

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ANDRESSA MACHADO CAMPOS

**CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA ESCOLA
TÉCNICA ESTADUAL Dr. RUBENS DA ROSA GUEDES, CAÇAPAVA DO SUL - RS**

**Caçapava do Sul
2019**

ANDRESSA MACHADO CAMPOS

**CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA ESCOLA
TÉCNICA ESTADUAL Dr. RUBENS DA ROSA GUEDES, CAÇAPAVA DO SUL - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin

**Caçapava do Sul
2019**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

C198c Campos, Andressa
Captação De Água De Chuva Para Fins Não Potáveis Na Escola
Técnica Estadual Dr. Rubens Da Rosa Guedes, Caçapava do Sul -
RS / Andressa Campos.
77 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade
Federal do Pampa, ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 2019.
"Orientação: Rafael Matias Feltrin".

1. Recursos Hídricos . 2. Aproveitamento de água pluvial.
I. Título.

ANDRESSA MACHADO CAMPOS

**CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA ESCOLA
TÉCNICA ESTADUAL Dr. RUBENS DA ROSA GUEDES, CAÇAPAVA DO SUL – RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

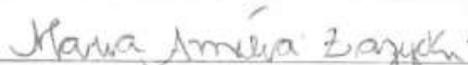
Orientador: Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 28/11/2019

Banca examinadora:



Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin
Orientador
UNIPAMPA



Prof.^ª. Dr.^ª. Maria Amélia Zazycki
UNIPAMPA



Prof.^ª. Diana Ferreira de Souza Madeira
ETERRG

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por ter chegado até este momento;

Aos meus pais e irmã, pelo incentivo e ajuda que proporcionaram ao longo de todos estes anos;

Ao Professor Dr. Rafael Matias Feltrin, pela orientação, auxílio e dedicação durante a realização deste trabalho;

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem o convite e colaborarem para o crescimento do trabalho;

À Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes, por toda atenção e ajuda quanto ao fornecimento de informações sobre a escola;

Aos professores e colegas do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento do trabalho.

RESUMO

A água para o consumo humano têm se tornado cada vez mais restrita, resultando numa grande preocupação na atualidade. A situação é atribuída ao uso não planejado, distribuição irregular da água no mundo, aumento da população e crescente degradação dos recursos hídricos, trazendo como consequência, desperdícios e uma possível insuficiência desse recurso indispensável, para as futuras gerações. Uma solução simples para preservação da água potável e que se torna cada vez mais conhecida pela sociedade é o aproveitamento da água pluvial, que ainda traz como benefício a redução do escoamento superficial, das enchentes e das demandas exigidas das companhias de saneamento. À vista disso, pensando no desenvolvimento sustentável e na conservação da água, recurso natural imprescindível à vida, o objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para usos nas atividades de limpeza e irrigação na Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes, no município de Caçapava do Sul – RS. Para a execução da pesquisa foi realizada, uma breve caracterização da área e objeto de estudo, do clima da região acerca das temperaturas e precipitações médias, determinação do consumo total de água e uma estimativa do consumo não potável considerando as atividades de limpeza e irrigação de hortaliças. Também foi feita a escolha das áreas de captação, dimensionamentos de calhas, condutores e reservatórios de armazenamento, cálculo dos volumes de chuva aproveitável, potencial de economia na água potável, economia financeira e período de retorno do investimento por meio do levantamento de um quantitativo de materiais necessários na implantação do projeto. Como resultado do estudo, foi possível verificar que com o projeto instalado nas áreas de coleta adotadas, haverá uma economia na água potável de 36,92m³/mês e 443,04 m³/ano e uma economia financeira de R\$ 235,55 por mês e R\$2.826,60 ao ano. O custo estimado, que deverá ser gasto na implantação do projeto foi de R\$5.742,62, sendo o período de retorno do investimento considerando também a economia financeira, relativamente curto de aproximadamente 2 anos. Além disso, o índice de chuvas do município é bastante favorável, portanto a implantação do projeto na escola é viável.

Palavras-chave: economia, instituição de ensino, sustentabilidade, recursos hídricos.

ABSTRACT

Water for human consumption has become increasingly restricted, resulting in major concern today. The situation is attributed to unplanned use, irregular distribution of water in the world, population increase and increasing degradation of water resources, resulting in waste and a possible insufficiency of this indispensable resource for future generations. A simple solution for the preservation of drinking water that is becoming more and more known to society is the use of rainwater, which still has the benefit of reducing runoff, flooding and the demands of sanitation companies. In view of this, considering the sustainable development and conservation of water, an essential natural resource for life, the objective of this work was to verify the technical and economic feasibility of implementing a rainwater harvesting system for use in cleaning and irrigation activities in the region. Dr. Rubens da Rosa Guedes State Technical School, in the city of Caçapava do Sul - RS. To carry out the research, a brief characterization of the area and object of study, the climate of the region about the average temperatures and precipitation, a determination of the total water consumption and an estimate of the non-potable consumption considering the cleaning and irrigation activities of vegetables. It was also made the choice of catchment areas, gutter sizing, conductors and storage reservoirs, calculation of usable rainfall volumes, potential for saving in drinking water, financial savings and payback period by surveying a number of materials needed in project implementation. As a result of the study, it was possible to verify that with the project installed in the adopted collection areas, there will be a saving in drinking water of 36.92m³/month and 443.04 m³/year and a financial saving of R\$ 235.55 per month and R\$ 2,826.60 per year. The estimated cost to be spent on project implementation was R\$5.742,62, with the return on investment also considering the relatively short financial savings of approximately 2 years. In addition, the rainfall rate of the municipality is very favorable, so the implementation of the project in the school is feasible.

Keywords: economics, educational institution, sustainability, water resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Distribuição da água no globo terrestre	16
Figura 2- Regiões hidrográficas brasileiras	17
Figura 3 - Distribuição dos recursos hídricos, da superfície e da população (em % do total do Brasil)	18
Figura 4 - Distribuição do consumo de água no Brasil	20
Figura 5 – Consumo de água nas indústrias	20
Figura 6 - Esquema captação da água da chuva.....	24
Figura 7 - Áreas de captação para diferentes formatos de telhado.....	25
Figura 8 - Usuais formatos de calha	26
Figura 9 - Tipos de calha.....	26
Figura 10 - Grade localizada sobre a calha.....	27
Figura 11 - Dispositivo para rejeição dos primeiros momentos de chuva	28
Figura 12 - fluxograma da metodologia	35
Figura 13 - Localização da região em estudo no Rio Grande do Sul	36
Figura 14 - Localização da escola no município de Caçapava do Sul	37
Figura 15 - Fachada da escola em estudo	37
Figura 16- Precipitação média mensal para a região de Caçapava do Sul/RS	38
Figura 17 – Ábaco para calha com saída em aresta viva.....	43
Figura 18 - Ábaco para calha com funil de saída	43
Figura 19 – Estufa utilizada para captação	52
Figura 20 – Telhado utilizado para captação.....	53
Figura 21 – Medidas do telhado usado para captação da água pluvial.....	53
Figura 22 – Medidas da estufa usada para captação da água pluvial	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa das porcentagens de água gastas nas atividades domésticas	21
Tabela 2- Consumo de água por usuário.....	22
Tabela 3- Consumo de água por atividade.....	22
Tabela 4 – Consumo diário e mensal das atividades e aparelhos presentes na instituição.....	23
Tabela 5- Coeficientes de <i>Runoff</i> médios.....	25
Tabela 6 – Coeficientes de rugosidade	27
Tabela 7- Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis	34
Tabela 8 – Frequência de manutenção dos componentes do sistema.....	34
Tabela 9 - Indicadores de consumo de água na limpeza e irrigação de hortaliças	40
Tabela 10 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)	44
Tabela 11- Consumo de água potável na ETERRG durante o período de março de 2018 a agosto de 2019.....	49
Tabela 12- Principais áreas que necessitam de limpeza, frequência de realização e estimativa do volume mensal.....	50
Tabela 13 – Áreas de irrigação de hortaliças e estimativa dos volumes gastos.	50
Tabela 14 – Registros de precipitação mensal do município de Caçapava do Sul/RS.....	51
Tabela 15- Resultados das áreas de cobertura selecionadas	54
Tabela 16 – Resultados das vazões de projeto e vazão na calha para as superfícies de telhado e estufa.....	55
Tabela 17- Precipitação possível de ser coletada mensalmente no telhado.....	57
Tabela 18- Precipitação possível de ser coletada mensalmente na estufa	57
Tabela 19- Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para área do telhado	59
Tabela 20- Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para área da estufa	60
Tabela 21 - Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação para área do telhado	62
Tabela 22- Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação para área da estufa	63
Tabela 23- Dimensionamento do reservatório para as áreas de telhado e estufa pelo método de Azevedo Neto	64
Tabela 24- Insumos orçados para o desenvolvimento do sistema de coleta e aproveitamento pluvial.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AGPTEA – Associação Gaúcha de Professores Técnicos de Ensino Agrícola.

ANA – Agência Nacional de Águas

CNA – Conselho Nacional da Água

CNM – Confederação Nacional de Municípios.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CORSAN - Companhia Regional de Saneamento

ETERRG - Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes

GPRH - Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MMA - Ministério do Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

PMC - Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul

PVC – Policloreto de Vinila

RHN - Rede Hidrometeorológica Nacional

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SEMA – Secretaria do meio ambiente e infraestrutura

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

SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	14
1.2	Objetivo Geral	15
1.3	Objetivos Específicos	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Recursos hídricos no Brasil e no Mundo	16
2.2	Consumo de água no Brasil e no Mundo	19
2.2.1	Consumo de água em edificações de ensino	21
2.3	Aproveitamento da água da chuva	23
2.4	Métodos para dimensionamento dos reservatórios de armazenamento	28
2.4.1	Rippl	29
2.4.2	Simulação	30
2.4.3	Prático Alemão	31
2.4.4	Prático Inglês	31
2.4.5	Prático Australiano	31
2.4.6	Azevedo Neto	32
2.5	Qualidade da água coletada	33
3	METODOLOGIA	35
3.1	Caracterização da área de estudo	35
3.1.1	Clima	37
3.1.2	Dados pluviométricos	38
3.2	Consumo de água potável	39
3.2.1	Consumo não potável	40
3.3	Determinação das áreas de captação	40
3.4	Dimensionamento das calhas e condutores	41
3.5	Dimensionamento do reservatório	44
3.6	Volume aproveitável	44
3.7	Análise da viabilidade técnico econômica	45
3.7.1	Economia na água potável	45
3.7.2	Economia financeira	46
3.7.3	Período de retorno do investimento	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48

4.1	Consumo de água potável.....	48
4.1.1	Demanda não potável.....	50
4.2	Dados pluviométricos.....	51
4.3	Áreas de captação.....	52
4.4	Dimensionamento das calhas	54
4.4.1	Dimensionamento dos condutores horizontais e verticais	56
4.5	Cálculo do volume aproveitável.....	56
4.6	Dimensionamento dos reservatórios.....	58
4.6.1	Método de Rippl	58
4.6.2	Método da simulação	61
4.6.3	Método de Azevedo Neto	64
4.6.4	Análise das metodologias.....	64
4.7	Análise da viabilidade técnico econômica	65
4.7.1	Economia na água potável.....	65
4.7.2	Economia financeira	65
4.7.3	Período de retorno do investimento realizado.....	66
5	CONCLUSÃO.....	69
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento indispensável para a sobrevivência dos seres humanos e de todos os ciclos de vida existentes no planeta (CARVALHO; BARCELLOS; HENTZ, 2015). É responsável pela variabilidade climática e também possui importância social e econômica, pois ela ocupa importante posição no desenvolvimento do País. Sendo fonte de energia para hidrelétricas, de irrigação para a agricultura e de múltiplas utilizações na indústria (RIBEIRO; ROLIM, 2017).

A água presente no planeta encontra-se em constante movimento a cargo do ciclo hidrológico, por isso a quantidade presente na terra não é alterada a centenas de anos. O que está diminuindo é a água de qualidade, em consequência do mau uso da água potável, da poluição dos recursos hídricos e do crescimento desordenado da população. Conforme relatórios da ONU (2017), a população mundial é estimada em aproximadamente 7,6 bilhões de pessoas, tendendo a atingir 8,6 bilhões em 2030, 9,8 em 2050 e provavelmente ultrapassando 11,2 bilhões em 2100, o que demandaria ainda mais os sistemas de abastecimento de água.

Atualmente no Brasil o maior consumo de água é feito pela irrigação, seguida do abastecimento animal, das indústrias e o abastecimento humano (ANA, 2018). No entanto, nem toda água utilizada necessita receber tratamento, como por exemplo, as utilizadas para fins menos nobres. Na maior parte das atividades a água potável pode ser substituída evitando-se desperdícios. Diante disso é recomendável a procura por alternativas para preservar a água de qualidade e mitigar os problemas de escassez hídrica. É uma solução para reduzir os impactos antropogênicos nos recursos hídricos e ao mesmo tempo para gerar economia financeira é o aproveitamento da água pluvial (PINTO, 2016; GUIMARÃES, 2016). Essa técnica sustentável consiste em usar superfícies expostas ao ar livre, como coberturas e telhados para realizar a coleta da água, que em seguida deve ser armazenada em reservatórios, tratada e distribuída aos pontos de utilização.

A norma da ABNT NBR 15527 (2007), menciona que uso da água captada da chuva deve ser feito para fins não potáveis, como descargas em bacias sanitárias, irrigação, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais. Para outros usos a água deve ser desinfetada e receber tratamento específico. Fazendo-se a captação da água pluvial ainda são evitadas as enchentes, alagamentos e possíveis racionamentos.

A implantação de sistemas para aproveitamento pluvial está se tornando cada vez mais comum em diversos locais, e as escolas são lugares propícios ao desenvolvimento desses projetos já que possuem telhados extensos e geralmente sem interferências, fator indispensável para a captação além da grande população que circula no ambiente escolar, o que acaba acarretando maiores consumos de água.

De acordo com Queiroz e Farias (2012) antes da implantação de sistemas de aproveitamento pluvial, é importante ser feita uma coleta de informações sobre a edificação, como as características físicas, a quantificação de alguns parâmetros, realizados por meio de estudos de viabilidade técnica e econômica evitando-se assim instalações inadequadas e tornando melhor o rendimento do projeto.

Diante do contexto apresentado e considerando que a preservação dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade é de relevante importância no presente e também no futuro, foi realizado um estudo da viabilidade técnica para a implantação de um sistema para aproveitamento da água da chuva na Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes (ETERRG), localizada na Estrada Alto das Catacumbas, zona rural do município de Caçapava do Sul/RS.

1.1 Justificativa

A água é um recurso natural essencial para a manutenção da vida, porém ela não está sendo bem utilizada e nem cuidada. Atualmente há muito desperdício e degradação dos corpos d'água, além da procura por este recurso estar aumentando cada vez mais com o desenvolvimento populacional. Por estes e outros fatores as reservas de água doce, apropriadas para o consumo humano, estão diminuindo.

Porém a população tem se conscientizado para a busca de soluções no gerenciamento dos recursos hídricos, por meio de práticas sustentáveis. Dentre estas, o uso das águas pluviais captadas de superfícies tem ganhado ênfase em várias partes do mundo, por ser considerado um método simples, que não gera nenhum impacto ambiental e que visa à proteção dos mananciais superficiais e subterrâneos, reduzindo a pressão sobre os mesmos.

Nos estabelecimentos públicos como, por exemplo, as escolas geralmente o consumo de água e o desperdício são bastante elevados, tendo em vista que esses locais atendem uma vasta quantidade de pessoas. Sendo mais de 50% da água consumida, destinada a fins menos nobres, podendo ser substituída por água não tratada (OURIQUES, et al.,2016).

Considerando o exposto o foco do trabalho foi analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de captação de água da chuva para fins não potáveis, na Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes, no município de Caçapava do Sul - RS. Escolheu-se o tema “aproveitamento de água de chuva”, pelo fato de que um estudo desse tipo nas escolas incentivam ações educativas de conscientização ambiental, tornando-se um excelente meio de divulgação dos benefícios do emprego das técnicas sustentáveis. Além disso, contribui positivamente para a conservação dos recursos hídricos, garante economia no consumo de água potável e melhor rendimento dos recursos financeiros destinados a instituições de ensino.

1.2 Objetivo Geral

Este trabalho teve como propósito analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema para aproveitamento da água da chuva na Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes (ETERRG), localizada no município de Caçapava do Sul/RS.

