

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CLÁUDIO XAVIER DOS SANTOS

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO E
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR
NO MUNICÍPIO DE FARROUPILHA - RS**

Santa Maria, RS

2023

Cláudio Xavier Dos Santos

**Dimensionamento de um sistema de captação da água da chuva em uma
residência unifamiliar no município de Farroupilha - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal de
Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

Orientador: Prof^a. Dra. Cristiane Carine dos Santos

Santa Maria, RS

2023

Cláudio Xavier Dos Santos

Dimensionamento de um sistema de captação da água da chuva em uma
residência unifamiliar no município de Farroupilha - RS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal de
Santa Maria (UFSM, RS), como requisito
parcial para obtenção do título de
Engenheiro Civil.

_____ em 10 de fevereiro de 2023

Prof^a. Dra. Cristiane Carine Dos Santos

Pref^o. Dr. Carlos José Antônio Kümmel Félix

Engenheira Civil Lauren Marcon Pinheiro

Santa Maria, RS

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por sempre estar comigo, me guiando pelo caminho do bem, protegendo-me em cada passo que dou, e me dando saúde para acordar cada dia e ir atrás dos meus sonhos.

Agradeço a minha mãe, Onira, meu grande exemplo e orgulho para a minha vida, por todo carinho, motivação, inspiração e suporte. Todo o choro nos “tchau” quando voltava para Santa Maria, mas foi por uma boa causa, todas as ligações para saber como tinha passado o dia, por todas as risadas dadas, por toda a preocupação de mãe, por toda a provação que passou nos últimos tempos, sei que Deus tem o melhor guardado para nossa família. Tenho só a agradecer imensamente do fundo do meu coração.

Agradeço aos meus Irmãos e sobrinhos, Daniela, Vinicius Eduardo e João Pedro, por me darem apoio nesses anos de faculdade e suporte em tudo que precisei, e principalmente por cuidar da mãe enquanto eu não estava, por todas as conversas fiadas no telefone, pelas viagens, pelos simples jantares que pra mim são grandes atos de amor, sou imensamente grato.

A minha melhor amiga Lauren, por sempre estar comigo nesses anos de faculdade – nos bons e maus – que foram incríveis, por ser sempre minha dupla nas provas e trabalhos, pela nossa troca de conhecimento, e sei que mesmo estando distantes sempre estaremos próximos.

Agradeço a professora Cristiane pela orientação no meu trabalho de conclusão de curso, me auxiliar nesta reta final, a paciência nos momentos que eu não podia participar tão ativamente do trabalho, a compreensão e as ótimas conversas que tivemos nas reuniões. Sei que com sua ajuda fiz o melhor trabalho que eu pude.

Agradeço a instituição que me deu formação para exercer com perfeição e profissionalismo a carreira que escolhi, a todos os professores pela experiência, e conhecimentos transmitidos em todos os anos da graduação.

E não podia faltar um agradecimento especial aos meus pug's, parte essencial da minha família. Primeiramente, o primogênito, Frank, mesmo nos anos de faculdade presencial, sempre quando chegava em casa queria ver ele numa videochamada, ele é um verdadeiro Lord, comportado e muito da paz. Após chegou em nossa família a Amora que é a cachorrinha mais carinhosa que existe, só falta falar, sempre latindo

pra tudo, uma benção de Deus. A partir deles nasceu a minha jovem rebelde, Kiara, que sempre esteve comigo, me dando carinho nos momentos que precisava, vive atrás de mim, perfeita, um verdadeiro presente de Deus. Amo vocês.

RESUMO

Dimensionamento de um sistema de captação da água da chuva em uma residência unifamiliar no município de Farroupilha - RS

AUTOR: Cláudio Xavier Dos Santos

ORIENTADOR: Prof^ª. Dra. Cristiane Carine dos Santos

A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba. O sistema de captação e aproveitamento de água da chuva é um dos caminhos para diminuir o consumo de água potável em empreendimentos da engenharia civil de fácil aplicação e de baixo custo. Para isso foi proposto a implementação de um sistema de captação e aproveitamento da água da chuva em uma residência unifamiliar, mais especificamente o uso desta água na bacia sanitária e em uma torneira de jardim. Realizou-se pesquisas e dimensionamento em todas as etapas do sistema, como precipitações médias, captação, coleta, armazenamento, tratamento e bombeamento para suprir a demanda estudada. Todo estudo foi desenvolvido de acordo com a ABNT NBR 15527/2019, e todas as normas que ela recomendou. Com o estudo é possível se ter um entendimento maior sobre dados pluviométricos da região, meses em que a captação é maior, determinar volumes de consumo mensal e anual, prever volumes de captação e extravasão, além de prever o tempo retorno de investimento para a implementação e operação do sistema, este tempo resultou em aproximadamente 8 anos.

PALAVRAS-CHAVE: Água da chuva. Captação. Armazenagem. Sistema de aproveitamento da água da chuva. Usos não-potáveis. Economia de água potável.

ABSTRACT

Sizing of a rainwater harvesting system in a single-family residence in the city of Farroupilha – RS

AUTHOR: Cláudio Xavier Dos Santos

ADVISOR: Prof^a. Dra. Cristiane Carine dos Santos

Good quality water is like health or freedom: it only has value when it runs out. The system for capturing and using rainwater is one of the ways to reduce the consumption of potable water in civil engineering projects that are easy to apply and cost-effective. For this, it was proposed the implementation of a system for capturing and using rainwater in a single-family residence, more specifically the use of this water in the toilet bowl and in a garden faucet. Research and sizing were carried out at all stages of the system, such as average rainfall, capture, collection, storage, treatment and pumping to meet the studied demand. Every study was developed in accordance with ABNT NBR 15527/2019, and all the standards it recommended. With the study, it is possible to have a better understanding of rainfall data in the region, months in which the collection is greater, determine monthly and annual consumption volumes, predict collection and extravasation volumes, in addition to predicting the return on investment for implementation. and system operation, this time resulted in approximately 8 years.

KEYWORDS: Rainwater. Funding. Storage. Rainwater harvesting system. Non-potable uses. Potable water economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Demanda de água no Brasil.....	15
Figura 2 - Bacias e Sub-bacias Hidrográficas (RS).....	17
Figura 3 – Exemplo de Sistema de captação e aproveitamento de água da chuva..	25
Figura 4 - Exemplo de Condutores instalados juntamente com o Sistema de Captação da água da chuva.....	28
Figura 5 – Ábaco (a) para dimensionamento de condutores verticais.....	29
Figura 6 - Ábaco (a) para dimensionamento de condutores verticais	30
Figura 7 - Filtro Autolimpante para água de chuva.....	32
Figura 8 - Funcionamento completo de um Filtro Volumétrico	33
Figura 9 - Amostrador First Flush.....	33
Figura 10 - Dispositivo First Flush com sistema de esfera	34
Figura 11 - Esquema Cisterna Enterrada	35
Figura 12 – Projeto de Implementação residência unifamiliar	40
Figura 13 - Planta Baixa Térreo	41
Figura 14 - Modelagem Revit Telhados até Reservatório Inferior	42
Figura 15 - Modelagem Revit Reservatório inferior até Reservatório superior.....	43
Figura 16 – Modelagem Revit Reservatório Superior até pontos de abastecimentos não-potáveis.....	44
Figura 17 - Modelagem Revit Reservatórios Superiores.....	45
Figura 18 – Planta de Cobertura e Divisão do telhado para cálculo da área de contribuição.....	46
Figura 20 - Telhado com superfície inclinada.....	46
Figura 21 - Medidas para cálculo da AC1, AC4 e AC5	47
Figura 22 - Medidas para cálculo da AC2 e AC3	47
Figura 23 – Modelagem Revit Detalhamento Condutores.....	53
Figura 24 - Ilustração "First Flush"	54
Figura 25 - Modelagem Final Revit	60
Figura 26 - Média Volume Captado mensalmente	67
Figura 27 - Consumo mensal em função do tempo.....	70
Figura 28 - Tempo de Retorno do Investimento	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica do Brasil....	16
Tabela 2 – Dados Perfil de Consumo.....	18
Tabela 3 - Usos finais de água nas cidades de Malvern e Mansfield.....	19
Tabela 4 - Consumos específicos em residências de diferentes países.....	20
Tabela 5 – Consumos específicos em residências de diferentes países.....	20
Tabela 6 - Consumos específicos em residências de diferentes países.....	21
Tabela 7 – Usos finais em duas residências unifamiliares localizadas em Palhoça – SC.....	22
Tabela 8 - Usos finais em conjunto habitacional localizado em São Paulo.....	22
Tabela 9 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	24
Tabela 10 - Médias mensais de chuvas no período de 1991 - 2021.....	26
Tabela 11 - Coeficiente multiplicativos de vazão de projeto.....	27
Tabela 12 - Coeficientes de rugosidade.....	27
Tabela 13 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade $n=0,011$	28
Tabela 14 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular.....	31
Tabela 15 - Perdas de carga localizadas – equivalência em metros de tubulação de PVC rígido.....	38
Tabela 16 - Especificações Técnicas Grupo motobombas.....	58
Tabela 17 - Custos Materiais.....	61
Tabela 18 - Sistema Tarifário Corsan 2022.....	63
Tabela 19 - Tabela de Exponenciais.....	64
Tabela 20 - Volume Captado no Sistema.....	66
Tabela 21 - Estimativa de volume "extra" extravasado pelo Sistema.....	68
Tabela 22 - Consumos Diários com e sem economia pelo sistema de captação e aproveitamento de água das chuvas.....	69
Tabela 23 - Acúmulo Valor Economizado Anualmente.....	71

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Vazão De Projeto	23
Equação 2 – Vazão De Projeto, formula de Manning-Strickler.....	24
Equação 3 – Volume de água aproveitavel	31
Equação 4 – Diametro de Recalque, formula de Forchheimer	32
Equação 5 – Altura Manométrica	33
Equação 6 – Perda de Carga Distribuída, fórmula de HazenWilliams	33
Equação 7 – Potência do conjunto elevatório (kW).....	34
Equação 8 – Potência do conjunto elevatório (cv)	34
Equação 9 – Area de contribuição	42
Equação 10 – IDF Farroupilha RS	43
Equação 11 – Vazão de projeto, fórmula NBR 10844/1989.....	43
Equação 12 – Perímetro Molhado.....	44
Equação 13 – Área Molhada.....	44
Equação 14 – Raio Hidráulico	45
Equação 15 – Velocidade Economica em condutos forçados.....	48
Equação 16 – Valor Médio de Chuva coletada	51
Equação 17 – Volume da Caixa d'água	51
Equação 18 – Consumo Médio Diario.....	54
Equação 19 – Consumo Médio Mensal.....	54
Equação 20 – Consumo Médio Total	54
Equação 21 – Custo do volume d'água Corsan 2022	55
Equação 22 – Valor Economizado anualmente.....	56
Equação 23 – Tempo retorno de investimento simples.....	56

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	10
2.	Objetivo	12
2.1.	Objetivos Específicos	12
3.	Revisão Bibliográfica	13
3.1.	A água e a falta dela.....	13
3.1.1.	Disponibilidade Hídrica no Brasil	14
3.1.2.	Disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul.....	16
3.2.	Usos finais d'água em residências.....	18
3.2.1.	Estudos sobre usos finais de água	18
3.3.	Aproveitamento da Água da Chuva	23
3.3.1.	Qualidade da água da chuva	23
3.4.	Sistema de captação de Água da Chuva	24
3.4.1.	Fatores meteorológicos.....	25
3.4.2.	Vazão de Projeto.....	26
3.4.3.	Calhas.....	26
3.4.4.	Condutores Verticais.....	28
3.4.5.	Condutores Horizontais.....	30
3.4.6.	Filtragem	31
3.4.7.	Eliminação da primeira água da chuva	33
3.4.8.	Cisternas para armazenamento.....	34
3.4.9.	Tratamento da água coletada	36
3.5.	Sistema de Bombeamento.....	36
3.5.1.	Dimensionamento da tubulação de recalque e sucção.....	37
3.5.2.	Altura Manométrica	37
3.5.3.	Potência do Conjuntos elevatório.....	39

4.	METODOLOGIA.....	40
4.1.	Lançamento do pré-projeto no Software Revit.....	41
4.2.	Dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva	45
4.2.1.	Cálculo da área de contribuição.....	46
4.2.2.	Cálculo da intensidade pluviométrica.....	48
4.2.3.	Cálculo da vazão de projeto.....	48
4.2.4.	Dimensionamento da calha.....	49
4.2.5.	Dimensionamento dos condutores verticais.....	51
4.2.6.	Dimensionamento dos condutores Horizontais.....	52
4.3.	Sistema de bombeamento	54
4.3.1.	Dimensionamento da tubulação de recalque	54
4.3.2.	Dimensionamento da tubulação de sucção	56
4.3.3.	Altura Manométrica Total do Sistema	58
4.3.4.	Definição do grupo motobomba para o Sistema	58
4.4.	Definição do volume de armazenagem.....	58
4.4.1.	Cálculo do volume da Caixa D'água	59
4.5.	Modelagem Revit e Detalhamento Final Sistema	60
4.6.	Cálculo do custo da implementação do sistema de captação de água pluvial	61
4.7.	Cálculo do consumo para fins não potáveis.....	61
4.8.	Cálculo do custo do volume de água	63
4.8.1.	Cálculo do custo sem sistema de aproveitamento d'água	64
4.8.2.	Cálculo do custo com sistema de aproveitamento d'água	65
4.8.3.	Cálculo do valor economizado por ano	65
4.9.	Cálculo da estimativa de retorno de investimento simples.....	65
5.	Análise dos Resultados	66
5.1.	Volumes de Chuva em Farroupilha RS	66

5.2.	Consumos Diários.....	68
5.3.	Tempo de retorno simples do investimento.....	70
6.	Considerações Finais	72
7.	Bibliografia.....	74

1. Introdução

Desde os anos 90, grandes nações e organizações têm se preocupado com a preservação dos recursos naturais e as eminentes preocupações se estes recursos continuarem sendo usados sem conscientização. A ONU Água, fundada em 2003, é a interagência responsável por coordenar os esforços de todas as organizações da ONU com os desafios relacionados com a água.

Dentre os desafios com a água no mundo, a ONU Água destaca a preocupação com o aumento da escassez de água potável que tende a aumentar até 2050 devido à procura do setor industrial e doméstico das economias emergentes e devido ao aumento da população mundial.

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), a poluição hídrica, o aumento desigual demográfico em relação as reservas hídricas e o desperdício são os principais fatores causadores da falta de água potável para consumo.

Com o intuito de amenizar a falta deste recurso substancial para a vida, algumas providencias vem sendo tomadas para aumentar a disponibilidade de água potável. Dentre essas providencias pode-se citar o aproveitamento da água pluvial. Kammers e Ghisi (2006), Marinoski e Ghisi (2008) e Proença e Ghisi (2009) apontam para a viabilidade de utilização de água de chuva para fins não potáveis.

Dentre as vantagens da captação a aproveitamento da água da chuva pode-se aludir o uso considerados não-potáveis como descarga em bacias sanitárias, lavagem de calçadas e veículos, assim, incitando diminuição do uso do volume consumido de água tratada e conseqüentemente acarretando economia no sistema de tratamento e na conta de água do proprietário; a retenção de parte do volume precipitado favorece o amortecimento do escoamento superficial contribuindo para mitigar as grandes enchentes que assolam as grandes cidades do país.

Este trabalho de Conclusão de Curso tem a finalidade de apresentar os resultados de um sistema de aproveitamento da água da chuva. Há várias formas de captação e armazenagem da água pluvial, o caso estudado é a

implementação de um sistema de captação da água da chuva em uma residência unifamiliar no município de Farroupilha – RS.

Através de um projeto arquitetônico de uma casa unifamiliar, foi possível traçar e lançar o sistema de aproveitamento de água pluvial e com dados pluviométricos da região foi definido o custo-benefício da aplicação deste sistema.

2. Objetivo

O trabalho tem como objetivo dimensionar um sistema para captação da água da chuva e seu aproveitamento em uma residência unifamiliar no município de Farroupilha – RS.

2.1. Objetivos Específicos

Outros objetivos são:

- Dimensionar por completo um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva;
- Lançar o sistema em um software 3D Bim para visualização final;
- Verificar dados pluviométricos da região;
- Determinar os meses com maior captação de água da chuva;
- Calcular os consumos de água necessários para abastecer a residência mensalmente e anualmente;
- Realizar uma análise do custo-benefício da instalação deste sistema na cidade escolhida com o tempo de retorno do investimento.

3. Revisão Bibliográfica

A seguir, haverá a apresentação sobre conceitos fundamentais buscados na literatura que irão nortear o presente trabalho.

3.1. A água e a falta dela

Apesar de o Planeta Terra possuir a maior parte de sua superfície coberta por água, porém quando se fala em água disponível para o consumo humano – água potável – os dados são preocupantes. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2006), cerca de 97% da água disponível no planeta é encontrada nos oceanos, sendo assim impróprias para o consumo e atividades humanas. Desta forma a água doce no mundo compreende em 3% do total de água do planeta, porém 2,5% são de difícil acesso pois são encontradas congeladas nas geleiras. Dos 0,5% da água restante, a maior parcela fica confinada em aquíferos subterrâneos tais como o Aquífero Guarani e o Aquífero Alter do Chão, dificultando o seu acesso. Estima-se que somente 0,04% da água doce disponível na superfície do planeta estejam em rios, lagos, mangues etc.

De acordo com Tucci (2001), no Brasil os recursos hídricos superficiais representam 50% do total dos recursos da América do Sul e 11% dos recursos mundiais. Apesar da grande disponibilidade, a água no Brasil é mal distribuída.

O consumo de água potável aumenta proporcionalmente com o crescimento da população, atualmente há uma grande concentração de habitantes em grandes centros urbanos e com esse aumento também se eleva os despejos - de dejetos produzidos - nos rios que são utilizados para captação de água para posterior tratamento.

De acordo com dados levantados pelo Instituto Trata Brasil (2015), a região norte do Brasil possui 68% da reserva de água superficial e conta com somente 8% do total da população brasileira. De outro lado a região sudeste – região mais populosa do país – conta com 6% desta reserva. Dados que comprovam o preocupante cenário de desigualdade populacional em relação as reservas hídricas nacionais.

Segundo a ONU Água, a escassez deste bem universal tende a aumentar até 2050 devido à procura do setor industrial e doméstico das economias emergentes e devido ao aumento desigual população mundial. Existe, portanto,

uma necessidade crescente de equilibrar a demanda dos recursos hídricos com a necessidade das comunidades.

Entre as fontes alternativas mais estudadas atualmente estão o aproveitamento das águas servidas e a captação e aproveitamento da água da chuva, a qual se apresenta mais viável.

