórica em função da demanda da edificação.

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

(Equação 05)

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

(Equação 06)

$V = \sum S(t)$, somente para valores $S(t) > 0$

Sendo que: $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Onde:

S (t): é o volume de água no reservatório no tempo t;

Q (t): é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

D (t): é a demanda ou consumo no tempo t;

V: é o volume do reservatório;

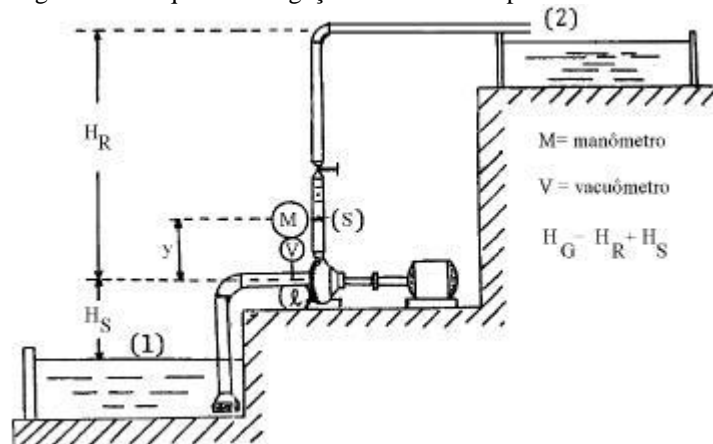
C: é o coeficiente de escoamento superficial (runoff).

Foi definido que haverá dois reservatórios principais: um enterrado, sendo o seu dimensionamento de acordo com o método de Rippl e outro, superior, com 12,0 m³ do tipo taça coluna seca. Os resultados do dimensionamento estão apresentados no Memorial de Cálculo.

4.10 Sistema elevatório

Conforme cita Tomaz (2008), em casos que se utiliza reservatório inferior deverá ser instalada bomba simples (Figura 07) para encaminhamento da água coletada para o reservatório superior ou outro destino. O sistema de bombeamento deverá ser automatizado com sistema de liga-desliga.

Figura 07 - Esquema de ligação de bomba simples.



Fonte: (MELLO. Bombas centrífugas. 2010).

De acordo com Macintyre (2008), a escolha da bomba pode ser feita através de catálogos de fabricantes (Figura 08) que se baseiam no conhecimento da descarga (Q) e da altura manométrica (H).

$$H = h_e + J$$

(Equação 07)

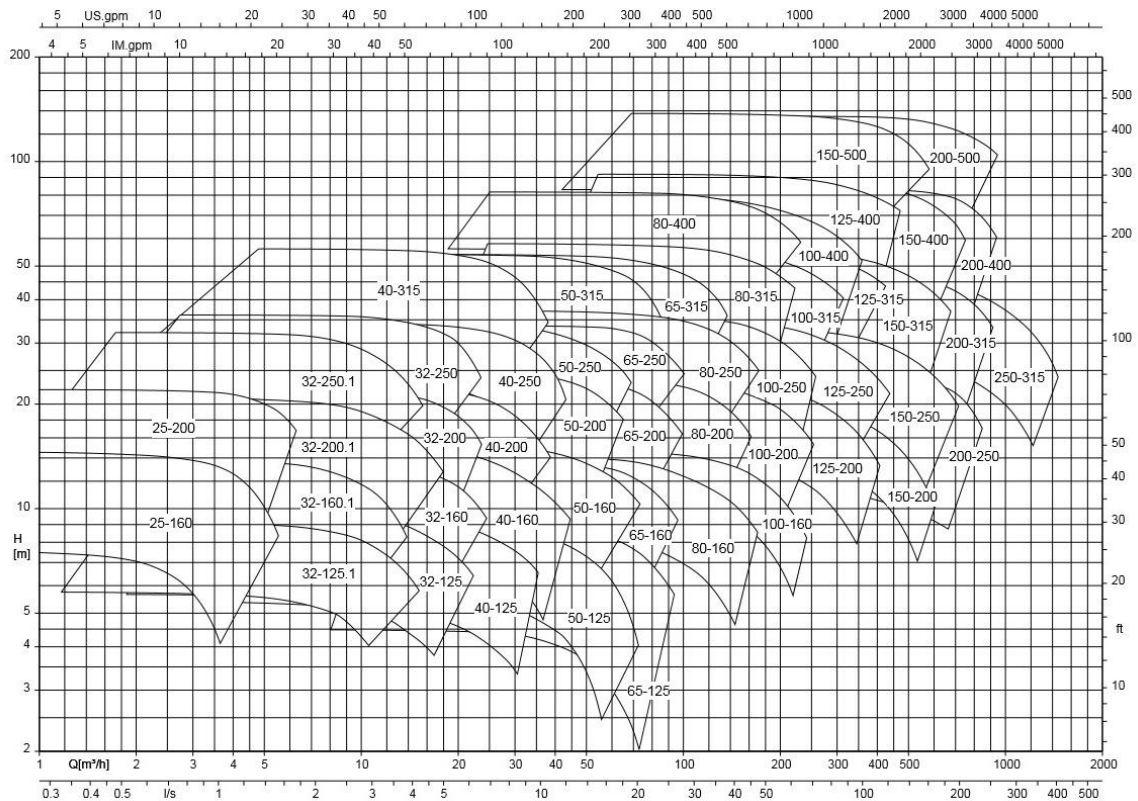
Onde:

H: altura manométrica, em metros;

H_e: altura estática, em metros;

J: perda de carga no trecho (sucção ou recalque).

Figura 08 - Curva característica para escolha do modelo da bomba.



Fonte: (KSB bombas).

Para o cálculo da potência do motor que aciona a bomba, o mesmo autor cita a seguinte equação que foi utilizada no dimensionamento:

$$P = \frac{1.000 \times Q \times H}{75 \times n}$$

(Equação 08)

Sendo:

P: potência motriz, em CV;

Q: vazão, em m³/s;

H: altura manométrica, em metros;

n: rendimento total da bomba. Varia entre 30 a 80%, conforme o tipo e qualidade da bomba.

No sistema elevatório proposto, foi definido que o funcionamento da bomba será descontínuo. Para tal, a ABNT: 5626 (1998) recomenda que o diâmetro da tubulação de recalque seja calculado por meio da fórmula de Forschheimer:

$$D_r = 1,3 \times \sqrt{Q} \times \sqrt[4]{X}$$

(Equação 09)

Onde:

Dr: diâmetro nominal da tubulação, em metros;

Q: descarga da bomba, em m³/s;

X: número de horas de funcionamento da bomba no período de 24 horas;

Para o diâmetro de sucção, adotou-se um diâmetro imediatamente maior na bitola comercial de fabricação de tubos (MACINTYRE, 2008).

4.10.1 Potência da bomba

Para o dimensionamento da bomba, foi necessário determinar a altura estática da tubulação e calcular a perda de carga nos trechos. Para tal, foi utilizada a fórmula de Hazen-Willians. Expressa por:

$$J = \frac{10,641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}}$$

(Equação 10)

Onde:

Q: vazão, em m³/s;

D: diâmetro do tubo, expresso em m;

C: coeficiente de rugosidade que varia de acordo com o material (tabela 08);

J: perda de carga unitária, expressa em m/m.

Tabela 08 – Coeficientes de rugosidade para aplicação na fórmula Hazen-Willians (continua)

Tipo de tubo	Novos	Usados	
		10 anos	20 anos
Aço corrugado (chapas onduladas)	60	X	X
Aço galvanizado roscado	125	100	90

Tabela 08 – Coeficientes de rugosidade para aplicação na fórmula Hazen-Willians (conclusão)

Tipo de tubo	Novos	Usados	
		10 anos	20 anos
Aço rebitado	110	90	80
Aço soldado	125	110	90
Aço soldado (com revestimento epoxi)	140	130	115
Cimento amianto	140	130	120
Cobre	140	135	130
Concreto (bom acabamento)	130	125	120
Concreto (acabamento comum)	130	120	110
Ferro fundido (sem revestimento)	130	110	90
Ferro fundido (revestimento em argamassa de cimento)	130	120	105
Grês cerâmico vidrado (manilhas)	110	110	110
Latão	130	130	130
Madeira (em aduelas)	120	120	110
Tijolos (condutos com bom acabamento)	100	95	90
Vidro	140	140	140
Plástico (PVC)	140	135	130

Fonte: (Adaptado, Escoamento em encanamentos).

Para a determinação dos comprimentos equivalentes das peças utilizadas, foi utilizada a Figura 09.

Figura 09- Comprimentos equivalentes e perdas localizadas.

Diâmetro nominal	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° passag. direta	Tê 90° saída de lado	Tê 90° saída bilat.	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de Canaliz.	Válvula de pé e crivo	Válv. de retenção		Registro de globo aberto	Registro de gaveta aberto	Registro de ângulo aberto	
												Tipo leve	Tipo pesado				
DN	(Ref.)																
	(-)																
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	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	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	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	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	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	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	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	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0	
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	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	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	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9	

Fonte: (MACINTYRE, 2008, p. 24).

