

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas
Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental - CEAMB



UFOP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



Roseana Da Conceição Pinto

**DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL: ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE
BERILO/MG**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Ouro Preto, 2018.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas
Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental - CEAMB

Roseana Da Conceição Pinto

**DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL: ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE
BERILO/MG**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental
da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos
requisitos para a obtenção de Grau em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Dr^a Ana Letícia Pilz De Castro

Ouro Preto, Julho de 2018

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas
Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental - CEAMB

FICHA CATALOGRÁFICA

P659d Pinto, Roseana da Conceição.
 Dimensionamento de reservatório para armazenamento de água pluvial
 [manuscrito]: estudo de caso de uma edificação pública na cidade de Berilo/MG
 / Roseana da Conceição Pinto. - 2018.

 61f.: il.: color; grafis; tabs; mapas.

 Orientador: Profa. Dra. Ana Leticia Pilz Castro.

 Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de
 Minas. Departamento de Engenharia Ambiental.

 1. Água pluvial. 2. Água potável. 3. NBR 15527. I. Castro, Ana Leticia Pilz .
 II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 504

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

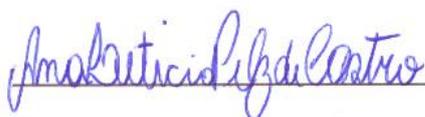
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas
Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental - CEAMB
Campus Universitário Morro do Cruzeiro-S/N - CEP:35400-000 Ouro Preto – MG
Brasil - Tel.: (31) 3559.1542 – e-mail: ceamb@em.ufop.br

Folha de Aprovação

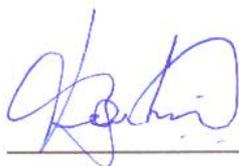
Roseana da Conceição Pinto

DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PLUVIA
ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE BERILO/MG

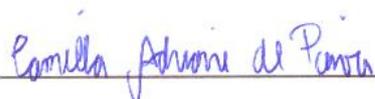
Trabalho Conclusão de Curso defendido e aprovado em 10/07/2018 pela comissão
avaliadora constituída pelos professores:



Ana Letícia Pilz De Castro – UFOP (Orientadora)



Antenor Rodrigues Barbosa Junior - Secretário de Meio Ambiente de Ouro Preto/MG



Camilla Adriane Paiva – Mestranda/UFV

AGRADECIMENTO

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades. À Universidade Federal de Ouro Preto, por ter me recebido de braços abertos e proporcionado um grande aprendizado. Aos professores, pelo esforço, paciência e sabedoria. Foram eles que me deram recursos e ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias, em especial, à minha orientadora, Dr^a Ana Letícia Pilz De Castro, por todo suporte.

É claro que não poderia deixar de agradecer meus pais, pelo amor e incentivo. Sou grata também ao Sávio, que não me deixou ser vencida pelo cansaço e que me estimulou durante toda essa jornada. Meus agradecimentos ao meu irmão, aos meus tios, aos meus avós e amigos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

De acordo com o relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) de 2017, em todo o mundo, cerca de três em cada 10 pessoas (2,1 bilhões) não têm água potável disponível em casa.

O uso consciente da água e os desenvolvimentos de técnicas e de novas políticas públicas têm como objetivo buscar alternativas para se evitar a diminuição da disponibilidade de água potável. O impacto que a escassez de água gera em cidades nas quais este recurso é reduzido é muito grande: impossibilita o seu desenvolvimento e afeta negativamente a qualidade de vida dos cidadãos.

O presente estudo propôs o dimensionamento de um reservatório de armazenamento de água de origem pluvial baseado nos métodos existentes conforme a norma NBR 15527 (2007). A cidade escolhida para a realização desse estudo é o distrito de Leliveldia, pertencente ao município de Berilo/Minas Gerais.

Baseado na literatura, definiu-se dois métodos para aplicação e, através da comparação das respostas que cada um deles apresentou, chegou-se à conclusão de que, para atender a demanda do prédio onde funciona a Unidade Básica de Saúde de Leliveldia, é necessária a implantação de um reservatório de 25m³.

Palavras chaves: água pluvial, água potável, NBR 15527, dimensionamento de água de chuva.

ABSTRACT

According to the report of World Health Organization (WHO) and of United Nations Children's Fund (UNICEF) from 2017, all over the world, around three out of ten people (2,1 billion) don't have any access to drinking water at home.

The conscious water use, the development of techniques and public policies aim to seek alternatives in order to avoid the decrease of drinking water availability. The impact that the water scarcity generates in cities where this resource is reduced is considerable. It hinders its development and affects negatively citizens' quality of life.

This study propounds the sizing of a rainwater reservoir based on current methods according to the regulation NBR 15527 (2007). The town chosen as an object of this study is Leliveldia district, which belongs to Berilo town, in Minas Gerais.

Based on scholarly literature we have defined two methods for application and through the comparison of the answers which each of them presented, we were able to draw the conclusion that in order to meet the water demand of the building where the Unity of Basic Health in Leliveldia is located, it is necessary the implementation of a reservoir sizing 25 cubic meters.

Keywords: Rainwater, Drinking water, NBR 15527, Sizing of rainwater

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Total de água retirada, consumida e retornada no Brasil.....	16
Figura 2: Secas no Brasil de 2013 a 2016.....	17
Figura 3: Sistema de captação de água pluvial.....	24
Figura 4: Representação das dimensões do telhado.....	25
Figura 5: Esquema de instalação da calha e do condutor.....	27
Figura 6: Filtro para remoção de impurezas grosseiras.....	28
Figura 7: Filtro (autolimpante) para remoção de impurezas grosseiras.....	28
Figura 8: Dispositivo de descarte de primeira chuva.....	29
Figura 9: Reservatório sobre o solo.....	31
Figura 10: Reservatório aterrado.....	31
Figura 11: Localização do Município de Berilo/MG.....	35
Figura 12: Catálogo e dimensões de reservatórios.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Disponibilidade hídrica no Brasil.....	18
Tabela 2: Distribuição do uso de água em uma residência nos EUA.....	19
Tabela 3: Distribuição do uso de água em uma residência no Reino Unido.....	20
Tabela 4: Distribuição do uso de água em uma residência na Dinamarca.....	20
Tabela 5: Distribuição do uso de água em uma residência na Colômbia.....	20
Tabela 6: Distribuição do uso de água em um apartamento da USP.....	21
Tabela 7: Uso final de água tratada para consumo doméstico em uma habitação da Companhia de Desenvolvimento Habitacional Urbano.....	21
Tabela 8: Prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil.....	22
Tabela 9: Coeficiente Runoff para cada tipo de telhado.....	26
Tabela 10: Índice de consumo para hospitais.....	37
Tabela 11: Precipitações médias mensais (Berilo/MG).....	38
Tabela 12: Método Rippl.....	42
Tabela 13: Método Simulação.....	44
Tabela 14: Percentual de água potável que pode ser substituída por água pluvial.....	46
Tabela 15: Dimensionamento pelo método Rippl.....	47
Tabela 16: Dimensionamento pelo método da Simulação. Volume fixado em 15m ³	48
Tabela 17: Dimensionamento pelo método da Simulação. Volume fixado em 20m ³	49
Tabela 18: Dimensionamento pelo método da Simulação. Volume fixado em 25m ³	50
Tabela 19 : Tabela de tarifas praticadas pela COPANOR.....	52
Tabela 20: Custo estimado.....	53
Tabela 21: Comparação entre o valor a ser pago após a implantação do reservatório....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e desvantagens de cada material.....	26
Quadro 2: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis...	32
Quadro 3: Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta.....	32
Quadro 4: Frequência de Manutenção.....	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Precipitação em Berilo/MG.....	39
Gráfico 2: Potencial de substituição.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVO.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 CONSUMO DE ÁGUA NO BRASIL	16
3.2 CRISE HÍDRICA NO BRASIL	17
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO USO DE ÁGUA.....	19
3.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA.....	22
3.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO.....	23
3.5.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO.....	24
3.5.2 CALHAS E CONDUTORES.....	26
3.5.3 FILTROS.....	27
3.5.4 RESERVATORIO DE ÁGUA PLUVIAL.....	30
3.6 QUALIDADE DA ÁGUA.....	31
3.7 METODOS DE DIMENSIONAMENTO.....	33
3.6 QUALIDADE DA ÁGUA.....	31
3.7 METODOS DE DIMENSIONAMENTO.....	33
3.7.1 MÉTODO DE RIPPL.....	33
3.7.2 MÉTODO DA SIMULAÇÃO.....	33
3.7.3 MÉTODO AZEVEDO NETO.....	34
3.7.4 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO.....	34
3.7.5 MÉTODO PRÁTICO INGLÊS.....	34
3.7.6 MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO	34
3.7.7 PROGRAMA NETUNO	34
4 METODOLOGIA.....	35

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	35
4.2 LOCAL DE ESTUDO	35
4.3 CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO.....	36
4.4 DEMANDA DE ÁGUA PLUVIAL.....	36
4.5 DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO LOCAL.....	37
4.6 ÁREA DE CAPTAÇÃO.....	39
4.7 DEMANDDA TOTAL A SER SUBSTITUIDA POR ÁGUA PLUVIAL.....	40
4.8 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)	40
4.9 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATORIO.....	41
4.9.1 MÉTODO RIPPL.....	41
4.9.2 METODO SIMULAÇÃO.....	43
5 RESULTADOS	45
5.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO.....	45
5.1.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO.....	45
5.1.2 DEMANDDA TOTAL DE ÁGUA.....	45
5.1.3 PERCENTUAL DA DEMANDDA TOTAL A SER SUBSTITUIDA POR ÁGUA PLUVIAL.....	45
5.2 SIMULAÇÃO PARA RESERVATORIO INFERIOR	46
5.2.1 MÉTODO DE RIPPL.....	46
5.2.2 MÉTODO DA SIMULAÇÃO.....	47
5.3 ANALISE ECONÔMICA.....	51
5.3.1 TARIFA DE ÁGUA E ESGOTO.....	51
5.3.2 INVESTIMENTO.....	53
5.3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES DAS ANALISES ECÔNOMICAS	54
6 CONCLUSÃO.....	55
7 REFERÊNCIAS.....	57
8 ANEXOS.....	60

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para a sobrevivência da vida na Terra. Cerca de 75% da superfície da terrestre é composta por água, sendo que 97,5% é salgada e está situada nos oceanos e mares, e apenas 2,5% é doce. Desses 2,5%, apenas 0,26% é disponível para o consumo humano (ANA, 2005).

O Brasil possui 12% das reservas mundiais, podendo chegar a 18% quando se considera vazões provenientes de territórios estrangeiros que afluem ao país. Como a população brasileira representa 2,8% da população mundial, vislumbra-se uma situação de abundância hídrica no país (ROCHA, 2009). Porém, essa elevada disponibilidade hídrica está concentrada em regiões onde o índice populacional é baixo, ou seja, ocorre um desequilíbrio entre a disponibilidade e a demanda. Além disso, ainda enfrentamos um problema que agrava ainda mais a situação de escassez de água: a contaminação dos recursos hídricos.

Por muitos anos, a humanidade usufruiu dos recursos naturais sem se preocupar com suas disponibilidades ou com suas renovações. Com o crescimento populacional, a aglomeração de pessoas em centros urbanos e o desenvolvimento industrial, a necessidade de consumo desse recurso intensificou-se ainda mais. A água existente no planeta está em constante movimento, o que chamamos de ciclo hidrológico, tornando-a um recurso renovável, entretanto, sua disponibilidade não aumenta conforme a demanda do homem, o que faz da água um recurso esgotável.

Diante dessa situação, de acordo Heberon et al. (2009, p.11), “faz-se necessário a busca por novas relações entre o homem e a água, onde a conscientização das pessoas se torna essencial para minorar os desperdícios e promover o uso racional de água, bem como propostas de aproveitamento, reuso e reciclagem desta água”.