3.1.1. Disponibilidade Hídrica no Brasil

A situação dos recursos hídricos no Brasil é considerada de modo confortável em âmbito internacional, uma vez que o território nacional concentra em torno de 12% do volume total mundial de água doce disponível (REBOUÇAS, 2006), mas isso não significa que o país não passe ou nunca tenha passado problemas de falta de água. A principal razão é a distribuição da água no Brasil e sua utilização.

Em média, cerca de 260.000 m³/s de água escoam pelo território brasileiro. Apesar da abundância, cerca de 80% desse total encontra-se na região Amazônica, onde vive a menor parte da população e a demanda de água é menor. Uma parcela desse escoamento é destinada para os diversos usos da água, mesmo nos anos mais secos. Estima-se que a disponibilidade hídrica superficial no Brasil seja em torno de 78.600m³/s ou 30% da vazão média, sendo que 65.617m³/s correspondem à contribuição da bacia amazônica. (Conjuntura 2017 – ANA)

Segundo o relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2018 apresentado pela Agência Nacional de Águas (ANA), a demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado de água nas últimas duas décadas. Até 2030, a previsão é de que a retirada aumente em 30%.

Na Figura (1) nota-se que os principais usos consuntivos no Brasil estão divididos em irrigação, abastecimento animal, indústria, abastecimento urbano e rural, mineração e termelétricas.

Figura 1 - Demanda de água no Brasil



Fonte: Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2018

De acordo com dados levantados pelo Instituto Trata Brasil, a região Norte – contemplada com a maior floresta do mundo, a Amazônia - possui 68,5% da água superficial nacional e tem a menor concentração populacional dentre as regiões que formam o país, enquanto o Sudeste – região do Brasil com maior densidade populacional – dispõe de somente 6% desse recurso.

Segundo dados do IBGE em parceria com a Agência nacional de Águas (2010) observa-se que o Índice per capita da disponibilidade hídrica – a quantidade de recursos hídricos disponíveis em relação ao número de habitantes – é maior nos estados pertencentes à região Norte e Centro-Oeste (com exceção do Rio Grande Do Sul), pois estas áreas possuem bacias hidrográficas com maiores vazões e menores densidades populacionais. A Tabela (1) mostra a disparidade deste índice nas regiões do país.

Tabela 1 - Distribuição dos recursos hídricos e densidade demográfica do Brasil

Região	Densidade Demográfica (hab/km ²)	Concentração dos recursos hídricos do país
Norte	4,12	68,5%
Nordeste	34,15	3,3%
Centro-Oeste	8,75	15,7%
Sudeste	86,92	6,0%
Sul	48,58	6,5%

Fonte: IBGE / Agência Nacional de Águas (2010)

De acordo com os valores de referência praticados pelas Nações Unidas (1997), foi constatado que os estados brasileiros de forma geral apresentam disponibilidade hídrica nos níveis Regular, Suficiente, Rico e Muito Rico. Todos os estados da região norte são *Muito rico* e ao contrário, a maioria dos estados do nordeste situa-se na classe *Regular*. Destaca-se que em nenhum caso se atinge o nível de *estresse* (500 a 1000 m³/hab/ano) e de *escassez* (menor que 500 m³/hab/ano) para a disponibilidade hídrica.

3.1.2. Disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul

O Rio Grande do Sul é um dos três estados que formam a região Sul do Brasil, consiste na unidade federativa mais meridional do país. O estado faz fronteira ao sul com o Uruguai, a oeste com a Argentina e ao norte com o estado de Santa Catarina.

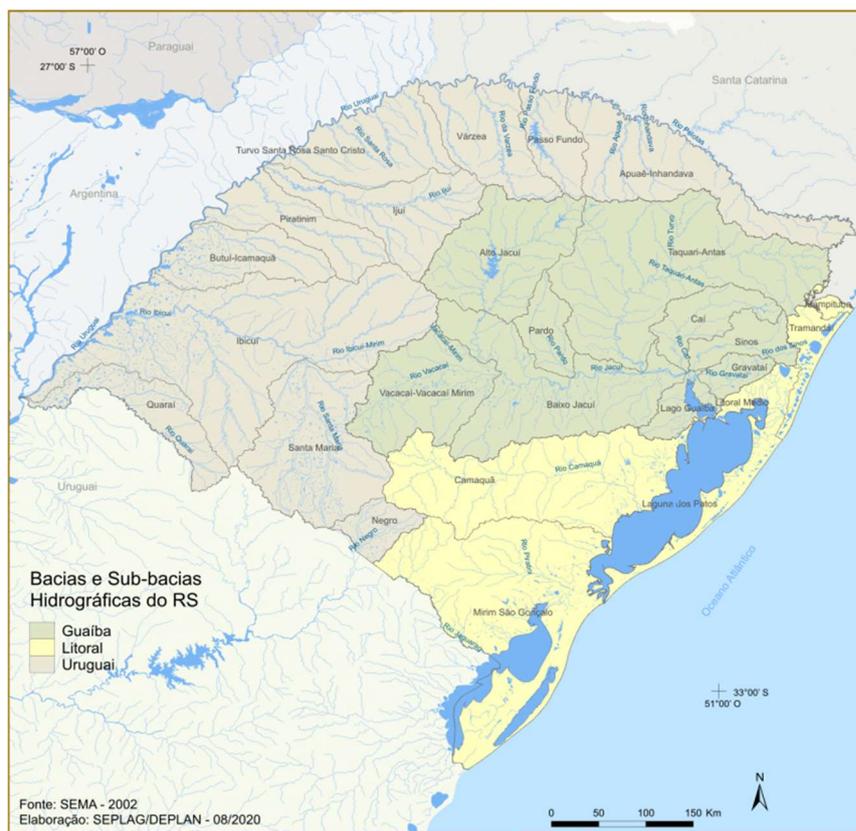
Conforme dados gerais do IBGE (2021) pertinentes ao estudo, o RS possui uma área territorial de 281.707,151 km², uma população de 11.466.630 habitantes e uma densidade demográfica de 39,79 hab/km².

O Rio Grande do Sul possui grande disponibilidade de águas superficiais. Seu território é drenado para três grandes bacias coletoras: a bacia do Uruguai, a do Guaíba e a Litorânea, com respectivamente 57%, 30% e 13% da área total do estado, como mostra a Figura (2) abaixo.

O uso do solo da bacia do Uruguai está vinculado principalmente às atividades agrícolas, pecuárias e agroindustriais. A bacia do Guaíba apresenta áreas de grande concentração industrial e urbana, sendo a mais densamente

povoada do Estado, além de sediar o maior número de atividades diversificadas, incluindo as atividades agrícolas e pecuárias e agroindustriais, industriais, comerciais e de serviços. A bacia litorânea apresenta usos do solo predominantemente vinculados às atividades agropecuárias, agroindustriais e industriais. (SEMA/Conselho de Recursos Hídricos do RS, 2022)

Figura 2 - Bacias e Sub-bacias Hidrográficas (RS)



Fonte: SEMA – 2002

O Rio Grande do Sul também sofrerá com a escassez hídrica, uma vez que três dos grandes rios do estado se encontram em condições de poluição extrema, são eles: Rio Dos Sinos, Rio Gravataí e Rio Caí. Este cenário se agrava ainda mais com a grande extração para irrigação de lavouras e a crescente má conservação dos rios, além da falta de saneamento nas cidades e indústrias ao longo do corpo hídrico. (Hendges, 2015)

3.2. Usos finais d'água em residências

A partir da década de 70 os estudos de usos finais de água ganharam maior importância no cenário global, foi quando as metodologias para realização deste tipo de estudo começaram a ser desenvolvidas e aprimoradas.

3.2.1. Estudos sobre usos finais de água

Gibson apud Rocha et al. (1998), em 1972, realizou um monitoramento do consumo através da instalação nos pontos de consumo de água, com sensores de fluxo associados a hidrômetros instrumentados. Estes aparelhos estavam conectados a um sistema que registrava o início e o fim das atividades consumidoras, bem como o volume utilizado. A obtenção de dados se dava com o auxílio de um gravador de fita magnética que enviava sinais a máquina de perfuração (Punch-paper), que armazenava os dados em papéis perfurados para posterior lançamento em um computador.

DeOreo et al. apud Rocha et al. (1998) empregaram uma técnica de monitoramento de consumo denominada “análise de traço”. Obtiveram gráficos de variação de volume com o tempo através do monitoramento da vazão, feito com um *data-logger* no hidrômetro do cavalete. Pelo conhecimento adquirido sobre os perfis de vazão de cada aparelho sanitário, puderam buscar no gráfico as vazões características de cada aparelho e, por uma média de frequência de aparecimento destes perfis de vazão, obtiveram-se o volume de água consumido. Na Tabela (2) mostra os resultados obtidos na metodologia empregada.

Tabela 2 – Dados Perfil de Consumo

Uso da Água	Perfil do Consumo	
	Uso Total	Só uso interno
Uso externo geral	78,0%	--
Piscina	3,0%	--
Banheira	0,4%	2,0%
Chuveiro	3,2%	17,0%
Bacia Sanitária	4,9%	26,0%
Lava-pratos	0,6%	3,0%
Lava-roupas	4,6%	24,0%
Torneiras em geral	3,2%	17,0%
Vazamentos	2,1%	11,0%

Fonte: Adaptado de DeOreo, Lander e Mayer (1996)

Um dos trabalhos mais detalhados sobre usos finais da água e perfis do consumo da água em residências, foi realizado nas cidades inglesas de Malvern e Mansfield no ano de 1971 (THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD, 1978). A metodologia foi embasada em anotações manuais de duas informações pertinentes:

- Leitura diária dos hidrômetros instalados junto às tubulações de abastecimento dos prédios;

- Anotações diárias feitas pelos moradores, indicando as utilizações de água feitas e o número de vezes que isso ocorria.

A partir destes dados, através de análise de regressão, estimaram-se os consumos específicos de água potável, apresentados na Tabela (3).

Tabela 3 - Usos finais de água nas cidades de Malvern e Mansfield

Tipo de Uso	Malvern		Mansfield	
	Consumo			
	(Litro/pessoa por dia)	(%)	(Litro/pessoa por dia)	(%)
Lavagem de carro	0,40	0,40	0,50	0,50
Rega Jardim	3,80	3,90	2,10	2,10
Irrigação Gramado	0,30	0,30	0,10	0,10
Banho de banheira	14,70	15,00	14,80	15,10
Banho de chuveiro	1,60	1,60	1,10	1,10
Descarga Bacia sanitária	30,00	30,70	33,00	33,60
Triturados de lixo	0,30	0,30	--	--
Lavadora de roupa	7,50	7,70	9,70	9,90
Lavagem de roupa	2,70	2,70	4,00	4,10
Lavadora de louça	0,30	0,30	0,30	0,30
Uso básico	36,30	37,10	32,60	33,20
TOTAL	97,90	100,00	98,20	100,00

Fonte: Adaptado de Thrackray et al. Apud Rocha et.al (1998)

Tomaz (2000) e Sabesp (2006) apresentaram os resultados de estudos de usos finais de água potável de outros autores em diferentes países. Os percentuais destas pesquisas estão apresentados nas Tabelas (4) (5) (6).

Percebe-se que em todos os países que estão no levantamento, os percentuais de gastos de água em atividades que não necessariamente precisam de água potável (como bacia sanitária) correspondem por no mínimo 25% do gasto total de uma residência.

Tabela 4 - Consumos específicos em residências de diferentes países

Tipo de Uso	Distribuição de Consumo			
	Dinamarca		EUA (1)	EUA (2)
	(Litro/pessoa por dia)	(%)	(%)	(%)
Alimentação	10	5	--	--
Chuveiros e banhos	40	20	28	17
Torneiras	--	--	13	16
Higiene Pessoal	20	10	--	--
Descarga Bacia sanitária	40	20	35	27
Lavagem de roupas	30	15	22	22
Lavagem de pratos	40	20	2	2
Lavagem de carros	20	10	--	--
Outros	--	--	--	16
TOTAL	200,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Adaptado respectivamente Jensen apud Tomaz (2000), Brown; Caldwell apud Tomaz (2000), Amy Vickers apud Tomaz (2003)

Tabela 5 – Consumos específicos em residências de diferentes países

Tipo de Uso	Distribuição de Consumo (%)		
	Suíça	Reino Unido	Colombia
Alimentação	11	4	5
Chuveiros e banhos	37	37	30
Torneiras	--	--	--
Higiene Pessoal	--	--	--
Descarga Bacia sanitária	40	37	40
Lavagem de roupas	4	11	--
Lavagem de pratos	--	11	10
Lavagem de carros	1	--	--
Outros	7	--	15
TOTAL	100,00	100,00	100,00

Fonte: Adaptado Oreo e Mayer apud Sabesp (2006)

Tabela 6 - Consumos específicos em residências de diferentes países

Tipo de Uso	Distribuição de Consumo			
	Dinamarca		Holanda	
	(Litro/pessoa por dia)	(%)	(Litro/pessoa por dia)	(%)
Alimentação	5	3,9	2,6	1,9
Chuveiros e banhos	46	36,2	47,5	35,2
Torneiras	--	--	3,7	2,7
Higiene Pessoal	--	--	--	--
Descarga Bacia sanitária	34	26,8	42,7	31,7
Lavagem de roupas	15	11,8	25,6	19,0
Lavagem de pratos	8	6,3	9,5	7,0
Lavagem de carros	--	--	--	--
Outros	19	15,0	3,3	2,4
TOTAL	127	100	134,9	100

Fonte: Adaptado The Rainwater Technology Handbook apud Tomaz (2003), Achttienribbe apud Tomaz (2000)

No Brasi ainda são poucos estudos de usos finais de água, sendo que estes são mais direcionados a edifícios residenciais. De acordo com Oliveira (2005) foram estimados os consumos e os usos finais de água para duas residências unifamiliares localizadas em Palhoça - SC. O consumo foi determinado através da leitura de hidrômetros e comparação com o histórico de consumo fornecido pela companhia de abastecimento de água. O morador registrava em uma planilha a frequência e a duração do uso de cada aparelho sanitário, por um período de 28 dias, e assim foi estimado os usos finais de cada morador. Mediu-se também a vazão de cada aparelho sanitário. Por meio destes dados estimou-se o consumo final das residências.

Este estudo obteve como média do consumo de água 202,2 litros/pessoa por dia para uma das residências e 147,9 litros/pessoa por dia para a outra residência. Os usos finais estão descritos na Tabela (7), onde se observa que as descargas de bacias sanitárias e lavagem de roupas (usos não potáveis) chegam a aproximadamente 35% do consumo total.

Tabela 7 – Usos finais em duas residências unifamiliares localizadas em Palhoça – SC

Tipo de Uso	Residência 1		Residência 2	
	(Litro/pessoa por dia)	(%)	(Litro/pessoa por dia)	(%)
Chuveiros e banhos	62,9	32,7	64,9	46,3
Torneiras	3,6	1,9	3,7	2,6
Descarga Bacia sanitária	58,3	30,3	36,3	25,9
Lavagem de roupas	11,9	6,2	11,7	8,3
Lavagem de pratos	53,8	28,0	19,2	13,7
Outros	1,6	0,8	4,4	3,1
TOTAL	192,1	100	140,2	100

Fonte: Adaptação Oliveira (2005)

Rocha et al. (1998) publicaram o estudo que mostra os consumos específicos de água de cada equipamento em seis prédios de um conjunto habitacional localizado em São Paulo – SP. Para se chegar nos resultados foram feitas medidas gerais através de leitura de hidrômetros e medidas específicas em um apartamento pela utilização de um data-logger para armazenagem dos dados. O data-logger recebia pulsos gerados pelos hidrômetros (do tipo uni-jato) instalados nos pontos de consumo, que indicavam a vazão. O resultado completo dos usos finais está representado na Tabela (8).

Tabela 8 - Usos finais em conjunto habitacional localizado em São Paulo

Tipo de Uso	Consumo (Litro/pessoa por dia)	(%)
Bacia Sanitária	24,0	5,0
Chuveiro	238,0	55,0
Lavadora de roupas	48,0	11,0
Lavatório	36,0	8,0
Pia	80,0	18,0
Tanque	11,0	3,0
TOTAL	437,0	100,0

Fonte: Adaptado Rocha et al. (1998)

Neste estudo, o consumo de água de bacias sanitárias representou 5% do consumo total. O maior consumo medido foi o de chuveiros (55%), pias (18%) e lavadoras de roupas (11%). As medidas foram feitas em um apartamento com uma bacia sanitária com caixa acoplada de descarga de mais de 8 litros. Apesar

disso, encontrou-se um gasto médio de água com bacias sanitárias de apenas 24 litros/dia, muito abaixo do gasto indicado por outros autores.

3.3. Aproveitamento da Água da Chuva

A factibilidade de estudar essa técnica se caracteriza pela diminuição da demanda de água potável fornecida pelas companhias de abastecimento, reduzindo nos custos e diminuindo os riscos de enchentes (MAY, 2004).

Segundo Kammers e Ghisi (2006), Marinoski e Ghisi (2008) e Proença e Ghisi (2009) apontam para a viabilidade de utilização de água de chuva em bacias sanitárias e mictórios diante do elevado consumo nesses pontos.

Com relação à qualidade de água pluvial, existe a exigência prévia de caracterização tanto para uso potável quanto não potável, a fim de verificar a conformidade com limites definidos em normas. (SANTOS, 2002; SILVA; TAMAKI; GONÇALVES, 2006; REBELLO, 2004; MAY, 2004).

No Brasil, os sistemas de aproveitamento de águas da chuva, as diretrizes de projeto e dimensionamento estão prescritas na Norma Brasileira, NBR 15527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos, publicada em 24/10/2007 pela ABNT (2007).

3.3.1. Qualidade da água da chuva

Segundo a ABNT 15527/2015, os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para usos mais comuns, deve ser utilizado a Tabela (9).