4.11 Redes de distribuição de água

As redes se dividirão para atender às torneiras que servirão para higienização do pátio e irrigação do gramado e para as bacias sanitárias dos banheiros. Toda a rede foi dimensionada de acordo com a ABNT NBR 5626, respeitando as vazões mínimas estipuladas

(Tabela 09), considerando velocidade máxima do fluido de 3 m/s, velocidade mínima de 0,5 m/s, pressão mínima nos pontos de utilização de 1 m.c.a (metro de coluna d'água) e pressão máxima de 40 m.c.a. Para a válvula de descarga, a pressão mínima deverá ser de 1,5 m.c.a. O dimensionamento está apresentado no Apêndice B.

Tabela 09 – Vazão nos pontos de utilização em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho Sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto L/s
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15
	Válvula de descarga	1,70
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,20

Fonte: (Adaptado, ABNT, 1998, p. 13).

Os tubos enterrados serão em PVC, enquanto os tubos de expostos serão de cobre (observar projeto no Apêndice C).

5.0 MEMORIAL DE CÁLCULO

5.1 Determinação do consumo de água

A água de chuva coletada será utilizada para higienização do pátio, refeitório e irrigação do gramado.

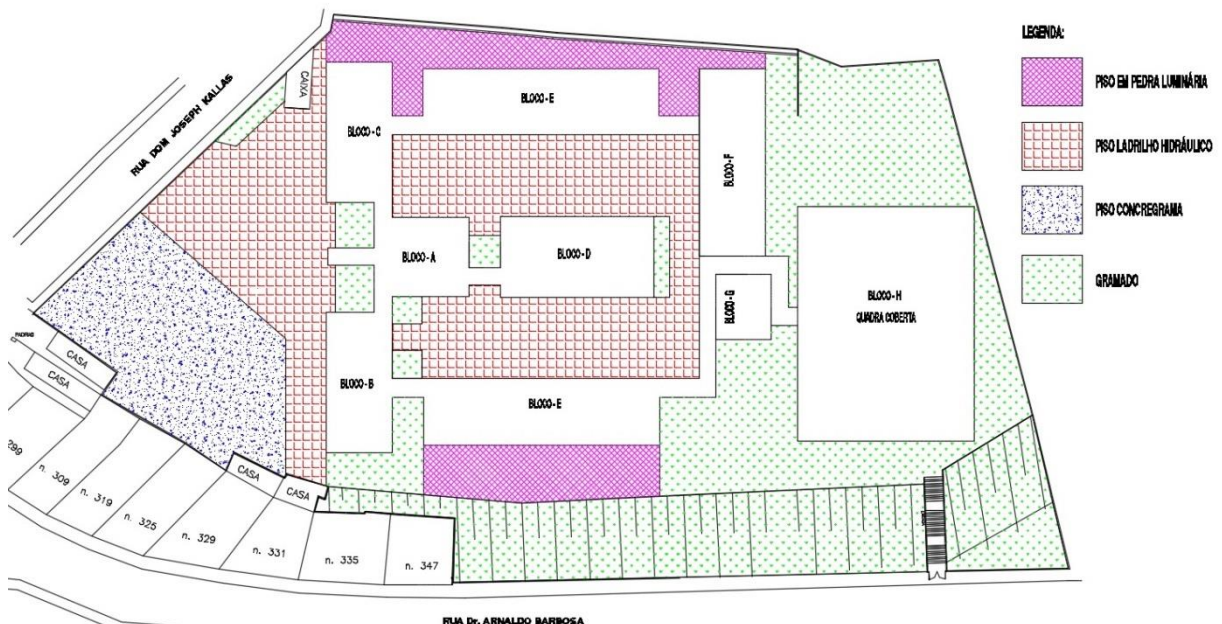
5.1.1 Higienização do pátio, refeitório e irrigação do gramado

Conforme projeto disponibilizado pela prefeitura e visita realizada na escola, a edificação possui uma extensa área externa (Figura 10). A Tabela 10 apresenta o quadro de áreas externas assim como o material utilizado.

Revestimento	Área (m ²)
Piso pedra luminária	643,48
Piso ladrilho hidráulico	1737,68
Piso concregrama	646,11
Gramado	1916,00
Área externa total	4943,27

Fonte: (o autor, 2017).

Figura 10 - Revestimentos na área externa.



Fonte: (o autor, 2017).

A Tabela 11 apresenta a estimativa de consumo anual para higienização do pátio, refeitório e irrigação do gramado de acordo com as frequências estabelecidas no item 4.2.

Tabela 11 – Estimativa de consumo anual para higienização e irrigação (continua)

Mês	Atividade	Consumo (litros/dia/m ²)	Frequência (nº vezes/mês)	Área (m ²)	Consumo (m ³)
Janeiro	Higienização do pátio	2	2	1737,68	6,95
	Higienização do refeitório	2	2	293,37	1,17
	Irrigação do gramado	2	2	1916	7,66
Sub-total					15,79
Fevereiro	Higienização do pátio	2	4	1737,68	13,9
	Higienização do refeitório	2	4	293,37	2,35
	Irrigação do gramado	2	2	1916	7,66
Sub-total					23,91
Março	Higienização do pátio	2	4	1737,68	13,9
	Higienização do refeitório	2	4	293,37	2,35
	Irrigação do gramado	2	2	1916	7,66
Sub-total					23,91
Abril	Higienização do pátio	2	4	1737,68	13,9
	Higienização do refeitório	2	4	293,37	2,35
	Irrigação do gramado	2	2	1916	7,66
Sub-total					23,91
Maio	Higienização do pátio	2	4	1737,68	13,9
	Higienização do refeitório	2	4	293,37	2,35
	Irrigação do gramado	2	12	1916	45,98
Sub-total					62,23
Junho	Higienização do pátio	2	4	1737,68	13,9
	Higienização do refeitório	2	4	293,37	2,35
	Irrigação do gramado	2	12	1916	45,98
Sub-total					62,23
Julho	Higienização do pátio	2	2	1737,68	6,95
	Higienização do refeitório	2	2	293,37	1,17
	Irrigação do gramado	2	12	1916	45,98
Sub-total					54,11
Agosto	Higienização do pátio	2	4	1737,68	13,9
	Higienização do refeitório	2	4	293,37	2,35
	Irrigação do gramado	2	12	1916	45,98
Sub-total					62,23
Setembro	Higienização do pátio	2	4	1737,68	13,9
	Higienização do refeitório	2	4	293,37	2,35
	Irrigação do gramado	2	12	1916	45,98
Sub-total					62,23

Tabela 11 – Estimativa de consumo anual para higienização e irrigação (conclusão)

Mês	Atividade	Consumo (litros/dia/m ²)	Frequência (nº vezes/mês)	Área (m ²)	Consumo (m ³)
Outubro	Higienização do pátio	2,00	4,00	1737,68	13,90
	Higienização do refeitório	2,00	4,00	293,37	2,35
	Irrigação do gramado	2,00	2,00	1916,00	7,66
Sub-total					23,91
Novembro	Higienização do pátio	2,00	4,00	1737,68	13,90
	Higienização do refeitório	2,00	4,00	293,37	2,35
	Irrigação do gramado	2,00	2,00	1916,00	7,66
Sub-total					23,91
Dezembro	Higienização do pátio	2,00	2,00	1737,68	6,95
	Higienização do refeitório	2,00	2,00	293,37	1,17
	Irrigação do gramado	2,00	2,00	1916,00	7,66
Sub-total					15,79
Total anual					454,18

Fonte: (o autor, 2017).

Sendo assim, o total anual de água utilizada para higienização e irrigação foi estimado em 454,18 m³.

5.1.2 Descarga das bacias sanitárias

A escola possui 12 salas de aula que comportam 32 alunos, funcionando no período vespertino e matutino. A capacidade máxima diária de alunos que frequentam a escola é dada pela fórmula abaixo.

$$12 \text{ salas} \times 32 \text{ alunos} \times 2 \text{ turnos} = 768 \text{ alunos}$$

De acordo com a diretora, a escola possui 20 funcionários fixos durante todo o expediente, portanto, estimou-se a população total diária da edificação:

$$768 \text{ alunos} + 20 \text{ funcionários} = 788 \text{ pessoas}$$

Baseando-se na Tabela 02, o consumo mensal de água utilizado na descarga das bacias sanitárias foi dado pela equação:

$$788 \text{ pessoas} \times 2 \text{ descargas} \times 9 \text{ litros} \times 21 \text{ dias letivos} = 297.864,00 \text{ litros}$$

Nos meses de janeiro, julho e dezembro (férias), considerou-se a utilização das bacias sanitárias apenas pelos funcionários, visto que nestes meses os alunos estão de férias. A

Tabela 12 apresenta uma estimativa anual do consumo de água com descarga de bacias sanitárias.

$$20 \text{ funcionários} \times 2 \text{ descargas} \times 9 \text{ litros} \times 21 \text{ dias letivos} = 7.560 \text{ litros}$$

Tabela 12 – Estimativa de consumo anual para descarga em bacias sanitárias

Mês	Atividade	Consumo (m³)
Janeiro	Descarga - bacia sanitária	7,56
Fevereiro	Descarga - bacia sanitária	297,86
Março	Descarga - bacia sanitária	297,86
Abril	Descarga - bacia sanitária	297,86
Maio	Descarga - bacia sanitária	297,86
Junho	Descarga - bacia sanitária	297,86
Julho	Descarga - bacia sanitária	7,56
Agosto	Descarga - bacia sanitária	297,86
Setembro	Descarga - bacia sanitária	297,86
Outubro	Descarga - bacia sanitária	297,86
Novembro	Descarga - bacia sanitária	297,86
Dezembro	Descarga - bacia sanitária	7,56
TOTAL		2703,42

Fonte: (o autor. 2017).

