

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**KELY CRISTINA CHAVES DE OLIVEIRA  
KÊNYA CAROLAINÉ CARDOSO DA SILVA**

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM PRÉDIOS ESCOLARES PARA FINS NÃO  
POTAVÉIS. ESTUDO DE CASO ESCOLA ESTADUAL PRINCESA ISABEL**

**CARATINGA**

**2019**

**KELY CRISTINA CHAVES DE OLIVEIRA  
KÊNYA CAROLAINÉ CARDOSO DA SILVA**

**FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM PRÉDIOS ESCOLARES PARA FINS NÃO  
POTAVÉIS. ESTUDO DE CASO ESCOLA ESTADUAL PRINCESA ISABEL**

**Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia  
Civil das Faculdades DOCTUM de  
Caratinga, como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil.**

**Área de concentração: Águas Pluviais.**

**Orientador: Prof. Sidinei Silva Araújo**

**CARATINGA**

**2019**

**TERMO DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM PRÉDIOS ESCOLARES PARA FINS NÃO POTÁVEIS. ESTUDO DE CASO ESCOLA ESTADUAL PRINCESA ISABEL, elaborado pelo(s) aluno(s) KELY CRISTINA CHAVES DE OLIVEIRA e KÊNIA CAROLINE CARDOSO DA SILVA foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

**BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.**

Caratinga 06/12/2019

  
\_\_\_\_\_  
SIDINEI SILVA ARAÚJO  
Prof. Orientador

  
\_\_\_\_\_  
JOSÉ NELSON VIEIRA DA ROCHA  
Prof. Avaliador 1

  
\_\_\_\_\_  
JOSÉ SALVADOR ALVES  
Prof. Examinador 2

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador Sidinei Silva Araújo pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por ter sido minha força nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais pelo apoio e compreensão nos momentos em que não estive presente na família. A minha irmã que esteve torcendo por mim durante essa trajetória, por não ter desistido quando eu mesma já estava prestes a desistir. Que minha sede de conhecimento, vitória e realização de sonhos sirva de exemplo para sua vida.

Agradeço ao meu orientador Sidinei Silva Araújo por gentilmente ter me ajudado no decorrer da elaboração deste trabalho.

*Kênya Carolaine Cardoso da Silva*

## RESUMO

De acordo com o cenário de desperdício, faz necessário a conscientização das pessoas ao uso sustentável da água sendo uma das bases para o desenvolvimento humano. A preservação dos recursos hídricos, verifica-se a necessidade da utilização de novas técnicas de aproveitamento da água. Uma escolha que propõe preencher a demanda da população em relação ao uso de água para fins não potáveis é o aproveitamento de água da chuva, é um recurso natural abundantemente disponível na maioria das regiões do Brasil. Este estudo tem por objetivo dimensionar o volume de um reservatório de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, na Escola Estadual Princesa Isabel, localizada na Praça Cesário Alvim, Centro, na cidade de Caratinga-MG. Para o dimensionamento foi analisado os métodos propostos pela NBR 15527 (ABNT, 2007) e escolhido o método Azevedo Neto, conhecido como “Método Prático Brasileiro” é o método computacional o programa Netuno 4. Os resultados obtidos foram satisfatórios para viabilidade do sistema de aproveitamento de águas pluviais, o reservatório resultou em uma redução de 35,68% no consumo de água para fins não potáveis gerando uma redução no valor da fatura cobrada pela COPASA. Desta maneira, o custo total de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi orçado em R\$ 24.444,39. Por fim, com base na economia mensal que chegou ao valor de R\$ 1.518,80 de água potável gerada e no custo total de implantação do sistema, avalia que o período de retorno do investimento é de 1 ano e 5 meses. Diante dos resultados obtidos, o trabalho apresentou uma grande contribuição para a viabilidade da implantação do sistema de captação de água pluvial da Escola Estadual Princesa Isabel.

### **Palavras-chave:**

Águas pluviais; reservatório; água potável; economia.

## **ABSTRACT**

According to the scenario of waste, it is necessary to make people aware of the sustainable use of water as one of the bases for human development. The preservation of water resources requires the use of new water use techniques. One choice that proposes to fill the population's demand for non-potable water use is the use of rainwater, a natural resource abundantly available in most regions of Brazil. This study aims to size the volume of a reservoir of a rainwater harvesting system for non-potable purposes, at Princesa Isabel State School, located in Cesário Alvim Square, Center, in the city of Caratinga-MG. For the design, the methods proposed by NBR 15527 (ABNT, 2007) were analyzed and the Azevedo Neto method, known as the "Brazilian Practical Method", is the computational method the Neptune 4 program. The results obtained were satisfactory for the viability of the utilization system. of rainwater, the reservoir resulted in a 35.68% reduction in non-potable water consumption leading to a reduction in the invoice amount charged by COPASA. Thus, the total cost of implementation of the rainwater harvesting system was estimated at R \$ 24.444,39. Finally, based on the monthly savings of R \$ 1,518.80 of generated drinking water and the total cost of system implementation, it is estimated that the payback period is 1 year and 5 months. Given the results obtained, the work made a major contribution to the viability of the implementation of the rainwater catchment system of the Princesa Isabel State School.

### **Key words:**

Storm water; reservoir; potable water; economy.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Fachada Escola Estadual Princesa Isabel .....	30
<b>Figura 2</b> - Consumo de gastos em m <sup>3</sup> e valores fornecidos pela COPASA .....	33
<b>Figura 3</b> - Caratinga A554: Estação de captação de dados pluviométricos. ....	34
<b>Figura 4</b> – Planta baixa do telhado e projeção .....	35
<b>Figura 5</b> - Área de captação: Telhado da Escola Estadual Princesa Isabel .....	36
<b>Figura 6</b> - Vista frontal dos dois telhados da Escola Estadual Princesa Isabel .....	37
<b>Figura 7</b> - Dados usados para simulação do reservatório. ....	39
<b>Figura 8</b> - Gráfico de simulação do dimensionamento. ....	40
<b>Figura 9</b> - Esquema do sistema de captação e distribuição de água .....	42
<b>Figura 10</b> - Corte BB - Distribuição da água com a instalação hidráulica já existente .....	42
<b>Figura 11</b> - Banheiro da Escola Estadual Princesa Isabel.....	43
<b>Figura 12</b> - Localização do reservatório. ....	44

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Distribuição do consumo diário na escola da tipologia EMEF. ....	19
<b>Tabela 2</b> - Dados para cálculo do reservatório .....	38
<b>Tabela 3</b> - Tabela de custos da implantação do sistema .....	46
<b>Tabela 4</b> - Tabela de componentes para instalação do reservatório (base: dezembro, 2019) .....	46
<b>Tabela 5</b> - Custo médio mensal por m <sup>3</sup> .....	48
<b>Tabela 6</b> - Frequência de Manutenção. ....	50

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
1.1	Contextualização.....	9
1.2	Problematização .....	11
1.3	Justificativa .....	11
1.4	Objetivos .....	12
1.4.1	Objetivo geral.....	12
1.4.2	Objetivo específico .....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1	Recursos Hídricos.....	13
2.2	Recursos hídricos no Brasil .....	14
2.2.1	Recursos hídricos do Estado de Minas Gerais.....	15
2.2.2	Rede geral de distribuição de água .....	15
2.2.3	Recurso hídricos para a cidade de Caratinga.....	16
2.3	Uso racional da água .....	16
2.4	Uso finais em da água em escolas .....	17
2.5	Os benefícios do aproveitamento de água pluvial .....	19
2.6	Qualidade da água pluvial.....	20
2.7	Reservatório de água pluvial.....	21
2.8	Aproveitamento de água pluvial em escolas.....	22
2.9	Métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais.....	23
2.9.1	Método Rippl.....	24
2.9.2	Método Azevedo Neto .....	25
2.9.3	Método Prático Alemão .....	27
2.9.4	Método Prático Inglês .....	27
2.9.5	Método Prático Australiano.....	28
2.9.6	Método de Simulação .....	28
2.10	Software Computacional Netuno. ....	29
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>30</b>
3.1.	Local da pesquisa .....	30
3.2.	Tipo da pesquisa.....	30
3.3.	Coleta de dados. ....	31
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
4.1	Análise geral dos resultados. ....	32
4.2	Consumo de água medidos pela COPASA.....	32

4.3	Reservatório de água pluvial.....	33
4.4	Calculando o volume do reservatório utilizando o método prático brasileiro Azevedo Neto. ....	37
4.5	Calculando o volume do reservatório utilizando o programa Netuno. ....	38
4.6	Reservatório de água pluvial e seu uso final.....	41
4.6.1	Funcionamento do reservatório. ....	41
4.6.2	Uso final da água.....	42
4.6.3	Localização do Reservatório. ....	44
4.7	Custos e análise econômica. ....	45
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>52</b>
	<b>APÊNDICE 1.....</b>	<b>56</b>
	Planta baixa do telhado da Escola Princesa Isabel .....	56
	<b>APÊNDICE 2.....</b>	<b>57</b>
	Dados pluviométricos de janeiro a dezembro de 2017. ....	57
	<b>APÊNDICE 3.....</b>	<b>63</b>
	Dados de consumo fornecidos pela COPASA.....	63
	<b>APÊNDICE 4.....</b>	<b>64</b>
	CORTE AA .....	64
	<b>Apêndice 5 .....</b>	<b>65</b>
	LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO .....	65
	<b>APÊNDICE 6.....</b>	<b>66</b>
	ÁREA DO RESERVATÓRIO .....	66
	<b>APÊNDICE 7 .....</b>	<b>67</b>
	CORTE BB .....	67
	<b>APÊNDICE 8.....</b>	<b>68</b>
	Orçamento 2 .....	68
	<b>APÊNDICE 9.....</b>	<b>69</b>
	Orçamento 3.....	69

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

Nos dias de hoje, existe uma grande preocupação da população referente a conservação dos recursos naturais. Dentre esses, a água é um dos mais necessários recursos, sendo que este é indispensável para a vida no planeta terra.

Apesar de ser um recurso de vida insubstituível, a água é fator predominante de produção para diversas áreas, sendo necessária para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico.

O planeta terra é uma esfera que contém 2/3 de sua superfície que são banhados pelos oceanos. O volume total em quilômetros cúbicos de água no planeta terra é estimado em torno de 1,37 milhões, assim sendo, 97,5% deste volume é de água salgada, encontrada nos mares e oceanos. Logo 2,5% é de água doce, no entanto localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Somente 0,007% desta água doce estão em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIÁGUA, 2006).

Mesmo que a água doce seja encontrada em grande quantidade no planeta, a água potável pode tornar-se pouca em algumas regiões do mundo, tornando-se difícil suprir a demanda, tendo em vista que vem se tornando um grande problema devido ao acelerado crescimento populacional, especialmente no perímetro urbano. Segundo os relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU), a presente população mundial é estimada em aproximadamente 7,7 bilhões de pessoas, estimando alcançar a marca de 11,2 bilhões no ano de 2.100 (ONU, 2016), sobrecarregando ainda mais os sistemas de abastecimento de água.

Em função deste grande aumento da população mundial e, como resultado o aumento do consumo de água potável, está ocorrendo uma redução sucessiva da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos.

Um outro fator alarmante é a má distribuição populacional em função das reservas hídricas. De acordo com (GHISI, 2006), as regiões que contém o maior número de pessoas é justamente a região que possui pouca água, no entanto onde

há água em abundância existe um índice populacional baixo. Temos como exemplos a Região Sudeste do Brasil, que possui um potencial hídrico de apenas 6% do total nacional, no entanto possui 43% do total de habitantes do país, enquanto a Região Norte, que abrange a Bacia Amazônica, apresenta 69% de água disponível, tendo apenas 8% da população brasileira.

Além do mais, o desperdício de água potável, como consequência do mau uso da água tem contribuído para maior consumo excessivo deste recurso.

De acordo com o cenário de desperdício, faz necessário a conscientização das pessoas ao uso sustentável da água sendo uma das bases para o desenvolvimento humano. A preservação dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade é de grande importância nos dias atuais quanto para as futuras gerações.

Deste modo, verifica-se a necessidade da utilização de novas técnicas de aproveitamento da água. Uma escolha que propõe preencher a demanda da população em relação ao uso de água para fins não potáveis é o aproveitamento de água da chuva, é um recurso natural abundantemente disponível na maioria das regiões do Brasil. A água da chuva recolhida e armazenada pode ser utilizada em descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagem de utensílios e de calçadas. Pelo meio de sistemas de captação da água pluvial é possível reduzir o consumo de água potável para estes fins, minimizar alagamentos na região, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente reduzindo a escassez da água.

No Brasil existem diversas pesquisas e programas para o uso racional da água em escolas ou universidades, salientando questões como o uso soluções que economizem a água e conscientização da população em relação a redução do consumo. No entanto, existem poucos estudos que abordam exclusivamente a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em escolas públicas.

De acordo com (SCHERER, 2003), os prédios escolares são de grande potencial para a implantação de sistemas de aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis, visto que geralmente eles possuem grandes áreas de telhados e outras coberturas. Assim sendo, para realizar a implantação desses sistemas, se faz necessário um estudo de viabilidade técnica e econômica, analisando o potencial de economia de água potável e determinando a relação entre custo e benefício.

Tendo como estudo de caso a Escola Estadual Princesa Isabel, localizada na cidade de Caratinga, Minas Gerais

## **1.2 Problematização**

Diante da preocupação com a escassez do recurso hídrico, o reuso da água, através da captação e do aproveitamento da água da chuva aparecem como alternativas para ajudar na economia usando o abastecimento de água da chuva para fins não potável.

A educação que deve ser considerada prioritária para facilitar e agilizar a compreensão da problemática da água, tem o propósito de estimular o desenvolvimento sustentável, além de propiciar a promoção de políticas públicas.

Para melhor identificar as problematizações com a implantação do sistema devemos pensar em algumas questões, como:

- a) Quais contribuições ambientais, educacionais, sociais e econômicas são proporcionadas pela implantação da cisterna?
- b) Como é constituída a técnica de implantação de uma cisterna?
- c) Você considera importante a criação desse sistema? Por quê?
- d) Qual é a importância desse sistema para o ambiente?

## **1.3 Justificativa**

Diante do exposto, a captação da água da chuva ajuda tanto na redução do volume consumido de água potável, como na redução do valor pago pelos usuários as concessionaria responsáveis pelo tratamento de água. O presente trabalho tem como justificar a viabilidade de implantação de um sistema de reaproveitamento de águas pluviais na Escola Estadual Princesa Isabel na cidade de Caratinga-MG, onde podemos notar um grande consumo de água potável para fins não potáveis nesta escola, consumo este que pode ser substituído pelo reuso de águas pluviais.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo geral**

Este estudo tem por objetivo dimensionar o volume de um reservatório de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, na Escola Estadual Princesa Isabel, localizada na Praça Cesário Alvim, Centro, na cidade de Caratinga-MG.