1.3 Objetivos Específicos

- Dimensionar as calhas e condutores horizontais e verticais;
- Dimensionar os reservatórios necessários para atender a demanda;
- Estimar a economia obtida no consumo de água potável;
- Realizar uma estimativa de custos para implantação do projeto na escola.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Recursos hídricos no Brasil e no Mundo

Os volumes de água que integram o ciclo hidrológico são estudados há anos por diversos autores. Mas atualmente comenta-se que no mundo a água cobre cerca de 70% da superfície do planeta terra, totalizando aproximadamente 1386 milhões de quilômetros cúbicos de água (CNA, 2019). Porém estima-se que 97,5% deste total são de água salgada, sendo apenas 2,5 % de água doce (MMA, 2019). Deste total de água doce disponível 68,9% ficam nas geleiras, calotas polares e regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõe a umidade do solo e dos pântanos restando somente 0,3% na porção superficial de água doce presente em rios e lagos (MMA, 2019). A figura 1 mostra os dados mencionados graficamente.

Figura 1 - Distribuição da água no globo terrestre



Fonte: MMA (2019)

A Ásia e a América do Sul são os continentes que detêm os maiores volumes de água, 31,6% com vazão de 458.000 km³/ano, e 23,1% com vazão de 334.000 km³/ano, respectivamente para os dois continentes (MARINOSKI, 2007).

Em relação ao potencial hídrico global, o Brasil é um dos países mais ricos do mundo em disponibilidade hídrica possuindo 12 % da água doce do planeta, além de conter uma vazão média de água de 177.900 km³/ano, correspondente a 53% da vazão média total da América do Sul (TOMAZ, 2001; MORAIS, 2017). De acordo com Tomaz (2001), estabeleceu-se que os países com “escassez de águas” são os que possuem volumes de água

doce disponível menor do que $500\text{m}^3\text{hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$, já os “ricos em águas” devem conter volumes entre $10.000\text{ m}^3\text{hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$ a $100.000\text{ m}^3\text{hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$. O Brasil, portanto é considerado um país rico em água, com $35.732\text{ m}^3\text{hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$, outros países com grande disponibilidade hídrica são o Canadá, a Rússia e a Colômbia. Entre os países considerados com escassez hídrica destaca-se a Arábia Saudita, Israel e a Líbia.

As principais bacias hidrográficas do Brasil são do Rio Amazonas, do Tocantins/Araguaia, do São Francisco, do Parnaíba, do Atlântico Nordeste Oriental e Nordeste Ocidental, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai, conforme apresentado no mapa da figura 2 (CNRH, 2003).

Figura 2 - Regiões hidrográficas brasileiras

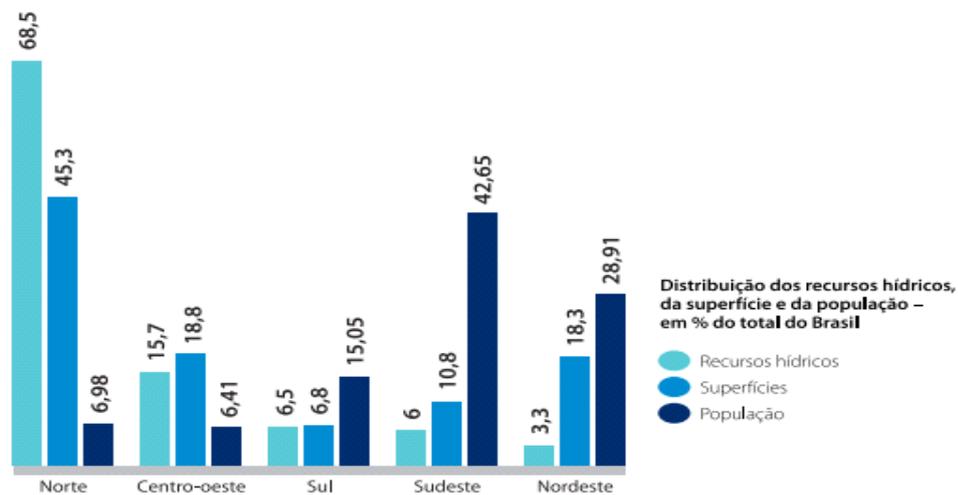


Fonte: CNRH (2003)

No país encontra-se também a maior reserva de água doce subterrânea, o Aquífero Guarani, um corpo hídrico com $1.195.500\text{ km}^2$ de área. Deste total, 839.800 km^2 encontra-se situado em território brasileiro, em oito estados, sendo: 213.200 km^2 no Mato Grosso do Sul (MS); 157.600 km^2 no Rio Grande do Sul (RS); 155.800 km^2 em São Paulo (SP); 131.300 km^2 no Paraná (PR); 55.000 km^2 em Goiás (GO); 51.300 km^2 em Minas Gerais (MG); 49.200 km^2 em Santa Catarina (SC) e 26.400 km^2 no Mato Grosso (MT). O restante encontra-se nos territórios da Argentina (225.500 km^2), Paraguai (71.700 km^2) e Uruguai (58.500 km^2) (RIBEIRO, 2008).

Porém as fontes de água estão mal distribuídas entre as regiões do Brasil, o que acarreta desequilíbrio entre a oferta e a demanda por água, pois nas regiões que possuem maior densidade populacional o volume de água é baixo, já nos territórios com menor número de habitantes o volume de água disponível é alto (COSTA; TELLES, 2010). No gráfico da figura 3 esta ilustrada as regiões do Brasil, com as porcentagens dos recursos hídricos disponíveis, da população e do território, ambos os dados obtidos em relação ao total existente no país.

Figura 3 - Distribuição dos recursos hídricos, da superfície e da população (em % do total do Brasil)



Fonte: MMA (2019)

O Rio Grande do Sul com área de 281.730,2 km² possui uma população de 10.693.929 pessoas de acordo com o último censo realizado em 2010, ocupando 3% do território brasileiro (IBGE, 2019). No território gaúcho há uma das maiores disponibilidades hídricas do Brasil, com ampla densidade de cursos d'água, lagoas e reservatórios de água subterrânea. O estado dispõe de aproximadamente 18% do volume do Aquífero Guarani um dos mais importantes do mundo (PESSOA, 2015). Entretanto o mesmo passa por alguns desequilíbrios hídricos, tanto em quantidade quanto em qualidade. Apenas 31,2% dos esgotos gerados são posteriormente coletados e menos de 13% recebe tratamento, por conta disso, o estado abriga três dos 10 rios mais poluídos do País: Sinos, Gravataí e Caí (PESSOA, 2015). Além disso, há uma grande quantidade de áreas plantadas, onde são utilizados agrotóxicos e fertilizantes que contribuem para a diminuição da qualidade das águas (PESSOA, 2015).

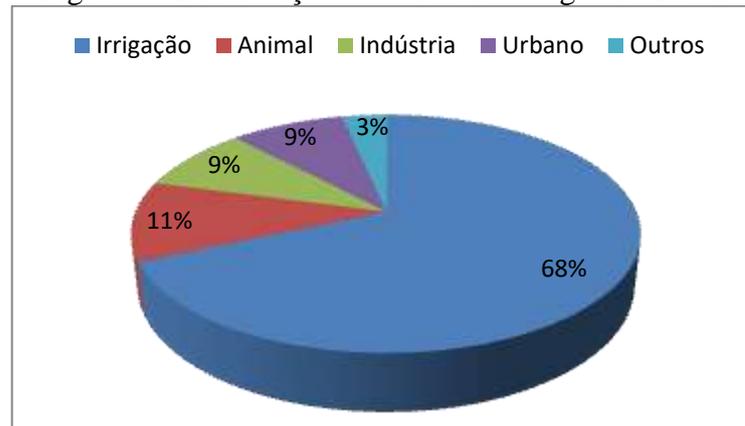
Na busca por soluções para a crise da água, a Lei Estadual Nº 10.350, de 1994 da política Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul dividiu o Estado em três regiões hidrográficas: Uruguai, Guaíba e Litorânea (SEMA, 2019). A Região Hidrográfica do Uruguai é formada pelas bacias do extremo norte e oeste do estado abrangendo o equivalente a 45% da área total do Rio Grande do Sul, a Região Hidrográfica do Guaíba é formada pelas bacias da porção norte e central do estado, correspondendo a cerca de 30% da área total e a Região Hidrográfica do Litoral com 13 % da área total, é formada pelas bacias do leste e extremo sul do estado, algumas bacias desta drenam para o Oceano Atlântico (SEMA, 2019).

2.2 Consumo de água no Brasil e no Mundo

A demanda por água no Mundo tem aumentado cerca de 1% por ano ao longo das últimas décadas, de acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, desenvolvido pela UNESCO (2019), isso devido ao desenvolvimento socioeconômico, mudanças nos padrões de consumo e crescimento populacional. O consumo global deverá aumentar continuamente até 2050 cerca de 20% a 30% em relação ao volume atual (UNESCO, 2019). No mundo a agricultura é o primeiro setor responsável pelo elevado índice de consumo utilizando notáveis 70% do total de toda água extraída seguida pelo setor industrial com 19% e do setor municipal com 11% (FAO, 2016).

A média anual do volume de água retirada no Brasil no ano de 2017 foi de 2083m³/s, sendo consumidos 1158 m³/s (ANA, 2018). De acordo com o Manual de usos consuntivos da água no Brasil, os principais usos de água no país, são no abastecimento humano (urbano e rural), abastecimento animal, indústria, mineração, termoeletricidade, irrigação e na evaporação líquida de reservatórios artificiais (ANA, 2019). Mas em termos de quantidade utilizada, segundo o Relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil da ANA (2018) o maior consumo de água no país, é feito na irrigação (68%), seguido do abastecimento animal (11%), da indústria (9%) e abastecimento urbano (9%), A figura 4 indica graficamente estes dados.

Figura 4 - Distribuição do consumo de água no Brasil



Fonte: Adaptado de ANA (2018)

Segundo ANA (2017) atualmente a vazão (contínua 24h) retirada para as áreas irrigadas do Brasil é de $969\text{m}^3/\text{s}$, retornando um volume muito pequeno de volta ao corpo d'água (ANA, 2017). Na pecuária que abrange o consumo animal, este varia em função da espécie, tamanho e estágio de desenvolvimento fisiológico, além das condições ambientais e formas de manejo (ANA, 2017). No país a maior parte do consumo animal é referente à criação de bovinos, cerca de $123\text{m}^3/\text{s}$ de água gastos (ANA, 2017). Quanto à indústria, a água é utilizada tanto para consumo dos funcionários como para o processamento dos produtos (MARTINS; MARQUES, 2017). O setor industrial tem sua exigência por água variando de acordo com o ramo da atividade (CHIAVEGATTI, 2013). Na figura 5 estão retratados alguns tipos de indústria e seus respectivos consumos médios de água.

Figura 5 – Consumo de água nas indústrias



Fonte: ANA (2017)

No que se refere ao consumo urbano, onde mais é requisitada água é nas residências, tornando-se as maiores influenciadoras das médias (MARTINS; MARQUES, 2017). As residências utilizam a água para diversos fins e o consumo depende do número de habitantes presente, da situação socioeconômica, clima da região e aspectos culturais (RODRIGUES, 2017).

Com base nos dados da Organização das Nações Unidas (ONU), é suficiente para o atendimento das necessidades básicas de uma pessoa uma média de 3,3 mil litros de água por pessoa por mês, ou seja, cerca de 110 litros de água por dia para consumo e higiene. No Brasil, no entanto esse consumo diário por pessoa é em média de 154 litros por dia, podendo chegar a mais de 200 litros em algumas regiões do país (CNM, 2018; SABESP, 2019).

Na tabela 1 encontra-se uma estimativa feita por Oliveira (2004) das porcentagens consumidas de água por cada atividade doméstica, onde se pode notar que o chuveiro e o vaso sanitário são os aparelhos que mais gastam água em uma edificação residencial.

Tabela 1 - Estimativa das porcentagens de água gastas nas atividades domésticas

Aparelhos	Consumo (%)
Descarga do vaso sanitário	41
Chuveiro	37
Pia (cozinha)	6
Bebida	2
Lavação de roupa	6
Limpeza da casa	3
Irrigação de jardins	3
Lavação de carros	1

Fonte: Oliveira (2004)

2.2.1 Consumo de água em edificações de ensino

Nas escolas e universidades, há uma tendência maior ao desperdício de água, já que os usuários não são responsáveis pelo pagamento direto do abastecimento (ABREU, 2017). Sendo assim, nas instituições de ensino é bastante favorável o estudo de práticas sustentáveis para a preservação dos recursos hídricos. Isso porque esses locais atendem grandes quantidades de pessoas, direta ou indiretamente, podendo incentivar a conscientização dos usuários para a conservação e uso racional da água (MARTINS; MARQUES, 2017; BARBOSA, 2016). Além disso, as edificações possuem telhados e/ou coberturas com extensas áreas, o que favorece a captação da água da chuva (GOMES, 2018).

Geralmente os principais usos de água em edificações de ensino são destinados a: torneira, bebedouro, mictório, bacia sanitária, rega de jardins, refeitório e limpeza da edificação (KARLINSKI, 2015). Karlinski (2015) conduziu um estudo em uma edificação de ensino de São Luiz Gonzaga/RS onde foi quantificada a demanda de água total da instituição, considerando o número de alunos, funcionários e professores por turno, número de refeições servidas diariamente, área de jardins e áreas da edificação passível de limpeza. Os valores referentes aos levantamentos destes dados estão apresentados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Consumo de água por usuário

Usuários	Manhã	Tarde	Noite	Consumo (litros/turno/pessoa)	Consumo (litros/dia)
Alunos	159	118	73	3,46	1213,33
Alunas	139	85	59	10,17	2879,05
Professores	4	3	3	3,94	39,4
Professoras	28	30	19	10,54	811,81
Funcionários	4	2	3	4,65	41,85
Funcionárias	14	12	2	16,86	472,08
Total	348	250	159	49,62	5457,52

Fonte: Adaptado de Karlinski (2015)

Tabela 3 – Consumo de água por atividade

Uso/ Atividade	Quantidade	Consumo
Refeições	220 refeições/dia	11 litros/refeição
Limpeza das salas	1738 m ²	20 litros a cada 50 m ²
Limpeza circulação	1000 m ²	5 litros/m ²
Rega de jardins	1483,99 m ²	1,5 litros/m ²

Fonte: Karlinski (2015)

Barbosa (2016), também realizou um estudo em uma edificação de ensino no município de Boa Esperança – MG, onde foram realizadas entrevistas com usuários da escola para obter-se uma estimativa de consumo diário total. Os resultados dos referidos consumos estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Consumo diário e mensal das atividades e aparelhos presentes na instituição

Consumo	Consumo diário (L/dia)	Consumo Mensal (L/mês)
Torneira	399,9	8797,8
Bebedouro	109,65	2412,3
Vaso Sanitário	3947,4	86842,8
Mictório	174,15	3831,3
Torneiras de tanque	45	990
Torneiras de pia	459	10098
Chuveiro	1,89	41,58
Irrigação de jardins	18,72	411,84
Lavação de calçadas	4,32	95,04
Lavação de carros	10,8	237,6
Limpeza	432	9504
Total	5602,83	123262,26

Fonte: Adaptado de Barbosa (2016)

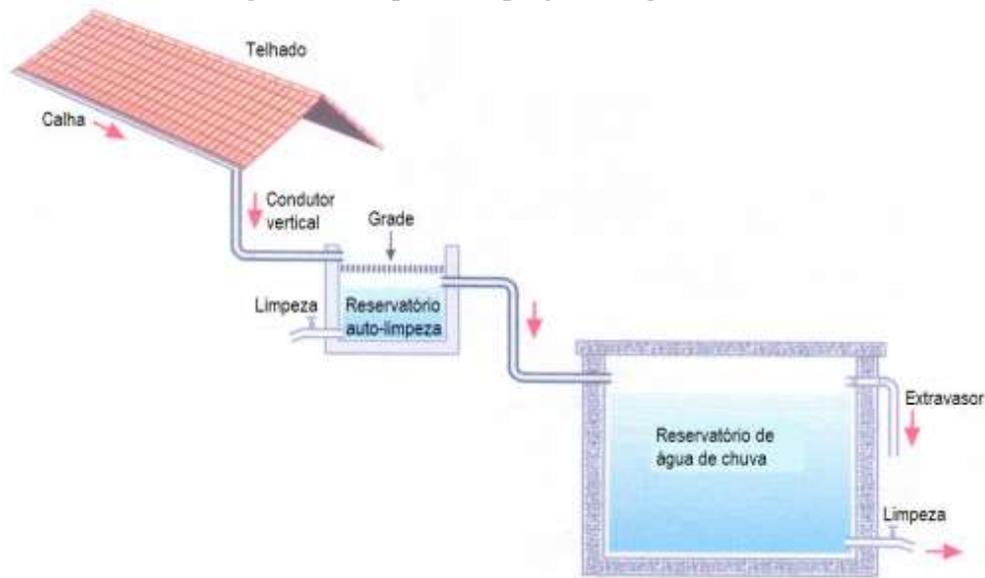
2.3 Aproveitamento da água da chuva

Os problemas de escassez, associados à perda da qualidade dos mananciais pela crescente poluição e aos serviços de abastecimento públicos ineficientes, são fatores que têm despertado diversos setores da sociedade para a necessidade da conservação dos recursos hídricos (SILVA, 2007).

