

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
ENGENHARIA CIVIL
LARA DIXINI PONTES MIRANDA

ESTUDO DE CASO: Projeto de aproveitamento de água pluvial para a empresa Dixini
Ferragens da cidade de Três Pontas/MG

Varginha/MG
2018

LARA DIXINI PONTES MIRANDA

**ESTUDO DE CASO: Projeto de aproveitamento de água pluvial para a empresa Dixini
Ferragens da cidade de Três Pontas/MG**

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

**Varginha/MG
2018**

LARA DIXINI PONTES MIRANDA

**ESTUDO DE CASO: Projeto de aproveitamento de água pluvial para a empresa Dixini
Ferragens da cidade de Três Pontas/MG**

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

Aprovado em / /

Prof.^a Esp. Luana Ferreira Mendes

Ivana Prado de Vasconcelos

Laísa Cristina Carvalho

OBS.:

Dedico este trabalho a Deus, a minha família, aos meus amigos e a todas as pessoas que colaboraram de alguma forma para a sua realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela fé, saúde e força que me concedeu durante minha graduação. Aos meus pais Wallace Dixini Miranda e Ana Paula Araújo Pontes Miranda, por sua compreensão, apoio e amor incondicional, bem como por todo conhecimento compartilhado. Às minhas irmãs Shara e Lívia e meu afilhado Arthur, pelos momentos alegres em meio as dificuldades. Ao meu noivo Eder, por todo seu amor, compreensão e apoio quando eu desacreditava da vitória. Às minhas avós Francisca e Teresa e meu avô José Calili, pelas palavras sábias e reconfortantes quando precisei. Aos meus colegas de classe, que trabalharam arduamente para alcançarem seus objetivos. À minha orientadora Luana Ferreira Mendes, por sua compreensão, apoio e pelo conhecimento transmitido durante a elaboração deste projeto. Aos demais familiares, amigos, professores e pessoas que contribuíram ao longo dessa magnífica caminhada para que eu realizasse este sonho, minha gratidão.

“Ele reúne as gotas das águas, e do seu vapor as destila em chuva, a qual as nuvens derramam, e gotejam abundantemente sobre o homem.”

Jó 36.27-28

RESUMO

Segundo a Organização das Nações Unidas a escassez de água afetará dois terços da população mundial em 2050 e por isso devem ser buscadas maneiras sustentáveis de redução do seu consumo, sendo a principal delas o aproveitamento de água pluvial. Desta forma, este trabalho tem por intuito apresentar um projeto de aproveitamento de água pluvial para a empresa Dixini Ferragens, no município de Três Pontas/MG, visando minimizar os impactos de consumo de água potável existentes atualmente. Desenvolveu-se por meio de análises hidrológicas e da capacidade da cobertura de captar águas pluviais o dimensionamento de calhas, condutores e reservatórios para utilização destas águas na empresa. De posse destes dados, realizou-se o armazenamento da água pluvial por meio de bombeamento até o reservatório elevado e sua distribuição para utilização na empresa. O projeto contempla como resultados a apresentação do desenho técnico detalhando o sistema de aproveitamento de água pluvial, memoriais descritivo e de cálculo, bem como a especificação de materiais e serviços para sua execução. O mesmo resultou numa proposta estimada em 217069,88 reais para implantação, tendo como período de retorno desse investimento o tempo de 157 anos, o que levou a uma nova perspectiva do projeto. Com esse projeto, tem-se a proposta de redução do consumo de água potável, a conscientização do uso da água potável na empresa e a proteção deste recurso natural através do aproveitamento da água pluvial.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Conjunto industrial. Dimensionamento.

ABSTRACT

According to the United Nations Organization, water scarcity will affect two-thirds of the world's population by 2050, so sustainable ways of reducing water use must be sought, the main one being the use of rainwater. In this way, this work intends to present a rainwater harvesting project for the company Dixini Ferragens, in the municipality of Três Pontas / MG, in order to minimize the impacts of current drinking water consumption. It was developed through hydrological analyzes and the capacity of the roof to capture rainwater the dimensioning of gutters, conductors and reservoirs for the use of these waters in the company. With this data, rainwater storage was carried out by means of pumping up to the high reservoir and its distribution for use in the company. The project includes as a result the presentation of the technical drawing detailing the rainwater harvesting project, descriptive and calculation memorials, as well as the specification of materials and services for its execution. The same resulted in a proposal estimated in 217069,88 reais for implantation, having as a period of return of this investment the time of 157 years, which led to a new perspective of the project. With this project, it has a proposal to reduce the consumption of drinking water, an awareness of the use of water in the company and protection of this natural resource through the use of rainwater.

Key words: Rainwater harvesting. Industrial set. Dimensioning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Limites do município de Três Pontas.....	17
Figura 2 – Conjunto de galpões Dixini Ferragens.....	18
Figura 3 – Vista Superior Dixini Ferragens.	20
Figura 4 – Parâmetros para cálculo da Intensidade de precipitação em Três Pontas/MG.....	38
Figura 5 – Posicionamento dos reservatórios.....	49
Figura 6 – Gráfico de carta de aplicação para bombas modelo Itap.....	52
Figura 7 – Gráfico para determinação da altura de sucção.....	53
Figura 8 – Reservatório Taça com Coluna Seca.....	58
Figura 9 – Bomba centrífuga IMBIL - modelo ITAP.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Precipitação mensal em Varginha/MG (mm).....	21
Tabela 2 - Determinação de período de retorno.	22
Tabela 3 - Consumo de água potável.....	25
Tabela 4 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (Vazão em L/min).	26
Tabela 5 - Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).	28
Tabela 6 - Acréscimo de potência recomendável.....	32
Tabela 7 - Pressão de vapor da água em função da temperatura.	33
Tabela 8 - Pressão atmosférica em função da altitude.....	33
Tabela 9 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.	34
Tabela 10 - Velocidades e vazões máximas em encanamentos prediais.	35
Tabela 11 - Cálculo da precipitação média mensal em Varginha/MG (mm).....	37
Tabela 12 - Consumo médio histórico representativo.	40
Tabela 13 - Estimativa de demanda semanal de água não potável.....	42
Tabela 14 - Dimensionamento da calhas.....	43
Tabela 15 - Dimensionamento de condutores verticais.....	44
Tabela 16 - Dimensionamento dos condutores horizontais.....	45
Tabela 17 - Estimativa de volume aproveitável de precipitação.	47
Tabela 18 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.....	48
Tabela 19 - Comprimento equivalente de sucção ($D_s = 40$ mm).	50
Tabela 20 - Comprimento equivalente de recalque ($D_r = 32$ mm).....	50
Tabela 21 - Divisão de sub-ramais.	54
Tabela 22 - Divisão de ramais.	55
Tabela 23 - Dimensionamento da rede de distribuição.	56
Tabela 24 - Quantitativo de materiais.....	61
Tabela 25 - Planilha orçamentária.	63

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC – Indicador de Consumo

IDF – Intensidade, duração e frequência da chuva

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MG – Minas Gerais

NBR – Norma Brasileira

PIB – Produto Interno Bruto

PVC – Policloreto de polivinila

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

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

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

UNIS/MG – Centro Universitário do Sul de Minas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3 DIAGNÓSTICO	17
3.1 Caracterização do município	17
3.2 Caracterização da empresa	18
3.3 Caracterização da edificação e determinação dos aparelhos sanitários.....	19
4 PROJETO TÉCNICO.....	20
4.1 Memorial descritivo.....	20
4.1.1 Local de estudo	20
4.1.2 Informações sobre a empresa	21
4.1.3 Estimativa de precipitação média mensal.....	21
4.1.4 Definição da intensidade de precipitação	22
4.1.5 Demarcação da área de contribuição	23
4.1.6 Definição da vazão de projeto	24
4.1.7 Estimativa de consumo de água potável.....	24
4.1.8 Estimativa de demanda de água não potável.....	25
4.1.9 Dimensionamento do sistema de captação	26
4.1.9.1 Dimensionamento das calhas.....	26
4.1.9.2 Dimensionamento dos condutores verticais	27
4.1.9.3 Dimensionamento dos condutores horizontais	27
4.1.9.4 Determinação do volume aproveitável da precipitação média mensal.....	28
4.1.9.5 Dimensionamento dos reservatórios.....	29
4.1.10 Dimensionamento do sistema elevatório.....	30
4.1.11 Dimensionamento do sistema de distribuição	34
4.1.12 Elaboração do projeto técnico	35
4.1.13 Especificações de materiais e serviços	35
4.1.14 Quantitativo de materiais e estimativa de custos.....	36

4.2 Memorial de Cálculo	37
4.2.1 Estimativa de precipitação média mensal.....	37
4.2.2 Cálculo da intensidade de precipitação	38
4.2.3 Cálculo da área de contribuição.....	39
4.2.4 Cálculo da vazão de projeto	39
4.2.5 Cálculo da estimativa de consumo de água potável	40
4.2.6 Cálculo da estimativa de demanda de água não potável	41
4.2.7 Dimensionamento do sistema de captação	42
4.2.7.1 Dimensionamento das calhas.....	42
4.2.7.2 Dimensionamento dos condutores verticais	43
4.2.7.3 Dimensionamento dos condutores horizontais	44
4.2.7.4 Volume aproveitável de precipitação média mensal	47
4.2.7.5 Dimensionamento dos reservatórios.....	47
4.2.8 Dimensionamento do sistema elevatório	49
4.2.9 Dimensionamento do sistema de distribuição	54
4.3 Especificações de materiais e serviços	57
4.3.1 Tubulações e conexões	57
4.3.2 Reservatórios	58
4.3.3 Filtros.....	59
4.3.4 Bomba centrífuga	59
4.3.5 Escavação, reaterro e compactação de vala.....	59
4.4 Quantitativo de materiais e estimativa de custos.....	61
4.5 Estimativa de período de retorno do investimento.....	65
5 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS	67
ANEXO A – Projeto arquitetônico	70
ANEXO B – Consumo de água potável na edificação.....	71
ANEXO C – Perdas de carga localizadas – sua equivalência em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre.....	72

APÊNDICE A – Projeto técnico.....73

APÊNDICE B – Peças para cálculo de comprimento equivalente.....74

1 INTRODUÇÃO

Com a expansão dos grandes centros urbanos e o crescimento populacional desenfreado, têm-se enfrentado as consequências da poluição ambiental, sendo um deles a redução da quantidade e da qualidade de água doce. Segundo Tomaz (2011a), somente 0,266% da água doce presente no planeta está disponível para consumo, no entanto, isto não quer dizer que a mesma seja potável. Dessa forma, a busca por medidas eficientes de economia de água tem aumentado a cada dia, sendo a principal delas quanto ao aproveitamento de águas pluviais.

Dessa maneira, o seguinte trabalho busca elaborar um projeto de captação e aproveitamento de água pluvial, de modo que o mesmo atenda a demanda estipulada de acordo com os usos encontrados no conjunto de galpões da empresa Dixini Ferragens, localizado no município de Três Pontas/MG.

Por apresentar uma grande área contribuinte e considerável intensidade média de precipitação, a implantação de um sistema de aproveitamento se mostra atraente, uma vez que poderá implicar na economia de água potável, a consequente redução de gastos e o aproveitamento do volume precipitado na região, que até o momento é desperdiçado.

No entanto, deve-se considerar as atividades desenvolvidas atualmente na empresa com o uso de água potável fornecida pela concessionária atuante no município e a demanda que a mesma necessitará de acordo com o projeto ao longo dos anos e com o aumento no número de funcionários, o que influencia no período de retorno do investimento.

Para que se alcance o objetivo geral do trabalho, que é a elaboração do projeto de aproveitamento de água pluvial na empresa, foram determinados objetivos específicos como o desenvolvimento de uma metodologia com parâmetros e métodos de dimensionamento do sistema de captação e de distribuição de água pluvial, a realização propriamente dita dos dimensionamentos, o levantamento da quantidade de materiais, suas especificações e o orçamento geral dos itens utilizados. Além disso, foi elaborado o projeto técnico de captação e aproveitamento de água pluvial, quando será possível concluir o presente trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho de conclusão de curso tem o objetivo de apresentar um projeto de aproveitamento de água pluvial para a empresa Dixini Ferragens, localizada no município de Três Pontas/MG.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o local de estudo e a edificação;
- Levantar os dados da oferta de precipitação no município de Três Pontas/MG;
- Levantar os dados da área de contribuição e da quantidade de água pluvial disponível na empresa;
- Calcular a quantidade de água pluvial a ser reservada de acordo com os usos propostos e dimensionar os componentes do sistema de captação;
- Dimensionar o sistema elevatório entre os reservatórios e o sistema de distribuição da água pluvial do reservatório elevado até as peças levantadas;
- Apresentar os memoriais descritivo e de cálculo do projeto;
- Determinar o quantitativo de materiais e a estimativa de custos dos mesmos;
- Apresentar as especificações dos materiais e serviços a serem empregados na implantação do sistema;
- Elaborar o projeto técnico do Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial.

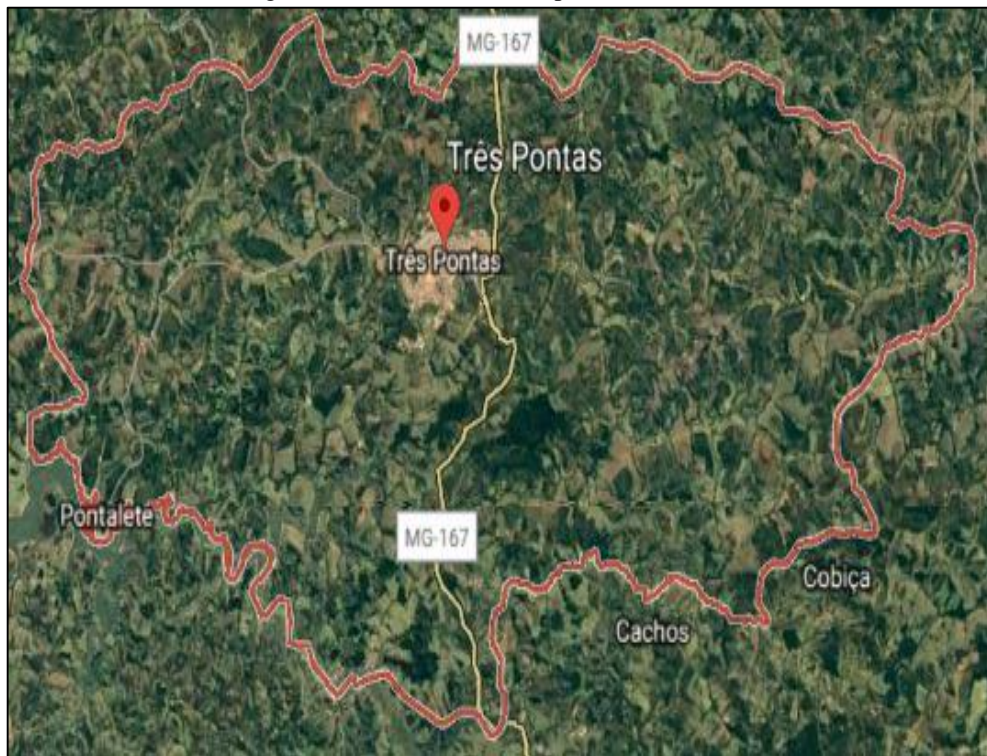
3 DIAGNÓSTICO

3.1 Caracterização do município

Três Pontas é um município brasileiro localizado na região sul do estado de Minas Gerais. De acordo com o IBGE (2016), o mesmo possui uma área territorial de 689,794 quilômetros quadrados (km²) e uma população estimada de 57097 habitantes em 2017.