### **1.4.2 Objetivo específico**

São objetivos específicos do presente trabalho:

- a) Identificar o consumo de água da escola de acordo com os dados fornecidos na conta de água da concessionária de água COPASA;
- b) Identificar o volume ideal do reservatório de água pluvial analisando o índice pluviométricos de acordo com os dados obtido da estação;
- c) Identificar a economia de água com a implantação de sistema de coleta de água pluvial;
- d) Verificar o custo da implantação e o tempo de retorno do investimento com a economia alcançada.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Recursos Hídricos

O dispor de recursos hídricos envolve todos os recursos de água no planeta, tal como superficiais e tal quanto as subterrâneas de uma região ou bacia hidrográfica, para quaisquer fins.

Diante do volume total de água no planeta, é considerado que apenas 2,5% seja de água doce, e uma grande parte do volume de água, não é de fácil acesso para a população. Somente 0,266% de água doce encontra-se em lagos, rios e reservatórios, sendo que o restante que se encontra distribuído na biomassa e na atmosfera sob a forma de vapor. Assim sendo, de acordo com os dados percebe-se que somente 0,007% de toda a água doce do planeta terra pode ser encontrada em locais de simples acesso para o consumo humano (UNIÁGUA, 2006).

Uma porcentagem de 68,9% de água doce está congelada nas calotas polares do Ártico, Antártida e nas regiões montanhosas. Agora a água subterrânea representa um percentual de 29,9% do volume de água doce no planeta terra (TOMAZ, 2001a).

O Aquífero Guarani é um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo, cobrindo uma superfície de quase 1,2 milhões de km<sup>2</sup>, e está localizado na Bacia Geológica Sedimentar do Paraná, que se encontram em territórios do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Esse aquífero é a principal reserva de água subterrânea da América do Sul, tendo um volume aproximado de 46 mil km<sup>3</sup>, sendo 71% desde localizado no Brasil. (AQÜÍFERO GUARANI, 2007).

A água no planeta terra está distribuída de maneira não uniforme, sendo que na Ásia e na América do Sul estão concentrados os maiores volumes de água disponíveis. A Ásia possui a maior parte mundial deste recurso, obtendo um total aproximado de 31,6%, e alcançando vazões de 458.000 km<sup>3</sup>/ano. Os menores potenciais são encontrados na Oceania, Austrália e Tasmânia (TOMAZ, 1998).

## 2.2 Recursos hídricos no Brasil

O Brasil tem uma capacidade hídrica estimada em 35.732 m<sup>3</sup>/hab./ano, sendo considerado como um país “rico em água”. Além do que, em comparação com o potencial hídrico mundial, o Brasil tem 12% do total de água doce no mundo (TOMAZ, 2001a).

O Brasil entre os países da América do Sul, se sobressai por possuir uma vazão média de água de 177.900 km<sup>3</sup>/ano, que condiz com 53% da vazão média total da América do Sul.

O recurso hídrico do Brasil encontra-se disponível, em sua maior parte, distribuída em bacias hidrográficas. As bacias hidrográficas do Rio Amazonas, do Tocantins – Araguaia, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai são as principais bacias hidrográficas do Brasil. (ANEEL, 2007).

A Bacia Amazônica é maior rede hidrográfica mundial, abrangendo uma área de drenagem de 6.112.000 Km<sup>2</sup>, envolvendo uma área de cerca de 42% da superfície do território brasileiro, se expandindo além da fronteira da Venezuela à Bolívia (ANEEL, 2007).

Entretanto além da grande disponibilidade de recursos hídricos que o Brasil possui, não estão distribuídos do mesmo modo pelo país, tendo um grande desequilíbrio entre oferta e demanda de água.

No Brasil observa-se, que as regiões com o maior número de pessoas, são aquelas que possuem menor disponibilidade de água, de um outro lado, onde há muita água ocorre baixo índice populacional. Como exemplo podemos citar a Região Sudeste do Brasil, que possui apenas de um potencial hídrico de 6% do total nacional, mas, conta com 43% do total de habitantes do país, ao mesmo tempo que a Região Norte, que contém a Bacia Amazônica, possui 69% de água disponível, tendo com apenas 8% da população brasileira (GHISI, 2006).

### 2.2.1 Recursos hídricos do Estado de Minas Gerais.

Os sistemas de abastecimento de água no Estado de Minas Gerais distribuem um volume cerca de 4,2 milhões de m<sup>3</sup> de água por dia, dos quais 75% dessa água recebem algum tipo de tratamento (tratamento convencional, não convencional ou simples desinfecção). As estações de tratamento de água representam um total de 1014 estações com capacidade de produção total de aproximadamente 151 m<sup>3</sup>/s (PNSB/IBGE, 2000).

Os dados fornecidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA em 2006 revelam que todo o volume de água captado, pela concessionária, para abastecimento da população localizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte recebe algum tipo de tratamento.

Esse abastecimento à população é realizado por meio de 15 estações de tratamento de água que captam de mananciais superficiais e de 8 poços que captam de mananciais subterrâneos.

Em relação a administração dos sistemas de abastecimento de água no Estado, de acordo com informações recentes fornecidas pela concessionária estadual COPASA, esta possui a concessão para abastecimento de água de 606 sedes municipais do Estado, sendo que o atendimento por rede de abastecimento de água é realizado em 575 municípios, ou seja, 67,4 % do total de municípios do Estado. (COPASA, 2010)

A concessionária atende atualmente 23 municípios do total de 48 da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

### 2.2.2 Rede geral de distribuição de água

Segundo informações obtidas da PNSB (IBGE, 2000), a rede geral de distribuição de água no Estado atinge 82,96% do número total de domicílios, valor este superior à cobertura média no Brasil que é de 63,9%.

Na região metropolitana verifica-se um índice de cobertura acima de 96%, superior à média do Estado, o que pode ser explicado pela presença de cidades de grande porte como Belo Horizonte (2,2 milhões hab.) e Contagem (500 mil hab.) que têm coberturas com rede de água de 99,3% e 98,8%, respectivamente.

### 2.2.3 Recurso hídricos para a cidade de Caratinga

De acordo com o PARH (2007), principal rio é o Caratinga, afluente da margem direita do Rio Doce. Tem suas nascentes no município de Santa Bárbara do Leste, estende-se por cerca de 222 km passando pelas cidades de Santa Rita de Minas, Ubaporanga, Inhapim e Dom Cavati.

Deságua no Rio Doce, junto à divisa dos municípios de Tumiritinga e Conselheiro Pena. Tem como principal afluente pela margem direita o Rio Preto, e os ribeirões Alegre e Queiroga pela margem esquerda.

Na bacia incremental, os principais rios e córregos que drenam para o Doce a montante da confluência com o Caratinga são: Ribeirão do Boi, Brejão, Córrego Beija-Flor, Rio Branco, Ribeirão do Bugre, Ribeirão Santo Estevão, Ribeirão do Café, Córrego Perdinha Córrego Perdida, Córrego Traíra, entre outros menos representativos.

Já na porção a jusante da confluência do Caratinga com o Doce, esta bacia incremental conta com os seguintes rios e córregos: córrego da Virgulina, Córrego Sapucaia, Ribeirão Itatiaia, Córrego da Lapa, Córrego Rochedo do João Pinto Córrego Taquaraçu entre outros.

## 2.3 Uso racional da água

Em prédios públicos, como escolas e universidades, onde o aluno e os funcionários não são responsáveis diretamente pelo pagamento da conta de água, tende a ter um maior índice de desperdício de água. Desta maneira, vem sendo

desenvolvidos programas e pesquisas de uso racional da água em escolas, tendo em vista que o objetivo principal é a redução do consumo de água.

Segundo Temaki (2003), o Brasil, pode-se destacar o PURA-USP que vem sendo implantado desde 1997 no *campus* da Universidade de São Paulo (USP), nas Unidades localizadas na Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO), tendo como intuito a redução do consumo de água no *campus*, em virtude dos expressivos valores de consumo observados e seus reflexos no orçamento da Universidade.

As Unidades da Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira apresentavam em média no ano de 1997, um consumo de água de 150 mil m<sup>3</sup>/mês, o que representava um gasto de mais de um R\$ 1 milhão por mês, referente ao abastecimento de água e coleta de esgoto (CODAGE, 2004 apud SILVA, 2004).

Levando em conta o expressivo consumo da USP, a implantação do PURA-USP, tinha três objetivos principais:

- a) Reduzir o consumo de água através de ações de caráter tecnológico e comportamental (maximizando a eficiência nas atividades que utilizam a água, sem comprometer a qualidade) e manter o perfil de consumo reduzido ao longo do tempo;
- b) Implantar um sistema estruturado de gestão da demanda de água;
- c) Desenvolver uma metodologia que pudesse ser aplicada futuramente em outros locais.

## **2.4 Uso finais em da água em escolas**

Os usos finais de água em escolas são dados importantes, pois nestas edificações ocorre uma tendência de haver maior desperdício de água, devido os usuários não serem responsáveis diretamente pelo pagamento da conta de abastecimento da escola, causando desperdício principalmente é áreas de uso comum, como torneiras, sanitários, entre outros.

Segundo Tomaz (2001b), o consumo médio de água para escolas e universidades varia de 10 a 50 litros/dia por aluno, e 210 litros/dia por empregado, sendo que este consumo é distribuído em diversos usos, variando conforme a tipologia da edificação.

No Brasil, foi realizado por Ywashima et al (2006), estudo do consumo de água em escolas da rede pública de ensino da cidade de Campinas/SP, com o objetivo de identificar a forma de realização dos diferentes usos da água, bem como, a indicação dos ambientes responsáveis pelas maiores parcelas do consumo e a proposição de uma metodologia para a avaliação da percepção dos usuários para o uso racional de água.

Para tal estudo, selecionou-se uma amostra de escolas a serem analisadas, nas quais foi verificada a condição de operação (existência de vazamentos) dos diferentes pontos de consumo de água, aplicados questionários aos usuários e realizada a observação das atividades que envolvem o uso da água. Assim, foram observados o modo de realização das atividades; a duração das mesmas (medição dos horários de início e término); as vazões nos pontos de consumo empregadas para a realização das atividades, além de outras variáveis, de modo a estabelecer um dia típico de consumo (YWASHIMA et al, 2006).

Neste estudo, foi analisado o tipo Escola Municipal e Estadual de Ensino Fundamental - (EMEF). Foi identificado todos os tipos de consumo de água em cada ambiente das escolas estudadas, conforme apresentado na tabela 01.

**Tabela 1** - Distribuição do consumo diário na escola da tipologia EMEF.

AMBIENTE	CONSUMO DIÁRIO (L)	CONSUMO (%)
Banheiro – alunos	5.424	51,8
Banheiro – alunas	2.410	23,0
Banheiro – funcionários	117	1,1
Banheiro - professoras e funcionárias	658	6,3
Cozinha	1.385	13,2
Área Externa	476	4,5
Refeitório	0	0,0
Total	10.470	100

Fonte: (YWASHIMA et al, 2006)

## 2.5 Os benefícios do aproveitamento de água pluvial

São vários os benefícios no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, benefícios estes que possibilitam a redução do consumo de água potável diminuindo o gasto e o consumo de água fornecida pelas companhias de abastecimento; além do mais ajuda a minimizar riscos de enchentes e a escassez dos recursos hídricos (MAY, 2004).

Além do mais, pode-se se citar outras vantagens do aproveitamento de água de chuva (SIMIONI et al., 2004):

- a) Utiliza estruturas existentes na edificação (telhados, lajes e rampas);
- b) Baixo impacto ambiental;
- c) Água com a quantidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento;
- d) Reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público.

A implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial só se torna viável levando em consideração os seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além do mais, devem ser levadas em conta fatores, como clima, fatores econômicos, a finalidade e o uso da água.

Segundo May (2004), os sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva em edificações são formados por quatro componentes básicos: áreas de coleta; condutores; armazenamento e tratamento.

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água de pluvial consiste de maneira geral, na captação da água da chuva que cai sobre os telhados ou lajes da edificação. A água é conduzida até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Em alguns sistemas é utilizado dispositivo desviador das primeiras águas de chuva. Após passar pelo filtro, a água é armazenada em reservatórios, e irão distribuí-la para o consumo não potável.

## **2.6 Qualidade da água pluvial**

A utilização da água da chuva pode ser tanto para uso total ou parcial. O seu uso da forma total compreende na utilização da água para beber, cozinha e para higiene pessoal, no seu uso parcial a água da chuva pode ser usada em algumas aplicações específicas como abastecimento de vasos sanitários. (MANO & SCHMITT, 2004).

O tratamento da água pluvial depende da qualidade da água coletada e de seu uso final. A coleta de água para fins não potáveis não requer grandes cuidados de purificação, embora certo grau de filtragem, muitas vezes, seja necessário. Para um tratamento simples, podem-se usar processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração. Em caso de uso da água de chuva para consumo humano, é recomendado utilizar tratamentos mais complexos, como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa (MAY & PRADO, 2004).

O fluxo inicial de água de chuva é considerado impróprio para ser utilizado em sistemas de aproveitamento de água pluvial, por conter poeira, folhas, insetos, fezes

de animais, pesticidas, além de outros resíduos e poluentes transportados por via aérea.

Segundo Brown et al. (2005), o volume do primeiro fluxo de água de chuva a ser descartado varia conforme a quantidade de poeira acumulada na superfície do telhado, que é uma função do número de dias secos, da quantidade e tipo de resíduos, e da estação do ano. Outras variáveis a serem consideradas são a inclinação e as superfícies dos telhados, a intensidade das chuvas e o período de tempo que ocorrem. Além disso, salienta-se que não há nenhum cálculo exato para definir o volume inicial de água pluvial que necessita ser desviado, devido às muitas variáveis que determinam a eficácia da lavagem das áreas de captação.

## **2.7 Reservatório de água pluvial**

Uma das partes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água pluvial é o reservatório, este deve ser dimensionado, tendo como base principal, os seguintes pontos: custo total da implantação, demanda de água utilizada, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema. Evidencia que, à época das chuvas é um importante variável a ser considerada no dimensionamento do reservatório (CASA EFICIENTE, 2007).

Esses critérios são importantes, porque em geral o reservatório de armazenamento é o componente mais dispendioso do sistema de aproveitamento de água pluvial. Desta forma, para não tornar a implantação do sistema inviável, deve-se ter cuidado para um correto dimensionamento do reservatório. Dependendo do volume obtido no cálculo e das condições do local, o armazenamento da água de chuva poderá ser realizado para atender a demanda em períodos curtos, médios ou longos de estiagem (MAY et al., 2004).

A quantidade de água pluvial que pode ser armazenada depende do tamanho da área de captação, da precipitação pluviométrica do local e do coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente de *runoff*. Como o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que precipitado, o coeficiente de escoamento superficial indica o percentual de água de chuva que

será armazenada, considerando a água que será perdida devido à limpeza do telhado, evaporação e outros (TOMAZ, 2003).

O reservatório de água pluvial, dependendo das características locais e especificidades de uso, pode estar localizado elevado ou enterrado no solo, ou ainda sobre o solo. O reservatório elevado não necessita de bombeamento da água para o abastecimento da edificação, porém exige uma estrutura para sustentação. Nos reservatórios sobre ou sob o solo não é necessária estrutura de sustentação, porém o abastecimento exige bombeamento ou acesso facilitado à água (MANO, 2004).