Tabela 9 - 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 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

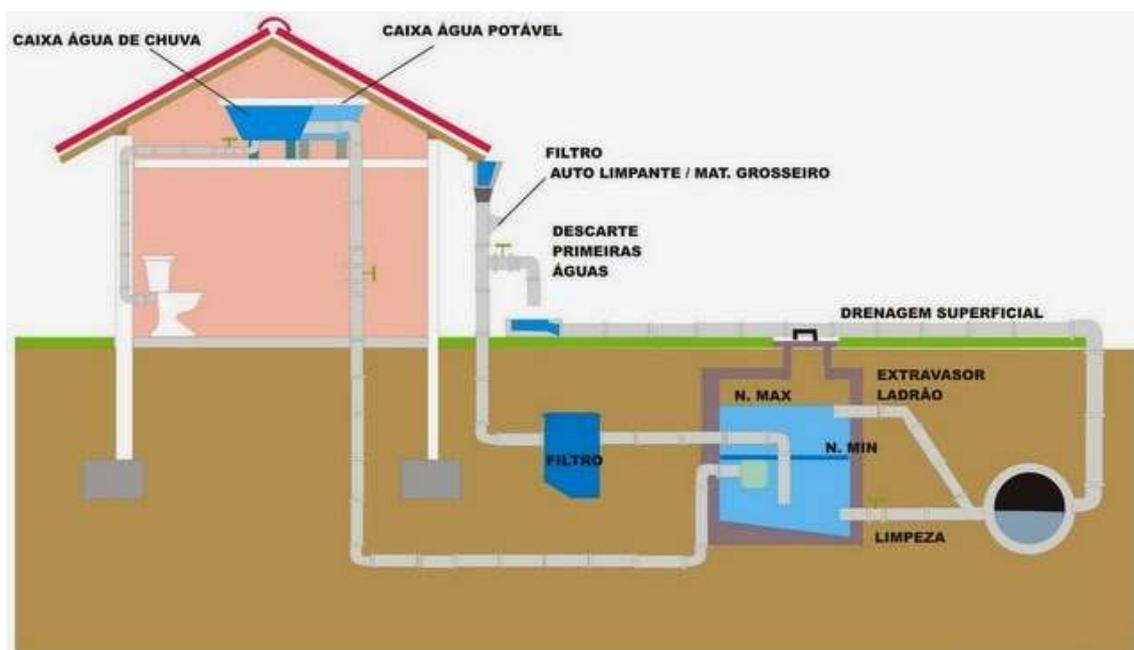
Fonte: ABNT NBR 15527/2019

A desinfecção é realizada de acordo com os critérios do projetista, e pode-se utilizar derivados do cloro, raios ultravioletas, ozônio e outros. A norma fixa limites de concentração quando utilizado cloro residual livre, esta faixa deve estar entre 0,5mg/L e 3,0mg/L.

3.4. Sistema de captação de Água da Chuva

De acordo com (MAY, 2004), o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva em edificações – e pode ser aplicada em residências – são formados por quatro componentes básicos: área de coleta ou área de contribuição, condutores verticais e horizontais, armazenamento e tratamento. Na Figura 3, tem-se um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis numa residência em Porto Alegre – RS.

Figura 3 – Exemplo de Sistema de captação e aproveitamento de água da chuva



Fonte: Garcia Barreto Consultoria – 2019

De acordo com a NBR 15527/2019, para projetos de Sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva, é indispensável o uso das seguintes normas com os respectivos componentes do sistema:

- ABNT NBR 10844/1989 para determinação da superfície de captação, dimensionamento de calhas, condutos verticais e horizontais;
- ABNT NBR 15527/2019 para sistemas de descarte, filtro e reservatórios/cisterna;
- Tratamento simplificado da água com cloração;
- ABNT NBR 5626/1998 para bombeamento;

Além desses itens, a norma aconselha o estudo de series históricas de precipitações na região onde será feito o projeto de aproveitamento da água da chuva.

3.4.1. Fatores meteorológicos

Segundo a NBR 10844/1989, para se calcular a intensidade pluviométrica “I” tem-se que tomar como base dados pluviométricos locais. O município de Farroupilha conta com uma estação pluviométrica da Agência Nacional de

Águas, denominado *FARROUPILHA – PAGRO* conta com mais de 30 anos de dados.

Segundo dados do HIDROWEB é possível ter conhecimento das precipitações médias mensais do município onde será executado o projeto. Os dados coletados foram dos últimos 30 anos, compreendendo o período de 1991 até 2021, as médias mensais desse período para o município de Farroupilha estão descritos na Tabela (10).

Tabela 10 - Médias mensais de chuvas no período de 1991 – 2021

Chuvas (mm)	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	214,0	193,0	164,0	150,0	146,0	143,0	170,0	141,0	178,0	226,0	173,0	192,0

Fonte: HIDROWEB – ANA 2023

3.4.2. Vazão de Projeto

De acordo com a NBR 10844/1889, a vazão de projeto deve ser calculada pela Equação (1):

$$Q = \frac{I * A}{60} \quad (1)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

I = Intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = Área de contribuição, em m².

3.4.3. Calhas

Seguindo as especificações da NBR 10844/1889, a inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme e com valor mínimo de 0,5%. Em calhas de beiral quando a saída estiver a menos de 4m de uma mudança de direção, a Vazão de projeto deve ser corrigida por coeficientes que constam na Tabela (11) para compensar o aumento da perda de carga. (CARVALHO JUNIOR 2017)

Tabela 11 - Coeficiente multiplicativos de vazão de projeto

Tipo de Curva	Curvas a menos de 2 m da saída da calha	Curva entre 2 e 4 m da saída da calha
Canto Reto	1,2	1,1
Canto Arredondado	1,1	1,05

Fonte: Adaptada NBR 10844/1889

O dimensionamento da calha, seguindo a NBR 10844/1989, deve ser realizado através da Equação (2) de Manning-Strickler, ou de qualquer outra fórmula equivalente:

$$Q = K * \frac{S}{n} * (Rh)^{\frac{2}{3}} * (i)^{0,5} \quad (2)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

S = área da seção molhada, em m²;

n = coeficiente de rugosidade, ver Tabela (12);

R = raio hidráulico, em m;

P = perímetro molhado, em m;

i = declividade da calha, em m/m;

K = 60.000

Tabela 12 - 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: NBR 10844/1989

Em casos de calhas semicirculares, usando coeficiente de tubos de PVC e para alguns valores de declividade. A NBR 10844/1989 calculou alguns valores usando a Equação (2) de Manning-Strickler com lâmina de água igual a metade

do diâmetro. Esses valores de vazão (L/min) constam na Tabela (13) para $n=0,011$ (PVC).

Tabela 13 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficiente de rugosidade

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

Fonte: NBR 10844/1989

3.4.4. Condutores Verticais

Segundo a NBR 10844/1989, condutos verticais são tubulações verticais destinada a recolher águas de calhas, coberturas, terraços e similares e conduzi-las até a parte inferior do edifício. Os materiais mais comuns são PVC, fibra de vidro, alumínio ou aço inoxidável. A Figura (4) mostra um exemplo de condutores verticais, horizontais instalados em uma residência na cidade de São Paulo para captação da água da chuva.

Figura 4 - Exemplo de Condutores instalados juntamente com o Sistema de Captação da água da chuva



Fonte: Gazeta Do Povo (2015)

A norma aconselha que preferencialmente as descidas devem estar livres de mudanças de direção, se houver necessidade de desvio, deve ser usadas *curvas de 90° de raio longo* ou *curvas de 45°* e devem ser previstas peças de inspeção. Seu diâmetro mínimo é fixado em 70mm.

Para o dimensionamento dos condutos verticais a norma estabelece que deve ser feito a partir dos dados a seguir:

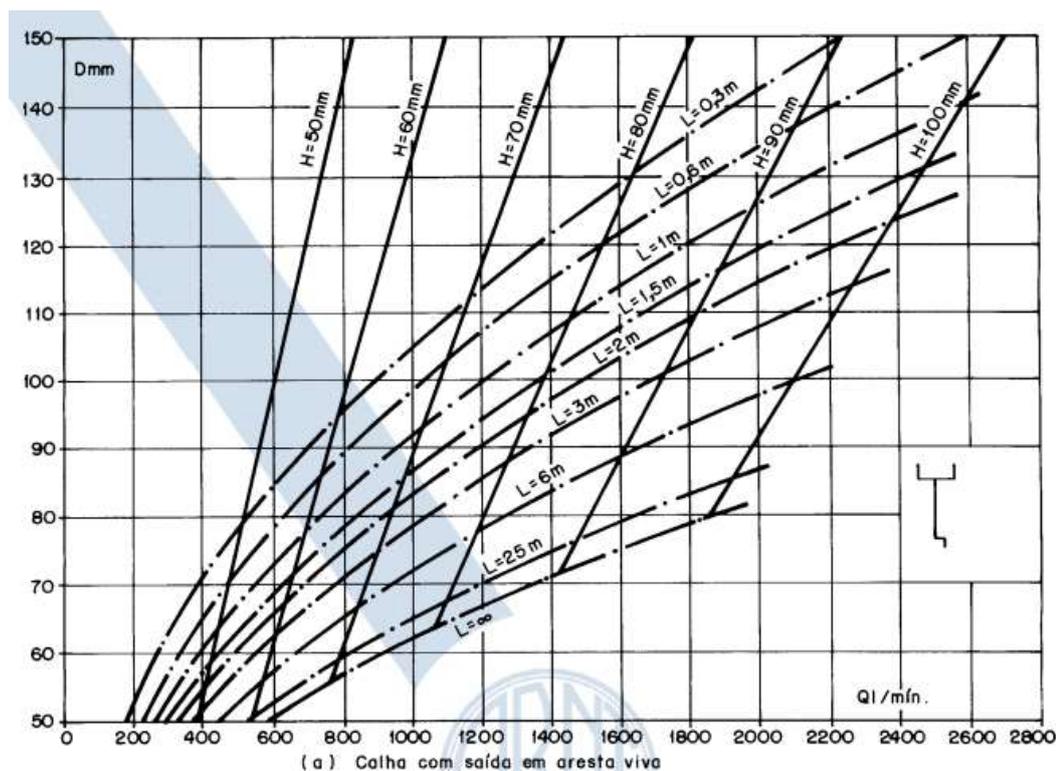
Q = Vazão de projeto, em L/min;

H = Altura da lâmina d'água, em mm;

L = Comprimento do condutor vertical em m.

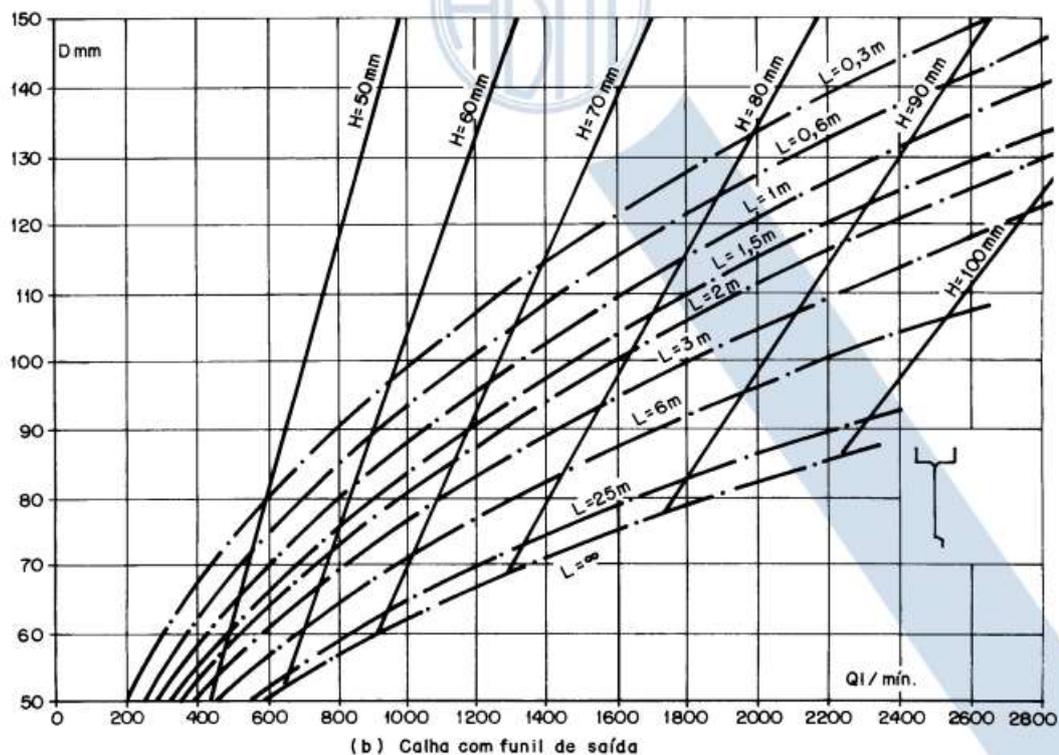
Contendo esses dados, obtêm-se o diâmetro interno (D) do condutor através dos ábacos da Figura (5) e (6). Para (a) calhas com saída em aresta viva ou (b) com funil de saída, utilizar os ábacos respectivos para cada caso.

Figura 5 – Ábaco (a) para dimensionamento de condutores verticais



Fonte: NBR 10844/1989

Figura 6 - Ábaco (a) para dimensionamento de condutores verticais



Fonte: NBR 10844/1989

3.4.5. Condutores Horizontais

Segundo a NBR 10844/1989, condutos horizontais são canais ou tubulações horizontais destinada a recolher e conduzir águas pluviais até locais permitidos pelos dispositivos legais. A sua declividade deve ser projetada com declividade uniforme e com valor mínimo de 0,5%, para calcular seu dimensionamento considera-se como lâmina d'água a altura de 2/3 do diâmetro interno do tubo. Utilizando a fórmula de Manning-Strickler e fixando a altura da lâmina d'água em 2/3 do diâmetro, foi calculado as vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais, estes valores de vazão (L/min) estão indicados na Tabela (14).

Tabela 14 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular

	Diâmetro interno (D) (mm)	$\bar{n} = 0,011$				$\bar{n} = 0,012$				$\bar{n} = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: NBR 10844/1989

3.4.6. Filtragem

Ao captar a água da chuva pelo telhado, se faz necessário a utilização de um filtro de descida, este tem a finalidade reter os materiais grosseiros (como galhos e folhas) presentes no telhado e na calha, evitando que sejam transportados para dentro do sistema de captação e conseqüentemente para o armazenamento.

Existem no mercado vários modelos destes filtros, no caso estudado foi focado nos filtros autolimpantes, que são simples e de fácil aquisição ou produção. Tem-se a presença de uma grade em forma de rampa que fará com que esses materiais sejam extraídos com maior facilidade, sem a necessidade de frequentes limpezas no sistema. O seu funcionamento completo é descrito na Figura (7).

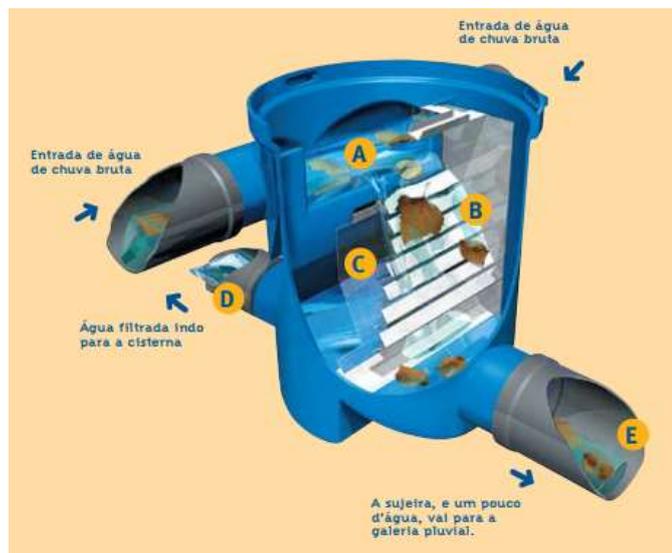
Figura 7 - Filtro Autolimpante para água de chuva



Fonte: Sempre Sustentável (2015)

No mercado nacional existem diversos filtros volumétricos para águas pluviais, o VF1 é o filtro mais vendido no Brasil devido a sua grande eficiência e fácil instalação, possui duas entradas de águas bruta nas laterais superiores, uma saída de rejeitos na parte inferior traseira e uma saída para água filtrada na parte frontal inferior. Segundo Eco Sustentável (2015), a água bruta é freada na bacia de retenção superior e direcionada a descer nas cascatas do miolo filtrante, que funciona em dois estágios, primeiro por cascatas que elimina os sólidos maiores, em seguida por uma malha em aço inox e por gravidade cai no fundo do Filtro VF1 sendo por fim direcionada para a saída que leva ao reservatório. Por ser autolimpante os sólidos retidos pelo miolo são descartados juntamente com um pouco de água. A Figura (8) ilustra o funcionamento completo do filtro.

Figura 8 - Funcionamento completo de um Filtro Volumétrico



Fonte: 3P Technik (2012)

3.4.7. Eliminação da primeira água da chuva

Segundo Doyle (2008), o *first flush* refere-se à água mais suja que escoar pelo telhado no início de uma precipitação. Durante os dias que não chove, partículas se acumulam no telhado – geralmente oriundas do acúmulo de poeira – quando começa a chover, estas partículas são lavadas. O conceito principal por trás do descarte do escoamento inicial é que o grosso da sujeira pode ser impedido de entrar no reservatório de armazenamento e apenas a água mais limpa vai enchê-lo.

A Figura (9) ilustra o potencial de remoção, sendo que cada garrafa representa um instante da precipitação recolhida após o escoamento no chão e pode-se observar a tendência de “escurecimento” nos primeiros instantes e depois de “clareamento” até ficar translúcida no instante final.

Figura 9 - Amostrador First Flush



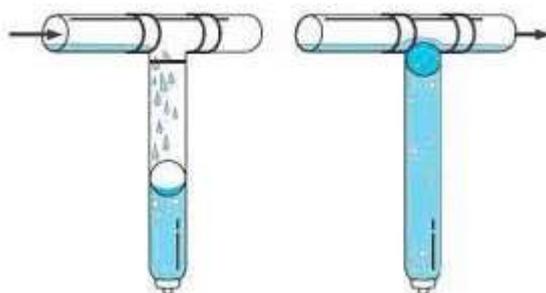
Fonte: Tomaz (2009)

Quanto ao volume a ser descartado, Doyle (2008) apresenta que o volume a ser descartado pode variar de 0,6 a 2 mm. Já Pacey e Cullis (1996) utilizam os primeiros 15 a 20 min de precipitação. Thomas e Martinson (2007) definem o volume de descarte baseado na turbidez inicial da água e a turbidez desejada para armazenamento. A ABNT NBR 15527/2019 recomenda descartar 2 mm da precipitação inicial (ABNT, 2007).

No mercado há dispositivos automáticos para descartar esse primeiro escoamento, que funcionam com um sistema de esfera e assento – um sistema automático simples que não depende de peças mecânicas ou intervenção manual.

Este dispositivo conta com uma esfera flutuante em seu interior, que a medida que o nível de água na câmara do desviador sobe, a esfera flutua e, uma vez que a câmara está cheia, a esfera repousa sobre um assento dentro da câmara do desviador, impedindo que mais água entre no desviador. O fluxo subsequente de água é automaticamente direcionado ao longo do sistema de tubulação para o tanque. O esquema de funcionamento é mostrado na Figura (10).

