

CENTRO UNIVERSITÁRIO SUL DE MINAS - UNIS/MG

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

JOYCE DE SOUZA

**SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA AUDITÓRIO
SITUADO NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO SUL DE MINAS – MACHADO/MG**

VARGINHA

2017

JOYCE DE SOUZA

**SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA AUDITÓRIO
SITUADO NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO SUL DE MINAS – MACHADO/MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS – como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel sob orientação da professora Ivana Prado de Vasconcelos.

VARGINHA

2017

JOYCE DE SOUZA

**SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA AUDITÓRIO
SITUADO NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO SUL DE MINAS – MACHADO/MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do título de bacharel, pela Banca Examinadora formada pelos membros:

Aprovado em 04 / 12 / 2017

Prof. Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes

Eng. Luana Nogueira Matias

OBS.:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar sabedoria para cumprir cada etapa dessa jornada.

Agradeço aos meus pais, ao meu namorado e as minhas amigas por sempre estarem ao meu lado nos momentos difíceis e por me apoiarem nas minhas decisões.

Agradeço minha Orientadora Prof.^a Ivana Prado Vasconcelos por toda dedicação e por cada ensinamento no decorrer do presente trabalho.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento do projeto de aproveitamento de água pluvial para o auditório situado no Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais no município de Machado-MG. A princípio foram feitos levantamentos de dados como intensidade de chuva, demanda de água para fins não potáveis, volume de reservatório, entre outros. Por meio disso, foi estimado o volume de água de chuva aproveitável da cobertura do auditório, no qual não foi suficiente para suprir a demanda da edificação, inviabilizando o projeto por conta do volume de reservatório excessivo. Visando a economia do mesmo, foi acrescentada a área de cobertura do prédio das salas de aula e com isso todos os componentes dos sistemas tais como: reservatório inferior, reservatório superior, bomba, filtro, calhas, condutores verticais, condutores horizontais, barriletes, colunas de distribuições, ramais e sub-ramais foram calculados e projetados de acordo com as NBR10844 (ABNT, 1989), NBR12213 (ABNT, 1992), NBR15527 (ABNT, 2007) e NBR5626(ABNT, 1998), levando em consideração o sistema mais eficaz e econômico.

Palavras-chave: Água pluvial. Aproveitamento. Escassez. Racionalização. Captação.

ABSTRACT

The present work has the objective of developing the rainwater utilization project for the auditorium located at the Federal Institute of Science and Technology Education of the South of Minas Gerais in the municipality of Machado-MG. At the outset, data were collected, such as rainfall intensity, non-potable water demand, reservoir volume, among others. Thus, the volume of rainwater that could be used in the auditorium's coverage was estimated, in which it was not sufficient to supply the demand for the building, making the project unviable due to the volume of the reservoir. In order to economize it, the area of coverage of the building of the classrooms was added and with it all components of the systems such as: lower reservoir, upper reservoir, pump, filter, gutters, vertical conductors, horizontal conductors, kites, columns distribution, branch and sub-branch lines were calculated and projected in accordance with NBR10844 (ABNT, 1989), NBR12213 (ABNT, 1992), NBR15527 (ABNT, 2007) e NBR5626(ABNT, 1998), taking into account the most efficient and economical system.

Keywords: *Rainwater. Harnessing. Floods. Rationalization.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Auditório do Instituto Federal do Sul de Minas, campus Machado.	14
Figura 2 - Platibanda do auditório.	15
Figura 3 - Cobertura duas águas do auditório.	15
Figura 4 - Precipitação média mensal em Machado/MG.	17
Figura 5 - Corte no banheiro masculino (vasos sanitários).	19
Figura 6 - Corte no banheiro masculino (Mictórios).	20
Figura 7 - Corte no banheiro feminino (vasos sanitários).	20
Figura 8 - Corte nos banheiros para PNE.	21
Figura 9 - Corte nos banheiros para PNE nos camarins.	21
Figura 10 – Localização do prédio das salas de aula.	22
Figura 11 – Secção transversal da cobertura das salas de aula.	23
Figura 12– Infiltração no prédio das salas de aula.	23
Figura 13 - Secção transversal e longitudinal da calha de platibanda horizontal.	25
Figura 14 - Sistema com infiltração.	37
Figura 15 – Sistema alemão com Vórtex Wisy.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Precipitação média mensal em Machado/MG.	16
Tabela 2 – Volume de reservatório (Método de Rippl).....	17
Tabela 3 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (vazão em L/min).....	26
Tabela 4 - Condutores verticais- área máxima de contribuição em m^2	27
Tabela 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.).	27
Tabela 6 – Dimensionamento das calhas do prédio das salas de aula.	32
Tabela 7 – Dimensionamento das calhas do auditório.	32
Tabela 8 - Dimensionamento dos condutos verticais do prédio das salas de aula.	33
Tabela 9 – Dimensionamento dos condutos verticais do auditório.	33
Tabela 10 – Dimensionamento dos condutos horizontal do prédio das salas de aula.	34
Tabela 11 – Dimensionamento dos condutos horizontal do auditório.	34
Tabela 12 - Fator da fórmula de Bresse.....	39
Tabela 13 - Volume de reservatório (Método de Rippl).	42
Tabela 14 - Dimensionamento do sub-ramal.....	46
Tabela 15 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados.	47
Tabela 16 – Vazão limite de acordo com o diâmetro.	48
Tabela 17 - Pré-dimensionamento dos sub-ramais.....	48
Tabela 18 - Pré-dimensionamento dos ramais da edificação.	49
Tabela 19 - Pré-dimensionamento dos ramais da área externa.	50
Tabela 20 – Pré-dimensionamento das colunas de distribuição.	50
Tabela 21 – Pré-dimensionamento dos barriletes.....	52
Tabela 22 – Estimativa de custo.	55

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	13
2.1. Objetivo Geral	13
2.2. Objetivos Específicos	13
3. DIAGNÓSTICO	14
3.1. Descrição do local de implantação do sistema	14
3.2. Descrição da cobertura da edificação	15
3.3. Análise dos dados obtidos	16
3.4. Indicativo de solução	18
3.4.1. Reservatório e sistema elevatório	18
3.4.2. Calhas e condutores	19
3.4.3. Sistema pluvial predial.....	19
3.5. Acréscimo da área de cobertura	22
4. PROJETO DE INTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA PLUVIAL	24
4.1. Memorial descritivo	24
4.1.1. Área de contribuição	24
4.1.2. Calhas.....	24
4.1.3. Condutores verticais	26
4.1.4. Condutores horizontais	27
4.1.5. Escada hidráulica	28
4.2. Memorial de cálculo e/ou planilhas	28
4.2.1. Área de contribuição	28
4.2.2. Calha	31
4.2.3. Condutores verticais	32
4.2.4. Condutores horizontais	34
4.2.5. Escada hidráulica	35
4.3. Especificações de serviços	35
5. PROJETO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	37
5.1. Memorial descritivo	37
5.1.1. Sistema com Infiltração	37
5.1.2. Filtragem e autolimpeza.....	37

5.1.3.	Dimensionamento do reservatório inferior	38
5.1.4.	Sistema elevatório	39
5.1.4.1.	Dimensionamento da tubulação de recalque	39
5.1.4.2.	Perda de carga	40
5.1.4.2.1.	Perda de carga contínua.....	40
5.1.4.2.2.	Perda de carga localizada	40
5.1.4.3.	Altura manométrica.....	41
5.1.4.4.	Potencial e rendimento do conjunto elevatório	41
5.2.	Memorial de cálculo e/ou planilhas.....	42
5.2.1.	Dimensionamento do reservatório inferior	42
5.2.2.	Sistema elevatório	42
5.2.2.1.	Dimensionamento da tubulação de recalque	42
5.2.2.2.	Perda de carga	43
5.2.2.3.	Altura manométrica.....	44
5.2.2.4.	Potencial e rendimento do conjunto elevatório	44
5.2.2.5.	Localização do reservatório inferior e bomba.....	44
5.3.	Especificações de serviços e dos materiais.....	45
6.	PROJETO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA.....	46
6.1.	Memorial descritivo.....	46
6.1.1.	Método máximo possível.....	46
6.1.2.	Pré-dimensionamento do sub-ramal	46
6.1.3.	Pré-dimensionamento do ramal, coluna de distribuição e barrilete.....	47
6.1.4.	Análise da pressão	48
6.2.	Memorial de cálculo ou planilha	48
6.2.1.	Dimensionamento do reservatório superior.....	48
6.2.2.	Pré-dimensionamento do sub-ramal	48
6.2.3.	Pré-dimensionamento do ramal, coluna de distribuição e barrilete.....	49
6.2.4.	Análise da pressão	53
6.3.	Especificações de serviços e dos materiais.....	54
7.	QUANTITATIVO DE MATERIAL E ESTIMATIVA DE CUSTO.....	55
8.	ANALISE ECONOMICA X CUSTO DE EXECUÇÃO E SUSTENTABILIDADE	59
9.	CONCLUSÃO	60
	REFERÊNCIAS	61

ANEXO A – Perda de carga localizada (Lequiv.)	63
APÊNDICE 1 - Análise de pressão	64
APÊNDICE 2 - Desenhos	65

1. INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos hídricos tem se tornado uma preocupação mundial, a mesma ocorre por conta do crescimento desordenado da população e do consumo excessivo de água. Conseqüentemente este é o momento que os cidadãos devem tomar atitudes que preservam os recursos hídricos e reduz o consumo abundante de água potável, visando os direitos das gerações futuras.

Em virtude de um país mais sustentável, medidas como decretos e leis de aproveitamento de água pluvial e consumo racional da água potável tem se tornado frequente nos municípios brasileiros, já que o Brasil utiliza 40% da água tratada e encanada para fins não potáveis.

Contudo, o Brasil é um dos países que menos investe em aproveitamento de água pluvial, algo que deveria ser reconsiderado, visto que o incentivo financeiro para implantação desse tipo de sistema permite a redução considerável nas despesas com implantação de infraestrutura urbana. Diante disso, um dos objetivos deste trabalho é enfatizar que é primordial que os órgãos públicos passem a tomar atitudes para a implantação do aproveitamento de água pluvial em edificações públicas, trazendo assim uma nova cultura quando se trata deste assunto.

O presente trabalho foi realizado de acordo com as NBR10844 (ABNT, 1989), NBR12213 (ABNT, 1992), NBR15527 (ABNT, 2007) e NBR5626(ABNT, 1998), no qual foram estabelecidos parâmetros para que o sistema de aproveitamento de água pluvial fosse eficiente e econômico. Além disso, foram dimensionados todos os componentes do sistema, apresentando-se assim o projeto completo do mesmo. Também foi realizada uma análise econômica e sustentável, visando a redução de consumo e de gasto com água potável para o auditório do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Sul de Minas, situado em Machado-MG.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é desenvolver um projeto de aproveitamento de água pluvial para o auditório de Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, situado em Machado-MG.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar o local de estudo;
- Elaborar projeto de instalações prediais de água pluvial;
- Elaborar projeto de sistema de aproveitamento de água pluvial;
- Elaborar projeto de instalações prediais de água fria;
- Elaborar estimativa de custo;
- Fazer análise econômica da água x custo de execução e sustentabilidade;

3. DIAGNÓSTICO

3.1. Descrição do local de implantação do sistema

O sistema de aproveitamento de água pluvial foi proposto para o auditório (Figura 1) situado no Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais no campus de Machado. A edificação suporta cerca de 380 pessoas, no qual é composta por lanchonete, bilheteria, foyer, sala técnica, jardim, entre outros. A mesma possui aproximadamente 1.472,95 m² de área construída e está em fase de execução até o presente momento.

Figura 1 - Auditório do Instituto Federal do Sul de Minas, campus Machado.



Fonte: Autora, 2017.

Quanto à instituição de ensino onde localiza-se o auditório, esta possui cerca de 1540 alunos no curso presenciais e 90 professores. Ela é abastecida por meio de dois poços, onde são retirados 8 mil litros de água por hora. Com base nisso, considerando que a bomba trabalha 12 horas por dia, chegou-se em uma estimativa do valor da fatura de R\$11.709,3 se a concessionária SAAE fornecesse serviço de abastecimento para instituição.

3.2. Descrição da cobertura da edificação

Na parte da edificação onde estão a bilheteria, a lanchonete, os banheiros, o foyer e a sala técnica, a cobertura com platibanda é composta por estrutura metálica de uma água (Figura 2) em telha de aço zincado trapezoidal com espessura de 5 mm, inclinação de 9,85% e área de 217,12 m². A calha instalada na cobertura contém uma largura de 330 mm, altura de 180 mm, inclinação de 0,5% e três condutos verticais onde dois são de 100 mm e um de 40 mm.

Quanto à parte onde estão localizados o auditório e os camarins, a cobertura (Figura 3) será em estrutura metálica de duas águas com telha de aço zincado de espessura de 0,5 mm com tratamento acústico (telha + EPS + telha), inclinação de 9,85% e área de 690,26 m². A mesma ainda está em fase de execução até o presente momento e não possui calhas e condutos verticais de acordo com o projeto.

Figura 2 - Platibanda do auditório.