A utilização de água pluvial surge como um meio de conservação da água potável e como uma alternativa para suprir o déficit. Ou seja, com a utilização da água pluvial para fins menos nobres, como rega de jardins, lavagem de calçadas e automóveis, descarga sanitária, entre outros, reduz-se a utilização de água potável, sendo destinada apenas para usos em que se faz necessária a água com boa qualidade, como, por exemplo, ingestão ou higiene pessoal.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é realizar o dimensionamento de um sistema de armazenamento de água pluvial utilizando dois métodos propostos pela norma NBR 15527-2007 (Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos).

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram definidos como objetivos específicos os seguintes pontos:

- ✓ Realizar o levantamento dos métodos existentes para o dimensionamento de reservatório de água de chuva;
- ✓ Dimensionar o reservatório por dois métodos distintos;
- ✓ Realizar um estudo comparativo acerca da economia do consumo de água;
- ✓ Verificar a viabilidade econômica do projeto;

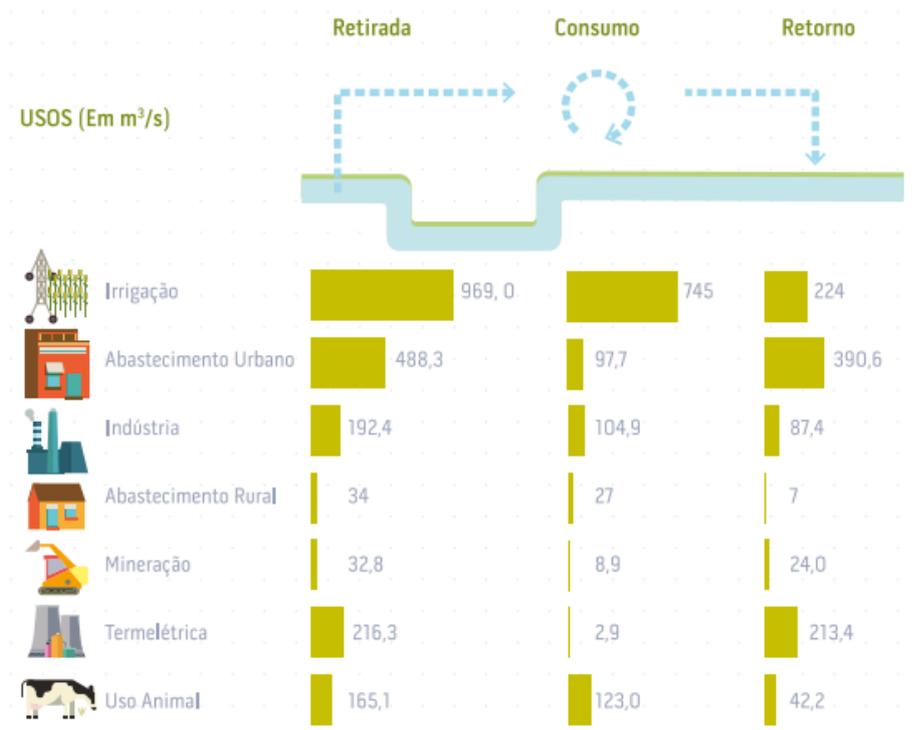
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONSUMO DE ÁGUA NO BRASIL

A água é um recurso natural que possui um enorme valor econômico, ambiental e social. Imprescindível à vida na terra, a água está em toda parte, na atmosfera, nos rios, lagos e oceanos, em lençóis subterrâneos, nas plantas e demais seres vivos. Os principais usos da água são para irrigação, abastecimento humano e animal, industrial, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer.

A maior parte da água doce no Brasil é consumida na agricultura. Segundo o relatório pleno de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017, publicado pela a Agência Nacional de Águas (ANA) no dia 4 de dezembro de 2017, no ano de 2016, o total de água retirado das bacias hidrográficas para diversos setores totalizou o valor de 2097,9 m³/s, onde 969m³/s desse valor foi destinado à irrigação, seguido pelo abastecimento urbano, com cerca de 488,3m³ /s (Figura 1).

Figura 1: Total de água retirada, consumida e retornada em m³/s no Brasil (2016)



2

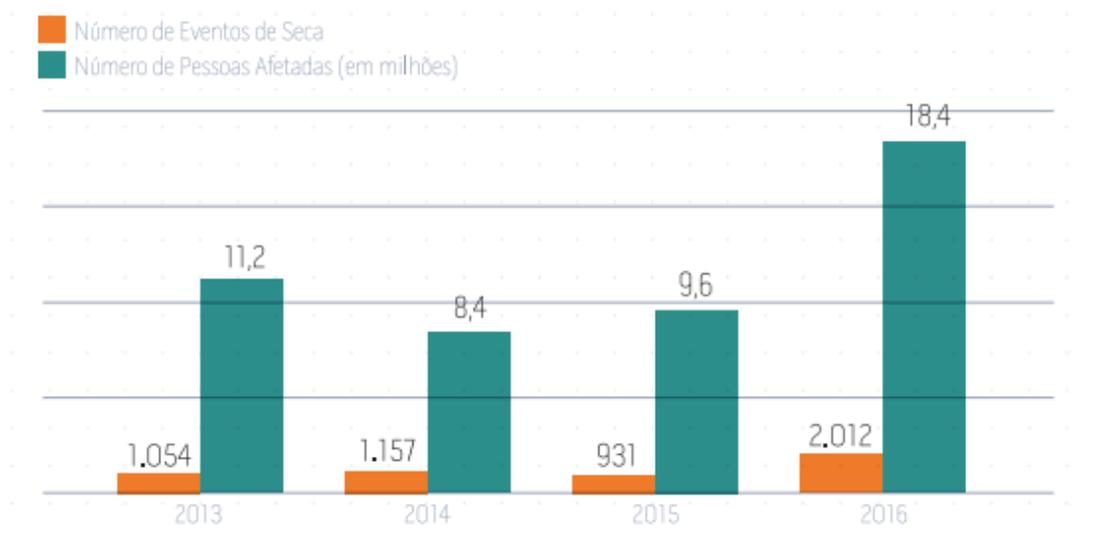
Fonte: Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017.

Parte do volume de água retirada para o consumo humano acaba retornando para o meio ambiente e sua quantidade varia de acordo com a origem de consumo. A irrigação retorna uma pequena quantidade, $743\text{m}^3/\text{s}$ do volume retirado, pois uma parcela da água utilizada é retida pelas plantas, outra parcela evapora, outra infiltra nos solos e somente uma pequena porção escoar e atinge diretamente os corpos d'água. Já o abastecimento urbano retorna um grande volume, $390,6\text{m}^3/\text{s}$ do total retirado, que pode provocar grande impacto ambiental e danos à saúde humana quando é destinado sem tratamento adequado aos corpos hídricos.

3.2 CRISE HÍDRICA NO BRASIL

Com graves problemas de seca em várias regiões brasileiras e a má gestão dos recursos naturais, os reservatórios passaram a apresentar níveis muito baixos e o país passou a vivenciar a maior crise hídrica de sua história. Segundo o relatório Conjuntura 2017, cerca de 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas (duradoura) ou estiagens (passageiras) no território nacional entre 2013 e 2016(Figura 2).

Figura 2: Secas no Brasil de 2013 a 2016.



Fonte: Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017, p. 131.

Além disso, existem dois fatores que contribuem para a escassez de água no Brasil. O primeiro é a questão geográfica, pois, apesar de o país possuir grandes reservas de água por unidade territorial do planeta, elas não estão distribuídas igualmente. A Região Hidrográfica Amazônica, que abrange os estados do Amazonas, Amapá, Acre, Rondônia,

Roraima e parcela do Pará e Mato Grosso, concentra 81% da disponibilidade hídrica do Brasil (Tabela 1).

Tabela 1: Disponibilidade hídrica no Brasil.

<i>DISPONIBILIDADE HÍDRICA DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS</i>		
Região Hidrográfica	Vazão média m ³ /s	Disponibilidade hídrica* Q ₉₅ - m ³ /s
Amazônica	132.145	73.748
Tocantins-Araguaia	13.799	5.447
Atlântico Nordeste Ocidental	2.608	320
Parnaíba	767	379
Atlântico Nordeste Oriental	774	91
São Francisco	2.846	1.886
Atlântico Leste	1.484	305
Atlântico Sudeste	3.162	1.109
Atlântico Sul	4.055	647
Paraná	11.414	5.792
Uruguai	4.103	565
Paraguai	2.359	782
BRASIL	179.516	91.071

Fonte: Atlas Brasil: abastecimento urbano de água - panorama nacional. Vol. 1. ANA, 2010.

O segundo fator está relacionado à questão demográfica, já que a maior parte da população brasileira não está concentrada nas regiões com maior disponibilidade de água. Aproximadamente 45% da população urbana do país está concentrada nas Regiões Hidrográficas do Atlântico Leste, Nordeste Ocidental, Nordeste Oriental, Sudeste e sul (regiões litorâneas), que são responsáveis por apenas 3% da disponibilidade hídrica. A Região Hidrográfica do Paraná, que representa 6% da disponibilidade hídrica, concentra 36% da população urbana.

Diante desse problema que afeta diretamente grande parte da população brasileira, é cada vez mais necessário o uso consciente da água e o desenvolvimento de técnicas e políticas que tenham o objetivo de evitar a diminuição da disponibilidade de água potável e incentivar o

aproveitamento da água da chuva. Esta última possui um grande potencial de reuso, mas acaba sendo desperdiçada por muitos.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO USO DE ÁGUA

Em uma residência, utilizamos água potável para diversos fins, tais como: preparo de alimentos, ingestão, higiene pessoal, lavagem de roupas, uso em descargas sanitárias, limpeza da residência, manutenção de jardins, entre outros. Sendo que uma parcela do consumo dessa água é utilizada para atividades que não requerem potabilidade, tais como: descargas sanitárias, regas de jardins, lavagens de carros, lavagens de pátios e áreas molhadas, ações para as quais pode ser utilizada a água proveniente do reaproveitamento da chuva. Existem muitos estudos a fim de caracterizar os usos finais de água, tanto para o uso doméstico quanto para o industrial. As tabelas 2, 3, 4 e 5 apresentam resultados de estudos sobre o consumo de água residencial de alguns países. Nesses estudos, fica evidente que o consumo apresenta variações, isso se deve a condições climáticas e diversidades culturais, econômicas e sociais.

Tabela 2: Distribuição do uso de água em uma residência nos EUA

TIPOS DE USO DA ÁGUA	PORCENTAGEM (%)
Descarga na bacia sanitária	27
Chuveiro	17
Lavagem de roupa	22
Vazamento em geral	14
Lavagem de pratos	2
Torneiras	16
Outros	2
Total	100
Total não potável	49

Fonte: VIEIRA, 2012.

Tabela 3: Distribuição do uso de água em uma residência no Reino Unido.

TIPOS DE USO DA ÁGUA	PORCENTAGEM (%)
Descarga na bacia sanitária	37
Banhos e lavatórios	37
Lavagem de roupa	11
Lavagem de pratos	11
Preparação de alimentos	4
Total	100
Total não potável	48

Fonte:Fonte: SABESP, 2007

Tabela 4: Distribuição do uso de água em uma residência na Dinamarca.

TIPOS DE USO DA ÁGUA	PORCENTAGEM (%)
Alimentação	5
Banho	20
Higiene Pessoal	10
Vaso Sanitário	20
Lavagem de pratos	15
Lavagem de roupas	20
Lavagem de carros e jardins	10
Total	100
Total não potável	45

Fonte: TOMAZ, 2009.

Tabela 5: Distribuição do uso de água em uma residência na Colômbia.

TIPOS DE USO DA ÁGUA	PORCENTAGEM (%)
Descarga na bacia sanitária	40
Duchas	30
Limpeza	15
Cozinha	5
Lavagem de Louças/mão	10
Total	100

Fonte: SABESP, 2007

A Universidade de São Paulo e Instituto de Pesquisas Tecnológicas realizaram um estudo em que mostram o consumo de duas residências: o primeiro trata-se de um apartamento da USP e o segunda é uma habitação da Companhia de Desenvolvimento Habitacional Urbano. Os resultados estão demonstrados na Tabela 6 e 7 e é possível perceber que houve uma grande variação de consumo, fato que se deve a mudança do perfil dos usuários.

Tabela 6: Distribuição do uso de água em um apartamento da USP.