Localiza-se a cerca de 290 quilômetros (km) de Belo Horizonte e faz limite com os municípios de Campos Gerais, Santana da Vargem, Nepomuceno, Carmo da Cachoeira, Varginha, Elói Mendes e Paraguaçu, como apresentado na figura 1.

Figura 1 – Limites do município de Três Pontas.



Fonte: Google Earth (2018).

A economia do município gira basicamente em torno do setor agrícola, principalmente pelo cultivo de café. De acordo com o Censo 2010 (IBGE, 2011), Três Pontas é o oitavo município em Minas Gerais no ranking dos que produzem maior renda agrícola, tal que movimenta o setor de serviços e representa cerca de 60% do Produto Interno Bruto (PIB) do município.

O setor industrial é pouco desenvolvido e com menor expressividade na economia do município, uma vez que a cidade possui apenas indústrias de pequeno e médio porte.

3.2 Caracterização da empresa

Fundada no ano de 1997 na cidade de Três Pontas/MG pelo Sr. Wallace Dixini Miranda, a empresa iniciou suas atividades no ramo de serralheria, atuando neste segmento por aproximadamente quatro anos.

No ano de 2001 o proprietário inaugurou uma loja voltada ao comércio de tintas, ferramentas e ferragens em geral, denominada Dixini Ferragens e Acessórios. No entanto, em 2008, Ana Paula Araújo Pontes Miranda, esposa de Wallace, inaugurou a empresa Dixini Ferragens, atuante no segmento de Estruturas Metálicas, voltada principalmente para o setor agropecuário.

Em 2014, através de uma licitação da Prefeitura Municipal de Três Pontas, a empresa foi beneficiada com um terreno no Distrito Industrial II do município, onde foi iniciada a construção do conjunto de galpões, o qual é objeto de estudo do presente trabalho e pode ser visto na figura 2 a seguir.

Figura 2 – Conjunto de galpões Dixini Ferragens.



Fonte: a autora.

Em 2015 foi elaborado o projeto arquitetônico de dois galpões metálicos da empresa, o qual foi aprovado no Setor de Obras da Prefeitura Municipal. No entanto, devido a necessidade de expansão de suas atividades, em 2016 foi elaborado um segundo projeto, o qual é apresentado no anexo A. Tal projeto consta de quatro galpões, mas somente três deles foram executados até o momento, os quais serão objeto de estudo deste trabalho.

3.3 Caracterização da edificação e determinação dos aparelhos sanitários

Conforme apresentado no projeto arquitetônico no anexo A, os três galpões possuem 66,15 metros de comprimento, 20,0 metros de largura e 6,0 metros de altura cada. Dessa maneira, tem-se uma grande área de contribuição disponível para captação de água pluvial, com aproximadamente 4935,0 m².

O primeiro galpão – à esquerda na figura 2 – é destinado ao armazenamento de matéria prima para fabricação de estruturas metálicas. Dessa forma, não recebe lavagem constante de pátio, porém serão instaladas duas torneiras para limpeza quando necessário.

O segundo galpão – ao centro – é destinado à instalação de maquinários da empresa como dobradeiras de telhas, tornos, guilhotinas, entre outros. Neste galpão se localizam os banheiros e refeitório no primeiro piso, e o escritório no segundo piso. O aproveitamento da água pluvial será aplicado a quatro bacias sanitárias, um mictório e duas torneiras para lavagem de pátio.

O terceiro galpão – à direita – é destinado à área de serralheria da empresa, onde são fabricadas as estruturas metálicas e demais produtos vendidos pela mesma. Neste galpão serão instaladas duas torneiras para lavagem de pátio e remoção da limalha de ferro gerada no processo de fabricação.

Por fim, serão instaladas oito torneiras ao redor dos galpões para rega dos jardins e lavagem de corredores existentes.

4 PROJETO TÉCNICO

Dados do local da edificação: Rua Um, 360, Distrito Industrial – Três Pontas/MG.

Projetista: Lara Dixini Pontes Miranda.

Endereço: Rua Campos Gerais, 314, Ouro Verde – Três Pontas/MG.

Telefone: (35)99988-4924.

4.1 Memorial descritivo

Para a elaboração do projeto foi desenvolvida a seguinte metodologia: local de estudo; informações sobre a empresa; estimativa de precipitação média mensal; definição da intensidade de precipitação; demarcação da área de contribuição; definição da vazão de projeto; estimativa de consumo de água potável; estimativa de demanda de água não potável; dimensionamento do sistema de captação; dimensionamento do sistema elevatório; dimensionamento do sistema de distribuição; elaboração do projeto hidráulico; especificações de materiais e serviços; quantitativo de materiais e estimativa de custos.

4.1.1 Local de estudo

O estudo será realizado no conjunto de galpões da empresa Dixini Ferragens da cidade de Três Pontas/MG, apresentado na figura 3.

Figura 3 – Vista Superior Dixini Ferragens.



Fonte: Google Earth.

4.1.2 Informações sobre a empresa

Para obter informações necessárias à elaboração do projeto de captação e aproveitamento de água pluvial na Dixini Ferragens, será analisado o projeto arquitetônico apresentado no anexo A e realizadas visitas e entrevistas com os responsáveis e colaboradores, os quais poderão apresentar o histórico da empresa, bem como seus objetivos e especialidades.

4.1.3 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 tais 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 Fundação Procafé apresenta registros de precipitação para as cidades de Varginha, Carmo da Cachoeira, Boa Esperança e Muzambinho.

Por não ser possível encontrar dados da cidade de Três Pontas/MG, serão utilizados registros de janeiro de 2008 a abril de 2018 do município de Varginha/MG, fornecidos pela Fundação Procafé, de acordo com a tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Precipitação mensal em Varginha/MG (mm).

Mês Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2008	262,6	342,0	290,2	200,0	35,2	35,6	0,6	34,6	80,8	134,6	248,3	251,8
2009	262,6	207,0	233,0	68,2	42,0	44,3	20,8	37,2	120,8	90,6	123,4	342,8
2010	198,4	141,0	116,6	18,0	14,4	16,4	10,8	0,0	83,5	126,0	225,2	176,2
2011	338,2	90,4	261,0	93,2	5,4	19,8	0,6	11,6	1,2	121,2	110,0	225,8
2012	334,8	49,2	185,0	85,2	33,8	110,6	22,6	0,8	29,0	47,2	140,0	224,6
2013	419,2	221,6	161,0	61,0	71,8	36,0	29,4	1,0	45,6	106,2	199,3	165,4
2014	47,6	12,8	117,8	82,4	15,4	6,4	33,0	14,4	46,8	39,6	117,6	164,6
2015	117,0	106,8	202,0	73,3	46,0	9,4	6,4	18,0	134,4	37,0	325,7	172,6
2016	345,0	164,4	175,1	21,4	30,8	54,2	0,0	45,2	12,8	146,0	170,8	160,6
2017	154,0	72,2	129,4	35,0	67,0	44,4	0,2	15,8	66,2	122,0	144,6	261,0
2018	188,0	166,2	68,2	16,8								

Fonte: Adaptado de Fundação Procafé (2018).

4.1.4 Definição da intensidade de precipitação

Segundo Tomaz (2010a), a intensidade (I ou i) é a precipitação por unidade de tempo, obtida com a relação $I=P/t$ e normalmente expressa em milímetro por hora (mm/h) ou milímetro por minuto (mm/min).

Para estimar a intensidade, duração e frequência (IDF) da chuva no município de Três Pontas/MG, será utilizada a equação 1 abaixo fornecida pelo software Plúvio, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (1997), juntamente com os Departamentos de Engenharia Agrícola e Engenharia Civil.

$$I_m = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (1)$$

Onde:

I_m → intensidade máxima média de precipitação, em milímetro por hora (mm/h);

K → parâmetro relativo à localidade;

T → período de retorno, em anos;

a → parâmetros relativo a localidade;

t → duração da precipitação, em minuto (min);

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 2 a seguir.

Tabela 2 - Determinação de período de retorno.

Características da área a ser drenada	Período de retorno (T)
Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados	1
Coberturas e/ou terraços	5
Coberturas e áreas onde empoçamento ou extravazamento não possa ser tolerado	25

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

4.1.5 Demarcação da área de contribuição

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), a área de contribuição é definida como a “soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas pra determinado ponto de instalação”.

A norma também determina que, para realizar o cálculo da área de contribuição, são considerados os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptam água de chuva que também deva ser drenada pela cobertura.

Com a análise do projeto arquitetônico do conjunto industrial e através de visitas técnicas realizadas na empresa, serão reunidos dados quanto a área de cobertura e respectiva inclinação, bem como área de platibanda existentes na empresa, e assim desenvolvidos os cálculos de determinação da área contribuinte.

Para isso, serão utilizadas fórmulas normativas da NBR 10844 (ABNT, 1989) para superfície inclinada (b) e para superfície plana vertical única (c), as quais são apresentadas nas equações 2 e 3 abaixo, respectivamente.

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

Onde:

A → área da superfície inclinada, em metro quadrado (m²);

a → largura horizontal de uma água do telhado, em metro (m);

h → altura do telhado, em metro (m);

b → comprimento horizontal do telhado, em metro (m).

$$A = \frac{a \times b}{2} \quad (3)$$

Onde:

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

a → altura da superfície plana, em metro (m);

b → largura da superfície plana, em metro (m).

4.1.6 Definição da vazão de projeto

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) a vazão de projeto é a vazão de referência para o dimensionamento de condutores e calhas. Ao ser captada pela área de contribuição, a água da chuva é direcionada para tais componentes.

Após o cálculo da intensidade de precipitação da região e do valor da área contribuinte, será determinada a vazão de projeto. A norma apresenta a equação 4 a seguir para o dimensionamento da vazão de projeto.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (4)$$

Onde:

Q → vazão de projeto, em litro por minuto (L/min);

I → intensidade pluviométrica, em milímetro por hora (mm/h);

A → área de contribuição, em metro quadrado (m²).

4.1.7 Estimativa de consumo de água potável

Para estimar o consumo de água potável mensal serão analisadas as faturas da Concessionária de fornecimento de água potável do município de Três Pontas – SAAE, referentes ao período de maio de 2017 a abril de 2018 levantadas através do relatório apresentado no anexo B, considerando uma média de quinze funcionários ativos nesse mesmo período.

Será analisado o consumo constante de água potável, que possibilitará a obtenção de valores de referência quanto ao consumo médio de água, o qual determinará quantos litros são consumidos por cada um dos colaboradores que fazem uso da edificação.

A tabela 3 apresenta os dados de consumo mensal de água potável para o período determinado.

Tabela 3 - Consumo de água potável.

Mês	Consumo de água potável (m³)	Número de funcionários
mai/17	41	15
jun/17	88	
jul/17	49	
ago/17	46	
set/17	35	
out/17	52	
nov/17	10	
dez/17	23	
jan/18	30	
fev/18	27	
mar/18	22	
abr/18	32	

Fonte: a autora.

O indicador de consumo (IC) é a relação entre o volume de água consumido em um determinado período, denominado histórico, e o número de agentes consumidores nesse período, sendo o agente consumidor a variável de maior relevância na determinação do consumo de água em dado sistema, calculado através da equação 5. O período de atividades contado no cálculo do IC varia de acordo com o tipo de edificação, ou seja, se abrigam atividades permanentes ou não.

$$IC = \frac{\text{Consumo de água no período}}{\text{n}^{\circ} \text{ de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad (5)$$

Assim será possível estimar, de maneira mais precisa, o real consumo de água potável durante todos os dias pela utilização da edificação.

4.1.8 Estimativa de demanda de água não potável

Para desenvolver um projeto de aproveitamento de água pluvial capaz de suprir a demanda da empresa, será considerado um consumo de acordo com o número de pessoas que trabalham atualmente na mesma. Logo, o volume armazenado pelo reservatório será destinado ao uso em descargas de bacias sanitárias, para rega de jardins e para lavagem de pátios.

Tomaz (2009a) estima que o consumo para bacias sanitárias seja de 9,0 L/descarga, para lavagem de pátios comuns de 2,0 L/m² x dia e para rega de jardins comuns de 2,0 L/m² x dia. Além disso, o autor também estima uma frequência aproximada de utilização de bacias sanitárias de 5 vezes/dia para indústrias e 2 vezes/dia para escolas e prédios de escritórios, jardins geralmente são regados de 1 vez a cada 15 dias a 2 vezes/semana e pátios geralmente são lavados também de 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, 2,0 L/m² de jardim e 2,0 L/m² de pátio. Será considerada a frequência de utilização de bacias sanitárias como sendo 2 vezes/dia/pessoa, que a rega de jardins será feita 2 vezes/semana e que a lavagem de pátios será realizada 1 vez a cada 15 dias.

4.1.9 Dimensionamento do sistema de captação

4.1.9.1 Dimensionamento das calhas

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 2), a calha é definida como um “canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino”. A norma apresenta três tipos distintos de calhas: a calha de água furtada, a calha de beiral e a calha de platibanda.

Para a definição do diâmetro das calhas a serem utilizadas na edificação em estudo serão considerados os parâmetros apresentados na tabela 4, referente a capacidade de calhas semicirculares para determinados valores de declividade, disponibilizada pela NBR 10844 (ABNT, 1989).