Figura 10 - Dispositivo First Flush com sistema de esfera

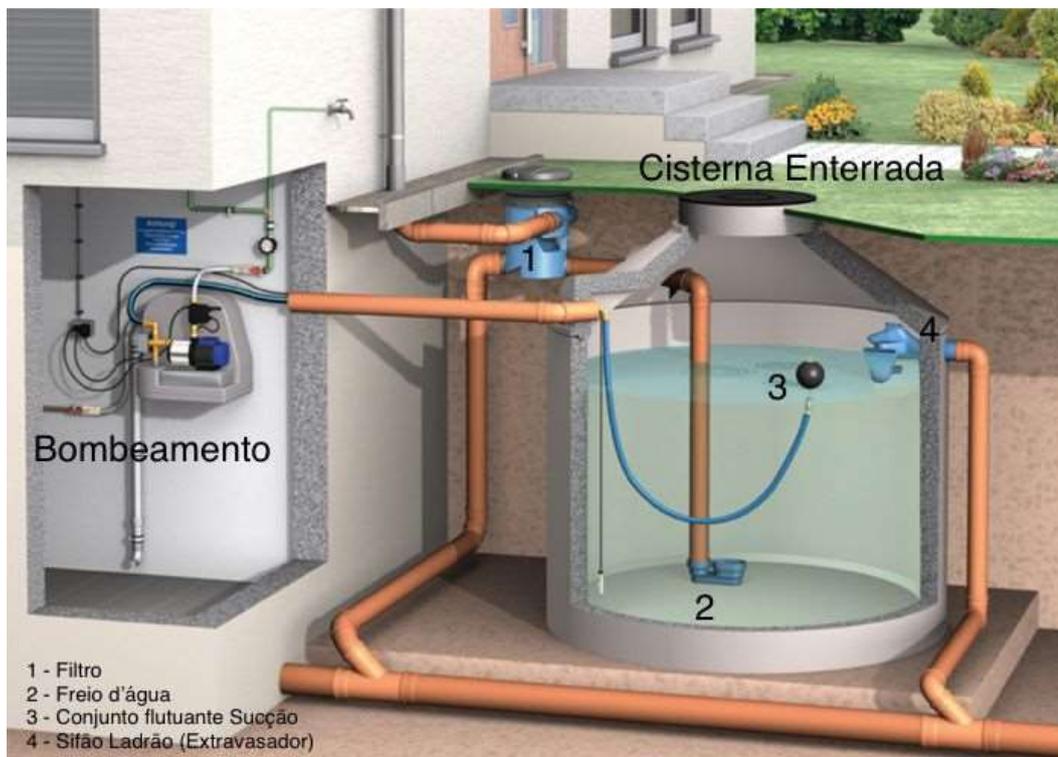


Fonte: Tomaz (2003)

3.4.8. Cisternas para armazenamento

Uma cisterna é um depósito ou reservatório que serve para captar, armazenar e conservar a água, semelhante a uma caixa d'água, podendo ser água potável, água da chuva ou água de reuso. Os materiais que compõe podem ser fibra de vidro, alvenaria, concreto ou polietileno. A Figura (11) mostra o esquema de operação de uma cisterna pré-moldada da marca da Fortlev.

Figura 11 - Esquema Cisterna Enterrada



Fonte: Adaptado de 3P Technik (2012)

De acordo com a NBR 15527/2019 os projetos dos reservatórios devem ser considerados extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Deve ser minimizado o turbilhonamento, e para isso é necessário o uso de um freio d'água que tira a pressão da água assim evitando remexer a sedimentação no fundo da cisterna.

Para o cálculo do volume de água da chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como a eficiência do sistema de descarte do escoamento superficial e filtros, e é calculada pela Equação (3).

$$V = P * A * C * \eta \quad (3)$$

Onde:

V = volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P = precipitação média anual, mensal ou diária;

A = área de coleta;

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

η = eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio do escoamento superficial.

A norma aconselha que a água reservada deve ser protegida contra incidência direta da luz solar e do calor para evitar proliferação de algas, bem como de animais que possam adentrar o reservatório.

3.4.9. Tratamento da água coletada

Anteriormente ao bombeamento da água da chuva armazenada na cisterna para o reservatório superior da água não potável, há necessidade que se faça um tratamento dessa água, o tratamento mais econômico e mais prático é a cloração.

Segundo Tomaz (2003) as águas utilizadas em bacias sanitárias devem ser cloradas em uma proporção de 0,5 a 3mg/L devido aos respingos que possam entrar em contato com as pessoas ao acionar a descarga.

De acordo com Vieira e Mendonça (2011) pode-se utilizar um sistema simples de cloração, através de um clorador flutuante, onde dentro deste é colocada as pastilhas de cloro. Este clorador é colocado dentro da cisterna e a cloração se dá a dissolução da pastilha de cloro em contato com a água.

3.5. Sistema de Bombeamento

Após o tratamento adequado na água reservada na cisterna, é necessário a instalação de um sistema de bombeamento para levar esta água até um reservatório superior.

Segundo Porto (2006), um sistema de recalque é um conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores necessário para transportar uma certa vazão de água ou qualquer outro líquido de um reservatório inferior, para outro reservatório superior.

Um sistema de recalque, de acordo com Porto (2006), é composto por três partes:

- *Tubulação de Sucção*, que é constituída pela canalização que liga o reservatório inferior à bomba, incluindo os acessórios necessários, como válvula de pé de crivo, registros, curvas etc.

- *Conjunto elevatório*, que é constituído por uma ou mais bombas e respectivos motores elétricos.

- *Tubulação de Recalque*, que é constituída pela canalização que liga a bomba ao reservatório superior, incluindo registros, válvulas de retenção, curvas, e eventualmente, equipamentos para controle do golpe de aríete.

O sistema de bombeamento deve seguir as normativas estabelecidas na ABNT NBR 5626/1998, o procedimento de cálculo é o seguinte:

3.5.1. Dimensionamento da tubulação de recalque e sucção

Para o dimensionamento da tubulação de recalque será utilizada a Equação (4) de Forchheimer:

$$Dr = 1,3 * \sqrt{Q} * \sqrt[4]{h/24} \quad (4)$$

Onde:

Dr = diâmetro da tubulação de recalque (m);

Q = vazão de recalque (m³/s);

h = número de horas de funcionamento da motobomba (horas/dia);

Já para o dimensionamento da tubulação de sucção não é necessário fazer uso de nenhum cálculo, pois é usualmente usado um diâmetro comercial acima do de recalque.

Em qualquer caso, o diâmetro encontrado deve ser aproximado para o diâmetro comercial mais conveniente.

3.5.2. Altura Manométrica

Segundo Porto (2006), a altura manométrica total é a energia total cedida ao escoamento e é calculada pela Equação (5):

$$H = Hg + \Delta Hs + \Delta Hr \quad (5)$$

Onde:

H = altura manométrica total, em m;

Hg = desnível topográfico entre reservatórios, em m;

ΔH_s = somatório de todas as perdas de carga – distribuídas e localizadas – na canalização de sucção, em m;

ΔH_r = somatório de todas as perdas de carga – distribuídas e localizadas – na canalização de recalque, em m.

3.5.2.1. Perda de carga distribuída e localizadas

Para o presente trabalho serão utilizados tubos comerciais de PVC, esta forma, usando a Equação (6) de perda de carga distribuída de HazenWilliams:

$$J = 10,65 * \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}} \quad (6)$$

Onde:

J = perda de carga unitária, em m/m;

Q = vazão unitária, em L/s;

C = coeficiente de perda de carga, C=140, para tubos de PVC;

D = diâmetro da tubulação, em m.

Para determinar as perdas de carga nas conexões e acessórios especiais, utiliza-se a Tabela (15), que apresente a conversão das conexões para metro de tubulação equivalente.

Tabela 15 - Perdas de carga localizadas – equivalência em metros de tubulação de PVC rígido

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem direta	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída bilateral	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canaliz.	Válvula de pé e crivo	Válvula retenção		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
DN (mm)	Ref. (pol.)												Tipo leve	Tipo pesado			
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,5	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fonte: Macintyre (2017)

3.5.3. Potência do Conjuntos elevatório

Segundo Porto (2006), a potência recebida pela bomba, potência esta fornecida pelo motor que aciona a bomba é dada pelas Equações (7) e (8).

$$Pot = \frac{9,8 * Q * H}{\eta} \text{ (kW)} \quad (7)$$

$$Pot = \frac{10^3 * Q * H}{75\eta} \text{ (cv)} \quad (8)$$

Onde:

Pot = potência do conjunto elevatório;

Q = vazão a ser bombeada;

H = altura manométrica total;

η = coeficiente de rendimento global da bomba, que depende do fabricante.

4. METODOLOGIA

Como este trabalho tem por objetivo o dimensionamento e a avaliação de um sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis, foi escolhido um projeto em BIM de uma residência unifamiliar padrão médio como mostra a Figura (12).

A cidade de Farroupilha – RS foi escolhida por possuir uma estação pluviométrica própria da ANA e está possuir uma série histórica com 30 anos consecutivos de coleta de dados, o que dá mais embasamento para os cálculos que serão tomados. Além da cidade estar em crescente expansão com vários loteamentos novos em fase de construção.

Figura 12 – Projeto de Implementação residência unifamiliar

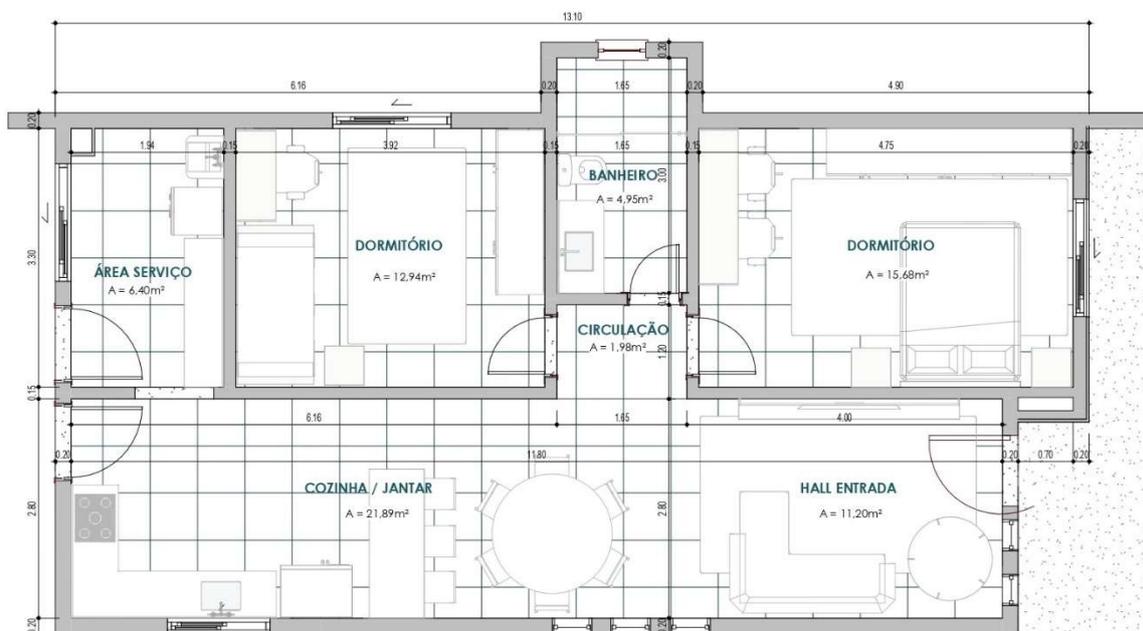


Fonte: Autor

A residência a ser construída no município de Farroupilha – RS conta com aproximadamente 75,00 m² sendo distribuído em dois dormitórios, um banheiro,

área de serviço e sala de jantar / cozinha integrados. A Figura (13) ilustra a planta baixa do térreo.

Figura 13 - Planta Baixa Térreo



Fonte: Autor

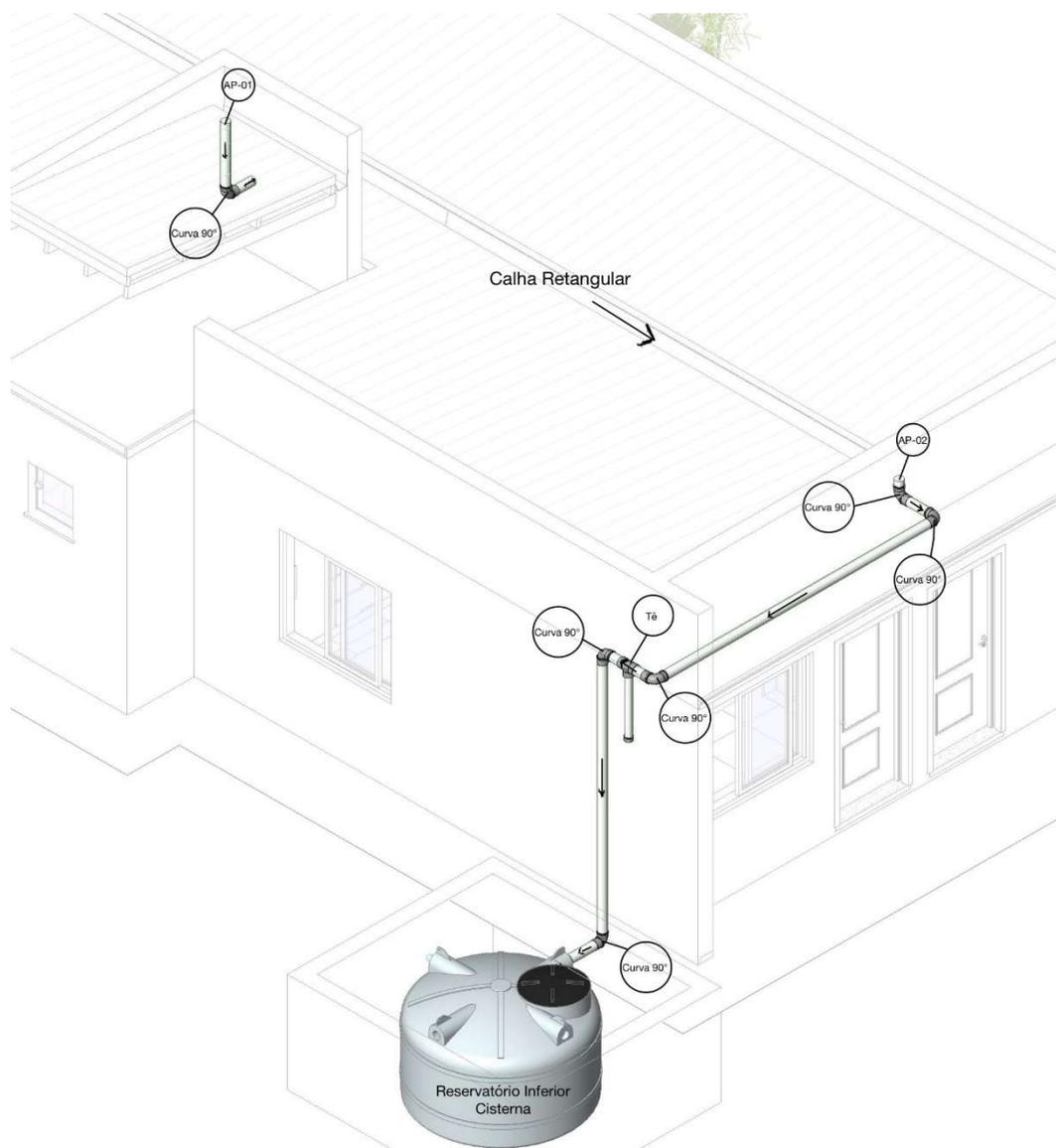
Inicialmente serão dimensionados todos os componentes do sistema de captação e aproveitamento da água da chuva seguindo as normativas vigentes, tais como área de contribuição do telhado, calha, condutos verticais e horizontais, definição de volumes de armazenagem, bombeamento etc. Em seguida, o lançamento do sistema será elaborado através do software Revit visando compatibilidades dos projetos arquitetônico e pluvial.

4.1. Lançamento do pré-projeto no Software Revit

Para melhor visualização do caso estudado, todo o lançamento do projeto de captação e aproveitamento de água da chuva foi feito em um software BIM, o Revit.

Definiu-se um traçado inicial, e a partir dele foi calculado o dimensionamento das partes que compõe o sistema. Na Figura (14) temos o lançamento da calha e dos condutores horizontais e verticais até o reservatório inferior – cisterna. Como o software é automatizado, quando havia mudança de direção automaticamente ele entedia que ali seria necessária uma curva de 90°.

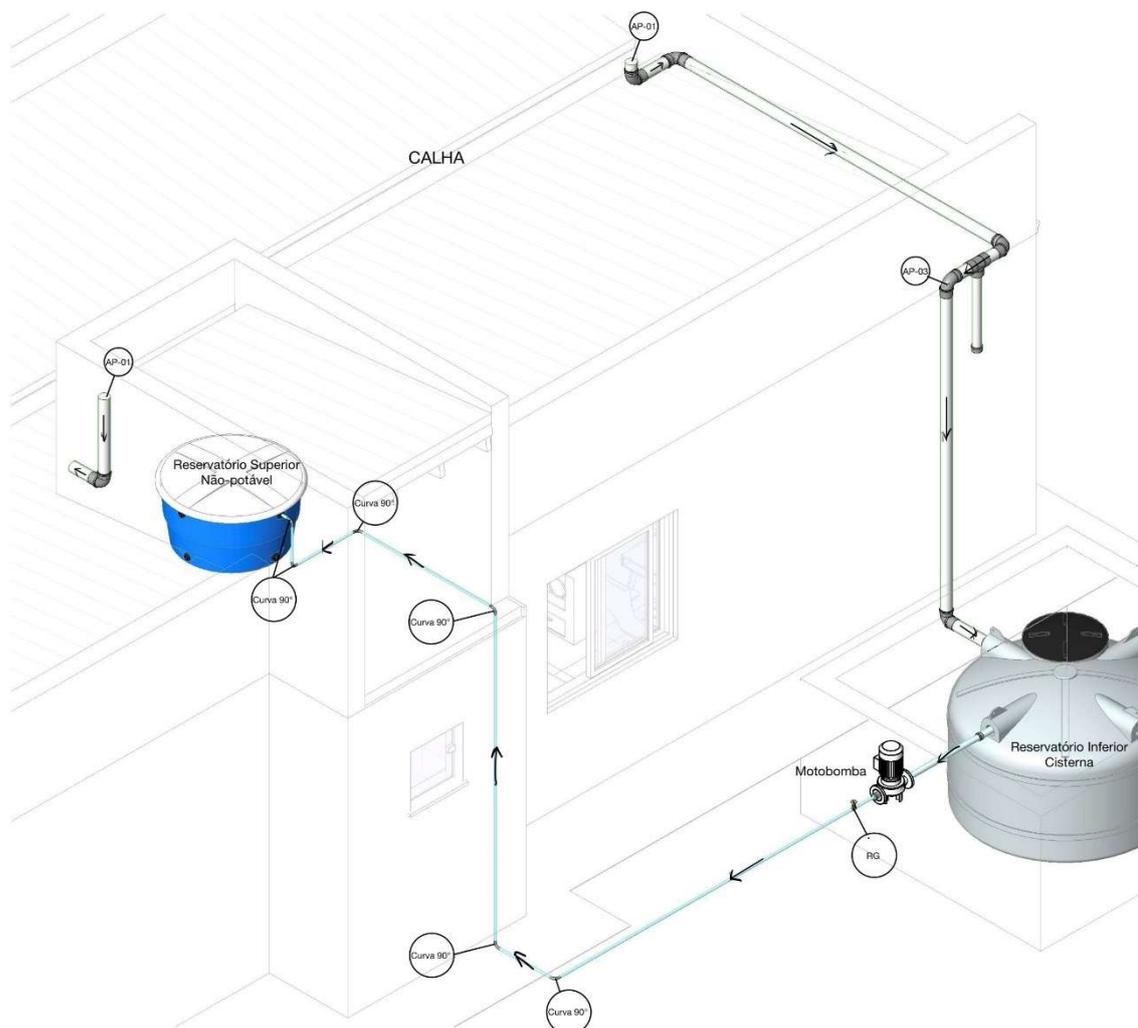
Figura 14 - Modelagem Revit Telhados até Reservatório Inferior



Fonte: Autor

Na imagem (15) mostra o traçado do reservatório inferior até o reservatório superior – água não potável – com todas as peças pertinentes, o bombeamento, acessórios especiais necessários, curvas 90° etc.