Portanto, obteve-se um consumo total anual no valor de 2703,42 m³.

5.1.3 Determinação do consumo total

O consumo total em cada mês na escola dos pontos que serão supridos pela água de chuva é dado pela Tabela 13 a seguir.

Tabela 13 – Estimativa de consumo anual para pontos supridos pela água de chuva não potável

Mês	Consumo (m³)
Janeiro	23,35
Fevereiro	321,77
Março	321,77
Abril	321,77
Maiο	360,09
Junho	360,09
Julho	61,67
Agosto	360,09
Setembro	360,09
Outubro	321,77
Novembro	321,77
Dezembro	23,35
TOTAL	3157,58

Fonte: (o autor. 2017).

Tem-se então o valor de 3157,58 m³ anuais. Este valor será usado para o dimensionamento do reservatório de armazenamento.

5.2 Dados pluviométricos

Determinação da intensidade pluviométrica para o município de Varginha com o auxílio do software Pluvio. Conforme ABNT: NBR 10844 (1989) recomenda, para o tempo de retorno (Tr) foi considerado 5 anos e para o tempo de concentração (tc) adotou-se 5 minutos.

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

$$i = \frac{5987,104 \times 5^{0,218}}{(5 + 32,694)^{1,087}} = 164,51 \text{ mm/h}$$

Os dados de precipitação média histórica para o município foram retirados de acordo com a Tabela 03.

5.3 Área de captação

Conforme análise do sistema pluvial existente (item 3.2) obteve-se a área total disponível para captação de água de chuva no valor de 3797,87 m². A área de cobertura para dimensionamento das calhas e condutores (Tabela 14) deve-se acrescentar o incremento devido à inclinação da cobertura (ABNT: NBR 10844. 1989).

Tabela 14 – Área de cobertura para dimensionamento das calhas e condutores

Ambiente	Lado do telhado	Largura (a)	Comprimento (b)	Altura (h)	Área de captação (m²)
Bloco A	Entrada - lado 1	1,90	7,20	0,55	15,66
	Entrada - lado 2	1,90	7,20	0,55	15,66
	Lado 1	6,23	16,15	2,58	121,45
	Lado 2	6,23	16,15	2,58	121,45
Bloco B	Lado 1	5,35	23,35	1,62	143,84
	Lado 2	7,15	23,35	2,22	192,87
Bloco C	Lado 1	5,35	23,35	1,61	143,72
	Lado 2	7,15	23,35	2,14	191,94
Bloco D	Lado 1	7,03	25,15	2,58	209,25
	Lado 2	7,03	25,15	2,58	209,25
Bloco E-1	Lado 1	5,35	37,95	1,59	233,20
	Lado 2	7,15	37,95	2,14	311,95
Bloco E-2	Lado 1	5,35	37,95	1,59	233,20
	Lado 2	7,15	37,95	2,14	311,95
Bloco F	Lado 1	5,35	30,54	1,59	187,67
	Lado 2	7,15	30,54	2,14	251,04
Bloco G	Lado 1	5,35	8,98	1,59	55,18
	Lado 2	7,15	8,98	2,14	73,82
Bloco H	Lado 1	13,10	37,64	4,02	568,74
	Lado 2	13,10	37,64	4,02	568,74
Passarelas (totais)	Lado 1	1,80	56,39	0,65	119,83
	Lado 2	1,80	56,39	0,65	119,83
Total					4400,22

Fonte: (o autor. 2017).

5.4 Vazão de projeto

Para a determinação da vazão de projeto foi utilizada a Equação 02, juntamente com os dados de intensidade pluviométrica e área total de cobertura. A seguir o cálculo realizado para a vazão de projeto do bloco A (lado 1). Os demais resultados estão descritos na Tabela 15.

$$Q = \frac{164,51 \times 121,45}{60} = 333,00 \text{ litros/min}$$

Tabela 15 – Vazão de projeto em cada bloco da escola

Ambiente	Lado do telhado	Área de captação (m ²)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão (litros/min)
Bloco A	Entrada - lado 1	15,66	164,51	42,94
	Entrada - lado 2	15,66		42,94
	Lado 1	121,45		332,99
	Lado 2	121,45		332,99
Bloco B	Lado 1	143,84		394,37
	Lado 2	192,87		528,82
Bloco C	Lado 1	143,72		394,05
	Lado 2	191,94		526,26
Bloco D	Lado 1	209,25		573,72
	Lado 2	209,25		573,72
Bloco E-1	Lado 1	233,20		639,40
	Lado 2	311,95		855,31
Bloco E-2	Lado 1	233,20		639,40
	Lado 2	311,95		855,31
Bloco F	Lado 1	187,67		514,56
	Lado 2	251,04		688,31
Bloco G	Lado 1	55,18		151,30
	Lado 2	73,82		202,39
Bloco H	Lado 1	568,74	1559,39	
	Lado 2	568,74	1559,39	
Passarelas (totais)	Lado 1	119,83	328,55	
	Lado 2	119,83	328,55	

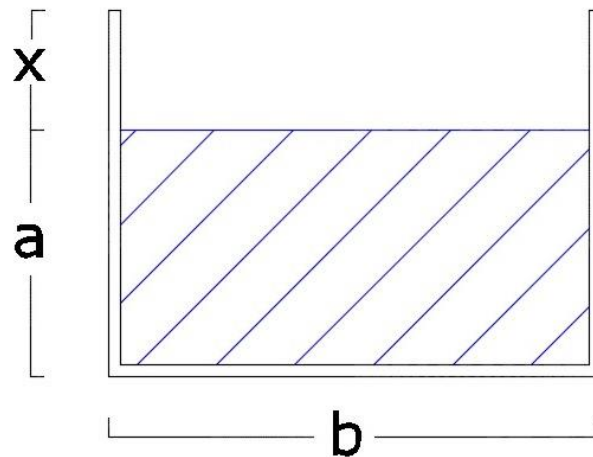
Fonte: (o autor. 2017).

Obteve-se então a vazão individual de projeto para cada bloco e cada lado do telhado, assim como a vazão total, no valor de 12.064,67 litros/min.

5.5 Dimensionamento de calhas

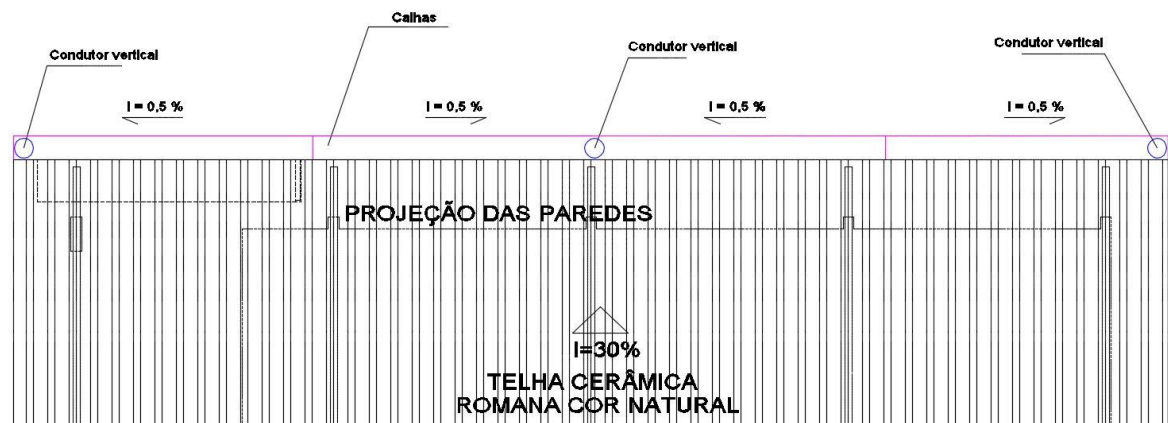
Segundo Macintyre (2008), a seção retangular mais favorável ao escoamento ocorre quando a base é o dobro da altura da água no canal, ou seja, para $b = 2 \times a$ (Figura 11). A borda livre (x) equivale a $2/3$ de a. Portanto, adotou-se para a largura (b) 10 cm, para altura (a) 5 cm, inclinação (i) de 0,5% e coeficiente de rugosidade (n) 0,011 para aço. A vazão de projeto para o Bloco A, considerando o lado 1 do telhado equivale a 332,99 litros/min. Supondo 3 condutores verticais divididos igualmente ao longo do telhado (dois nos cantos e um posicionado no meio), a vazão para calha será dividida por 4 (Figura 12), com o valor então de 83,25 litros/min.

Figura 11 – Seção retangular da calha.



Fonte: (o autor. 2017).

Figura 12 – Projeção das calhas e condutores verticais no diagrama de cobertura para Bloco A.