Tabela 4 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (Vazão em L/min).

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

4.1.9.2 Dimensionamento dos condutores verticais

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 2), 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.

Para recepção do volume transportado pelas calhas, serão instalados condutores verticais nos bocais distribuídos de acordo com o posicionamento das colunas dos galpões, os quais serão fabricados em policloreto de polivinila (PVC).

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

$$Q = 0,019 \times T_o^{5/3} \times D^{8/3} \quad (6)$$

Para o cálculo do diâmetro de condutores verticais, será considerada a vazão encontrada para cada calha e uma taxa de ocupação (T_o) de 30%. 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.

4.1.9.3 Dimensionamento dos condutores horizontais

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989, p.2), 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 tudo.

Para o dimensionamento dos condutores horizontais deste projeto, será utilizada a tabela 5, 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 5 - Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min).

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

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

4.1.9.4 Determinação do volume aproveitável da precipitação média mensal

O volume de água de chuva aproveitável não é o mesmo do que se precipita e, segundo Tomaz (2003 apud BERTOLO, 2006), as perdas estimadas variam de 10% a 33% do volume precipitado, considerando a limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas por autolimpeza, entre outras.

Tomaz (2009b) destaca a equação 7 para calcular o volume de água de chuva aproveitável.

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush} \quad (7)$$

Onde:

V → volume da cisterna, em litro (L);

P → precipitação média mensal, em milímetro (mm);

A → área do telhado em projeção, em metro quadrado (m²);

C → coeficiente de runoff do telhado (adimensional) = 0,95;

η first flush → rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema = 0,85.

4.1.9.5 Dimensionamento dos reservatórios

Segundo Tomaz (2010b), o dimensionamento de reservatórios de armazenamento de águas pluviais é extremamente importante, pois o volume do reservatório é o ponto mais frágil de todo o sistema, tornando-o inviável economicamente se mal dimensionado.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) destaca que os reservatórios devem ser dimensionados de acordo com os critérios técnicos, econômicos e ambientais, considerando-se as boas práticas da engenharia. Em seus anexos, a norma apresenta seis métodos para o dimensionamento de reservatórios que podem ser escolhidos à critério do projetista, desde que devidamente justificado.

Dessa forma, visando o suprimento de toda a demanda de água não potável da edificação em estudo, serão dimensionados dois reservatórios de armazenamento, sendo o maior enterrado no solo e o menor, elevado.

Para o dimensionamento do reservatório superior será feita a análise dos valores de demanda diária de água não potável da edificação, devendo ter capacidade para suprir a demanda gerada por dois dias de utilização. Já para o dimensionamento do reservatório inferior será utilizado o Método de Rippl, primeiro método apresentado em anexo pela NBR 15527 (ABNT, 2007), através das equações 8, 9 e 10 a seguir.

$$S_{(t)} = D_{(t)} + Q_{(t)} \quad (8)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (9)$$

$$V = \Sigma S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (10)$$

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

Onde:

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

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

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

V → volume do reservatório;

C → coeficiente de escoamento superficial.

Segundo Tomaz (2011b), o método mais comumente utilizado em aproveitamento de água pluvial é o Método de Rippl, pela sua simplicidade e facilidade de aplicação. O método normalmente apresenta o valor extremo do volume do reservatório em localidades com grandes variações de precipitações médias mensais, sendo importante sua obtenção como referência máxima do volume do reservatório.

4.1.10 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.

Como o regime de funcionamento do conjunto é descontínuo, a NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda que o diâmetro da tubulação de recalque seja calculado através da equação 11 de Forchheimer. O diâmetro da tubulação de sucção (D_s) é dimensionado como um diâmetro comercial superior mais próximo ao diâmetro de recalque.

$$D_r = 1,3 \times \sqrt[4]{\frac{T}{24}} \times \sqrt{Q} \quad (11)$$

Onde:

D_r → diâmetro da tubulação de recalque, em metro (m);

T → período – número de horas em funcionamento da bomba por dia (h);

Q → vazão passante na tubulação, em metro cúbico por segundo (m^3/s).

Calculados os diâmetros das tubulações de sucção e de recalque, deve-se calcular a perda de carga unitária através da equação 12 de Hazen-Williams. A perda de carga localizada é determinada através da análise da tabela apresentada no anexo C, onde os valores das perdas são determinados de acordo com o diâmetro e material utilizados.

$$J_{un} = \frac{10,643 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (12)$$

Onde:

$J \rightarrow$ perda de carga unitária, em metro por metro (m/m);

$Q \rightarrow$ vazão, em metro cúbico por segundo (m³/s);

$D \rightarrow$ diâmetro, em metro (m);

$C \rightarrow$ coeficiente de rugosidade (tabelado em função do material).

Para determinar a perda de carga total deve-se utilizar a equação 13, de forma que seja considerado o resultado encontrado na equação 12 e o comprimento total da tubulação, tanto o comprimento de tubo quanto o comprimento equivalente das peças utilizadas no sistema.

$$J = H_f = J_{un} \times L \quad (13)$$

Onde:

J ou $H_f \rightarrow$ perda de carga total, em metro (m);

$J_{un} \rightarrow$ perda de carga unitária, em metro por metro (m/m);

$L \rightarrow$ comprimento do tubo, em metro (m).

Determinadas as perdas, calcula-se a altura manométrica que, de acordo com Tsutiya (2006), é a carga que deve ser ultrapassada pela bomba quando a água está sendo bombeada. Devem ser consideradas as alturas geométricas de sucção e recalque, as perdas de carga e as cargas cinéticas, conforme equação 14.

$$H = H_g + \Sigma \Delta H_{fs} + \Sigma \Delta H_{fr} \quad (14)$$

Onde:

$H \rightarrow$ altura manométrica, em metro (m);

$H_g \rightarrow$ altura geométrica, em metro (m);

$\Sigma \Delta H_{fs} \rightarrow$ somatório das perdas de cargas distribuídas e localizadas na tubulação de sucção;

$\Sigma \Delta H_{fr} \rightarrow$ somatório das perdas de cargas distribuídas e localizadas na tubulação de recalque.

Após o cálculo da altura manométrica deve-se calcular a potência da bomba. Conforme Neto (1998 apud Tomaz, 2010c), a potência dos conjuntos elevatórios é obtida pela equação 15, a qual será utilizada para dimensionar o sistema elevatório do projeto em estudo.

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H}{75 \times \eta} \quad (15)$$

Onde:

P → potência do conjunto, em Horsepower (HP) → (HP x 0,736 = KW);

γ → peso específico da água = 1000 kgf/m³;

Q → vazão, em metro cúbico por segundo (m³/s);

H → altura manométrica, em metro (m);

η → $\eta_{\text{motor}} \times \eta_{\text{bomba}}$.

De acordo com a potência calculada para o conjunto deve-se admitir certo acréscimo para os motores elétricos, conforme apresentado na tabela 6.

Tabela 6 - Acréscimo de potência recomendável.

Acréscimo da potência	Potência da bomba
50%	2HP
30%	2 a 5HP
20%	5 a 10HP
15%	10 a 20HP
10%	> 20HP

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

Por fim, é calculado o valor do NPSH disponível que, segundo Tsutiya (2006), é definido como a energia que a água possui em um ponto sucessivamente antes do flange de sucção da bomba, acima da sua pressão de vapor. É a quantidade disponível de energia que faz com que o líquido consiga atingir as pás do rotor da bomba.

O NPSHd é dimensionado através da equação 16.

$$\text{NPSHd} = H_{g_s} - \Sigma \Delta H_s + \frac{P_{\text{atm}}}{\gamma} - \frac{P_{\text{vapor}}}{\gamma} \quad (16)$$

Onde:

NPSHd → carga de sucção positiva disponível, em metro (m);

H_{g_s} → altura geométrica de sucção (positiva quando a bomba está afogada e negativa em caso contrário), em metro (m);

$\Sigma\Delta H_s$ → somatório das perdas de cargas distribuídas e localizadas na tubulação de sucção, em metro (m);

P_{atm} → pressão atmosférica, em Newton por metro quadrado (N/m^2);

P_{vapor} → pressão de vapor da água, em Newton por metro quadrado (N/m^2);

γ → peso específico da água, em Newton por metro cúbico (N/m^3);

As tabelas 7 e 8 apresentam pressões de vapor da água em função da temperatura, e pressão atmosférica em função da altitude, necessárias para determinação d NPSHd.

Tabela 7 - Pressão de vapor da água em função da temperatura.

T (°C)	Pv/γ (m H₂O)	Observações
0	0,062	T = temperatura Pv/γ = altura equivalente de coluna de água
2	0,072	
4	0,083	
6	0,095	
8	0,109	
10	0,125	
15	0,174	
20	0,238	
25	0,323	
30	0,433	
40	0,752	
50	1,258	
60	2,031	
80	4,827	
100	10,332	

Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006).

Tabela 8 - Pressão atmosférica em função da altitude.

h (m)	Patm/γ (m H₂O)	Observações
0	10,33	h = altitude Patm/γ = altura de coluna de água equivalente a pressão atmosférica
300	9,96	
600	9,59	
900	9,22	
1200	8,88	
1500	8,54	
1800	8,20	
2100	7,89	
2400	7,58	
2700	7,31	
3000	7,03	

Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006).

4.1.11 Dimensionamento do sistema de distribuição

Para o dimensionamento da coluna, barrilete e do ramal de distribuição serão seguidas as orientações do anexo A 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 17. A norma também apresenta a tabela 9 com os pesos relativos das peças usuais, os quais serão utilizados para a elaboração deste trabalho. O diâmetro das tubulações será pré-definido por meio da tabela 10 de acordo com a vazão passante na mesma e alterados se necessário.

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\Sigma P} \quad (17)$$

Onde:

Q → vazão estimada na seção considerada, em litro por segundo (L/s);

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

Tabela 9 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.

Aparelho Sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32,0
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: Adaptado de ABNT (1998).

Tabela 10 - Velocidades e vazões máximas em encanamentos prediais.

Diâmetro		Seção (m ²)	Velocidade (m/s)	Vazão máxima	
pol	mm			l/s	m ³ /dia
1/2	15	0,00013	1,60	0,20	17
3/4	20	0,00028	1,93	0,55	47
1	25	0,00049	2,21	1,10	95
1 1/4	30	0,00080	2,50	2,00	173
1 1/2	40	0,00112	2,73	3,00	260
2	50	0,00196	3,00	5,90	508
2 1/2	60	0,00283	3,00	8,50	734
3	75	0,00442	3,00	13,26	1146
4	100	0,00785	3,00	23,55	2035
5	125	0,01226	3,00	36,78	3178

Fonte: Netto (1998).

Além disso, a análise da pressão da água será feita de acordo com a vazão mínima estabelecida para cada peça, onde os limites mínimos de pressão deverão ser de 5kPa em qualquer ponto da rede em condições dinâmicas, 10 kPa na torneira de jardim e de 15 kPa nos pontos de válvulas de descarga para bacia sanitária. Será considerada velocidade máxima permitida em tubulações como inferior a 3 m/s e perda de carga não superior a 0,08 m/m.

4.1.12 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 anexo A, será elaborado o projeto técnico. Este será desenvolvido no software AutoCad e posteriormente apresentado no apêndice A, 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 empresa Dixini Ferragens.

4.1.13 Especificações de materiais e serviços

Com o dimensionamento do sistema, a elaboração do projeto, o levantamento quantitativo de materiais e a estimativa de custos, serão especificados os tipos de materiais e serviços a serem utilizados e realizados na execução deste projeto.

4.1.14 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 e o período de retorno desse investimento.

4.2 Memorial de Cálculo

4.2.1 Estimativa de precipitação média mensal

Através dos valores apresentados pela série histórica de precipitação na cidade de Varginha/MG (ver item 4.1.3, tabela 1) foi elaborada a tabela 11, que utilizou o método da média aritmética para determinar os valores da precipitação média mensal para cada mês do ano.

Tabela 11 - Cálculo da precipitação média mensal em Varginha/MG (mm).

Nº	Mês Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	2008	262,6	342,0	290,2	200,0	35,2	35,6	0,6	34,6	80,8	134,6	248,3	251,8
2	2009	262,6	207,0	233,0	68,2	42,0	44,3	20,8	37,2	120,8	90,6	123,4	342,8
3	2010	198,4	141,0	116,6	18,0	14,4	16,4	10,8	0,0	83,5	126,0	225,2	176,2
4	2011	338,2	90,4	261,0	93,2	5,4	19,8	0,6	11,6	1,2	121,2	110,0	225,8
5	2012	334,8	49,2	185,0	85,2	33,8	110,6	22,6	0,8	29,0	47,2	140,0	224,6
6	2013	419,2	221,6	161,0	61,0	71,8	36,0	29,4	1,0	45,6	106,2	199,3	165,4
7	2014	47,6	12,8	117,8	82,4	15,4	6,4	33,0	14,4	46,8	39,6	117,6	164,6
8	2015	117,0	106,8	202,0	73,3	46,0	9,4	6,4	18,0	134,4	37,0	325,7	172,6
9	2016	345,0	164,4	175,1	21,4	30,8	54,2	0,0	45,2	12,8	146,0	170,8	160,6
10	2017	154,0	72,2	129,4	35,0	67,0	44,4	0,2	15,8	66,2	122,0	144,6	261,0
11	2018	188,0	166,2	68,2	16,8								
Σ		2667,4	1573,6	1939,3	754,5	361,8	377,1	124,4	178,6	621,1	970,4	1804,9	2145,4
Média		242,5	143,1	176,3	68,6	36,2	37,7	12,4	17,9	62,1	97,0	180,5	214,5



Fonte: Adaptado de Fundação Procafé (2018).

De acordo com os resultados obtidos na tabela 11, constata-se que o mês de janeiro apresenta a maior média mensal de precipitação no município, enquanto o mês de julho apresenta o menor resultado. Tal análise é de extrema importância para o cálculo do volume de reservatório de armazenamento.

4.2.2 Cálculo da intensidade de precipitação

Para calcular a intensidade de precipitação no município de Três Pontas/MG foi utilizada a equação de Intensidade, Duração e Frequência (IDF) de precipitação e os valores de (K, a, b, c) informados pelo software Plúvio, conforme apresentado na figura 4 a seguir (ver item 4.1.4).