TIPOS DE USO DA ÁGUA	PORCENTAGEM (%)
Vaso Sanitário	29
Chuveiro	28
Pia da cozinha	17
Máquina de lavar roupa	9
Lavatório	6
Tanque	6
Maquia de lavar louça	9
Total	100
Total não potável	44

Fonte: DECA (2007)

Tabela 7: Uso final de água tratada para consumo doméstico em uma habitação da Companhia de Desenvolvimento Habitacional Urbano.

TIPOS DE USO DA ÁGUA	PORCENTAGEM (%)
Vaso Sanitário	5
Chuveiro	54
Pia da cozinha	17
Máquina de lavar roupa	4
Lavatório	7
Tanque	10
Maquia de lavar louça	3
Total	100
Total não potável	19

Fonte: DECA (2007).

Através das tabelas 2, 3, 4 e 5 e 6 apresentadas anteriormente, é possível ver que uma parcela significativa do consumo de água é direcionada para atividades em que não é imprescindível o uso de água potável, como descarga sanitária. Cerca de 45% a 50%, ou seja, quase a metade do consumo total de água potável poderia ser facilmente substituído por água proveniente de sistema de reaproveitamento de água da chuva. Assim, além de minimizar o consumo de água potável, impactando menos o meio ambiente, o consumidor será beneficiado com a economia na conta de água.

3.4 APROVEITAMENTO DE ÁGUA

A utilização da água da chuva tem como principal objetivo reduzir o consumo de água potável e preservar os recursos hídricos, o que, conseqüentemente, também irá gerar economia para o usuário. Segundo o ATLAS Brasil- Abastecimento Urbano de Água, desenvolvido pela Agência Nacional de Água- ANA, o Brasil possui 5565 municípios, onde 3856 municípios são abastecidos pelas Companhias Estaduais de Saneamento, 1510 são de responsabilidade de entidades municipais (Serviços autônomos ou Prefeituras) e 199 estão aos encargos dos setores privado, Tabela 8.

Tabela 8: Prestadores de serviços de abastecimento de água no Brasil.

PRESTADORES DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA				
Região Geográfica	Número de Municípios Atendidos			
	Companhia Estadual	Serviço Municipal	Empresa Privada	Total
Norte	163	153	133	449
Nordeste	1.448	346	0	1.794
Centro-Oeste	293	140	33	466
Sudeste	1.084	555	29	1.668
Sul	868	316	4	1.188
TOTAL Brasil	3.856	1.510	199	5.565

Fonte: Atlas Brasil: abastecimento urbano de água - panorama nacional. Vol. 1. ANA, 2010

A água da chuva, em sua origem, é limpa, mas quando entra em contato com as superfícies, como um telhado residencial, por exemplo, pode ocorrer a contaminação. De

acordo com Goldenfum (2006), a água da chuva pode fornecer água limpa e confiável, desde que os sistemas de coleta sejam construídos e mantidos de forma adequada e a água seja tratada apropriadamente, conforme o uso previsto.

Sem tratamento, a água de origem pluvial deve ser usada para fins não potáveis, ou seja, não deve ser ingerida. Podendo ser utilizada em várias atividades no setor residencial, industrial e agrícola. No setor residencial, pode-se utilizar para:

- a) Rega de jardim;
- b) Descarga de vasos sanitários;
- c) Limpeza das áreas de uso comum;
- d) Lavagem de carro;
- e) Máquina de lavar roupa.

3.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO

O princípio de funcionamento do sistema de armazenamento de água pluvial é simples: a chuva que incidir sobre a cobertura do telhado será direcionada para as calhas de coleta, que terão a função de encaminhar a água captada para o reservatório de acumulação (Figura 3). Para garantir melhor qualidade da água coletada, utiliza-se um equipamento de filtragem com a função de reter as impurezas grosseiras antes do reservatório. Segundo Marinoski (2007), a viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende essencialmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água.

O reservatório da água da chuva não deve ser acoplado à caixa d'água da residência, mas, em períodos de estiagem, pode ser necessário transferir a água da caixa para a cisterna, a fim de suprir a demanda de água das atividades abastecida por esse reservatório.

Figura 3: Sistema de captação de água pluvial



Fonte: <http://novosrurais.com>

3.5.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO

Alguns fatores sempre deverão ser bem observados em relação à área de captação, como, por exemplo:

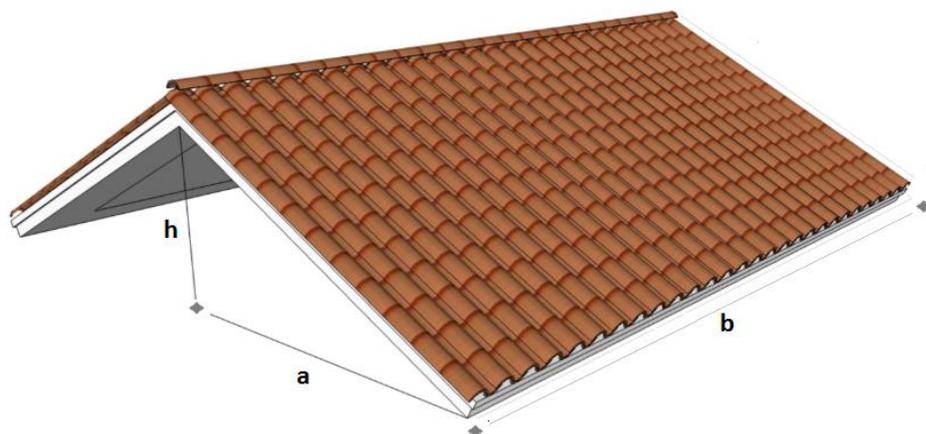
- ✓ Presença de árvores com seus galhos acima dessa área, e se soltam muitas folhas, flores, frutos, etc.;
- ✓ Presença de aves que pousam, rodeiam e constroem ninhos.
- ✓ Circulação de animais, como: ratos, gatos, etc.;

- ✓ Se fica próximo a fábricas, rodovias, etc. Pode ser observado através da presença de fuligem (poeira preta) que escorre junto com a água, principalmente logo no começo da chuva;
- ✓ O tipo de material e a inclinação da cobertura da área de captação, das calhas e tubos de drenagens. Quanto mais lisos e inclinados, melhor.

Para o cálculo da área de captação, a NBR 10844 estabelece uma fórmula específica para cada tipo de telhado. Para um telhado de duas águas (Figura 4), o cálculo é dado pela Equação 1:

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

Figura 4: Representação das dimensões do telhado.



Fonte: Adaptado pela autora.

Onde:

A = área de captação;

a = largura da água de cobertura;

b = comprimento da cobertura;

h = altura da cobertura.

O aproveitamento total de água da chuva é impossível, por conta das perdas que acontecem no decorrer do processo, como: água que cai em uma determinada área e evapora, água utilizada no processo de autolimpeza, etc. Por esse motivo, para calcular o volume que

realmente será possível armazenar, usa-se o coeficiente de *Runoff*. Para cada tipo de telha, existe um coeficiente *Runoff* específico (Tabela 9).

Tabela 9: Coeficientes Runoff para cada tipo de telhado.

TIPO DE TELHA	COEFICIENTE <i>RUNOFF</i> (C)
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz, 2009.

O material constituinte da telha também irá interferir na qualidade da água armazenada, apresentando vantagens e desvantagens (Quadro 1).

Quadro1: Vantagens e desvantagens de cada material.

TIPOS	VANTAGENS/DESVANTAGENS
Folhas de ferro galvanizado	Qualidade excelente da água. A superfície é excelente e, nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha cerâmica	Se vitrificada, apresenta melhor qualidade. Caso contrário, pode apresentar mofo. Pode existir contaminação nas junções das telhas.
Telhas de cimento amianto	Folhas novas podem dar boa qualidade à água. Não existe nenhuma evidência de efeito cancerígeno pela ingestão da água que passa por elas. Levemente porosas, o que diminui o coeficiente de <i>runoff</i> . Quando velhas, podem apresentar lodo e rachaduras
Orgânico (sapê)	Qualidade fraca (> 200 CF/100 ml). Pouca eficiência da primeira chuva. Alta turbidez devido a matérias orgânicas dissolvidas que não decantam

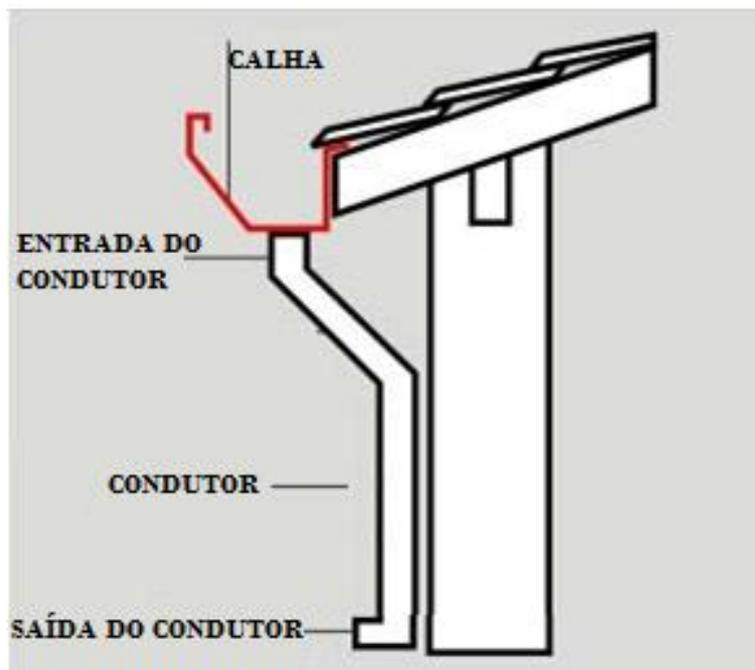
Fonte: www.eng.warwick.ac.uk/dtu/rwh

3.5.2 CALHAS E CONDUTORES

As calhas e os condutores são canais que têm como finalidade realizar o transporte da água captada pela estrutura do telhado até o seu ponto de destino, que pode ser o filtro de limpeza ou o reservatório de acumulação. Utiliza-se como referência de dimensionamento as

normas brasileiras de instalações de esgoto pluvial, a NBR10844. Deve-se ter muita atenção ao material escolhido para a confecção dos condutores, a fim de evitar problemas com a corrosão. O mais usual é o poli cloreto de vinila, conhecido popularmente como PVC. (Figura 5)

Figura 5: Esquema de instalação da calha e do condutor

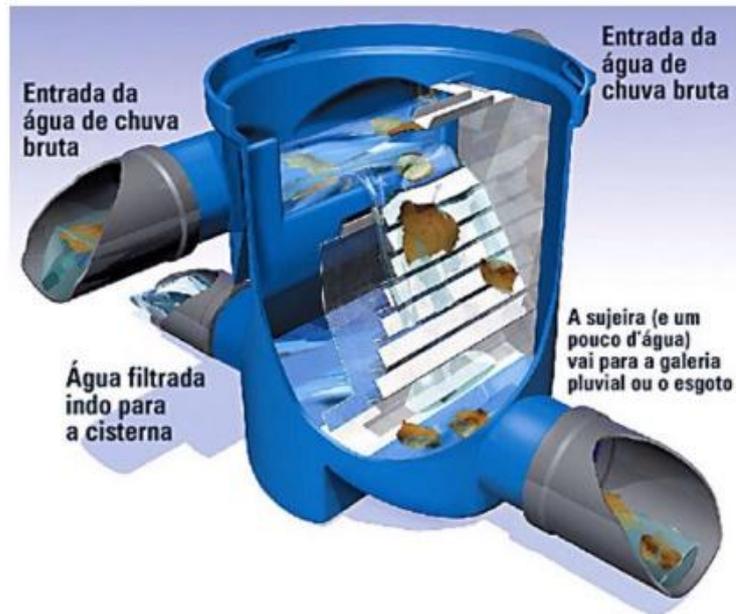


Fonte : Adaptado pela autora.