Fonte: (o autor. 2017).

$$\text{Perímetro molhado} = b + 2a = 0,10 + (2 \times 0,05) = 0,200 \text{ m}$$

$$\text{Raio hidráulico} = \frac{a \times b}{b + 2a} = \frac{0,10 \times 0,05}{0,10 + (2 \times 0,05)} = 0,025 \text{ m}$$

Velocidade calculada através da fórmula de Manning (Equação 03):

$$V = \frac{\sqrt[3]{Rh^2} \times \sqrt{i}}{n} = \frac{\sqrt[3]{0,025^2} \times \sqrt{0,005}}{0,011} = 0,55 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Sendo,

$$Q = A \times V = (0,10 \times 0,05) \times 0,55 = 0,002748 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 164,88 \text{ litros/min}$$

Com os resultados obtidos, verificou-se que a calha na dimensão 10,0 x 9,0cm (largura x altura) atende à vazão de projeto para o lado 1 do telhado do bloco A.

A Tabela 16 apresenta o dimensionamento das calhas para todos os blocos da edificação.

Tabela 16 – Dimensionamento das calhas de todos os blocos.

Ambiente	Lado do telhado	Vazão (l/min)	Nº condutores verticais	Vazão por calha (l/min)	Vazão suportada (l/min)	Dimensões da calha (cm)	
						b	h (a + x)
Bloco A	Entrada - lado 1	42,94	1	42,94	164,88	10	9,00
	Entrada - lado 2	42,94	1	42,94	164,88	10	9,00
	Lado 1	332,99	3	83,25	164,88	10	9,00
	Lado 2	332,99	3	83,25	164,88	10	9,00
Bloco B	Lado 1	394,37	3	98,59	164,88	10	9,00
	Lado 2	528,82	3	132,21	164,88	10	9,00
Bloco C	Lado 1	394,05	3	98,51	164,88	10	9,00
	Lado 2	526,26	3	131,57	164,88	10	9,00
Bloco D	Lado 1	573,72	4	95,62	164,88	10	9,00
	Lado 2	573,72	4	95,62	164,88	10	9,00
Bloco E-1	Lado 1	639,4	4	106,57	164,88	10	9,00
	Lado 2	855,31	4	142,55	164,88	10	9,00
Bloco E-2	Lado 1	639,4	4	106,57	164,88	10	9,00
	Lado 2	855,31	4	142,55	164,88	10	9,00
Bloco F	Lado 1	514,56	4	85,76	164,88	10	9,00
	Lado 2	688,31	4	114,72	164,88	10	9,00
Bloco G	Lado 1	151,3	2	75,65	164,88	10	9,00
	Lado 2	202,39	2	101,20	164,88	10	9,00
Bloco H	Lado 1	1559,39	4	259,90	268,12	12	10,00
	Lado 2	1559,39	4	259,90	268,12	12	10,00

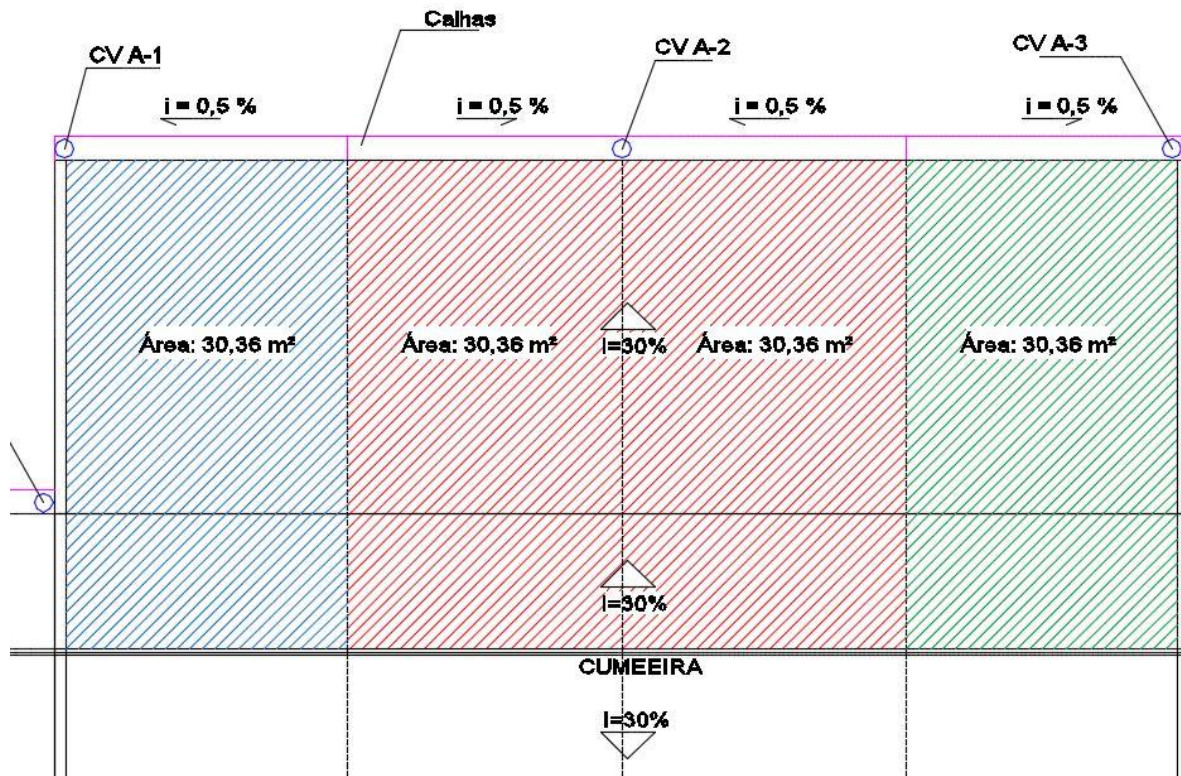
Fonte: (o autor, 2017).

Objetivando uma padronização das dimensões, a calha com 10,0 x 9,0 cm (largura x altura) atende a vazão da maioria dos blocos, exceto para o bloco H (ginásio poliesportivo) que possui uma área de captação superior às demais, necessitando de calhas de 12,00 x 10,00 cm (largura x altura).

5.6 Dimensionamento dos condutores verticais

Os condutores verticais foram dimensionados com base nos valores para o Rio de Janeiro apresentados na Tabela 05. Conforme a tabela, o condutor vertical tem o seu diâmetro em função da área de cobertura. Portanto, foi realizada a divisão da área de captação que cada condutor vertical (CV) comporta (para o bloco A), como demonstrado na Figura 13.

Figura 13 – Divisão da área de captação para cada condutor vertical do bloco A.



De acordo com a Tabela 05, os condutores verticais CV A-1, CV A-2 e CV A-3 possuirão diâmetro de 7,5 cm ou 75 mm. A Tabela 17 apresenta o diâmetro de cada condutor vertical de acordo com o bloco (ver projeto de instalações pluviais no Apêndice C).

Tabela 17 – Diâmetro dos condutores verticais (continua)

Ambiente	Lado do telhado	Nº de condutores verticais	Diâmetro adotado (mm)
Bloco A	Entrada - lado 1	1	75
	Entrada - lado 2	1	75
	Lado 1	3	75
	Lado 2	3	75
Bloco B	Lado 1	3	75
	Lado 2	3	75
Bloco C	Lado 1	3	75
	Lado 2	3	75
Bloco D	Lado 1	4	75
	Lado 2	4	75
Bloco E-1	Lado 1	4	75
	Lado 2	4	75
Bloco E-2	Lado 1	4	75
	Lado 2	4	75

Tabela 17 – Diâmetro dos condutores verticais (conclusão)

Ambiente	Lado do telhado	Nº de condutores verticais	Diâmetro adotado (mm)
Bloco F	Lado 1	4	75
	Lado 2	4	75
Bloco G	Lado 1	2	75
	Lado 2	2	75
Bloco H	Lado 1	4	100
	Lado 2	4	100

Fonte: (o autor, 2017).

5.7 Determinação do volume de captação de água de chuva

Para estimar o volume de água de chuva aproveitável utilizou-se a Equação 04. Conforme Tabela 07, o coeficiente de Runoff adotado para telhas cerâmicas foi de 0,9. Para o coeficiente de desvio de escoamento inicial o valor adotado foi de 0,85. A área de captação considerada foi a total obtida na Tabela 18 no valor de 3.797,87 m², em que o incremento devido à inclinação do telhado não é contabilizado.

Tabela 18 – Área de cobertura para determinação do volume de captação de água de chuva

Ambiente	Lado do telhado	Largura (a)	Comprimento (b)	Área de captação (m²)
Bloco A	Entrada - lado 1	1,90	7,20	13,68
	Entrada - lado 2	1,90	7,20	13,68
	Lado 1	6,23	16,15	100,61
	Lado 2	6,23	16,15	100,61
Bloco B	Lado 1	5,35	23,35	124,92
	Lado 2	7,15	23,35	166,95
Bloco C	Lado 1	5,35	23,35	124,92
	Lado 2	7,15	23,35	166,95
Bloco D	Lado 1	7,03	25,15	176,80
	Lado 2	7,03	25,15	176,80
Bloco E-1	Lado 1	5,35	37,95	203,03
	Lado 2	7,15	37,95	271,34
Bloco E-2	Lado 1	5,35	37,95	203,03
	Lado 2	7,15	37,95	271,34
Bloco F	Lado 1	5,35	30,54	163,39
	Lado 2	7,15	30,54	218,36
Bloco G	Lado 1	5,35	8,98	48,04
	Lado 2	7,15	8,98	64,21
Bloco H	Lado 1	13,10	37,64	493,08

	Lado 2	13,10	37,64	493,08
Passarelas (totais)	Lado 1	1,80	56,39	101,50
	Lado 2	1,80	56,39	101,50
Total				3797,87

Fonte: (o autor. 2017).