Dentre as práticas para preservação da água, o aproveitamento da água da chuva esta ganhando ênfase em várias partes do mundo, sendo considerado um meio simples, que não gera impacto ambiental e eficaz para amenizar o crescente problema da escassez hídrica (MAY, 2004). Tomaz (2003) descreve ainda que é possível se ter uma economia de até 30% no consumo de água, quando utilizada a água pluvial.

Os componentes básicos presentes em um sistema para aproveitamento da água da chuva são: as áreas de captação, tubulações para condução da água (condutos horizontais e verticais), sistema de tratamento (filtros, telas e grades), reservatório para descarte da primeira chuva e reservatório de armazenamento (SILVA, 2007; FAVRETTO, 2016). Também em caso de o sistema não funcionar por gravidade, pode-se utilizar bombas, para a elevação da água até reservatórios superiores. O bombeamento para o abastecimento deve estar de acordo com a norma NBR 12214 (ABNT, 1992). A figura 6 apresenta o esquema de um sistema para captação e aproveitamento da água pluvial.

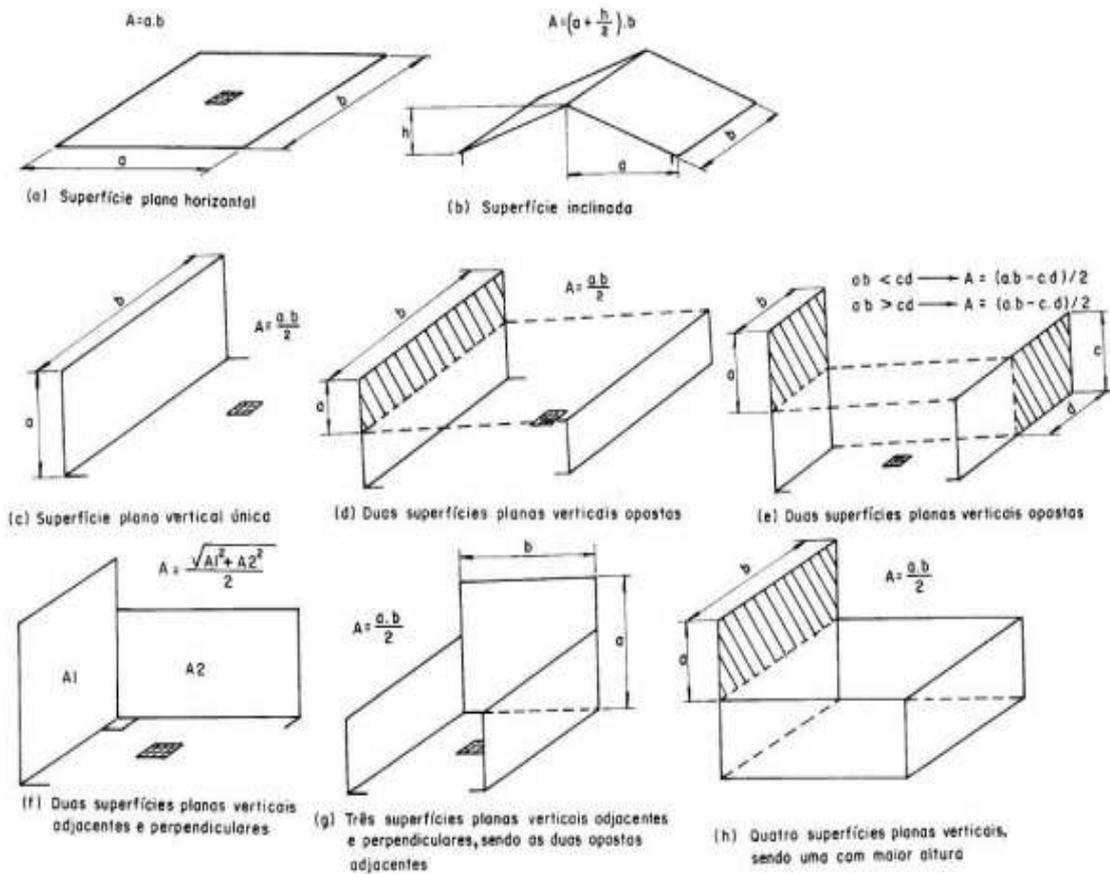
Figura 6 - Esquema captação da água da chuva



Fonte: Tomaz (2007)

Inicialmente a água da chuva é captada através de superfícies impermeáveis expostas ao ar livre. Comumente são utilizados telhados, e esses podem ser de material cerâmico, fibrocimento, zinco, ferro galvanizado, concreto armado, de plástico, revestido com asfalto, entre outros. O telhado pode ser inclinado, pouco inclinado ou plano (TOMAZ, 2010). Conforme a NBR 10844 cada telhado possui uma área de contribuição, na qual deve ser considerada a inclinação da cobertura e as paredes próximas que interceptam a água da chuva (ABNT, 1989). Na figura 7 estão apresentados alguns formatos de telhados e a respectiva equação recomendada para o cálculo da área de contribuição em cada situação.

Figura 7 - Áreas de captação para diferentes formatos de telhado



Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

Para Karlinski (2015), nem todo o volume de chuva precipitado deverá ser aproveitado, pois conforme o material do telhado pode ocorrer perdas por evaporação e absorção. O que influencia na quantidade de água precipitada que de fato será aproveitada é a porosidade do material da cobertura (MINATTO, 2013). O fator associado à porosidade da superfície de captação é conhecido como “Coeficiente de *Runoff*” ou de escoamento superficial. Este coeficiente varia conforme o tipo de material do telhado, inclinação e clima da região (MANO, 2004). Na tabela 5 estão representados os valores mais usuais para o coeficiente de *Runoff*.

Tabela 5 – Coeficientes de *Runoff* médios

Material	Coeficiente de <i>Runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2010)

Posteriormente, a água da chuva que cai sobre a área exposta ao ar livre é direcionada para as calhas, e através dos dispositivos de condução verticais e horizontais, é transportada para os reservatórios de armazenamento (WEIERBACHER, 2008). O material mais comum utilizado na fabricação das calhas e condutos é o PVC, porém também podem ser feitas de alumínio, aço galvanizado, concreto, folhas de flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, fibrocimento, fibra de vidro e alvenaria (NBR 10844: ABNT, 1989). Os modelos mais comuns de calhas são fabricados em forma de U e V e podem ser de beiral, furtada ou platibanda, conforme a ilustração das figuras 8 e 9.

Figura 8 - Usuais formatos de calha



Fonte: Minatto (2013)

Figura 9 - Tipos de calha



Fonte: Ghisi; Gugel (2005)

Segundo Rodrigues (2017), os diferentes materiais da calha assim como os da área de captação têm influência direta no volume que é escoado e transportado até o reservatório de armazenamento. Com base nisso a NBR 10844, norma que orienta os projetos de instalações de águas pluviais, expõe os coeficientes de rugosidades dos materiais mais comumente usados na fabricação das calhas que devem ser considerados nos cálculos de dimensionamento (Tabela 6) (ABNT, 1989).

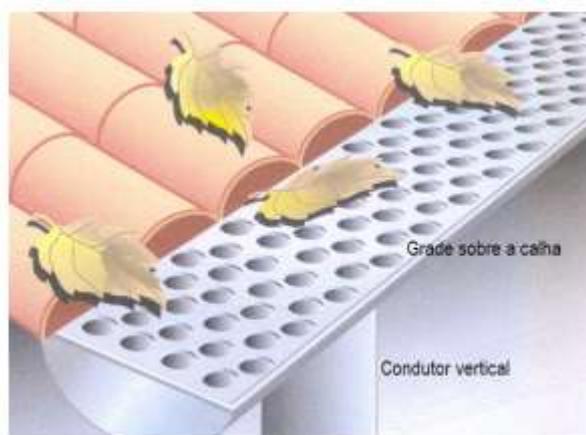
Tabela 6 – Coeficientes de rugosidade

Material	N
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

Conforme a NBR 15527 após a implantação do sistema de captação e aproveitamento da água da chuva é fundamental a manutenção para o seu bom funcionamento, através de inspeções, limpezas e desinfecções periódicas (ABNT, 2007). Durante os dias secos é inevitável que não ocorra à aglomeração de poeira e resíduos, dessa forma filtros, telas e grades podem ser instalados com a finalidade de reter estes detritos, garantindo a livre passagem da água nas tubulações e conseqüentemente a sua melhor qualidade (RODRIGUES, 2017). As telas e grades são empregadas para acumulação dos materiais mais grosseiros enquanto que os filtros têm a função de reter as partículas menores (PRADO e MULLER, 2007).

Figura 10 - Grade localizada sobre a calha



Fonte: Waterfall (2002) apud May (2004)

Apesar dos sólidos grosseiros e partículas menores ficarem presos nos dispositivos de retenção utilizados nas calhas e condutores, ainda encontra-se presente na água da chuva substâncias, sólidos dissolvidos e microrganismos. Isso ocorre normalmente nos primeiros milímetros de chuva que “lavam” a cobertura, fenômeno conhecido como “first flush”, sendo que quanto maior o tempo de estiagem, maiores são os índices de contaminação da água (ZANELLA, 2015; CARDOSO, 2013).

Conforme a NBR 15527, em função da grande quantidade de poluente presente na atmosfera, é recomendado que se descarte pelo menos 2 milímetros da chuva inicial (ABNT, 2007). Algumas pesquisas aconselham o descarte do volume relativo aos 15 ou 20 minutos iniciais (USP, 2011). Para isso existem dispositivos (Figura 11), que podem ser implantados entre os condutores antes da chegada da água captada ao reservatório, para que esses primeiros momentos da chuva possam ser eliminados.

Figura 11 - Dispositivo para rejeição dos primeiros momentos de chuva



Fonte: May (2004)

Após a água é armazenada em reservatórios que para Tomaz (2009), podem ser elevados, apoiados ou enterrados e fabricados de concreto, PVC, fibra de vidro, plástico, entre outros. O dimensionamento do reservatório é a etapa mais importante de um sistema de aproveitamento da água da chuva, além de ser o principal componente, é determinante para a análise da viabilidade técnica e econômica do projeto (TOMAZ, 2010). A norma NBR 15527 de 2007, estabelece padrões para o dimensionamento dos reservatórios além de incluir diversas recomendações técnicas.

2.4 Métodos para dimensionamento dos reservatórios de armazenamento

A NBR 15527 - Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos, cita seis métodos para o dimensionamento de reservatórios de armazenamento da água pluvial: o de Rippl, da Simulação, de Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano (ABNT, 2007). As descrições que serão apresentadas para cada método são referência do livro “Aproveitamento de água de chuva” de Plínio Tomaz.

2.4.1 Rippl

No Método de Rippl são utilizadas as séries históricas mensais (mais comum) ou diárias de precipitação e leva-se em consideração a demanda média de água da chuva, a área da superfície de captação e o coeficiente de escoamento superficial. O cálculo através desse método geralmente torna superdimensionado o reservatório, mas é importante para se determinar o limite máximo de acumulação. De acordo com Dávila (2015), o método é um dos mais utilizados e é classificado como o mais empregado para dimensionamento de reservatórios. Segundo a NBR 15527 o volume de água que irá para o reservatório, em função do tempo, deve ser determinado por meio da equação 1 (ABNT, 2007).

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad \dots(1)$$

Onde:

$S_{(t)}$ = Volume de água no reservatório no tempo t (m³);

$D_{(t)}$ = Demanda ou consumo no tempo t (m³);

$Q_{(t)}$ = Volume de chuva aproveitável no tempo t (mm).

Para a obtenção de resultado na equação 1, a demanda ou consumo no tempo t ($D_{(t)}$) deve ser menor que o volume de chuva aproveitável no tempo t ($Q_{(t)}$), conforme a equação 2. Já o volume de chuva aproveitável no tempo t, é calculado através da equação 3.

$$\Sigma D (t) < \Sigma Q (t) \quad \dots(2)$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times AC \quad \dots(3)$$

Onde:

$Q_{(t)}$ = Volume de chuva aproveitável no tempo t (mm);

C = Coeficiente de Escoamento Superficial;

$P_{(t)}$ = Precipitação da Chuva no tempo t (mm);

AC =Área de Captação (m²).

Em seguida o volume do reservatório já pode ser calculado fazendo-se o somatório dos volumes de água no reservatório em função do tempo, considerando-se apenas os valores positivos (Equação 4).

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad \dots(4)$$

Onde:

$S_{(t)}$ = Volume de água no reservatório no tempo t (m³);

V = Volume do reservatório (m³).

2.4.2 Simulação

Para o dimensionamento com o Método da Simulação é realizada uma análise das entradas e saídas no reservatório por meio da relação entre séries históricas mensais de precipitações, área de captação, demanda a ser atendida e coeficiente de escoamento superficial. O cálculo é realizado através das equações 5, 6 e 7, sendo iniciado com um volume pré-estabelecido para o reservatório.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \dots(5)$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times AC \quad \dots(6)$$

$$0 \leq S_{(t)} \leq V \quad \dots(7)$$

Onde:

$S_{(t)}$ = Volume de água no reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$ = Volume de água no reservatório no tempo t – 1;

$Q_{(t)}$ = Volume de chuva no tempo t;

$D_{(t)}$ = Consumo ou demanda no tempo t;

$P_{(t)}$ = Precipitação da Chuva no tempo t (mm);

AC = Área de Captação (m²).

C = Coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*);

V = Volume do reservatório fixado.

A NBR 15527 expõe como nota, que neste método duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório escolhido deverá estar cheio no início da contagem do tempo “t” e os dados históricos são representativos para as condições futuras (ABNT, 2007).

2.4.3 Prático Alemão

No método Prático Alemão se considera o consumo médio mensal, séries históricas de precipitações anuais e a área do telhado. Escolhe-se o menor volume para o reservatório sendo 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável. O cálculo é realizado por meio da equação 8.

$$V_{\text{adotado}} = \min (V; D) \times 0,06 \quad \dots(8)$$

Onde:

V = Volume aproveitável de água de chuva anual (L);

D = Demanda anual da água não potável (L);

V_{adotado} = Volume de água do reservatório (L).

2.4.4 Prático Inglês

No Método Prático Inglês o reservatório é dimensionado a partir da equação 9, considerando-se as séries históricas de precipitações médias anuais e a área de captação.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \dots(9)$$

Onde:

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de coleta (m²);

V = Volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

2.4.5 Prático Australiano

O Método Prático Australiano é bastante detalhado, abrange as perdas por evaporação, interceptação, área de captação, coeficiente de escoamento superficial e a demanda mensal.

Escolhe-se inicialmente um volume para o reservatório e depois é verificado se o mesmo é suficiente para o que é solicitado (Equação 10).

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad \dots(10)$$

Onde:

C = Coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P = Precipitação média mensal (mm);

I = Interceptação e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A = Área de coleta (m²);

Q = Volume mensal de chuva (m³).

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório (equação 11).

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad \dots(11)$$

Onde:

Q_t = Volume mensal produzido pela chuva no mês t (m³);

V_t = Volume de água que está no tanque no fim do mês t (m³);

V_{t-1} = Volume de água que está no tanque no início do mês t (m³);

D_t = Demanda mensal (m³);

Nota: para o primeiro mês considera-se o reservatório vazio.

Quando (V_{t-1} + Q_t - D) < 0, então o V_t = 0.

2.4.6 Azevedo Neto

O dimensionamento do reservatório segundo o método de Azevedo Neto também conhecido como Método Prático Brasileiro é realizado com a relação entre as precipitações médias anuais, áreas de captação e os meses com pouca chuva ou seca (equação 12).

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \dots(12)$$

Onde:

P = Precipitação média anual (mm);

T = Número de meses com pouca chuva ou seca;

A = Área de coleta (m²);

V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L).

2.5 Qualidade da água coletada

O conhecimento a respeito da qualidade da água da chuva é necessário para a determinação dos seus fins, e sobre qual tratamento poderá ser aplicado depois de coletada e armazenada no reservatório (SILVA, 2013).