Fonte: Autora, 2017.

Figura 3 - Cobertura duas águas do auditório.



Fonte: Autora, 2017.

3.3. Análise dos dados obtidos

Por meio dos parâmetros relativos à localidade ($K = 3811,29$, $a = 0,207$, $b = 20,34$, $c = 1,075$) obtidos pelo programa plúvio, foi estipulada a intensidade média da chuva para a cidade de Machado/MG. Obteve-se uma intensidade de 164,69 mm/h para o tempo de retorno de 5 anos e tempo de concentração de 5 minutos.

A demanda foi estipulada para suprir as descargas dos vasos sanitários e irrigação de jardim. Considerando que o máximo que a edificação suporta é de 380 pessoas e sua área de irrigação é de 3.007 m², com frequência de uso do vaso sanitário de 2 vezes por pessoa (9 litros por descarga para sanitários com caixa acoplada) e irrigação 2 litros por m². Obteve-se uma demanda de 130,19 m³ por mês, de tal forma que o auditório será utilizado no máximo 3 vezes por semana (sexta, sábado e domingo) e a irrigação ocorrerá 2 vezes por semana.

A precipitação possui uma variação diária, mensal e anual, por conta disso, para proporcionar uma estimativa coerente foi utilizada série histórica de 20 anos. Por meio dos dados pluviométricos disponíveis na hidroweb obteve as precipitações médias mensais (Tabela 1) para a cidade de Machado/MG entre os anos de 1979 a 1998.

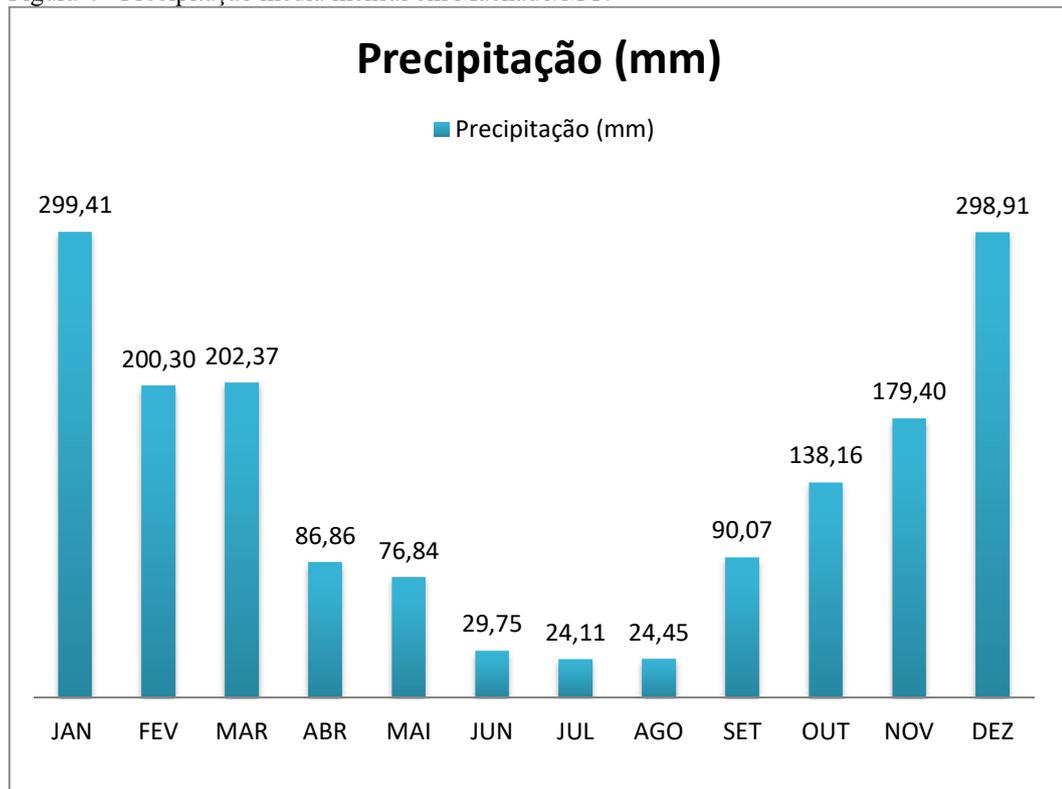
Tabela 1 – Precipitação média mensal em Machado/MG.

PRECIPITAÇÃO MÉDIA (mm)												
SÉRIE HISTÓRICA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1979-1998	299,41	200,30	202,37	86,86	76,84	29,75	24,11	24,45	90,07	138,16	179,40	298,91

Fonte: Hidroweb, 2017.

Com base na tabela 1, gerou-se o gráfico (Figura 4) que representa a variação da precipitação média obtida entre os anos de 1979 a 1998. Com isso é possível notar que os meses junho, julho e agosto contêm precipitação muito baixa, dificultando a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Figura 4 - Precipitação média mensal em Machado/MG.



Fonte: Autora, 2017.

Após definir todos os dados necessários foi possível determinar o volume de água de chuva aproveitável para a área de contribuição corresponde a 907,38 m³ e por meio do método de Rippl foi estimado o volume de reservatório para a mesma área de contribuição (Tabela 2).

Tabela 2 – Volume de reservatório (Método de Rippl).

Mês	Precipitação mensal (m)	Demanda (m ³)	Área de contribuição (m ²)	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva aproveitável (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda – vol. de chuva (m ³)
Janeiro	0,299	130,19	907,38	0,85	230,92	-100,73
Fevereiro	0,200	130,19	907,38	0,85	154,49	-24,30
Março	0,202	130,19	907,38	0,85	156,08	-25,89
Abril	0,087	130,19	907,38	0,85	66,99	63,20
Mai	0,077	130,19	907,38	0,85	59,26	70,93
Junho	0,030	130,19	907,38	0,85	22,94	107,25
Julho	0,024	130,19	907,38	0,85	18,59	111,60
Agosto	0,024	130,19	907,38	0,85	18,85	111,34

(Continua)

Setembro	0,090	130,19	907,38	0,85	69,47	60,72
Outubro	0,138	130,19	907,38	0,85	106,56	23,63
Novembro	0,185	130,19	907,38	0,85	142,45	-12,26
Dezembro	0,298	130,19	907,38	0,85	229,99	-99,80
Volume do reservatório						548,67 m ³

Fonte: Autora, 2017.

Após a estimativa do reservatório, foi determinado a pré locação da bomba e do reservatório inferior, no qual seu posicionamento foi baseado no levantamento topográfico do local. Com isso, foi estabelecido que o melhor local seria ao lado da varanda na lateral esquerda da edificação, pois assim seu escoamento até o reservatório inferior se dá por meio de gravidade.

3.4. Indicativo de solução

3.4.1. Reservatório e sistema elevatório

Ao observar a tabela 2 do item 2.3 nota-se que por causa da baixa precipitação nos meses de junho, julho e agosto o volume de reservatório é excessivo, inviabilizando economicamente o projeto. Apesar disso, existem meios que possibilitam a redução do volume de reservatório, tais como o acréscimo da área de captação de água pluvial ou a redução de demanda do auditório. A princípio não será reduzida a demanda do auditório, em primeiro momento será acrescentando a área de captação do prédio das salas de aula acima do auditório e caso o volume de reservatório ainda esteja alto será proposto outro meio para solucionar esta questão.

O reservatório inferior será locado ao lado da varanda na lateral esquerda do prédio e o reservatório superior será locado na cobertura com platibanda, enfatizando que não é a finalidade deste trabalho analisar a estrutura da edificação que será submetida ao peso do reservatório. Quanto ao sistema elevatório, o mesmo será indispensável, portanto será dimensionado e locado ao lado do reservatório inferior, levando em conta o sistema mais econômico e eficaz.

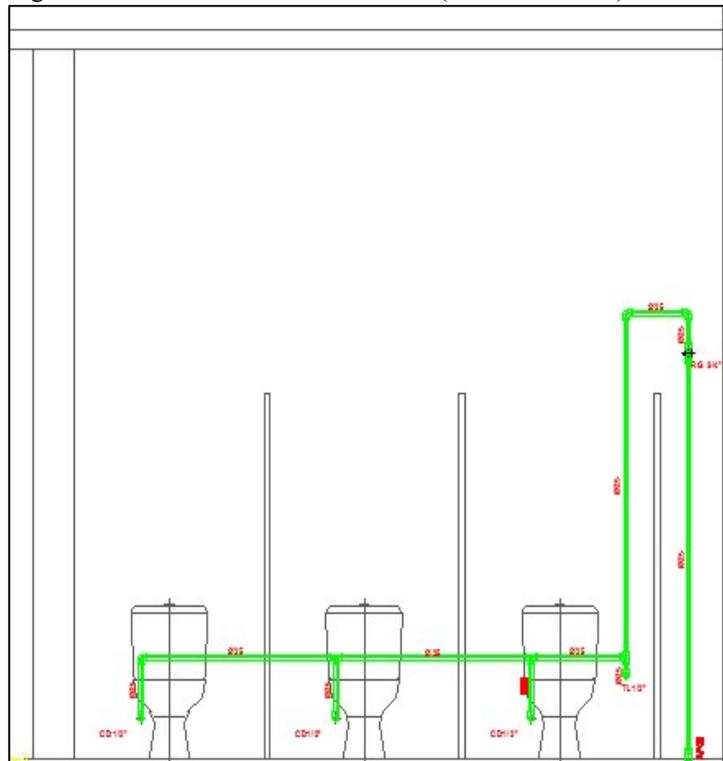
3.4.2. Calhas e condutores

Todo o sistema de coleta será dimensionado para garantir o melhor escoamento e com isso será indicado o melhor modelo de calhas, condutos verticais e condutos horizontais. A partir do sistema disponível na edificação será avaliado o possível aproveitamento das calhas e condutores.

3.4.3. Sistema pluvial predial

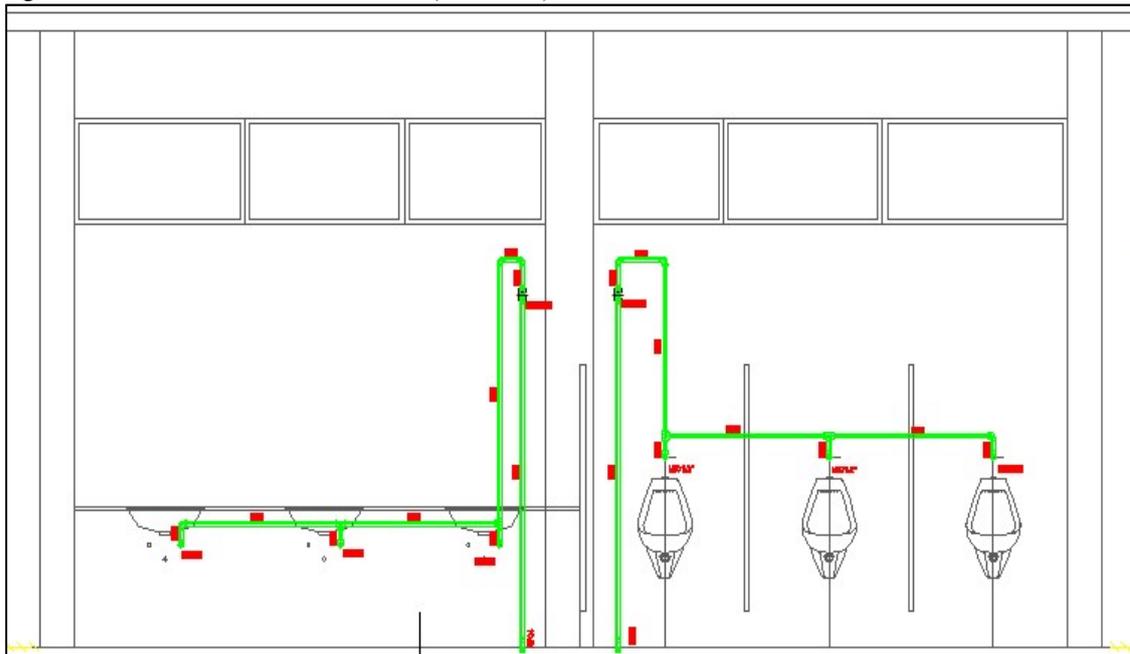
Para direcionar a água pluvial para as tubulações que abastecem as bacias sanitárias e mictórios dos banheiros, será necessário a implantação de uma nova coluna de distribuição onde será ligada no ramal existente. As figuras 5, 6 e 7 demonstram as tubulações existentes no local.

Figura 5 - Corte no banheiro masculino (vasos sanitários).