3.5.3 FILTRO

O filtro é um dos principais elementos no processo de aproveitamento da água de chuva. Ele é responsável por manter o bom aspecto da água que vem do telhado, pois auxilia na remoção de folhas, gravetos, sementes, pequenos animais e qualquer outro tipo de material grosso que possa ser transportado com a água (Figura 6). A NBR 15527/2007 recomenda que a inspeção do filtro seja realizada mensalmente e que sua limpeza aconteça trimestralmente, assim, evita-se o seu entupimento.

Figura 6 : Filtro para remoção de impurezas grosseiras.



Fonte: AQUESOL- Indústria de Aquecimento Solar, 2018

Existem, no mercado, vários modelos de filtro para tal finalidade, alguns são classificados como autolimpantes (Figura 7), porém, para garantir a qualidade do processo, é importante sempre realizar a inspeção.

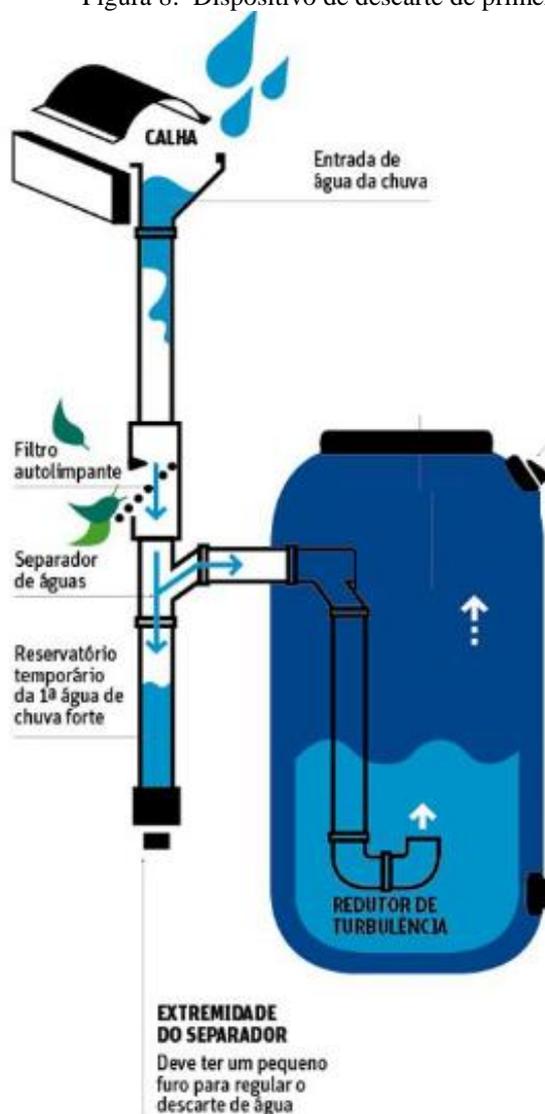
Figura 7: Filtro (autolimpante) para remoção de impurezas grosseiras.



Fonte: Sempre Sustentável, 2018.

Em um estudo realizado por May e Prado (2004), na cidade de São Paulo, onde foi avaliada a qualidade da água de chuva captada para uso não potável, constatou-se que a água coletada nos reservatórios possui melhor qualidade em relação às amostras coletadas diretamente do coletor de água de chuva nos telhados. Dessa forma, para garantir a qualidade da água captada, além da utilização do filtro, é importante que se realize a limpeza do telhado. Recomenda-se que o volume de água correspondente aos primeiros 15 a 20 minutos de chuva seja descartado. Para que esse descarte aconteça, é necessária a implantação de um dispositivo de descarte antes do filtro, que pode ser tanto na versão manual ou na automática, que possibilita que o volume a ser descartado seja estipulado previamente (Figura 8).

Figura 8: Dispositivo de descarte de primeira chuva.



Fonte: Sempre Sustentável(2018).

3.5.4 RESERVATORIO DE ÁGUA PLUVIAL

O armazenamento da água da chuva deve ser feito em reservatórios, assim, além de garantir um padrão de qualidade, evita-se possíveis problemas de contaminação e vazamentos. Os reservatórios podem ser construídos com diversos tipos de materiais, como concreto, aço, madeira, fibra de vidro, polietileno, etc. O material utilizado para construção do reservatório de armazenamento pode variar, desde que não apresente toxicidade, esteja de acordo com o volume de água que será necessário armazenar, que se tenha disponibilidade de verba para sua confecção e respeite a finalidade para qual a água armazenada será direcionada: rega de jardim, descarga sanitária, lavagem de roupa, etc.

O volume inicial de água captada é considerado impróprio para aproveitamento, pois a cobertura onde ocorrerá a captação contém poeira, folhas, insetos, fezes de animais, pesticidas, além de outros resíduos e poluentes transportados pelo ar que podem ser carregados para dentro do tanque de armazenamento. Não existe nenhum cálculo para definir o volume inicial de água da chuva que deve ser descartado, pois existem muitas variáveis que podem influenciar nesse valor, como número de dias secos, quantidade e tipo de resíduos, estação do ano, inclinação do telhado, tipo de superfícies dos telhados, intensidade das chuvas e o período de tempo em que ocorrem.

O reservatório de armazenamento é o componente mais oneroso em um sistema de aproveitamento de água da chuva. Sendo assim, deve-se ter cautela em seu dimensionamento, para não tornar a implantação do sistema inviável. O dimensionamento adequado deve ter como base os seguintes critérios: custos totais de implantação, demanda de água, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema. 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). Os reservatórios podem ser projetados sobre o solo (Figura 9) ou aterrados (Figura 10), de preferência próximo da área de captação e ao local onde será utilizada.

Figura 9: Reservatório sobre o solo.



Fonte: www.harmonia.la, 2018.

Figura 10: Reservatório aterrado.



Fonte: www.casadacisterna.com.br, 2018.

3.6 QUALIDADE DA ÁGUA

A água de chuva pode ser utilizada para uso total ou parcial. O uso total de água pluvial inclui a utilização da água para beber, cozinhar e higiene pessoal, enquanto que o uso parcial abrange aplicações específicas em pontos hidráulicos, como, por exemplo, somente nos pontos de abastecimento de vasos sanitários (MANO; SCHMITT, 2004). Para o consumo humano, é

recomendado que a água coletada passe por tratamentos de desinfecção antes de sua utilização. Para fins mais restritivos, porém, não potáveis, deve-se obedecer aos parâmetros estabelecidos pela NBR 15527/2007 (Quadro 2).

Quadro 2: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

PARÂMETRO	ANÁLISE	VALOR
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	<2,0 uT ^b , <5,0 uT ^b para usos restritivos
Cor aparente	Mensal	<15 UH ^c
Deve prever ajuste de pH para a proteção das redes de distribuição, caso necessário.	Mensal	pH de 6 a 8 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.
^a o caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção		
^b uT é a unidade de turbidez		
^c é a unidade Hazen.		

Fonte: NBR 15527(2007)

A área onde será feita a captação da água pluvial interfere diretamente em sua qualidade. A qualidade da água pluvial irá sofrer variações em função do local de coleta (Quadro 3). Para que se obtenham padrões mínimos de qualidade, a NBR 15527/2007 ainda estabelece uma correta manutenção periódica do sistema (Quadro 4).

Quadro 3: Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta

Grau de purificação	Área de coleta de chuva	Observações
A	Telhados (lugares não freqüentados por pessoas ou animais)	Se a água for purificada, é potável
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas ou animais)	Apenas usos não potáveis
C	Pisos e estacionamentos	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis
D	Estradas	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis

Fonte: GROUP RAINDROPS, 2002.

Quadro 4: Frequência de Manutenção.

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal e limpeza bimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 vezes por ano
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte 1: NBR 15527 (2007)

3.7 MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO

Para o sistema de captação de água pluvial, o reservatório não pode permanecer ocioso por um longo período, como também não pode provocar desperdício da água armazenada. A NBR 15527 (2007) que trata de sistemas e requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis apresenta seis diferentes métodos para o dimensionamento do reservatório para armazenamento e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis, cada um com suas peculiaridades e apropriados para determinada situação.

3.7.1 MÉTODO DE RIPPL

Método também conhecido como Diagrama de Massas, é o mais utilizado devido a sua fácil aplicação. Normalmente, apresenta o valor extremo do volume do reservatório em lugares onde há grande variação nas precipitações médias mensais. A princípio, para grandes reservatórios, o que acarretaria numa superestimativa do volume a ser reservado (CAMPOS *et al.* 2007).

3.7.2 MÉTODO DA SIMULAÇÃO

Segundo a NBR 15527/2007, neste método, a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito.

3.7.3 MÉTODO AZEVEDO NETO

Também conhecido como Método Prático Brasileiro, é um método prático, direto é que não leva em consideração a demanda. Necessita de apenas três parâmetros: precipitação, período seco e área de captação.

3.7.4 MÉTODO PRÁTICO ALEMÃO

De acordo com a NBR 15527/2007, trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável.

3.7.5 MÉTODO PRÁTICO INGLÊS

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007), é um método empírico. O volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna é produto da precipitação média anual, da área de captação e de uma constante (0,05).

3.7.6 MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007), é um método empírico onde o cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

3.7.7 NETUNO

O programa NETUNO tem por objetivo determinar o potencial de economia de água tratada através do aproveitamento de água pluvial que não precisa de um tratamento prévio para sua utilização. O programa foi desenvolvido pelo professor Enedir Ghisi, PhD da Universidade de Santa Catarina, com ajuda de um acadêmico do curso de Engenharia Elétrica da UFSC, e validado em 2009 através de um trabalho de mestrado pela UFSC.

4. METODOLOGIA

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para dar segmento ao trabalho, optou-se em realizar um estudo de caso. O dimensionamento do reservatório será direcionado para um prédio público da cidade de Berilo/MG, utilizando dois destes métodos normatizado pela NBR 15527/2007.

4.2 LOCAL DO ESTUDO

O distrito de Lelivéldia pertence ao município de Berilo. Está localizado na região do vale do Jequitinhonha, estado de Minas Gerais (Figura 11), com sede nas coordenadas geográficas 17,08°S de latitude e 42,26°W de longitude (PNUD, 2000). Os principais rios do município são o rio Jequitinhonha e o rio Araçuaí, além do Ribeirão do Altar, Ribeirão Barbosa, Ribeirão Gangorras, Água Suja e Água Limpa. A área total do município ocupa 579,57 km², sua população estimada é de 12.360 habitantes (IBGE 2017).

Figura 11: Localização do Município de Berilo/MG.



Fonte: Wikipedia.org

O distrito de Lelivéldia foi fundado pelo padre holandês Wilhelmus Johannes Oud, em 01 de maio de 1953. Tem, aproximadamente, 3.800 habitantes e está localizado a 570 km de Belo Horizonte e 22 km da sede do município.

O clima predominante é o continental-seco, com precipitação média anual inferior a 1.000 mm e média das temperaturas máximas em torno de 34°C. Os meses secos vão de março a novembro e a precipitação máxima ocorre no verão. A temperatura média é de 24°C, com índice pluviométrico médio de 900 mm.

4.3 CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO

A maneira mais convencional de realizar a captação da água da chuva é através dos telhados das edificações, pois estão posicionados em local estratégico e, normalmente, possuem grandes áreas, o que proporciona maior volume de captação. O distrito de Lelivéldia é pequeno e não possui muitas edificações de grande porte. Fazendo uma análise de todos os prédios públicos do distrito, chegou-se ao prédio da UBS São Norberto - Unidade Básica de Saúde São Norberto, localizado na Praça São Norberto.

A UBS possui um único pavimento, está localizada em um terreno de 2189,5 m², sendo que 495,67 m² correspondem à área construída e 180,9 m² área permeável (área arborizada). Os dados foram retirados do projeto da edificação, Anexo I. O prédio é constituído de três salas de atendimento médico, seis salas de procedimentos básicos, uma sala de observação com dois leitos, uma sala de espera, uma sala de reuniões, uma sala para a administração, um laboratório de rotina, uma sala para armazenamento de materiais de consumo, uma rouparia, uma sala de esterilização, uma copa, uma área para armazenamento dos resíduos, uma sala para utilidade e expurgo e oito instalações sanitárias que, juntas, possuem oito vasos sanitários e um mictório.