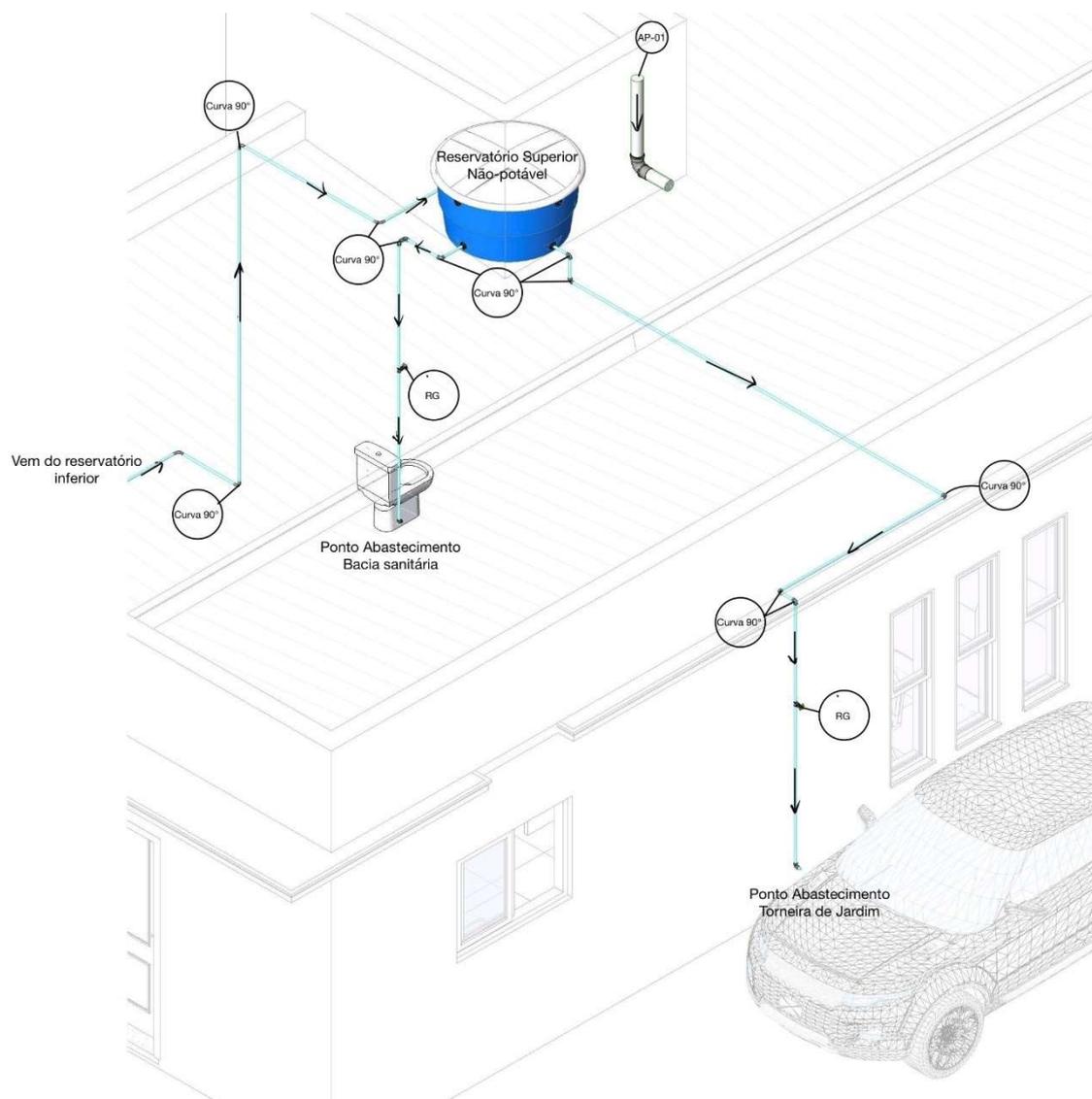
Figura 15 - Modelagem Revit Reservatório inferior até Reservatório superior



Fonte: Autor

A imagem (16) demonstra o traçado da tubulação que irá sair do reservatório superior até o ponto de abastecimento da bacia sanitária e até a torneira de jardim.

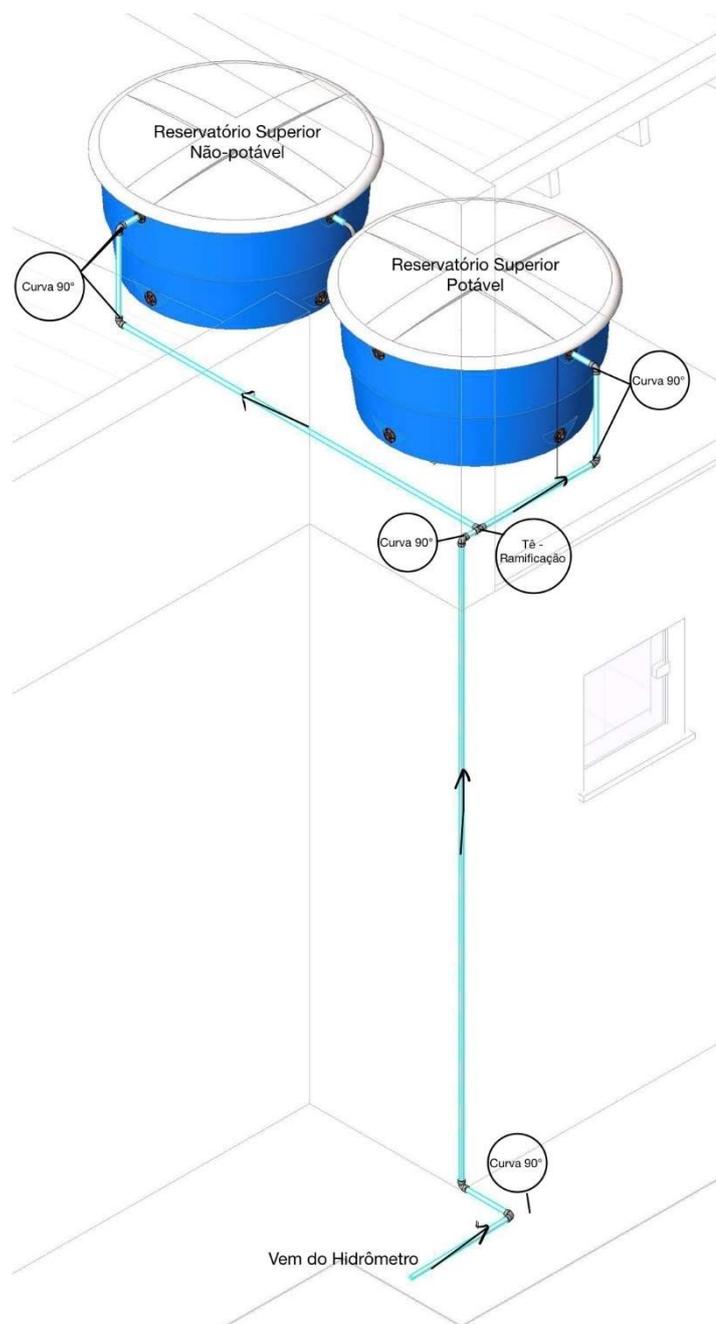
Figura 16 – Modelagem Revit Reservatório Superior até pontos de abastecimentos não-potáveis



Fonte: Autor

Para manter o abastecimento dos pontos da bacia sanitária e da torneira de jardim, foi conectado o reservatório superior – água não potável – na rede de água que vem da companhia de abastecimento. A boia da caixa d'água vai começar a usar a água potável da rua quando o reservatório chegar a uma cota inferior a 30% do seu volume. A Figura (17) demonstra todo o traçado realizado do software para esta tubulação.

Figura 17 - Modelagem Revit Reservatórios Superiores



Fonte: Autor

4.2. Dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva

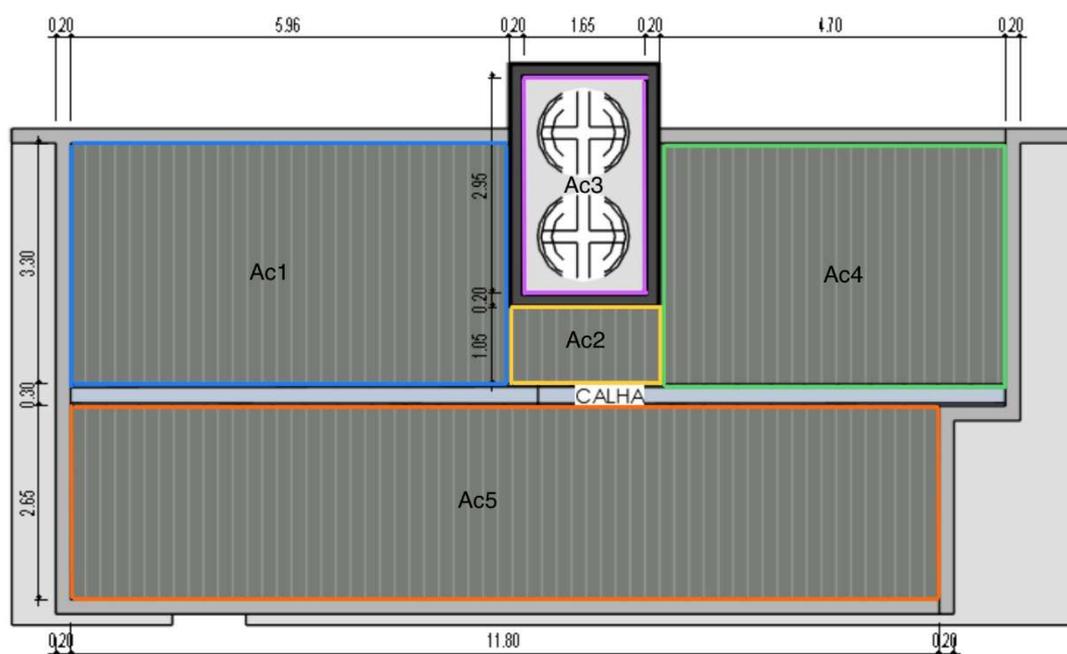
No território nacional tem-se a NBR 15527/2019 que parametriza todo o projeto de sistemas de captação e aproveitamento d'água. Para o caso estudo foi esquematizado todos os passos como demonstra a norma para implementação do sistema.

4.2.1. Cálculo da área de contribuição

O telhado precisou ser dividido em regiões para o cálculo da área de contribuição por possuir quebras no telhado para o abrigo das caixas d'água, utilizando o software Revit foi possível retirar medidas pertinentes ao cálculo.

Na Figura (18) nota-se a disposição dos reservatórios e a divisão proposta das áreas de contribuição.

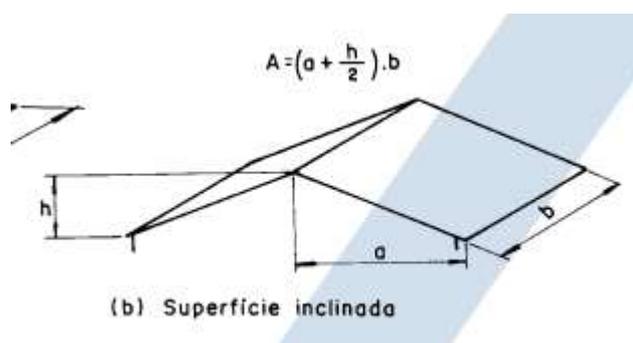
Figura 18 – Planta de Cobertura e Divisão do telhado para cálculo da área de contribuição



Fonte: Autor

Seguindo a NBR 10844/1989, as áreas de contribuição 1, 2, 3, 4 e 5 seguem o tipo b) superfície inclinada como mostra a Figura (19).

Figura 19 - Telhado com superfície inclinada



Fonte: NBR 10844/1989

A área de contribuição do telhado, de acordo com a norma NBR 10488/1989, calcula-se com a equação (9):

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \cdot b \quad (9)$$

Onde:

A = Área de contribuição do telhado

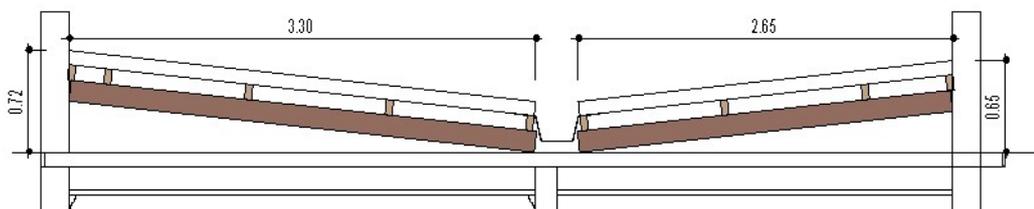
a = cateto do triângulo

h = altura do triângulo

b = largura do triângulo

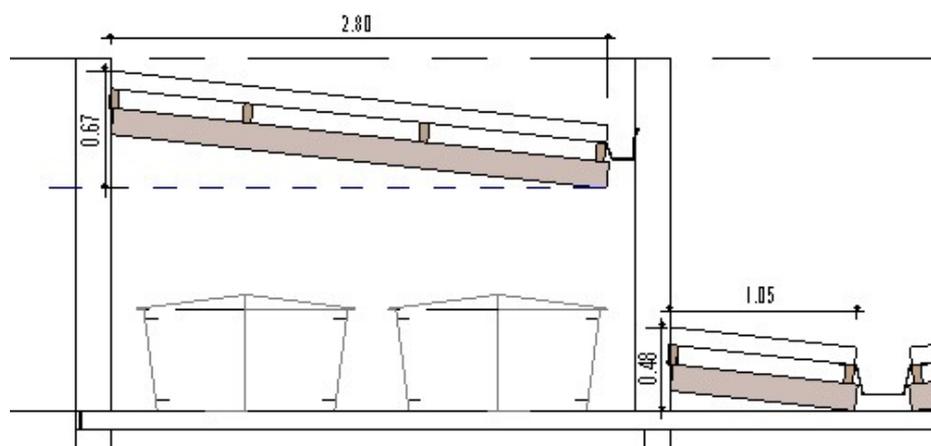
Para auxiliar nos cálculos realizou-se dois cortes no projeto arquitetônico para assim retirar as medidas reais do triângulo que forma o telhado, como mostram as Figuras (20) e (21).

Figura 20 - Medidas para cálculo da AC1, AC4 e AC5



Fonte: Autor

Figura 21 - Medidas para cálculo da AC2 e AC3



Fonte: Autor

Assim efetuando os cálculos com a Equação (9) para a situação estudada:

$$Ac1 = (3,30 + 0,72 / 2) \times (5,96) = 21,82m^2$$

$$Ac4 = (3,30 + 0,72 / 2) \times (4,70) = 17,20m^2$$

$$Ac5 = (2,65 + 0,65 / 2) \times (11,80) = 35,11m^2$$

$$Ac3 = (2,80 + 0,67 / 2) \times (1,65) = 5,17m^2$$

$$Ac2 = (1,05 + 0,48 / 2) \times (2,05) = 2,65m^2$$

Foi obtida área total de contribuição igual a **81,95m²**.

4.2.2. Cálculo da intensidade pluviométrica

No município de Farroupilha tem uma equação de chuvas intensas IDF própria para o município, e foi desenvolvida estudando 40 anos de observação conforme a mostra na Equação (10).

$$I = \frac{1,06E^3 * Tr^{0,1975}}{(t + 11,5993)^{0,8071}} \quad (10)$$

Fonte: XVII Encontro de Jovens Pesquisadores da UCS – 2009

Onde:

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

Tr = tempo de retorno, em anos;

t = tempo de duração da chuva, em min;

A intensidade pluviométrica corresponde a um tempo de retorno de 5 anos, uma vez que a água será captada pela superfície do telhado, com tempo de duração dessa chuva de 5min. (TOMAZ, 2003)

Assim, efetuando os cálculos para situação estudada obteve-se uma intensidade pluviométrica igual a 149,69mm/h.

4.2.3. Cálculo da vazão de projeto

Segundo a NBR 10844/1989 a vazão de projeto pode ser calculada pela Equação (11):

$$Q = \frac{(C * I * A)}{60} \quad (11)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

C = Coeficiente de escoamento. Geralmente adota-se igual a 1 (telhado) e outros valores para áreas mais permeáveis;

I = Intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = Área de contribuição, em m²

Assim efetuando os cálculos, obteve-se:

$$Q = (1,00 \times 149,69 \times 81,95) / 60 = 204,45 \text{ L/min}$$

Quando a saída estiver a menos de 4m de uma mudança de direção, a vazão de projeto (vazão que chega na calha) deve ser multiplicada pelos seguintes coeficientes representados na Tabela (11).

Como no caso estudado, após a saída da calha a tubulação encontra duas curvas de 90°, deve-se multiplicar a vazão de projeto por 1,10.