A água presente na natureza, não se encontra pura, pois quando a mesma condensa, os gases atmosféricos e impurezas são imediatamente dissolvidos (BRAGA, 2005; LAGE, 2012). Segundo Tomaz (2015) e Garrido Neto (2012), A qualidade da água da chuva torna-se dependente da localização geográfica (áreas urbanas ou rurais), condições meteorológicas da região (períodos de seca, ventos, intensidade das chuvas), presença de poluição na atmosfera e na área de captação e também do material do telhado. Por esse motivo a NBR 15527 recomenda que os primeiros minutos de chuva, o equivalente a 2 mm sejam descartados (ABNT, 2007). Esse período é considerado como de autolimpeza podendo conter poeira, insetos, fezes de aves e roedores, revestimentos do telhado, folhas e outros resíduos transportados por meio da atmosfera (REBELLO, 2004). Além destes fatores ainda deve ser levado em consideração o tempo de armazenamento da água, o material do reservatório e a frequência das manutenções (RODRIGUES, 2017).

A água que será destinada a fins não potáveis não necessita de altos graus de purificação. Desta forma para um tratamento simples podem ser utilizados processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração (MARINOSKI, 2007). Já quando a água da chuva for destinada ao consumo humano, é necessário tratamento mais complexo como, por exemplo, desinfecção por ultravioleta e osmose reversa (MAY; PRADO, 2004).

A NBR 15527 (ABNT, 2007), expõe os parâmetros de qualidade da água da chuva para os fins menos nobres e a frequência das manutenções das partes constituintes do sistema, conforme as tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes Totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes Termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 MI
Cloro Residual Livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor Aparente ¹	Mensal	< 15 uH ^c
Ajuste do pH ²	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

Fonte: ABNT NBR 15527 (2007)

NOTA: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.

^aNo caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção

^b uT é a unidade de Turbidez

^c uH é unidade de Hanzen

Cor aparente¹: Caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, de sua utilização.

Ajuste do pH²: Útil para proteção das redes de distribuição quando necessário.

Tabela 8 – Frequência de manutenção dos componentes do sistema

Componente	Frequência de Manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas e condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

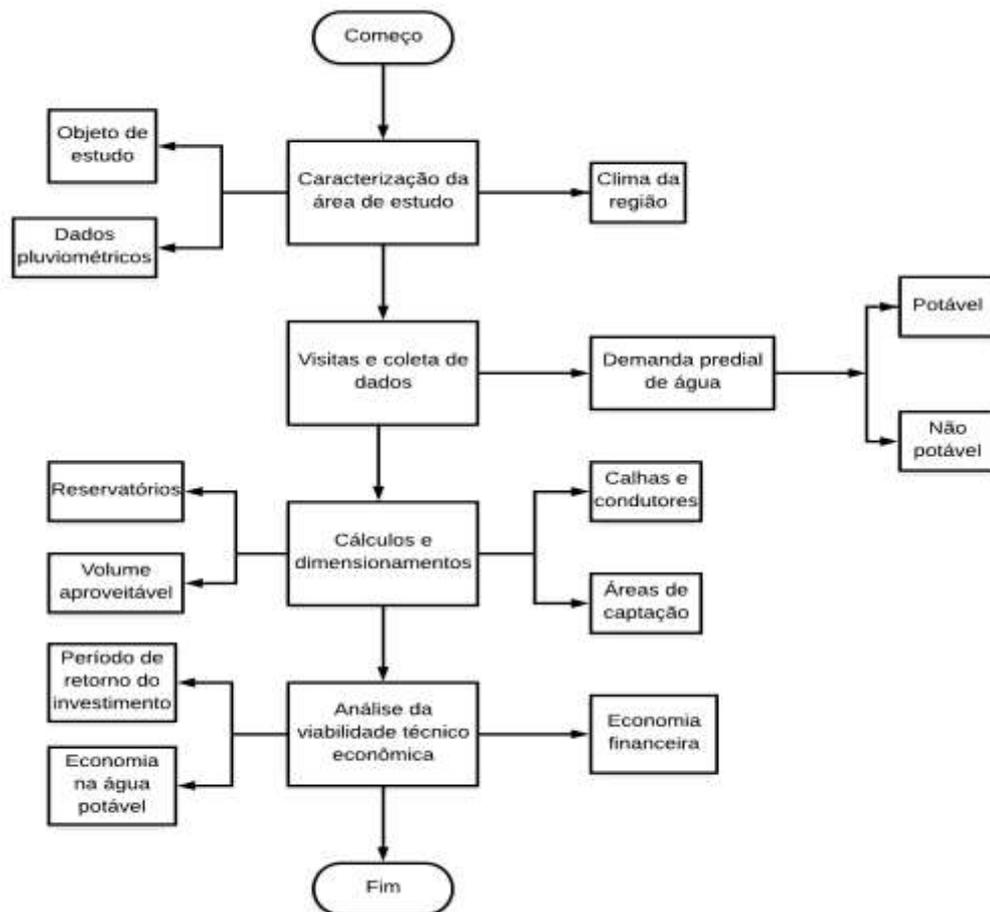
Fonte: ABNT NBR 15527 (2007)

De acordo com a norma vale ressaltar que o projetista é quem decide se irá seguir e realizar os parâmetros e indicações exposto nas tabelas, levando em consideração a utilização prevista para a água da chuva coletada.

3 METODOLOGIA

Para a investigação da viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de captação de água da chuva, para utilização na limpeza dos prédios e irrigação na Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes (ETERRG), seguiu-se a metodologia que abrange os procedimentos descritos sucintamente no fluxograma da figura 12.

Figura 12 - fluxograma da metodologia



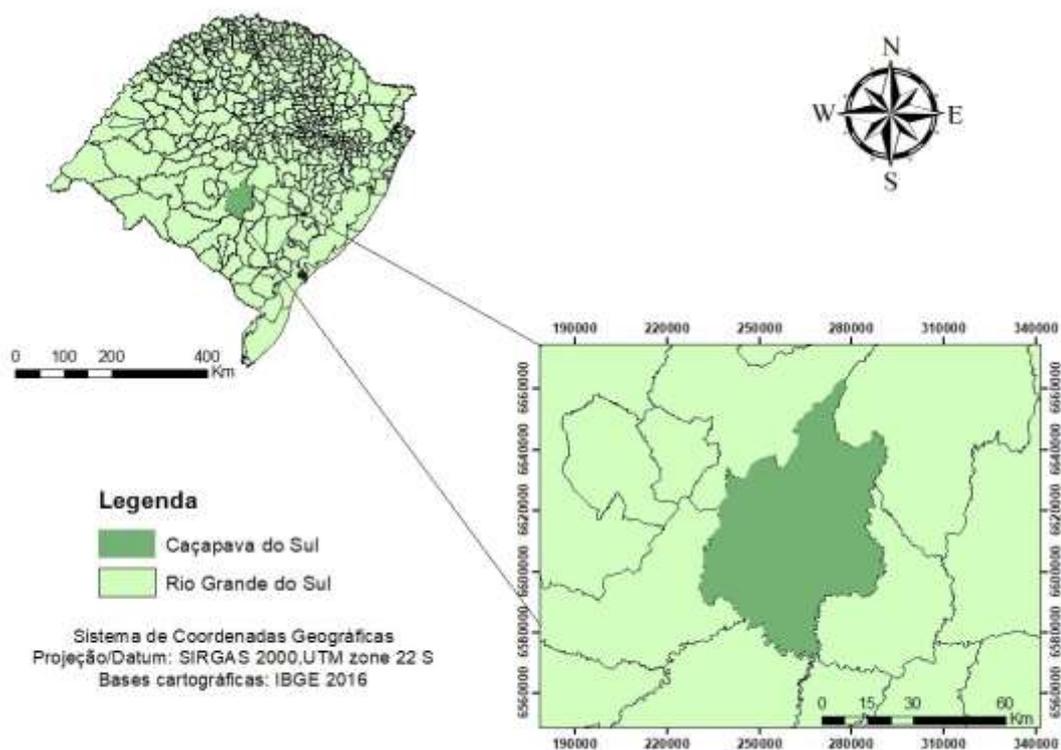
Fonte: Autora (2019)

3.1 Caracterização da área de estudo

Localizado na região central do Rio Grande do Sul a 260 km da capital Porto Alegre, o município de Caçapava do Sul é um dos mais antigos do estado (PMC, 2019). A cidade encontra-se a 450 metros de altitude e esta situada nas coordenadas geográficas de latitude 30°30'44" sul e longitude 53°29'29" oeste. Possui uma área total de 3.047,113 km², com

população de 33.702 habitantes (IBGE, 2018). Na figura 13 pode-se observar a localização do município de Caçapava do Sul no estado do Rio Grande do Sul.

Figura 13 - Localização da região em estudo no Rio Grande do Sul

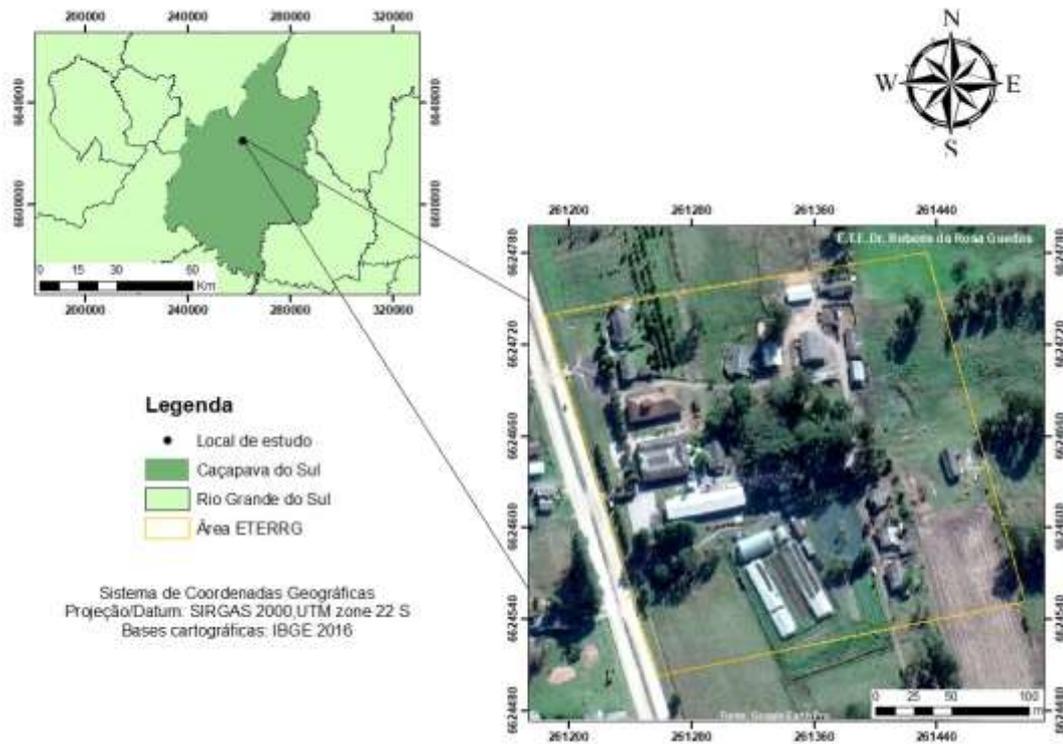


Fonte: Autora (2019)

A instituição de ensino objeto de estudo neste trabalho é a Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes, que fica localizada na Estrada Alto das Catacumbas, zona rural do município de Caçapava do Sul/RS aproximadamente a 5 km do centro da cidade. O local fica situado nas coordenadas geográficas de latitude $30^{\circ}29'13.47''\text{S}$ e longitude $53^{\circ}29'13.37''\text{O}$.

A escola oferece ensino fundamental, médio politécnico, médio integrado ao curso técnico em agropecuária e também o curso técnico em agropecuária pós-médio, para alunos que já concluíram o ensino médio (AGPTEA, 2019). Possuindo área física de 78 hectares, distribuídos entre salas de aula, biblioteca, salas multiuso, auditório, refeitório, cozinha, prédio administrativo, áreas de convivência e alojamento, também se encontra no local uma área de preservação permanente, a qual é utilizada pelos alunos para aplicação na prática do que foi aprendido em sala de aula. Atualmente a escola atende um total de 350 alunos e conta com 30 professores e 25 funcionários. As figuras 14 e 15 apresentam respectivamente, a localização do local de estudo no município de Caçapava do Sul através da imagem aérea, e sua fachada.

Figura 14 - Localização da escola no município de Caçapava do Sul



Fonte: Autora (2019)

Figura 15 - Fachada da escola em estudo



Fonte: Autora (2019)

3.1.1 Clima

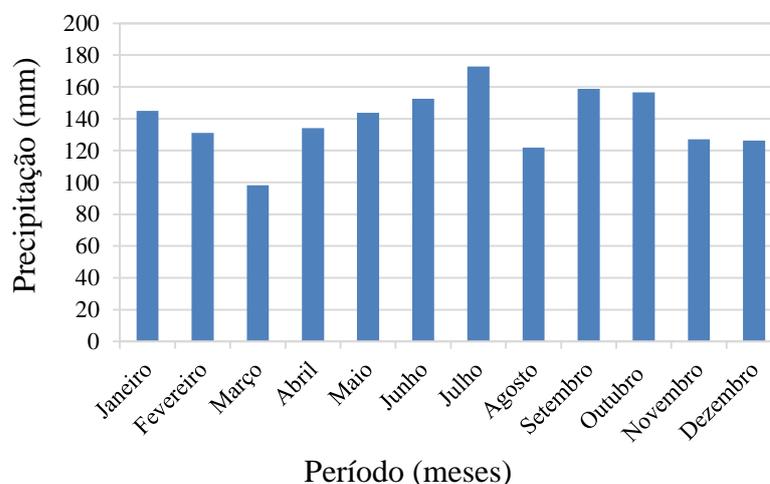
Para a caracterização do clima do município de Caçapava do Sul, foram utilizados dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da estação de código 83964, localizada no município de Encruzilhada do Sul. Esta estação foi escolhida por estar situada em uma altitude de 432 m, bem próxima a da região de Caçapava do Sul e também

por possuir uma série histórica de dados suficientemente longa e contínua para caracterizar o clima da região. Os dados coletados são referentes ao período de 1981 a 2010.

Caçapava do Sul é dotada de um clima subtropical úmido, classificado de acordo com Köppen como Cfa (ALVARES, et al., 2014; PMC, 2019). Esta classificação tem como característica chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com verões quentes, umidade em todas as estações e períodos de seca indefinidos.

A temperatura média mensal máxima para o município é de 22,5°C e a mínima 11,7°C. Os meses mais quentes de acordo com o período analisado são janeiro e fevereiro e os mais frios, junho e julho. A precipitação média mensal máxima é de 172,8 mm, já a mínima de 98,1mm. Sendo considerados os meses mais chuvosos julho e setembro, e os menos chuvosos março e agosto. A temperatura média anual fica em torno de 17,3 °C e a pluviosidade média anual de 1668,6mm. O gráfico da figura 16 apresenta a precipitação média mensal para a região de Caçapava do Sul obtida com base nos dados da cidade de Encruzilhada do Sul.

Figura 16 - Precipitação média mensal para a região de Caçapava do Sul/RS



Fonte: INMET (2019) (Dados de Encruzilhada do Sul/RS – período de 1981 a 2010)

3.1.2 Dados pluviométricos

Na concepção das instalações prediais de águas pluviais, é fundamental o conhecimento dos fatores pluviométricos da região, para o pré-dimensionamento das calhas, condutores e reservatórios de armazenamento.

Os dados relacionados à pluviosidade no município de Caçapava do Sul/ RS usados na realização dos cálculos deste trabalho, foram retirados do site “HIDROWEB - Sistemas de

Informações Hidrológicas”, ferramenta que faz parte do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da Agência Nacional de Águas (ANA), o mesmo disponibiliza acessos ao banco de dados que contém todas as informações adquiridas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). O código da estação de onde se obteve os dados é 03053022 e fica situada na Estação de Tratamento de Água da CORSAN, concessionária de abastecimento do município, nas coordenadas geográficas de latitude S 30° 30' 0.00" e longitude W 53° 29' 0.00" à 450m de altitude.

A escolha da estação meteorológica se deu por ser a mais próxima da escola e ainda por possuir informações mais recentes. Selecionou-se uma série histórica de 8 anos, sendo o maior registro contínuo sem falhas, compreendendo o período de janeiro de 2011 a dezembro de 2018.