4.4 DEMANDA DE ÁGUA PLUVIAL

A demanda total de água é a quantidade de água necessária para suprir as necessidades da edificação. O abastecimento público de Lelivéldia é realizado pela Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais S/A – COPANOR. O distrito é classificado como zona rural e possui menos de quatro mil habitantes, todas as despesas geradas pelos prédios públicos são centralizadas e direcionadas para Prefeitura de Berilo. Tal fato

impossibilitou o acesso às contas relacionadas ao consumo de água e, conseqüentemente, não sabemos qual é o valor real da demanda de água da unidade básica de saúde. Por esse motivo, o consumo de água para a UBS será estimado com base nas informações encontradas na literatura. A tabela 10 apresenta alguns índices de consumo de hospitais citados em diferentes referências bibliográficas nacionais.

Tabela 10: Índice de consumo para hospitais.

Índice de consumo (litros/dia * leito)	Fontes
250	DMAE Porto Alegre, 1988
250	SABESP, 1983
250	MACINTYRE, 1982
300 a 600	MELO E NETO, 1988

Fonte: Tomaz, 2000.

Além dos valores reproduzidos na Tabela 10, o manual de normas técnicas 181/2012 da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP apresenta uma equação para a determinação do consumo médio estimado para pronto socorro (Equação 2). Como o dimensionamento será feito para uma unidade básica de saúde, serão descartadas as equações para hospitais e utilizada a para pronto socorro com o intuito de aproximar o máximo possível da realidade.

$$Cme = [(10 \times NF) - 70] \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

Cme = consumo médio estimado (m³/mês);

NF = número de funcionários;

4.5 DETERMINAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO LOCAL

O índice pluviométrico é utilizado para mensurar a precipitação da água da chuva. Refere-se ao nível de água da chuva, em milímetros (mm), acumulado em um metro quadrado (m²) em determinado local e em determinado período. Ou seja, o índice pluviométrico mede quantos milímetros chove por m². Para o dimensionamento do reservatório, o índice

pluviométrico é imprescindível, pois esse índice interfere diretamente no volume necessário do reservatório.

Para a determinação da precipitação, utiliza-se a média histórica fornecida por algum órgão de meteorologia. O município de Berilo não possui nenhuma estação de monitoramento meteorológico, por esse motivo, serão usados os dados da estação mais próxima, localizada no município de Araçuaí, a 62 km de Berilo. De acordo com Alves *et al.* (2016), considerando a estação meteorológica do INMET, com código OMM 83442 (INMET, 2015), localizada em Araçuaí, a distribuição média mensal anual de precipitação para o município de Berilo/MG é apresentada conforme a Tabela 11:

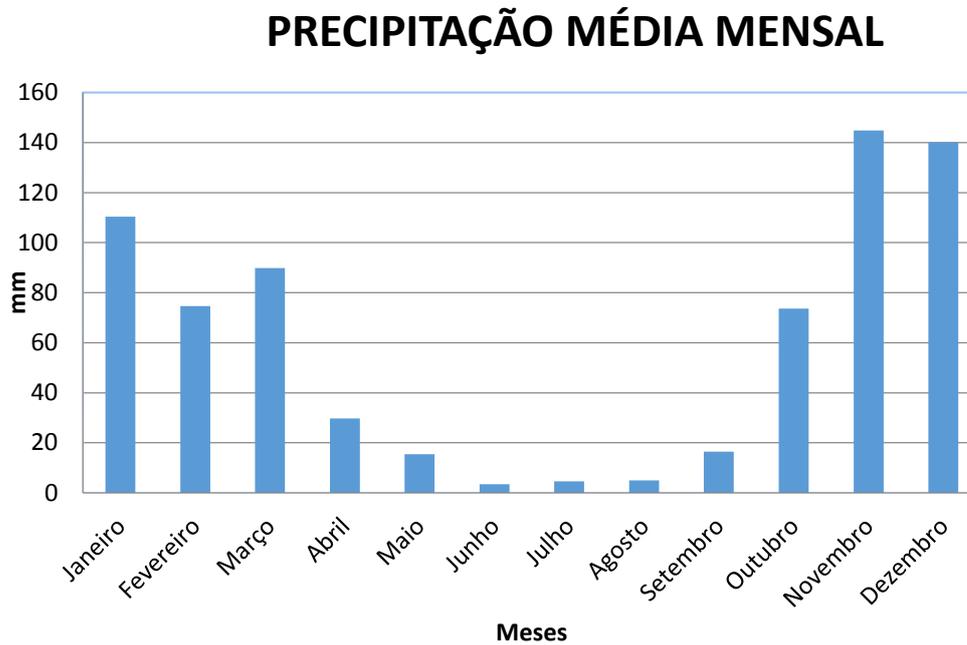
Tabela 11: Precipitações Médias Mensais Anuais (Berilo/MG, Estação pluviométrica OMM-83442)

MÊS	Precipitação (mm)
Janeiro	110,4
Fevereiro	74,6
Março	89,9
Abril	29,7
Maio	15,4
Junho	3,4
Julho	4,6
Agosto	5,0
Setembro	16,5
Outubro	73,6
Novembro	144,9
Dezembro	140,1
Média Anual	708,1

Fonte2: Alves *et al.*, 2016.

Através dos dados fornecidos pela tabela 11, é gerado o Gráfico1, onde fica evidente que os meses de abril a setembro correspondem ao período médio de estiagem.

Gráfico 1: Precipitação em Berilo/MG



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

4.6 ÁREA DE CAPTAÇÃO

No projeto de cobertura (Anexo I) da residência, encontram-se detalhadas as caídas de água do telhado, inclinação e outros detalhes importantes da estrutura, composta por telha metálica e telha translúcida de plástico. A medição da área do telhado foi realizada através do software AutoCad.

- ✓ Área captação do telhado UBS telha galvanizada: 366,14 m²;
- ✓ Área captação do telhado UBS telha translúcida: 19,58 m²;
- ✓ Área em planta do telhado: 426,62 m²;
- ✓ Área de jardim: 180,9 m²;
- ✓ Área impermeável (pátio): 1512,93 m².

4.7 DEMANDA TOTAL A SER SUBSTITUIDA POR ÁGUA PLUVIAL

A porcentagem de água potável que pode ser substituída por água da chuva irá depender do seu uso final. O aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em uma unidade básica de saúde pode ter dois direcionamentos: o uso interno, que limita-se a descarga sanitárias, e o externo através da limpeza do pátio externo e a rega da área arborizada. Como a UBS encontra-se em funcionamento, a paralisação de suas atividades para a adequação do sistema hidráulico traria danos a população e geraria gastos elevados, por tal motivo, limitou-se ao seu uso para os fins externos.

De acordo com Tomaz (2009), para rega de jardim e limpeza de pátio, podemos determinar o gasto de água através das Equações 3 e 4:

$$C_{\text{rega}} = A_{\text{jardim}} \times k_{\text{frequencia}} \times D \text{ (Equação 3)}$$

Em que:

C_{rega} = consumo total de água utilizada na atividade em um mês, em L;

A_{jardim} = área do jardim, em m^2 ;

$k_{\text{frequencia}}$ = frequência de rega, em L/ dia. m^2 ;

D = quantidade de dias que a rega é realizada em um mês.

$$C_{\text{pátio}} = A_{\text{pátio}} \times k_{\text{frequencia}} \times D \text{ (Equação 4)}$$

Em que:

$C_{\text{pátio}}$ = consumo total de água utilizada na atividade em um mês, em L;

$A_{\text{pátio}}$ = área do jardim, em m^2 ;

$k_{\text{frequencia}}$ = frequência da limpeza, em L/ dia. m^2 ;

D = quantidade de dias que a limpeza é realizada em um mês.

4.8 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)

O coeficiente de escoamento superficial-*Runoff* (C) representa o volume de água precipitada que efetivamente poderá ser captada pelo sistema. Para determinação desse coeficiente, foi utilizada a literatura consultada na revisão bibliográfica.

A determinação do Runoff está ligada ao material da superfície do telhado. Conforme o projeto, as superfícies utilizadas são de telha metálica e telha translúcida e, de acordo com o Quadro 1, apresentado na seção 2.5.1, iremos adotar $C=0,90$, pois atende tanto ao material galvanizado como o translúcido (plástico).

4.9 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

Para o dimensionamento do reservatório, será considerado apenas um reservatório inferior. Como o edifício apresenta apenas um pavimento e a água armazenada não será utilizada para fins internos, não existe a necessidade de um reservatório superior, descartando-se, assim, gastos desnecessários, como os custos para a construção de um segundo reservatório e os gastos energéticos provenientes do bombeamento.

Utilizou-se o catálogo de produtos da BakofTec (2018), que possui uma grande variedade de tamanhos de cisterna, para a definições dos volumes (Figura 12).

Figura 12: Catálogo e dimensões de reservatórios.

Informações Técnicas

Cisterna Horizontal			
Modelo l	L	H	D _ø
2.500 l	1,70	2,00	1,70
5.000 l	2,80	2,00	1,70
7.500 l	4,10	2,00	1,70
10.000 l	5,20	2,00	1,70
15.000 l	3,85	2,65	2,50
20.000 l	4,85	2,65	2,50
25.000 l	5,85	2,65	2,50
30.000 l	5,15	3,15	3,00
35.000 l	5,85	3,15	3,00
40.000 l	6,55	3,15	3,00
45.000 l	7,25	3,15	3,00



Fonte: BakofTec, 2018.

4.9.1 MÉTODO DE RIPPL

O método de Rippl, geralmente, superdimensiona o reservatório. Ao usá-lo, podemos verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas.

Segundo a NBR 15527/2007, neste método, podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias. O volume de água no reservatório no tempo t pode ser obtido através da Equação 5.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

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

$V = \sum S_{(t)}$, somente para valores $S_{(t)} > 0$

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

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

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

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

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Para esse método, utiliza-se a Tabela 12.

Tabela 12: Método Rippl

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Situação do reservatório
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8

Fonte: Adaptado pela autora, 2018.

As colunas presentes na Tabela 12 representam (TOMAZ, 2007):

C1 = Período de tempo em meses;

C2 = Chuvas médias mensais (mm);

C3= Demanda mensal (m³);

C4 = Área de captação da água de chuva (m²);

C5 = Volumes mensais disponíveis da água de chuva (m³);

C6 = Diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume de água disponível;

C7 = Para preencher a coluna 7, foi admitida a hipótese inicial de o reservatório estar cheio. Os valores negativos não serão computados, pois correspondem a meses em que há excesso de água (volume disponível superando a demanda). Começa-se com a soma pelos valores positivos, prosseguindo até que a diferença se anule, desprezando todos os valores negativos seguintes, recomeçando a soma quando aparecer o primeiro valor positivo.

C8 = O preenchimento da C8 é feito usando as letras E, D e S, onde:

- ✓ E: A água escoando pelo extravasor;
- ✓ D: O nível de água baixando;
- ✓ S: O nível de água subindo.

4.9.2 MÉTODO DA SIMULAÇÃO

Neste método, arbitra-se um volume e verifica-se o que acontece com a água que vai sobrar (overflow) e com a água que vai faltar (suprimento do serviço público ou caminhão tanque) (TOMAZ, 2007). O volume de água no reservatório no tempo t pode ser obtido através da Equação 6.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \text{ (Equação 6)}$$

Onde:

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

Sendo que: $0 \leq S_{(t)} \leq V$

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

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

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t ;

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

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Para esse método, utiliza-se a Tabela 13.

Tabela 13: Método de Simulação.

Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Vol. de chuva mensal	Vol. do reservatório fixado	Vol. do reservatório no tempo (t-1)	Vol. do reservatório no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10

Fonte: Fonte: Adaptado pela autora, 2018.