A Tabela 19 apresenta o volume disponível para captação, considerando a precipitação média mensal no município de Varginha obtida pela Fundação Procafé (Tabela 03).

Tabela 19 – Volume disponível para captação de água de chuva

Mês	Precipitação média mensal (mm)	Área de coleta (m ²)	Coefficiente de runoff	n fator de captação	Volume de captação de chuva (m ³)
Jan	274,00	3797,87	0,90	0,85	796,07
Fev	180,30				523,84
Mar	176,60				513,09
Abr	80,30				233,30
Mai	50,70				147,30
Jun	34,20				99,36
Jul	18,60				54,04
Ago	17,30				50,26
Set	73,00				212,09
Out	107,30				311,75
Nov	180,20				523,55
Dez	257,20				747,26
Volume de captação anual					4211,92

Fonte: (o autor. 2017).

5.8 Dimensionamento do filtro (desarenador)

Dados adotados para o dimensionamento:

- Diâmetro mínimo das partículas de areia: 0,30 mm;
- Velocidade de sedimentação da areia: 0,032 m/s;
- Velocidade máxima do fluxo na caixa de areia: 0,30 m/s;
- Velocidade mínima do fluxo do canal de aproximação: 0,60 m/s;

A vazão adotada para o dimensionamento do desarenador foi a total obtida na Tabela 15 no valor de 12064,67 litros/min.

$$Vazão = 12064,67 \text{ litros/min} = 0,2011 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Área: } \frac{Q}{V} = \frac{0,2011 \times 1,5}{0,6 \text{ m/s}} = 0,5027 \text{ m}^2$$

$$\text{Altura: } \frac{B}{H} = 1,5 \rightarrow H = \frac{0,5027}{1,5} = 0,33 \text{ m}$$

$$\text{Comprimento: } \frac{H \times V_1}{V} = \frac{0,33 \times 0,30}{0,032} = 3,10 \text{ m}$$

$$\text{Área 2: } A = \frac{Q}{V_1} = \frac{0,2011}{0,30} = 0,67 \text{ m}^2$$

$$\text{Base/Largura: } B = \frac{B \times H}{H} = \frac{0,67}{0,33} = 2,03 \text{ m} \rightarrow \text{adotado } 2,05 \text{ m}$$

$$\text{Altura 2: } BL: 0,10 \text{ a } 0,25 \text{ m} \rightarrow BL \text{ adotado: } 0,18 \text{ m}$$

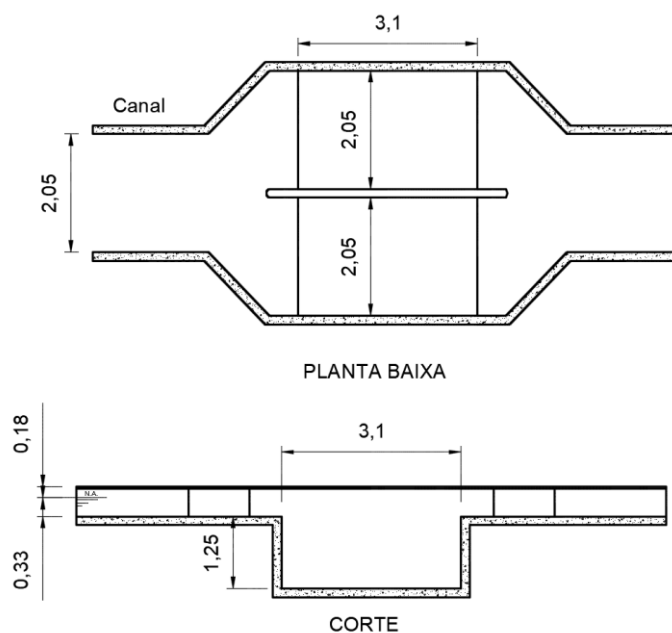
$$\text{Volume diário: } V_{Rd} = S_s \times V_d = 0,0001 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \times 0,2011 \times 86400 = 1,74 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

$$\text{Volume crítico: } V_{Cr} = V_{Rd} \times \text{dias de autonomia} = 1,74 \times 3 \text{ dias} = 5,22 \text{ m}^3$$

$$\text{Altura 3: } C = \frac{V_{cr} \times \text{Coef. Segurança}}{B \times L} = \frac{5,22 \times 1,5}{2,05 \times 3,10} = 1,23 \text{ m} \rightarrow \text{adotado } 1,25 \text{ m}$$

A figura 14 apresenta as dimensões calculadas do desarenador.

Figura 14 – Planta baixa e corte do desarenador/filtro de areia.



Fonte: (o autor. 2017).

A altura do desarenador será ajustada em função da cota dos condutores horizontais.

5.9 Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl

Adotando as séries históricas mensais, neste método foram utilizadas as equações 05 e 06, sendo que, a Tabela 20 apresenta o estudo anual para dimensionamento do reservatório.

Tabela 20 – Estudo para dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl

Mês	Precipitação (mm)	Demanda (m ³)	Área de captação (m ²)	Vol. mensal de chuva (m ³)	Diferença entre volume chuva e demanda (m ³)
Jan	274,00	23,35	3797,87	796,07	-772,72
Fev	180,30	321,77		523,84	-202,07
Mar	176,60	321,77		513,09	-191,32
Abr	80,30	321,77		233,30	88,47
Mai	50,70	360,09		147,30	212,79
Jun	34,20	360,09		99,36	260,73
Jul	18,60	61,67		54,04	7,63
Ago	17,30	360,09		50,26	309,83
Set	73,00	360,09		212,09	148,00
Out	107,30	321,77		311,75	10,02
Nov	180,20	321,77		523,55	-201,78
Dez	257,20	23,35		747,26	-723,91

Fonte: (o autor. 2017).

De acordo com o estudo realizado, será necessário um reservatório com capacidade de 309,83 m³. Adotando uma altura de 2,5 metros, chegou-se nas dimensões de 11,15 x 11,15 x 2,5 m (largura x comprimento x altura), resultando num volume de 310,80 m³, sendo suficiente para atender à demanda.

5.9.1 Reservatório superior

A água reservada será bombeada até um reservatório superior. Visando atender a média diária de consumo da edificação, o reservatório foi dimensionado da seguinte maneira:

$$\text{Consumo anual: } 3157,58 \text{ m}^3$$

$$\text{Média do consumo ao longo de 12 meses: } \frac{3157,58}{12} = 263,13 \text{ m}^3$$

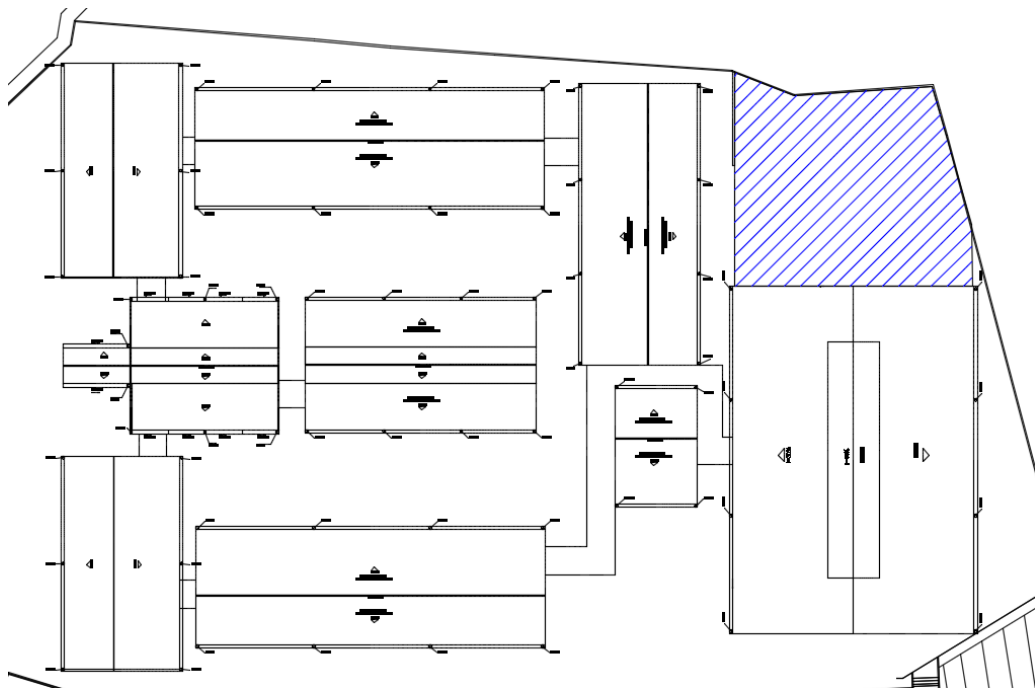
$$\text{Média diária (período letivo de 22 dias mensais): } \frac{263,13}{22} = 11,96 \text{ m}^3$$

Reservatório adotado tipo taça coluna seca = 12,00 m³

5.10 Locação do filtro e do reservatório no terreno

No pré-dimensionamento realizado no TCC I, verificou-se a disponibilidade de algumas áreas do terreno para locação do sistema de captação de água pluvial. Dentre os espaços disponíveis, optou-se pelo gramado ao lado do ginásio poliesportivo (Figura 15) devido à grande área que comporta o reservatório de armazenamento e ao desnível do local (ponto mais baixo) que favorece o traçado e dimensionamento dos condutores horizontais.