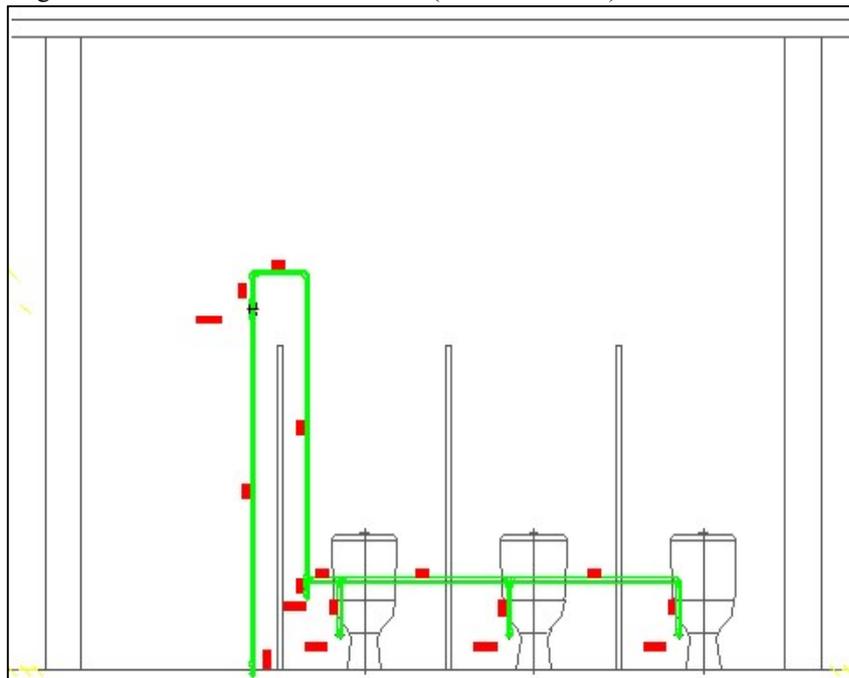
Fonte: Arquiteta Tatiane Wagner, 2014.

Figura 6 - Corte no banheiro masculino (Mictórios).



Fonte: Arquiteta Tatiane Wagner, 2014.

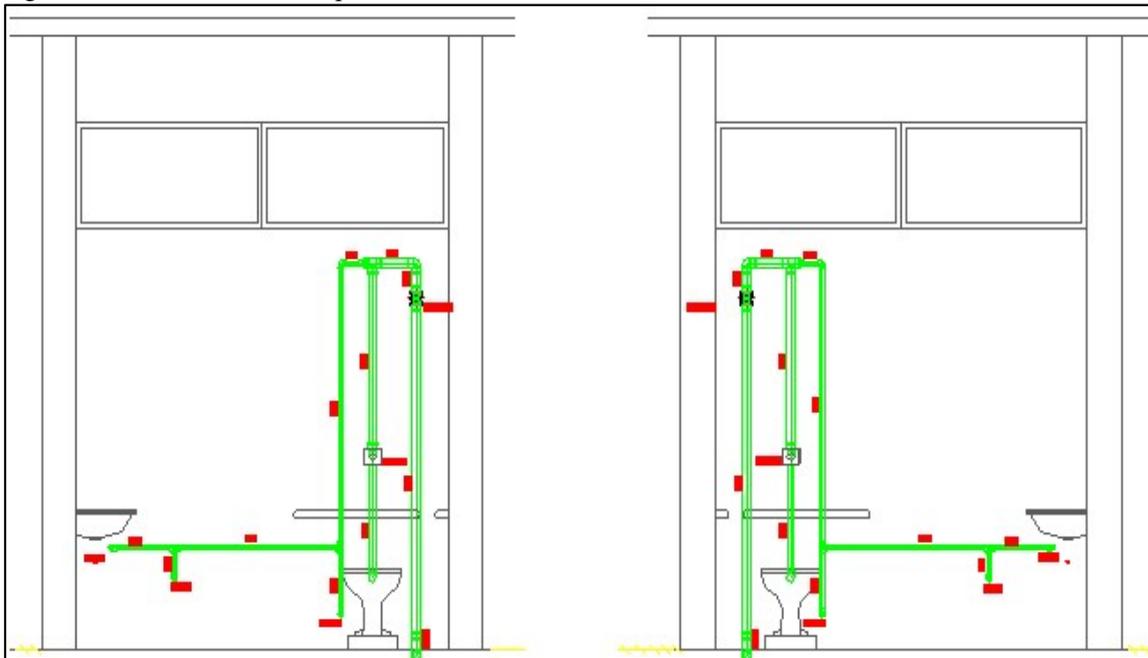
Figura 7 - Corte no banheiro feminino (vasos sanitários).



Fonte: Arquiteta Tatiane Wagner, 2014.

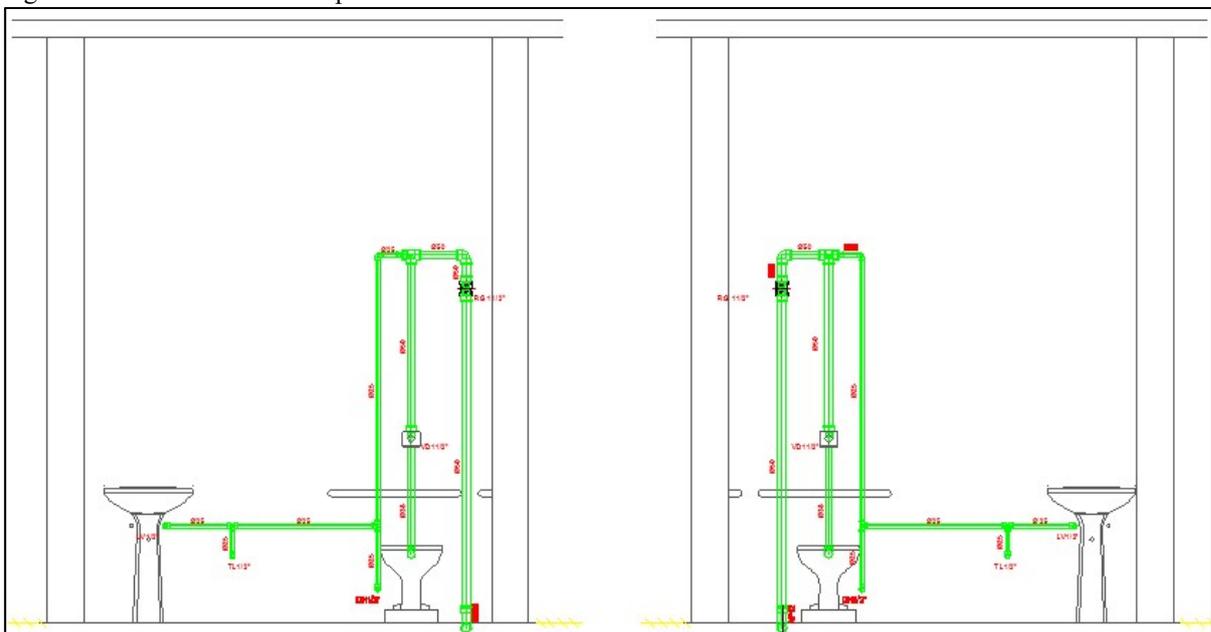
Quanto aos banheiros de PNE (Figura 8 e 9), a proposta é implantar uma coluna de distribuição para atender o vaso sanitário, direcionando as tubulações existentes de água potável apenas para a pia.

Figura 8 - Corte nos banheiros para PNE.



Fonte: Arquiteta Tatiane Wagner, 2014.

Figura 9 - Corte nos banheiros para PNE nos camarins.



Fonte: Arquiteta Tatiane Wagner, 2014.

Para as torneiras do jardim a proposta é a implantação de uma nova rede externa, já que a rede existente possui ramificação para ponto que utilizam água potável, como por exemplos as pias dos banheiros e da cozinha.

3.5. Acréscimo da área de cobertura

Conforme descrito anteriormente, a área de captação da água pluvial não foi suficiente para suprir a demanda do auditório. Sendo assim, o volume de reservatório foi abundante no qual ocasionou a inviabilidade do projeto. Com intuito de reduzir o volume de reservatório foi acrescentado á área de cobertura do prédio das salas de aula (prédio 67) conforme apresenta a figura 10.

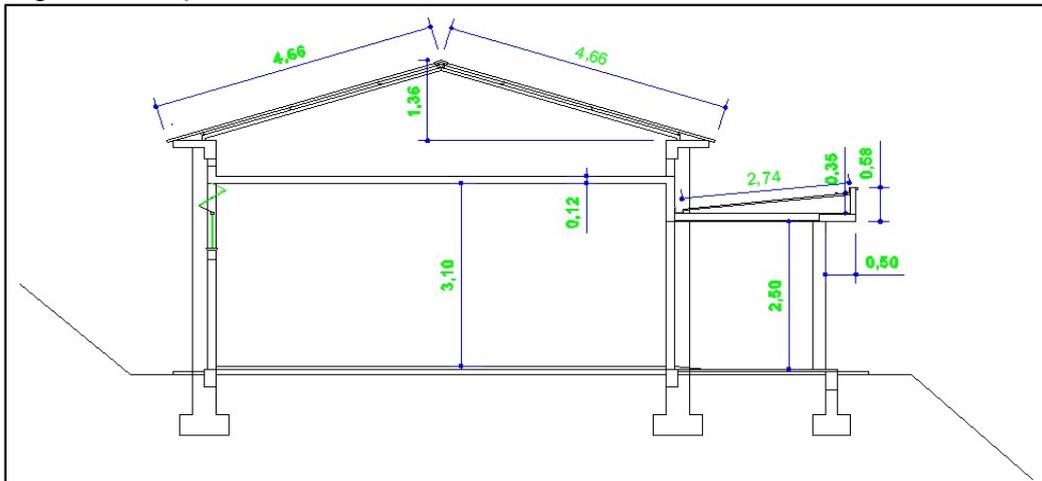
Figura 10 – Localização do prédio das salas de aula.



Fonte: Autora, 2017.

O prédio das salas de aula possui um comprimento de 90 metros e dois tipos de cobertura (Figura 11). Na edificação a cobertura é de telha cerâmica composta por duas águas com inclinação de 30,5% e área de 838,80 m². Na varanda a cobertura passa a ser de platibanda em telha de aço zincado, com inclinação de 13% e com área de 246,6 m². Apenas a platibanda possui calha, contudo a mesma está em péssimo estado e os condutores verticais estão posicionados na lateral da calha causando acúmulo de água e infiltração (Figura 12).

Figura 11 – Secção transversal da cobertura das salas de aula.



Fonte: Autora, 2017.

Figura 12– Infiltração no prédio das salas de aula.



Fonte: Autora, 2017.

Com base nos dados obtidos no Trabalho de Conclusão de Curso I, onde a demanda é de $130,19 \text{ m}^3$ por mês, o coeficiente de Runoff de 0,85 e a precipitação média de acordo com a tabela 01 conforme o item 3.3. Obteve-se o volume de reservatório de $114,85 \text{ m}^3$ (dimensionamento indicado no item 4.2.1) para a área de cobertura do auditório de $907,38 \text{ m}^2$ e do prédio das salas de aula de $1085,4 \text{ m}^2$.

4. PROJETO DE INTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA PLUVIAL

4.1. Memorial descritivo

4.1.1. Área de contribuição

A área de contribuição foi definida por meio da equação 1 para as coberturas e equação 2 para as platibandas, no qual a NBR10844 (ABNT, 1989) especifica que “devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também deve ser drenada pela cobertura”.

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b - \text{Equação 1}$$

$$A = \frac{a \times b}{2} - \text{Equação 2}$$

4.1.2. Calhas

A vazão que as calhas devem suportar foi estipulada por meio da fórmula racional (Equação 3), indicada por Tomaz (2003) para o dimensionamento de calhas e condutores.

$$Q = \frac{I \times A}{60} - \text{Equação 3}$$

Onde:

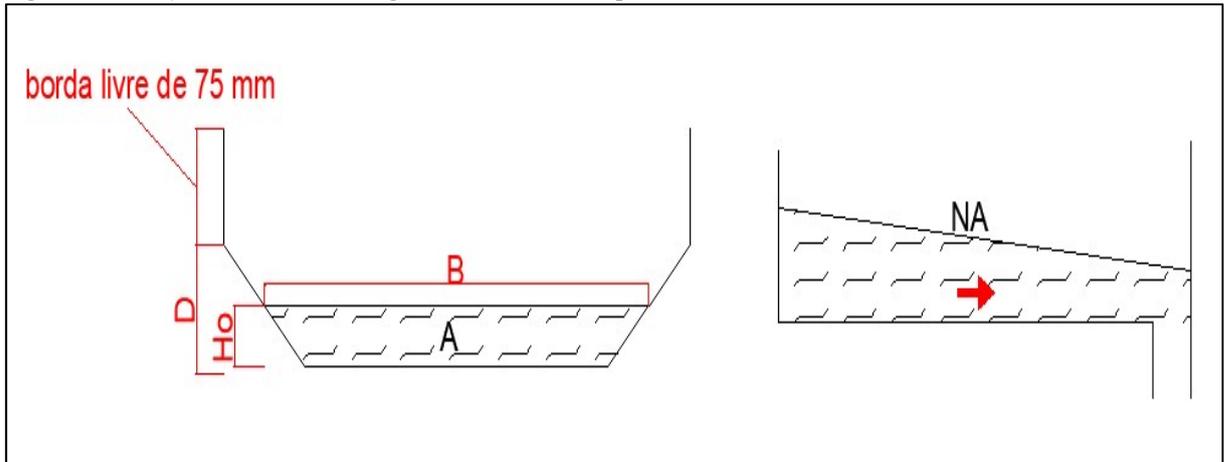
Q - Vazão do projeto (L/min);

I - Intensidade pluviométrica (mm/h);

A - Área de contribuição (m²);

Levando em conta que a calha do telhado em platibanda do auditório já foi instalada, serão utilizadas as equações 4 e equação 5 indicada por Tomaz (2003, apud Dantas, 1989) para estabelecer a capacidade de escoamento da calha de platibanda. As calhas de platibanda (Figura 13) geralmente são planas e devem possuir uma largura mínima de 300 mm para favorecer a manutenção do sistema.