Sendo assim,

$$Q_{\text{ProjCorrigido}} = Q_{\text{proj}} \times 1,10 = 204,45 \text{ L/min} \times 1,10 = \mathbf{224,90 \text{ L/min}}$$

4.2.4. Dimensionamento da calha

O dimensionamento da calha, seguindo a NBR 10844/1989, deve ser realizado através da Equação (2) de Manning-Strickler a seguir, ou de qualquer outra fórmula equivalente.

As calhas escolhidas para a execução do projeto serão de aço inox, de seção geométrica retangular pois é a mais favorável ao escoamento adotando a base como dobro da altura, isto é, $b=2h$. A seção será a retangular com base de 20cm. A norma NBR 10844/1989 prevê que a inclinação mínima para superfícies horizontais deve ser de 0,5%, adotou-se inclinação de 1% na execução e nos cálculos. As pré-dimensões da calha foram adotadas, conforme ilustrado na Figura (22), em seguida foi verificado se a calha está bem dimensionada para a vazão que receberá.

Usualmente calcula-se a altura da lâmina d'água para a vazão de projeto que a calha receberá, essa altura não pode ser maior que 50% da altura total da calha.

4.2.4.1. Cálculo do perímetro molhado

Segundo Porto (2006) o perímetro molhado é composto pela soma dos comprimentos do fundo do canal e das paredes que estão em contato com o líquido. O perímetro é calculado segundo a Equação (12).

$$P = b + 2 * y_n \quad (12)$$

Onde:

P = perímetro molhado;

b = base do canal;

y_n = altura do canal.

Para o caso estudado, foi calculada o perímetro molhado em função da altura:

$$P = b + (2 \times h) = 0,20 + (2 \times h)$$

4.2.4.2. Cálculo da área molhada

Segundo Porto (2006) a área molhada é a área do canal que está em contato com o líquido. A área molhada é calculada segundo a Equação (13).

$$S = b * y_n \quad (13)$$

Onde:

b = base do canal

y_n = altura do canal.

Para o caso estudado, foi calculada a área molhada em função da altura:

$$S = b \times h = 0,20 \times h$$

4.2.4.3. Cálculo do raio hidráulico

O raio hidráulico é a divisão da área molhada pelo perímetro molhado, segundo a Equação (14):

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (14)$$

Onde:

Rh = Raio hidráulico;

S = Área molhada;

P = perímetro molhado.

Para o caso estudado, foi calculada o raio hidráulico em função da altura:

$$Rh = S / P = (0,20h) / (0,20 + 2h)$$

4.2.4.4. Cálculo da altura da lâmina d'água na calha

Utilizando a Equação (2) de Manning-Strickler, e com os parâmetros todos em função da altura da lâmina d'água para a vazão de projeto, definiu-se a altura da lâmina d'água dentro da calha para a precipitação esperada.

$$Q = K * \frac{S}{n} * (Rh)^{\frac{2}{3}} * (i)^{0,5}$$

$$224,90L/min = 60.000 * \frac{(0,20h)}{0,011} * ((0,20h)/(0,20 + 2h))^{\frac{2}{3}} * (0,01)^{0,5}$$

$$h \approx 0,0269m$$

Sendo assim a altura de lâmina d'água é muito inferior a 50% da altura total, sendo assim o dimensionamento está verificado para a prática usual.

4.2.5. Dimensionamento dos condutores verticais

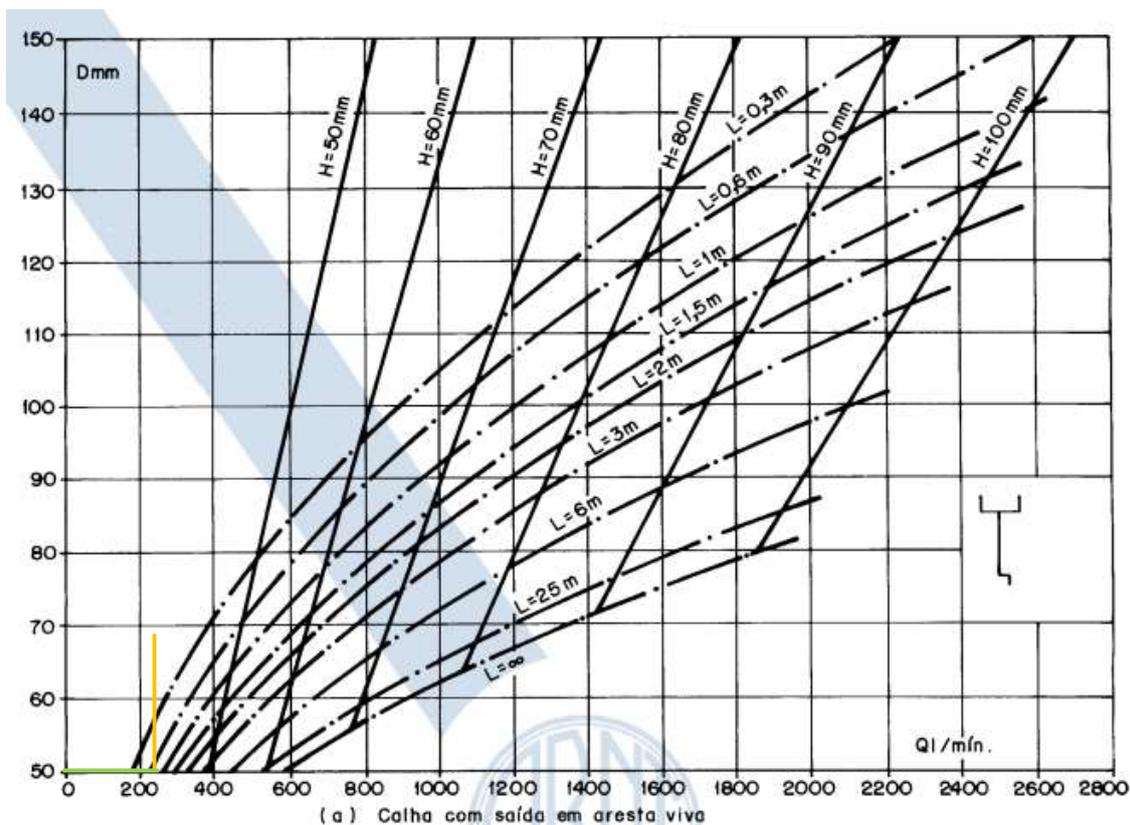
O dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos seguintes dados:

Q = 224,90 L/min;

H = altura da lâmina d'água na calha = 26,9mm;

L = comprimento do condutor vertical, em m;

Tipo saída = Calha com saída em aresta viva.



O diâmetro interno (D) do condutor vertical foi obtido através do ábaco acima. Como a vazão é pequena, nem nas linhas do comprimento da tubulação há cruzamento. A NBR 10844/1989 fixa que o diâmetro mínimo em 75mm.

4.2.6. Dimensionamento dos condutores Horizontais

De acordo com a Tabela (14), retirada da norma NBR 10844/1989, o diâmetro varia de acordo com a inclinação utilizada.

Para a inclinação mínima especificada e usada no projeto de 1,0%, encontrou-se o diâmetro que atenderia a vazão de projeto:

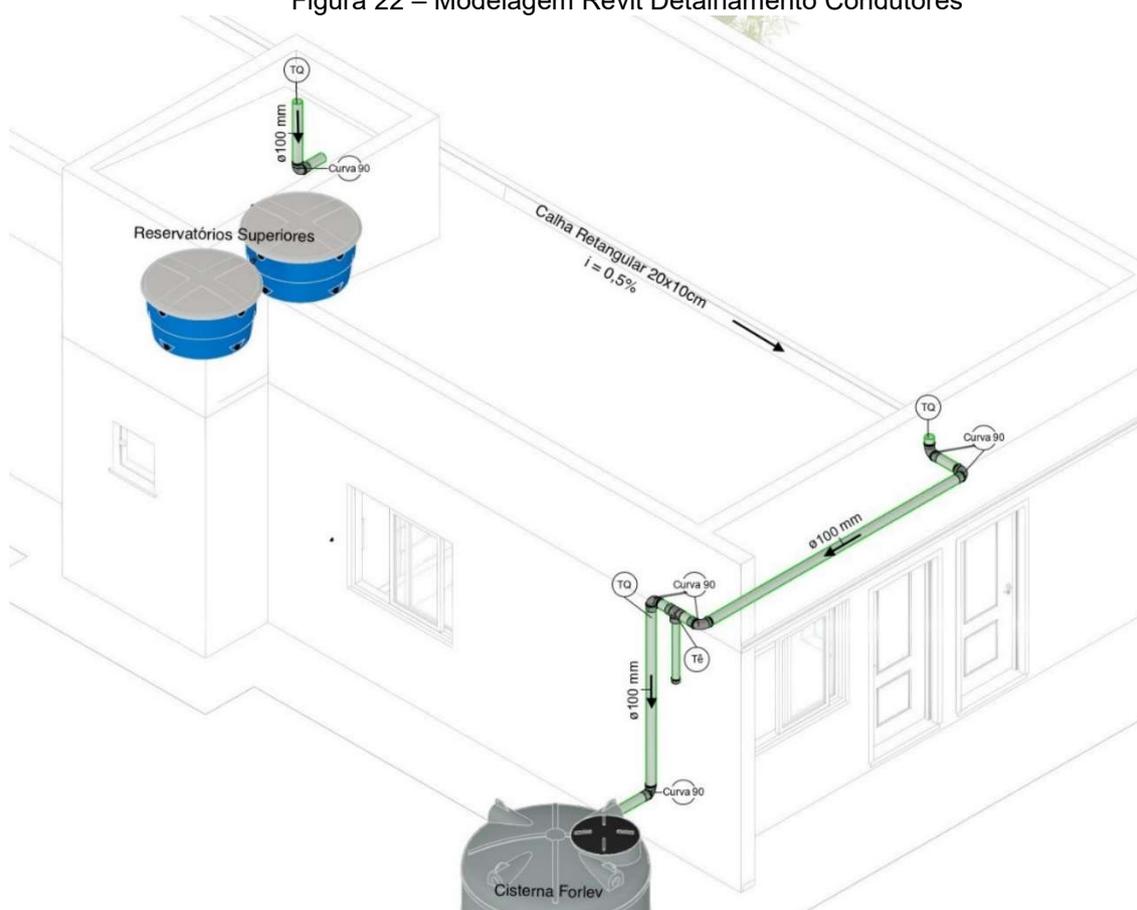
	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5
1	50	32	45	64	90
2	75	95	133	188	267
3	100	204	287	405	575

- Diâmetro da tubulação horizontal = 100mm

Adotou-se o diâmetro comercial de 100mm para todos os condutores – verticais e horizontais – a fim de facilitar a prática executiva.

Assim, foi lançado no sistema os diâmetros calculados para o caso estudado. A Figura (23) demonstra o detalhamento da primeira parte do dimensionamento.

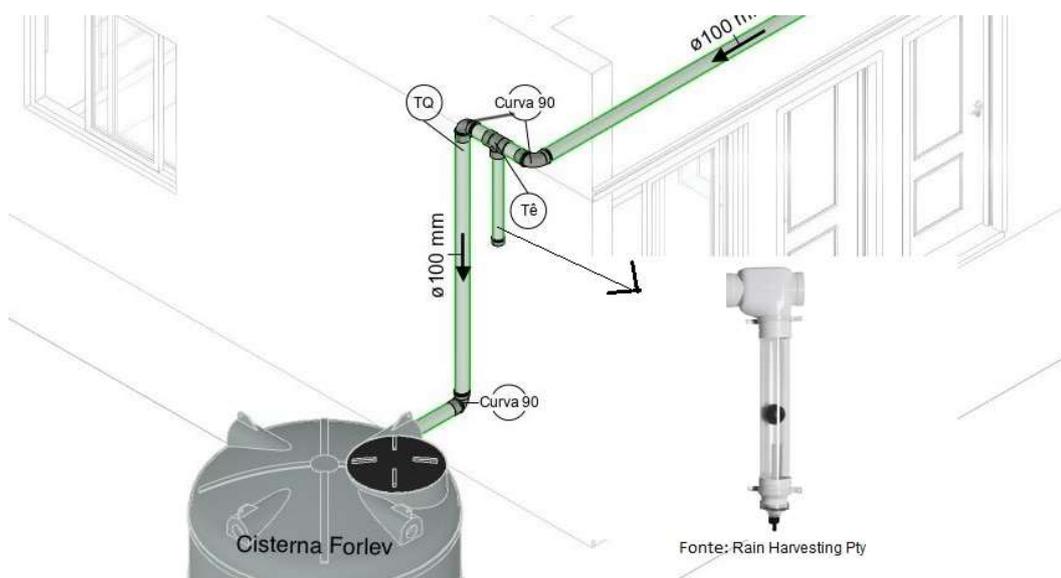
Figura 22 – Modelagem Revit Detalhamento Condutores



Fonte: Autor

Na imagem (24) têm-se um detalhe onde será instalado o dispositivo de descarte da primeira água da chuva – First Flush.

Figura 23 - Ilustração "First Flush"



Fonte: Autor

4.3. Sistema de bombeamento

No caso estudado, após o armazenamento no reservatório inferior, a água da chuva irá para um reservatório superior para abastecimento da bacia sanitária no banheiro e para uma torneira de jardim do lado da residência.

Para realização do transporte da água captada e reservada na cisterna até o reservatório superior é necessário um sistema de bombeamento, nele utilizaremos uma bomba de recalque e toda a tubulação até a caixa d'água de água não potável.

Após o bombeamento para este reservatório superior será conduzida para a bacia sanitária e para a torneira de jardim localizada no lado da residência.

Para encontrar o diâmetro das tubulações e a potência das motobombas utilizou-se as normativas da NBR 5626/1998 e das equações de HazenWilliams para determinação das perdas de carga.

4.3.1. Dimensionamento da tubulação de recalque

Consumo não potável já calculado anteriormente, $Q = 156 \text{ L/dia} = 1,8056 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ e tempo de funcionamento da motobomba de três horas por dia.

Segundo a NBR 5626/1998, recomendada para funcionamento intermitente ou não contínuo a Equação (4) de Forchheimer, para se encontrar a tubulação de recalque:

$$Dr = 1,3 * \sqrt{Q} * \sqrt[4]{h/24}$$

$$Dr = 1,3 * \sqrt{1,8056E^{-6}} * \sqrt[4]{3/24}$$

$$Dr = 1,04E^{-3}m = 1mm$$

A vazão de consumo de água não potável é bem pequena, resultando em um diâmetro de tubulação pequeno. Assim adotou-se como *diâmetro de recalque 25mm*, pois se trata de um diâmetro comercial superior ao mínimo necessário e bastante utilizado em instalações de água fria.

Como o valor encontrado pela fórmula da NBR 5626/1998 não coincidiu com o diâmetro comercial, o diâmetro de recalque adotado (Dr) deverá ser submetido ao cálculo da velocidade econômica, assim comprovado que a velocidade econômica (v) deve ficar abaixo de 3,0 m/s.

4.3.1.1. Perda de carga unitária Tubulação de Recalque

Como foi adotado o diâmetro de 25mm e aplicando a Equação (6) de HazenWilliams com vazão de 1L/s para a presente tubulação tem-se a perda de carga unitária para este diâmetro de tubulação.

Efetuando os cálculos:

$$J = 10,65 * \frac{0,001^{1,85}}{140^{1,85} * 0,025^{4,87}}$$

$$J = 0,20 \text{ m/m}$$

4.3.1.2. Velocidade econômica de recalque

Para calcular a velocidade econômica no conduto estudo foi usada a Equação (15) de HazenWilliams:

$$V = 0,355 * C * D^{0,63} * J^{0,54} \quad (15)$$

Onde:

V = velocidade econômica, em m/s;

C = Coeficiente de perda de carga, C = 140, para tubos de PVC;

D = diâmetro da tubulação

J = perda de carga unitária

Calculando para o caso estudado, tem-se:

$$V = 0,355 * 140 * 0,025^{0,63} * 0,20^{0,54}$$

$$V = 2,04 \text{ m/s}$$

Logo a velocidade atende a velocidade estabelecida.

4.3.1.3. Altura manométrica de recalque

Altura manométrica total (H) corresponde ao desnível geométrico (Hg), verificado entre os níveis da água na tomada e na chegada, acrescido de todas as perdas de carga por atrito que ocorrem nas peças especiais (perda de carga localizada) e tubulações (perda de carga distribuída), conforme a Equação (5).

Para o cálculo das perdas de carga localizadas utilizou-se a Tabela (15) e para a perda de carga distribuída calculou-se utilizando a Equação (6), levando em consideração o comprimento total da tubulação acrescidos da equivalência em metros das peças do sistema.

Calculando para o caso estudado:

O traçado da tubulação de recalque conta com as seguintes peças:

- 6 curvas longas de 90° = 6 x 0,6m = 3,60m
- 1 registro de gaveta = 1 x 0,3 = 0,30m
- Tubulação DN 25mm = 10,0m

Tem-se a altura manométrica de Recalque igual a:

$$\Delta Hr = \textit{perda de carga localizada} + \textit{distribuida}$$

$$\Delta Hr = (3,60 + 0,3 + 2,0) * \textit{perda de carga unitária}$$

$$\Delta Hr = (13,90) * 0,2 = 2,78m$$

4.3.2. Dimensionamento da tubulação de sucção

O diâmetro de sucção deve ser um diâmetro comercial acima do de recalque, então foi adotado 32mm para tubulação de sucção.

4.3.2.1. Perda de carga unitária Tubulação de Sucção – HazenWilliams

Como foi adotado o diâmetro de 32mm e aplicando a Equação (6) de HazenWilliams com vazão de 1L/s para a presente tubulação tem-se a perda de carga unitária para este diâmetro de tubulação.

Efetando os cálculos:

$$J = 10,65 * \frac{0,001^{1,85}}{140^{1,85} * 0,032^{4,87}}$$

$$J = 0,06 \text{ m/m}$$

4.3.2.2. Velocidade econômica de Sucção

Para calcular a velocidade econômica no conduto estudo foi usada a Equação (15) de HazenWilliams.

Calculando para o caso estudado, tem-se:

$$V = 0,355 * 140 * 0,032^{0,63} * 0,06^{0,54}$$

$$V = 1,24 \text{ m/s}$$

Logo a velocidade atende a velocidade estabelecida.

4.3.2.3. Altura manométrica de Sucção

Calculando para o caso estudado:

O traçado da tubulação de recalque conta com as seguintes peças:

- 1 curvas longas de 90° = 1 x 0,7m = 0,70m
- 1 válvula de pé e crivo = 1 x 15,50 = 15,50m
- Tubulação DN 32mm = 2,30m

Tem-se a altura manométrica de Sucção igual a:

$$\Delta H_s = \textit{perda de carga localizada} + \textit{distribuida}$$

$$\Delta H_s = (0,70 + 15,50 + 2,30) * \textit{perda de carga unitária}$$

$$\Delta H_s = (18,50 * 0,06) = 1,11\text{m}$$

4.3.3. Altura Manométrica Total do Sistema

Segundo Porto (2006) a altura manométrica total do sistema é calculada seguindo a Equação (5).