Figura 15 – Espaço para locação do reservatório e desarenador no terreno.



Fonte: (o autor, 2017).

5.11 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os condutores horizontais foram dimensionados conforme Tabela 06 em que se tem o diâmetro da tubulação em função da vazão no trecho. Traçou-se o caminhamento da tubulação tendo por objetivo a economia de material e o aproveitamento do desnível existente no terreno, a fim de amenizar a cota de chegada dos tubos ao desarenador/reservatório. Os diâmetros variam de 100 mm até de 300 mm.

No Apêndice A deste trabalho encontra-se a tabela com o dimensionamento de todos os condutores horizontais, assim como o projeto das instalações de águas pluviais.

5.12 Sistema Elevatório

5.12.1 Diâmetro do tubo de recalque

Para o dimensionamento da tubulação de recalque, foi utilizada a equação 09. Adotou-se o período de funcionamento da bomba no valor de 3 horas (uso descontínuo). De acordo com Macintyre (2008), a vazão mínima a ser admitida para a estação elevatória será aquela que exija o funcionamento do conjunto elevatório em um período de 6,66 horas por dia, ou seja, a vazão horária mínima deverá ser igual a 15% do consumo diário. Foram adotados dois períodos de 1 hora e 30 minutos cada como tempo de funcionamento da bomba (a cada 24 horas).

$$Q = 15\% \times 12,00 \text{ m}^3 = 1.800 \text{ l/h}$$

$$Q \text{ para período de 3 horas: } 12.000 \div 3,00 = 4.000 \text{ l/h}$$

$$Q \text{ adotada: } 4.000 \text{ l/h} = 1,11 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_r = 1,3 \times \sqrt{Q} \times \sqrt[4]{X} = 1,3 \times \sqrt{(1,11 \times 10^{-3})} \times \sqrt[4]{(3/24)} = 25,76 \text{ mm} = 32 \text{ mm}$$

5.12.2 Diâmetro do tubo de sucção

Para o tubo de sucção, adotou-se um diâmetro comercial imediatamente acima do diâmetro de recalque. Ou seja, a tubulação de sucção terá o diâmetro de 40 mm.

5.12.3 Determinação da potência da bomba

Para determinar a potência da bomba foi necessário calcular a altura manométrica através da equação 07 (altura estática + perda de carga).

Unidade de sucção (40 mm):

- 01 válvula de pé com crivo: 18,3 m;
- 01 cotovelo 90°: 3,2 m;
- 01 registro de gaveta aberto: 0,7 m;
- Comprimento da tubulação: $3,50+0,4+2,00 = 5,90$ m;
- Altura: 3,90 m.

$$\text{Perda de carga: } 0,02870798 \text{ m/m} \times 28,10 = 0,8067 \text{ m}$$

Unidade de recalque (32 mm):

- 01 válvula de retenção leve: 4,9 m;
- 03 cotovelos 90°: 3 x 2,0 = 6,0 m;
- 01 registro de gaveta aberto: 0,4 m;
- Saída de canalização: 1,4 m;
- Comprimento da tubulação: 1,5+1,5+10,10+0,30 = 13,40 m;
- Altura: 10,10 m.

Perda de carga: 0,0851048 m/m x 26,10 = 2,22 m

Altura manométrica: 3,90+0,81+10,10+2,22 = 17,03 m.

$$P = \frac{1.000 \times Q \times H}{75 \times n} = \frac{1.000 \times (1,11 \times 10^{-3}) \times 17,03}{75 \times 0,55} = 0,41 \text{ cv} + 20\% = 0,49 \text{ cv}$$

A potência encontrada foi de 0,49 cv. Adotou-se a potência de 1/2 cv. Lançando os dados no gráfico da empresa KSB (Figura 25), chegou-se no modelo KSB Meganorm modelo 25-160 (n = 1750/min).

5.13 Dimensionamento das redes de água fria

O dimensionamento das redes de água fria baseou-se de acordo com a ABNT NBR 5626, através do método dos pesos, estipulando um peso para cada peça de utilização a fim de obter a vazão estimada. Para o cálculo da perda de carga, utilizou-se a Tabela 08 e Figura 09 através da Equação 10. Para os tubos de cobre, o coeficiente C adotado foi de 130 e para os tubos de PVC, 140.

O dimensionamento das redes externas está apresentado em planilha no Apêndice B. Para o dimensionamento das redes internas, utilizou-se como auxílio o software PRO-Hidráulica, da empresa Multiplus. Os resultados estão apresentados no projeto de redes de água fria.

6.0 ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Especificação dos materiais a serem utilizados no projeto referente às instalações de águas pluviais, captação de água de chuva e instalações de água fria.

6.1 Instalações de águas pluviais

As calhas instaladas nas coberturas deverão ser fabricadas de chapa de aço galvanizada nº 24, com dimensões de 10,0 x 9,0 cm (largura x altura) para os blocos e 12,0 x 10,0 cm (largura x altura) para o ginásio poliesportivo.

Os condutores verticais serão em tubos de PVC (linha específica para águas pluviais) com diâmetro de 75 mm para os blocos e 100 mm para o ginásio poliesportivo.

Os condutores horizontais e conexões serão em tubos de PVC (linha específica para águas pluviais) com diâmetro variando entre 100 e 300 mm (conforme projeto no Apêndice C).

As caixas de inspeção locadas serão em alvenaria e possuem dimensões variadas conforme descrição no projeto. Devem garantir estanqueidade no seu interior, visando garantir a passagem total da água de chuva até o reservatório de armazenamento.

6.2 Sistema de captação de água de chuva

O filtro/desarenador será construído em concreto com argamassa impermeabilizante. Foram previstas telas de malha fina visando reter folhas e dejetos que por sua vez possam adentrar ao reservatório. No perímetro do filtro será previsto guarda-corpo com altura mínima de 1,05 m devido ao risco de crianças que frequentam o local.

O reservatório inferior será construído em vinil tramado com fibra de poliéster, espessura 0,07 mm, com paredes em alvenaria estrutural de concreto e colunas de ferro. Base do reservatório concretado, com espessura de 6 cm (especificação do fabricante) e impermeabilização com manta especial.

O reservatório superior será do tipo taça metálica (coluna seca) com capacidade para armazenar 12,00 m³.

O sistema elevatório contará com duas bombas 1/2 CV modelo KSB Meganorm modelo 25-160 (n = 1750/min), sendo uma para reserva enquanto outra estiver danificada ou em manutenção. Os tubos de sucção, recalque e respectivas conexões serão em cobre.

6.3 Instalações de água fria

A tubulação e conexões dos tubos enterrados serão em PVC soldável para água fria com diâmetros especificados no projeto. Os tubos e conexões expostos à luz solar serão em cobre. As torneiras para jardim serão em liga de cobre (bronze e latão) e estarão devidamente sinalizadas conforme Figura 16.

Figura 16 - Placa de advertência de água não potável.



Fonte: (Isoflex. Soluções para gestão visual. 2014).

7.0 ORÇAMENTO

A planilha orçamentária (Tabela 21) foi desenvolvida com base na tabela disponível pela Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas (SETOP), sobre a região do sul de Minas Gerais, com desoneração e mês de referência em Julho/2017. Os itens não encontrados na tabela SETOP foram retirados de cotações por meio de empresas via telefone ou pela internet. Foi adotado BDI no valor de 30%.

Tabela 21 – Planilha orçamentária para sistema de aproveitamento de água pluvial

Item	Descrição	Referência	Unid.	Quantidade	Preço Unit.	Total
1.0 INSTALAÇÕES DE ÁGUAS PLUVIAIS						
1.1	Calha em chapa de aço galvanizada nº 24 10,0 x 9,0 cm	CALHAS VARGIN HA	m	421,24	28,50	15606,94
1.2	Calha em chapa de aço galvanizada nº 24 12,0 x 10,0 cm	CALHAS VARGIN HA	m	75,28	32,50	3180,58
1.3	Condutor vertical tubo PVC 75 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	168,00	50,86	11107,82
1.4	Condutor vertical tubo PVC 100 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	56,00	53,83	3918,82
1.5	Condutor horizontal tubo PVC 100 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	224,93	43,17	12623,30
1.6	Condutor horizontal tubo PVC 125 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	129,07	56,43	9468,45
1.7	Condutor horizontal tubo PVC 150 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	112,30	69,99	10217,84
1.8	Condutor horizontal tubo PVC 200 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	40,66	86,91	4593,89
1.9	Condutor horizontal tubo PVC 250 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	247,45	92,88	29878,10
1.10	Condutor horizontal tubo PVC 300 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	30,02	112,95	4407,99
1.11	Escavação manual de valas incluindo remoção para bota-fora (vala para condutor horizontal)	SETOP	m ³	113,46	47,08	6944,21