Figura 13 - Secção transversal e longitudinal da calha de platibanda horizontal.



Fonte: Tomaz, 2003 - Adaptada pela autora.

$$Q = 0,0058 \left(\frac{A^3}{B} \right)^{0,5} - \text{Equação 4}$$

$$H_o = 31,5 \times \frac{Q^{0,67}}{B} - \text{Equação 5}$$

Onde:

Q - Vazão de pico (L/min);

A - Área da seção molhada da calha (mm²);

B - Largura da lamina da água da seção molhada (mm);

Ho - Altura da seção molhada (mm);

Para as calhas que ainda serão instaladas, foi utilizada a tabela 3 para determinar a capacidade das calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade igual 0,011.

Tabela 3 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (vazão em L/min).

Diâmetro interno (mm)	Declividade		
	0,50%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: ABNT, 1989.

4.1.3. Condutores verticais

Tomaz (2003, apud Dantas, 1989), indica a equação 6 e equação 7 para o dimensionamento de condutores verticais de calhas planas. Pois quando esse tipo de sistema é aplicado em platibanda com baixa inclinação, é necessário que o conduto vertical tenha um diâmetro maior.

$$Q = 0,0116 \times D \times H^{1,5} \quad \text{para } \frac{H}{D} < \frac{1}{3} - \text{Equação 6}$$

$$Q = 0,0039 \times D^2 \times H^{1,5} \quad \text{para } \frac{H}{D} > \frac{1}{3} - \text{Equação 7}$$

Onde:

Q - Capacidade de descarga do condutor vertical junto à calha (L/min);

D - Diâmetro do coletor junto à calha (mm);

H - Altura da lâmina d'água na entrada do condutor (mm);

“Quando $H/d < 1/3$ a entrada do condutor funcionará como uma represa e no segundo caso quando $H/d > 1/3$ a entrada do condutor funcionará como um orifício” (TOMAZ, 2003).

O diâmetro mínimo para condutores verticais é de 70 mm, para os demais condutores verticais a serem dimensionados a NBR 10844 (ABNT, 1989) permite a utilização da tabela 4 que possibilita um pré-dimensionamento de condutores com seções circulares.

Tabela 4 - Condutores verticais- área máxima de contribuição em m².

Diâmetro (mm)	Veloc. máxima (m/s)	Vazão máxima (L/min)	Intensidade em mm/h e L/min x m ²							
			100	125	150	175	200	225	250	275
			1,67	2,08	2,5	2,92	3,33	3,75	4,17	4,58
75	1,28	339,6	203,4	163,3	135,8	116,3	102	90,6	81,4	74,1
100	1,5	706,9	423,3	340	228,8	242,1	212,3	188,5	169,5	154,3
125	1,81	1332,7	798	640,7	566,1	456,4	400,2	355,4	319,6	291
150	1,97	2088,8	1251	1004	835,5	715,3	627,3	557	500,9	456,1
200	2,38	4486,2	2686	2157	1795	1536	1347	1196	1076	979,5
250	2,75	8099,4	4850	3894	3240	2774	2432	2160	1942	1768

Fonte: Netto, 1998.

4.1.4. Condutores horizontais

O diâmetro dos condutores horizontais é definido a partir da tabela a seguir (Tabela 5).

Tabela 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.).

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

Fonte: ABNT, 1989.

4.1.5. Escada hidráulica

O DNIT (2006, apud Tomaz, 2011) indica a utilização das fórmulas empíricas (Equação 8 e Equação 9) para calcular escadas hidráulicas, as quais produzem resultados satisfatórios para obras de pequeno porte.

$$Q = 2,07 \times L^{0,9} \times H^{1,6} - \text{Equação 8}$$

$$H = \left[\frac{Q}{2,07 \times L^{0,9}} \right]^{1/16} - \text{Equação 9}$$

Sendo:

Q= vazão de pico da água pluvial que entra na escada hidráulica (m³/s)

L= largura do degrau (m)

H= altura média das paredes laterais da descida (m)

Segundo Tomaz (2011) não existe recomendação para a largura da escada hidráulica, contudo é estimada a largura mínima (Equação 10) de acordo com o diâmetro do conduto horizontal que a abastece.

$$B \geq 2 \times D - \text{Equação 10}$$

Sendo:

B= largura da escada hidráulica e largura do canal no início da escada (m)

D= diâmetro do tubo (m)

4.2. Memorial de cálculo e/ou planilhas

4.2.1. Área de contribuição

- Prédio salas de aula

$$A_{CV1} = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b + \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2}$$

$$A_{CV1} = \left(4,45 + \frac{1,36}{2}\right) \times 23 + \left(2,7 + \frac{0,35}{2}\right) \times 23 + \frac{0,35 \times 23}{2} + \frac{0,1 \times 23}{2} + \frac{0,225 \times 2,7}{2} = 189,59 m^2$$

$$A_{CV2} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

$$A_{CV2} = \left(4,45 + \frac{1,36}{2}\right) \times 23 = 117,99$$

$$A_{CV3} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2}$$

$$A_{CV3} = \left(4,45 + \frac{1,36}{2}\right) \times 21,2 + \left(2,7 + \frac{0,35}{2}\right) \times 21,2 + \frac{0,35 \times 21,2}{2} + \frac{0,1 \times 21,2}{2} = 174,48 m^2$$

$$A_{CV4} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

$$A_{CV4} = \left(4,45 + \frac{1,36}{2}\right) \times 21,2 = 108,76 m^2$$

$$A_{CV5} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2}$$

$$A_{CV5} = \left(4,45 + \frac{1,36}{2}\right) \times 23 + \left(2,7 + \frac{0,35}{2}\right) \times 23 + \frac{0,35 \times 23}{2} + \frac{0,1 \times 23}{2} = 189,29 m^2$$

$$A_{CV6} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

$$A_{CV6} = \left(4,45 + \frac{1,36}{2}\right) \times 23 = 117,99 m^2$$

$$A_{CV7} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2}$$

$$A_{CV7} = \left(4,45 + \frac{1,36}{2}\right) \times 22,8 + \left(2,7 + \frac{0,35}{2}\right) \times 22,8 + \frac{0,35 \times 22,8}{2} + \frac{0,1 \times 22,8}{2} + \frac{0,225 \times 2,7}{2} = 187,94 m^2$$

$$A_{CV8} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

$$A_{CV8} = \left(4,45 + \frac{1,36}{2}\right) \times 22,8 = 116,96 m^2$$

- Auditório

$$A_{CV1, CV2, CV3} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2}$$

$$A_{CV1, CV2, CV3} = \left(13,5 + \frac{1,33}{2}\right) \times 16 + \frac{1,15 \times 16}{2} + \frac{0,2 \times 16}{2} + \frac{0,65 \times 13,5}{2} + \frac{0,65 \times 13,5}{2} = 246,21 \text{ m}^2$$

$$A_{CV4} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \frac{a \times b}{2}$$

$$A_{CV4} = \left[\left(\frac{9,77 + 7,51}{2}\right) + \frac{0,85}{2}\right] \times 8,30 + \frac{1,10 \times 7,51}{2} = 79,37 \text{ m}^2$$

$$A_{CV5} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

$$A_{CV5} = \left[\left(\frac{9,77 + 12,2}{2}\right) + \frac{1,10}{2}\right] \times 8,30 = 95,74 \text{ m}^2$$

$$A_{CV6} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

$$A_{CV6} = \left(12,20 + \frac{1,20}{2}\right) \times 7,05 = 90,24 \text{ m}^2$$

$$A_{CV7} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2}$$

$$A_{CV7} = \left(12,2 + \frac{1,2}{2}\right) \times 7,05 + \left(5 + \frac{0,5}{2}\right) \times 0,8 + \frac{0,92 \times 12,2}{2} + \frac{1,25 \times 5}{2} = 103,17 \text{ m}^2$$

$$A_{CV8} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \frac{a \times b}{2}$$

$$A_{CV8} = \left[\left(\frac{9,77 + 7,51}{2}\right) + \frac{0,85}{2}\right] \times 8,30 + \frac{1,10 \times 7,51}{2} = 79,37 \text{ m}^2$$

$$A_{CV9} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

$$A_{CV9} = \left[\left(\frac{9,77 + 12,2}{2}\right) + \frac{1,10}{2}\right] \times 8,30 = 95,74 \text{ m}^2$$

$$A_{CV10} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

$$A_{CV10} = \left(12,20 + \frac{1,20}{2}\right) \times 7,05 = 90,24 \text{ m}^2$$

$$A_{CV11} = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b + \frac{a \times b}{2} + \frac{a \times b}{2}$$

$$A_{CV11} = \left(12,2 + \frac{1,2}{2}\right) \times 7,05 + \left(5 + \frac{0,5}{2}\right) \times 0,8 + \frac{0,92 \times 12,2}{2} + \frac{1,25 \times 5}{2} = 103,17 \text{ m}^2$$

4.2.2. Calha

A calha da cobertura em platibanda existente no auditório possui largura de 330 mm, altura de 180 mm e inclinação de 0,5%, com o cálculo a seguir pode-se observar que a calha instalada no local suporta uma vazão de até 2059,33 L/min e a vazão fornecida pelo telhado e de 675,81 L/min, portanto não será necessária a substituição da mesma.

Obs: Foi considerada uma margem de segurança de 75 mm na altura. A profundidade na calha horizontal é variável, no local onde está o coletor vertical será H_o e no ponto mais distante será $2xH_o$.

$$Q_{\text{projeto C1}} = \frac{164,69 \times 246,21}{60} = 675,81 \text{ L/min}$$

$$Q_{\text{suportada}} = 0,0058 \left(\frac{330 \times 105^3}{330}\right)^{0,5} = 2059,33 \text{ L/min}$$

$$H_o = 31,5 \times \frac{675,81^{0,67}}{330} = 51 \text{ mm}$$

$$H_{\text{calha}} = 2 \times 51 \text{ mm} + 75 \text{ mm} = 177 \text{ mm}$$

$$177 \text{ mm} < 180 \text{ mm} \text{ OK!}$$

Os dimensionamentos das calhas do prédio das salas de aula estão especificados na tabela 6 e das calhas do auditório na tabela 7. Vide o apêndice 2, projeto de instalações prediais de água pluvial (Folha 01/03), para melhor compreensão.

Tabela 6 – Dimensionamento das calhas do prédio das salas de aula.

Calha	Área (m ²)	Intensidade (mm/h)	Vazão (l/min)	φ (mm)	i (%)
C1	189,59	164,69	520,39	150	1%
C2	117,99	164,69	323,86	125	1%
C3	174,48	164,69	478,92	150	1%
C4	108,76	164,69	298,53	125	1%
C5	189,29	164,69	519,57	150	1%
C6	117,99	164,69	323,86	125	1%
C7	187,94	164,69	515,86	150	1%
C8	116,96	164,69	321,04	125	1%

Fonte: Autora, 2017.

Tabela 7 – Dimensionamento das calhas do auditório.

Calha	Área (m ²)	Intensidade (mm/h)	Vazão (l/min)	φ (mm)	i (%)
C2	79,37	164,69	217,86	125	0,5%
C3	95,74	164,69	262,79	125	1%
C4	90,24	164,69	247,69	125	1%
C5	103,17	164,69	283,18	125	1%
C6	79,37	164,69	217,86	125	0,5%
C7	95,74	164,69	262,79	125	1%
C8	90,24	164,69	247,69	125	1%
C9	103,17	164,69	283,18	125	1%

Fonte: Autora, 2017.

4.2.3. Condutores verticais

Os condutores verticais da calha instalada na platibanda do auditório possuem as seguintes dimensões: CV1 = 100mm, CV2 = 100mm e CV3 = 40mm. Com base nisso, estabelecendo que os condutos existentes funcionem como um orifício $H/D > 1/3$, chegou-se em um diâmetro mínimo de 150 mm. Como a calha possui apenas uma saída de água a implantação dos dois condutores verticais de 100 mm possibilita o escoamento contínuo por apenas um condutor caso o outro esteja obstruído, portanto não foi necessário substituir os condutores verticais existente na calha de platibanda.

$$Q = 0,0039 \times D^2 \times H^{1,5}$$

$$675,81 = 0,0039 \times D^2 \times (0,5 \times D)^{1,5}$$

$$D = 143 \text{ mm} \cong 150 \text{ mm}$$

$$\frac{H_0}{D} = \frac{51}{150} = 0,34 > \frac{1}{3} \text{ OK!}$$

Os dimensionamentos dos condutos verticais do prédio das salas de aula estão especificados na tabela 8 e dos condutos verticais do auditório na tabela 9. Vide o apêndice 2, projeto de instalações prediais de água pluvial (Folha 01/03), para melhor compreensão.