Os materiais geralmente utilizados para construção de reservatório são concretos, madeira, fibra de vidro, aço inoxidável e polietileno. Previamente à escolha do material adequado deve-se verificar a finalidade do uso da água. A durabilidade, a segurança e o baixo custo também são critérios que devem ser analisados para a escolha do tipo de reservatório a ser implantado no sistema de aproveitamento de água pluvial.

Simioni et al (2004) salientam que o reservatório superior de água pluvial deve ser mantido fechado, evitando-se a contaminação da água por pássaros, insetos e outros animais, e, além disso, devem receber limpeza periódica. A tubulação de saída para consumo deve estar aproximadamente 10 cm acima da base do reservatório. Recomenda-se também utilizar na edificação uma tubulação com cor diferente para consumo de água pluvial, separando-a da tubulação de água potável.

## **2.8 Aproveitamento de água pluvial em escolas.**

O aproveitamento de água da chuva, em escolas, é de grande importância para a conservação de água potável, pois os impactos ambientais são quase nulos e gera uma grande redução no consumo de água potável.

Os prédios escolares, em geral, possuem um grande potencial para a implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, pois os mesmos possuem grandes áreas de telhados que servem como áreas de captação, tornando possível a coleta de um grande volume de água da chuva.

Além disso, as escolas atendem grande número de pessoas, direta ou indiretamente, constituindo-se desta forma, excelente meio de divulgação dos benefícios de técnicas sustentáveis, como o aproveitamento de água pluvial, proporcionando também que potenciais futuros usuários se familiarizem com tais sistemas (WERNECK & BASTOS, 2006).

Antes da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, é necessário realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica, considerando dados da edificação, como áreas de captação, dados de precipitação pluviométrica da localidade e o consumo mensal de água potável e não potável, obtendo assim estimativas da economia gerada através deste sistema.

## **2.9 Métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais.**

Para o funcionamento de um sistema de captação de água pluvial, o reservatório não pode ficar sem funcionamento por muito tempo, bem como não deve ter desperdício da água armazenada neste reservatório. O dimensionamento do reservatório varia de acordo com cada região, devido à grande variação dos índices de chuva e do objetivo a qual se destina a implantação do sistema (AMORIM; PEREIRA, 2008).

A NBR 15527 (2007) que aborda os sistemas e requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis discute seis métodos diferentes para o dimensionamento do reservatório para armazenamento e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis. Todavia, apresentaremos estes métodos, levando em conta os métodos mais utilizados, e o uso do programa computacional Netuno para simulação dos resultados do método prático brasileiro Azevedo Neto.

Conforme o volume obtido no dimensionamento, o sistema de armazenamento pode ser usado para atender à demanda da escola por alguns dias, meses ou até por todo o ano.

Com base na estimativa obtida através da determinação do consumo mensal de água pluvial nos locais que passarão a usá-la depois da implantação do sistema nos fornecerá a demanda de água pluvial desta edificação.

### 2.9.1 Método Rippl

É um método conhecido como Diagrama de Massas, é o método mais utilizado para dimensionamento, devido a sua fácil aplicação. Porém, existem várias críticas sobre sua utilização sobretudo porque esse método foi desenvolvido, no início, para grandes reservatórios, o que ocasionaria uma superestimativa do volume a ser reservado (CAMPOS et al. 2007).

O método Rippl visa determinação do volume baseando na área de captação e na precipitação registrada, tendo como fundamento que toda a água precipitada não seja toda armazenada, ligando o tal volume ao consumo mensal da escola, sendo constante ou variável. Quanto menor o intervalo nos dados pluviométricos, maior será a precisão no dimensionamento, tornando a utilização de dados diários suficientes. Devido à falta de dados, usam valores mensais, e também apresentando resultados satisfatórios (CAMPOS, 2004).

Há duas formas de analisar o volume calculado utilizando este método: graficamente ou analiticamente, para demanda constante ou variável do reservatório. O método gráfico não é mais usado, tornando o método analítico o método utilizado neste estudo.

O método de Rippl só é usado quando o volume total esperado em um determinado período é menor ou igual ao volume captado neste período, compondo assim 100% da necessidade de água pluvial durante a estiagem. Do contrário, os valores do volume total a ser utilizado e do volume total captado são igualados, tendo que calcular um novo percentual de suprimento da demanda para o período de estiagem (ROCHA, 2006).

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), período em que coletamos os dados pluviométricos do local é de grande importância para a precisão no dimensionamento do reservatório, pois, quanto maior o período analisado, mais eficaz será o dimensionamento. O volume do reservatório é calculado pela diferença entre

a demanda ou consumo e volume de chuva aproveitável, como indicado na Equação 01 (NBR 15527).

$$S_t = D_t - Q_t \quad (01)$$

$Q_t = C * \text{precipitação da chuva}_t * \text{área de captação}$

$$V = \sum S_t \text{ somente para valores } S_t > 0$$

Sendo que:  $\sum D_t < \sum Q_t$

Onde:

$S(t)$  - volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

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

$D(t)$  - Demanda ou consumo no tempo  $t$ .

$V$  - É o volume do reservatório

$C$  - é o coeficiente de escoamento superficial.

### 2.9.2 Método Azevedo Neto

Neste método é utilizado uma equação usada para dimensionar o reservatório do sistema para aproveitamento e armazenamento da água da chuva para fins não potáveis (ABNT, 2007).

#### **Volume do reservatório**

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), a capacidade do reservatório é obtida do produto entre a precipitação mensal, o número de meses de pouca precipitação ou seca, e ainda, a área de coleta projetada, como apresentado na equação 02 a seguir.

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (02)$$

Onde:

$P$  - Valor numérico da precipitação média mensal, expresso em milímetros (mm);

$T$  - Valor do número de meses de pouca chuva ou seca;

A - Valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

V - Valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

### **Precipitação mensal (P)**

Diz respeito à precipitação total para um ano, ou seja, a média do somatório das chuvas médias mensais para a quantidade de anos analisados que, neste caso, é um ano, como ilustrado na equação 3 a seguir.

$$P = \frac{CM_{\text{mensal}}}{1} \quad (3)$$

Em que,

P: precipitação mensal, em mm;

CMM: chuva média mensal, em mm;

1: período de um ano.

Para considerá-la, cabe incluir a chuva média para cada mês, em mm, no campo **Chuva média mensal (mm)** na janela **Propriedades da edificação**.

### **Número de meses de pouca chuva ou seca (T)**

Para assumir a quantidade de meses em que é observada redução da precipitação ou mesmo períodos de seca, é preciso incluir o respectivo valor numérico no campo Número de meses de pouca chuva ou seca na janela Propriedades da edificação acima mencionada.

### **Área de coleta em projeção (A)**

Área admitida para a coleta de águas pluviais. Para que seja admitida no dimensionamento do reservatório, é preciso preenchê-la no campo Área de captação (m<sup>2</sup>) na janela Propriedades do reservatório.

### 2.9.3 Método Prático Alemão

De acordo com (Rocha, 2009), o método prático é considerado por diversos autores sendo inadequados, este desenvolve uma série de grandezas de elevada variação, como a precipitação pluviométrica e as demandas de água potável e pluvial

Refere-se há um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório: 6 % do volume mensal de consumo ou 6 % do volume mensal de precipitação aproveitável como mostra a equação 4. NBR 15527 (ABNT, 2007)

$A_{dotado}$  = mínimo de (volume mensal precipitado aproveitável e volume mensal de consumo) x 0,06 (6 %).

$$V_{adotado} = \min(V; D) * 0,06 \quad (04)$$

Onde:

V - Valor numérico do volume aproveitável de água de chuva mensal, expresso em litros (L);

D - Valor numérico da demanda mensal da água não potável, expresso em litros (L);

$A_{dotado}$  - valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

### 2.9.4 Método Prático Inglês

O Dimensionamento pelo método prático inglês que é abordado pela NBR 15527 (ABNT, 2007), onde o volume de chuva precipitado é obtido através da aplicação da seguinte equação 05:

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

Onde: V volume do reservatório (litros);

P precipitação média mensal (mm);

A área de captação (m<sup>2</sup>).

### 2.9.5 Método Prático Australiano

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume mensal de chuva é dado pela equação 06:

$$Q = A * C * (P - I) \quad (06)$$

Onde:

Q volume mensal produzido pela chuva (litros);

A área de captação (m<sup>2</sup>); C coeficiente de escoamento superficial (adimensional);

P precipitação média mensal (mm);

I interceptação da água que molha a superfície e perdas por evaporação, geralmente 2mm (mm).

Para obter os cálculos do reservatório é feito tentativas até que se tenha valores otimizados de confiança, utilizando-se a equação 07 a seguir:

#### **Volume do reservatório:**

$$V_t = V_{(t-1)} + Q_t - D_t \quad (07)$$

Onde:

V(t) volume de água no reservatório no fim do mês (litros);

V(t-1) volume de água no reservatório no início do mês (litros);

Q(t) volume mensal produzido pela chuva no mês t;

D(t) demanda mensal de água não potável (litros).

### 2.9.6 Método de Simulação

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007) o método a evaporação da água não deve ser levado em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação 01 da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(I) + S(1 - 1) - O(I) \quad (08)$$

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

Sendo que:

$$0 \leq S_{(t)} \leq V$$

onde:  $S_{(t)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$S_{(t-1)}$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t - 1$ .

## **2.10 Software Computacional Netuno.**

O software NETUNO 4 foi criado pelo professor Enedir Ghisi, PhD da Universidade de Santa Catarina, com ajuda de programação de Marcelo Marcel Cordova, acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UFSC e validado pelo eng. Vinícius Luiz Rocha em seu trabalho de mestrado pela UFSC, sob a orientação do prof. Ghisi, em 2009.

O Netuno é um programa computacional utilizado para simulação de sistemas de captação de águas pluviais. Tem como objetivo principal indicar a economia de água potável utilizando águas pluviais determinado a capacidade do reservatório, entre outros. A água pluvial pode ser utilizada para fins não potáveis como descarga de vasos sanitárias, limpeza de pisos, lavagem de pátio.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1. Local da pesquisa

O estudo proposto foi desenvolvida na Escola Estadual Princesa Isabel no município de Caratinga, Estado de Minas Gerais. Localiza-se na Praça Cesário Alvim, 55, Centro na cidade de Caratinga Minas Gerais (figura 1) atualmente a escola conta com 1070 alunos distribuídos em 3 turnos, sendo 428 no turno matutino, 356 no turno vespertino e 286 no turno noturno. A escola conta com 161 funcionários entre eles, professores, pedagogos, auxiliar administrativo, e serviços gerais

**Figura 1 - Fachada Escola Estadual Princesa Isabel**



Fonte: Os Autores, 2019.

#### 3.2. Tipo da pesquisa

O trabalho pesquisado está dentro dos âmbitos da área de Engenharia Civil e possui como finalidade a realização de uma pesquisa aplicada.

O que tange seu objetivo, a pesquisa é classificada como exploratória, visando determinar qual o melhor método apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2007) para o dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de água de chuva na Escola Estadual Princesa Isabel.

No que tange aos procedimentos técnicos, o presente estudo se encaixa como uma pesquisa experimental, pois visa identificar através de simulações a(s) metodologia(s) mais adequada(s) para o dimensionamento do reservatório de águas pluviais.

### **3.3. Coleta de dados.**

Os dados necessários para compor a pesquisa são os índices pluviométricos da cidade de Caratinga, o consumo per capita médio de água na Escola Estadual Princesa Isabel e percentuais de substituição de água potável por água pluvial nas escolas.

Os índices pluviométricos de Caratinga foram obtidos pela INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), analisando as medias pluviométricas no período compreendido entre janeiro de 2017 a dezembro de 2017.

Para obter a média de consumo per capita foi utilizado os dados fornecidos pela concessionária local de água, COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais). Deste relatório foram extraídos, para conferência o período de janeiro a dezembro de 2018, onde foi verificado o consumo diário e nos meses de maio, junho e dezembro tiveram um maior consumo de água potável.

Para o dimensionamento foi analisado os métodos propostos pela NBR 15527 (ABNT, 2007) e escolhido o método Azevedo Neto, conhecido como “Método Prático Brasileiro” e o método computacional o programa Netuno 4.0.

O método prático brasileiro foi escolhido devido a sua simplicidade e precisão no dimensionamento do volume do reservatório a ser adotado.

O programa computacional Netuno, foi escolhido por ser um programa de dimensionamento muito eficaz de um reservatório de água pluvial. O programa faz a leitura dos dados pluviométricos de no mínimo 365 dias de amostras para calcular o volume do reservatório.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Análise geral dos resultados.**

Os resultados desta pesquisa buscam a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, na Escola Estadual Princesa Isabel estão descritas neste capítulo.

Para este trabalho, realiza-se uma verificação da economia em potencial de água potável que poderia ser gerada. Os dados foram obtidos através de um levantamento do uso final da água na escola, podendo-se estimar o volume de água necessário para atender o consumo de água para fins não potáveis (descarga de vaso sanitário e mictório, lavagem de pátio e limpeza geral). Depois desse levantamento, foi feito o dimensionamento do reservatório de água pluvial, e por fim é feita a análise econômica para determinar a viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

### **4.2 Consumo de água medidos pela COPASA.**

Inicialmente foram coletados e analisados os consumos mensais de água medidos nas faturas da concessionária COPASA no período de 12 meses

A figura 2 representa os dados referente ao consumo de água por m<sup>3</sup> e os custos gastos com água fornecida pela COPASA cedidos pela superintendência de ensino de Caratinga, para o período de janeiro de 2018 a dezembro de 2018.

**Figura 2** - Consumo de gastos em m<sup>3</sup> e valores fornecidos pela COPASA

Fonte: COPASA, 2018

Após análise do gráfico acima, foi verificado que o consumo de água nos meses de maio, junho e dezembro do ano de 2018 tiveram um maior consumo de água comparados os outros meses, neste mês o gasto foi de 18.400 litros ou seja 18 m<sup>3</sup> devido à grande movimentação de alunos e professores e festividades na escola nesse período. Em contrapartida o mês de fevereiro teve um consumo de 1.900 litros de água, ou seja, 1,9 m<sup>3</sup>, esse baixo consumo se deve ao período de competência referente a janeiro, época que os alunos estão em férias escolares.

#### 4.3 Reservatório de água pluvial.

O volume ideal do reservatório de armazenamento de água pluvial e o seu nível de economia de água potável foram obtidos por meio do método Azevedo Neto e conferido com os resultados do programa Netuno, através da inserção dos dados de entrada no programa.

Para utilização do programa foram inseridos como dados principais do programa: área de captação do telhado, precipitação pluviométrica diária, consumo diário per capita de água potável, número total, coeficiente de perdas e percentual de consumo de água para fins não potáveis.

Os dados pluviométricos que foram necessários para a realização dos cálculos foram obtidos a partir dos dados de um posto pluviométrico situado no município de Caratinga (figura 3). A estação é operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET em situação operante.