1.12	Caixa de passagem/inspeção em alvenaria 60x60 cm, tampa em concreto, incluindo escavação	SETOP	unid	27,00	351,18	12326,42
1.13	Caixa de passagem/inspeção em alvenaria 80x80 cm, tampa em concreto, incluindo escavação	SETOP	unid	8,00	623,69	6486,38
2.0 SISTEMA ELEVATÓRIO, FILTRAGEM E ARMAZENAMENTO						
2.1	Filtro/desarenador em concreto com argamassa impermeável.		unid	1,00	3208,93	4171,61
2.2	Guarda-corpo tubo aço galvanizado d=2" com subdivisões em tubo de aço galvanizado d=1/2" h=1,05 m	SETOP	m	27,50	347,74	12431,71
2.3	Escavação manual de valas incluindo remoção para bota-fora (vala para reservatório)	SETOP	m ³	50,43	47,08	3086,52
2.4	Fabricação e instalação de Reservatório em vinil tramado incluindo alvenaria e manta impermeável. 11,15x11,15x2,50m	Empresa Piscina e CIA.	unid	1,00	75.000	97.500
2.5	Tubo de cobre 32 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	8,40	114,83	1253,94
2.6	Tubo de cobre 40 mm - inclusive conexões e suportes	SETOP	m	5,90	164,69	1263,17
2.7	Válvula de pé com crivo - 40 mm	SETOP	unid	1,00	116,49	151,44
2.8	Válvula de retenção horizontal ou vertical - 32 mm	SETOP	unid	2,00	182,71	475,05
2.9	Registro de gaveta bruto - 32 mm	SETOP	unid	2,00	66,22	172,17
2.10	Registro de gaveta bruto - 40 mm	SETOP	unid	2,00	80,24	208,62
2.11	Moto-bomba 1/2 cv KSB modelo 25-160	Empresa KSB	unid	2,00	429,00	1115,40
3.0 INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA						
3.1	Reservatório tipo taça coluna seca - 12.000 litros	Empresa FAZFOR TE	unid	1,00	12805,00	16646,50
3.2	Tubo PVC rígido soldável, inclusive conexões e suportes, 20 mm	SETOP	m	67,18	14,30	1248,88
3.3	Tubo PVC rígido soldável, inclusive conexões e suportes, 40 mm	SETOP	m	29,41	29,24	1117,93
3.4	Tubo PVC rígido soldável, inclusive conexões e suportes, 50 mm	SETOP	m	25,60	34,52	1148,83
3.5	Tubo PVC rígido soldável, inclusive conexões e suportes, 60 mm	SETOP	m	46,58	92,34	5591,56

3.6	Tubo PVC rígido soldável, inclusive conexões e suportes, 75 mm	SETOP	m	106,50	62,85	8701,58
3.7	Tubo PVC rígido soldável, inclusive conexões e suportes, 110 mm	SETOP	m	31,60	93,52	3841,80
3.8	Tubo de cobre 100 mm - inclusive conexoes e suportes	SETOP	m	6,40	506,58	4214,75
3.9	Registro de gaveta com canopla 1 1/4 "	SETOP	unid	16,00	112,82	2346,66
3.10	Registro de gaveta com canopla 1 1/2 "	SETOP	unid	3,00	111,59	435,20
TOTAL						R\$ 297.884,04

Fonte: (o autor, 2017).

8.0 ESTIMATIVA DO PERÍODO DE RETORNO

De acordo com Tomaz (2010), um método muito simples para realizar a análise do período de retorno é o payback e deve ser considerado somente em um pré-estudo para aceitar ou rejeitar determinado projeto.

O período de retorno do investimento, indicado pela letra p , é a divisão entre o total do investimento (G) e o lucro anual médio (L) gerado pelo projeto (TOMAZ, 2010).

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

(Equação 11)

Para determinar o lucro anual médio utilizou-se a tabela de tarifas fornecida pela COPASA (Tabela 22). A escola se enquadra na categoria “Pública”.

Tabela 22 – Tabela tarifária de consumo de água potável para edificações públicas - COPASA

Categoria	Faixa	Julho/2017 a Junho/2018		Unidade
		Água		
Pública	Fixa	R\$	19,11	R\$/mês
	0 a 5 m ³	R\$	2,51	R\$/m ³
	5 a 10 m ³	R\$	3,18	R\$/m ³
	10 a 20 m ³	R\$	8,10	R\$/m ³
	20 a 40 m ³	R\$	8,96	R\$/m ³
	40 a 200 m ³	R\$	10,18	R\$/m ³
	> 200 m ³	R\$	10,86	R\$/m ³

Fonte: (Adaptado. ARSAE, Agência Reguladora, 2017).

Com os dados de consumo obtidos pela Tabela 13, estimou-se a economia anual com a utilização da água de chuva para irrigação do gramado, higienização do pátio e refeitório e abastecimento das bacias sanitárias com válvula de descarga. A Tabela 23 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 23 – Estimativa de economia de água potável com o uso da água de chuva.

Mês	Consumo (m³)	Tarifa (R\$)	Custo (R\$)
Janeiro	23,35	8,96	209,22
Fevereiro	321,77	10,86	3494,42
Março	321,77	10,86	3494,42
Abril	321,77	10,86	3494,42
Maio	360,09	10,86	3910,58
Junho	360,09	10,86	3910,58
Julho	61,67	10,18	627,80
Agosto	360,09	10,86	3910,58
Setembro	360,09	10,86	3910,58
Outubro	321,77	10,86	3494,42
Novembro	321,77	10,86	3494,42
Dezembro	23,35	8,96	209,22
TOTAL	3157,58		R\$ 34.160,65

Fonte: (O autor. 2017).

Aplicando a equação 11, têm-se:

$$p = \frac{297884,04}{34160,65} = 8,72 \text{ anos}$$

Aplicando o sistema de aproveitamento de água pluvial na escola, o período de retorno em relação investimento/economia seria de aproximadamente 9 anos.

9.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho cumpriu com os objetivos propostos de desenvolver um projeto de aproveitamento de águas pluviais para a Escola Municipal Antônio de Pádua Amâncio. Para tal, foi estimado o consumo de água da edificação que pode ser suprido por água não potável e realizado estudo pluviométrico para o município de Varginha. As calhas foram dimensionadas para captação da água de chuva e foram previstos novos condutores horizontais para conduzir a água até o reservatório de armazenamento. Adotou-se um desarenador capaz de atender à demanda de todos os blocos, visto que, aplicando o filtro industrial disponível no mercado seria necessário um para cada bloco, aumentando o custo para a implantação do sistema. Foi dimensionado o reservatório para armazenamento, sistema elevatório, reservatório superior e redes de distribuição de água fria.

No decorrer da realização deste trabalho, encontrou-se maior dificuldade em determinar a quantidade de água utilizada nas bacias sanitárias diariamente, visto que o autor da literatura adotada explica sobre a dificuldade em realizar tal estimativa e apresenta dados aplicados nos Estados Unidos. Portanto, sugere-se para futuros trabalhos acadêmicos uma avaliação mais precisa do consumo de água em bacias sanitárias utilizadas em escolas. Tal informação ocasionaria em um sistema mais eficiente e conseqüentemente mais viável.

Em relação à viabilidade financeira, por meio do método payback, o projeto apresentou um período de retorno alto, 9 anos. Este resultado implica na inviabilidade econômica do projeto, principalmente se tratando de uma instituição que depende de recursos financeiros públicos. Entretanto, o sistema proposto abrange o aproveitamento de toda a área de captação existente para suprir 100% da água potável utilizada nos pontos de maior consumo: higienização do pátio e refeitório, irrigação do gramado e abastecimento das bacias sanitárias, diminuindo o impacto no meio ambiente e promovendo a conscientização dos alunos, pais e professores sobre a importância do uso racional de água, fomentando discussões e ideias alternativas para suprir a demanda da sociedade.

REFERÊNCIAS

- ARSAE-MG. **Agência Reguladora COPASA**. 2017. Disponível em: <<http://www.arsae.mg.gov.br/component/gmg/page/262>>. Acesso em: 08 novembro 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.844: **instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.
- 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.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5.626: **instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.
- CIESIELSKI, João Vitor Rosset. **Dimensionamento de uma nova estação de tratamento de efluentes domésticos da Central de Abastecimento do Paraná - CEASA/PR, Curitiba**. Trabalho de graduação apresentado ao curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba, 2011.
- COPASA. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br>>. Acesso em: 10 novembro 2017.
- FESTI, Aparecido Vanderlei. **Coletânea das equações de chuva no Brasil**. Faculdade de Engenharia e Agrimensura de Pirassununga. 2006.
- Fundação Procafé**. Disponível em: <<http://fundacaoprocafe.com.br/>>. Acesso em 07 setembro 2017.
- Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos. Software Pluvio. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em: 23 agosto 2017.
- ISOFLEX. Soluções pra gestão visual. 2014. Disponível em: <http://isoflex.com.br/?attachment_id=6159>. Acesso em: 09 novembro 2017.
- KSB. **Bombas hidráulicas**. Disponível em: <<http://www.ksb.com.br/ksb-br-pt/aplicacoes.php?codtipo=1&codgrupo=1>>. Acesso em 22 outubro 2017.
- MACINTYRE, Archibald Joseph. **Manual de instalações hidráulicas e sanitárias**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- MELLO, Carlos Rogério. **Bombas Centrífugas**. 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFYdsAH/bombas-centrifugas>>. Acesso em 24 outubro 2017.
- NETTO, Azevedo. **Manual de hidráulica**. 8. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 1998.
- Projeto Espaço Educativo Urbano – 12 salas. **Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação**. 2015. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/par/par-projetos-arquiteticos-para-construcao/projeto-12-salas>>. Acesso em 03 agosto 2017.