Tabela 8 - Dimensionamento dos condutos verticais do prédio das salas de aula.

Conduto vertical	Área (m ²)	Intensidade (mm/h)	Vazão (l/min)	φ (mm)
CV1	189,59	164,69	520,39	100
CV2	117,99	164,69	323,86	75
CV3	174,48	164,69	478,92	100
CV4	108,76	164,69	298,53	75
CV5	189,29	164,69	519,57	100
CV6	117,99	164,69	323,86	75
CV7	187,94	164,69	515,86	100
CV8	116,96	164,69	321,04	75

Fonte: Autora, 2017.

Tabela 9 – Dimensionamento dos condutos verticais do auditório.

Conduto vertical	Área (m ²)	Intensidade (mm/h)	Vazão (l/min)	φ (mm)
CV4	79,37	164,69	217,86	75
CV5	95,74	164,69	262,79	75
CV6	90,24	164,69	247,69	75
CV7	103,17	164,69	283,18	75
CV8	79,37	164,69	217,86	75
CV9	95,74	164,69	262,79	75
CV10	90,24	164,69	247,69	75
CV11	103,17	164,69	283,18	75

Fonte: Autora, 2017.

4.2.4. Condutores horizontais

Tabela 10 – Dimensionamento dos condutos horizontal do prédio das salas de aula.

Conduto horizontal	Vazão (l/min)	ϕ (mm)	i (%)
CH1	321,04	125	0,5%
CH2	943,43	200	0,5%
CH3	1267,29	200	0,5%
CH4	1267,29	200	0,5%
CH5	1267,29	200	0,5%
CH6	515,86	150	0,5%
CH7	1514,35	200	1%
CH8	3302,03	250	1%
CH9	3302,03	250	1%
CH10	3302,03	200	4%
CH11	3302,03	200	4%

Fonte: Autora, 2017.

Tabela 11 – Dimensionamento dos condutos horizontal do auditório.

Conduto horizontal	Vazão (l/min)	ϕ (mm)	i (%)
CH12	893,66	125	4,0%
CH13	893,66	125	4,0%
CH14	893,66	125	4,0%
CH15	893,66	125	4,0%
CH16	1404,15	250	0,5%
CH17	1687,33	250	0,5%
CH18	1687,33	250	0,5%
CH19	1687,33	250	0,5%
CH20	1970,52	250	0,5%
CH21	217,86	75	4%
CH22	217,86	75	4%
CH23	217,86	75	4%
CH24	217,86	75	4%
CH25	2698,86	300	0,5%
CH26	2698,86	300	0,5%
CH27	6000,89	300	2%

Fonte: Autora, 2017.

Vide o apêndice 2, projeto de instalações prediais de água pluvial (Folha 02/03), no qual indica os condutores horizontais do prédio das salas de aula e do auditório. A declividade do terreno nos condutos horizontais (CH10, CH11, CH12, CH13, CH14, CH15, CH21, CH22, CH23 e CH24) é de 23,3%, contudo os condutos horizontais serão executados com inclinação

de 4%, vide o apêndice 2, projeto de instalações prediais de água pluvial (Folha 03/03), para melhor compreensão.

4.2.5. Escada hidráulica

Foi adotada a largura do degrau de 0,45m para o dimensionamento da escada hidráulica e o diâmetro do conduto horizontal que abastece a escada é de 250 mm. Vide o apêndice 2, projeto de instalações prediais de água pluvial (Folha 03/03).

$$Q = 2,07 \times L^{0,9} \times H^{1,6}$$

$$H = \left[\frac{0,1}{2,07 \times 0,45^{0,9}} \right]^{1/1,6} = 0,235 \text{ m} \cong 0,25 \text{ m}$$

$$B \geq 2 \times 0,25 = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Desnível} = 101 - 96 = 5 \text{ m}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de degraus} = 5\text{m}/0,25\text{m} = 20 \text{ degraus}$$

$$\text{Comprimento da escada} = 20 \times 0,45 = 9 \text{ m}$$

$$\text{Largura da escada} = 0,5 \text{ m}$$

4.3. Especificações de serviços

- As calhas de beiral e platibanda devem ser fixadas centralmente sob a extremidade da cobertura.
- Para a projeção dos condutores verticais deve ser utilizado, se possível, apenas uma prumada.

- Caso seja necessário o desvio dos condutores verticais devem ser instalados curvas de 90° ou curva de 45° e peça de inspeção.
- A instalação das calhas, condutores verticais e condutores horizontais devem seguir o dimensionamento fornecido no memorial de cálculo e os desenhos (projeto de instalações prediais de água pluvial), a alteração do diâmetro e da inclinação afeta o escoamento da água causando danos na edificação.
- Todos os condutores horizontais serão enterrados para evitar danos na tubulação.

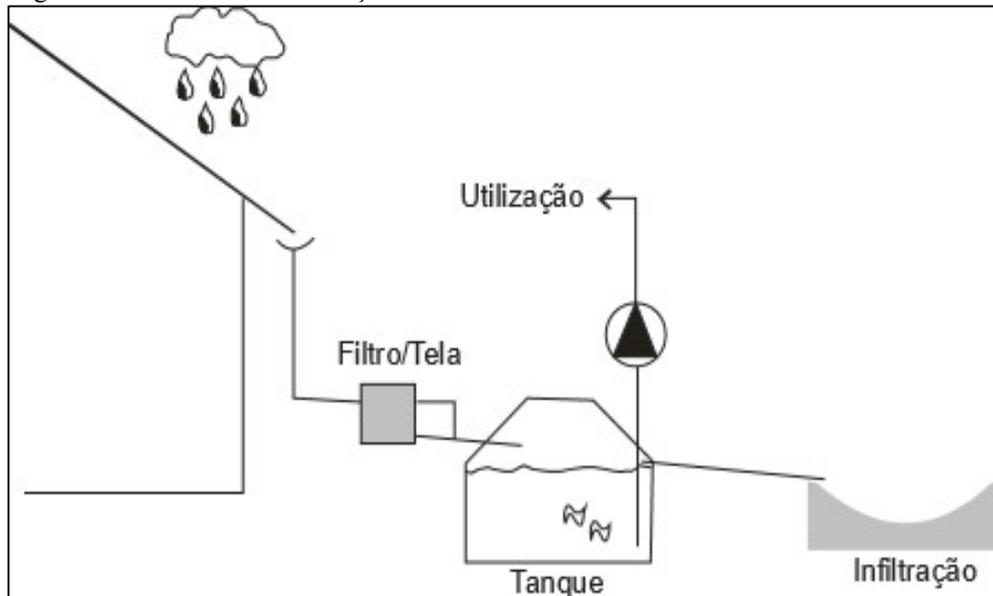
5. PROJETO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

5.1. Memorial descritivo

5.1.1. Sistema com Infiltração

O sistema implantado no auditório será com infiltração (Figura 14), pois com a aplicação do mesmo o excesso de fluxo da água será conduzido para um determinado local onde ocorrerá a infiltração. Este sistema possibilita a recuperação do balanço hídrico de acordo com Goldenfum (2015).

Figura 14 - Sistema com infiltração.

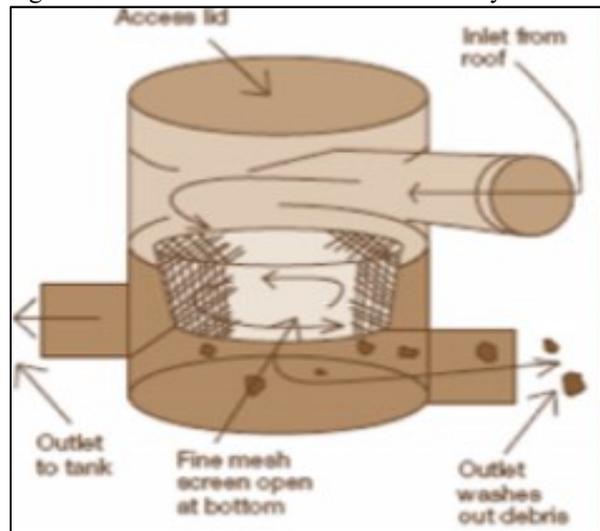


Fonte: Goldenfum, 2015.

5.1.2. Filtragem e autolimpeza

Será implantado neste projeto o filtro Vórtex da WISY WFF150 (Figura 15), no qual se conecta com a tubulação de drenagem horizontal, filtrando a água de chuva e transferindo-a para a cisterna. O mesmo suporta uma área de até 3000 m² de captação e cerca de 90% da água são filtradas com eficiência. Além disso, ele filtra partículas de até 0,28 mm e são fabricados em aço inox e carcaça de polipropileno.

Figura 15 – Sistema alemão com Vórtex Wisy.



Fonte: Tomaz, 2003.

5.1.3. Dimensionamento do reservatório inferior

O volume de reservatório foi determinado pelo método de Rippl (Equação 11, Equação 12 e Equação 13), onde podem ser utilizadas as séries históricas mensais ou diárias.

$$S(t) = D(t) - Q(t) - \text{Equação 11}$$

$$Q(t) = C \times P(t) \times A - \text{Equação 12}$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 - \text{Equação 13}$$

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

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;

A - Área de contribuição (m²);

P(t) - precipitação da chuva no tempo t (mm);

5.1.4. Sistema elevatório

5.1.4.1. Dimensionamento da tubulação de recalque

O diâmetro para recalque quando a o funcionamento contínuo do sistema elevatório, ou seja, 24 horas por dia é definido pela fórmula (Equação 14) a seguir:

$$D_r = K \times \sqrt{Q} \text{ – Equação 14}$$

Onde:

D_r – Diâmetro de recalque (m)

Q – Vazão recalcada (m³/s)

K – Fator da fórmula de Bresse (Tabela 12)

Tabela 12 - Fator da fórmula de Bresse.

Valor de K	Velocidade (m/s)
0,75	2,26
0,8	1,99
0,85	1,76
0,9	1,57
1,0	1,27
1,1	1,05
1,2	0,88
1,3	0,75
1,4	0,65

Fonte: Costa, 2017.

Para funcionamento descontínuo, ou seja, funciona apenas parte do dia é necessário utilizar a seguinte fórmula (Equação 15):

$$D_r = 0,587 \times T^{1/4} \times \sqrt{Q} \text{ – Equação 15}$$

Onde:

D_r – Diâmetro de recalque (m)

Q – Vazão recalçada (m^3/s)

X – Tempo de funcionamento da bomba por dia.

5.1.4.2. Perda de carga

5.1.4.2.1. Perda de carga contínua

$$J = \frac{\Delta h'}{L} - \text{Equação 16}$$

Onde:

$\Delta h'$ - Perda de carga contínua (m)

J – Perda de carga unitária (m/m)

L – Comprimento do conduto (m)

$$J = \frac{10,64}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} - \text{Equação 17}$$

Onde:

J - Perda de carga unitária (m/m)

D - Diâmetro do conduto (m)

C – Coeficiente de perda de carga da fórmula de Hazen-Williams

5.1.4.2.2. Perda de carga localizada

A perda de carga localizada nas conexões da tubulação será estabelecida através da tabela (Anexo A) do autor Azevedo Netto.

5.1.4.3. Altura manométrica

A altura manométrica será dada através da fórmula de Bernoulli (Equação 18 e Equação 19) onde a mesma representa a energia absorvida no decorrer da tubulação até chegar na bomba.

$$Z1 x \frac{P1}{\gamma} x \frac{V^2}{2g} + Hm = Z2 x \frac{P2}{\gamma} x \frac{V^2}{2g} + \Delta h - \text{Equação 18}$$

$$\Delta h = \Delta hs + \Delta hr - \text{Equação 19}$$

Onde:

Hm – Altura manométrica (m)

Δh – Perda de carga total

Δhs – Perda de carga na sucção

Δhr – Perda de carga no recalque

γ - peso específico da água (1000 kgf/m³)

P – Energia cinética

Z – Altura geométrica

V – Velocidade

G – Energia gravitacional

5.1.4.4. Potencial e rendimento do conjunto elevatório

$$P = \frac{\gamma x Q x Hm}{75 x \eta} - \text{Equação 20}$$

Sendo:

P – Potência do conjunto motobomba (CV)

η - Rendimento do conjunto motobomba ($\eta = \eta_{bomba} x \eta_{motor}$)

γ - peso específico da água (1000 kgf/m³)

Q – Vazão bombeada (m³/s)

5.2. Memorial de cálculo e/ou planilhas

5.2.1. Dimensionamento do reservatório inferior

Tabela 13 - Volume de reservatório (Método de Rippl).