**Figura 3** - Caratinga A554: Estação de captação de dados pluviométricos.

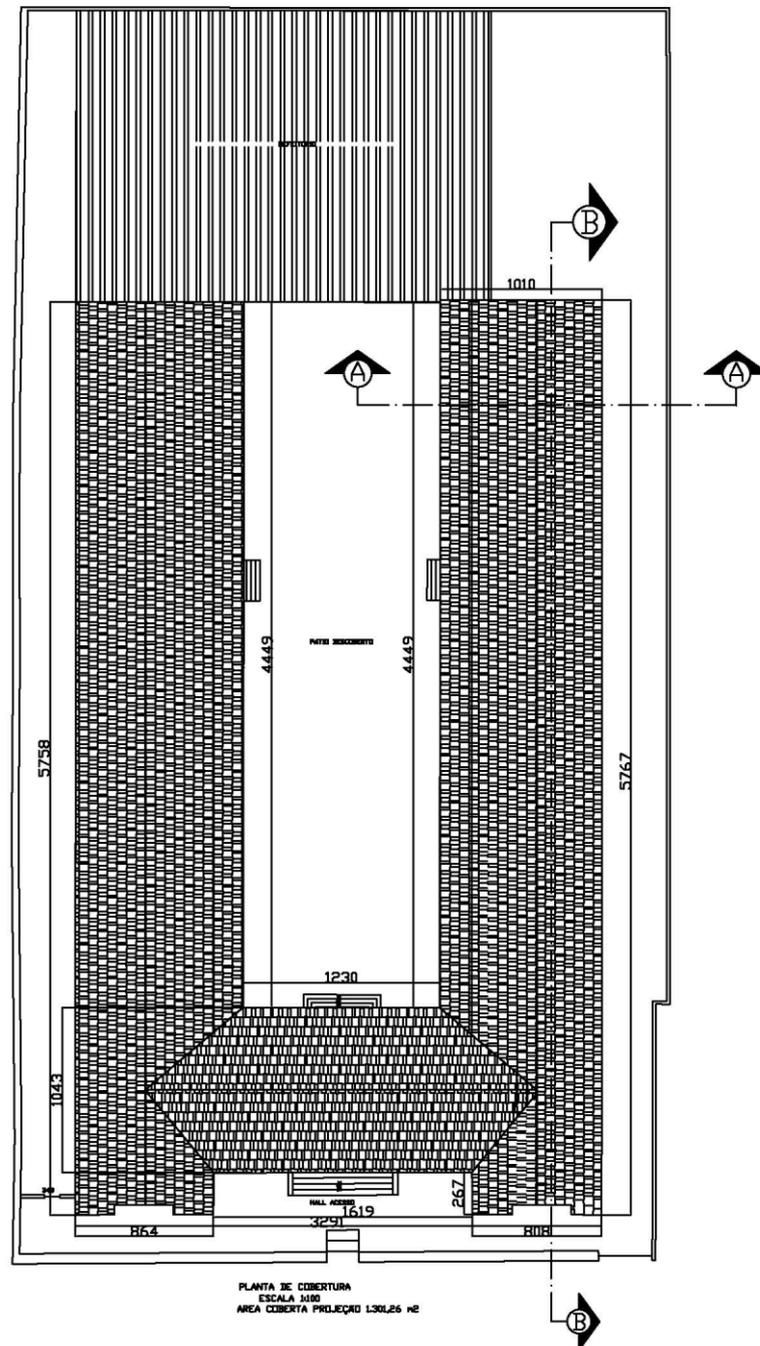


Fonte: INMET, 2019

O coeficiente de perdas adotado foi de 0,90, indicando que 10% da água de chuva captada corresponde a perdas devido limpeza de telhado, evaporação e descarte.

Através da análise da planta de cobertura da Escola Estadual Princesa Isabel, verificou-se que a área captação do telhado no plano inclinado é de cerca 1.301,26 m<sup>2</sup> (figura 4). Planta baixa disponível no apêndice 1.

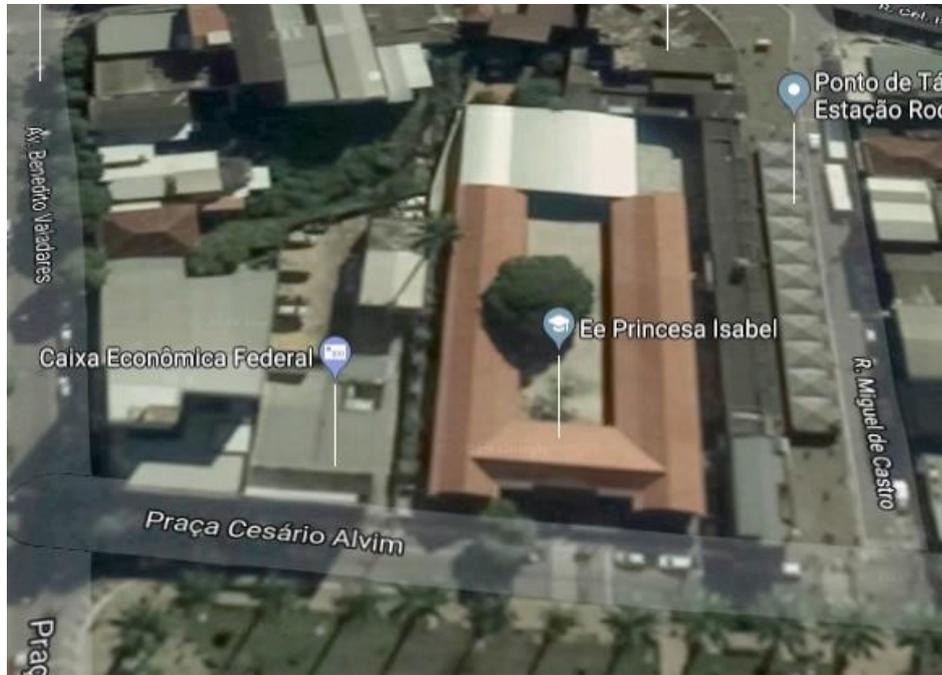
**Figura 4 – Planta baixa do telhado e projeção**



Fonte: Os autores, 2019.

O formato do telhado pode ser melhor visualizado através das figuras 5, e 6 abaixo:

**Figura 5** - Área de captação: Telhado da Escola Estadual Princesa Isabel



Fonte: Google Earth, 2019.

O consumo diário per capita de água potável adotado foi de apenas 6,9 litros/dia/pessoa, tendo a visão que o total de pessoas que estudam e trabalham na escola é de 1.231 pessoas

A Demanda total da água foi calculada usando o mês de maior incidência de gasto de acordo com a COPASA, foi o mês de maio, com 184.000 L de água gastos neste. O valor foi dividido pela quantidade de dias letivos (22 dias), obtendo um valor de 8.364 L de água por dia, este valor dividido pela quantidade de alunos e funcionários (1.231 pessoas), obtendo o valor, médio de 6,9 L/d de água per-capta.

**Figura 6** - Vista frontal dos dois telhados da Escola Estadual Princesa Isabel



Fonte: Os autores, 2019.

#### **4.4 Calculando o volume do reservatório utilizando o método prático brasileiro Azevedo Neto.**

O método Prático Brasileiro é o primeiro método apresentado na NBR 15527 (ABNT, 2007), este método é recomendado devido ao seu modo prático. Neste método foi usada a Equação a seguir:

$$V = 0,042 * P * A * T$$

Onde:

V é o volume do reservatório de água pluvial (L);

P é a precipitação média mensal (mm);

A é a área de captação em projeção no terreno (m<sup>2</sup>); e,

T é o número de meses de pouca chuva ou seca.

Para calcular o volume ideal do reservatório de água pluvial da Escola Estadual Princesa Isabel foram considerados os valores na tabela 2 abaixo:

**Tabela 2** - Dados para cálculo do reservatório

PRECIPITAÇÃO - P (MÉDIA MENSAL) - mm	ÁREA DE PROJEÇÃO (A) - TELHADO	MESES DE POUCA CHUVA (T)
78,68	1.301,26	3

Fonte: Os autores, 2019.

$$V = 0,042 * 78,68 * 1.301,26 * 3 \rightarrow V = 12.900 \text{ l ou } 12,9 \text{ m}^3$$

De acordo com método Prático Brasileiro Azevedo Neto, foi recomendado um volume de 12,9 m<sup>3</sup>

A NBR 15527 (ABNT, 2007) não determina o tempo padrão para determinar o tempo de seca, foram utilizados os meses Julho, agosto e setembro como base de cálculo pois os mesmos obtiveram pouca chuva.

#### 4.5 Calculando o volume do reservatório utilizando o programa Netuno.

O programa tem por objetivo determinar o potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de água pluvial para usos onde a água não precisa ser tratada, tais como descarga de bacias sanitárias, limpeza de pisos, rega de jardim

Informação sobre precipitação é muito importante, pois fornece as características do local de estudo. A série deve estar em base diária, pois a simulação do balanço é feita diariamente.

A área de captação de água pluvial é representada pela projeção horizontal da cobertura da edificação. Este dado é fundamental para verificar o potencial de economia de água potável que cada tipo de edificação pode atingir, pois mesmo que a precipitação do local seja elevada, o volume de água pluvial captado será reduzido se a área de captação for pequena.

A demanda diária de água potável per capita corresponde ao volume de água potável fornecido pela concessionária para cada ocupante da edificação. Pode ser definida como fixa ou variável.

O número de moradores é utilizado para calcular a demanda diária total de água potável para cada caso.

Com a porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial é possível calcular a demanda diária de água pluvial. Este dado é definido a partir de estudos do uso final da água em edificações e representa a porcentagem de água potável que pode ser substituída por água pluvial na edificação.

O coeficiente de aproveitamento é utilizado para representar o volume aproveitável de água pluvial após o desvio de escoamento inicial para descarte de folhas e detritos e, também, as perdas por absorção e evaporação da água pluvial ao atingir a superfície de captação.

Para dimensionar o reservatório pelo software NETUNO 4.0. foram considerados os seguintes dados como mostra a figura 7.

A precipitação analisada foi no período e janeiro de 2017 a dezembro de 2017. O ano de 2017 foi adotado devido que o programa netuno necessita de pelo menos 365 medições para realizar o dimensionamento. Foi analisado o ano de 2017, porque os anos de 2018 e 2019 não estavam completos com as medições necessárias para o funcionamento do netuno. Média mensal dos dados pluviométricos estão disponíveis no apêndice 2

**Figura 7 - Dados usados para simulação do reservatório.**

The screenshot shows the Netuno 4.0 software interface. At the top, there are navigation tabs: Simulação, Ajuda, Citação, Validação, and Sobre. Below these are two main panels: 'Carregar simulação previamente salva' and 'Reservatório superior'.

**Carregar dados de precipitação:**

Carregar dados de precipitação	tcc.csv
Número de registros	366
Data inicial (dd/MM/yyyy)	01/01/2017
Descarte escoamento inicial (mm)	1

**Reservatório superior:**

Reservatório inferior:

Simulação para reservatório com volume conhecido

Simulação para reservatórios com diversos volumes

**Intervalo da simulação:**

Volume máximo (litros): 20000

Intervalo entre volumes (litros): 500

Indicar volume ideal para o reservatório inferior

Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m³): 1

**Simular:**

Salvar simulação atual    Limpar campos

Análise Econômica

**Other parameters (left side):**

Área de captação (m²): 1301

Demanda total de água (litros per capita/dia): 6,9    Variável...

Número de moradores: 1231    Variável...

Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial: 70%

Coefficiente de escoamento superficial: 0,9 (90% de aproveitamento)

Observações: [Empty text area]

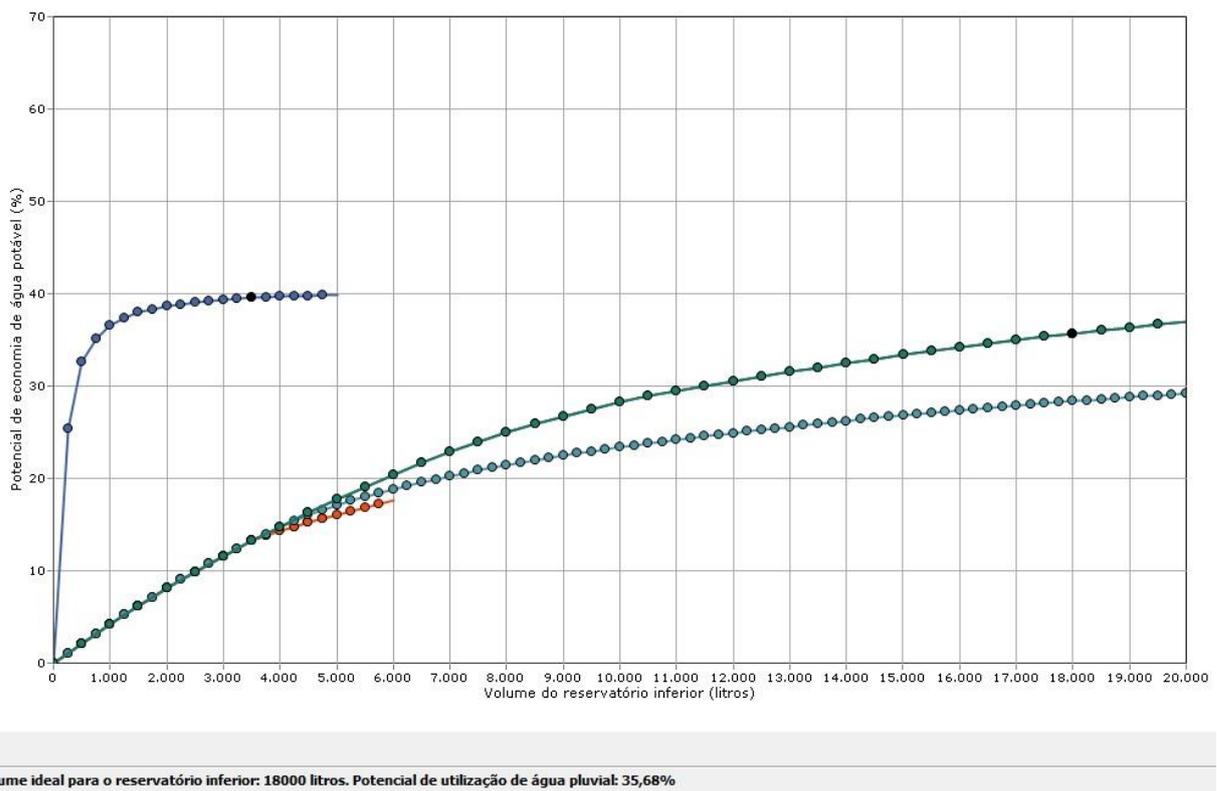
Fonte: Netuno 4.0, 2019.

A área de captação dada em m<sup>2</sup> representa a área de captação da água da chuva, O telhado da Escola Estadual Princesa Isabel, compreende uma área de 1.301,26 m<sup>2</sup> de projeção.

O objetivo deste dimensionamento é encontrar o volume ideal do reservatório de acordo com os dados informados.

Após simular o volume ideal do reservatório através do programa Netuno, foi gerado o seguinte gráfico que é o de simulação do dimensionamento do reservatório em relação ao potencial de economia de água potável,

**Figura 8** - Gráfico de simulação do dimensionamento.



Fonte: Os autores, 2019.