As colunas presentes na Tabela 13 representam (TOMAZ, 2007):

C1= Constam os meses do ano de janeiro a dezembro;

C2= São as chuvas médias mensais (série sintética);

C3=É o consumo mensal de água não potável;

C4= É a área de captação da chuva, que é a área de todo o telhado disponível;

C5=O volume de água de chuva é obtido da seguinte maneira: Coluna 5 = coluna 2 x coluna 4 x coeficiente de *Runoff*) / 1000 para o resultado sair em metros cúbicos;

C6= Volume do reservatório que é fixado;

C7= É o volume do reservatório no início da contagem do tempo. Supomos que no início do ano, o reservatório está vazio e que, portanto, a primeira linha da coluna 7 referente ao mês de janeiro será igual a zero. Os demais valores são obtidos usando a função SE do Excel: SE (coluna 8 < 0 ; 0 ; coluna 8)

C8= Fornece o volume do reservatório no fim do mês. Obtém-se a coluna 8 da seguinte maneira: Coluna 8 = SE (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 > coluna 6; coluna 7; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3).

C9= É relativa ao overflow, isto é, quando a água fica sobrando e é jogada fora. Obtém-se da seguinte maneira: Coluna 9 = SE (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) > coluna 6; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 – coluna 6 ; 0)

C10 = É a coluna da reposição da água, que pode vir do serviço público de abastecimento ou de caminhão tanque ou de outra procedência. Obtém-se a coluna 10 da seguinte maneira: coluna 10 = SE (coluna 7 +coluna 5 – coluna 3 < 0 ; - (coluna 7 + coluna 5 – coluna 3) ; 0)

5. RESULTADOS

5.1 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

5.1.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO

Para determinar a área de captação, foi considerada a área correspondente ao telhado de telhas de material galvanizado e a área de telha translúcida. Para ambas, o coeficiente *Runoff* adotado foi de $C=0,90$, conforme citado pela literatura em 2.5.1. A área de captação é, portanto, $385,72 \text{ m}^2$.

5.1.2 DEMANDA TOTAL DE ÁGUA

A UBS São Norberto possui 18 funcionários, logo, através da equação 2, obtemos o $C_{me} = 110 \text{ m}^3/\text{mês}$.

5.1.3 PERCENTUAL DA DEMANDA TOTAL A SER SUBSTITUÍDA POR ÁGUA PLUVIAL

A Unidade Básica de Saúde São Norberto encontra-se em plena atividade e é a única do distrito de Leliveldia, deste modo, a adequação do seu sistema hidráulico para a substituição do uso da água potável nas descargas sanitária afetaria toda a população atendida pela UBS, devido aos transtornos provocados pela obra como, movimentação excessiva de pessoas, poeira, barulho, interrupção de abastecimento de água, etc. Porém, a unidade possui uma grande área arborizada e um amplo pátio externo que necessita de manutenção, logo, todo o volume de água pluvial armazenado será para suprir a demanda de água potável utilizada para a realização dessas atividades.

De acordo com Tomaz (2009), a frequência da rega de jardim e da limpeza de pátio comum podem acontecer duas vezes por semana, uma vez por semana ou a cada 15 dias. Para ambas as atividades, a taxa de consumo apresentada na literatura é de $2 \text{ litros}/\text{dia} \times \text{m}^2$. Tendo em vista essas informações, adotou-se a frequência de uma vez por semana para rega de jardim

e uma vez a cada 15 dias para a limpeza de pátio. A demanda de rega e limpeza de pátio mensal foram estimadas através das Equações 3 e 4, respectivamente, resultando em 7498,92 litros

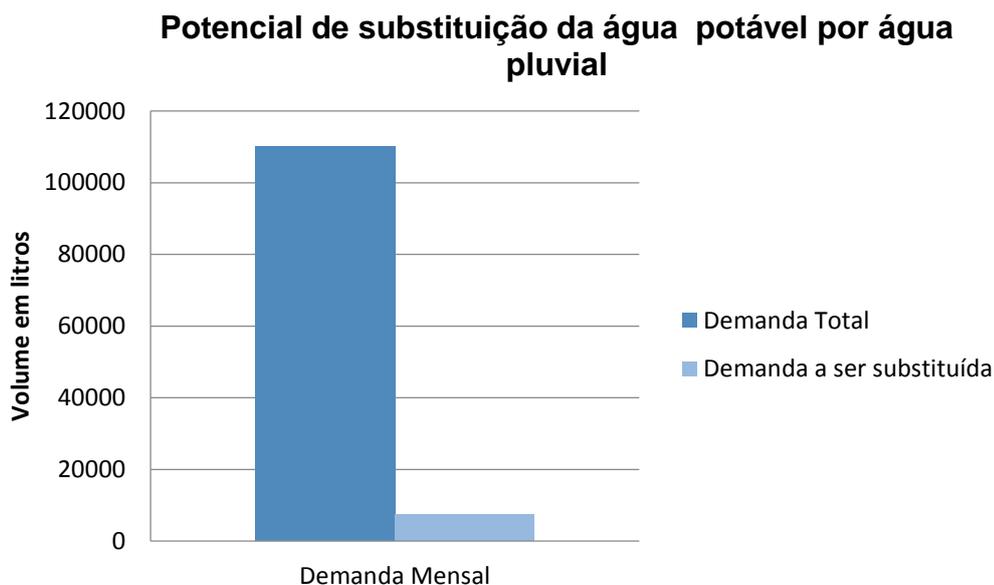
Como o consumo médio foi estimado em 110 m³/mês e a demanda de utilização encontrada foi de 7,5 m³/mês, a porcentagem de água potável que pode ser substituída pela água coleta é de 6,81% (Tabela 14).

Tabela 14: Percentual de água potável que pode ser substituído por água pluvial

Consumo Total de água(Litros)	Demanda de água potável a ser substituída por água pluvial(Litros)	% de água potável que pode ser substituída
110000	7498,92	6,81 %

Fonte: Elaborado pela autora,2018.

Gráfico 2: Potencial de substituição.



Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

5.2 SIMULAÇÃO PARA RESERVATÓRIO INFERIOR

As simulações foram feitas como descrito na metodologia do trabalho.

5.2.1 METODO RIPPL

A demanda de água potável a ser substituída por águas pluviais foi apresentada no item 5.1.3,

sendo encontrado o valor de 7,5 m³/ mês. A área de captação foi definida em 5.1.1, e o valor encontrado é 385,72 m². O coeficiente *runoff* adotado foi de 0,9 e as considerações sobre esse valor foi abordado no item 4.7. Já as precipitações médias mensais foram definidas no item 4.4. É utilizada a Tabela 15 (Excel) para auxiliar no cálculo, a sequência de construção da planilha foi apresentada na revisão bibliográfica no item 4.8.1, sendo expostos aqui apenas os valores.

Tabela 15: Dimensionamento pelo método Rippl.

<i>Runoff</i> (C) =		0,9					
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Situação do reservatório
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	110,4	7,5	385,72	38	-30,5	0	E
Fevereiro	74,6	7,5	385,72	26	-18,5	0	E
Março	89,9	7,5	385,72	31	-23,5	0	E
Abril	29,7	7,5	385,72	10	-2,5	0	E
Maió	15,4	7,5	385,72	5	2,5	2,5	D
Junho	3,4	7,5	385,72	1	6,5	9	D
Julho	4,6	7,5	385,72	2	5,5	14,5	D
Agosto	5	7,5	385,72	2	5,5	20	D
Setembro	16,5	7,5	385,72	6	1,5	21,5	D
Outubro	73,6	7,5	385,72	26	-18,5	3	S
Novembro	144,9	7,5	385,72	50	-42,5	0	E
Dezembro	140,1	7,5	385,72	49	-41,5	0	E
Total	708,1	90		246	Volume	21,5	

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A partir do método de Rippl, observamos que o volume ideal do reservatório de armazenamento de água pluvial para a UBS é de 21,5 m³, um reservatório relativamente grande.

5.2.2 METODO SIMULAÇÃO

No item 4.8.2 foi citado que, no Método da Análise de Simulação, arbitra-se um volume e verifica-se o que acontece com a água. Esse método permite que sejam realizadas várias simulações para diferentes volumes de reservatórios. Os valores utilizados para a área de

captação, a demanda mensal, a precipitação média anual e coeficiente *runoff* são os mesmos do método Rippl, citado no tópico 5.1.4.1.

É utilizada a Tabela 16, 17 e 18 (Excel) para auxiliar no cálculo. A sequência de construção da planilha foi apresentada na revisão bibliográfica no item 4.8.2, sendo expostos a seguir apenas os valores.

Fixando o volume do reservatório em 15 m³, temos os valores da Tabela 16.

Tabela 16: Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação. Volume fixado em 15 m³.

<i>Runoff</i> (CR) =		0,9							
Vol. fixado (m ³) = 15									
Meses	Chuva média mensal	Demand a mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	110,4	7,5	385,72	38	15	0	15	15,5	0
Fevereiro	74,6	7,5	385,72	26	15	15	15	18,5	0
Março	89,9	7,5	385,72	31	15	15	15	23,5	0
Abril	29,7	7,5	385,72	10	15	15	15	2,5	0
Maio	15,4	7,5	385,72	5	15	15	12,5	0	0
Junho	3,4	7,5	385,72	1	15	12,5	6	0	0
Julho	4,6	7,5	385,72	2	15	6	0,5	0	0
Agosto	5	7,5	385,72	2	15	0,5	-5	0	5
Setembro	16,5	7,5	385,72	6	15	0	-1,5	0	1,5
Outubro	73,6	7,5	385,72	26	15	0	15	3,5	0
Novembro	144,9	7,5	385,72	50	15	15	15	42,5	0
Dezembro	140,1	7,5	385,72	49	15	15	15	41,5	0
Total	708,1	90		246				147,5	6,5

Fonte:Elaborado pela autora, 2018.

Fixando o volume do reservatório em 20 m³, temos os valores da Tabela 17.

Tabela 17: Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação. Volume fixado em 20 m³.

<i>Runoff (CR) =</i>		0,9							
Vol. fixado (m ³) =		20							
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	110,4	7,5	385,72	38	20	0	20	10,5	0
Fevereiro	74,6	7,5	385,72	26	20	20	20	18,5	0
Março	89,9	7,5	385,72	31	20	20	20	23,5	0
Abril	29,7	7,5	385,72	10	20	20	20	2,5	0
Mai	15,4	7,5	385,72	5	20	20	17,5	0	0
Junho	3,4	7,5	385,72	1	20	17,5	11	0	0
Julho	4,6	7,5	385,72	2	20	11	5,5	0	0
Agosto	5	7,5	385,72	2	20	5,5	0	0	0
Setembro	16,5	7,5	385,72	6	20	0	-1,5	0	1,5
Outubro	73,6	7,5	385,72	26	20	0	18,5	0	0
Novembro	144,9	7,5	385,72	50	20	18,5	20	41	0
Dezembro	140,1	7,5	385,72	49	20	20	20	41,5	0
Total	708,1	90		246				137,5	1,5

Fonte:Elaborado pela autora, 2018.

Fixando o volume do reservatório em 25 m³, temos os valores da Tabela 18.

Tabela 18: Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação. Volume fixado em 25 m³.

<i>Runoff (CR) =</i>		0,9							
Vol. fixado (m ³) = 25									
Meses	Chuva média mensal	Demanda mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Volume do reservatório fixado	Volume do reservatório no tempo (t-1)	Volume do reservatório no tempo (t)	Overflow	Suprimento de água externo
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	110,4	7,5	385,72	38	25	0	25	5,5	0
Fevereiro	74,6	7,5	385,72	26	25	25	25	18,5	0
Março	89,9	7,5	385,72	31	25	25	25	23,5	0
Abril	29,7	7,5	385,72	10	25	25	25	2,5	0
Maio	15,4	7,5	385,72	5	25	25	22,5	0	0
Junho	3,4	7,5	385,72	1	25	22,5	16	0	0
Julho	4,6	7,5	385,72	2	25	16	10,5	0	0
Agosto	5	7,5	385,72	2	25	10,5	5	0	0
Setembro	16,5	7,5	385,72	6	25	5	3,5	0	0
Outubro	73,6	7,5	385,72	26	25	3,5	22	0	0
Novembro	144,9	7,5	385,72	50	25	22	25	39,5	0
Dezembro	140,1	7,5	385,72	49	25	25	25	41,5	0
Total	708,1	90		246				131	0

Fonte:Elaborado pela autora, 2018.

O volume para esse método é fixado e depois é analisado se haverá excesso de água no reservatório de armazenamento que sairá pelo extravasor, acontecimento que chamamos de *overflow*, ou se a precipitação não será suficiente para atender a demanda, necessitando, neste caso, que o reservatório seja abastecido com água potável.