Mês	Precipitação mensal (m)	Demanda (m ³)	Área de contribuição (m ²)	Coefficiente de Runoff	Volume de chuva aproveitável (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda – vol. de chuva (m ³)
Janeiro	0,299	130,19	1992,78	0,85	507,15	-376,96
Fevereiro	0,200	130,19	1992,78	0,85	339,28	-209,09
Março	0,202	130,19	1992,78	0,85	342,78	-212,59
Abril	0,087	130,19	1992,78	0,85	147,13	-16,94
Maio	0,077	130,19	1992,78	0,85	130,15	0,04
Junho	0,030	130,19	1992,78	0,85	50,38	79,81
Julho	0,024	130,19	1992,78	0,85	40,83	89,36
Agosto	0,024	130,19	1992,78	0,85	41,41	88,78
Setembro	0,090	130,19	1992,78	0,85	152,57	-22,38
Outubro	0,138	130,19	1992,78	0,85	234,02	-103,83
Novembro	0,185	130,19	1992,78	0,85	312,86	-182,67
Dezembro	0,298	130,19	1992,78	0,85	505,10	-374,91
Volume do reservatório (m ³)						114,85

Fonte: Autora, 2017.

Dimensões do reservatório:

Largura: 6,00 m

Comprimento: 9,60 m

Profundidade: 2,00 m

5.2.2. Sistema elevatório

5.2.2.1. Dimensionamento da tubulação de recalque

O dimensionamento da tubulação de recalque será definido para a vazão de água de chuva fornecida pelo prédio das salas de aula e pelo auditório 6,51 m³/dia (0,000075 m³/seg).

A mesma terá o funcionamento contínuo, ou seja, com disponibilidade 24 horas por dia, desta forma adotou-se o fator de Bresse (K) de 1,4 por fornecer baixa velocidade na tubulação.

$$D_r = 1,4 \times \sqrt{0,000075} = 0,012\text{m}$$

$$\varnothing \text{ comercial} = 15\text{mm}$$

$$\text{Comprimento tubulação (m)} = 25,13 \text{ m}$$

5.2.2.2. Perda de carga

- Perda de carga contínua

$$J = \frac{10,64}{140^{1,85}} \times \frac{0,000075^{1,85}}{0,015^{4,87}} = 0,020$$

$$\Delta h' = 25,13 \times 0,020 = 0,51 \text{ m}$$

- Perda de carga localizada

Válvula de pé e crivo – 1 unidade

Entrada normal – 1 unidade

Saída de canalização – 1 unidade

Registro de gaveta aberto – 1 unidade

Joelho 45° – 2 unidades

Joelho 90° – 3 unidades

$$\Delta h = 8,1 + 0,3 + 0,8 + 0,1 + (2 \times 0,4) + (3 \times 1,1) = 13,40$$

5.2.2.3. Altura manométrica

$$Z1 \times \frac{P1}{\gamma} \times \frac{V^2}{2g} + Hm = Z2 \times \frac{P2}{\gamma} \times \frac{V^2}{2g} + \Delta h$$

$$Z1 + Hm = Z2 + \Delta h$$

$$Hm = Z2 - Z1 + \Delta h$$

$$Hm = 10,4 + 13,91 = 24,31 \text{ m}$$

5.2.2.4. Potencial e rendimento do conjunto elevatório

$$P = \frac{1000 \times 0,000075 \times 24,31}{75 \times 0,75} = 0,0324 \text{ CV}$$

5.2.2.5. Localização do reservatório inferior e bomba

A princípio o reservatório inferior e a bomba seriam locados ao lado da varanda na lateral esquerda do prédio, contudo para melhor desempenho do sistema e economia, este local foi alterado, vide o apêndice 2, projeto de instalações prediais de água pluvial (Folha 02/03). Pois assim, haverá a redução da tubulação de recalque e da altura manométrica no qual influenciam diretamente na potência da bomba.

A bomba a ser instalada para a elevação da água para o reservatório superior deverá conter as seguintes definições: Bomba Submersível Thebe TSP125, 125W, 60 Hz, 127 V e 2,3 A.

5.3. Especificações de serviços e dos materiais

- O reservatório deverá ser locado de acordo com o desenho (Projeto de instalações prediais de água pluvial) qualquer mudança nas suas dimensões afetará os cálculos apresentados no memorial descritivo.
- O reservatório será executado em alvenaria com emboço de espessura de 2 cm com impermeabilização.
- As tubulações e conectores serão em PVC, e deve ser instaladas de acordo com o projeto. O acréscimo de conectores e tubulações implica diretamente no cálculo de potência da bomba.
- A bomba será submersa e deverá conter uma distância mínima do início tubulação com o fundo do reservatório de $2,5 \times D$ para evitar vórtex, ou seja, 0,4 metros.
- A bomba deve atender as especificações de projeto, a redução de sua potência implica diretamente no desempenho da mesma, afetando o sistema de aproveitamento de água pluvial.

6. PROJETO DE INTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

6.1. Memorial descritivo

6.1.1. Método máximo possível

Este tipo de método possui uma demanda maior de água, isto ocorre por conta da utilização simultânea das peças hidrossanitárias, como acontece nas escolas, shoppings e indústrias (ABNT NBR 5626, 1998).

6.1.2. Pré-dimensionamento do sub-ramal

O diâmetro do sub-ramal será estabelecido por meio da tabela 14.

Tabela 14 - Dimensionamento do sub-ramal.

Aparelho sanitário	Diâmetro	
	Nominal (mm)	Referência (polegadas)
Aquecedor de baixa pressão	20	¾
Aquecedor de alta pressão	15	½
Vaso sanitário com caixa de descarga	15	½
Vaso sanitário com válvula de descarga	50	2
Banheira	15	½
Bebedouro	15	½
Bidê	15	½
Chuveiro	15	½
Filtro de pressão	15	½
Lavatório	15	½
Máquina de lavar roupa	20	¾
Máquina de lavar louça	20	¾
Mictório auto-aspirante	25	1
Mictório de descarga descontínua	15	½
Pia de despejo	20	¾
Pia de cozinha	15	½
Tanque de lavar roupa	20	¾
Torneira de jardim	20	¾

Fonte: Glerian, 2014.

6.1.3. Pré-dimensionamento do ramal, coluna de distribuição e barrilete

O pré-dimensionamento do ramal, coluna de distribuição e barrilete serão realizados conforme o anexo A da NBR 5626. O diâmetro para os ramais serão definidos por meio da tabela 16, de acordo com a vazão do mesmo.

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{\varepsilon P} - \text{Equação 21}$$

Onde:

Q – Vazão (l/s)

P – Peso relativo da peça (Tabela 15)

Tabela 15 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados.

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto (L/s)	Peso relativo	
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3	
		Válvula de descarga	1,7	32	
Banheira		Misturador (água fria)	0,3	1	
Bebedouro		Registro de pressão	0,1	0,1	
Bidé		Misturador (água fria)	0,1	0,1	
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,2	0,4	
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,1	0,1	
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,3	1	
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3	
Mictório cerâmico		com sifão integrado	Válvula de descarga	0,5	2,8
		sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga, registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3	
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7	
		Torneira elétrica	0,1	0,1	
Tanque		Torneira	0,25	0,7	
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,2	0,4	

Fonte: ABNT, 1998.

Tabela 16 – Vazão limite de acordo com o diâmetro.

Diâmetro		Vazão limite (l/s)	Velocidade (m/s)	
pol	Mm		Caso 1	Caso 2
1/2	15	0,2	1,6	1,71
3/4	20	0,55	1,93	1,98
1	25	1,1	2,21	2,21
1 1/4	30	2	2,5	2,5
1 1/2	40	3	2,73	2,8
2	50	5,9	3	3,13
2 1/2	60	8,5	3	3,43
3	75	13,26	3	3,83
4	100	23,55	3	4,43
5	125	36,78	3	4,95

Fonte: Netto, 2001.

6.1.4. Análise da pressão

A análise da pressão deve ser feita de acordo com a vazão mínima estabelecida para cada peça conforme a NBR5626 (ABNT, 1998).

6.2. Memorial de cálculo ou planilha

6.2.1. Dimensionamento do reservatório superior

A demanda para abastecer o auditório é de 130,19 m³ por mês, ou seja, 6,51 m³ por dia (considerando que 20 dias funcionamento da bomba), portanto o volume de reservatório deverá ser de 7000 litros. O mesmo deve ser posicionado a uma altura de 1,40 m para atender com eficiência todos os pontos de utilização.

6.2.2. Pré-dimensionamento do sub-ramal

Tabela 17 - Pré-dimensionamento dos sub-ramais.

Aparelho sanitário	Diâmetro
	Nominal (mm)
Vaso sanitário com caixa de descarga	15
Vaso sanitário com válvula de descarga	50
Torneira de jardim	20
Mictório auto-aspirante	25
Lavatório	15
Ducha higiênica	15
Torneira de lavagem	20

Fonte: Autora, 2017.

6.2.3. Pré-dimensionamento do ramal, coluna de distribuição e barrilete

Tabela 18 - Pré-dimensionamento dos ramais da edificação.

RAMAIS		
R 1.1 - 1 Lavatório + 1 torneira de lavagem		
Peso Lavatório		0,3
Peso torneira de lavagem		0,4
	$Q = 0,25 \text{ l/s}$	Diam. 20 mm
R 1.2 - 1 Lavatório + 1 torneira de lavagem		
Peso Lavatório		0,3
Peso torneira de lavagem		0,4
	$Q = 0,25 \text{ l/s}$	Diam. 20 mm
R 1.3 - Mictório + Mictório		
Peso Mictorio		5,6
	$Q = 0,71 \text{ l/s}$	Diam. 25 mm
R 1.4 - Mictório + Mictório + Mictório		
Peso Mictorio		8,4
	$Q = 0,87 \text{ l/s}$	Diam. 25 mm
R 1.5 - Vaso C. A. + Vaso C. A.		
Peso Vaso C. A.		0,6
	$Q = 0,23 \text{ l/s}$	Diam. 20 mm
R 1.6 - Vaso C. A. + Vaso C. A. + Vaso C. A.		
Peso Vaso C. A.		0,9
	$Q = 0,28 \text{ l/s}$	Diam. 20 mm
R 1.7 - Vaso C. A. + Vaso C. A.		
Peso Vaso C. A.		0,6
	$Q = 0,23 \text{ l/s}$	Diam. 20 mm
R 1.8 - Vaso C. A. + Vaso C. A. + Vaso C. A.		
Peso Vaso C. A.		0,9
	$Q = 0,28 \text{ l/s}$	Diam. 20 mm
R 1.9 - 1 Lavatório + 1 torneira de lavagem		
Peso Lavatório		0,3
Peso torneira de lavagem		0,4
	$Q = 0,25 \text{ l/s}$	Diam. 20 mm
R 1.10 - 1 Lavatório + 1 torneira de lavagem		
Peso Lavatório		0,3
Peso torneira de lavagem		0,4
	$Q = 0,25 \text{ l/s}$	Diam. 20 mm

Fonte: Autora, 2017.

Tabela 19 - Pré-dimensionamento dos ramais da área externa.

RAMAIS	
R 2.1 - 2 torneira de jardim	
Peso torneira de jardim	0,8
Q = 0,27 l/s	Diam. 20 mm
R 2.2 - 3 torneira de jardim	
Peso torneira de jardim	1,2
Q = 0,33 l/s	Diam. 20 mm
R 2.3 - 4 torneira de jardim	
Peso torneira de jardim	1,6
Q = 0,38 l/s	Diam. 20 mm
R 2.4 - 5 torneira de jardim	
Peso torneira de jardim	2,0
Q = 0,42 l/s	Diam. 20 mm
R 2.5 - 6 torneira de jardim	
Peso torneira de jardim	2,4
Q = 0,46 l/s	Diam. 20 mm
R 2.6 - 7 torneira de jardim	
Peso torneira de jardim	2,8
Q = 0,50 l/s	Diam. 20 mm

Fonte: Autora, 2017.

Tabela 20 – Pré-dimensionamento das colunas de distribuição.

COLUNA DE DISTRIBUIÇÃO	
AF 02 - R 1.1	
Peso R 1.1	0,7
Q (l/s)	0,25
D (m)	0,025
J REAL	0,0175
AF 03 - Vaso V. D.	
Peso Vaso V. D.	32
Q (l/s)	1,69
D (m)	0,05
J REAL	0,0184
AF 04 - Vaso V. D.	
Peso Vaso V. D.	32
Q (l/s)	1,69
D (m)	0,05
J REAL	0,0184
AF 05 - R 1.2	
Peso R 1.2	0,7
Q (l/s)	0,25
D (m)	0,025
J REAL	0,0175

(Continuação)

AF 07 - R 1.4	
Peso R 1.4	8,4
Q (l/s)	0,87
D (m)	0,025
J REAL	0,1552
AF 08 - R 1.6	
Peso R 1.6	0,9
Q (l/s)	0,28
D (m)	0,025
J REAL	0,0213
AF 10 - R 1.8	
Peso R 1.8	0,9
Q (l/s)	0,28
D (m)	0,025
J REAL	0,0213
AF 13 - Vaso V. D.	
Peso Vaso V. D.	32
Q (l/s)	1,69
D (m)	0,05
J REAL	0,0184
AF 14 - R 1.9	
Peso R 1.9	0,7
Q (l/s)	0,25
D (m)	0,025
J REAL	0,0175
AF 15 - Vaso V. D.	
Peso Vaso V. D.	32
Q (l/s)	1,69
D (m)	0,05
J REAL	0,0184
AF 16 - R 1.10	
Peso R 1.10	0,7
Q (l/s)	0,25
D (m)	0,025
J REAL	0,0175
AF 18 - R 2.5 + 1 Torneira de jardim	
Peso	2,8
Q (l/s)	0,51
D (m)	0,025
J REAL	0,0589

Fonte: Autora, 2017.