O dimensionamento do reservatório pelo software netuno gerou um gráfico (figura 8) com os eixos, potencial de economia de água potável x Volume de reservatório inferior. Para visualização do gráfico o ponto preto indica o volume ideal definido pelo programa, o valor foi de 18.000 litros ou 18 m<sup>3</sup>. A economia gerada para esse volume utilizando água pluvial foi de 35,68%.

## **4.6 RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL E SEU USO FINAL.**

O volume ideal do reservatório para armazenamento de água pluvial encontrado pelo programa computacional Netuno é de 18 mil litros, sendo que, no método prático brasileiro Azevedo Neto o valor encontrado para o volume do reservatório, foi de 12.900 litros de água. Tal diferença se dá devido a forma de cálculo do Netuno, uma vez que este usa dados diários de no mínimo 365 medições, e o método de Azevedo Neto usa médias anuais para seu cálculo.

De acordo com a análise dos resultados do programa Netuno, o volume ideal reservatório indicado foi de 18.000 litros. O potencial de economia de água potável obtido para o reservatório ideal (18.000 litros) seria de 35,68%

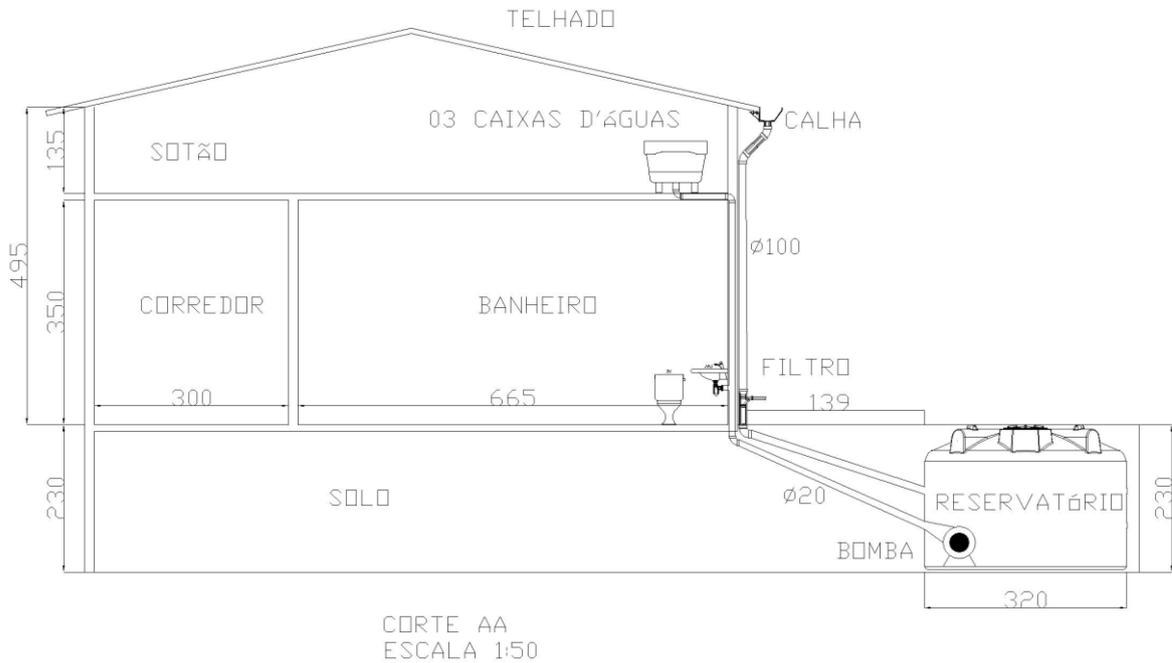
### **4.6.1 Funcionamento do reservatório.**

Para melhor funcionamento da captação até seu uso final, passam por algumas etapas:

1. A água da chuva é captada;
2. A água passa pelas calhas e é levada a um filtro que elimina as impurezas (galhos, folhas, etc.);
3. A água passa por um filtro mais refinado para eliminar as impurezas menores;
4. Após passar por esse último filtro a água está pronta pra ser encaminhada para uso de fins não potáveis.

A figura 09 representa o processo de captação e distribuição da água do reservatório para as caixas d'água no corte AA.

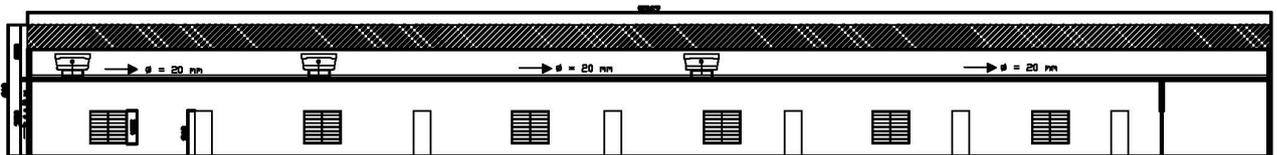
**Figura 9 - Esquema do sistema de captação e distribuição de água**



Fonte: Os autores, 2019.

A figura 10 representa a distribuição para as demais partições da escola através de canos com diâmetro de 20 já existentes na edificação

**Figura 10 - Corte BB - Distribuição da água com a instalação hidráulica já existente**



CORTE BB  
ESCALA: 1/100

Fonte: Os autores, 2019

#### 4.6.2 Uso final da água.

O uso final da água para fins não potáveis será destinado para as caixas d'águas que ficam abaixo do telhado da escola onde a água do reservatório será usada para armazenar a demanda diária de água consumida em descarga de vaso sanitário, mictórios (figura 11), e limpeza geral do prédio que será feita através de mangueiras que já existem na escola, seu uso será feito através do sistema de distribuição do reservatório ligado a um registro, cortando a água direta da concessionária e utilizando a do reservatório. O sistema de distribuição da água do reservatório para as caixas d'água que ficam em nível superior, será feito normalmente usando a instalação hidráulica já existente, economizando nos gastos com novas instalações.

**Figura 11** - Banheiro da Escola Estadual Princesa Isabel



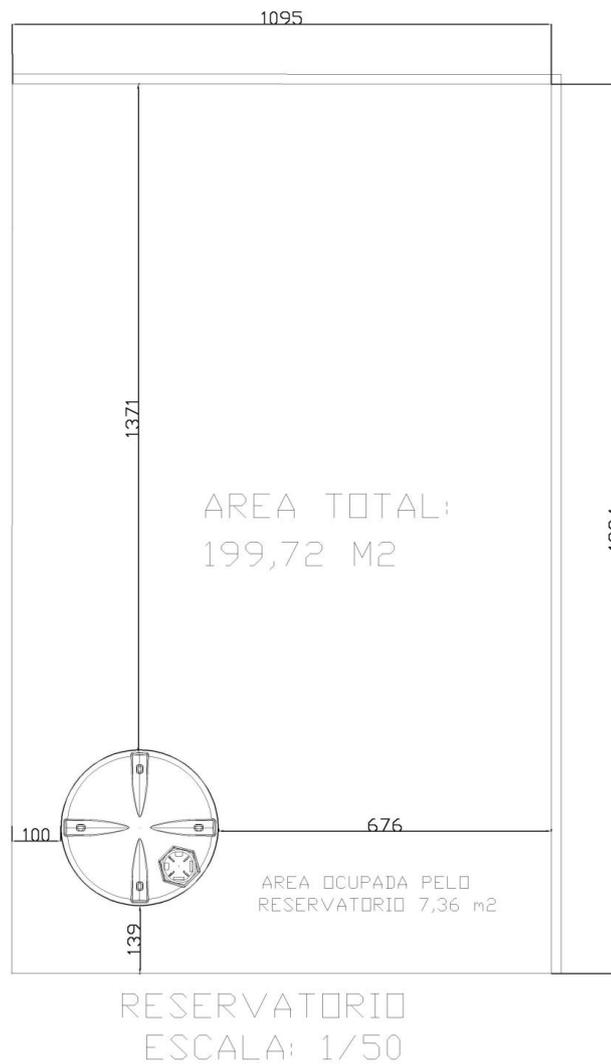
Fonte: Os autores, 2019.

A ligação do reservatório com as caixas d'águas será feita através de canos PVC com diâmetro de 100 para captura da água para o reservatório e de 20 do reservatório para as caixas d'águas, interligando com o cano de fornecimento de água fornecida pela concessionária, interrompendo a passagem da água fornecida pela COPASA e passando a usar a água armazenada no reservatório como mostra as figuras 9 e 10.

#### 4.6.3 Localização do Reservatório.

Após análise, pode constatar que para melhor captação e destinação da água a ser armazenada, a localização ideal para instalação do reservatório de água pluvial fica nos fundos da escola ao lado do refeitório, tendo uma área de 199,72 m<sup>2</sup>, conforme mostra a figura 12.

**Figura 12** - Localização do reservatório.



Fonte: Os autores, 2019.

#### 4.7 CUSTOS E ANÁLISE ECONÔMICA.

A estimativa dos custos de materiais e equipamentos necessários foi feita por meio de uma pesquisa de preço nas maiores lojas de materiais de construção pesquisados na internet, onde verificou-se o preço médio de cada item.

Os materiais orçados e os valores médios pesquisados no mercado dos materiais e serviços orçados, as quantidades e custo total estão apresentados na Tabela 03.

Os custos com mão-de-obra para implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações já existentes, dependendo do tipo de solução adotada, geralmente representam um montante relativamente pequeno em relação ao total do custo de implantação. No caso de obras em fase de projeto, os serviços para instalação de água pluvial tornam-se ainda mais simplificados, uma vez não são necessárias reformas e adequações.

Em vista disso, os custos com mão-de-obra foram obtidos através de uma estimativa de preço realizada por profissionais especializados em execução de projetos hidrossanitários. Verificou-se o custo de execução dos serviços por dias trabalhados.

De acordo com a informações do profissional Fabiano Silva, o custo médio da mão-de-obra de um encanador é R\$ 110,00/dia e custo médio de um ajudante de encanador ou servente de pedreiro é R\$ 70,00/dia, sendo a carga horária de trabalho de 8 horas/dia. O número de dias necessários para a execução dos serviços relativos à implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial varia dependendo das soluções adotadas. Para esse caso, foi estimado por profissionais especializados, um período de aproximadamente 20 dias para a execução da instalação do sistema. Os custos com a implantação do sistema e de seus componentes podem ser visualizados nas tabelas 3 e 4.

**Tabela 3** - Tabela de custos da implantação do sistema

<b>Equipamento ou serviço</b>	<b>Quantidade (unid.)</b>	<b>Custo Unitário</b>	<b>Custo Total</b>
Reservatório de 18.000 litros	1	R\$ 11.535,90	R\$ 11.535,90
Motobomba de ¼ CV	1	R\$ 630,00	R\$ 630,00
Chave de nível com boia flutuante e vareta para os reservatórios	3	R\$ 90,00	R\$ 270,00
Conjunto para sucção com boia flutuante	1	R\$ 380,00	R\$ 380,00
Válvula solenoide	1	R\$ 190,00	R\$ 190,00
Desviador horizontal para as primeiras águas de chuva	3	R\$ 680,00	R\$ 2.040,00
Filtro modelo VF1 Marca 3P Tecnik	3	R\$ 1.750,00	R\$ 5.250,00
Mão-de-obra	20 dias	R\$ 180,0/dia	R\$ 3.600,00
Energia elétrica (operação do sistema)	1,85 h/dia (23 dias/mês)	R\$ 0,24/kW/h	R\$ 5,88
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>23.901,78</b>

Fonte: Mercado Livre, 2019.

**Tabela 4** - Tabela de componentes para instalação do reservatório (base: dezembro, 2019)

<b>COMPONENTES</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>VALOR UNITÁRIO</b>	<b>TOTAL</b>
	100	20	4,00	80,00
TUBO PVC	20	15	1,15	17,25
CURVA 45°	100	4	15,90	63,60
CURVA DE 45	20	4	0,70	2,80
<b>TOTAL</b>				<b>163,65</b>

Fonte: Mercado Livre, 2019.

O valor do frete calculado para envio no endereço Praça Cesário Alvim, 55 – Bairro Centro, na cidade de Caratinga, calculado através do CEP: 35.300-036 foi orçado no valor de 378,96.

A lista de material para instalação do reservatório foi obtida através de consultoria com o profissional Fabiano Silva, bombeiro hidráulico atuante na cidade de Caratinga, qualificado no serviço de instalação de reservatórios em geral.

A instalação predial compreenderá todas as ligações entre o reservatório subterrâneo as caixas d'água existente até os pontos de utilização. Por se tratar de uma edificação concluída, a mesma já dispõe de um projeto hidrossanitário implantado, requerendo dessa maneira adaptação do sistema existente ao proposto neste estudo.

Tendo em vista a presença de tubulação nos pontos de utilização, serão dimensionados somente os comprimentos das novas tubulações, já que a instalação da água proveniente da rede pública será distinta da instalação da água proveniente da chuva.

O quantitativo de materiais necessários para esta reforma foi contabilizado e está englobado ao restante dos quantitativos descritos na tabela 5, apresentada adiante na discriminação de custos.

Os valores contidos nas tabelas 3 e 4, são valores obtidos no site mercado livre, por meio de pesquisas na internet buscando o menor valor, uma vez que a cidade de Caratinga não possui fornecedores com todos os itens necessários, tornando a pesquisa na cidade sem valor finalizado. Mais dois orçamentos foram realizados com os mesmos itens valores para comprovar o menor preço.

O segundo valor obtido foi pela empresa Ferreira Gonçalves, empresa especializada no ramo de material hidráulico com sede na cidade de Belo Horizonte foi a quantia de R\$ 27.898,35 já com frete incluso. Orçamento foi feito pelo site da empresa. A empresa possui loja física e virtual. Descrição dos itens estão no apêndice 8.

Já o terceiro valor orçado foi obtido através da empresa Casa & Construção empresa com sede em São Paulo, sendo loja física e virtual, o valor foi obtido via site

da empresa. Foi obtido o valor de R\$ 28.336,78, já com o frete incluso. Descrição dos itens estão no apêndice 9.

Os clientes da COPASA são classificados de acordo com a natureza do imóvel, e são classificados em quatro categorias: residencial, comercial, industrial e pública (COPASA, 2019). A escola Estadual Princesa Isabel é classificada como pública, neste caso não há cobrança de taxa de esgoto na fatura de água.

Foi verificado o custo médio mensal do m<sup>3</sup> de água cobrado nas faturas de água da Escola Princesa Isabel, dos meses de maio, junho e dezembro do ano de 2018, corresponde ao valor de R\$ 13,78/m<sup>3</sup>, conforme apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5 - Custo médio mensal por m<sup>3</sup>**

Meses	Consumo (m <sup>3</sup> )	Custo (R\$)	Custo/m <sup>3</sup> (R\$)
Mai/2018	184	2.559,54	13,91
Junho/2018	177	2.466,28	13,93
Dezembro/2018	147	1.985,46	13,50
<b>Média</b>	<b>170</b>	<b>2.337,09</b>	<b>13,78</b>

Fonte: Adaptado, 2018.