Figura 4 – Parâmetros para cálculo da Intensidade de precipitação em Três Pontas/MG.

 Plúvio 2.1  Copyright (2005) © GPRH	
RELATÓRIO Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação	
LOCALIZAÇÃO:	
Localidade: Três Pontas	Estado: Minas Gerais
Latitude: 21°22'00"	
Longitude: 45°30'45"	
PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:	
K: 5690,461	
a: 0,200	
b: 32,626	
c: 1,080	

Fonte: Plúvio (201-).

Considerando um período de retorno de cinco anos e uma duração de cinco minutos, conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989), calcula-se a intensidade de precipitação para o município de Três Pontas/MG, apresentada abaixo.

$$I_m = \frac{5690,461 \times 5^{0,200}}{(5 + 32,626)^{1,080}} = 156,10 \text{ mm/h} \quad (18)$$

De posse do valor da intensidade de precipitação, resta calcular a área de contribuição e então será possível determinar a vazão de projeto da cobertura do conjunto de galpões em estudo.

4.2.3 Cálculo da área de contribuição

Através de visitas técnicas no local de estudo e da análise do projeto arquitetônico, foram levantados dados referentes às dimensões da cobertura dos galpões que permitiram a realização dos cálculos da área de contribuição (ver item 4.1.5), apresentados a seguir.

$$\text{Declividade: } \frac{2,30}{10,0} \times 100 = 23\% \quad (19)$$

$$\text{Área de cobertura} = \{(20,0 \times 66,15) \times 3\} + (5,84 \times 66,15) = 4355,32 \text{ m}^2 \quad (20)$$

$$\text{Área contribuinte por galpão} = \left\{ \left(10 + \frac{2,30}{2} \right) \times 66,15 \right\} \times 2 = 1475,15 \text{ m}^2 \quad (21)$$

$$\text{Área contribuinte de marquise} = \left(5,84 + \frac{1,35}{2} \right) \times 66,15 = 430,97 \text{ m}^2 \quad (22)$$

$$\text{Área contribuinte por platibanda} = \frac{2,44 + 0,15}{2} \times 20 = 25,90 \text{ m}^2 \quad (23)$$

$$\text{Área contribuinte total} = (3 \times 1475,15) + 430,97 + (25,90 \times 3) = 4934,12 \text{ m}^2 \quad (24)$$

4.2.4 Cálculo da vazão de projeto

Com os valores de intensidade de precipitação e da área contribuinte é possível determinar a vazão de projeto para a edificação (ver item 4.1.6). Tal vazão será de extrema importância para o dimensionamento do sistema de captação, tais como calhas, condutores e reservatórios.

$$Q = \frac{156,10 \text{ mm/h} \times 4934,12 \text{ m}^2}{60} = 12836,94 \text{ L/min} \quad (25)$$

Dessa forma, estima-se que 12836,94 litros de chuva precipitarão sobre a área de cobertura dos galpões e das platibandas por minuto.

4.2.5 Cálculo da estimativa de consumo de água potável

A fim de estimar o consumo de água potável de forma precisa, foram levantados os valores das faturas mensais emitidas pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) no período de maio de 2017 a abril de 2018 (ver item 4.1.7), conforme apresentado no anexo B.

Através da análise das faturas foi possível elaborar a tabela 12 e, a partir das marcações do consumo de água da edificação, foram determinadas a média aritmética, a variância e o desvio padrão, obtendo-se então o consumo médio histórico representativo. O valor encontrado servirá para estimar o consumo de água potável por colaborador ativo na edificação.

Tabela 12 - Consumo médio histórico representativo.

Nº	Data	Média diária (L/dia)	Verificação	Média diária (L/dia)	Média diária (m³/dia)
1	mai/17	1863,64	Ok	1863,64	1,86
2	jun/17	4190,48	Fora do intervalo		
3	jul/17	2333,33	Ok	2333,33	2,33
4	ago/17	2000,00	Ok	2000,00	2,00
5	set/17	1750,00	Ok	1750,00	1,75
6	out/17	2476,19	Ok	2476,19	2,48
7	nov/17	526,32	Ok	526,32	0,53
8	dez/17	1150,00	Ok	1150,00	1,15
9	jan/18	1363,64	Ok	1363,64	1,36
10	fev/18	1459,46	Ok	1459,46	1,46
11	mar/18	1047,62	Ok	1047,62	1,05
12	abr/18	1523,81	Ok	1523,81	1,52
Média		1807,04	Consumo médio histórico (L/dia e m³/dia)	1590,36	1,59
Variância		863229,10			
Desvio padrão		929,10			
Média - 2x desvio		-51,16			
Média + 2x desvio		3665,24			

Fonte: a autora.

Determinado o valor do consumo médio histórico representativo, calcula-se o indicador de consumo IC (ver item 4.1.7). A seguir é apresentado o cálculo, considerando-se em média quinze funcionários ativos na edificação, levantada através da análise dos registros da empresa.

$$IC = \frac{1590,36}{15} = 106,024 \text{ L/pessoa/dia} \quad (26)$$

No entanto, o consumo encontrado não se aplica somente ao uso de descargas ou torneiras pelos colaboradores, mas também quanto à lavagem de pátios, a rega de jardins e demais usos necessários na edificação. Ou seja, tal consumo não é suprido totalmente pela água pluvial, pois inclui água ingerida pelos colaboradores.

4.2.6 Cálculo da estimativa de demanda de água não potável

De acordo com os valores encontrados para o consumo de água não potável em edificações (ver item 4.1.8), torna-se possível estimar a demanda necessária para atender o conjunto de estudo.

Logo, considerando a média de quinze trabalhadores ativos na empresa e que os mesmos farão uso de bacias sanitárias duas vezes ao dia, são realizados os seguintes cálculos.

$$\text{Consumo com descargas} = 9,0 \text{ L/descarga} \times 15 \times 2 \text{ vezes/dia} = 270 \text{ L/dia} \quad (27)$$

Através de uma visita técnica, foram levantadas as áreas de rega de jardins e de lavagem de pátios. Foram medidos os taludes e jardins no entorno dos galpões, chegando a uma área de 498,45 m². Para a área de pátios, foi levantado o valor de 4381,77 m². Abaixo, os cálculos do consumo de água não potável para dados fins.

$$\text{Consumo rega de jardins} = 2,0 \text{ L/m}^2 \times 498,45 \text{ m}^2 = 996,90 \text{ L/rega} \quad (28)$$

$$\text{Consumo lavagem de pátios} = 2,0 \text{ L/m}^2 \times 4381,77 \text{ m}^2 = 8763,54 \text{ L/lavagem} \quad (29)$$

Considerando que a rega de jardins será realizada duas vezes por semana e que os pátios serão lavados uma vez a cada quinze dias, foi elaborada a tabela 13, com a estimativa de consumo semanal de água não potável na edificação.

Tabela 13 - Estimativa de demanda semanal de água não potável.

Nº	Dia da semana	Uso	Demanda diária para 15 colaboradores (L)	Demanda diária para 15 colaboradores (m³)
1	Segunda-feira	Bacia sanitária	270,000	0,270
2	Terça-feira	Bacia sanitária + Rega jardins	1266,900	1,267
3	Quarta-feira	Bacia sanitária	270,000	0,270
4	Quinta-feira	Bacia sanitária	270,000	0,270
5	Sexta-feira	Bacia sanitária + Rega jardins + Lavagem pátios	10030,440	10,030
6	Sábado	Sem uso	0,000	0,000
7	Domingo	Sem uso	0,000	0,000

Fonte: a autora.

Com os valores apresentados na tabela 13 estimou-se a demanda mensal de água não potável da edificação. Foram contados vinte e três dias de utilização máxima, considerando seu período de funcionamento de segunda-feira à sexta-feira. Ficou estabelecido que a rega de jardim será realizada no máximo nove vezes e a lavagem de pátios por no máximo duas vezes, no período de trinta dias, considerando uma frequência de duas vezes por semana para a rega e de uma vez a cada quinze dias para a lavagem. Abaixo a estimativa de demanda mensal de água não potável para uma média de quinze funcionários.

$$\text{Consumo mensal} = (23 \times 270) + (9 \times 996,9) + (2 \times 8763,54) = 32709,18 \text{ L/mês (30)}$$

4.2.7 Dimensionamento do sistema de captação

4.2.7.1 Dimensionamento das calhas

Considerando o uso de calhas de platibanda, calhas de água furtada e calha de beiral, foi elaborada a tabela 14 onde, através da vazão de projeto calculada (ver item 4.2.4) e dos valores apresentados na tabela 4 em referência a capacidade das calhas semicirculares da NBR 10844 (ABNT, 1989) (ver item 4.1.9.1), são determinados diâmetro, comprimento e declividade que estas deverão possuir quando instaladas.

Para o dimensionamento das calhas foram considerados os seguintes fatores: a calha de beiral da marquise recebe toda a água precipitada sobre sua área, as calhas de água furtada recebem o volume total precipitado sobre um galpão e as de platibanda recebem 50% desse volume. A vazão de projeto por calha foi obtida pela divisão da vazão total pelo comprimento da edificação, multiplicado pelo espaçamento entre os condutores.

Tabela 14 - Dimensionamento da calhas.

Calhas	Declividade (%)	Comprimento (m)	n	Vazão de projeto (L/min)	Desnível (m)	Diâmetro interno (mm)
C1 Platibanda Galpão	0,50	5,85	0,011	177,51	0,03	125
C2 Água-furtada Galpão	0,50	5,85	0,011	355,02	0,03	150
C3 Água-furtada Galpão	0,50	5,85	0,011	355,02	0,03	150
C4 Platibanda Galpão	0,50	5,85	0,011	177,51	0,03	125
C5 Beiral Marquise	0,50	5,85	0,011	101,93	0,03	100

Fonte: a autora.

Para uma melhor compreensão do projeto por parte de colaboradores, utilizou-se descrições distintas para cada calha, apesar das calhas de platibanda e de água furtada possuírem as mesmas características entre si.

4.2.7.2 Dimensionamento dos condutores verticais

Com a equação 6 para dimensionamento de condutores verticais (ver item 4.1.9.2) e a vazão de projeto conduzida por cada calha (ver item 4.2.7.1, tabela 14), pôde-se dar início à determinação dos diâmetros dos condutores verticais, conforme apresentado a seguir.

- Para calhas de platibanda ($Q_p = 177,51$ L/min):

$$177,51 = 0,019 \times 0,3^{5/3} \times D^{8/3} \quad (31)$$

$$D = \sqrt[8/3]{\frac{177,51}{0,019 \times 0,3^{5/3}}}$$

$$D = 65,42 \text{ mm} \quad \therefore \text{DN} = 75 \text{ mm}$$

- Para calhas de água-furtada ($Q_p = 355,02$ L/min):

$$355,02 = 0,019 \times 0,3^{5/3} \times D^{8/3} \quad (32)$$

$$D = \sqrt[8/3]{\frac{355,02}{0,019 \times 0,3^{5/3}}}$$

$$D = 84,84 \text{ mm} \quad \therefore \text{DN} = 100 \text{ mm}$$

- Para calha de beiral ($Q_p = 101,93 \text{ L/min}$):

$$101,93 = 0,019 \times 0,3^{5/3} \times D^{8/3} \quad (33)$$

$$D = \sqrt[8/3]{\frac{101,93}{0,019 \times 0,3^{5/3}}}$$

$$D = 53,13 \text{ mm} \quad \therefore \text{DN} = 75 \text{ mm}$$

Conforme determinado pela NBR 10844 (ABNT, 1989), o diâmetro interno mínimo para condutores verticais de seção circular é de 70 mm, no entanto, o diâmetro nominal encontrado no Brasil é de 75 mm, o qual foi utilizado. Dessa forma, foram adotados os diâmetros apresentados na tabela 15.

Tabela 15 - Dimensionamento de condutores verticais.

Condutores Verticais	Comprimento (m)	n	Vazão de projeto (L/min)	Diâmetro interno (mm)
CV1 Platibanda Galpão	6,00	0,011	177,51	75
CV2 Água-furtada Galpão	6,00	0,011	355,02	100
CV3 Água-furtada Galpão	6,00	0,011	355,02	100
CV4 Platibanda Galpão	6,00	0,011	177,51	75
CV5 Beiral Marquise	6,00	0,011	101,93	75

Fonte: a autora.

Também para uma melhor compreensão do projeto por parte de colaboradores, utilizou-se descrições distintas para cada condutor vertical, apesar dos condutores das calhas de platibanda e de água furtada possuírem as mesmas características entre si.

4.2.7.3 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 posterior dos galpões, aproveitando a declividade de dois metros do terreno.

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 16 com as declividades, comprimentos, vazões e diâmetros dos mesmos, determinados com base nos dados da tabela 5 (ver item 4.1.9.3). Foi prevista instalação de caixas de inspeção a distâncias máximas de 20,0 metros em trechos retilíneos ou quando houvesse mudança de direção.

Para uma melhor compreensão do projeto por parte de colaboradores, utilizou-se descrições distintas para cada condutor horizontal, apesar dos condutores horizontais das calhas de platibanda e de água furtada possuírem as mesmas características entre si. Dessa maneira, traçou-se a tubulação e os perfis dos condutores horizontais, possibilitando verificar a declividade das tubulações bem como o posicionamento e comprimentos dos mesmos, além da profundidade das caixas de inspeção, conforme apresentado no apêndice A.

Tabela 16 - Dimensionamento dos condutores horizontais.