Tabela 21 – Pré-dimensionamento dos barriletes.

BARRILETE	
BAR 1.1 - AF 13	
Pesos	32
Q (l/s)	1,69
D (m)	0,05
J real	0,0184
BAR 1.2 - AF15	
Pesos	32
Q (l/s)	1,69
D (m)	0,05
J real	0,0184
BAR 1.3 - AF18	
Pesos	2,8
Q (l/s)	0,5
D (m)	0,025
J real	0,0589
BAR 1.4 - AF13 + AF18	
Pesos	34,8
Q (l/s)	1,77
D (m)	0,05
J real	0,0200
BAR 1.5 - AF13 + AF15 + AF18	
Pesos	66,8
Q (l/s)	2,45
D (m)	0,05
J real	0,0353
BAR 1.6 - AF10	
Pesos	0,9
Q (l/s)	0,28
D (m)	0,025
J real	0,0213
BAR 1.7 - AF03	
Pesos	32
Q (l/s)	1,69
D (m)	0,05
J real	0,0184
BAR 1.8 - AF08	
Pesos	0,9
Q (l/s)	0,28
D (m)	0,025
J real	0,0213

(Continuação)

BAR 1.9 - AF03 + AF08	
Pesos	32,9
Q (l/s)	1,72
D (m)	0,05
J real	0,0190
BAR 1.10 - AF03 + AF08 + AF10	
Pesos	33,8
Q (l/s)	1,74
D (m)	0,05
J real	0,0194
BAR 1.11 - AF04	
Pesos	32
Q (l/s)	1,69
D (m)	0,05
J real	0,0184
BAR 1.12 - AF07	
Pesos	8,4
Q (l/s)	0,87
D (m)	0,025
J real	0,1552
BAR 1.13 - AF04 + AF07	
Pesos	40,4
Q (l/s)	1,9
D (m)	0,05
J real	0,0226
BAR 1.14 - AF03 + AF04 + AF07 + AF08 + AF10	
Pesos	74,2
Q (l/s)	2,58
D (m)	0,05
J real	0,0387
BAR 1.15 - AF03 + AF04 + AF07 + AF08 + AF10 + AF13 + AF15 + AF18	
Pesos	141
Q (l/s)	3,56
D (m)	0,05
J real	0,0679

Fonte: Autora, 2017.

6.2.4. Análise da pressão

A análise da pressão, velocidade de escoamento e diâmetros adotados estão indicados no Apêndice 1. Como a altura do reservatório de água potável está a 12,70 m.c.a, não foi necessário à análise de pressão para os ramais abastecidos de água potável (1.1, 1.2, 1.9 e

1.10). Com isso, as dimensões das tubulações de água potável serão as mesmas apresentadas in loco e quanto as colunas de distribuições (AF02, AF05, AF14 e AF16) acrescentada para abastecer o lavatório, ducha higiênica e torneira de limpeza dos banheiros para portadores de necessidades especiais (masculino e feminino) e para os banheiros dos camarins (masculino e feminino) serão levado em consideração os diâmetros estabelecidos no pré-dimensionamento das colunas de distribuição (Tabela 20). Vide o apêndice 2, projeto de instalações prediais de água fria (Folhas 01/04, 02/04, 03/04 e 04/04), para melhor compreensão.

6.3. Especificações de serviços e dos materiais

- Os metais sanitários, quando fabricados em liga de cobre, empregados nas instalações prediais de água fria, devem obedecer às normas indicadas a seguir: registro de gaveta (NBR 10072), torneira de bóia (NBR 10137) e válvula de descarga (NBR 12904).
- Os tubos fabricados em cloreto de polivinila (PVC rígido), utilizados nas instalações prediais de água fria, devem obedecer às NBR 5648 e NBR 5680. As juntas podem ser feitas através de soldagem ou por rosqueamento.
- Os reservatórios domiciliares fabricados em fibrocimento (cimento-amianto) devem obedecer à NBR 5649.
- As instalações de água fria devem ser executadas de acordo com o projeto e NBR 5626/1998, a alteração dos componentes ou das dimensões do sistema implica diretamente no desempenho do mesmo.

7. QUANTITATIVO DE MATERIAL E ESTIMATIVA DE CUSTO

O custo da obra foi realizado por meio das tabelas de composição de custo e mão de obra da SINAPI (Outubro/2017) e SETOP (Março/2017), destacando que não é finalidade deste trabalho estabelecer a composição de custo de cada item, obtendo então apenas uma estimativa de custo.

Tabela 22 – Estimativa de custo.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT.	PR. UNIT.	PR. TOTAL
1	INTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA PLUVIAL				99.471,60
1.1	CALHA SEMICIRCULAR 125 MM	m	175,00	56,17	9829,75
1.2	CALHA SEMICIRCULAR 150 MM	m	90,00	59,36	5342,40
1.3	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, MARROM, DN 20MM	m	30,00	13,24	397,20
1.4	TUBO PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 40 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS.	m	4,00	12,79	51,16
1.5	TUBO PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 75 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS.	m	90,00	13,87	1248,30
1.6	TUBO PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS.	m	24,00	23,39	561,36
1.7	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO DN 75 MM, INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES	m	16,00	16,83	269,28
1.8	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO DN 125 MM, INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES	m	40,00	25,85	1034,00
1.9	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO DN 150 MM, INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES	m	24,00	51,27	1230,48
1.10	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO DN 200 MM, INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES	m	112,00	95,54	10700,48
1.11	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO DN 250 MM, INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES	m	112,00	135,77	15206,24
1.12	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO DN 300 MM, INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES	m	14,00	192,30	2692,20
1.13	CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 40MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	unid	1,00	12,85	12,85
1.14	CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 75MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	unid	13,00	47,46	616,98

(Continuação)

1.15	CURVA 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 100MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	unid	6,00	56,40	338,40
1.16	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS	m³	345,00	53,01	18288,45
1.17	REATERRO DE VALA COM COMPACTAÇÃO MANUAL	m³	230,00	40,19	9243,70
1.18	EXECUÇÃO DE PASSEIO (CALÇADA) OU PISO DE CONCRETO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, FEITO EM OBRA, ACABAMENTO CONVENCIONAL, ESPESSURA 6 CM, ARMADO.	m²	1,50	68,53	102,80
1.19	CAPA SELANTE COMPREENDENDO APLICAÇÃO DE ASFALTO NA PROPORÇÃO DE 0,7 A 1,5L / M2, DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS DE 5 A 15KG/M2 E COMPACTAÇÃO COM ROLO - COM USO DA EMULSAO RR-2C, INCLUSO APLICACAO E COMPACTACAO	m²	60,00	4,26	255,60
1.20	ALVENARIA EM TIJOLO CERAMICO MACICO 5X10X20CM 1 VEZ (ESPESSURA 20CM), ASSENTADO COM ARGAMASSA TRACO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA)	m²	141,00	109,01	15370,41
1.21	IMPERMEABILIZACAO DE SUPERFICIE COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA (MEDI A), TRACO 1:3, COM ADITIVO IMPERMEABILIZANTE, E=2CM.	m²	141,00	37,12	5233,92
1.22	CONCRETO FCK = 15MPA, TRAÇO 1:3,4:3,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MANUAL.	m³	1,50	482,51	723,77
1.23	BOMBA SUBMERSÍVEL THEBE TSP125, 125W, 127 V	unid	1,00	550,00	550,00
1.24	INSTALACAO DE CONJ.MOTO BOMBA SUBMERSIVEL ATE 10 CV	unid	1,00	171,88	171,88
2	ESCADA HIDRÁULICA				1.594,35
2.1	CONCRETO FCK = 15MPA, TRAÇO 1:3,4:3,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MANUAL.	m³	1,90	482,51	916,77
2.2	FORMA TABUA P/CONCRETO EM FUNDACAO S/REAPROVEITAMENTO	m²	7,25	93,46	677,59
3	INTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA				10.397,13
3.1	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, MARROM, DN 20MM	m	54,00	13,24	714,96
3.2	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, MARROM, DN 25MM	m	18,00	15,67	282,06
3.3	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, MARROM, DN 32MM	m	84,00	21,20	1780,80
3.4	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, MARROM, DN 50MM	m	102,00	11,30	1152,60
3.5	TUBO, PVC, SOLDÁVEL, MARROM, DN 100MM	m	6,00	29,97	179,82
3.6	JOELHO 90° DE PVC SOLDAVEL, DE 25MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	9,00	6,52	58,68
3.7	JOELHO 90° DE PVC SOLDAVEL, DE 32MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	2,00	8,79	17,58

(Continuação)

3.8	JOELHO 90° DE PVC SOLDAVEL, DE 50MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	10,00	9,97	99,70
3.9	ADAPTADOR DE PVC, SOLDAVEL CURTO, COM BOLSA E ROSCA PARA REGISTRO, DE 25MM - 3/4" - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	6,00	2,78	16,68
3.10	ADAPTADOR DE PVC, SOLDAVEL CURTO, COM BOLSA E ROSCA PARA REGISTRO, DE 50MM - 1.1/2" - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	8,00	7,58	60,64
3.11	ADAPTADOR DE PVC, SOLDAVEL CURTO, COM BOLSA E ROSCA PARA REGISTRO, DE 100MM - 4" - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	2,00	31,39	62,78
3.12	REGISTRO, DE 25MM - 3/4" - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	3,00	41,29	123,87
3.13	REGISTRO, DE 50MM - 1.1/2" - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	4,00	66,46	265,84
3.14	REGISTRO, DE 100MM - 4" - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	1,00	384,07	384,07
3.15	BUCHA DE REDUCAO DE PVC, SOLDAVEL LONGA,DE 50MMX25MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	3,00	6,48	19,44
3.16	BUCHA DE REDUCAO DE PVC, SOLDAVEL LONGA,DE 50MMX32MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	1,00	6,48	6,48
3.17	BUCHA DE REDUCAO DE PVC, SOLDAVEL LONGA,DE 100MMX50MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	4,00	6,48	25,92
3.18	BUCHA DE REDUCAO DE PVC, SOLDAVEL LONGA,DE 32MMX20MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	7,00	6,48	45,36
3.19	CURVA 90° DE PVC, SOLDAVEL, DE 20MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	2,00	4,83	9,66
3.20	CURVA 90° DE PVC, SOLDAVEL, DE 25MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	3,00	5,06	15,18
3.21	CURVA 90° DE PVC, SOLDAVEL, DE 32MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	3,00	8,14	24,42
3.22	CURVA 90° DE PVC, SOLDAVEL, DE 50MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	2,00	14,95	29,90
3.23	TE DE PVC SOLDAVEL AGUA FRIA 25MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	2,00	4,80	9,60
3.24	TE DE PVC SOLDAVEL AGUA FRIA 32MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	6,00	7,38	44,28
3.25	TE DE PVC SOLDAVEL AGUA FRIA 50MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	4,00	15,34	61,36
3.26	TE DE PVC SOLDAVEL AGUA FRIA 100MM - FORNECIMENTO E INSTALACAO	unid	3,00	83,64	250,92
3.27	CURVA 45° DE PVC, SOLDAVEL, DE 32MM	unid	5,00	6,42	32,10
3.28	CURVA 45° DE PVC, SOLDAVEL, DE 50MM	unid	2,00	13,45	26,90
3.29	TORNEIRA JARDIM DE 20MM	unid	7,00	31,99	223,93
3.30	RESERVATÓRIO DE POLIETILENO (7000 LITROS)	unid	1,00	3000,00	3000,00

(Continuação)

3.31	RASGO EM ALVENARIA	m	26,40	9,72	256,61
3.32	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA ENTRE 5M2 E 10M2, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALLISCAS. AF_06/2014	m ²	17,40	29,80	518,52
3.33	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO GRÊS OU SEMI-GRÊS DE DIMENSÕES 33X45 CM APLICADAS EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 5 M ² NA ALTURA INTEIRA DAS PAREDES. AF_06/2014	m ²	17,40	34,28	596,47
CUSTO TOTAL					111.463,08

8. ANÁLISE ECONÔMICA X CUSTO DE EXECUÇÃO E SUSTENTABILIDADE

O auditório possui uma demanda de água para fins não potáveis de 130,19 m³ por mês, ou seja, 1562,28 m³ por ano. Considerando que a taxa de tratamento da água fornecida pela SAAE (R\$3,8625/m³) seja aproximada com o custo gasto pela instituição para o tratamento da mesma, obteve-se uma tarifa anual de R\$ 6034,30. A partir do valor da tarifa anual e da estimativa de custo da obra (R\$111463,08), foi possível calcular o tempo de retorno do investimento.

$$Tr = \frac{111463,08}{6034,30} = 18,47 \text{ anos}$$

Desta forma, o tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 19 anos, um valor razoável quando se pensa em retorno de investimento de sistema de aproveitamento de água pluvial. Contudo, a viabilidade do projeto não se dá apenas pelo tempo de retorno do investimento, mais sim, nos benefícios que o mesmo trás para o planeta. Portanto a gestão dos recursos hídricos, tem se tornado o melhor meio de evitar o desperdiço da água. Além disso, é importante que o governo começa tomar iniciativas quanto à gestão de recursos hídricos, por isso a implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial em edificações públicas é fundamental para iniciar um novo conceito de vida.