SETOP – Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. Planilha de custos com desoneração – região sul. Disponível em:

<<http://www.transportes.mg.gov.br/municipio/consulta-a-planilha-de-precos-setop>>. Acesso em 10 novembro 2017.

TOMAZ, Plínio. **Água: pague menos**. 2008. Disponível em:

<<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em: 23 agosto 2017.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva**: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis, 2 ed. São Paulo: navegar, 2010. Disponível em:

<<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em: 23 agosto 2017.

APÊNCIDE A – Dimensionamento dos condutores horizontais

Tubo	Vazão acumulada (l/min)	Diâmetro adotado (mm)	Comprimento (m)	Inclinação (i)	Desnível no trecho (m)
CH 01	98,51	100	12,71	0,50%	0,064
CH 02	197,02	100	1,22	0,50%	0,006
CH 03	295,53	125	11,27	0,50%	0,056
CH 04	98,51	100	1,22	0,50%	0,006
CH 05	394,04	150	7,35	0,50%	0,037
CH 06	42,94	100	7,18	0,50%	0,036
CH 07	83,25	100	2,07	0,50%	0,010
CH 08	520,23	150	8,98	0,50%	0,045
CH 09	166,5	100	1,82	0,50%	0,009
CH 10	686,73	200	9,4	0,50%	0,047
CH 11	83,25	100	2,37	0,50%	0,012
CH 12	769,98	200	3,76	0,50%	0,019
CH 13	98,51	100	12,71	0,50%	0,064
CH 14	197,02	100	1,22	0,50%	0,006
CH 15	295,53	125	7,47	0,50%	0,037
CH 16	98,51	100	3,48	0,50%	0,017
CH 17	394,04	150	5,23	0,50%	0,026
CH 18	142,55	100	6,15	0,50%	0,031
CH 19	536,59	150	5,87	0,50%	0,029
CH 20	1306,57	250	6,77	0,50%	0,034
CH 21	285,1	125	6,15	0,50%	0,031
CH 22	95,62	100	7,47	0,50%	0,037
CH 23	1687,29	250	8,33	0,50%	0,042
CH 24	191,24	100	7,44	0,50%	0,037
CH 25	1878,53	250	4,32	0,50%	0,022
CH 26	285,1	125	6,15	0,50%	0,031
CH 27	2163,63	250	4,71	0,50%	0,024
CH 28	191,24	100	7,44	0,50%	0,037
CH 29	2354,87	250	6,38	0,50%	0,032
CH 30	95,62	100	6,83	0,50%	0,034
CH 31	142,55	100	5,42	0,50%	0,027
CH 32	2593,04	250	8,31	1,00%	0,083
CH 33	229,44	125	1,28	0,50%	0,006
CH 34	2822,48	250	10,26	1,00%	0,103
CH 35	106,57	100	14,56	0,50%	0,073
CH 36	213,14	125	1,92	0,50%	0,010
CH 37	319,71	125	12,65	0,50%	0,063
CH 38	213,14	125	1,92	0,50%	0,010

CH 39	532,85	150	12,19	0,50%	0,061
CH 40	106,57	100	1,92	0,50%	0,010
CH 41	639,42	150	1,89	1,00%	0,019
CH 42	114,72	100	1,34	0,50%	0,007
CH 43	3576,62	2 x 250	15,3	1,00%	0,153
CH 44	85,76	100	1,34	0,50%	0,007
CH 45	3662,38	2 x 250	12,69	1,00%	0,127
CH 46	171,52	100	2,97	0,50%	0,015
CH 47	3833,9	2 x 250	2,64	1,00%	0,026
CH 48	2593,04	250	3,63	1,00%	0,036
CH 49	2593,04	250	5,67	1,00%	0,057
CH 50	75,65	100	1,7	0,50%	0,009
CH 51	2668,69	250	9,87	1,00%	0,099
CH 52	75,65	100	1,7	0,50%	0,009
CH 53	639,42	150	16,94	1,00%	0,169
CH 54	259,9	125	4,06	0,50%	0,020
CH 55	899,32	200	16,25	0,50%	0,081
CH 56	519,8	150	1,3	0,50%	0,007
CH 57	4163,46	2 x 250	14,28	1,00%	0,143
CH 58	519,8	150	2,43	0,50%	0,012
CH 59	229,44	125	11,93	0,50%	0,060
CH 60	114,72	100	2,02	0,50%	0,010
CH 61	344,16	125	5,73	0,50%	0,029
CH 62	75,65	100	1,17	0,50%	0,006
CH 63	419,81	150	10,26	0,50%	0,051
CH 64	75,65	100	1,17	0,50%	0,006
CH 65	85,76	100	2,52	0,50%	0,013
CH 66	5264,48	2 x 250	10,6	1,00%	0,106
CH 67	259,9	125	1,47	0,50%	0,007
CH 68	229,44	125	1,84	0,50%	0,009
CH 69	5753,82	2 x 250	4,54	1,00%	0,045
CH 70	9587,72	2 x 300	6,36	1,00%	0,064
CH 71	259,9	125	13,31	0,50%	0,067
CH 72	519,8	150	1,04	0,50%	0,005
CH 73	779,7	200	12,55	0,50%	0,063
CH 74	519,8	150	1,04	0,50%	0,005
CH 75	1299,5	200	11,9	0,50%	0,060
CH 76	259,9	125	0,7	0,50%	0,004
CH 77	1559,4	250	20	0,50%	0,100
CH 78	1559,4	250	5,47	0,50%	0,027
CH 79	11147,12	2 x 300	1,81	2,00%	0,036

APÊNCIDE B – Dimensionamento das tubulações de água fria

Trecho	Soma dos pesos	Vazão estimada	Diâmetro calculado	Diâmetro adotado	Velocidade	Coefficiente de rugosidade	Perda de carga unitária	Diferença de nível	Pressão disponível	Comp. real da tubulação	Comp. equivalente	Perda de carga total	Pressão disponível no trecho
		L/s	mm	mm	m/s		m/m	m	m.c.a.	m	m	m	m.c.a
A-B	610,8	7,41	57,18	100	0,94	130	0,01111266	6,1	0	23,4	6,4	0,33	5,77
B-C	192,8	4,17	42,86	75	0,94	140	0,01353616	0	5,77	32,42	9,5	0,57	5,20
C-D	0,4	0,19	9,15	15	1,07	140	0,11315167	-0,3	5,2	1,77	8,4	1,15	3,75
C-E	192,4	4,16	42,84	75	0,94	140	0,01351018	0	5,2	6,37	4,3	0,14	5,06
E-F	0,4	0,19	9,15	15	1,07	140	0,11315167	-0,3	5,06	13,4	8,8	2,51	2,25
E-G	192	4,16	42,82	75	0,94	140	0,0134842	-3,2	5,06	7,01	4	0,15	1,71
B-H	418	6,13	52,01	100	0,78	140	0,00682194	0	5,77	4,6	8,3	0,09	5,68
H-I	0,4	0,19	9,15	15	1,07	140	0,11315167	-0,3	5,68	1,1	9,4	1,19	4,19
H-J	417,6	6,13	52,00	100	0,78	140	0,0068159	0	5,68	10,03	2,6	0,09	5,59
J-K	225,2	4,50	44,56	75	1,02	140	0,01562778	0	5,59	9,18	8,3	0,27	5,32
K-L	128	3,39	38,69	60	1,20	140	0,02747214	-3,2	5,32	5,14	9,4	0,40	1,72
K-M	97,2	2,96	36,12	60	1,05	140	0,02129681	0	5,32	19,22	4,3	0,50	4,82

M-N	32	1,70	27,36	60	0,60	140	0,0076205 6	-3,2	4,82	4,51	9,2	0,10	1,52
M-O	65,2	2,42	32,68	60	0,86	140	0,0147198 1	0	4,82	8,29	2,4	0,16	4,66
O-P	0,4	0,19	9,15	15	1,07	140	0,1131516 7	-0,3	4,66	1,1	8,9	1,13	3,23
O-Q	64,8	2,41	32,63	60	0,85	140	0,0146362 6	0	4,66	21,47	2,4	0,35	4,31
Q-R	64	2,40	32,53	60	0,85	140	0,0144690 4	-3,2	4,31	4,48	9,2	0,20	0,91
Q-S	0,8	0,27	10,88	20	0,85	140	0,0529251 5	0	4,31	12,78	2,9	0,83	3,48
S-T	0,4	0,19	9,15	15	1,07	140	0,1131516 7	-0,3	3,48	0,74	3,5	0,48	2,70
S-U	0,4	0,19	9,15	20	0,60	140	0,0278746 4	-0,3	3,48	18,18	3	0,59	2,59
J-V	192, 4	4,16	42,84	75	0,94	140	0,0135101 8	0	5,59	11	2,6	0,18	5,41
V-W	0,4	0,19	9,15	15	1,07	140	0,1131516 7	-0,3	5,41	17,3	4,7	2,49	2,62
V-X	192	4,16	42,82	75	0,94	140	0,0134842	-3,2	5,41	34,96	12,5	0,64	1,57

APÊNCIDE C – Projeto de aproveitamento de águas pluviais