Condutores Horizontais	Declividade (%)	Comprimento (m)	n	Vazão de projeto (L/min)	Desnível (m)	Diâmetro interno (mm)	Diâmetro comercial (mm)
CH'1 - C1	0,50	0,75	0,011	177,51	0,00	100	100
CH1 - C1	0,50	5,40	0,011	177,51	0,63	100	250
CH2 - C1	0,50	5,44	0,011	355,02	0,65	125	
CH3 - C1	0,50	5,55	0,011	532,53	0,68	150	
CH4 - C1	0,50	5,40	0,011	710,04	0,71	200	
CH5 - C1	0,50	5,44	0,011	887,55	0,74	200	
CH6 - C1	0,50	5,55	0,011	1065,06	0,76	200	
CH7 - C1	0,50	5,40	0,011	1242,57	0,79	200	
CH8 - C1	0,50	5,44	0,011	1420,08	0,82	250	
CH9 - C1	0,50	5,55	0,011	1597,59	0,85	250	
CH10 - C1	0,50	5,40	0,011	1775,10	0,87	250	
CH11 - C1	0,50	3,20	0,011	1952,61	0,89	250	
CH'12 - C2	1,00	0,75	0,011	355,02	0,01	125	125
CH12 - C2	1,00	5,32	0,011	355,02	0,65	125	300
CH13 - C2	1,00	5,31	0,011	710,04	0,71	150	
CH14 - C2	1,00	5,50	0,011	1065,06	0,76	200	
CH15 - C2	1,00	5,32	0,011	1420,08	0,81	200	
CH16 - C2	1,00	5,31	0,011	1775,10	0,87	200	
CH17 - C2	1,00	5,50	0,011	2130,12	0,92	250	
CH18 - C2	1,00	5,32	0,011	2485,14	0,98	250	
CH19 - C2	1,00	5,31	0,011	2840,16	1,03	250	
CH20 - C2	1,00	5,50	0,011	3195,18	1,08	250	
CH21 - C2	1,00	5,32	0,011	3550,20	1,14	300	
CH22 - C2	1,00	3,18	0,011	3905,22	1,17	300	

Continuação

CH'23 - C3	1,00	0,75	0,011	355,02	0,01	125	125
CH23 - C3	1,00	5,32	0,011	355,02	0,65	125	300
CH24 - C3	1,00	5,31	0,011	710,04	0,71	150	
CH25 - C3	1,00	5,50	0,011	1065,06	0,76	200	
CH26 - C3	1,00	5,32	0,011	1420,08	0,81	200	
CH27 - C3	1,00	5,31	0,011	1775,10	0,87	200	
CH28 - C3	1,00	5,50	0,011	2130,12	0,92	250	
CH29 - C3	1,00	5,32	0,011	2485,14	0,98	250	
CH30 - C3	1,00	5,31	0,011	2840,16	1,03	250	
CH31 - C3	1,00	5,50	0,011	3195,18	1,08	250	
CH32 - C3	1,00	5,32	0,011	3550,20	1,14	300	
CH33 - C3	1,00	2,21	0,011	3905,22	1,16	300	
CH'34 - C4	0,50	0,75	0,011	177,51	0,00	100	100
CH34 - C4	0,50	5,40	0,011	177,51	0,63	100	250
CH35 - C4	0,50	5,44	0,011	355,02	0,65	125	
CH36 - C4	0,50	5,55	0,011	532,53	0,68	150	
CH37 - C4	0,50	5,40	0,011	710,04	0,71	200	
CH38 - C4	0,50	5,44	0,011	887,55	0,74	200	
CH39 - C4	0,50	5,55	0,011	1065,06	0,76	200	
CH40 - C4	0,50	5,40	0,011	1242,57	0,79	200	
CH41 - C4	0,50	5,44	0,011	1420,08	0,82	250	
CH42 - C4	0,50	5,55	0,011	1597,59	0,85	250	
CH43 - C4	0,50	5,40	0,011	1775,10	0,87	250	
CH44 - C4	0,50	1,69	0,011	1952,61	0,88	250	
CH'45 - C5	0,50	0,75	0,011	101,93	0,70	100	100
CH45 - C5	0,50	5,50	0,011	101,93	0,73	100	200
CH46 - C5	0,50	5,56	0,011	203,86	0,76	100	
CH47 - C5	0,50	5,57	0,011	305,79	0,78	125	
CH48 - C5	0,50	5,50	0,011	407,72	0,81	150	
CH49 - C5	0,50	5,56	0,011	509,65	0,84	150	
CH50 - C5	0,50	5,57	0,011	611,58	0,87	200	
CH51 - C5	0,50	5,50	0,011	713,51	0,89	200	
CH52 - C5	0,50	5,56	0,011	815,44	0,92	200	
CH53 - C5	0,50	5,57	0,011	917,37	0,95	200	
CH54 - C5	0,50	5,50	0,011	1019,30	0,98	200	
CH55 - C5	0,50	4,29	0,011	1121,23	1,00	200	
CH56 (CH1-11)	2,00	19,19	0,011	1952,61	1,27265	200	300
CH57 (CH56+CH12-22)	2,00	20,68	0,011	5857,83	1,68625	300	
CH58 (CH57+CH23-33)	2,00	19,29	0,011	9763,05	2,07205	300*	

Nota: Para dimensionar o condutor horizontal 58 (CH58), considerou-se o uso de duas tubulações. Portanto a vazão utilizada para a escolha do diâmetro foi $Q/2 = 9763,05/2 = 4881,525$ L/min/condutor.

Fonte: a autora.

4.2.7.4 Volume aproveitável de precipitação média mensal

Através dos valores de precipitação média mensal determinados na tabela 11 (ver item 4.2.1) e da equação de volume aproveitável (ver item 4.1.9.4) desenvolveu-se a tabela 17, a qual apresenta a estimativa de volume de água pluvial aproveitável em cada mês do ano.

Tabela 17 - Estimativa de volume aproveitável de precipitação.

Mês	Precipitação Média (mm)	Área de captação (m ²)	Runoff	Rendimento do Filtro	Volume (L)	Volume (m ³)
Janeiro	242,50	4355,32	0,95	0,85	852853,32	852,85
Fevereiro	143,10				503271,38	503,27
Março	176,30				620033,15	620,03
Abril	68,60				241260,77	241,26
Mai	36,20				127312,54	127,31
Junho	37,70				132587,92	132,59
Julho	12,40				43609,82	43,61
Agosto	17,90				62952,88	62,95
Setembro	62,10				218400,79	218,40
Outubro	97,00				341141,33	341,14
Novembro	180,50				634804,22	634,80
Dezembro	214,50				754379,53	754,38

Fonte: a autora.

Com os dados de volume aproveitável e precipitação média apresentados na tabela 11 será possível realizar o dimensionamento do reservatório inferior da edificação.

4.2.7.5 Dimensionamento dos reservatórios

Para dimensionar o reservatório de armazenamento inferior de modo que o mesmo seja capaz de atender a demanda da edificação em estudo, foram desenvolvidos os cálculos pertinentes através do método de Rippl (ver item 4.1.9.5).

Dessa forma, foi elaborada a tabela 18 em que, através do valor de demanda mensal de água não potável resultante de 32709,18 L (ver item 4.2.6) e dos valores de volume aproveitável calculados na tabela 17 (ver item 4.2.7.4), é calculado o volume total necessário a ser reservado.

Tabela 18 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.

Mês	Consumo Mensal (L)	Volume Aprov. Mensal (L)	Volume Resultante (L)	Volume Resultante (m³)
Janeiro	32709,18	852853,32	820144,14	820,14
Fevereiro	32709,18	503271,38	470562,20	470,56
Março	32709,18	620033,15	587323,97	587,32
Abril	32709,18	241260,77	208551,59	208,55
Mai	32709,18	127312,54	94603,36	94,60
Junho	32709,18	132587,92	99878,74	99,88
Julho	32709,18	43609,82	10900,64	10,90
Agosto	32709,18	62952,88	30243,70	30,24
Setembro	32709,18	218400,79	185691,61	185,69
Outubro	32709,18	341141,33	308432,15	308,43
Novembro	32709,18	634804,22	602095,04	602,10
Dezembro	32709,18	754379,53	721670,35	721,67

Fonte: a autora.

Após a realização dos cálculos verificou-se que o volume aproveitável de precipitação encontrado para cada mês será suficiente para atender a demanda mensal de água não potável estipulada. No entanto, não se pode afirmar que a precipitação será constante e dessa maneira foi determinado que o reservatório inferior deverá atender um consumo de 60 dias, caso ocorram períodos de estiagem. Assim, o mesmo será enterrado no solo e construído em concreto armado, com as dimensões internas de 5,0 m x 5,0 m x 3,65 m, sendo um metro de altura destinado à disposição das tubulações e o restante ao armazenamento de água, o que permitirá que a capacidade do reservatório alcance 66000 litros de água pluvial.

Tal qual o reservatório inferior, o reservatório superior é dimensionado para atender a demanda de água não potável da edificação para abastecimento dos aparelhos de utilização. Para isso, foi considerado o dia de maior consumo, a sexta-feira, em que ocorre a lavagem de pátios, a rega de jardins e a utilização das bacias sanitárias, conforme apresentado abaixo.

$$\text{Volume do reservatório} = 270 + 996,90 + 8763,54 = 10030,44 \text{ L} \quad (34)$$

Para que a edificação tenha sua demanda de água não potável suprida por pelo menos dois dias, será utilizado um reservatório elevado com capacidade para 20000 litros.

Conforme citado anteriormente, o reservatório inferior foi posicionado na parte posterior dos galpões em decisão tomada com base na topografia do local, considerando que o escoamento do volume captado até o reservatório se dá por meio de gravidade.

Determinou-se também a posição do reservatório superior, levando-se em consideração a movimentação de veículos dentro da empresa. Desta forma, o mesmo será alocado na parte frontal esquerda dos galpões. O reservatório superior será do tipo taça metálica (coluna seca) para que haja o aumento da pressão da água, com capacidade para 20000 litros.

Na figura 5 foram sinalizadas as posições dos reservatórios para um melhor entendimento. Dimensionado o sistema elevatório a seguir, os mesmos serão apresentados com mais no projeto técnico do apêndice A.

Figura 5 – Posicionamento dos reservatórios.



Fonte: Google Earth.

4.2.8 Dimensionamento do sistema elevatório

Sabendo que o reservatório superior terá um volume de 20000 litros e que a previsão de operação do sistema será de oito horas, foi possível realizar o dimensionamento do sistema elevatório através dos dados do projeto técnico apresentado no apêndice A, das tabelas 19 e 20 e dos cálculos realizados a seguir (ver item 4.1.10).

a) Diâmetros de recalque e sucção:

$$Q \text{ demanda} = 20000 \text{ L/dia} = 20 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (35)$$

$$Q \text{ projeto} = \frac{20}{86400} \times \frac{24}{8} = 6,94 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad (36)$$

$$D_r = 1,3 \times \sqrt[4]{\frac{8}{24}} \times \sqrt{(6,94 \times 10^{-4})} = 0,026 \text{ m} = 26 \text{ mm} \quad (37)$$

$$D_r = 32 \text{ mm} \quad (38)$$

$$D_s = 40 \text{ mm} \quad (39)$$

b) Perdas de carga de sucção e recalque:

- Comprimento da tubulação de sucção (L sucção) = 4,00 m;
- Comprimento da tubulação de recalque (L recalque) = 85,65 m;
- C = 140 (PVC);

Tabela 19 - Comprimento equivalente de sucção (Ds = 40 mm).

Peça	Qtd.	L equivalente unit. (m)
Válvula de pé e crivo	1	18,30
Curva 90°	1	1,20
Registro de gaveta aberto	1	0,70
L equivalente total		20,20

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

Tabela 20 - Comprimento equivalente de recalque (Dr = 32 mm).

Peça	Qtd.	L equivalente unit. (m)	L equivalente (m)
Válvula de retenção leve	1	4,90	4,90
Curva 45°	2	0,50	1,00
Curva 90°	6	0,70	4,20
Registro de gaveta aberto	1	0,40	0,40
Saída de canalização	1	1,40	1,40
L equivalente total			11,90

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

$$J_{un_s} = \frac{10,643 \times (6,94 \times 10^{-4})^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,040^{4,87}} = 0,0105 \text{ m} \quad (40)$$

$$J_s = Hf_s = 0,0105 \times (4,00 + 20,20) = 0,254 \text{ m} \quad (41)$$

$$J_{un_r} = \frac{10,643 \times (6,94 \times 10^{-4})^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,032^{4,87}} = 0,0312 \text{ m} \quad (42)$$

$$J_r = Hf_r = 0,0312 \times (85,65 + 11,90) = 3,037 \text{ m} \quad (43)$$

c) Altura manométrica e potência da bomba:

- Altura geométrica de sucção (H_{g_s}) = 1,65 m
- Altura geométrica de recalque (H_{g_r}) = 10,00 m
- Rendimento do conjunto = 70%

$$H = 1,65 + 10,00 + 0,254 + 3,037 = 14,94 \text{ m} \quad (44)$$

$$P = \frac{1000 \times (6,94 \times 10^{-4}) \times 14,94}{75 \times 0,70} = 0,198 \text{ Cv} \quad (45)$$

Conforme apresentado no item 4.1.10 (ver tabela 6), é recomendável considerar um acréscimo de potência para motores elétricos. Sabendo que 1 Cv equivale a 0,98632 HP, para a potência encontrada de 0,198 Cv teremos uma potência de 0,195 HP. Logo a potência encontrada é menor que 2 HP e considera-se um acréscimo de 50%, chegando à potência final abaixo.

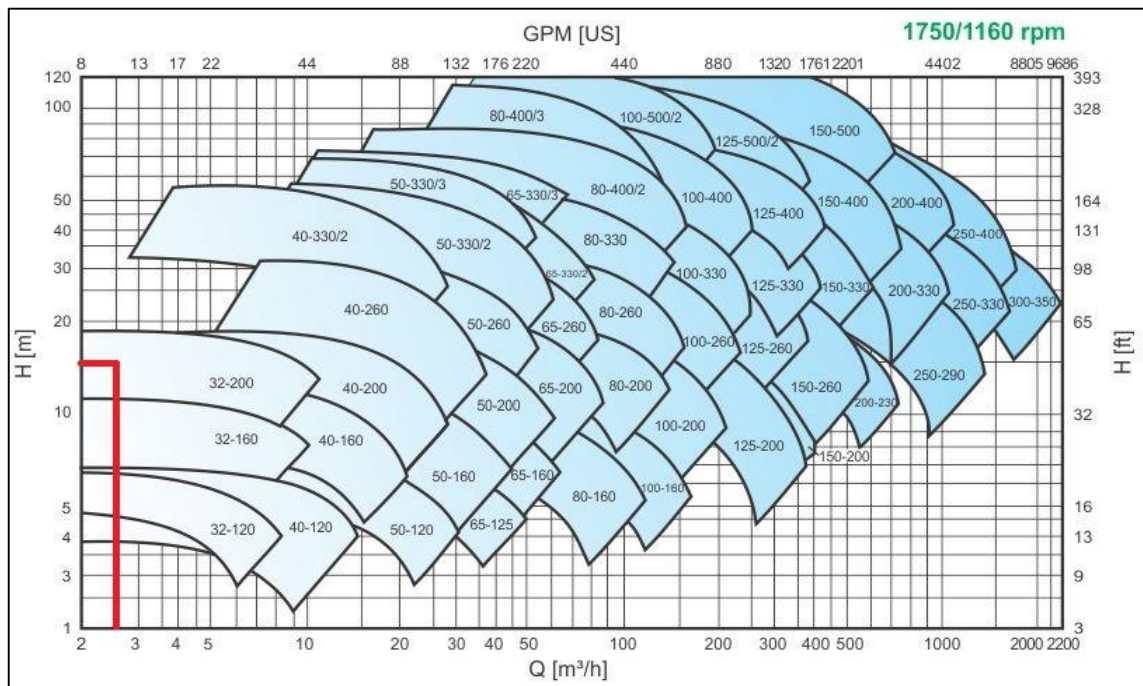
$$\text{Potência comercial} = P + 50\% = 0,296 \text{ Cv} \quad (46)$$

d) NPSH disponível

Calculada a potência da bomba verifica-se agora o NPSH disponível no sistema, para evitar que o mesmo sofra com a cavitação no interior da tubulação. Para tal, foi pré-selecionado

o modelo de bomba da marca IMBIL, com base na vazão a ser recalçada e na altura manométrica do sistema, conforme gráfica apresentado na figura 6.