Estudos revelam que as ameaças crescentes de secas tem se tornado cada vez mais presente no cotidiano da população, por isso um dos recursos mais eficaz e econômico para reduzir o consumo excessivo de água potável é a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial. Enfatizando que a água não tem custo, e sim o tratamento da mesma, portanto o custo da água é imensurável tornando dever de todos os cidadãos utiliza-la racionalmente e presar por esse bem comum, pensando sempre nas gerações futuras.

9. CONCLUSÃO

A implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial tem se tornado o meio mais promissor quando se falar em tecnologia que reduz o consumo desonerado dos recursos hídricos. Esse tipo de sistema além de eficaz e econômico quando comparado aos outros, possibilita a redução considerável de enchentes e nos gastos com implantação de infraestrutura urbana.

Por esse modo, atitudes devem começar a serem tomadas pela civilização para a preservação d'água e redução do seu consumo para fins menos nobres. Principalmente quando se fala em obras públicas, que devem ser as primeiras a possuir sistema de aproveitamento de água pluvial por conta do seu alto consumo de água potável. O Auditório onde o sistema foi proposto consome certa de 130,19 m³ por mês, essa mesma água destinada para fins não potáveis abasteceria cerca de 4 residências com consumo diário de 1000 litros.

Inicialmente constatou-se que o volume de água aproveitável pela cobertura do auditório não é suficiente para suprir a demanda da água para fins não potáveis do mesmo, inviabilizando economicamente a implantação do sistema por conta do elevado volume de reservatório. Diante disso, foram feitas varias análises **in loco** para garantir a melhor maneira de reverter esse contratempo, ficando assim definido que a cobertura do prédio das salas de aula faria parte do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Posteriormente, a aplicação de novas técnicas foram necessárias para garantir a eficiência do sistema, tais como a implantação de escada hidráulica por conta no elevado desnível entre o prédio das salas de aula e do auditório. Sendo assim, todos os componentes do sistema foram dimensionados e projetos visando à qualidade, eficiência e economia.

Este trabalho definiu todos os parâmetros, materiais e dimensões necessárias para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (calhas, condutores verticais, condutores horizontais, caixas de inspeção, reservatório inferior, bomba, filtro, reservatório superior, barriletes, colunas de distribuições, ramais e sub-ramais), atingindo o objetivo propostos de desenvolver o projeto de um sistema de aproveitamento de água pluvial para o Auditório do Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

BAPTISTA, Márcio; LARA, Márcia. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2012.

COSTA, Raimundo N. T. **Dimensionamento econômico de adutoras ou linhas de recalque**. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: < <http://www.gpeas.ufc.br/disc/hi dr/aula03.pdf> >. Acesso em: 18 de setembro de 2017.

GLERIAN, Jéssica. **Instalações hidrosanitárias**. 2014. Disponível em: < <http://hidrossanitari asutfprm.blogspot.com.br/2014/11/boa-tarde-pessoal.html> >. Acesso em: 2 de abril de 2017.

GOLDENFUM, Joel Avaruch. **Reaproveitamento de águas pluviais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, 2015.

HIDROWEB. **Agência Nacional de Águas**. Governo Federal. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp> >. Acesso em: 27 de abril de 2017.

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

SAAE. **Serviço Autônomo de Água e Esgoto: Tarifas**. 2016. Disponível em: <<http://www.saaemachado.mg.gov.br/novo/tarifas/>>. Acesso em: 27 de abril de 2017.

SETOP. **Secretaria de Estado dos Transportes e Obras Públicas**. Espírito Santo.

SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Caixa Econômica Federal.

TOMAZ, Plínio. **Água de chuva**: Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo, Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de águas pluviais**. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://pliniotomaz.com.br/downloads/curso_manejo_aguas_pluviais.pdf>. Acesso em: 04 de setembro de 2017.

WAGNER, Tatiane, **Projeto arquitetônico do auditório**. Machado, 2014.

ANEXO A – Perda de carga localizada (Lequiv).

Diâmetro nominal	Perda de carga localizada (Lequiv)																
	DN	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° passag. direta	Tê 90° saída de lado	Tê 90° saída bilat.	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de Canaliz.	Válvula de pé e crivo	Váv. de retenção		Registro de globo aberto	Registro de gaveta aberto	Registro de ângulo aberto
	(-)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	leve	pesado	(12)	(13)	(14)
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	4,5	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	14,2	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: Azevedo Netto, 1998.

APÊNDICE 1 – Análise de pressão.

ANÁLISE DE PRESSÃO																
BAR/ COLUNA / RAMAL	TRECHO	PESO	VAZÃO (l/s)	φ (m)	VEL.	J real	TUBO (m)	EQUIV.	TOTAL	hf	L			P		
											M	J	P	M	J	P
BAR	1.15	141	3,56	0,1	0,453	0,0025	1,4	3,2	4,6	0,01161	0,000	1,388				
BAR	1.14	74,2	2,58	0,1	0,328	0,0014	2,05	8,3	10,35	0,01487	1,388	1,374				
BAR	1.13	40,4	1,9	0,05	0,968	0,0226	1,95	7,6	9,55	0,21614	1,374	1,157				
BAR	1.12	8,4	0,87	0,05	0,443	0,0058	1,5	8,2	9,7	0,05596	1,157	1,101				
BAR	1.11	32	1,69	0,05	0,861	0,0184	4,9	8,9	13,8	0,25444	1,157	0,903				
BAR	1.10	33,8	1,74	0,05	0,886	0,0194	0,7	7,6	8,3	0,16105	1,374	1,212				
BAR	1.9	32,9	1,72	0,05	0,876	0,0190	5	7,6	12,6	0,23958	1,212	0,973				
BAR	1.8	0,9	0,28	0,025	0,570	0,0213	3,75	8,2	11,95	0,25509	0,973	0,718				
BAR	1.7	32	1,69	0,05	0,861	0,0184	3	7,6	10,6	0,19544	0,973	0,777				
BAR	1.6	0,9	0,28	0,025	0,570	0,0213	1,2	8,2	9,4	0,20066	1,212	1,012				
BAR	1.5	66,8	2,45	0,1	0,312	0,0013	1,85	8,3	10,15	0,01332	1,388	1,375				
BAR	1.4	34,8	1,77	0,05	0,901	0,0200	1,25	7,6	8,85	0,17693	1,375	1,198				
BAR	1.3	2,8	0,5	0,032	0,622	0,0182	1,1	8,3	9,4	0,17135	1,198	1,027				
BAR	1.2	32	1,69	0,05	0,861	0,0184	37	9,6	46,6	0,85920	1,375	0,516				
BAR	1.1	32	1,69	0,05	0,861	0,0184	28,85	8,3	37,15	0,68497	1,198	0,513				
AF	3	32	1,69	0,05	0,861	0,0184	3	11	14	0,25813	0,777	3,019				
AF	4	32	1,69	0,05	0,861	0,0184	3	11	14	0,25813	0,903	3,145				
AF	7	8,4	0,87	0,025	1,772	0,1552	1,8	3	4,8	0,74508	1,101	1,956				
AF	8	0,9	0,28	0,025	0,570	0,0213	3,45	3,3	6,75	0,14409	0,718	3,674				
AF	10	0,9	0,28	0,025	0,570	0,0213	3,45	3,3	6,75	0,14409	1,012	3,968				
AF	13	32	1,69	0,05	0,861	0,0184	2,85	7,6	10,45	0,19268	0,513	2,820				
AF	15	32	1,69	0,05	0,861	0,0184	2,85	7,6	10,45	0,19268	0,516	2,823				
AF	18	2,8	0,5	0,032	0,622	0,0182	3,6	2,4	6	0,10937	1,027	4,517				
SUB-RAMAL	AF3	32	1,69	0,032	2,101	0,1536	0,7	4,9	5,6	0,86009	3,019	2,859				
SUB-RAMAL	AF4	32	1,69	0,032	2,101	0,1536	0,7	4,9	5,6	0,86009	3,145	2,985				OK!
SUB-RAMAL	AF13	32	1,69	0,032	2,101	0,1536	0,7	4,9	5,6	0,86009	2,820	2,660				OK!
SUB-RAMAL	AF15	32	1,69	0,032	2,101	0,1536	0,7	4,9	5,6	0,86009	2,823	2,663				OK!
RAMAL	RI.4	8,4	0,87	0,025	1,772	0,1552	1,1	1,8	2,9	0,45015	1,956	2,30620				
SUB-RAMAL	RI.4	8,4	0,87	0,025	1,772	0,1552	0,1	3,1	3,2	0,49672	2,30620	1,90948				OK!
RAMAL	RI.3	5,6	0,71	0,025	1,446	0,1088	1,05	3,1	4,15	0,45139	2,30620	1,85481				
SUB-RAMAL	RI.3	5,6	0,71	0,025	1,446	0,1088	0,1	3,1	3,2	0,34806	1,85481	1,60675				OK!
SUB-RAMAL	MICTÓRIO	2,8	0,5	0,025	1,019	0,0589	1,15	4,6	5,75	0,33858	1,85481	1,61623				OK!
RAMAL	RI.6	0,9	0,28	0,025	0,570	0,0213	0,2	1,5	1,7	0,03629	3,674	3,63742				
SUB-RAMAL	RI.6	0,9	0,28	0,025	0,570	0,0213	0,3	3,1	3,4	0,07258	3,63742	3,86485				OK!
RAMAL	RI.5	0,6	0,23	0,025	0,469	0,0151	1,05	3,1	4,15	0,06279	3,63742	3,57464				
SUB-RAMAL	RI.5	0,6	0,23	0,025	0,469	0,0151	0,3	3,1	3,4	0,05144	3,57464	3,82320				OK!
SUB-RAMAL	VASO SANITÁRIO	0,3	0,16	0,025	0,326	0,0080	1,35	4,6	5,95	0,04770	3,57464	3,82694				OK!
RAMAL	RI.8	0,9	0,28	0,025	0,570	0,0213	0,5	1,5	2	0,04269	3,968	3,92504				OK!
SUB-RAMAL	RI.8	0,9	0,28	0,025	0,570	0,0213	0,3	3,1	3,4	0,07258	3,92504	4,15246				
RAMAL	RI.7	0,6	0,23	0,025	0,469	0,0151	1,05	3,1	4,15	0,06279	3,92504	3,86225				
SUB-RAMAL	RI.7	0,6	0,23	0,025	0,469	0,0151	0,3	3,1	3,4	0,05144	3,86225	4,11081				OK!
SUB-RAMAL	VASO SANITÁRIO	0,3	0,16	0,025	0,326	0,0080	1,35	4,6	5,95	0,04770	3,86225	4,11455				OK!
RAMAL	R2.6	2,8	0,5	0,032	0,621699126	0,01823	1,1	2	3,1	0,05651	4,517	4,46091				
SUB-RAMAL	TORNEIRA JARDIM	0,4	0,19	0,02	0,605	0,0313	28,3	6,1	34,4	1,07523	4,46091	6,88568				OK!
RAMAL	R2.5	2,4	0,46	0,032	0,571963196	0,01575	2,6	5	7,6	0,11973	4,46091	4,34118				
SUB-RAMAL	TORNEIRA JARDIM	0,4	0,19	0,02	0,605	0,0313	0,55	4,5	5,05	0,15785	4,34118	3,28334				OK!
RAMAL	R2.4	2	0,42	0,032	0,522227266	0,01344	17,1	4,5	21,6	0,29020	4,34118	4,05099				
SUB-RAMAL	TORNEIRA JARDIM	0,4	0,19	0,02	0,605	0,0313	0,55	4,5	5,05	0,15785	4,05099	2,99314				OK!
RAMAL	R2.3	1,6	0,38	0,032	0,472491336	0,01128	21,15	5,9	27,05	0,30503	4,05099	3,74596				
SUB-RAMAL	TORNEIRA JARDIM	0,4	0,19	0,02	0,605	0,0313	0,4	4,5	4,9	0,15316	3,74596	2,69280				OK!
RAMAL	R2.2	1,2	0,33	0,032	0,410321423	0,00881	19,9	4,5	24,4	0,21495	3,74596	3,53100				
SUB-RAMAL	TORNEIRA JARDIM	0,4	0,19	0,02	0,605	0,0313	0,4	4,5	4,9	0,15316	3,53100	2,47785				OK!
RAMAL	R2.1	0,8	0,27	0,032	0,335717528	0,0062	16,5	5,9	22,4	0,13890	3,53100	7,79211				
SUB-RAMAL	TORNEIRA JARDIM	0,4	0,19	0,02	0,60478891	0,03126	0,4	4,5	4,9	0,15316	7,79211	6,73895				OK!
SUB-RAMAL	TORNEIRA JARDIM	0,4	0,19	0,02	0,60478891	0,03126	19,3	5	24,3	0,75954	7,79211	6,13257				OK!

APÊNDICE 2 – Desenhos.