Usando as tabelas 16, 17 e 18 no Excel, foram analisados três valores de volume para o reservatório. Esses valores foram adotados levando em consideração o volume encontrado no

método de Rippl, que foi de 21,5m³, e os tamanhos de reservatório disponível no mercado, citados no item 4.8. A partir dessas informações, chegamos aos valores de 15m³, 20m³ e 25m³.

Para o volume de 15m³, verificou-se que será necessário recorrer ao abastecimento público nos meses de Agosto e Setembro e o déficit será de 6,5 m³. Já para o volume de 20m³, verificou-se que será necessário recorrer ao abastecimento público no mês de Setembro e o déficit será de 1,5 m³. Para o volume de 25m³, verificou-se que não será necessário recorrer ao abastecimento público e que, com exceção dos meses de Maio, Junho, Agosto, Setembro e Outubro, irão ocorrer o *overflow*, ou seja, haverá excesso de água no reservatório de armazenamento saindo pelo extravasor.

5.3 ANÁLISE ECONOMICA

5.3.1 TARIFAS DE ÁGUA E ESGOTO

Em cada estado existem empresas diferentes que fornecem água e o tratamento de esgoto, por esse motivo, as tarifas variam de acordo com sua localização. Como já mencionado, em Leliveldia, o órgão responsável por esses serviços é a Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais S/A – COPANOR. A agência disponibiliza em sua página na internet a tabela de tarifas aplicadas para o fornecimento desses serviços, dividida em cinco grupos diferentes: residencial, residencial social, comercial, industrial e pública. Todos os grupos possuem subdivisões, que correspondem a uma faixa de consumo específica. Quanto maior for o consumo de água, maior será o valor cobrado pela taxa de água e esgoto.

Após sua utilização, a água se transforma em esgoto. A NBR 7229/1993 define o esgoto sanitário como a água residuária composta de esgoto doméstico, despejo industrial admissível a tratamento conjunto com esgoto doméstico e água de infiltração. A cobrança da chamada taxa de esgoto ou serviço de saneamento básico está vinculado ao serviço de coleta e/ou tratamento de esgotos. A produção de esgoto está diretamente relacionada ao consumo de água. As empresas prestadoras desse serviço calculam o volume de esgoto produzido multiplicando o volume de água consumido pelo fator chamado de coeficiente de retorno de esgoto que pode variar de 0,6 a 1, ou seja, 60 a 100% da água que chega nas residências pode virar esgoto sanitário.

Tabela 19: Tabela de tarifas praticadas pela COPANOR.

Categoria	Intervalo de Consumo	Tarifas - Copanor				Unidade
		Outubro/17 a setembro/18				
		Água	Esgoto			
EDC	EDT		EE			
Residencial Social	Fixa	3,53	1,55	3,26	1,06	R\$/mês
	0 a 3 m ³	0,27	0,12	0,25	0,07	R\$/m ³
	> 3 a 6 m ³	0,460	0,203	0,417	0,139	R\$/m ³
	> 6 a 10 m ³	1,487	0,653	1,380	0,449	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ³	2,974	1,305	2,749	0,888	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	3,680	1,605	3,402	1,102	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	4,022	1,765	3,723	1,209	R\$/m ³
> 40 m ³	6,301	2,760	5,830	1,894	R\$/m ³	
Residencial	Fixa	5,88	2,58	5,45	1,77	R\$/mês
	0 a 3 m ³	0,44	0,19	0,41	0,13	R\$/m ³
	> 3 a 6 m ³	0,758	0,332	0,702	0,228	R\$/m ³
	> 6 a 10 m ³	2,480	1,085	2,294	0,744	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ³	4,960	2,170	4,587	1,488	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	6,127	2,681	5,667	1,838	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	6,711	2,936	6,208	2,013	R\$/m ³
> 40 m ³	10,503	4,595	9,716	3,151	R\$/m ³	
Comercial	Fixa	14,98	6,56	13,85	4,49	R\$/mês
	0 a 3 m ³	1,17	0,51	1,08	0,35	R\$/m ³
	> 3 a 6 m ³	2,332	1,016	2,161	0,695	R\$/m ³
	> 6 a 10 m ³	3,268	1,430	3,023	0,981	R\$/m ³
	> 10 a 20 m ³	6,711	2,936	6,208	2,013	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	7,294	3,191	6,747	2,188	R\$/m ³
	> 40 a 200 m ³	8,024	3,510	7,422	2,407	R\$/m ³
> 200 m ³	8,461	3,702	7,827	2,539	R\$/m ³	
Industrial	Fixa	14,98	6,56	13,85	4,49	R\$/mês
	0 a 3 m ³	1,17	0,51	1,08	0,35	R\$/m ³
	> 3 a 6 m ³	2,332	1,016	2,161	0,695	R\$/m ³
	> 6 a 10 m ³	3,268	1,430	3,023	0,981	R\$/m ³
	> 10 a 20 m ³	6,711	2,936	6,208	2,013	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	7,294	3,191	6,747	2,188	R\$/m ³
	> 40 a 200 m ³	8,024	3,510	7,422	2,407	R\$/m ³
> 200 m ³	8,461	3,702	7,827	2,539	R\$/m ³	
Pública	Fixa	12,84	5,62	11,87	3,85	R\$/mês
	0 a 3 m ³	0,88	0,39	0,81	0,27	R\$/m ³
	> 3 a 6 m ³	2,332	1,016	2,161	0,695	R\$/m ³
	> 6 a 10 m ³	3,005	1,315	2,779	0,902	R\$/m ³
	> 10 a 20 m ³	6,711	2,936	6,208	2,013	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	7,294	3,191	6,747	2,188	R\$/m ³
	> 40 a 200 m ³	8,024	3,510	7,422	2,407	R\$/m ³
> 200 m ³	8,461	3,702	7,827	2,539	R\$/m ³	

Fonte: COPANOR,2018.

A Tabela 19 apresenta os valores praticados pela COPANOR de acordo com cada grupo. A prestadora de serviço também possui tarifas diferenciadas para o esgotamento sanitário.

Nota-se que ela apresenta três tarifas: esgotamento dinâmico com coleta e tratamento (EDT), esgotamento dinâmico com coleta e sem tratamento (EDC) e esgotamento estático – fossa (EE).

5.3.2 INVESTIMENTO

O prédio da UBS, como já citado, existe e está em plena atividade, logo, toda a estrutura física da edificação encontra-se consolidada. Sendo assim, para que o prédio possa receber o sistema de aproveitamento de água pluvial, será necessário que ele passe apenas por pequenas adequações, como implantação do reservatório, instalação do filtro e adequação da tubulação que levará água até o reservatório. A estrutura do telhado já existe, sendo assim, não será necessário gastar com calhas. Como a água captada será utilizada apenas para rega de jardim e limpeza do pátio externo, não será preciso realizar obras de adaptação do sistema hidráulica da unidade e nem a construção de um reservatório superior.

Na tabela 20, apresentamos o custo médio da implantação. Como o reservatório será sobre o solo, para evitar gastos com bombeamento, sugere-se que ele seja instalado na parte inferior do prédio (Anexo 2).

Tabela 20: Custo Estimado.

MATERIAL	PREÇO 25 m ³	PREÇO 20 m ³	PREÇO 15 m ³
01 Reservatório	12000	9000	6000
1 Filtro	300	300	300
5 m de Tubos de PVC 100 mm	100	100	100
4 Joelhos	100	100	100
2 Tê de 100 mm	40	40	40
Anéis de Vedação, cola, etc	50	50	50
Total	R\$ 12590	R\$ 9590	R\$ 6590

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

A Prefeitura de Berilo possui no seu quadro de funcionários pessoas qualificadas para a realização da adequação das calhas do telhado da UBS, logo, não foi considerado o custo da mão de obra, pois seria um gasto desnecessário.

5.3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES DAS ANÁLISES ECONOMICA

A UBS São Norberto enquadra-se na categoria pública e seu consumo de água está entre 40 m³ a 200 m³. O percentual máximo cobrado pelo serviço de esgoto pela COPANOR é de 92,50% (noventa e dois vírgula cinquenta por cento) do valor pago pelo consumo de água. A cidade não possui estação de tratamento de esgoto, a COPANOR realiza apenas a coleta, sendo assim, a tarifa referente ao esgoto se enquadra em esgotamento dinâmico com coleta e sem tratamento (EDC).

A Tabela 21 faz um comparativo do valor a ser pago pela UBS pelo serviço de fornecimento de água e esgotamento sanitário, por ano, para quatro situações, a primeira sem o reservatório de água pluvial, a segundo com o reservatório de água de chuva de 25m³, a terceira com o reservatório de 20 m³ e a quarta 15 m³.

Tabela 21: Comparação entre o valor a ser pago após a implantação do reservatório.

Condição	Vol. de Água (m ³)	R\$ x m ³	R\$ água	Vol. Esgoto (m ³)	R\$ x m ³	R\$ Esgoto	R\$ Total	R\$	TR
Sem Reservatório	1320	8,024	10591,7	1221	3,51	4285,71	14877,39	-----	-----
Com Reservatório 25 m ³	1230	8,024	9869,5	1137,75	3,51	3993,50	13863,02	1014,37	12 anos e 6 meses
Com Reservatório 20 m ³	1231,5	8,024	9881,6	1139,14	3,51	3998,37	13879,93	997,46	9 anos e 7 meses
Com Reservatório 15 m ³	1236,5	8,024	9921,7	1143,76	3,51	4014,61	13936,28	941,11	7 anos

Fonte : Elaborado pela autora, 2018.

Para o sistema de 25 m³, o custo total do sistema fica em torno de R\$ 12590. Considerando uma economia de R\$ 1014,37 por ano, verifica-se que demoraria cerca de doze anos e seis meses para que ocorra o de retorno de investimento. Para o sistema de 20m³, o custo total do sistema fica em torno de R\$ 9590. Considerando uma economia de R\$ 997,46 por ano, verifica-se que demoraria cerca de nove anos e sete meses meio para que ocorra o de retorno de investimento. Por último, para o sistema de 15m³, o custo total do sistema fica em torno de

R\$ 6590. Considerando uma economia de R\$ 941,11 por ano, verifica-se que demoraria cerca de sete anos para que ocorra o de retorno de investimento.

6. CONCLUSÃO

A proposta do trabalho foi dimensionar um reservatório de aproveitamento de águas pluviais para a Unidade Básica de Saúde de Leliveldia, distrito de Berilo. A partir dos vários métodos encontrados na literatura, percebeu-se que a implantação de um projeto de armazenamento de água pluvial não apresenta grande complexidade e que pode ser implementado em qualquer local, seja uma residência familiar, um prédio comercial ou um prédio público.

A partir das pesquisas, foi possível ver que existe uma vasta gama de empresas que trabalham com esse tipo de sistema e de produtos que oferecem várias alternativas de ajustes e adaptações para que se obtenha um sistema eficiente e com ótimo custo benefício, ou seja, que torna o sistema economicamente viável e de fácil acesso.

Durante o desenvolvimento do trabalho, constatou-se que a redução do valor da conta de água e esgoto para a UBS é a consequência menos importante, tendo em vista que ela está localizada no Vale do Jequitinhonha, nordeste do estado de Minas Gerais, região que vem sofrendo, ao longo dos últimos anos, com secas severas. Portanto, a utilização de água pluvial surge como uma alternativa para suprir o déficit de água do local.

Apesar de a literatura apresentar vários métodos para o dimensionamento de reservatórios de água pluvial, foram aplicados apenas dois métodos. Segundo Heberson *et al* (2009), o método Rippl é bastante razoável. A sua metodologia leva em consideração o volume do reservatório pensando não só período de chuva, mas, sim, na seca, que é quando o reservatório se mostra realmente útil, apresentando um volume intermediário entre os métodos de Azevedo Neto e o Prático Alemão e com um bom potencial de economia. Como a região de estudo sofre com secas severas, optou-se por essa metodologia. A escolha do segundo método, da Simulação, foi devido a possibilidade de simular o comportamento do sistema para vários volumes diferentes.