Figura 6 – Gráfico de carta de aplicação para bombas modelo Itap.



Fonte: IMBIL (2018).

Segundo o fabricante, o valor de NPSH requerido pode ser calculado a partir da equação 47 abaixo.

$$\text{NPSH}_r = 10 - H_s + \frac{V^2}{2g} + 0,5 \quad (47)$$

Onde:

NPSH → em metro (m);

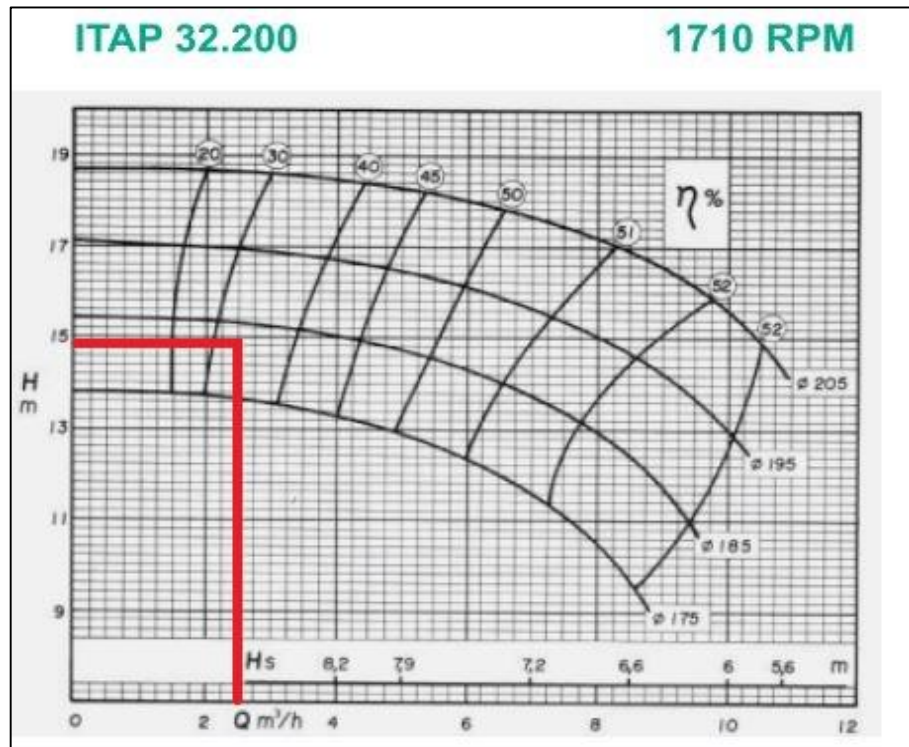
H_s = altura de sucção, em metro (m);

V = velocidade na sucção, em metro por segundo (m/s);

g = aceleração da gravidade, em metro por segundo ao quadrado (m/s^2);

Dessa forma, para determinar o NPSH requerido pela bomba pré-selecionada, determinou-se primeiro a altura de sucção. Para tal, foi utilizado o gráfico disponibilizado pelo fabricante, em que se considera a altura manométrica e a vazão do sistema, obtendo-se a altura de sucção, o qual é apresentado na figura 7 a seguir.

Figura 7 – Gráfico para determinação da altura de sucção.



Fonte: IMBIL (2018).

Para determinar a velocidade, utiliza-se a equação 48 abaixo.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (48)$$

Onde:

v → velocidade, metro por segundo (m/s);

Q → vazão, em metro cúbico por segundo (m³/s);

A → área da seção, em metro quadrado (m²).

$$v = \frac{(6,94 \times 10^{-4})}{\frac{\pi \times 0,040^2}{4}} = 0,55 \text{ m/s} \quad (49)$$

Agora pode-se calcular o NPSH requerido pela bomba.

$$\text{NPSH}_r = 10 - 8,70 + \frac{0,55^2}{2 \times 9,81} + 0,5 = 1,82 \text{ m} \quad (50)$$

$$\text{NPSH}_r = 1,82 + 50\% = 2,72 \text{ m} \quad (51)$$

Para determinar o NPSH disponível serão utilizadas as tabelas 7 e 8 e a equação abaixo, conforme apresentado no item 4.1.10. Segundo o site Climatempo a temperatura média da cidade de Três Pontas é de 20°C e a altitude do local é de 858 metros, segundo dados do Google Earth. Logo, foi possível realizar o cálculo, chegando ao seguinte resultado.

$$\text{NPSH}_d = - 1,65 - 0,254 + 9,22 - 0,238 = 7,08 \text{ m} \quad (52)$$

Dessa forma, verificou-se que não haverá cavitação no sistema elevatório dimensionado para o projeto em questão, uma vez que o NPSH disponível (7,08 m) é superior ao NPSH requerido pela bomba, considerando um acréscimo de 50% (2,72 m).

4.2.9 Dimensionamento do sistema de distribuição

Após o dimensionamento do sistema de captação e do elevatório da água pluvial precipitada na área em estudo, é dimensionada a rede de distribuição que irá abastecer as torneiras e as bacias sanitárias da edificação.

Primeiro foram posicionadas as peças de utilização, de acordo com os usos propostos. Vide projeto arquitetônico, a edificação possui quatro bacias sanitárias e um mictório tipo calha e serão implantadas quatorze torneiras distribuídas no interior dos galpões e nas partes frontal, posterior e lateral dos mesmos, possibilitando a lavagem de pátios e a rega de jardins.

Dessa forma, foram desenvolvidas as tabelas 21 e 22, quanto a divisão das linhas de distribuição em sub-ramais e ramais, respectivamente. Os diâmetros adotados inicialmente foram determinados levando-se em consideração as orientações da NBR 5626 (ABNT, 1998) e dos valores apresentados na tabela 10 do item 4.1.11.

Tabela 21 - Divisão de sub-ramais.

Sub-ramal	Peça	Vazão (L/s)	Peso	Ø (mm)
SR 1	Torneira de jardim/lavagem geral	0,2	0,40	20
SR 2	Torneira de jardim/lavagem geral	0,2	0,40	20
SR 3	Torneira de jardim/lavagem geral	0,2	0,40	20
SR 4	Bacia sanitária/válvula de descarga	1,7	32	32
SR 5	Bacia sanitária/válvula de descarga	1,7	32	32

Fonte: a autora.

Tabela 22 - Divisão de ramais.

Ramal	Peça	Vazão total (L/s)	Peso total	Ø (mm)
R 1.1	3 Torneiras de jardim/lavagem geral	0,33	1,20	20
R 1.2	5 Torneiras de jardim/lavagem geral	0,42	2,00	20
R 1.3	6 Torneiras de jardim/lavagem geral	0,46	2,40	20
R 2.1	2 Torneiras de jardim/lavagem geral	0,27	0,80	20
R 2.2	3 Torneiras de jardim/lavagem geral	0,33	1,20	20
R 2.3	5 Torneiras de jardim/lavagem geral	0,42	2,00	20
R 2.4	8 Torneiras de jardim/lavagem geral	0,54	3,20	20
R 2.5	2 Bacias sanitárias/válvula de descarga	2,40	64	40
R 2.6	2 Bacias sanitárias/válvula de descarga + 1 Mictório tipo calha (L=1,50 m)	2,63	64,3	40
R 2.7	2 Bacias sanitárias/válvula de descarga	2,40	64	40
R 2.8	4 Bacias sanitárias/válvula de descarga + 1 Mictório tipo calha (L=1,50 m)	5,03	128,3	50

Fonte: a autora.

O dimensionamento da rede de distribuição foi realizado com base no método dos pesos apresentado pela NBR 5626 (ABNT, 1998) (ver item 4.1.11, tabela 9), em que se utilizou o peso para cada peça de utilização a fim de se obter a vazão estimada. O cálculo da perda de carga foi realizado também conforme as orientações da norma supracitada, onde utilizou-se a tabela A.5 apresentada no anexo A da mesma. Para a tubulação de PVC foi considerado o coeficiente $C = 140$.

Para dimensionar a rede, foram determinadas as peças a serem usadas nas tubulações que possibilitarão transportar a água a todos os aparelhos de utilização. Tal determinação é de extrema importância para se determinar o comprimento de tubo equivalente em função das peças empregadas, de forma que seja calculada a perda de carga ao longo das tubulações. Dessa forma, foi elaborada a tabela apresentada no apêndice B, considerando cada trecho de tubulação.

A tabela 23 apresenta o dimensionamento da rede de distribuição, onde verifica-se que todas as peças recebem água com pressão suficiente para seu correto funcionamento, considerando a pressão mínima para torneiras de 1,0 m.c.a e para as válvulas de descarga de 1,50 m.c.a. Além disso, a perda de carga unitária em todos os trechos é inferior a 0,08 m/m e a velocidade é inferior a 3,0 m/s.

Tabela 23 - Dimensionamento da rede de distribuição.

Comp.	Trec.	Soma dos pesos	Q est. (L/s)	Ø calc. (mm)	Ø adot. (mm)	Veloc. (m/s)	J unit. (m/m)	P disp. (m.c.a)	Comprimento		Hf (m)	P disp. residual (m.c.a.)	P ponto utiliz. (m.c.a.)
									Real (m)	Equiv. (m)			
Col	1	133,90	3,47	47,9	50	1,77	0,065	4,50	4,50	2,30	6,80	4,06	0,50
Bar	1	133,90	3,47	47,9	50	1,77	0,065	4,06	0,75	1,30	2,05	3,92	0,50
Bar	2	2,40	0,46	22,8	25	0,95	0,052	3,92	1,15	5,20	6,35	3,60	0,50
R	2.3	2,40	0,46	22,8	25	0,95	0,052	3,60	0,03	3,10	3,13	3,43	1,00
R	2.2	2,00	0,42	22,1	25	0,86	0,044	3,43	23,58	2,40	25,98	2,29	1,00
R	2.1	1,20	0,33	20,1	25	0,67	0,028	2,29	22,00	3,10	25,10	1,58	1,00
SR	1	0,40	0,19	16,4	25	0,39	0,011	1,58	22,40	5,20	27,60	1,28	1,00
Bar	3	131,50	3,44	47,7	75	0,78	0,009	3,92	18,25	8,00	26,25	3,68	0,50
R	3.8	128,30	3,40	47,5	75	0,77	0,009	3,68	10,00	12,50	22,50	3,47	1,50
R	3.7	64,00	2,40	41,8	75	0,54	0,005	3,47	0,88	8,90	9,78	3,43	1,50
SR	5	32,00	1,70	36,8	75	0,38	0,003	3,43	3,00	17,30	20,30	3,37	1,50
R	3.6	64,30	2,41	41,8	75	0,54	0,005	3,47	0,25	8,90	9,15	3,43	1,50
R	3.5	64,00	2,40	41,8	75	0,54	0,005	3,43	1,55	8,00	9,55	3,38	1,50
SR	4	32,00	1,70	36,8	75	0,38	0,003	3,38	0,85	11,90	12,75	3,35	1,50
R	3.4	3,20	0,54	24,1	32	0,67	0,021	3,68	20,70	9,20	29,90	3,06	1,00
R	3.3	2,40	0,46	22,8	32	0,58	0,016	3,06	22,28	9,20	31,48	2,56	1,00
R	3.2	1,20	0,33	20,1	32	0,41	0,009	2,56	22,00	4,60	26,60	2,33	1,00
SR	3	0,40	0,19	16,4	32	0,24	0,003	2,33	22,45	7,30	29,75	2,23	1,00
R	3.1	0,80	0,27	18,6	32	0,33	0,006	3,06	41,88	5,30	47,18	2,77	1,00
SR	2	0,40	0,19	16,4	32	0,24	0,003	2,77	22,30	11,90	34,20	2,66	1,00

Fonte: a autora.

4.3 Especificações de materiais e serviços

4.3.1 Tubulações e conexões

Para as instalações de captação de água pluvial foi prevista a utilização de calhas de beiral ao longo da marquise e de calhas de platibanda nas laterais dos galpões, as quais devem ser fixadas centralmente sob a extremidade da cobertura. Na parte interior dos galpões devem ser instaladas calhas de água-furtada, fixadas centralmente no vão entre os galpões. Devem ser utilizadas calhas pluviais de seções semicirculares, bocais e cabeceiras em material PVC da marca Amanco ou similar de mesma qualidade.

Os condutores verticais devem ser instalados preferencialmente em uma só prumada sempre que possível e, caso seja necessário seu desvio, devem ser instaladas curvas de 90° ou curva de 45° e peça de inspeção. Devem ser utilizados condutores para calha pluvial e curvas de raio longo 45° a jusante dos condutores verticais, possibilitando sua conexão nos condutores horizontais, bem como abraçadeiras de fixação em material PVC, todos da marca Amanco ou similar de mesma qualidade.

Os condutores horizontais devem ser enterrados e instalados com declividade uniforme segundo apresentado em projeto técnico, com caixas de inspeção em alvenaria de 0,60 m x 0,60 m ou 0,90 m x 0,90 m, com profundidade variável de acordo com a posição do condutor horizontal e posicionadas a distâncias máximas de 20,0 m, conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007). Devem ser utilizados tubos de esgoto série leve e normal e junções simples (Y) em material PVC da marca Amanco ou similar de mesma qualidade, exceto onde houver caixas de inspeção, quando a tubulação será ligada diretamente as caixas de inspeção, detalhadas em projeto.