Assim, através da aplicação da Equação 9 obtida no site da COPASA é possível verificar qual seria o novo custo de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial:

$$CM_{\text{ÁGUA POTÁVEL}} = C_{\text{MENSAL}} * [(1 - P_{\text{ECONOMIA}}) / 100] * V_{\text{COPASA}} \quad (9)$$

Onde:

$CM_{\text{água potável 2}}$  = Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês);

$C_{\text{mensal}}$  = Consumo médio mensal de água no prédio (m<sup>3</sup>/mês);

$P_{\text{economia}}$  = Potencial de economia de água potável obtido através do uso de água pluvial (obtido no programa Netuno) (%);

$V_{\text{COPASA}}$  = Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m<sup>3</sup>).

$$CM_{\text{água potável 2}} = 170 * \left[ \frac{(1 - 35,68)}{100} \right] * 13,78 = R\$ 812,41$$

O próximo passo é verificar a análise de viabilidade econômica para a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi a verificação do período de retorno do investimento.

Inicialmente, foi analisada a diferença entre a média mensal real de água potável e o custo mensal após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial. Esta representa a economia em reais (R\$), relativa ao novo consumo de água, conforme apresentado na Equação 2.

$$E = CM_{\text{POTÁVEL 1}} - (CM_{\text{POTÁVEL 2}} + CM_{\text{ENERGIA ELÉTRICA}}) \quad (2)$$

Onde:

$E$  = Economia monetária de água potável após o uso de água pluvial (R\$/mês);

$CM_{\text{potável 1}}$  = Custo médio mensal de água potável atual antes da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (média dos meses de maio, junho e dezembro de 2018) (R\$/mês);

$CM_{\text{potável 2}}$  = Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês);

$CM_{\text{energia elétrica}}$  = Custo mensal da energia elétrica para o funcionamento do sistema de bombeamento de água pluvial (R\$).

$$E = 2.337,09 - (812,41 + 5,88) = R\$ 1.518,80$$

A economia média analisada após implantação do sistema de armazenamento de água pluvial é R\$ 1.518,80, sendo que o investimento para implantação do sistema foi avaliado em R\$ 24.444,39. O tempo de retorno do valor investido é de 17 meses.

Segundo Citadin (2010), o custo do reservatório representaria a maior parte do custo total de implantação e seriam necessários novos estudos para determinação de soluções alternativas de baixo custo para a substituição do mesmo.

Bertolo (2006) cita como principais vantagens da utilização de águas pluviais a redução do consumo de água potável e do custo de fornecimento da mesma e a melhor distribuição da carga de água da chuva no sistema de drenagem urbana, o que ajuda a controlar as cheias.

Em seu item 5.1, a NBR 15527 apresenta a seguinte redação: Deve-se realizar manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva de acordo com a Tabela 6.

**Tabela 6** - Frequência de Manutenção.

IITEM	PRAZO
Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção Mensal Limpeza Trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Mensal

Fonte: NBR 15527, (ABNT2007).

A mão de obra utilizada na manutenção do reservatório será do zelador da escola, não acrescentando custos a escola, tendo em vista, que o mesmo faz parte da folha de pagamento da escola.

## 5 CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, o trabalho apresentou uma grande contribuição para a viabilidade da implantação do sistema de captação de água pluvial da Escola Estadual Princesa Isabel. Para o dimensionamento do volume do reservatório através dos métodos sugeridos na NBR 15.527/07, foi utilizado o método Prático de brasileiro Azevedo, apresentando um volume com bom potencial de utilização de água da chuva (35,68%), conseguindo atender boa parte da demanda de uso para fins não potáveis da Escola Estadual Princesa Isabel. Utilizando o software Netuno 4.0, a simulação gerou um volume de 18.000 litros para o reservatório, com potencial de utilização, atendendo a demanda de água para fins não potáveis na Escola Estadual Princesa Isabel.

Com base nos resultados encontrados referente ao dimensionamento do volume do reservatório o sistema de aproveitamento de água pluvial trará resultados positivos para a Escola Estadual Princesa Isabel, uma vez que o reservatório dimensionado seria capaz de atender toda demanda de aparelhos sanitários e pias da escola, durante todo ano. Diante do cenário recente da escassez da água, projetos de aproveitamento de água de chuva se tornam uma boa opção para redução do consumo deste recurso, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e contribuindo para a diminuição do custo de fornecimento da mesma.

Além desses levantamentos, foi feita uma análise de viabilidade econômica da implantação do sistema de armazenamento de águas pluviais. Foram levantados, através de uma pesquisa de mercado realizada, os preços médios atuais dos materiais, equipamentos e mão-de-obra, entre outros custos. Desta maneira, o custo total de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi orçado em R\$ R\$ 24.444,39. Por fim, com base na economia mensal que chegou ao valor de R\$ 1.518,80 de água potável gerada e no custo total de implantação do sistema, avalia que o período de retorno do investimento é de 17 meses.

Portanto, com o presente estudo constatou-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial na Escola Estadual Princesa Isabel mostrou-se economicamente viável, pois proporcionaria grande potencial de economia de água potável, trazendo benefícios financeiros em médio prazo e benefícios ambientais imediatos por preservar os recursos hídricos da região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em 05 de nov. de 2019.

AQUÍFERO GUARANI. **Aquífero Guarani**. 2007 Disponível em: <http://www.oaquifero guarani.com.br>. Acesso em nov. de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

BERTOLO, Elizabete J. P. Aproveitamento da água da chuva em edificações. 2006. 174 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2006.

BROWN, C.; JAN G.; COLLEY, S.; KRISHNA, H. J. **The Texas Mensal on Rainwater Harvesting**. Texas Water Development Board. Third Edition. Austin, Texas, 2005. Disponível em: [http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainwaterHarvestingMmensal\\_3rdedition.pdf](http://www.twdb.state.tx.us/publications/reports/RainwaterHarvestingMmensal_3rdedition.pdf) Acesso em 20 out 2019.

CASA EFICIENTE. Uso racional da água – Sistema de aproveitamento de água pluvial. Disponível em: <http://www.casaeficiente.com.br>. Acessado em junho de 2007.

CITADIN, Diego Damiani. Estudo da viabilidade econômica do aproveitamento de água da chuva na escola municipal Parque Avenida de Praia Grande. 2010.64f. Monografia (Conclusão do Curso) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma. Disponível em: <http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000043/000043E5.pdf> Acesso em: 20 Out. 2019.

FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reuso de Águas Cinzas para Fins não Potáveis em um Condomínio Residencial Localizado em Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em

Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2005

GHISI, E. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater and Greywater in a Multi-storey Residential Building in Southern Brazil. **Building and Environment**. v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2006.

INMET. Estação meteorológica de observação de superfície automática. Caratinga. 2017. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em 20 de out. 2019.

MANO, R. S. **Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins Não Potáveis, em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade Técnica e dos Benefícios do Sistema**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2004.

MANO, R. S.; SCHMITT, C. M. Captação Residencial de Água Pluvial, para Fins Não Potáveis, em Porto Alegre: Aspectos Básicos da Viabilidade Técnica e dos Benefícios do Sistema. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, **Anais....**CD Rom, 2004.

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

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br>. Acesso em 05 novembro de 2019.

ROCHA, V.L. **Análise comparativa entre o método de Rippl e o programa computacional Netuno para dimensionamento de reservatórios destinados ao armazenamento de águas pluviais.** Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água em Edificações, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

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

SILVA, G. S.; TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. Implantação de Programas de Uso Racional da Água em Campi Universitários. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, **Anais....**CD Rom, 2004

SIMIONI, W. I.; GHISI, E.; GÓMEZ L. A. Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, **Anais....** CD Rom, 2004.

SITE. Casa & Construção. 2019. Disponível em < <https://www.cec.com.br/material-hidraulico>>. Acesso em: 01 de dez. de 2019.

SITE. Ferreira Gonçalves. 2019. Disponível em <https://cfg.com.br/>. Acesso em: 01 de dez. de 2019.

SITE. Mercado Livre. 2019. Disponível em: < <https://www.mercadolivre.com.br/>> Acesso em: 01 de dez. de 2019

TAMAKI, H.O. A Medição Setorizada como Instrumento de Gestão da Demanda de Água em Sistemas Prediais - Estudo de Caso: Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003. 151p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

TOMAZ, P. **A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água.** Navegar Editora, São Paulo, 2001a.

**TOMAZ, P.** Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. Navegar Editora, São Paulo, 2003.

**TOMAZ, P.** **Previsão de Consumo de Água – Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os serviços Públicos.** Navegar Editora, São Paulo, 2001b.

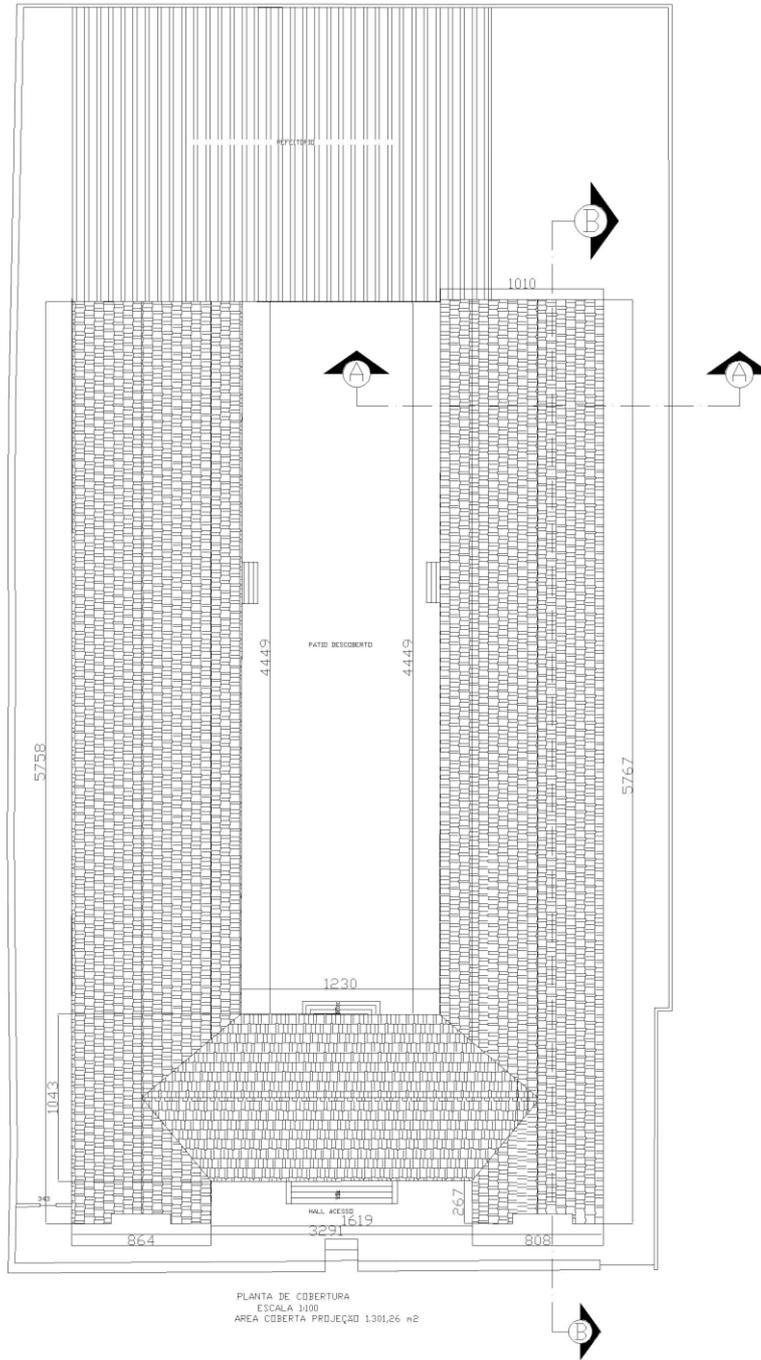
UNIÁGUA. Universidade da água. **Água no Planeta.** Disponível em: <http://www.uniagua.org.br>. Acesso em 05 de nov. 2019.

WERNECK, G. A. M.; BASTOS, L. E. G. A Água da Chuva Como Fonte de Recursos Hídricos para as Escolas de Barra do Piraí e os Reflexos para o Sistema Municipal de Abastecimento. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 11º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, **Anais....CD Rom**, 2006.

YWASHIMA, L. A.; ILHA, M. S. O.; CRAVEIRO, S. G.; GONÇALVES, O. M. Método para Avaliação da Percepção dos Usuários para o Uso Racional de água em Escolas. CLACS' 04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, - 11º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, **Anais....CD Rom**, 2006.

# APÊNDICE 1

## Planta baixa do telhado da Escola Princesa Isabel



Fonte: Os autores, 2019.

## APÊNDICE 2

### Dados pluviométricos de janeiro a dezembro de 2017.

Janeiro				Fevereiro			
Estação	Data	Hora	Precipitação	Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/01/2017	12:00:00	0	83592	01/02/2017	12:00:00	0
83592	02/01/2017	12:00:00	0	83592	02/02/2017	12:00:00	0
83592	03/01/2017	12:00:00	0	83592	03/02/2017	12:00:00	0.1
83592	04/01/2017	12:00:00	0	83592	04/02/2017	12:00:00	11.1
83592	05/01/2017	12:00:00	0	83592	05/02/2017	12:00:00	47.7
83592	06/01/2017	12:00:00	0	83592	06/02/2017	12:00:00	2.9
83592	07/01/2017	12:00:00	0	83592	07/02/2017	12:00:00	9.4
83592	08/01/2017	12:00:00	0	83592	08/02/2017	12:00:00	31.5
83592	09/01/2017	12:00:00	0	83592	09/02/2017	12:00:00	10.9
83592	10/01/2017	12:00:00	0	83592	10/02/2017	12:00:00	1
83592	11/01/2017	12:00:00	0	83592	11/02/2017	12:00:00	1.9
83592	12/01/2017	12:00:00	18	83592	12/02/2017	12:00:00	0.2
83592	13/01/2017	12:00:00	23.5	83592	13/02/2017	12:00:00	0.2
83592	14/01/2017	12:00:00	4.2	83592	14/02/2017	12:00:00	1.6
83592	15/01/2017	12:00:00	46.2	83592	15/02/2017	12:00:00	1.2
83592	16/01/2017	12:00:00	4.2	83592	16/02/2017	12:00:00	0
83592	17/01/2017	12:00:00	0	83592	17/02/2017	12:00:00	0
83592	18/01/2017	12:00:00	0	83592	18/02/2017	12:00:00	0
83592	19/01/2017	12:00:00	0	83592	19/02/2017	12:00:00	0
83592	20/01/2017	12:00:00	0	83592	20/02/2017	12:00:00	0
83592	21/01/2017	12:00:00	0	83592	21/02/2017	12:00:00	0
83592	22/01/2017	12:00:00	0	83592	22/02/2017	12:00:00	0
83592	23/01/2017	12:00:00	0	83592	23/02/2017	12:00:00	0
83592	24/01/2017	12:00:00	0	83592	24/02/2017	12:00:00	0
83592	25/01/2017	12:00:00	0	83592	25/02/2017	12:00:00	0
83592	26/01/2017	12:00:00	0	83592	26/02/2017	12:00:00	0
83592	27/01/2017	12:00:00	0	83592	27/02/2017	12:00:00	0
83592	28/01/2017	12:00:00	0	83592	28/02/2017	12:00:00	3.6
83592	29/01/2017	12:00:00	0				
83592	30/01/2017	12:00:00	0				
83592	31/01/2017	12:00:00	0				
Total da precipitação = mm			96.1	Total da precipitação = mm			123.3

Fonte: INMET, 2017.