Fazendo uma breve comparação entre os volumes testados no método da simulação é possível observar que usando o reservatório de 15 m³ no final do ano será gerado um déficit de 6,5 m³, sendo assim, será necessário recorrer ao abastecimento público para suprir esse valor. Quando comparado com o sistema de 25 m³, que não aponta a necessidade de se recorrer ao abastecimento público, nota-se que, para gerar a economia de 6,5 m³ de água por ano, é necessário fazer um investimento de R\$ 6000,00 a mais. Como o distrito de Leliveldia não possui muitos recursos, não justifica-se gastar esse valor a mais para gerar uma economia anual de R\$73,30, aplicando as tarifas praticadas pela COPANOR. Quando se compara o sistema de 25 m³ e o de 20 m³, conclui-se que para gerar uma economia de R\$ 16,91 anualmente, será necessário fazer um investimento maior de R\$3000,00 (Tabela 22). Apesar da opção mais viável economicamente ser a utilização de um reservatório de 15 m³, recomenda-se por segurança a implantação de um reservatório de 20 m³, pois no estudo não foi considerado o ano crítico.

A implantação do reservatório de água pluvial em Leliveldia tem como objetivo principal proporcionar uma boa qualidade de vida a população. Assim, além de procurar soluções para os problemas que a região enfrenta, como a crise hídrica, o sistema fornece uma alternativa para que as futuras gerações também tenham acesso a esses recursos que são tão importante para a sobrevivência da humanidade.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 15527-Água da chuva- aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos**. Rio de Janeiro 2007.

AMORIN, S.V; PEREIRA, D.J. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Brasil. **Abastecimento urbano de água - panorama nacional** (v. 1). Brasília - Agência Nacional de Águas - Engecorps-Cobrape, 2010a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Brasil: **Abastecimento urbano de água - resultados por estado** (v. 2). Brasília - Agência Nacional de Águas - Engecorps-Cobrape, 2010b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil** - informe 2017. Ed. Especial. Brasília - Agência Nacional de Águas, 2017.

BAKOF. Catálogo de Reservatórios e cisternas. Disponível em: Maio de 2018.
<http://www.bakof.com.br>

CAMPOS, M.A.S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. São Carlos. 2004. 145 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CAMPOS, M.A.S. *et al.* **Sistema de aproveitamento de água pluvial: aspectos qualitativos e quantitativos**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, São Carlos: UFSCAR, 2007.

COMPANHIA DE SANEAMENTO INTEGRADO DO NORTE E NORDESTE DE MINAS GERAIS S/A-COPANOR. Disponível em: Junho de 2018.
www.copanor.com.br

HEBERSON, A.S; MARCÓRIO, I.A; RIBEIRO, R.Z. **Estudo de metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água de chuva**. Trabalho de

Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás- UFG, Goiana, 2009..

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. Curitiba: Organic Trading, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA- INMET. Disponível em: Junho de 2018;
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

MARINOSKI, A.K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Florianópolis, 2007.

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, São Paulo – SP, **Anais Cd Rom**, 2004.

NORMAS TECNICA SABESP. **NTS 181-Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação**. São Paulo: SABESP,2013

PEDRONI, G. P. **Aproveitamento da água da chuva em uma escola pública de Caxias do Sul/ RS**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porta Alegre 2013.

PINTO, André Augusto Oliveira. **Aproveitamento de Água pluvial para fins não potáveis em residência: Estudo de caso em Ouro Preto- MG**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. Sao Paulo: Navegar, 2009.

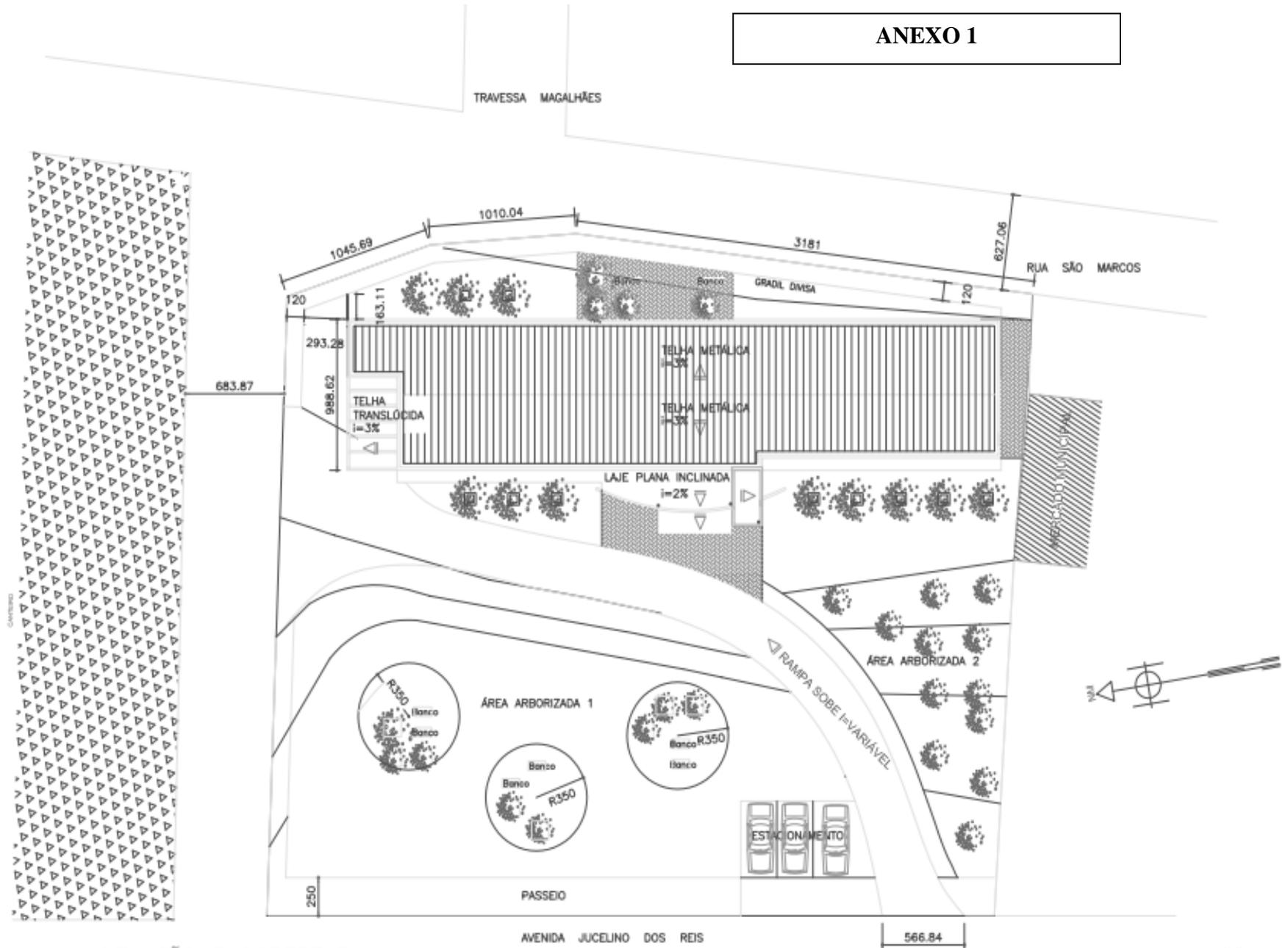
TOMAZ, Plinio. **Previsão de consumo de água: Interface nas Instalações Prediais de Água e Esgoto com os Serviços públicos**. São Paulo: Navegar, 2000.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: diretrizes básicas para um projeto**. 10º Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva.15 a 18 de novembro de 2016. Belém – PA.

SANTOS, Silvia Magda Baratella. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em canteiro de obra : edifício Varandas da Pampulha** . Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto/MGG 2016.

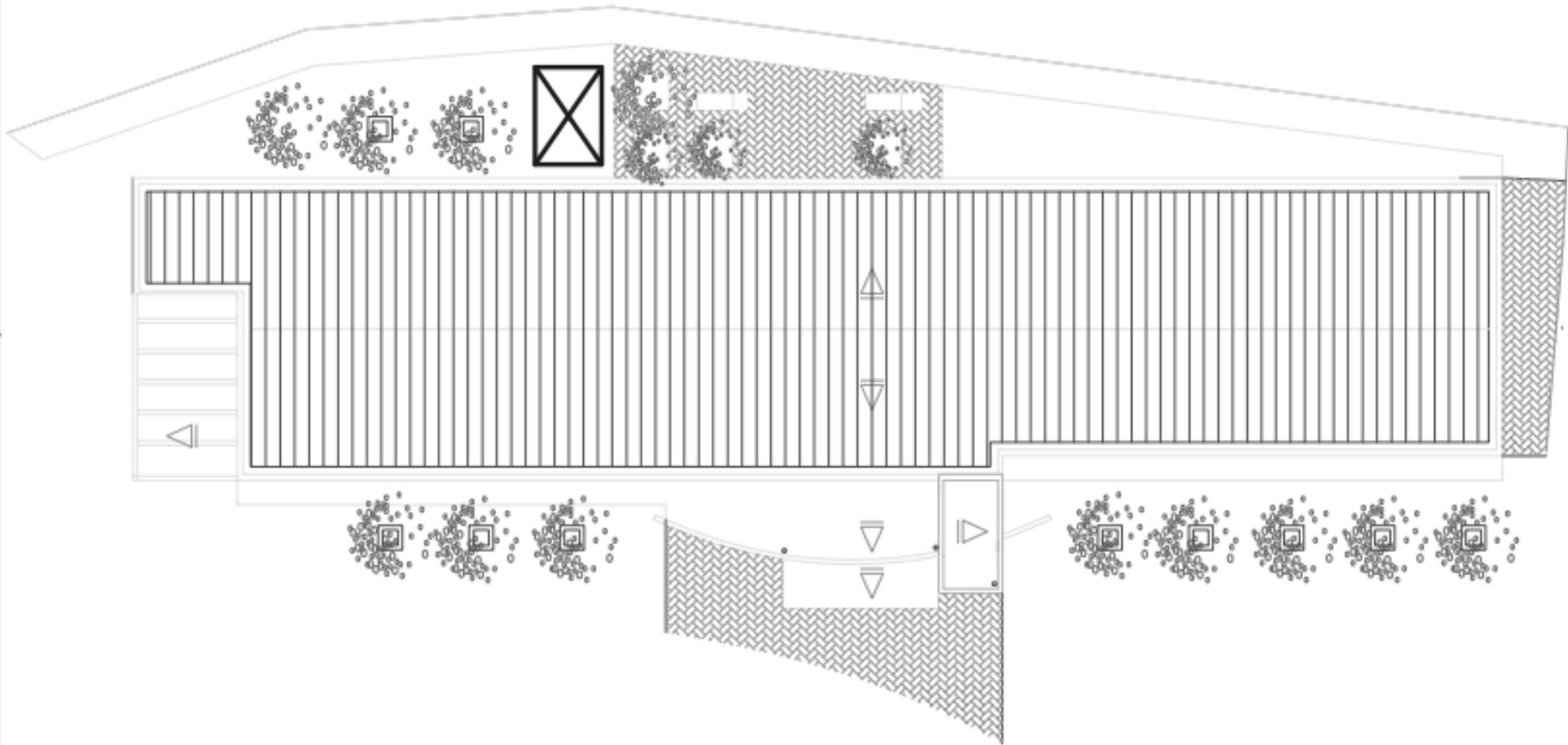
VIEIRA, Patrick Fernandes. **Avaliação do potencial da água de chuva para fins não potáveis: análise do projeto de um condomínio residencial vertical em Curitiba/PR.** Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Construções Sustentáveis, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Curitiba/PR, 2012.

ANEXO 1



SITUAÇÃO E COBERTURA
ESC.:1/250

ANEXO 2





UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS



COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Certifico que a aluna Roseana da Conceição Pinto, autor do trabalho de conclusão de curso intitulado "DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL: ESTUDO DE CASO DE UMA EDIFICAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE BERILO/MG", efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.

(Dr^a Ana Letícia Pilz De Castro)
Orientadora

Ouro Preto, 20 de Julho de 2018.