A instalação das calhas, condutores verticais e condutores horizontais devem ser realizadas de acordo com o que foi apresentado nos memoriais descritivo e de cálculo e no projeto técnico, sabendo que alterações de diâmetros e inclinações afetam o escoamento da água, causando danos à edificação.

Para o sistema elevatório e a rede de distribuição de água pluvial devem ser utilizados registros de gaveta aberto e válvula de retenção leve de liga de cobre da marca Deca ou similar de mesma qualidade, válvula de pé e crivo da marca Tigre ou similar de mesma qualidade e conexões e tubulações para água fria em material de PVC rígido da marca Amanco Soldável ou similar de mesma qualidade, com diâmetros e comprimentos conforme especificado em projeto técnico.

As tubulações e conexões internas de barriletes e sub-ramais de saída serão executadas através de ligações com adesivos plásticos, lixando-se as superfícies e limpando-as com solução preparadora, de modo a eliminar impurezas. O adesivo deverá ser distribuído uniformemente com um pincel ou com a própria bisnaga nas superfícies das tubulações, encaixando-se as partes e retirando excessos de adesivo. Devem ser utilizados produtos da marca Amanco Adesivos para Água Fria ou similar de mesma qualidade. Não é permitido o aquecimento dos tubos com a finalidade de se obter curvas, execução de bolsas ou furos.

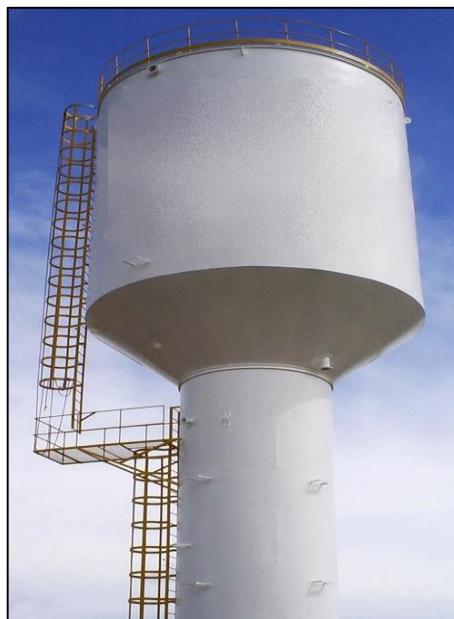
4.3.2 Reservatórios

O reservatório inferior deverá ser fabricado in loco em concreto armado, largura de paredes estimadas em vinte centímetros, concreto Fck 30 MPa, armação em aço CA-50, com dimensões internas de 5,0 m de largura x 5,0 m de comprimento x 3,65 m de profundidade.

O reservatório superior deverá ser do tipo taça com coluna seca com capacidade para 20000 litros, altura de coluna 4,50 metros, da marca Dipawa ou similar de mesma qualidade, conforme modelo apresentado na figura 8 abaixo.

Os reservatórios devem ser alocados de acordo com o projeto técnico apresentado no apêndice A, pois alterações nas suas dimensões e posicionamento implicam em mudanças nos cálculos apresentados no memorial.

Figura 8 – Reservatório Taça com Coluna Seca.



Fonte: Dipawa (2018).

4.3.3 Filtros

Devem ser instalados dois filtros para água pluvial captada na edificação, da marca Ciclodagua modelos Ciclo 2000 e Ciclo 3000 ou similar de mesma qualidade, desde que atenda a demanda da área de captação de aproximadamente 4355,00 m². Especificações quanto a instalação e funcionamento dos filtros a serem seguidas devem ser obtidas através do próprio fabricante.

4.3.4 Bomba centrífuga

Para o sistema elevatório deve ser instalada bomba centrífuga da marca IMBIL modelo ITAP 32-200, apresentada na figura 9 e escolhida de acordo com as características do sistema (ver item 4.2.8, figura 6). A mesma será instalada ao lado do reservatório inferior, conforme prescrições apresentadas no projeto técnico. Tal bomba deve atender as especificações deste projeto, sendo que a redução de sua potência implica em queda de rendimento do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Figura 9 – Bomba centrífuga IMBIL - modelo ITAP.



Fonte: IMBIL (2018).

4.3.5 Escavação, reaterro e compactação de vala

Para a instalação dos condutores horizontais, da tubulação de recalque do sistema elevatório e da tubulação de distribuição de água pluvial dentro da edificação, deverão ser abertas valas, mecanicamente de preferência, com largura uniforme de no mínimo 0,60 m e

cobertura mínima da tubulação de 0,60 m, considerando que não haverá cargas externas elevadas atuantes sobre os locais de instalação das tubulações.

No início da escavação da vala devem ser afastados de suas bordas entulhos resultantes da quebra de pavimento ou eventual base de revestimento do solo para evitar o seu uso indevido no envolvimento da tubulação.

O fundo da vala deve ser regular, uniforme e com declividade conforme o projeto, no caso dos condutores horizontais. As imperfeições devem ser preenchidas com material adequado, compactado, tal que fique nas mesmas condições de suporte do fundo na vala normal. No fundo da vala deve ser executado um berço de no mínimo 0,15 m de material granular.

Os tubos devem ser assentados com sua geratriz inferior coincidindo com o eixo do berço, de modo que as bolsas fiquem nas escavações previamente preparadas, assegurando um apoio contínuo do corpo do tubo. Se necessário, deve ser feito o alinhamento e nivelção da tubulação, podendo ser cravados piquetes ou calços laterais.

Para o reaterro das redes coletoras, da tubulação de recalque e de distribuição de água pluvial, serão consideradas três zonas distintas: lateral, superior e final. No reaterro das laterais, a tubulação deve ficar continuamente apoiada no fundo da vala e com berço bem executado nas duas laterais em camadas inferiores a 0,10 metros. Se houver escoramento na vala, o mesmo deve ser retirado progressivamente, preenchendo todos os vazios.

O reaterro superior é feito sobre a tubulação, com material selecionado, isento de pedras e entulhos, e em camadas de 0,10 m a 0,15 m de espessura. Não é recomendado despejar o solo de reaterro nesta etapa. A compactação é executada nas laterais de cada lado, sendo que a parte diretamente acima da tubulação não é compactada, evitando deformações dos tubos.

O restante do material de reaterro de vala deve ser lançado nas camadas finais sucessivas, sendo compactado tal que tenha o mesmo estado do terreno das laterais da vala.

4.4 Quantitativo de materiais e estimativa de custos

Após o dimensionamento dos sistemas e a elaboração do projeto técnico foi desenvolvida a tabela 24, com o quantitativo de materiais a serem adquiridos para a implantação dos mesmos.

Tabela 24 - Quantitativo de materiais.

Item	Descrição	Unidade	Qtd
1	Instalações Prediais de Águas Pluviais		
1.1	Calha semicircular 100 mm	m	64,35
1.2	Calha semicircular 125 mm	m	128,70
1.3	Calha semicircular 150 mm	m	128,70
1.4	Condutor Vertical 75 mm	m	198,00
1.5	Condutor Vertical 100 mm	m	132,00
1.6	Curva 45° 75 mm	unid	33,00
1.7	Redução excêntrica 100 mm x 75 mm	unid	33,00
1.8	Curva 45° 100 mm	unid	22,00
1.9	Redução excêntrica 125 mm x 100 mm	unid	22,00
1.10	Condutor horizontal 100 mm	m	24,75
1.11	Condutor horizontal 125 mm	m	16,50
1.12	Condutor horizontal 200 mm	m	59,68
1.13	Condutor horizontal 250 mm	m	114,03
1.14	Condutor horizontal 300 mm	m	191,26
1.15	Junção Simples 100 mm - 200 mm	unid	7,00
1.16	Junção Simples 100 mm - 250 mm	unid	15,00
1.17	Junção simples 125 mm - 300 mm	unid	14,00
1.18	Curva 45° 200 mm	unid	3,00
1.19	Curva 90° 250 mm	unid	2,00
1.20	Curva 45° 300 mm	unid	2,00
1.21	Caixa de inspeção 0,60 m x 0,60 m (altura variável)	unid	22,00
1.22	Caixa de inspeção 1,0 m x 1,0 m (altura variável)	unid	2,00
2	Sistema Elevatório	Unid	Qtd
2.1	Reservatório de alvenaria 66000 L	unid	1,00
2.2	Filtro para água de chuva	unid	2,00
2.3	Tubo 40 mm	m	4,00
2.4	Tubo 32 mm	m	85,65
2.5	Válvula de pé e crivo 40 mm	unid	1,00
2.6	Curva 90° 40 mm	unid	1,00
2.7	Registro de gaveta bruto 40 mm	unid	1,00
2.8	Bomba centrífuga 1/2 CV	unid	1,00
2.9	Válvula de retenção leve 32 mm	unid	1,00
2.10	Curva 45° 32 mm	unid	2,00
2.11	Curva 90° 32 mm	unid	6,00
2.12	Registro de gaveta bruto 32 mm	unid	1,00

Continuação

3	Instalações Prediais de Água Fria	Unid	Qtd
3.1	Reservatório Taça Coluna Seca 20000 L	unid	1,00
3.2	Tubo 25 mm	m	69,15
3.3	Tubo 32 mm	m	151,60
3.4	Tubo 50 mm	m	5,25
3.5	Tubo 75 mm	m	34,78
3.6	Joelho 90° 25 mm	unid	1,00
3.7	Curva 90° 25 mm	unid	8,00
3.8	Tê 90°saída bilateral 25 mm	unid	1,00
3.9	Tê 90°saída de lado 25 mm	unid	3,00
3.10	Registro de gaveta aberta 25 mm	unid	1,00
3.11	Joelho 90° 32 mm	unid	2,00
3.12	Curva 90° 32 mm	unid	9,00
3.13	Tê 90°saída de lado 32 mm	unid	8,00
3.14	Registro de gaveta aberta 32 mm	unid	1,00
3.15	Entrada normal de tubulação 50 mm	unid	1,00
3.16	Curva 90° 50 mm	unid	1,00
3.17	Registro de gaveta aberta 50 mm	unid	1,00
3.18	Joelho 90° 75 mm	unid	2,00
3.19	Curva 90° 75 mm	unid	5,00
3.20	Tê 90°saída bilateral 75 mm	unid	1,00
3.21	Tê 90°saída de lado 75 mm	unid	6,00
3.22	Registro de gaveta aberta 75 mm	unid	3,00
3.23	Válvula de descarga 75 mm x 40 mm	unid	4,00
3.24	Bucha de redução 50 mm x 25 mm	unid	1,00
3.25	Bucha de redução 75 mm x 50 mm	unid	1,00
3.26	Bucha de redução 75 mm x 32 mm	unid	1,00
3.27	Torneiras 20 mm	unid	14,00

Fonte: a autora.

Através do levantamento dos materiais pôde-se realizar uma breve estimativa do custo para implantação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial na empresa, a qual é apresentada na tabela 25.

Para isso, foram utilizadas as planilhas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) de setembro de 2018 e da Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas (SETOP) de julho de 2018, ambas sem desoneração.

Tabela 25 - Planilha orçamentária.

Item	Descrição	Unid	Qtd	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
1	Calha semicircular de PVC, diâmetro 100 mm, incluindo cabeceiras, emendas, bocais, suportes e vedações, excluindo condutores, incluso transporte vertical	m	64,35	19,06	1226,51
2	Calha semicircular de PVC, diâmetro 125 mm, incluindo cabeceiras, emendas, bocais, suportes e vedações, excluindo condutores, incluso transporte vertical	m	128,70	23,82	3065,63
3	Calha semicircular de PVC, diâmetro 150 mm, incluindo cabeceiras, emendas, bocais, suportes e vedações, excluindo condutores, incluso transporte vertical	m	128,70	28,59	3679,53
4	Tubo PVC, série R, água pluvial, DN 75 mm, fornecido e instalado em condutores horizontais de águas pluviais	m	198,00	12,60	2494,80
5	Tubo PVC, série R, água pluvial, DN 100 mm, fornecido e instalado em condutores horizontais de águas pluviais	m	132,00	20,54	2711,28
6	Curva 45 graus, PVC, soldável, DN 75 mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação	unid	33,00	36,75	1212,75
7	Curva 45 graus, PVC, soldável, DN 100 mm, instalado em prumada de água - fornecimento e instalação	unid	22,00	49,00	1078,00
8	Redução excêntrica, PVC, série R, água pluvial, DN 100 x 75 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento	unid	33,00	17,56	579,48
9	Redução excêntrica, PVC, série R, água pluvial, DN 125 x 100 mm, junta elástica, fornecido e instalado em ramal de encaminhamento	unid	22,00	23,41	515,02
10	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 100 mm, inclusive conexões e suportes	m	24,75	25,79	638,30
11	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 125 mm, inclusive conexões e suportes	m	16,50	40,29	664,79
12	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 200 mm, inclusive conexões e suportes	m	59,68	95,47	5697,65
13	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 250 mm, inclusive conexões e suportes	m	114,03	135,66	15469,31
14	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 300 mm, inclusive conexões e suportes	m	191,26	192,79	36873,02
15	Caixa enterrada hidráulica retangular, em alvenaria com blocos de concreto, dimensões internas: 0,60 m x 0,60 m para rede de esgoto	unid	22,00	289,91	6378,02
16	Caixa enterrada hidráulica retangular, em alvenaria com blocos de concreto, dimensões internas: 1,0 m x 1,0 m para rede de esgoto	unid	2,00	480,46	960,92
17	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m.	m ³	431,25	54,31	23421,19
18	Preparo de fundo de vala com largura menor que 1,50 m, em local com nível baixo de interferência	m ²	363,45	4,29	1559,20
19	Lastro de vala com preparo de fundo, largura menor que 1,50 m, com camada de areia, lançamento manual, em local com nível baixo de interferência (e = 0,15 m)	m ²	55,00	155,32	8542,60
20	Aterro manual de valas com solo argilo-arenoso e compactação mecanizada	m ³	328,20	33,96	11145,67