A intensidade pluviométrica foi estimada a partir do software Plúvio 2.1 desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa – MG. Este software, segundo Festi (2006) fornece os parâmetros necessários para serem aplicados na equação geral das chuvas intensas. Neste estudo foi aplicada a equação referente à cidade de Encruzilhada do Sul (equação 13), por se tratar da região mais próxima de Caçapava do Sul com dados de intensidade média máxima das chuvas, já estudados e disponíveis para uso.

$$I = \frac{431,09 \times TR^{0,19}}{(T + 3,7)^{0,64}} \quad \dots(13)$$

Sendo:

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

TR = Tempo de retorno (anos);

T = Duração da precipitação (min);

3.2 Consumo de água potável

O levantamento de dados do consumo total de água tratada foi necessário para que fosse possível realizar uma estimativa do volume de água economizado com a implantação do sistema para aproveitamento da água pluvial na escola. Os dados referentes ao consumo de água potável total na instituição e os valores gastos, foram verificados através de análises nos registros das faturas mensais disponibilizadas pela CORSAN, companhia responsável pelo

abastecimento do município. As informações concedidas foram correspondentes aos últimos 18 meses, de março de 2018 a agosto de 2019. O consumo diário foi determinado por meio da divisão do volume médio consumido durante os meses analisados em m³, pelo número de dias médio em um mês (30 dias).

3.2.1 Consumo não potável

A estimativa do volume de água não potável gasto mensalmente nas atividades de limpeza e irrigação, foi realizada a partir de um levantamento das áreas na escola (desconsiderando-se a inclinação das superfícies) sujeitas a estas atividades, por meio de medições no local. Posteriormente foi realizada a multiplicação das áreas pelos dados de consumo presentes na literatura (tabela 9), e pela frequência de dias no mês em que as atividades são executadas, informações obtidas por meio de perguntas aos funcionários da instituição. Os resultados das demandas foram utilizados nos métodos de dimensionamento dos reservatórios de armazenamento.

Tabela 9 - Indicadores de consumo de água na limpeza e irrigação de hortaliças

Atividade	Consumo médio diário	Origem
Limpeza de edificações	5 L/m ²	Ferreira (2014)
Irrigação de hortaliças	4 a 10 L/m ²	Embrapa (2007)

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da literatura (2019)

3.3 Determinação das áreas de captação

As áreas de captação da água pluvial influenciam diretamente o volume que será coletado. Portanto o levantamento dessas superfícies é fundamental para os cálculos de dimensionamento das calhas e condutores, do volume possível de ser captado e para a estimativa do volume dos reservatórios de armazenamento. Considerando-se que a instituição de ensino possui calhas para captação da água pluvial em uma estufa e no telhado de um dos prédios, optou-se pela utilização dessas áreas para que dessa forma fossem reduzidos os custos para implantação do projeto na escola. As dimensões das áreas de coleta foram conhecidas por meio de medições realizadas no local já que as plantas arquitetônicas da edificação não foram disponibilizadas. A estas áreas foram acrescidas a inclinação das superfícies, com o objetivo de se obter um dimensionamento preciso das peças hidráulicas de instalações pluviais.

3.4 Dimensionamento das calhas e condutores

O dimensionamento das calhas foi realizado seguindo as etapas descritas na NBR 10844 (ABNT, 1989). Para obtenção da área de contribuição do telhado foi considerada a equação 14, já que esta apresenta a superfície inclinada. Em relação à da estufa como a mesma possui formato circular e não possui uma fórmula na norma para estes casos, foi usado nos cálculos seguintes a sua área total.

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad \dots(14)$$

Onde:

A = Área de contribuição do telhado (m²);

a = Metade da largura do telhado (m);

h = Altura do telhado(m);

b = Comprimento do telhado (m).

Com as variáveis, intensidade pluviométrica e área de contribuição definidas, calculou-se a vazão de projeto a partir da equação 15.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad \dots(15)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min);

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

A = Área de contribuição (m²).

A vazão que deverá escoar nas calhas foi encontrada com a fórmula de *Manning-Strickler* apresentada na equação 16 e o raio hidráulico foi calculado com a equação 17 para calhas de seção retangular. A norma indica também os coeficientes de rugosidade dos materiais que podem ser utilizados na confecção das calhas (Tabela 6) e que devem ser considerados nos cálculos de dimensionamento.

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times RH^{2/3} \times i^{1/2} \quad \dots(16)$$

$$RH = \frac{A}{P} = \frac{b \times h}{b + 2h} \quad \dots(17)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min);

n = Coeficiente de rugosidade;

RH = Raio hidráulico, razão entre a área de seção molhada e o perímetro molhado (m);

S = Área da seção molhada (m²);

P= Perímetro molhado (m);

i = Declividade da calha (m/m);

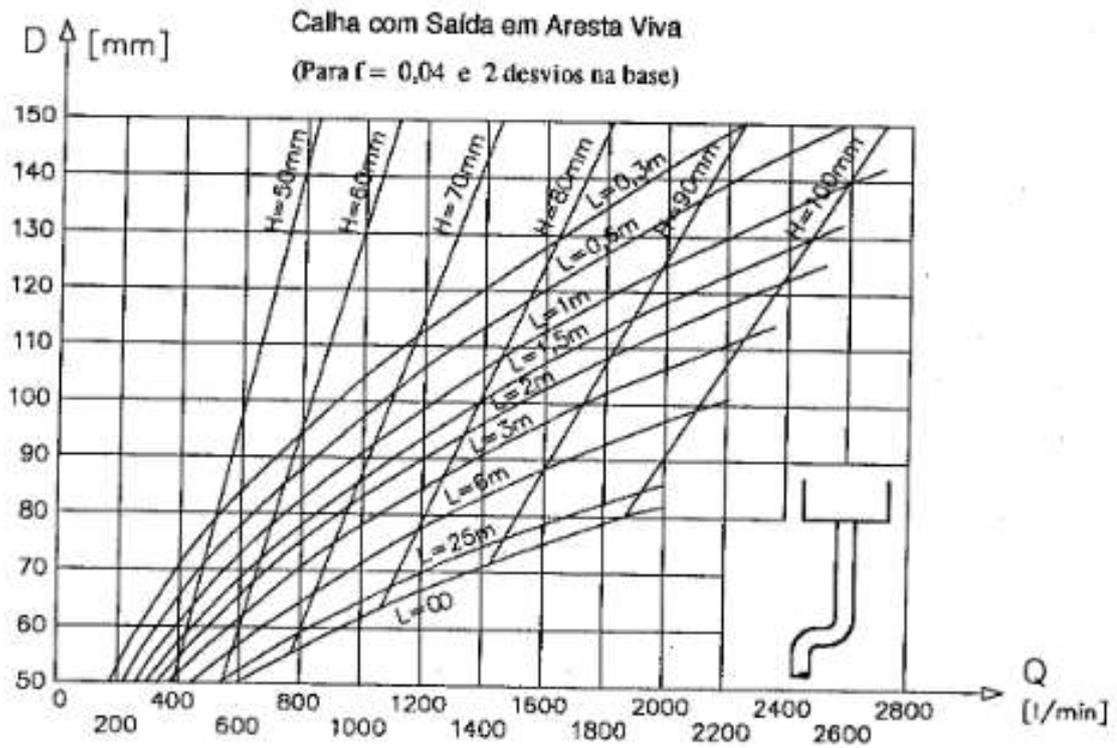
b = Largura da calha;

h = Altura da calha;

K = 60.000.

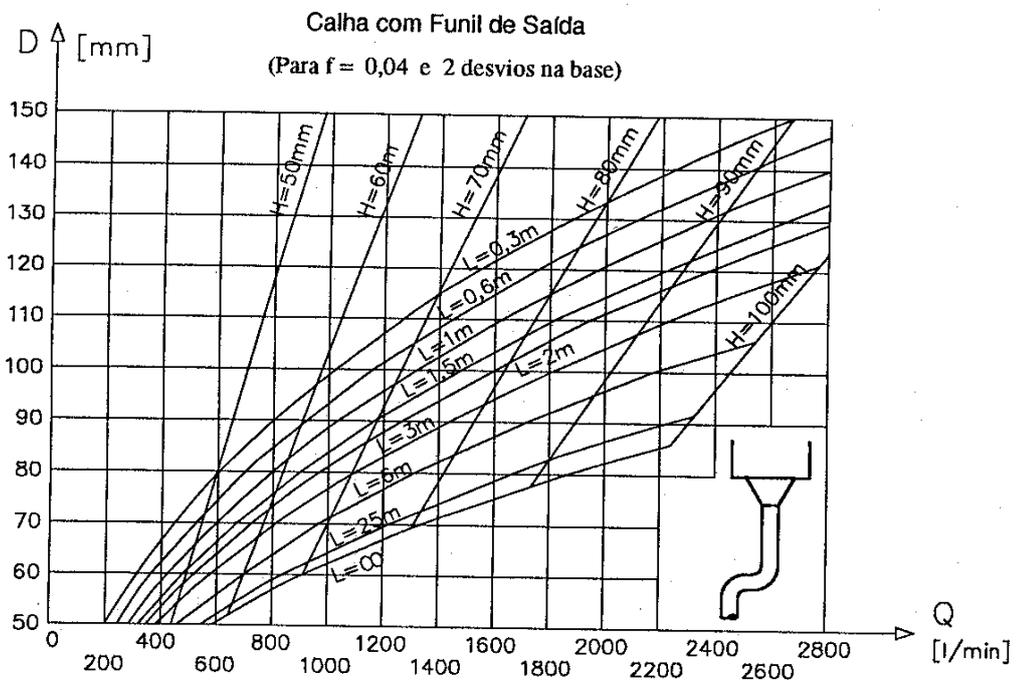
O diâmetro interno dos condutores verticais foi estabelecido a partir da obtenção da vazão de projeto (L/min), altura da lâmina de água na calha (mm) e comprimento do condutor vertical (m). Com estes dados, determinou-se o diâmetro com base nos ábacos das figuras 17 e 18. Ressalta-se que o diâmetro mínimo para o condutor vertical é de 70 mm (ABNT, 1989).

Figura 17 – Ábaco para calha com saída em aresta viva



Fonte: ABNT (1989)

Figura 18 - Ábaco para calha com funil de saída



Fonte: ABNT (1989)

Os condutores horizontais foram dimensionados a partir da tabela 10, que apresenta algumas vazões de projeto já calculadas para 8 diferentes diâmetros de tubulações com distintas declividades.

Tabela 10 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)

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

Fonte: ABNT (1989)

NOTA: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning- Strickler, com altura de lamina de água igual a 2-3D.

3.5 Dimensionamento do reservatório

A definição do volume dos reservatórios de acumulação é uma das etapas mais importantes de um sistema de aproveitamento pluvial, e está diretamente relacionado à quantidade de água a ser consumida além da periodicidade com que ela é usada. Para os cálculos de dimensionamento neste estudo, foram aplicados os métodos de Rippl, Simulação e Azevedo Neto, dispostos na ABNT NBR 15527 (2007) descritos no item 2.4 deste trabalho. De acordo com Tomaz (2003), não há um método ideal para o dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais, e por isso nos projetos a estimativa dos volumes são realizadas de diversas formas. A escolha por esses três métodos é justificada devido a grande presença nas bibliografias e pelos modelos apresentarem diferentes níveis de detalhamento como dados de entrada.

3.6 Volume aproveitável

Após o conhecimento da demanda de água necessária, áreas de captação, e das séries históricas mensais de precipitação da região de Caçapava do Sul/ RS, obteve-se o volume possível de ser captado com as áreas de coleta escolhidas por meio da equação 18. Os

resultados serão relacionados com as demandas mensais para os fins menos nobres apontados neste estudo, nas atividades de limpeza e irrigação, para a aquisição dos percentuais de atendimento.

$$V = P \times A \times C \times \eta \quad \dots(18)$$

Onde:

V = Volume anual, mensal ou diário de água da chuva que poderá ser aproveitado (m³);

P = Precipitação média anual, mensal ou diária (mm);

A = Área de captação (m²);

C = Coeficiente de escoamento superficial (*Runoff*);

η = Eficiência do sistema de captação, considerando o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial.

Segundo Tomaz (2010), o coeficiente de escoamento superficial, conhecido como “coeficiente de *Runoff*”, é o quociente entre a água que esco superficialmente pelo total de água precipitada, e está relacionado à porosidade da superfície de captação. O autor disponibiliza uma tabela com esses fatores, correspondentes ao material da área de coleta (tabela 5). De acordo com Tomaz (2007), o fator de captação é definido como a porcentagem de água que é descartada nos primeiros momentos de chuva, em função de sujeiras e detritos que as superfícies de captação podem conter.

3.7 Análise da viabilidade técnico econômica

3.7.1 Economia na água potável

Com o intuito de se estimar o potencial de economia de água potável proveniente da implantação do projeto na escola, foi realizada a soma dos percentuais médios de atendimento das demandas nas atividades consideradas para os fins não potáveis (limpeza e irrigação), com cada área de captação utilizada, conforme a equação 19 adaptada do trabalho de Marinoski (2007).

$$AP = P_{\text{Limpeza}} + P_{\text{Irrigação}} \quad \dots(19)$$

Onde:

AP = Percentual total de água potável que pode ser economizado por mês (%);

P_{Limpeza} = Percentual médio de atendimento mensal para limpeza dos prédios (%);

P_{Irrigação} = Percentual médio de atendimento mensal para irrigação (%).

3.7.2 Economia financeira

A economia financeira foi verificada através da diferença entre o custo médio mensal atual pago pela água potável e o custo médio mensal que será pago após a implantação do sistema. O novo valor que deverá ser pago, foi obtido por meio da multiplicação do m³ de água cobrado pela CORSAN pelo volume de água potável a ser economizado com a coleta da água pluvial. Dessa forma, foi gerada a economia em reais (R\$), correspondente ao novo volume de água gasto, através da equação 19, descrita no trabalho de Santos (2010).

$$E = CMp1 - CMp2 \quad \dots(20)$$

Onde:

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

CMp 1 = Custo médio mensal atual da água potável (R\$/mês);

CMp 2 = Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês).

3.7.3 Período de retorno do investimento

Para a análise do período de retorno do investimento, foi feita uma investigação em torno dos custos dos materiais necessários para inserção do projeto na escola. O orçamento foi realizado com o auxílio do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (2019), uma produção conjunta do IBGE e da Caixa Econômica Federal que tem como objetivo a produção com abrangência nacional, de séries mensais de custos e índices sobre o setor habitacional, saneamento básico, infraestrutura, salários de mão de obra, preços de materiais, máquinas, entre outros equipamentos. Os materiais que não foram localizados no sistema, seu valor foi pesquisado no mercado, em lojas de materiais de construção da cidade e em sites especializados na internet. A partir do valor investido e do que

será economizado mensalmente, calculou-se o período de retorno. Este resultou no número de meses necessários para que os valores gastos na implantação do sistema se igualem ao montante do investimento inicial, conforme apresentado na equação 20 (Dávila, 2015).

$$TR = \frac{I_i}{E} \quad \dots(21)$$

Onde:

TR = Tempo de Retorno (meses);

I_i = Investimento inicial;

E = Valor economizado mensalmente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos no estudo da viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de aproveitamento pluvial na Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes (ETERRG).

Realizou-se no estudo, a verificação das demandas potável e não potável, um estudo pluviométrico da região, a definição das superfícies de captação, os dimensionamentos das calhas, condutores e reservatórios de armazenamento, o cálculo do volume aproveitável e finalmente a viabilidade técnico econômica foi revelada por meio dos resultados de economia na água potável, economia financeira e período de retorno do investimento.

4.1 Consumo de água potável

Os dados referentes ao consumo de água potável gasto pela instituição, foram verificados nos registros das faturas mensais disponibilizadas pela CORSAN, companhia responsável pelo abastecimento do município. As informações concedidas são correspondentes aos últimos 18 meses, de março de 2018 a agosto de 2019. A tabela 11 apresenta os dados fornecidos, com os volumes médios e valores gastos durante os 18 meses.

Tabela 11 - Consumo de água potável na ETERRG durante o período de março de 2018 a agosto de 2019

Ano	Mês	Consumo mensal (m ³)	Fatura mensal (R\$)
2018	Março	267	2.883,79
2018	Abril	201	2.147,85
2018	Maiο	168	1.783,63
2018	Junho	382	4.172,95
2018	Julho	455	5.090,56
2018	Agosto	346	3.847,64
2018	Setembro	419	4.681,40
2018	Outubro	401	4.476,24
2018	Novembro	626	7.106,55
2018	Dezembro	467	5.226,55
2019	Janeiro	464	5.192,58
2019	Fevereiro	571	6.446,42
2019	Março	944	10.954,59
2019	Abril	960	11.148,80
2019	Maiο	921	10.675,45
2019	Junho	466	5.215,23
2019	Julho	198	2.326,05
2019	Agosto	127	1.470,97
Média		465,72	5.269,29

Fonte: Adaptado de CORSAN (2019)

Constata-se que durante o intervalo de tempo analisado, no ano de 2019 ocorreram os maiores consumos mensais, nos meses de abril, 960 m³, março, 944m³ e maio, 921m³. Os meses com menor consumo medido foram, maio de 2018, 168m³, agosto e julho de 2019, 127m³ e 198 m³, respectivamente. Conforme a tabela 11 nos últimos 18 meses, a escola apresentou um consumo médio de 465,72 m³, o equivalente a 465720L/mês e 15524L/dia de água potável. A média de gastos com o abastecimento de água gira em torno de R\$5.269,29 por mês.