**Dados pluviométricos de janeiro a dezembro de 2017.**

Março				Abril			
Estação	Data	Hora	Precipitação	Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/03/2017	12:00:00	17.8	83592	01/04/2017	12:00:00	0
83592	02/03/2017	12:00:00	0	83592	02/04/2017	12:00:00	0
83592	03/03/2017	12:00:00	0	83592	03/04/2017	12:00:00	0
83592	04/03/2017	12:00:00	0	83592	04/04/2017	12:00:00	0
83592	05/03/2017	12:00:00	0	83592	05/04/2017	12:00:00	0
83592	06/03/2017	12:00:00	0	83592	06/04/2017	12:00:00	0
83592	07/03/2017	12:00:00	0	83592	07/04/2017	12:00:00	0
83592	08/03/2017	12:00:00	6.4	83592	08/04/2017	12:00:00	0
83592	09/03/2017	12:00:00	13.9	83592	09/04/2017	12:00:00	0
83592	10/03/2017	12:00:00	0.5	83592	10/04/2017	12:00:00	0
83592	11/03/2017	12:00:00	0	83592	11/04/2017	12:00:00	0
83592	12/03/2017	12:00:00	0	83592	12/04/2017	12:00:00	0.2
83592	13/03/2017	12:00:00	0	83592	13/04/2017	12:00:00	4.9
83592	14/03/2017	12:00:00	0	83592	14/04/2017	12:00:00	2.4
83592	15/03/2017	12:00:00	0	83592	15/04/2017	12:00:00	0.2
83592	16/03/2017	12:00:00	0	83592	16/04/2017	12:00:00	0
83592	17/03/2017	12:00:00	0	83592	17/04/2017	12:00:00	0
83592	18/03/2017	12:00:00	0	83592	18/04/2017	12:00:00	2.7
83592	19/03/2017	12:00:00	0	83592	19/04/2017	12:00:00	6
83592	20/03/2017	12:00:00	12.6	83592	20/04/2017	12:00:00	0
83592	21/03/2017	12:00:00	3.6	83592	21/04/2017	12:00:00	0
83592	22/03/2017	12:00:00	0	83592	22/04/2017	12:00:00	0
83592	23/03/2017	12:00:00	0	83592	23/04/2017	12:00:00	7.6
83592	24/03/2017	12:00:00	0	83592	24/04/2017	12:00:00	23.1
83592	25/03/2017	12:00:00	0	83592	25/04/2017	12:00:00	0
83592	26/03/2017	12:00:00	0	83592	26/04/2017	12:00:00	0
83592	27/03/2017	12:00:00	5.2	83592	27/04/2017	12:00:00	0
83592	28/03/2017	12:00:00	23.3	83592	28/04/2017	12:00:00	19.6
83592	29/03/2017	12:00:00	10.5	83592	29/04/2017	12:00:00	0.4
83592	30/03/2017	12:00:00	0.2	83592	30/04/2017	12:00:00	0
83592	31/03/2017	12:00:00	0				
Total da precipitação (mm)=			94	Total da precipitação (mm)=			67.1

Fonte: INMET, 2017.

**Dados pluviométricos de janeiro a dezembro de 2017.**

Maio			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/05/2017	12:00:00	0
83592	02/05/2017	12:00:00	0
83592	03/05/2017	12:00:00	0
83592	04/05/2017	12:00:00	0
83592	05/05/2017	12:00:00	0
83592	06/05/2017	12:00:00	0
83592	07/05/2017	12:00:00	2.4
83592	08/05/2017	12:00:00	0
83592	09/05/2017	12:00:00	0
83592	10/05/2017	12:00:00	0
83592	11/05/2017	12:00:00	0
83592	12/05/2017	12:00:00	0
83592	13/05/2017	12:00:00	0
83592	14/05/2017	12:00:00	0
83592	15/05/2017	12:00:00	0
83592	16/05/2017	12:00:00	0
83592	17/05/2017	12:00:00	10.7
83592	18/05/2017	12:00:00	0
83592	19/05/2017	12:00:00	0
83592	20/05/2017	12:00:00	3.7
83592	21/05/2017	12:00:00	1.1
83592	22/05/2017	12:00:00	0
83592	23/05/2017	12:00:00	0.3
83592	24/05/2017	12:00:00	0
83592	25/05/2017	12:00:00	0
83592	26/05/2017	12:00:00	2.4
83592	27/05/2017	12:00:00	0
83592	28/05/2017	12:00:00	0
83592	29/05/2017	12:00:00	0
83592	30/05/2017	12:00:00	0
83592	31/05/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			20.6

Junho			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/06/2017	12:00:00	0
83592	02/06/2017	12:00:00	0
83592	03/06/2017	12:00:00	0.4
83592	04/06/2017	12:00:00	0.2
83592	05/06/2017	12:00:00	0
83592	06/06/2017	12:00:00	0
83592	07/06/2017	12:00:00	0
83592	08/06/2017	12:00:00	0
83592	09/06/2017	12:00:00	0
83592	10/06/2017	12:00:00	0
83592	11/06/2017	12:00:00	0.8
83592	12/06/2017	12:00:00	1.6
83592	13/06/2017	12:00:00	0
83592	14/06/2017	12:00:00	0
83592	15/06/2017	12:00:00	7.1
83592	16/06/2017	12:00:00	0
83592	17/06/2017	12:00:00	0
83592	18/06/2017	12:00:00	0
83592	19/06/2017	12:00:00	0
83592	20/06/2017	12:00:00	0
83592	21/06/2017	12:00:00	0
83592	22/06/2017	12:00:00	0
83592	23/06/2017	12:00:00	0
83592	24/06/2017	12:00:00	0
83592	25/06/2017	12:00:00	1.1
83592	26/06/2017	12:00:00	0
83592	27/06/2017	12:00:00	0
83592	28/06/2017	12:00:00	6.7
83592	29/06/2017	12:00:00	0
83592	30/06/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			17.9

Fonte: INMET, 2017.

### Dados pluviométricos de janeiro a dezembro de 2017

Julho			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/07/2017	12:00:00	0
83592	02/07/2017	12:00:00	0
83592	03/07/2017	12:00:00	0
83592	04/07/2017	12:00:00	0
83592	05/07/2017	12:00:00	0
83592	06/07/2017	12:00:00	0
83592	07/07/2017	12:00:00	0
83592	08/07/2017	12:00:00	0
83592	09/07/2017	12:00:00	0
83592	10/07/2017	12:00:00	0
83592	11/07/2017	12:00:00	0
83592	12/07/2017	12:00:00	0
83592	13/07/2017	12:00:00	0
83592	14/07/2017	12:00:00	0
83592	15/07/2017	12:00:00	0.3
83592	16/07/2017	12:00:00	0
83592	17/07/2017	12:00:00	1.4
83592	18/07/2017	12:00:00	1.8
83592	19/07/2017	12:00:00	0
83592	20/07/2017	12:00:00	0
83592	21/07/2017	12:00:00	0.3
83592	22/07/2017	12:00:00	0
83592	23/07/2017	12:00:00	0.5
83592	24/07/2017	12:00:00	0
83592	25/07/2017	12:00:00	0.2
83592	26/07/2017	12:00:00	0
83592	27/07/2017	12:00:00	0
83592	28/07/2017	12:00:00	0
83592	29/07/2017	12:00:00	0
83592	30/07/2017	12:00:00	0.2
83592	31/07/2017	12:00:00	0.6
Total da precipitação (mm)=			5.3

Agosto			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/08/2017	12:00:00	0.8
83592	02/08/2017	12:00:00	0
83592	03/08/2017	12:00:00	0
83592	04/08/2017	12:00:00	0
83592	05/08/2017	12:00:00	0
83592	06/08/2017	12:00:00	0
83592	07/08/2017	12:00:00	0
83592	08/08/2017	12:00:00	0
83592	09/08/2017	12:00:00	0
83592	10/08/2017	12:00:00	0
83592	11/08/2017	12:00:00	0.3
83592	12/08/2017	12:00:00	0.1
83592	13/08/2017	12:00:00	0
83592	14/08/2017	12:00:00	0
83592	15/08/2017	12:00:00	0
83592	16/08/2017	12:00:00	0
83592	17/08/2017	12:00:00	0
83592	18/08/2017	12:00:00	0
83592	19/08/2017	12:00:00	0
83592	20/08/2017	12:00:00	0
83592	21/08/2017	12:00:00	0
83592	22/08/2017	12:00:00	0
83592	23/08/2017	12:00:00	0
83592	24/08/2017	12:00:00	0
83592	25/08/2017	12:00:00	0
83592	26/08/2017	12:00:00	0
83592	27/08/2017	12:00:00	0
83592	28/08/2017	12:00:00	0
83592	29/08/2017	12:00:00	0
83592	30/08/2017	12:00:00	0
83592	31/08/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			1.2

Fonte: INMET, 2017

### Dados pluviométricos de janeiro a dezembro de 2017

Setembro			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/09/2017	12:00:00	0
83592	02/09/2017	12:00:00	0
83592	03/09/2017	12:00:00	0
83592	04/09/2017	12:00:00	0
83592	05/09/2017	12:00:00	0
83592	06/09/2017	12:00:00	0
83592	07/09/2017	12:00:00	0
83592	08/09/2017	12:00:00	0
83592	09/09/2017	12:00:00	0
83592	10/09/2017	12:00:00	0.3
83592	11/09/2017	12:00:00	0
83592	12/09/2017	12:00:00	0
83592	13/09/2017	12:00:00	0
83592	14/09/2017	12:00:00	0
83592	15/09/2017	12:00:00	0
83592	16/09/2017	12:00:00	0
83592	17/09/2017	12:00:00	0
83592	18/09/2017	12:00:00	0
83592	19/09/2017	12:00:00	0
83592	20/09/2017	12:00:00	0
83592	21/09/2017	12:00:00	0
83592	22/09/2017	12:00:00	0
83592	23/09/2017	12:00:00	0
83592	24/09/2017	12:00:00	0
83592	25/09/2017	12:00:00	0
83592	26/09/2017	12:00:00	0
83592	27/09/2017	12:00:00	0
83592	28/09/2017	12:00:00	0
83592	29/09/2017	12:00:00	0
83592	30/09/2017	12:00:00	0
Total da precipitação (mm)=			0.3

Outubro			
Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/10/2017	12:00:00	23
83592	02/10/2017	12:00:00	0
83592	03/10/2017	12:00:00	0
83592	04/10/2017	12:00:00	0
83592	05/10/2017	12:00:00	3.8
83592	06/10/2017	12:00:00	0
83592	07/10/2017	12:00:00	0
83592	08/10/2017	12:00:00	0
83592	09/10/2017	12:00:00	0
83592	10/10/2017	12:00:00	0
83592	11/10/2017	12:00:00	0
83592	12/10/2017	12:00:00	0
83592	13/10/2017	12:00:00	0
83592	14/10/2017	12:00:00	0
83592	15/10/2017	12:00:00	0
83592	16/10/2017	12:00:00	0
83592	17/10/2017	12:00:00	0
83592	18/10/2017	12:00:00	0.8
83592	19/10/2017	12:00:00	0
83592	20/10/2017	12:00:00	0
83592	21/10/2017	12:00:00	0
83592	22/10/2017	12:00:00	0
83592	23/10/2017	12:00:00	0
83592	24/10/2017	12:00:00	0
83592	25/10/2017	12:00:00	0
83592	26/10/2017	12:00:00	0
83592	27/10/2017	12:00:00	0
83592	28/10/2017	12:00:00	5.4
83592	29/10/2017	12:00:00	0
83592	30/10/2017	12:00:00	9.8
83592	31/10/2017	12:00:00	10
Total da precipitação (mm)=			52.8

Fonte: INMET, 2017.

### Dados pluviométricos de janeiro a dezembro de 2017

Novembro				Dezembro			
Estação	Data	Hora	Precipitação	Estação	Data	Hora	Precipitação
83592	01/11/2017	12:00:00	56.4	83592	01/12/2017	12:00:00	5.1
83592	02/11/2017	12:00:00	8	83592	02/12/2017	12:00:00	164.9
83592	03/11/2017	12:00:00	0	83592	03/12/2017	12:00:00	6.1
83592	04/11/2017	12:00:00	0	83592	04/12/2017	12:00:00	2.4
83592	05/11/2017	12:00:00	0	83592	05/12/2017	12:00:00	7.1
83592	06/11/2017	12:00:00	14.1	83592	06/12/2017	12:00:00	0.5
83592	07/11/2017	12:00:00	3.7	83592	07/12/2017	12:00:00	5
83592	08/11/2017	12:00:00	0	83592	08/12/2017	12:00:00	0.8
83592	09/11/2017	12:00:00	1.6	83592	09/12/2017	12:00:00	17.4
83592	10/11/2017	12:00:00	0.2	83592	10/12/2017	12:00:00	5
83592	11/11/2017	12:00:00	8.6	83592	11/12/2017	12:00:00	0.5
83592	12/11/2017	12:00:00	3	83592	12/12/2017	12:00:00	23.9
83592	13/11/2017	12:00:00	0	83592	13/12/2017	12:00:00	0
83592	14/11/2017	12:00:00	0	83592	14/12/2017	12:00:00	4.6
83592	15/11/2017	12:00:00	0	83592	15/12/2017	12:00:00	0.2
83592	16/11/2017	12:00:00	0	83592	16/12/2017	12:00:00	0
83592	17/11/2017	12:00:00	0	83592	17/12/2017	12:00:00	0
83592	18/11/2017	12:00:00	0	83592	18/12/2017	12:00:00	0
83592	19/11/2017	12:00:00	0	83592	19/12/2017	12:00:00	0
83592	20/11/2017	12:00:00	11.1	83592	20/12/2017	12:00:00	2.6
83592	21/11/2017	12:00:00	1.8	83592	21/12/2017	12:00:00	0
83592	22/11/2017	12:00:00	4	83592	22/12/2017	12:00:00	0
83592	23/11/2017	12:00:00	15.3	83592	23/12/2017	12:00:00	0
83592	24/11/2017	12:00:00	42.3	83592	24/12/2017	12:00:00	0
83592	25/11/2017	12:00:00	3.4	83592	25/12/2017	12:00:00	0
83592	26/11/2017	12:00:00	0.9	83592	26/12/2017	12:00:00	0
83592	27/11/2017	12:00:00	0	83592	27/12/2017	12:00:00	0
83592	28/11/2017	12:00:00	0	83592	28/12/2017	12:00:00	0
83592	29/11/2017	12:00:00	38.4	83592	29/12/2017	12:00:00	0
83592	30/11/2017	12:00:00	0	83592	30/12/2017	12:00:00	0
				83592	31/12/2017	12:00:00	6.6
Total da precipitação (mm)=			212.8	Total da precipitação (mm)=			252.7

Fonte: INMET, 2017.