Calculando para o caso estudado, têm-se:

$$H = Hg + \Delta Hs + \Delta Hr$$

$$H = 4,45 + 1,11 + 2,78 = 8,34m$$

4.3.4. Definição do grupo motobomba para o Sistema

Segundo catálogo da empresa Schneider MotoBombas (2015) define-se o tipo de equipamento ideal para o sistema em questão. Com as seguintes informações de altura manométrica total e vazão de projeto encontrou-se uma bomba para suprir a demanda necessitada. Na Tabela (16) mostra o quadro de especificações técnicas de um grupo de bombas escolhido.

Tabela 16 - Especificações Técnicas Grupo motobombas

MODELO	Potência (cv)	Ø Sucção (pol)	Ø Recalque (pol)	Pressão lga (m.c.a.)	Altura máxima de sucção (m.c.a.)	Ø Rotor (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS							
							Altura Manométrica Total (m.c.a.)							
							2	3	4	5	6	7	8	
								Vazão em m ³ /h válida para sucção de 0 m.c.a.						
SP-12 C	1/2	3/4	1	12	0	107	*	4,3	4,2	4,1	3,9	3,8	3,6	
SP-15 C	3/4	1	1	15	3	128	*	*	5,4	5,3	5,2	5	4,9	
SP-22 C	1	1	1	22	0	128	*	*	5,9	5,8	5,6	5,5	5,4	

Fonte: Catálogo Schneider MotoBombas (2015)

4.4. Definição do volume de armazenagem

Para a Reservação da água da chuva optou-se por usar uma cisterna enterrada da marca Fortlev, sendo um equipamento economicamente sustentável e seguro. Nele, há um freio d'água que impede que a entrada de água agite o seu conteúdo. Quando a cisterna estiver cheia, o excesso de água é automaticamente descartado através de um cifrão ligado diretamente na tubulação de água pluvial do sistema. (Fortlev 2022)

Para o cálculo do dimensionamento do reservatório inferior (cisterna), foi empregado a equação (16), conforme o livro Habitação autossuficiente:

interligação e integração de sistemas alternativos por Antônio Domingos Dias Ferreira (2014):

$$Vch = I_{anual} \times Eficiencia \times Ac \quad (16)$$

Onde,

Vch = Valor médio de chuva coletada, em L;

I_{anual} = Precipitação média anual, em mm;

Eficiência do sistema = 0,95 quando sistema é dotado de descarte da primeira chuva e filtro volumétrico;

Ac = Área de contribuição, em m².

Segundo dados da estação automática da INMET situada no município de Farroupilha e com mais de 30 anos observados, foi constatada uma precipitação média anual de 2.116 mm.

Assim efetuando os cálculos propostos:

$$Vch = I_{anual} \times Eficiencia \times Ac$$

$$Vch = I_{anual} \times 0,95 \times Ac$$

$$Vch = 2116 \times 0,95 \times 81,95$$

$$Vch = 164735,89 \frac{L}{ano} = 164,74 \frac{m^3}{ano} = 13,73 \frac{m^3}{mês} = 0,44 m^3/dia$$

4.4.1. Cálculo do volume da Caixa D'água

Após a determinação do volume médio de chuva coletada pelo sistema de captação, deve-se definir o volume (m³) do reservatório inferior – cisterna – a ser utilizado para armazenamento da água da chuva através da equação (17), obtida no livro Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos por Antônio Domingos Dias Ferreira (2014):

$$Vc = (Vchd * 20sch) + 10\%Evapotranspiração \quad (17)$$

Onde:

Vc = Volume da cisterna, em m³;

Vchd = Volume médio de chuva diário, em m³/dia;

20sch = 20 dias sem chuva, fator de segurança;

Calculando a equação para o caso estudado:

$$Vc = (Vchd * 20sch) + 10\%Evapotranspiração$$

$$Vc = (0,44 * 20) + 10\%$$

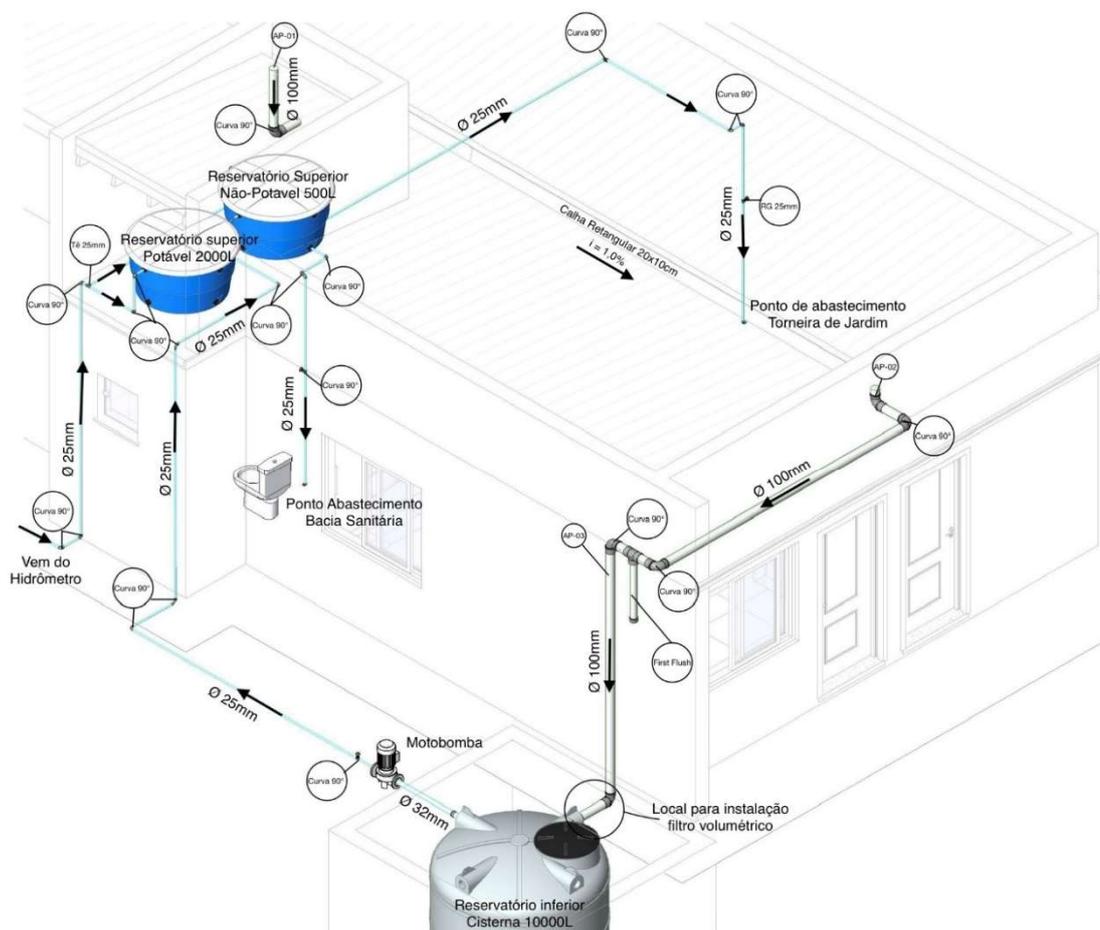
$$Vc = 9,68 m^3$$

Assim adota-se um reservatório inferior – cisterna – de 10,0 m³ e um reservatório superior de fibra de vidro de 500L para o sistema estudo.

4.5. Modelagem Revit e Detalhamento Final Sistema

Na imagem (24)) tem-se uma visão geral de toda modelagem do sistema de captação e aproveitamento da água da chuva em uma residência unifamiliar, contendo os detalhes derivados dos cálculos precedentes.

Figura 24 - Modelagem Final Revit



Fonte: Autor

4.6. Cálculo do custo da implementação do sistema de captação de água pluvial

Com o projeto todo lançado no Revit 2022, tem-se o total de materiais necessários para a implementação do sistema na residência estudada. Com a relação de materiais, foram pesquisados via internet em distribuidores nas redondezas da serra gaúcha os valores unitários, estes valores podem ser vistos na Tabela (17).

Para o cálculo do custo foi-se excluídas as calhas, pelo fato destas já estarem previstas anteriormente sem implementação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva.

Tabela 17 - Custos Materiais

Material	Qtd	Custo Unitario	Custo Total
Curva 90° Longa DN100 (Tigre)	5	R\$ 45,00	R\$ 225,00
Luva Simples DN100 (Tigre)	5	R\$ 6,55	R\$ 32,75
Dispositivo Pré Filtragem	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Dispositivo First Flush	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Filtro Volumetrico VK1	1	R\$ 380,00	R\$ 380,00
Cisterna Fortlev 10000L	1	R\$ 4.000,00	R\$ 4.000,00
Freio d'água	1	R\$ 55,61	R\$ 55,61
Cano PVC DN 32 L=6000mm (Tigre)	1	R\$ 44,89	R\$ 44,89
Curva 90° Longa DN32 (Tigre)	1	R\$ 6,80	R\$ 6,80
Curva 90° Longa DN25 (Tigre)	6	R\$ 6,00	R\$ 36,00
Filtragem da Cisterna	1	R\$ 135,00	R\$ 135,00
Bomba 0,5CV	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Cano PVC DN 25 L=6000mm (Tigre)	2	R\$ 18,59	R\$ 37,18
Registro de Gaveta DN25	2	R\$ 30,00	R\$ 60,00
Reservatorio de Fibra de vidro 500L	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
		TOTAL	R\$ 5.863,23

Fonte: Autor (2023)

4.7. Cálculo do consumo para fins não potáveis

Segundo a Organização das Nações Unidas – ONU (2005), cada pessoa necessita de 3,3 m³/mês (cerca de 110 litros de água por dia para atender às necessidades de consumo e higiene). No entanto, no Brasil, o consumo por pessoa pode chegar a mais de 200 litros/dia.

Segundo (THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD, 1978) e seu estudo nas cidades inglesas de Malvern e Mansfield no ano de 1971, fazendo uma média entre as duas cidades adotou-se que esses 200 L/dia são divididos em:

- Lavagem de carro - 0,45%
- Rega Jardim - 3,00%
- Descarga Bacia Sanitária - 32%

Os cálculos do consumo médio diário e do consumo médio mensal podem ser feitos considerando os dados acima, e as equações (18) e (19) conforme livro Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos por Antônio Domingos Dias Ferreira (2014):

$$Cd = n \times Ch \quad (18)$$

Onde:

Cd = Consumo médio diário;

n = número de pessoas por residência;

Ch = consumo por habitante.

$$Cm = N \times Cd \quad (19)$$

Onde:

Cm = consumo médio mensal;

N = número de dias do mês;

Cd = Consumo médio diário.

Calculando as equações (18) e (19) para o caso estudo, temos:

$$Cd = 3 \text{ hab} \times 200 \text{ L/hab.dia} = 600 \text{ L/dia} = 0,60 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (18)$$

$$Cm = 31 \text{ dias} \times 600 \text{ L/dia} = 18.600 \text{ L/mês} = 18,60 \text{ m}^3/\text{mês} \quad (19)$$

Adotando a substituição de consumo da água da potável pela da água da chuva nos itens não potáveis listados tem-se uma economia na ordem de aproximadamente 35%. Assim calcula-se com a Equação (20) a econômica gerada:

$$C_{total} = C_m - C_{economizado} \quad (20)$$

Calculando, têm-se:

$$C_{total} = 18,60 \text{ m}^3/\text{mês} - 35\% \text{ de economia}$$

$$C_{total} = 18,60 - (18,60 \times 0,35)$$

$$C_{total} = 18,60 \text{ m}^3/\text{mês} - 6,51 \text{ m}^3/\text{mês}$$

$$C_{total} = 12,09 \text{ m}^3/\text{mês}$$

O volume de água potável que a residência usará do sistema público – após a instalação do sistema de aproveitamento da água da chuva – será de **12,09 m³/mês**.

4.8. Cálculo do custo do volume de água

As tarifas cobradas por m³ são diferentes em cada cidade. A cidade de farroupilha tem tarifas pré-definidas pela Companhia Riograndense de Saneamento – Corsan, e esses valores estão especificados na Tabela (18).

Tabela 18 - Sistema Tarifário Corsan 2022

TARIFA	CATEGORIA	ÁGUA			ESGOTO	
		PREÇO BASE	SERVIÇO BÁSICO	TARIFA MÍNIMA SEM HD.	COLETADO PREÇO m ³	TRATADO PREÇO m ³
SOCIAL	BICA PÚBLICA	3,02	11,95	42,15	1,51	2,11
	RESID. SOCIAL	2,53	11,95	37,25	1,26	1,77
	m ³ excedente	6,29			3,14	4,40
BÁSICA	RESIDENCIAL B	6,29	29,81	92,71	3,14	4,40
EMPRESARIAL	COMERCIAL C1	6,29	29,81	92,71	3,14	4,40
	m ³ excedente	7,15			3,57	5,00
	COMERCIAL	7,15	53,19	196,19	3,57	5,00
	PÚBLICA	7,15	106,21	249,21	3,57	5,00
	INDUSTRIAL	8,12	106,21	375,97	4,06	5,68

Fonte: Corsan (2022)

Segundo a companhia, o Preço Base do m³ de água é variável, aplicando-se a Tabela (19) de Exponenciais fornecido pela mesma.

Tabela 19 - Tabela de Exponenciais

TABELA DE EXPONENCIAIS						
CONSUMO (m ³)	SOCIAL	BASICA	COM	C1	IND	PUB
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
11	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
12	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
13	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
14	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
15	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
16	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
17	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
18	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
19	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
20	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
21	1,0100	1,0100	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
22	1,0200	1,0200	1,0100	1,0100	1,0000	1,0100
23	1,0300	1,0300	1,0200	1,0200	1,0100	1,0200
24	1,0400	1,0400	1,0300	1,0300	1,0100	1,0300
25	1,0500	1,0500	1,0400	1,0400	1,0100	1,0400

Fonte: Corsan (2022)

O Valor de água é calculado de acordo com a Equação (21), nesta equação demonstra a parcela da água e de esgoto coletado – uma vez que em Farroupilha não há tratamento de esgoto.

$$\text{Valor a pagar} = PB * C^n + \text{taxa esgoto coletado} \quad (21)$$

Onde:

PB = Preço Base;

C = Consumo, em m³;

n = Valor na tabela exponencial relativo ao consumo.

4.8.1. Cálculo do custo sem sistema de aproveitamento d'água

Utilizando a Equação (21) e efetuando o cálculo para a situação sem sistema de aproveitamento da água da chuva, temos o valor do custo mensal.

$$\text{Valor a pagar} = (PB * C^n) + \text{Taxa de esgoto coletado}$$

$$\text{Valor a pagar} = (6,29 * 18,60^1) + (18,60 * 3,14)$$

$$\text{Valor a pagar} = R\$175,40 /\text{mês}$$

4.8.2. Cálculo do custo com sistema de aproveitamento d'água

Utilizando a Equação (21) e efetuando o cálculo para a situação com sistema de aproveitamento da água da chuva, temos o valor do custo mensal.

$$\begin{aligned} \text{Valor a pagar} &= (PB * C^n) + \text{Taxa de esgoto tratado} \\ \text{Valor a pagar} &= (6,29 * 12,09^1) + (12,09 * 3,14) \\ \text{Valor a pagar} &= \text{R\$114,00 /mês} \end{aligned}$$

4.8.3. Cálculo do valor economizado por ano

Com os valores de consumo mensais com e sem aproveitamento, obtêm-se a Equação (22) com o valor economizado por ano.

$$E = \text{CustoAnual S/aproveitamento} - \text{CustoAnual C/aproveitamento} \quad (22)$$

Calcula-se o Custo anual em ambas as situações:

- Valor por ano = Valor a pagar x 12 meses = R\$175,40 x 12 = R\$2.104,80
(Sem captação e aproveitamento da água da chuva).

- Valor por ano = Valor a pagar x 12 meses = R\$114,00 x 12 = R\$1.368,00
(Com captação e aproveitamento da água da chuva).

Aplicando a Equação (22), têm-se:

$$\text{Economia} = \text{R\$2.104,80} - \text{R\$1368,00} = \text{R\$736,80 / ano}$$

Por ano a residência com o sistema de captação e aproveitamento da água de chuva gera uma econômica de R\$736,80.

4.9. Cálculo da estimativa de retorno de investimento simples

A estimativa de tempo de retorno de investimento simples é o tempo que levará para se obter de volta os recursos gastos no empreendimento se dá pela Equação (23).

$$T = \frac{\text{Valor Total Sistema}}{\text{Valor Economizado}} \quad (23)$$

$$T = \text{R\$5.863,23} / \text{R\$736,80}$$

$$T = \text{7,96 anos}$$

O tempo de retorno é de aproximadamente oito anos.

5. Análise dos Resultados

5.1. Volumes de Chuva em Farroupilha RS

Os volumes de captação são dispostos na Tabela (20), foi-se calculado utilizando a Equação (16), utilizando valores de precipitação (I) referente a média histórica do município e ao valor de área de contribuição (Ac), obteve-se o volume médio de captação para uso não-potável.