Pode-se observar que existe uma grande variação de valores pagos no decorrer dos meses analisados, e uma explicação para isso é que a escola também utiliza a água de um poço artesiano, e nos meses com maior consumo que aparecem nos dados disponibilizados, podem ter ocorrido falhas no bombeamento desta água, problema que é bastante recorrente no local conforme informado pela instituição, com isso sendo somente utilizada a água da companhia de distribuição da cidade. Outra justificativa para o consumo de água ser elevado pode ser devido ao fato da escola possuir alojamento, onde moram 27 alunos e também, porque no local vivem 6 famílias de funcionários, sendo 14 pessoas no total.

É importante salientar também, que os valores cobrados nas faturas mensais não equivalem apenas ao consumo efetivo de água por mês. A conta de água engloba uma série de outras tarifas, que correspondem ao serviço de abastecimento de água, como esgotamento sanitário, taxa pelo serviço básico prestado e outros acréscimos, como multas, parcelamentos e eventuais juros.

4.1.1 Demanda não potável

Para estimar a demanda não potável necessária na instituição referente à limpeza e irrigação, realizou-se um levantamento das áreas que necessitam da realização dessas tarefas (largura x comprimento), considerando que o consumo médio diário gasto é de 5L/m² e 4L/m², respectivamente. Os resultados estão expostos nas tabelas 12 e 13.

Tabela 12 – Principais áreas que necessitam de limpeza, frequência de realização e estimativa dos volumes de água gastos

Ambiente	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m²)	Frequência média de limpeza	Volume mensal (m³)
I - Alojamento e salas	34,65	17,53	607,41	20 dias por mês	60,74
II - Salas de aula, salão e banheiros	31,63	24,85	786,00	20 dias por mês	78,60
III – Administrativo	8,00	21,00	168,00	20 dias por mês	16,08
IV - Biblioteca, refeitório, cozinha e auditório	48,40	10,30	498,52	20 dias por mês	49,85
V – Pocilga	22,00	8,30	182,60	12 dias por mês	10,95
VI – CTG	13,70	14,65	200,70	12 dias por mês	12,04
Total			2443,23	-	228,26

Fonte: Autora (2019)

Tabela 13 – Áreas de irrigação de hortaliças e estimativa dos volumes de água gastos

Atividade	Área (m²)	Volume mensal (m³)
Irrigação a céu aberto	1800	86,40
Irrigação nas estufas	246,27	29,65
Total		116,05

Fonte: Autora (2019)

Conforme apresentado na tabela 12, a limpeza dos ambientes I, II, III e IV, é realizada 5 dias por semana totalizando 20 dias por mês, considerando que um mês possui 4 semanas. Já nos ambientes V e VI, a limpeza é realizada numa média de 3 dias por semana, ou seja, 12 dias por mês. Na tabela 13 são mostradas as áreas sujeitas à irrigação, estas foram divididas em a céu aberto e em estufa. Em relação à irrigação a céu aberto, foi informado pelos responsáveis na escola, que é realizada em média duas vezes por semana (8 dias por mês), e a irrigação das áreas plantadas em estufas ocorre 30 dias por mês. Percebe-se que as demandas necessárias para o atendimento das duas atividades é bastante elevada, podendo estas ser consideradas como as principais influenciadoras dos volumes de água consumidos pela escola.

4.2 Dados pluviométricos

Na tabela 14 são apresentados os dados de precipitação mensal e anual e suas respectivas médias dos últimos 8 anos, janeiro de 2011 a dezembro de 2018, obtidos pela estação pluviométrica de código 03053022.

Tabela 14 – Registros de precipitação mensal e anual do município de Caçapava do Sul/RS

Ano	Precipitação (mm)												Anual
	Mensal												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
2011	148,7	184,3	47,6	241,8	26,1	118,5	195,9	147,4	57,2	154,4	65,2	25,3	1412,4
2012	30	101,5	51,3	83	22,5	15,2	93,5	114,2	241,4	218,4	53,2	230,6	1254,8
2013	62,3	73,1	104,2	157,4	134,4	63,9	50,7	137,3	65,6	154,8	188,5	23,5	1215,7
2014	172,3	251,6	212,8	58,4	106,7	208,8	309,5	90,9	189,7	229,5	66,8	202,2	2099,2
2015	178,5	96,4	64,2	59,3	195,8	146,2	272,9	98,6	172,9	367,2	145,4	384,1	2181,5
2016	62,9	63,8	221,4	267,2	100,2	44,2	190,8	162,9	55,8	244,9	242,6	191,9	1848,6
2017	149,4	183,1	233,1	99,0	275,7	133,5	25,1	209,3	184,6	189,6	68,5	20,5	1771,4
2018	62,2	23,9	156,4	98,8	49,4	126,5	180,1	150,5	304	84,3	130,3	156,5	1522,9
Média mensal (mm)	108,3	122,2	136,4	133,1	113,8	107,1	164,8	138,9	158,9	205,4	120,1	154,3	-
Média anual (mm)													1663,3

Fonte: Adaptado de ANA (2019)

Analisando-se a tabela 14, é possível observar que os meses com menor índice de chuvas são junho e janeiro, com 107,1mm e 108,3 mm, respectivamente. Já os meses de julho (164,8 mm) e outubro (205,4 mm) aparecem no período analisado, como sendo os meses mais chuvosos. O índice pluviométrico médio anual fica em torno de 1663,3 mm/ano, sendo considerada uma média moderada e com condições favoráveis para garantir a eficiência do projeto de aproveitamento da água pluvial, tornando este estudo viável para essa região.

4.3 Áreas de captação

Neste estudo foi considerado como área de captação uma superfície de telhado e uma estufa. Como a instituição de ensino já possui calhas nestas áreas optou-se pela escolha por conta da relação custo x benefício. A área total das superfícies foi conhecida por meio de medições nos prédios, acrescentando-se o incremento devido à inclinação das coberturas. O telhado escolhido para captação é do tipo duas águas, porém foi considerada apenas a que possui calha, já na estufa usou-se a área total. As figuras 19 e 20 apresentam as áreas de coleta, 21 e 22 as suas dimensões e na tabela 15 as áreas são encontradas em m².

Figura 19 – Estufa utilizada para captação



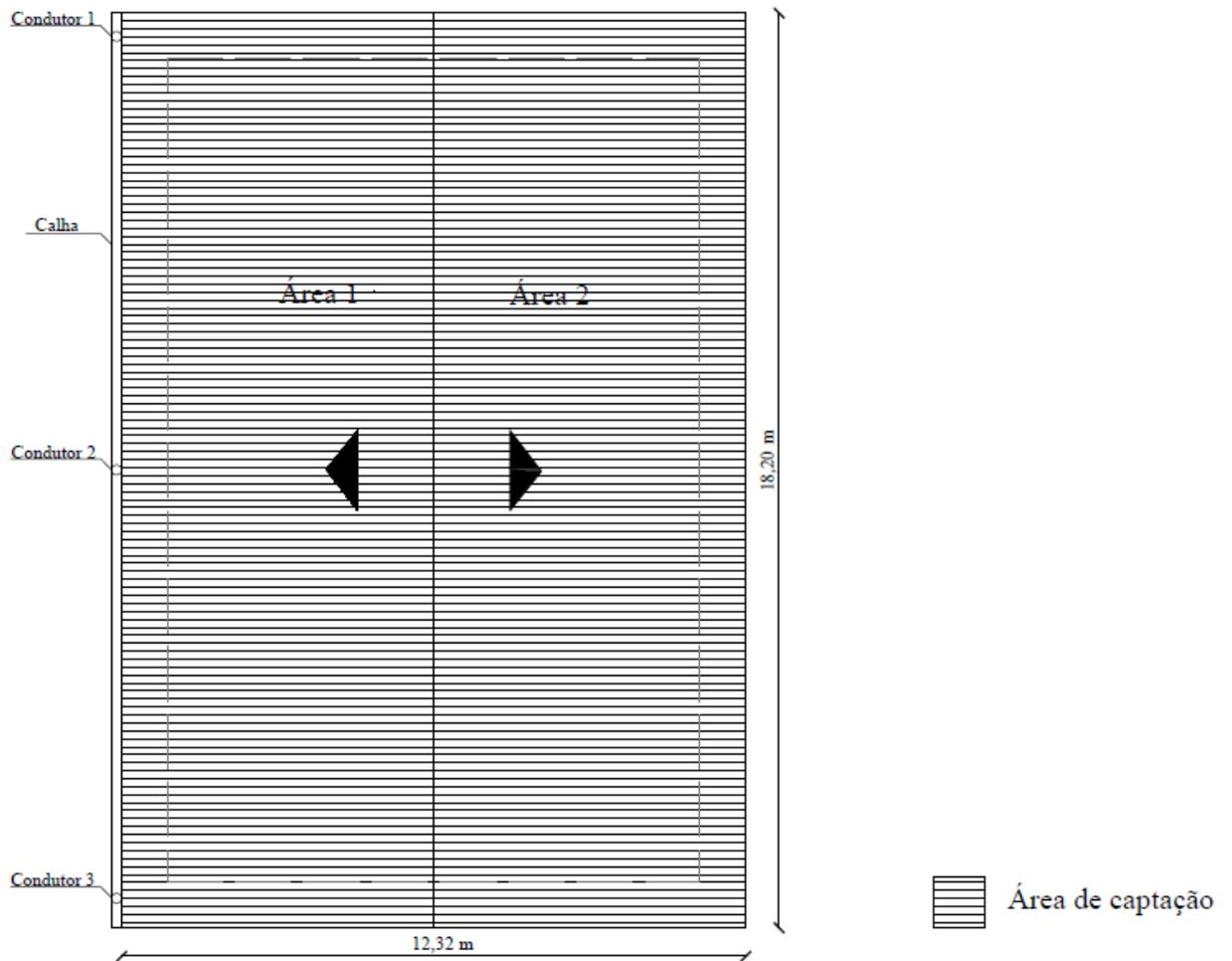
Fonte: Autora (2019)

Figura 20 – Telhado utilizado para captação



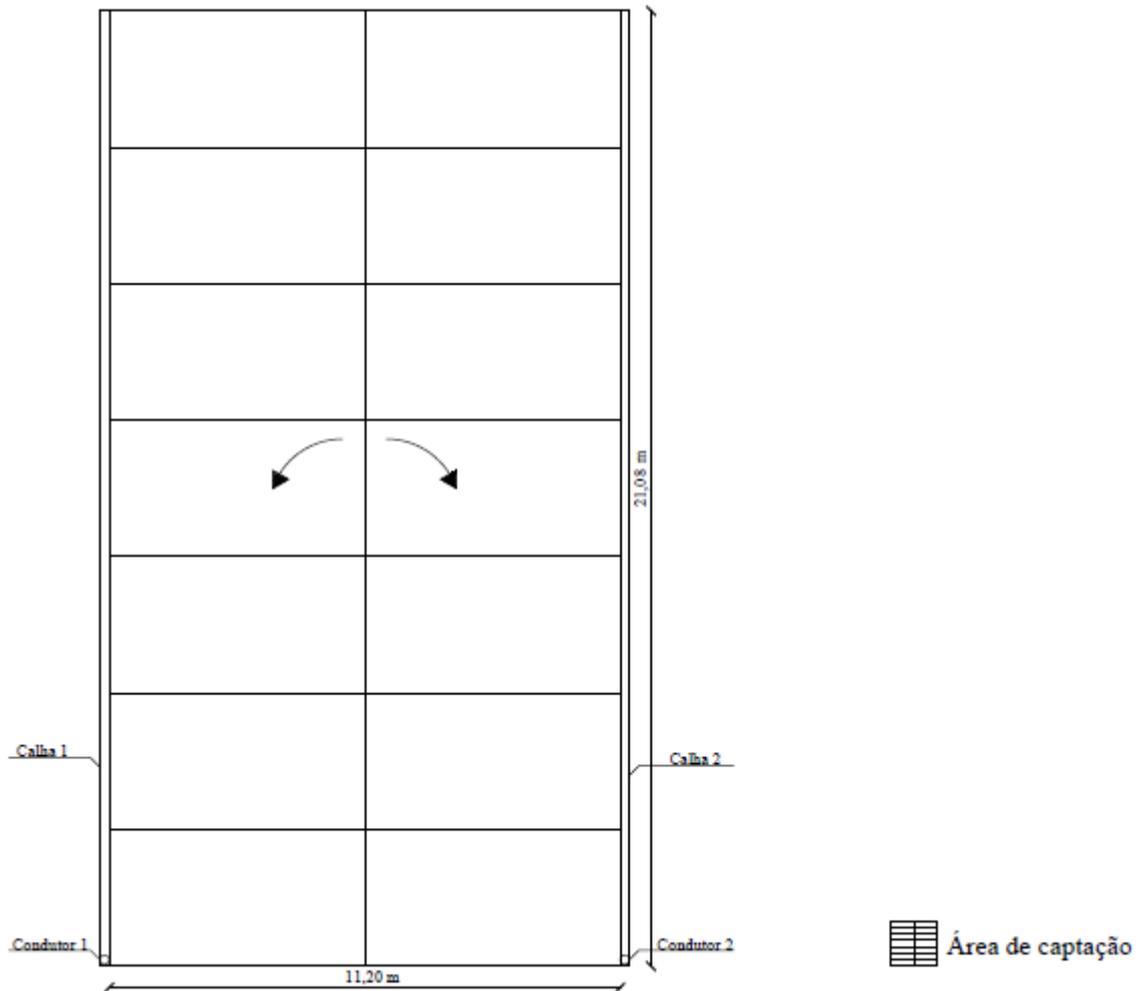
Fonte: Autora (2019)

Figura 21 – Medidas do telhado usado para captação da água pluvial



Fonte: Autora (2019)

Figura 22 – Medidas da estufa usada para captação da água pluvial



Fonte: Autora (2019)

Tabela 15– Resultados das áreas de cobertura selecionadas

Superfície de captação	Área (m ²)
Telhado	112,12
Estufa	236,10

Fonte: Autora (2019)

4.4 Dimensionamento das calhas

O dimensionamento das calhas e condutores foi realizado totalmente em conformidade com a norma vigente NBR 10844 (ABNT, 1989). Inicialmente foi necessário o conhecimento prévio acerca da vazão de projeto, que foi obtida a partir dos dados de intensidade pluviométrica da região e área de contribuição. A determinação da intensidade pluviométrica da região de Caçapava do Sul foi realizada através da equação das chuvas intensas da cidade de Encruzilhada do Sul (equação 13) e por meio dos parâmetros fornecidos pelo software

Plúvio 2.1. Obedecendo ao estabelecido na NBR 10844/89, o período de retorno foi escolhido conforme as características da área a ser drenada, portanto adotou-se 5 anos, correspondente a coberturas e/ou terraços e tempo de concentração de 5 minutos. A área de contribuição do telhado foi calculada com a equação 14 para superfícies inclinadas, já para a estufa foi considerada a área total por não haver uma equação que se adequasse ao caso.

As superfícies de coleta escolhidas possuem calhas de seção retangular e feitas de chapa de aço galvanizado, com 20 cm de largura e 15 cm de altura. Tendo em vista essas informações, utilizou-se no novo dimensionamento o coeficiente de rugosidade de 0,011, correspondente ao material das calhas já existentes e a declividade de 0,5%, estes dados foram aplicados na equação 16 de Manning-Strickler, para obtenção da vazão de escoamento na calha. A tabela 16 apresenta os resultados da vazão de projeto, intensidade pluviométrica do município de Caçapava do Sul, área de contribuição de cada superfície de captação e vazão de escoamento da água na calha.

Tabela 16 – Resultados das vazões de projeto e vazão na calha para as superfícies de telhado e estufa

Superfície de captação	Área de contribuição (m²)	Intensidade pluviométrica (mm/h)	Vazão de projeto (L/min)	Vazão na calha (L/min)
Telhado	53,92	146,58	131,73	177,34
Estufa	236,10	146,58	576,76	177,34

Fonte: Autora (2019)

De acordo com o exposto na tabela 16, a área de contribuição encontrada para região do telhado foi de 53,92 m², já para a estufa foi considerado a área total de 236,10 m² e para ambas foi acrescida a inclinação das superfícies de coleta. A intensidade pluviométrica da região é de 146,58mm/h e as vazões de projeto foram de 131,73L/min e 576,76L/min, respectivamente para as coberturas de telhado e estufa. A vazão de escoamento da água em cada calha é de 177,34L/min, porém este valor é multiplicado por 2 para a área da estufa porque a mesma possui duas calhas, sendo a nova vazão de projeto de 354,68L/min.