Continuação

21	Escavação mecânica de valas com descarga sobre caminhão H > 5 m	m ³	112,27	6,37	715,16
22	Apiloamento do fundo de vala com placa	m ²	29,16	8,26	240,86
23	Lastro de concreto magro com espessura de 8 cm	m ³	2,33	409,45	954,02
24	Corte, dobra e armação de aço CA-50 Ø > 12,5 mm	kg	2147,84	7,65	16430,98
25	Fôrma e desforma de compensado plastificado e = 0,12 m, exclusive escoramento (5x)	m ²	98,00	68,30	6693,40
26	Fornecimento e lançamento de concreto estrutural usinado Fck ≥ 30 MPa, Brita 1	m ³	26,85	340,94	9154,24
27	Impermeabilização de estruturas enterradas com emulsão asfáltica, 2 demãos	m ²	98,00	27,16	2661,68
28	Filtro Ciclo 2000 + Ciclo 3000	unid	1,00	15873,00	15873,00
29	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 40 mm	m	4,00	28,20	112,80
30	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 32 mm	m	85,65	23,01	1970,81
31	Válvula de pé e crivo	unid	1,00	119,41	119,41
32	Registro de gaveta bruto 40 mm	unid	1,00	83,51	83,51
33	Válvula de retenção leve 32 mm	unid	1,00	185,64	185,64
34	Registro de gaveta bruto 32 mm	unid	1,00	69,49	69,49
35	Moto-bomba 1/2 CV, VM = 5 m ³ /h 1 1/2" R = 1 1/2, trifásica	unid	1,00	1226,55	1226,55
36	Reservatório Taça Coluna Seca 20000 L H = 4,50 m	unid	1,00	24490,00	24490,00
37	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 25 mm	m	69,15	17,44	1205,98
38	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 32 mm	m	151,60	23,01	3488,32
39	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 50 mm	m	5,25	33,40	175,35
40	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido soldável água, inclusive conexões e suportes DN 75 mm	m	34,78	59,00	2052,02
41	Registro de gaveta aberta 25 mm	unid	1,00	50,23	50,23
42	Registro de gaveta aberta 32 mm	unid	1,00	69,49	69,49
43	Registro de gaveta aberta 50 mm	unid	1,00	84,63	84,63
44	Registro de gaveta aberta 75 mm	unid	3,00	128,56	385,68
45	Válvula de descarga 75 mm x 40 mm	unid	4,00	109,22	436,88
46	Torneiras cromada 1/2 ou 3/4 para tanque, padrão popular - fornecimento e instalação	unid	14,00	16,15	226,10
Valor total (R\$)					217069,88

Fonte: a autora.

4.5 Estimativa de período de retorno do investimento

Segundo Tomaz (2010d), uma maneira simples de realizar a análise do período de retorno é o payback e deve ser considerado somente em um pré-estudo para aceitar ou rejeitar dado projeto. Ainda segundo ao autor, o período de retorno (p) é a divisão entre o total do investimento (G) e o lucro anual médio (L) gerado pelo projeto.

$$p = \frac{G}{L} \quad (53)$$

O lucro anual médio é determinado com o uso da tabela de tarifas apresentada pela Concessionária de fornecimento de água potável do município, o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). Segundo o relatório, para a empresa que se enquadra na categoria C – Industrial a tarifa para tratamento de água é de R\$3,5347/m³.

A empresa possui uma demanda de água para fins não potáveis de 32,71 m³ por mês, ou seja 392,51 m³ por ano. Considerando o valor de tarifa, tem-se um lucro médio anual de R\$1387,41. Com o valor do lucro médio anual foi possível estimar o tempo de retorno do investimento.

$$p = \frac{217069,88}{1387,41} = 156,47 \text{ anos} \quad (54)$$

Através do valor obtido para o tempo de retorno de investimento, obviamente não se mostrou atrativa a implantação do sistema. No entanto, alguns fatores levaram a este valor como o fato da empresa ainda estar em construção e contar com poucos funcionários ativos. Além disso, foi dimensionado um sistema de captação que abrangesse toda a edificação, podendo-se repensar a opção de executá-lo em etapas, reduzindo o investimento inicial.

No entanto, a viabilidade do projeto não pode ser analisada somente pelo tempo de retorno do investimento, e sim pelos benefícios que sua implantação traz ao planeta, através da gestão sustentável dos recursos hídricos.

Logo a implantação de 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.

5 CONCLUSÃO

Conforme citado no início deste trabalho, dois terços da população mundial será afetada pela escassez de água em três décadas. Diante dessa previsão preocupante, investir em conscientização dos cidadãos para melhora da gestão dos recursos hídricos através de atitudes sustentáveis é de extrema importância para se evitar o desperdício deste recurso precioso.

Sendo assim, os sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial são grandes exemplos de medidas sustentáveis de redução do consumo de água, além de reduzir inundações de áreas com sistemas de drenagem urbana deficientes, possibilitar acesso contínuo ao recurso para a parcela da população que enfrenta grandes crises hídricas ou falta de investimentos em saneamento básico, além de contribuir para preservação de rios e lagos ao reduzir a captação.

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 da empresa Dixini Ferragens. Informações quanto a intensidade de precipitação da região e a área de captação da edificação permitiram o dimensionamento de um sistema autossuficiente. 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 deste trabalho, verificou-se o período de retorno do investimento empregado para a implantação do sistema com base no valor estimado de investimento de R\$217069,88. Foi verificado que a implantação total do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial seria inviável por ter um tempo de retorno de aproximadamente 157 anos em relação ao valor necessário para sua implantação e a economia gerada pela redução do consumo de água potável. No entanto, deve-se considerar que atualmente, a atividade proposta com maior consumo de água não é realizada, uma vez que, por estar em fase de construção, ainda não é realizada a lavagem de pátios.

Sendo assim, a sugestão para tornar atrativa a implantação do sistema seria realiza-la parcialmente, de modo que o mesmo fosse executado em função das necessidades da empresa ao longo dos anos, visto que o volume precipitado era suficiente para atender a demanda proposta com sobras. Deste modo, seria feita uma revisão da estrutura inicialmente projetada ao sistema, reduzindo a quantidade de materiais e serviços em função da demanda, diminuindo os gastos, buscando a viabilidade de execução do sistema e a preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva – 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.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto, 2006.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648>. Acesso em: 30 out. 2018.

CLIMATEMPO. **Climatologia – Três Pontas/MG**. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/climatologia/200/trespontas-mg>>. Acesso em 02 nov. 2018.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012. 423 p.

DIPAWA. **Reservatórios Taça com coluna seca**. Disponível em: <<http://www.dipawa.com.br/novo/products/03-%252d-Reservat%C3%B3rio-Ta%C3%A7a-com-Coluna-Seca.html>>. Acesso em: 30 out. 2018.

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. 2018.

Google Earth. **Distrito Industrial, Três Pontas - MG**. 2018. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/search/Distrito+Industrial,+Tr%C3%AAs+Pontas+-+MG/@-21.36967605,-45.53142019,864.85796529a,1389.80534369d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCZhchokKgzVAEZZchokKgzXAGfUtsQaMtirAIRpgELq7PV3A>>. Acesso em: 25 out. 2018.

Google Earth. **Três Pontas**. 2018. Disponível em: <<https://earth.google.com/web/@-21.40625635,-45.4871512,1005.60212068a,86573.36488346d,35y,0h,0t,0r/data=CIEaTxJHCiUweDk0Y2E4M2ViOTJjOWI5Njk6MHg3YmNhZjg4ZGI1MjEwZGIxGTLL-b2oXjXAIRhWlo1zwUbAKgxUcsOqcyBQb250YXMYAiABKAI>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

IMBIL. **Bombas Centrífugas Itap**. Disponível em:

<<http://www.imbil.com.br/Imbil/Portugues/detProduto.php?codproduto=103>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2011. **Censo Demográfico 2010**.

Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/tres-pontas/panorama>>. Acesso em: 01 mai. 2018.

MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. **Consulta à Planilha Preço SETOP – Região Sul**. Disponível em:

<<http://www.transportes.mg.gov.br/component/gmg/page/2244-consulta-a-planilha-preco-setop-regiao-sul>>. Acesso em: 30 out. 2018.

NETTO, Azevedo. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). **Sistemas de tratamento de água**. 2006.

Disponível em: <https://www.saaeara.com.br/arquivos/outros/Tratamento_de_Agua.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2018.

Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). **Taxas e Tarifas**. Disponível em:

<http://www.saaetpo.mg.gov.br/downloads/categoria/tarifa-de-servicos/12>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

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

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 03 – Previsão de consumo de água não potável. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2009a. Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2003.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 05 – Coeficiente de runoff. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2009b. Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2005.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva 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>. Acesso em: 18 abr. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva 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%2000-%20Introdu%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva 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>. Acesso em: 08 abr. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 22 – Métodos de avaliações de sistema de aproveitamento de água de chuva. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2010d. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo22.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 01 – Conceito de aproveitamento de água de chuva. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2011a. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo01.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2018.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva 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>. Acesso em: 10 abr. 2018.

Uniform Plumbing Code. Disponível em: <<http://www.iapmo.org/pages/default.aspx>>. Acesso em: 15 jun. 2018.


Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Manual**. 1997. Disponível em: <<http://arquivo.uvf.br/ctq/terrace/Menu2.html>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH)**. Softwares: Plúvio 2.1. Disponível em: <<http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>. Acesso em: 12 out. 2018.

ANEXO A – Projeto arquitetônico

ANEXO B – Consumo de água potável na edificação

03/06/2018 Atendimento On-Line - Serviço Autônomo de Água e Esgoto



SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO

AV. IPIRANGA, 981
 CNPJ: 25.269.069/0001-46
 TRÊS PONTAS. - MG

Id certificação digital: 5961.8543.4660.5852.8380-3 | 03/06/2018 12:43:40

Listagem das últimas leituras

Nome: ANA PAULA ARAÚJO PONTES MIRANDA ME

Endereço da ligação: R. 01, 360 - INDUSTRIAL - TRÊS PONTAS/MG

Código de ligação: 19214-6 Mapa cadastral: D - 07 - 1126

DATA	LEITURA	OCORRÊNCIA	CONSUMO
19/04/2018	00000715	0	36 m3
19/03/2018	00000679	0	41 m3
19/02/2018	00000638	33	88 m3
19/01/2018	00000550	0	49 m3
20/12/2017	00000501	0	46 m3
20/11/2017	00000455	0	35 m3
20/10/2017	00000420	33	52 m3
19/09/2017	00000368	0	10 m3
19/08/2017	00000358	0	23 m3
19/07/2017	00000335	0	30 m3
21/06/2017	00000305	0	27 m3
18/05/2017	00000278	0	22 m3
20/04/2017	00000256	0	32 m3
CONSUMO MÉDIO =>			49 m3

Fonte: SAAE (2018).

ANEXO C – Perdas de carga localizadas – sua equivalência em metros de tubulação de PVC rígido ou cobre

Diâmetro nominal	DN (mm)	Ref. (pé)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem direta	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída lateral	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canaliz.	Válvula de pé e crivo	Válvula retenção		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
												leve	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	9,3	9,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	43,3	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	55,7	1,2	28,9

Fonte: Creder (2011).

APÊNDICE A – Projeto técnico

APÊNDICE B – Peças para cálculo de comprimento equivalente

Perdas de cargas localizadas por peça utilizada						
Componente	Trecho	Diâmetro (mm)	Peças	Qtd.	L equivalente unit. (m)	L equivalente total (m)
Coluna	1	50	Entrada normal	1	1,50	1,50
			Registro de gaveta aberto	1	0,80	0,80
L equivalente total (m)						2,30
Barrilete	1	50	Curva 90°	1	1,30	1,30
L equivalente total (m)						1,30
Barrilete	2	25	Tê 90° saída bilateral	1	3,10	3,10
			Curva 90°	3	0,60	1,80
			Registro de gaveta aberto	1	0,30	0,30
L equivalente total (m)						5,20
Ramal	2.3	25	Tê 90° saída de lado	1	3,10	3,10
L equivalente total (m)						3,10
Ramal	2.2	25	Curva 90°	4	0,60	2,40
L equivalente total (m)						2,40
Ramal	2.1	25	Tê 90° saída de lado	1	3,10	3,10
L equivalente total (m)						3,10
Sub-ramal	1	25	Tê 90° saída de lado	1	3,10	3,10
			Curva 90°	1	0,60	0,60
			Joelho 90°	1	1,50	1,50
L equivalente total (m)						5,20
Barrilete	3	75	Tê 90° saída bilateral	1	8,00	8,00
L equivalente total (m)						8,00
Ramal	3.8	75	Tê 90° saída de lado	1	8,00	8,00
			Curva 90°	3	1,50	4,50
L equivalente total (m)						12,50
Ramal	3.7	75	Tê 90° saída de lado	1	8,00	8,00
			Registro de gaveta aberto	1	0,90	0,90
L equivalente total (m)						8,90
Sub-ramal	5	75	Tê 90° saída de lado	1	8,00	8,00
			Curva 90°	1	1,50	1,50
			Joelho 90°	2	3,90	7,80
L equivalente total (m)						17,30
Ramal	3.6	75	Tê 90° saída de lado	1	8,00	8,00
			Registro de gaveta aberto	1	0,90	0,90
L equivalente total (m)						8,90
Ramal	3.5	75	Tê 90° saída de lado	1	8,00	8,00
L equivalente total (m)						8,00
Sub-ramal	4	75	Tê 90° saída de lado	1	8,00	8,00
			Curva 90°	1	3,90	3,90
L equivalente total (m)						11,90

Continuação

Ramal	3.4	32	Tê 90° saída de lado	1	4,60	4,60
			Curva 90°	6	0,70	4,20
			Registro de gaveta aberto	1	0,40	0,40
L equivalente total (m)						9,20
Ramal	3.3	32	Tê 90° saída de lado	2	4,60	9,20
L equivalente total (m)						9,20
Ramal	3.2	32	Tê 90° saída de lado	1	4,60	4,60
L equivalente total (m)						4,60
Sub-ramal	3	32	Tê 90° saída de lado	1	4,60	4,60
			Curva 90°	1	0,70	0,70
			Joelho 90°	1	2,00	2,00
L equivalente total (m)						7,30
Ramal	3.1	32	Tê 90° saída de lado	1	4,60	4,60
			Curva 90°	1	0,70	0,70
L equivalente total (m)						5,30
Sub-ramal	2	32	Tê 90° saída de lado	2	4,60	9,20
			Curva 90°	1	0,70	0,70
			Joelho 90°	1	2,00	2,00
L equivalente total (m)						11,90

Fonte: a autora.