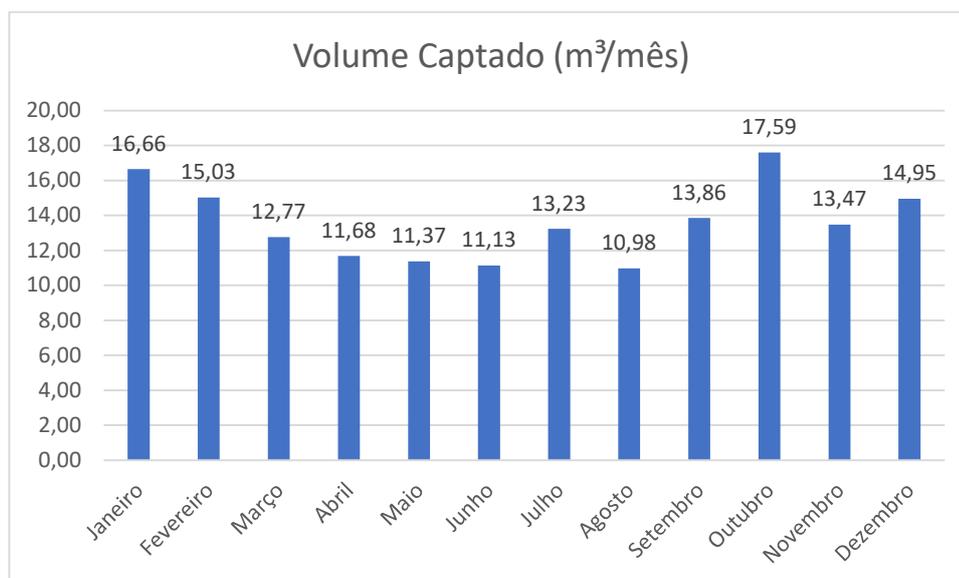
Tabela 20 - Volume Captado no Sistema

Mês	Intensidade Pluviométrica (mm/h)	Coefficiente Eficiência de filtragem	Ac (m ²)	Volume Captado (m ³ /mês)
Janeiro	214,00	0,95	81,95	16,66
Fevereiro	193,00	0,95	81,95	15,03
Março	164,00	0,95	81,95	12,77
Abril	150,00	0,95	81,95	11,68
Mai	146,00	0,95	81,95	11,37
Junho	143,00	0,95	81,95	11,13
Julho	170,00	0,95	81,95	13,23
Agosto	141,00	0,95	81,95	10,98
Setembro	178,00	0,95	81,95	13,86
Outubro	226,00	0,95	81,95	17,59
Novembro	173,00	0,95	81,95	13,47
Dezembro	192,00	0,95	81,95	14,95

Fonte: Autor

A Figura (25) mostra um histograma com as médias dos volumes mensais que o sistema receberá das precipitações por mês nos últimos 30 anos medidos. Os meses de Janeiro e Outubro tem a maior média de volume captado, respectivamente 16,66 m³/mês e 17,59 m³/mês, os de Julho e Agosto são os que tem menor média de volume captado, respectivamente 13,23 m³/mês e 10,98 m³/mês.

Figura 25 - Média Volume Captado mensalmente



Fonte: Autor

Nota-se que no mês de Agosto há menor incidência de precipitação e consequentemente menor volume captado pelo sistema, este volume captado mesmo sendo o menor do ano tem volume maior que o utilizado mensalmente na residência para fins não potáveis. Consequentemente haverá um volume maior para se utilizar, se não será extravasado pelo sistema da Cisterna. A Tabela (21) mostra uma estimativa mensal do volume “extra” que será extravasado pela Cisterna.

Tabela 21 - Estimativa de volume "extra" extravasado pelo Sistema

Mês	Intensidade Pluviométrica (mm/h)	Volume Captado (m ³ /mês)	Uso Mensal não-potável (m ³ /mês)	Saldo Cisterna (m ³ /mês)	Uso do Extravassor (m ³ /mês)
Janeiro	214,00	16,66	6,51	10,15	0,00
Fevereiro	193,00	15,03	6,51	18,67	8,67
Março	164,00	12,77	6,51	16,26	6,26
Abril	150,00	11,68	6,51	15,17	5,17
Mai	146,00	11,37	6,51	14,86	4,86
Junho	143,00	11,13	6,51	14,62	4,62
Julho	170,00	13,23	6,51	16,72	6,72
Agosto	141,00	10,98	6,51	14,47	4,47
Setembro	178,00	13,86	6,51	17,35	7,35
Outubro	226,00	17,59	6,51	21,08	11,08
Novembro	173,00	13,47	6,51	16,96	6,96
Dezembro	192,00	14,95	6,51	18,44	8,44

Fonte: Autor

Entende-se que mesmo utilizando o estudo (THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD, 1978) nas cidades inglesas de Malvern e Mansfield no ano de 1971, o consumo não-potável pode ser maior sem desabastecer o sistema.

5.2. Consumos Diários

Utilizando a Equação (19) calculou-se o consumo previsto para um mês, contabilizando trinta e um dias. Após foi calculado o consumo diário, com um valor de 0,6 m³/dia. Com a porcentagem da economia, foi definido o volume a ser economizado por mês, dividindo este consumo pelo total de dias do mês, e obteve-se o volume economizado por dia, igual a 0,21 m³/dia.

Assim a Tabela (22) mostra os valores acumulados para o consumo diário sem econômica de água e com a econômica de água através do aproveitamento da água da chuva, e especifica o consumo de água potável que a residência utilizará por dia após o sistema estar operante.

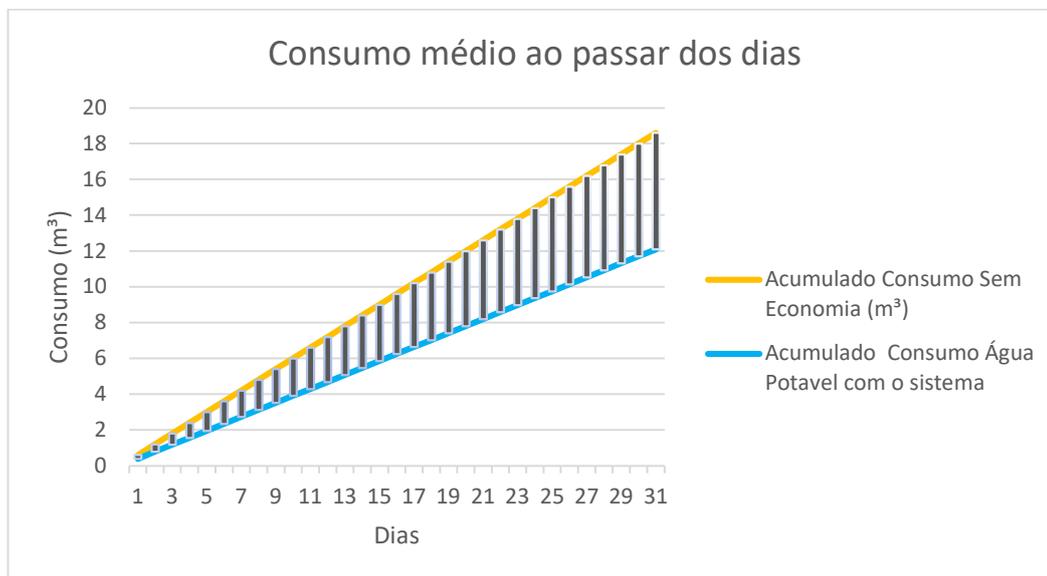
Tabela 22 - Consumos Diários com e sem economia pelo sistema de captação e aproveitamento de água das chuvas

Dias	Consumo Sem economia (m³/dia)	Acumulado Consumo Sem Economia (m³)	Consumo Economizado (m³/dia)	Acumulado Consumo Economizado (m³)	Acumulado Consumo Água Potável com o sistema
1	0,60	0,6	0,21	0,21	0,39
2	0,60	1,20	0,21	0,42	0,78
3	0,60	1,80	0,21	0,63	1,17
4	0,60	2,40	0,21	0,84	1,56
5	0,60	3,00	0,21	1,05	1,95
6	0,60	3,60	0,21	1,26	2,34
7	0,60	4,20	0,21	1,47	2,73
8	0,60	4,80	0,21	1,68	3,12
9	0,60	5,40	0,21	1,89	3,51
10	0,60	6,00	0,21	2,10	3,90
11	0,60	6,60	0,21	2,31	4,29
12	0,60	7,20	0,21	2,52	4,68
13	0,60	7,80	0,21	2,73	5,07
14	0,60	8,40	0,21	2,94	5,46
15	0,60	9,00	0,21	3,15	5,85
16	0,60	9,60	0,21	3,36	6,24
17	0,60	10,20	0,21	3,57	6,63
18	0,60	10,80	0,21	3,78	7,02
19	0,60	11,40	0,21	3,99	7,41
20	0,60	12,00	0,21	4,20	7,80
21	0,60	12,60	0,21	4,41	8,19
22	0,60	13,20	0,21	4,62	8,58
23	0,60	13,80	0,21	4,83	8,97
24	0,60	14,40	0,21	5,04	9,36
25	0,60	15,00	0,21	5,25	9,75
26	0,60	15,60	0,21	5,46	10,14
27	0,60	16,20	0,21	5,67	10,53
28	0,60	16,80	0,21	5,88	10,92
29	0,60	17,40	0,21	6,09	11,31
30	0,60	18,00	0,21	6,30	11,70
31	0,60	18,60	0,21	6,51	12,09

Fonte: Autor

A Figura (26) mostra um gráfico com os consumos acumulados em m^3 , em função do tempo.

Figura 26 - Consumo mensal em função do tempo



Fonte: Autor

A reta laranja representa o consumo de água potável no decorrer dos dias do mês sem a economia proveniente do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva. A reta azul mostra o consumo de água potável da residência após a implementação do sistema.

Nota-se que as retas em preto é a economia total que o sistema de aproveitamento de águas pluviais proporciona para o caso estudado.

5.3. Tempo de retorno simples do investimento

Com a Equação (22) calculou-se o valor economizado por ano, em reais. Com o valor economizado anualmente e o investimento do sistema de captação e aproveitamento pode-se calcular o tempo de retorno do investimento, através da Equação (23). Os dados obtidos foram dispostos na Tabela (23).

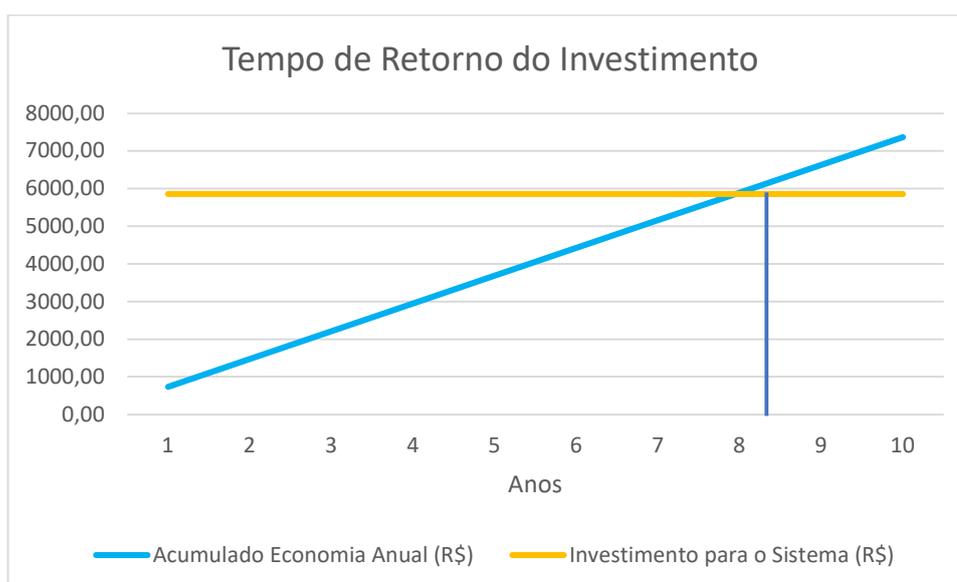
Tabela 23 - Acúmulo Valor Economizado Anualmente

Tempo (anos)	Valor Economizado anualmente (R\$)	Acumulado Economia Anual (R\$)	Investimento para o Sistema (R\$)
1	736,80	736,80	5863,23
2	736,80	1473,60	5863,23
3	736,80	2210,40	5863,23
4	736,80	2947,20	5863,23
5	736,80	3684,00	5863,23
6	736,80	4420,80	5863,23
7	736,80	5157,60	5863,23
8	736,80	5894,40	5863,23
9	736,80	6631,20	5863,23
10	736,80	7368,00	5863,23

Fonte: Autor

A Figura (27) mostra um gráfico com um comparativo dos valores acumulados anualmente pelo sistema – faturamento - e do valor do investimento do sistema. Quando as linhas se cruzam é o momento exato onde a economia supera o valor do investimento, ou seja, é o momento temporal onde o sistema pagou todo seu investimento. A partir da intersecção, é somente lucro.

Figura 27 - Tempo de Retorno do Investimento



Fonte: Autor

6. Considerações Finais

Conforme o andamento do presente trabalho percebeu-se que a aplicação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva em uma residência unifamiliar no município de Farroupilha – RS tem viabilidade e além de implicar num menor consumo de água potável ajuda também no meio-ambiente.

Foi estudado que as regiões do Brasil há uma desigualdade entre a concentração hídrica e a densidade populacional, por isso é importante a conscientização para o uso correto deste bem tão precioso.

O detalhamento do sistema foi realizado no Revit, a fim de obter uma modelagem mais completa com a possibilidade de compatibilização dos projetos de água fria e esgoto.

No caso estudado o consumo de água potável inicialmente seria de 18,60 m³/mês passando a ser 12,09 m³/mês pelo simples fato de aproveitar a água da chuva. Com essa diminuição além da conta de água vir mais barata, mesmo parecendo ser pouco, há também a redução de energia nas estações de tratamento d'água e a longo prazo benéfico ao meio-ambiente.

A cidade de Farroupilha conta com alto índices de chuvas o ano todo, como estudado os meses de maiores captações são começo e final do ano, grande maioria em meses quentes onde o consumo tende a ser maior. Sendo outro fator positivo na execução deste sistema. Anualmente o município conta com uma precipitação média anual de 2.116 mm/ano.

Constatou-se que a residência mesmo sendo relativamente pequena tem uma área de captação de água da chuva de 81,95 m², permitindo captar um volume alto de chuva, em torno de 164,74 m³/ano. Com o estudo observou-se que o volume necessário para consumo dos aparelhos que irão ser alimentados por água não potável é totalmente contemplado no volume captado pelo sistema, tendo meses que haverá grande volume extravasado pela cisterna.

O investimento à primeira vista é grande, pois tem bastante peças e acessórios para instalação do sistema, entretanto, quando se estuda com mais profundidade a estimativa de economia que o sistema operando oferecerá ao usuário, as coisas mudam. Concluiu-se que o tempo de retorno de investimento foi considerado curto, de oito anos, se comparado o tempo de durabilidade

estimado de vinte anos para o projeto de um sistema de captação de água da chuva.

O imóvel assim que implementado o sistema estará totalmente de acordo com a sustentabilidade, e além de trazer alguma conscientização aos moradores próximos para também buscar meios de poupar recursos naturais.

Este trabalho além de dimensionar um sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais serve também para regulamentações legislativas nas cidades pertinentes, como por exemplo o município de Farroupilha ter um estudo aprofundado para este sistema dentro das localidades da cidade.

Além deste trabalho servir como conscientização, serve como oportunidade para alguns fomentos da gestão pública, para subsídio deste sistema para captação e armazenamento na cidade estudada. Atualmente o RS está passando por uma seca histórica, e um aumento nos preços dos alimentos decorrentes as perdas de safras, o sistema proposto vem de encontro ao uso sustentável da água da chuva, o que acarretaria a longo prazo uma economia no consumo de água potável nos grandes centros.

7. Bibliografia

ABNT, Associação B. D. N. T. **NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais**. [S.l.]: [S.n.], 1989.

ABNT, Associação B. D. N. T. **NBR 5626 - Sistemas prediais de água fria**. [S.l.]: [S.n.], 1998.

ABNT, Associação B. D. N. T. **NBR 15527 – Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis**. [S.l.]: [S.n.], 2019.

ÁGUA, ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Nações Unidas Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>.

ANA, Agência N. D. Á.-. **Conjuntura Brasil**. [S.l.]: [S.n.], 2017.

ANA, Agencia N. D. Á.-. Clima e condições meteorológicas médias em Farroupilha no ano todo. **Weather Spark**. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29700/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Farroupilha-Brasil-durante-o-ano>.

BEZERRA, S. M. C. E. A. **Dimensionamento de Reservatório Para Aproveitamento de Água de Chuva**: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. Porto Alegre: [S.n.], 2010.

BRANCO, Otavio E. D. A. **Avaliação da disponibilidade hídrica**. [S.l.]: [S.n.], 2006.

ECYCLE, Equipe. Sistema de captação de água da chuva econômico. **eCycle**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/sistema-de-captacao-de-agua-da-chuva/>.

FERREIRA, ANTÔNIO D. D. **Habitação Autossuficiente**: Interligação e Integração de Sistemas Alternativos. 1ª. ed. [S.l.]: Editora Interciência, 2014.

FILHO, BREGA. **Reuso de Água**. Barueri - SP: USP, 2003.

FINOTTI, Alexandra R. *et al.* CURVAS IDF PARA CAXIAS DO SUL E REGIÃO, Caxias Do Sul, 2009. 1.

FREITAS, Adriana. Brasil perde 15% de superfície de água desde o começo dos anos 1990. **CNN Brasil**, 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-perde-15-de-superficie-de-agua-desde-o-comeco-dos-anos->

1990/#:~:text=O%20Brasil%20possui%2012%25%20das,ocupam%2060%25%20do%20territ%C3%B3rio%20brasileiro.

HAGEMANN, Sabrina E. **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA**. Santa Maria: [S.n.], 2009.

INFRAESTRUTURA, Secretaria D. M. A. E. Recursos Hídricos e Saneamento. **Governo do RS**. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/recursos-hidricos>.

INFRAESTRUTURA, Secretario D. M. A. E. Bacias Hidrograficas - RS. **Governo do RS**, 2015. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>.

OLIVEIRA, Lucia E. *et al.* Levantamento do estado da arte: Água. Projeto – Tecnologias para construção mais sustentável., 2007. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/15.pdf>.

ONDE ESTÁ A ÁGUA NO BRASIL? **EBC**, 2018. Disponível em: <https://www.ebc.com.br/especiais-agua/agua-no-brasil/>.

PENA, Rodolfo A. Distribuição da água no Brasil. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>.

PENA, Rodolfo F. A. Distribuição da água no Brasil. **Mundo Educação**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>.

PORTO, RODRIGO D. M. **HIDRÁULICA BÁSICA**. 4ª. ed. [S.l.]: [S.n.], 2006.

RABOUÇAS, Aldo D. C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ª. ed. São Paulo: [S.n.], 2006.

RESEARCH, Society A. D. Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso de água da chuva no município de Teófilo Otoni - MG, Minas Gerais. 11.

RS, Atlas S. D. Abastecimento de Água. **Governo do RS**, 2022. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/abastecimento-de-agua>.

SALLA, Marcio R. *et al.* Viabilidade técnica de implantação de sistema, Porto Alegre, 2013.

SISTEMAS, EOS O. E. Descubra qual a situação da água no Brasil. **EOS Consultores**. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/ descubra-qual-a-situacao-da-agua-no-brasil/>.

SPGG, Vagner B. Estudo faz panorama da gestão da água e saneamento no RS. **Governo do RS**, 2021. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/estudo-faz-panorama-da-gestao-da-agua-e-saneamento-no-rs#:~:text=Em%202019%2C%2098%2C8%25,fossa%20s%C3%A9ptica%20ligada%20%C3%A0%20rede.>

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, 2007. Disponível em: http://www.faeasp.com.br/senaglins/downloads/aula_agua_dechuva_lins.pdf.