Comparando os valores das vazões de projeto e de escoamento nas calhas, constatou-se que a calha da superfície de telhado possui capacidade maior que a vazão de projeto, e, portanto, é bem dimensionada e irá atender a que será submetida. Já as vazões nas calhas encontradas para a estufa foram menores que a vazão de projeto, revelando que as dimensões são insuficientes, porém este resultado pode ter ocorrido porque foi considerada como área de

contribuição a sua área total. Portanto as dimensões 20 x 15 cm das calhas deverão ser mantidas para as duas áreas.

4.4.1 Dimensionamento dos condutores horizontais e verticais

Com os valores das vazões de projeto iguais a 131,73 L/min e 576L/min correspondentes à área de telhado e estufa, respectivamente, altura da lâmina de água na calha $H = 100$ mm e comprimento do condutor vertical estimado de 3 m, verificou-se o diâmetro dos condutores verticais com os ábacos das figuras 17 e 18. Sendo o ábaco para calhas com funil de saída utilizado para a estufa e o ábaco com saída em aresta viva para o telhado, nessa ordem o diâmetro adotado para os condutores verticais foi de 150 mm e 100 mm.

Os condutores horizontais foram dimensionados com o auxílio da tabela 10 em que a ABNT: NBR 10.844/1989 traz algumas vazões de projeto já calculadas para 8 diâmetros de tubulações, com distintas declividades. Considerando-se a declividade de 5% e as vazões de projeto obtidas, os diâmetros ficaram estabelecidos em 100 mm para a área de telhado e 150 mm para a estufa.

4.5 Cálculo do volume aproveitável

O volume de chuva aproveitável foi obtido a partir da equação 18, considerando as precipitações médias mensais e as áreas de captação selecionadas. O coeficiente de escoamento superficial foi empregado conforme a característica das áreas de captação, assim adotou-se os valores de 0,85 e 0,95, respectivamente, para o telhado, cujo material é cimento amianto e para a estufa que é coberta com plástico. De acordo com Tomaz (2007), os valores da eficiência do *first flush* ou do descarte de filtros e telas variam entre 0,50 a 0,90, mas quando não há dados para o cálculo da eficiência do sistema de captação utiliza-se $\eta = 0,90$.

As tabelas 17 e 18 a seguir apresentam os resultados das demandas mensais necessárias para as atividades de limpeza e irrigação, os volumes possíveis de ser captados com as áreas analisadas no estudo e as porcentagens médias de atendimento.

Tabela 17– Precipitação possível de ser coletada mensalmente no telhado

Período (mês)	Precipitação média (mm)	Área total disponível (m²)	Volume captado (m³)	Demanda mensal necessária (m³)	Porcentagem atendida mensalmente (%)
Janeiro	108,3	112,12	9,29	228,26	4,07
Fevereiro	122,2	112,12	10,48	228,26	4,59
Março	136,4	112,12	11,69	228,26	5,12
Abril	133,1	112,12	11,42	228,26	5,00
Mai	113,8	112,12	9,76	228,26	4,27
Junho	107,1	112,12	9,19	228,26	4,03
Julho	164,8	112,12	14,13	228,26	6,19
Agosto	138,9	112,12	11,91	228,26	5,22
Setembro	158,9	112,12	13,63	228,26	5,97
Outubro	205,4	112,12	17,62	228,26	7,72
Novembro	120,1	112,12	10,30	228,26	4,51
Dezembro	154,3	112,12	13,23	228,26	5,79
Média	138,61	112,12	11,89	228,26	5,21

Fonte: Autora (2019)

Tabela 18– Precipitação possível de ser coletada mensalmente na estufa

Período (mês)	Precipitação média (mm)	Área total disponível (m²)	Volume captado (m³)	Demanda mensal necessária (m³)	Porcentagem atendida mensalmente (%)
Janeiro	108,3	236,10	19,56	116,05	16,86
Fevereiro	122,2	236,10	22,07	116,05	19,02
Março	136,4	236,10	24,64	116,05	21,23
Abril	133,1	236,10	24,04	116,05	20,72
Mai	113,8	236,10	20,55	116,05	17,71
Junho	107,1	236,10	19,34	116,05	16,66
Julho	164,8	236,10	29,76	116,05	25,64
Agosto	138,9	236,10	25,09	116,05	21,62
Setembro	158,9	236,10	28,69	116,05	24,72
Outubro	205,4	236,10	37,09	116,05	31,96
Novembro	120,1	236,10	21,69	116,05	18,69
Dezembro	154,3	236,10	27,87	116,05	24,01
Média	138,61	236,10	25,03	116,05	21,57

Fonte: Autora (2019)

Nota-se, que as porcentagens de atendimento das demandas com água pluvial são bastante baixas, sendo necessária outra fonte de abastecimento para suprir as necessidades das atividades de limpeza e irrigação, podendo ser o abastecimento pelo poço artesiano presente na instituição ou da concessionária do município. Outra solução seria expandir o projeto, utilizando-se mais áreas da escola para captação da água pluvial de modo que toda a demanda seja atendida.

4.6 Dimensionamento dos reservatórios

O dimensionamento dos reservatórios de água pluvial foi realizado pelos métodos dispostos na NBR 15527 (2007), de Rippl, Simulação e Azevedo Neto. Para a resolução dos cálculos, consideraram-se os dados de chuva de uma série de 8 anos (janeiro de 2011 a dezembro de 2018), sendo 1663,30 mm a precipitação anual média desse período. As áreas de captação consideradas foram 112,12m² e 236,10 m², respectivamente, para o telhado e estufa. Com base em Tomaz (2010), como coeficiente de escoamento superficial utilizou-se os valores 0,95, corresponde a coberturas de material plástico (estufa) e 0,85, corresponde à telha de cimento amianto, existente no local (telhado).

4.6.1 Método de Rippl

O método de Rippl, leva em conta os seguintes parâmetros: índice pluviométrico da região, a quantidade de água necessária e as dimensões das áreas de captação. Em relação à precipitação pluviométrica optou-se pela escolha da série histórica mensal, em busca de maior precisão nos resultados finais. Nas tabelas 19 e 20, são apresentados os resultados referentes a este método.

Tabela 19 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para área do telhado

Coefficiente de <i>Runoff</i> = 0,85							
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Situação do reservatório
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)	
Janeiro	108,30	228,26	112,12	10	218,26	218,26	D
Fevereiro	122,20	228,26	112,12	12	216,26	434,52	D
Março	136,40	228,26	112,12	13	215,26	649,78	D
Abril	133,10	228,26	112,12	13	215,26	865,04	D
Maiο	113,80	228,26	112,12	11	217,26	1082,30	D
Junho	107,10	228,26	112,12	10	218,26	1300,56	D
Julho	164,80	228,26	112,12	16	212,26	1512,82	D
Agosto	138,90	228,26	112,12	13	215,26	1728,08	D
Setembro	158,90	228,26	112,12	15	213,26	1941,34	D
Outubro	205,40	228,26	112,12	20	208,26	2149,60	D
Novembro	120,10	228,26	112,12	11	217,26	2366,86	D
Dezembro	154,30	228,26	112,12	15	213,26	2580,12	D
Total	1663,30	2739,12	-	159	Volume =	2580,12	-

D= Nível de água baixando

Fonte: Autora (2019)

Tabela 20 – Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para área da estufa

Coefficiente de <i>Runoff</i> = 0,95							
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos	Situação do reservatório
	(mm)	(m³)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)	
Janeiro	108,30	116,05	236,10	24	92,05	92,05	D
Fevereiro	122,20	116,05	236,10	27	89,05	181,10	D
Março	136,40	116,05	236,10	31	85,05	266,15	D
Abril	133,10	116,05	236,10	30	86,05	352,20	D
Maio	113,80	116,05	236,10	26	90,05	442,25	D
Junho	107,10	116,05	236,10	24	92,05	534,30	D
Julho	164,80	116,05	236,10	37	79,05	613,35	D
Agosto	138,90	116,05	236,10	31	85,05	698,40	D
Setembro	158,90	116,05	236,10	36	80,05	778,45	D
Outubro	205,40	116,05	236,10	46	70,05	848,50	D
Novembro	120,10	116,05	236,10	27	89,05	937,55	D
Dezembro	154,30	116,05	236,10	35	81,05	1018,60	D
Total	1663,30	1392,60	-	374	Volume =	1018,60	-

D= Nível de água baixando

Fonte: Autora (2019)

A partir dos resultados do método de Rippl, é perceptível que as demandas totais de 2739,12m³/ano na limpeza e 1392,60 m³/ano na irrigação das hortaliças, são superiores aos volumes totais de chuva, 159m³/ano e 374m³/ano, que podem ser obtidos com as áreas de captação consideradas. Desta forma, nas áreas que serão implantadas o projeto só será atendido de acordo com o método de Rippl, 5,80% e 26,86% do volume de água necessário nestas atividades, ou seja, faltará água para suprir as demandas. O volume máximo dos reservatórios para regularizar as demandas constantes de 228,26 m³/mês e 116,05 m³/mês, para a limpeza e irrigação das hortaliças, deverá ser de 2580,12 m³ e 1018,60 m³, respectivamente, inviável com as áreas em que o projeto será instalado.

4.6.2 Método da simulação

O método da simulação analisa o percentual de atendimento as demandas em função de volumes previamente definidos para o reservatório. Como a escola possui duas caixas d'água sem utilização de 5000L e 10000L, foram considerados estes volumes nos cálculos, respectivamente, para o telhado e estufa. Foram utilizados também, os registros mensais de precipitação e as demandas a serem atendidas. Os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas 21 e 22.

Tabela 21 - Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação para área do telhado

Coefficiente de <i>Runoff</i> = 0,85									
Volume do reservatório (m³) = 5									
Mês	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)	(m³)	(m²)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)
Janeiro	108,30	228,26	112,12	10	5	0	5	0	218,26
Fevereiro	122,20	228,26	112,12	12	5	5	-211,26	0	211,26
Março	136,40	228,26	112,12	13	5	0	-215,26	0	215,26
Abril	133,10	228,26	112,12	13	5	0	-215,26	0	215,26
Mai	113,80	228,26	112,12	11	5	0	-217,26	0	217,26
Junho	107,10	228,26	112,12	10	5	0	-218,26	0	218,26
Julho	164,80	228,26	112,12	16	5	0	-212,26	0	212,26
Agosto	138,90	228,26	112,12	13	5	0	-215,26	0	215,26
Setembro	158,90	228,26	112,12	15	5	0	-213,26	0	213,26
Outubro	205,40	228,26	112,12	20	5	0	-208,26	0	208,26
Novembro	120,10	228,26	112,12	11	5	0	-217,26	0	217,26
Dezembro	154,30	228,26	112,12	15	5	0	-213,26	0	213,26
Total	1663,30	2739,12	-	159	-	-	-	0	2575,12

Fonte: Autora (2019)

Tabela 22 - Dimensionamento do reservatório pelo método da simulação para área da estufa

Coefficiente de <i>Runoff</i> = 0,95									
Volume do reservatório (m³) = 10									
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)
Janeiro	108,30	116,05	236,10	24	10	0	10	0	92,05
Fevereiro	122,20	116,05	236,10	27	10	10	-79,05	0	79,05
Março	136,40	116,05	236,10	31	10	0	-85,05	0	85,05
Abril	133,10	116,05	236,10	30	10	0	-86,05	0	86,05
Maiο	113,80	116,05	236,10	26	10	0	-90,05	0	90,05
Junho	107,10	116,05	236,10	24	10	0	-92,05	0	92,05
Julho	164,80	116,05	236,10	37	10	0	-79,05	0	79,05
Agosto	138,90	116,05	236,10	31	10	0	-85,05	0	85,05
Setembro	158,90	116,05	236,10	36	10	0	-80,05	0	80,05
Outubro	205,40	116,05	236,10	46	10	0	-70,05	0	70,05
Novembro	120,10	116,05	236,10	27	10	0	-89,05	0	89,05
Dezembro	154,30	116,05	236,10	35	10	0	-81,05	0	81,05
Total	1663,30	1392,60	-	374	-	-	-	0	1008,60

Fonte: Autora (2019)

Com base nos resultados do método da Simulação, é observado que ocorre a mesma situação do método de Rippl, ele mostra que falta água para atender as demandas e que desta forma os reservatórios simulados são insuficientes. Sendo necessário um suprimento de água externo de 2575,12m³/ano na limpeza e 1008,60m³/ano na irrigação das hortaliças, para o atendimento dos volumes totais exigidos. Segundo o método com os volumes dos reservatórios simulados só será possível o atendimento de 159m³/ano e 374m³/ano para as duas atividades supracitadas (5,80% e 26,86%).

4.6.3 Método de Azevedo Neto

Para a aplicação do método de Azevedo Neto também conhecido como Método Prático Brasileiro, foi usada, a média anual de precipitação, áreas de captação e também o somatório dos meses com incidência de pouca chuva ou seca. Para o estudo, o critério adotado para definir o parâmetro “pouca chuva ou seca” foi verificar a porcentagem de precipitação dos anos averiguados, como nenhum ano esteve com a precipitação inferior a 70% da média, utilizou-se o valor de 1. A tabela 23 apresenta os resultados deste método.

Tabela 23 – Dimensionamento do reservatório para as áreas de telhado e estufa pelo método de Azevedo Neto

Método de Azevedo Neto	
Área de captação	Volume obtido (m³)
Telhado	7,83
Estufa	16,49

Fonte: Autora (2019)

De acordo com os resultados do método de Azevedo Neto, o volume dos reservatórios, para a área do telhado deverá ter volume mínimo de 7,83m³ e para da estufa 16,49m³. Podendo ser adotados os volumes comerciais de 10m³ e 20m³ em cada área.

4.6.4 Análise das metodologias

Analisando os resultados obtidos com as metodologias utilizadas para o dimensionamento do volume dos reservatórios, Rippl, Simulação e Azevedo Neto, presentes na norma da ABNT NBR 15527(2007), é possível perceber que há discrepâncias nos resultados encontrados. Como os métodos da Simulação e Rippl consideram as demandas de água para os cálculos, os volumes dos reservatórios encontrados foram muito elevados, sendo

desconsiderados, por ser inviável financeiramente e também pelas áreas escolhidas para a instalação do projeto que são insuficientes.

Para o atendimento da demanda total necessária nas duas atividades, $344,31\text{m}^3$, é preciso mais áreas disponíveis para coleta da água pluvial, aproximadamente 3600m^2 . Já os resultados obtidos com o método de Azevedo Neto, foram mais coerentes, pois é desprezada a demanda a ser atendida e apenas é calculado o volume do reservatório para a área de captação adotada. Dessa forma os volumes que devem ser adotados neste projeto são: 10000L para a área do telhado e 20000L para a da estufa.

4.7 Análise da viabilidade técnico econômica

4.7.1 Economia na água potável

O potencial mensal de economia na água potável foi determinado, considerando-se as demandas mensais necessárias nas atividades de limpeza e irrigação e os volumes possíveis de serem coletados com as áreas de captação adotadas. Na limpeza e irrigação foi estimado que os volumes gastos, são de $228,26\text{m}^3$ e $116,05\text{m}^3$, respectivamente e as porcentagens de atendimento mensal a estas demandas, são de aproximadamente $5,21\%$ e $21,57\%$. Aplicando estas porcentagens médias mensais na equação 19, obtém-se um percentual total de água potável que pode ser economizado de $26,78\%$ por mês. Podendo ser economizados $11,89\text{m}^3/\text{mês}$ com a área de telhado e $25,03\text{m}^3/\text{mês}$ com a área da estufa, um total de $36,92\text{m}^3/\text{mês}$ e $443,04\text{m}^3/\text{ano}$.

4.7.2 Economia financeira

A economia financeira que deve ser gerada devido à implantação do sistema de aproveitamento pluvial, foi descoberta através da comparação entre os valores pagos atualmente pela água potável e os valores que deverão ser economizados com a inserção do projeto. Nos últimos 18 meses de acordo com a tabela 11, a ETERRG apresentou um consumo médio de $465,72\text{m}^3/\text{mês}$, o que corresponde a um custo médio de R\$5.269,29.

A escola enquadra-se na categoria de abastecimento público, desta forma o valor cobrado pelo metro cúbico (m^3) de água potável distribuído pela companhia de abastecimento do município (CORSAN) é atualmente de R\$ 6,38 reais. Com o atendimento total de $36,92\text{m}^3/\text{mês}$ pelo sistema de aproveitamento pluvial, obtido no item anterior, serão

economizados R\$ 235,55 por mês e R\$2.826,60 ao ano, sendo o novo valor médio cobrado de R\$5033,74, conforme a equação 20. Ressalta-se que não foram consideradas nos cálculos as outras tarifas que são cobradas pela CORSAN, que poderiam resultar em um valor maior a ser economizado.