## APÊNDICE 3

### Dados de consumo fornecidos pela COPASA.

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DE MINAS GERAIS  
RELATÓRIO DE CONSULTA DE CONSUMO POR ESCOLA

REGIÃO: CARATINGA - 6ª SRE  
MUNICÍPIO: CARATINGA  
UNIDADE: EE PRINCESA ISABEL

Nº de Alunos/Turnos 01: 428    Nº de Alunos/Turnos 02: 356    Nº de Alunos/Turnos 03: 286    TOTAL GERAL ALUNOS: 1070

MEDIDOR Nº: A11S 0715661    ENDEREÇO: PCA CESARIO ALVIM, 55

MESES DE REFERÊNCIA PARA MÉDIA: 06/2018 - 08/2018 - 09/2018

MÉDIA (M³): 152,67

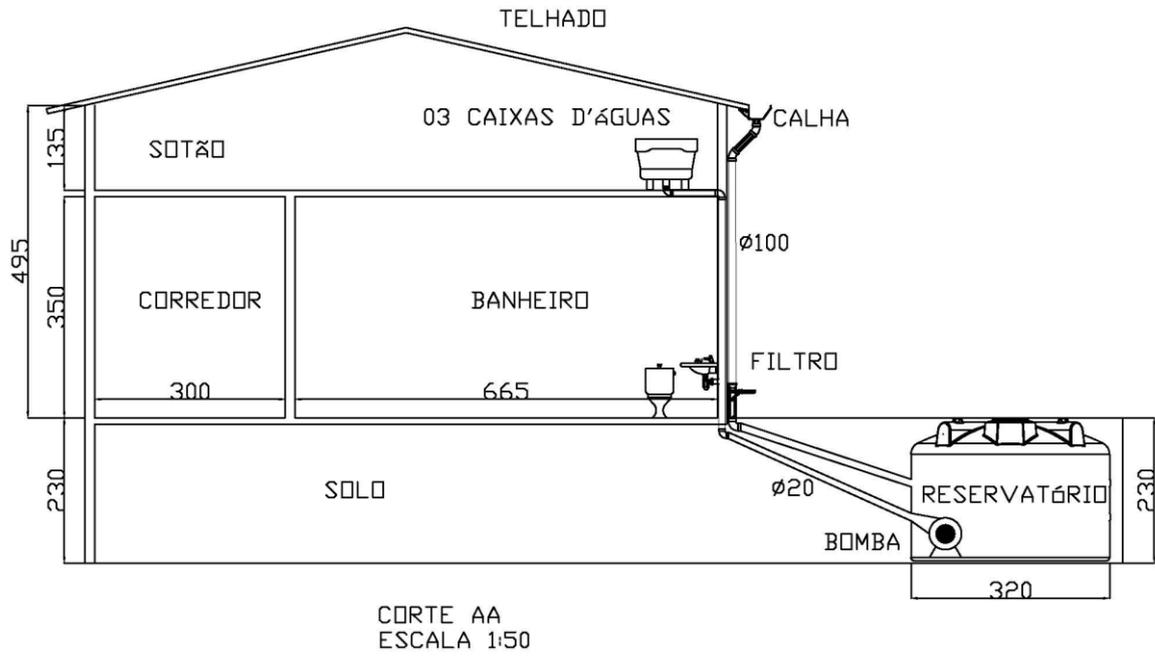
MÊS/ANO	CONSUMO ESCOLA		
	CONSUMO M³	VALOR	% ULTRAPASSADO
12/2018	147	1.985,46	0,00
11/2018	108	1.560,37	0,00
10/2018	125	1.674,24	0,00
09/2018	140	1.911,46	0,00
08/2018	141	2.095,06	0,00
07/2018	121	1.668,73	0,00
06/2018 *	177	2.466,28	70,19
05/2018	184	2.559,54	275,51
04/2018	85	1.131,71	52,69
03/2018	43	544,57	0,00
02/2018	19	221,14	0,00
01/2018	105	1.444,26	0,00



MÊS/ANO    JUSTIFICATIVAS

## APÊNDICE 4

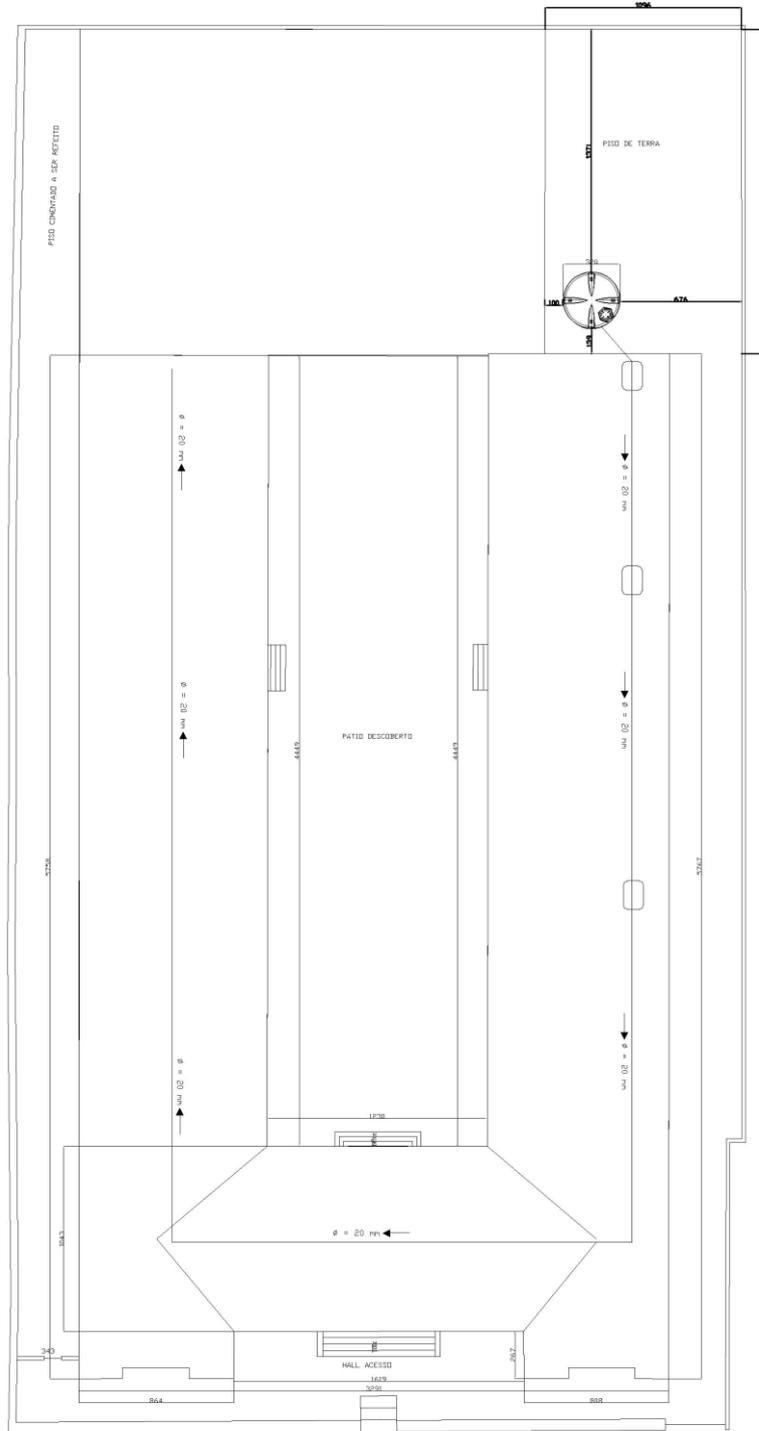
## CORTE AA



Fonte: Os Autores, 2019

# APÊNDICE 5

## LOCALIZAÇÃO DO RESERVATÓRIO

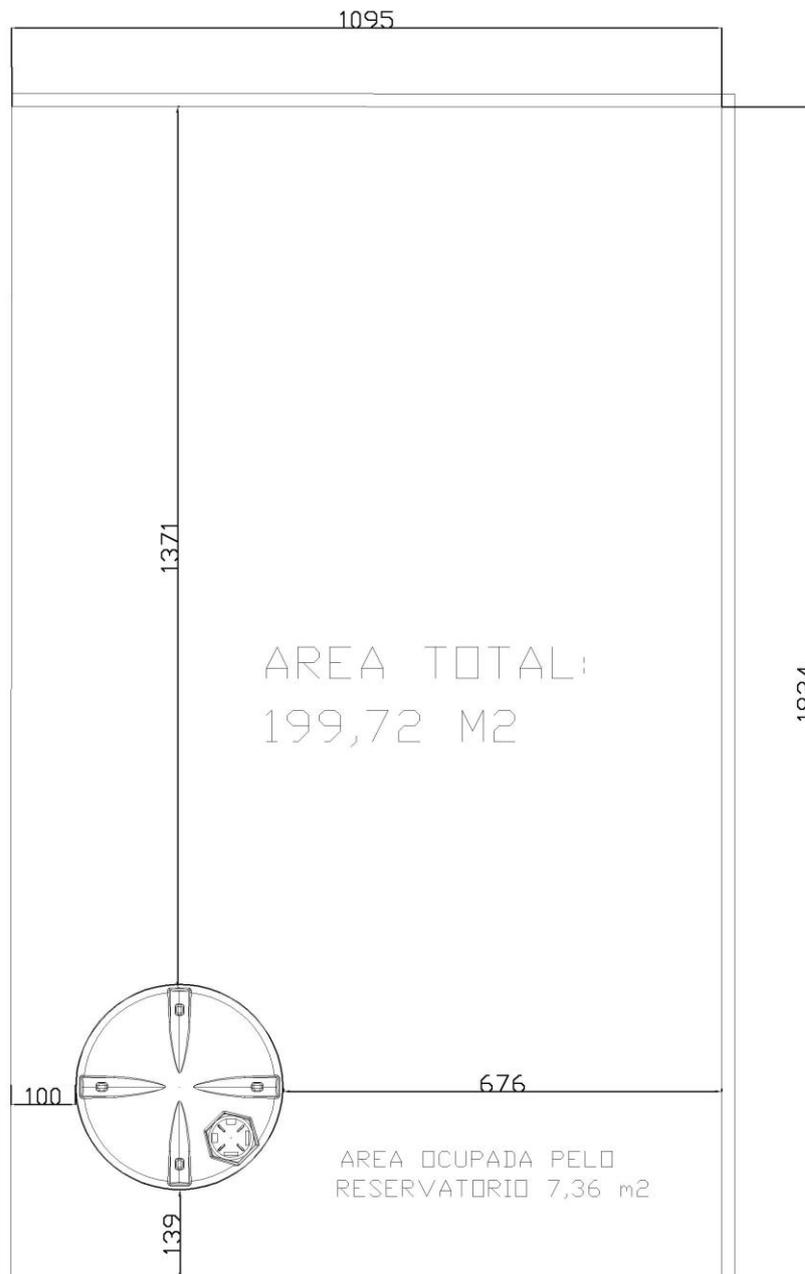


VISTA AEREA  
ESCALA 1:100

Fonte: Os autores, 2019.

## APÊNDICE 6

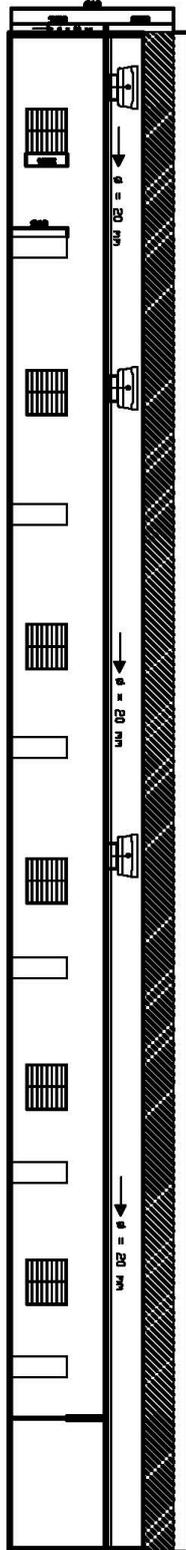
## ÁREA DO RESERVATÓRIO



RESERVATORIO  
ESCALA: 1/50

APÊNDICE 7

CORTE BB



CORTE BB  
ESCALA: 1/100

## APÊNDICE 8

### Orçamento 2

Equipamento ou serviço	Quantidade (unid.)	Custo Unitário	Custo Total
Reservatório de 18.000 litros	1	R\$ 13.414,87	R\$ 13.414,87
Motobomba de ¼ CV	1	R\$ 705,10,00	R\$ 705,10
Chave de nível com boia flutuante e vareta para os reservatórios	3	R\$ 98,00,00	R\$ 294,00
Conjunto para sucção com boia flutuante	1	R\$ 435,10	R\$ 435,10
Válvula solenoide	1	R\$ 242,15	R\$ 242,15
Desviador horizontal para as primeiras águas de chuva	3	R\$ 753,10	R\$ 2.259,30
Filtro modelo VF1 Marca 3P Tecnik	3	R\$ 2.197,52	R\$ 6.291,45
Mão-de-obra	20 dias	R\$ 180,0/dia	R\$ 3.600,00
Energia elétrica (operação do sistema)	1,85 h/dia (23 dias/mês)	R\$ 0,24/kW/h	R\$ 5,88
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>27.247,85</b>

COMPONETES	DIAMETRO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
	100	20	4,80	96,00
TUBO PVC	20	15	1,45	21,75
CURVA 45°	100	4	17,90	71,60
CURVA DE 45	20	4	0,95	3,80
<b>TOTAL</b>				<b>193,15</b>

Valor do frete R\$ 457,35

Fonte: Ferreira Gonçalves, 2019.

## APÊNDICE 9

### Orçamento 3

Equipamento ou serviço	Quantidade (unid.)	Custo Unitário	Custo Total
Reservatório de 18.000 litros	1	R\$ 13.483,33	R\$ 13.483,33
Motobomba de ¼ CV	1	R\$ 715,00	R\$ 715,00
Chave de nível com boia flutuante e vareta para os reservatórios	3	R\$ 99,00	R\$ 297,00
Conjunto para sucção com boia flutuante	1	R\$ 435,00	R\$ 435,00
Válvula solenoide	1	R\$ 237,80	R\$ 237,80
Desviador horizontal para as primeiras águas de chuva	3	R\$ 747,20	R\$ 2.241,60
Filtro modelo VF1 Marca 3P Teknik	3	R\$ 2.215,35	R\$ 6.646,05
Mão-de-obra	20 dias	R\$ 180,0/dia	R\$ 3.600,00
Energia elétrica (operação do sistema)	1,85 h/dia (23 dias/mês)	R\$ 0,24/kW/h	R\$ 5,88
<b>VALOR TOTAL</b>			<b>27.661,66</b>

COMPONETES	DIAMETRO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
	100	20	5,10	102,00
TUBO PVC	20	15	1,50	22,50
CURVA 45°	100	4	18,90	75,60
CURVA DE 45	20	4	1,00	4,80
<b>TOTAL</b>				<b>204,90</b>

Valor do frete R\$ 470,22

Fonte: Casa & Construção, 2019.