4.7.3 Período de retorno do investimento realizado

A análise do período de retorno do investimento no sistema de aproveitamento da água pluvial foi realizada considerando-se o potencial de economia na água potável e por meio da determinação dos custos relativos à implantação. Para isso foi realizada uma investigação em torno dos valores de alguns materiais que serão necessários na implantação do projeto. No orçamento foram incluídos reservatórios, tubulações (condutos verticais e horizontais) e conexões, tomando como referência as observações e medições realizadas no local de estudo. Foram desconsideradas do orçamento as tubulações que serão usadas para a distribuição da água e as calhas, visto que essas instalações já existem na instituição. No local também há duas caixas d'água sem utilização de 5000L e 10000 L que foram inclusas no projeto. Na Tabela 24, encontram-se apresentados o quantitativo aproximado e os preços médios dos materiais faltantes.

Tabela 24 – Insumos orçados para o desenvolvimento do sistema de coleta e aproveitamento pluvial

Referência	Código	Material	Quantidade	Unidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
SINAPI	00009841	Tubo PVC, DN 100 mm	22	m	22,73	500,06
SINAPI	00009840	Tubo PVC, DN 150 mm	15	m	46,20	693,00
SINAPI	00020157	Joelho 90° PVC, DN 100 mm	2	Unid.	19,60	39,20
SINAPI	00020179	Tê de PVC, DN 100 x 100 mm	2	Unid.	32,99	65,98
SINAPI	00020151	Joelho 45°, PVC, DN 100 mm	2	Unid.	14,53	29,06
SINAPI	00006031	Registro tipo esfera, PVC, DN 25 mm	4	Unid.	14,45	57,80
SINAPI	00020055	Registro tipo esfera, PVC, DN 50 mm	4	Unid.	29,86	119,44
Mercado	-	Torneira plástica 3/4	4	Unid.	3,00	12,00
SINAPI	00000073	Adaptador PVC roscável, com flanges e anel de vedação para caixa d'água – 25mm	4	Unid.	11,02	44,08
SINAPI	00037106	Caixa d'água em fibra de vidro - capacidade 10.000 litros	1	Unid.	2.820,89	2.820,89
SINAPI	00037105	Caixa d'água em fibra de vidro - capacidade 5.000 litros	1	Unid.	1.360,39	1.360,39
Total						5742,62

Fonte: Autora (2019)

Com base na Tabela 24, o valor total do investimento para a implantação do sistema é de cerca de R\$5.742,62. Considerando que a edificação de estudo com o sistema possuirá uma economia mensal de R\$235,55, o tempo de retorno do valor investido será de

aproximadamente 2 anos. Evidencia-se que essa análise foi apenas uma estimativa preliminar que servirá como referência para a escola.

5 CONCLUSÃO

No trabalho foi verificada a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de aproveitamento da água pluvial na Escola Técnica Estadual Dr. Rubens da Rosa Guedes (ETERRG), no município de Caçapava do Sul/RS. Com base nos resultados encontrados no estudo, as precipitações no município são regulares e bem distribuídas, sem registros de longos períodos de estiagem, bastante favorável aos sistemas de aproveitamento.

Porém com as áreas de coleta escolhidas, será obtida uma pequena porcentagem de atendimento das demandas não potáveis estimadas para a escola de 228,26m³ e 116,05m³, sendo 5,21% e 21,57%, respectivamente, para as atividades de limpeza e irrigação. O consumo mensal total de água potável na escola conhecido por meio de observações nas faturas mensais disponibilizadas pela CORSAN de um período de 18 meses (março de 2018 a agosto de 2019) foi de 465,72m³.

Com base nas porcentagens de atendimento obtidas, haverá uma economia total de 36,92m³/mês na água potável com o sistema de aproveitamento pluvial, gerando uma economia financeira de R\$235,55 por mês e R\$2.826,60 ao ano. O valor da instalação do projeto conhecido por meio da estimativa da quantidade de materiais necessários foi de R\$5.742,62 logo o período de retorno desse investimento é de cerca de 2 anos e a implantação do sistema é considerada viável

Nas instituições de ensino o consumo de água é bastante elevado pelo fato de que nesses locais circula uma grande quantidade de pessoas diariamente. Dessa forma ideias de projetos sustentáveis que visem à economia da água potável nas escolas e universidades só têm a trazer benefícios ambientais e econômicos, além de propiciar a conscientização dos usuários e da comunidade sobre a importância do uso racional da água.

Para projetos futuros recomenda-se que seja realizada uma análise da qualidade da água da chuva captada com o sistema, a fim de analisar a necessidade de descarte dos primeiros milímetros ou de alguma forma de tratamento, uma vez que o atual projeto não prevê. Também se recomenda estudos mais detalhados a respeito do consumo médio de água no Brasil na irrigação de hortaliças e limpeza de edificações, e que estudos de viabilidade técnica e econômica sejam realizados em mais prédios públicos como nas indústrias, postos de combustíveis, universidades, entre outros.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844: Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12214: **Projeto de Sistema de Bombeamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527: Água de chuva– aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. **Rio de Janeiro, 2007**.

ABREU, Sebastião Corrêa. **Estudo de Viabilidade Econômica para Aproveitamento de Águas Pluviais no Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET – CAMPUS IX**. Trabalho de conclusão de curso – Bacharelado em Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas, 2017.

AGPTEA – Associação Gaúcha de Professores Técnicos de Ensino Agrícola. **Projetos pedagógicos embalam ensino e incentivam integração em Caçapava do Sul**. Disponível em: <<https://www.agptea.org.br/escola-tecnica-estadual-dr-rubens-da-rosa-guedes/>>. Acesso em: 25 Abr. 2019.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. **Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil**. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AMARO, Geovani B. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2007.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2018**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe_conjuntura_2018.pdf>. Acesso em: 26 Abr.2019.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2017**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf>. Acesso em: 30 Abr. 2019.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Manual de usos consuntivos da água 2019**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/usos-da-agua/outros-usos/outros-usos-1>>. Acesso em: 26 Abr. 2019.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Situação da Água no Mundo**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>>. Acesso em: 25 Fev. 2019.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Usos da água**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/usos-da-agua>>. Acesso em: 04 Mai. 2019.

ANA, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura recursos hídricos Brasil 2018**. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/usoagua>>. Acesso em: 24 Fev. 2019.

BARBOSA, Renata Toledo. **Estudo de um Sistema de Captação de Água de Chuva e Reuso de Água Cinza para Fins não Potáveis para o Colégio Padre Júlio Maria no Município de Boa Esperança – MG.** Trabalho de conclusão de curso – UNIS – MG – Centro Universitário do Sul de Minas, 2016.

BRAGA, Benedito. **Introdução à engenharia ambiental.** 2ª edição. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005.

BRASIL, Rio Grande do Sul. Lei nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994. **Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.** DOE n.º 1, de 1º de janeiro de 1995.

CAIXA. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI.** Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 5 Nov. 2019.

CARDOSO, Carlos Eduardo Nascimento. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.** Trabalho de conclusão de curso - Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, 2013.

Carvalho, N. L.; Barcellos, A. L., e Hentz, P. **Tecnologias para reutilização de águas residuais.** Revista gestão e desenvolvimento em contexto (2015).

CHIAVEGATTI Caio Cesar. **Reúso de água, benefícios para o meio ambiente e para o empreendedor.** 90f. Curso de Engenharia Ambiental, Universidade São Francisco, 2013.

CNA - Conselho Nacional da Água. **Água no planeta terra.** Disponível em: <<https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/aacutegua-no-planeta-terra.html>>. Acesso em: 25 Fev. 2019.

CNM – Confederação Nacional de Municípios. **Brasileiro consome, em média, 154 litros de água por dia, aponta ONU.** Disponível em: <<https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/brasileiro-consome-em-media-154-litros-de-agua-por-dia-aponta-onu>>. Acesso em: 07 Mai. 2019.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Divisão Hidrográfica Nacional.** Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 Dez. 2003. nº 245, Seção 1, pág. 142.

CORSAN - COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. **Hidrômetros e medição do consumo.** Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/medicao>>. Acesso em: 02 Jun. 2019.

COSTA, R. H. P. G; TELLES, D. D. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** Revista atual. ed. São Paulo/SP: Edgard Blucher, 2010.

DÁVILA, Juliana da Silva. **Avaliação de um sistema de aproveitamento da água da chuva em edificação residencial – estudo de caso na cidade de Alegrete – RS.** Trabalho de conclusão de curso – Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa, 2015.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. **Usos da água.** Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/indexesp.stm>. Acesso em: 29 Abr. 2019.

FAVRETTO, Carliana Rouse. **Captação da água da chuva para utilização na lavagem de veículos: Estudo de caso para o município de Pelotas - RS.** Trabalho de conclusão de curso – Bacharelado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

FERREIRA, Antônio Domingos Dias. **Habitação autossuficiente interligação e integração de sistemas alternativos.** Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

FESTI, Aparecido. **Equações de chuva brasileira.** Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37040916/Equacoes-de-Chuva-Brasileira.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1558992143&Signature=y9kgrSILJt1RHdqw5LiM2nciEe0%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEQUAES_DE_CHUVAS_BRASILEIRAS.pdf>. Acesso em: 27 Mai. 2019.

GHISI, Enedir; GUGEL, Eloir Carlos. **Instalações prediais de águas pluviais.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

GNIPPER, Sérgio. **Transbordamento: antes de aumentar as seções das calhas, amplie a capacidade dos condutores verticais.** Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=27&Cod=121>>. Acesso em: 27 Mai. 2019.

GOMES, Lorraine Aparecida de Faria. **Análise Cienométrica Sobre Aproveitamento da Água da Chuva em Residências.** Trabalho de conclusão de curso – Bacharelado em Engenharia Civil, UniEvangélica, 2018.

GUIMARÃES, Fernanda Bueno; DE ARAÚJO, Sara Sales. **Diagnóstico do uso da Água em uma escola de tempo integral e considerações sobre o uso racional. 2016.** IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama Rio Grande do Sul.** Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/panorama>>. Acesso em: 15 Abr. 2019.

IBGE. **Panorama Caçapava do Sul.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cacapava-do-sul/panorama>>. Acesso em: 22 Abr. 2019.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia.** Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 20 Abr. 2019.

KARLINSKI, Thayse. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificações de ensino: estudo de caso em São Luiz Gonzaga - Rio Grande do Sul.** Trabalho de conclusão de curso – Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pampa, 2015.

LAGE, Epaminondas de Souza. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: potencial de economia de água potável e estudo de**

viabilidade econômica. Tese (dissertação de mestrado) - Mestrado em Engenharia Civil, Área de Concentração: Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

MANO, Rafael. **A captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema.** 177 f. Mestrado – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC.** 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado), Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MARTINS, Fernando Mendes; MARQUES, Ramiro Souza. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na Escola de Ensino Básico General Osvaldo Pinto da Veiga de Capivari de Baixo – SC.** 77f. Trabalho de conclusão de curso – Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017.

MAY, S.; PRADO, R.T.A. **Estudo da qualidade da água de chuva para consumo não potável em edificações.** Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo-SP, CD Rom, 2004.

MAY, Simone. **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.

MINATTO, Matheus Waschow. **Água de chuva: uso para irrigação em agricultura familiar.** Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Água, um recurso cada vez mais ameaçado.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf>. Acesso em: 25 Abr. 2019.

MORAIS, Jerônimo Wallage Araújo. **Viabilidade técnica/econômica no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino do Amazonas.** 126 f. Tese (Dissertação de mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Amazonas, 2017.

NETO, Pedro de Souza Garrido. **Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva: projeto de dois protótipos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil.** Rio de Janeiro, Brasil: Universidade Federal do Rio de Janeiro-Escola Politécnica, 2012.

OLIVEIRA, Y.M. **Uso do balanço hídrico seriado para dimensionamento de estrutura de armazenamento de água das chuvas: estudos de casos.** 2004. 73f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Apesar de baixa fertilidade, mundo terá 9,8 bilhões de pessoas em 2050.** Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/apesar-de-baixa-fertilidade-mundo-tera-98-bilhoes-de-pessoas-em-2050/>>. Acesso em: 20 Fev. 2019.

ONU – Organização das Nações Unidas. **População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU.** Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 1 Mar. 2019.

OURIQUES, Rafael Zini et al. **Aproveitamento da água de chuva em escola municipal de Santa Maria.** *Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas*, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2016.

PESSOA, Mariana Lisboa. **O Rio Grande do Sul corre o risco de enfrentar uma crise hídrica? Carta de Conjuntura FEE, Porto Alegre, 2015.** Disponível em: <<http://carta.fee.tche.br/article/o-rio-grande-do-sul-corre-o-risco-de-enfrentar-uma-crise-hidrica/>>. Acesso em: 8 Abr. 2019.

PINTO, André. **Aproveitamento de Água pluvial para fins não potáveis em residência: Estudo de caso em Ouro Preto - MG.** 65 f. Trabalho de conclusão de curso - Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto – MG, 2016.

PMC. **Prefeitura municipal de Caçapava do Sul.** Disponível em: <<http://www.cacapava.rs.gov.br/>>. Acesso em: 22 Abr. 2019.

PRADO, G. S.; MULLER, M. S. K. **Sistema de aproveitamento de água para edifícios.** *Revista Técnica*, v. 1, p. 77-80, 2007.

QUEIROZ, M. M. F.; FARIAS, C. A. S. **Potencial de aproveitamento de águas pluviais para fins não-potáveis no campus da UFCG em Pombal-PB.** In: 8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Campina Grande, 2012.

REBELLO, GAO. **Conservação da água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais.** 96 f. Tese - Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental), Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2004.

RIBEIRO, Luiz Gustavo Gonçalves; ROLIM, Neide Duarte. **Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce enquanto direito fundamental e sua valoração mercadológica.** *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, Caxias do Sul, v. 7, n. 1, 2017.

RIBEIRO, Wagner Costa. **Aquífero Guarani: gestão compartilhada e soberania.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n64/a14v2264.pdf>>. Acesso em: 03 Jun.2019.

RODRIGUES, Ana Beatriz Fraga. **Avaliação de um sistema comercial de tratamento de água de chuva.** 91 f. Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Dicas de economia de água.** Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=140>>. Acesso em: 30 Abr. 2019.

SANTOS, Sandra Puhl dos. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em escola da rede pública no município de Ajuricaba – RS.** Trabalho de conclusão de curso – Bacharelado em Ciências Contábeis, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2010.

SEMA – Secretária do Meio Ambiente e Infraestrutura. **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul.** Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas/>>. Acesso em: 9 Abr. 2019.

SILVA, Gilmar da. **Aproveitamento de água de chuva em um prédio industrial e numa escola pública - estudo de caso.** Tese (Doutorado) – Pós- Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2007.

SILVA, Nara de Melo Dantas da. **Qualidade microbiológica das águas de chuva em cisternas da área rural do município de Inhambupe, no semiárido baiano e seus fatores intervenientes.** 136f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento), Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SNIRH. **Portal HIDROWEB.** Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em: 25 Abr. 2019.

TOMAZ, Plínio. **Água: pague menos.** Centro, v. 15, p. 7, 2010.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva - 2015.** Disponível em:<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em: 30 Abr. 2019.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: diretrizes básicas para um projeto. 2007.** Disponível em:<http://www.abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf>. Acesso em: 2 Mai. 2019.

TOMAZ, Plinio. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Manejo de águas pluviais.** São Paulo: Navegar, 2010.

TOMAZ, Plinio. **Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre medidas convencionais e não convencionais do uso racional da água.** Navegar, 2001.

TOMAZ, Plinio; TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** Oceania, v. 65, n. 4, p. 5, 2009.

UNESCO - United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. **A demanda por água aumenta drasticamente nos setores que mais a utilizam.** Disponível em:<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Brasilia/pdf/WWDR4%20Background%20Briefing%20Note_pt_2012.pdf>. Acesso em: 24 Abr. 2019.

UNESCO - United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019: Não deixar ninguém para trás.** Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367303_por>. Acesso em: 25 Abr. 2019.

USP – Universidade de São Paulo. **Considerações para o Aproveitamento de Águas Pluviais - Programa De Uso Racional Da Água – PURA, 2011.** Disponível em:<<http://www.pura.usp.br/>>. Acesso em: 10 Mai. 2016.

WEIERBACHER, Leonardo. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira Bento Móveis de Alvorada – RS.** Monografia de graduação, Universidade Luterana do Brasil, 2008.

ZANELLA, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2015.