

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

NICHOLAS WAZLAWICK HANSEN

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO DE USO MISTO EM
GRAMADO – RS E ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA**

**São Leopoldo – RS
2020**

NICHOLAS WAZLAWICK HANSEN

**ANÁLISE DO CONSUMO DE ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO DE USO MISTO EM
GRAMADO – RS E ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil, pelo Curso de
Engenharia Civil da Universidade do Vale
do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Me. Lucas Camargo da Silva Tassinari

São Leopoldo

2020

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Fernando e Nádia, por todo incentivo ao estudo e apoio às minhas escolhas ao longo de toda a minha vida. Minhas vitórias são frutos da dedicação e esforço deles, e por isso, sempre serei grato.

Ao meu padrinho Dila, que sempre me motivou a desenvolver o raciocínio lógico, tão importante na área da engenharia.

À minha madrinha Di, por ser uma segunda mãe para mim, que sempre me cuidou e se importou comigo, antes mesmo de eu saber o que isso significava.

À minha namorada Daniele, que me acompanhou e incentivou, tornando este último ano muito mais tranquilo do que eu imaginei que seria.

Ao professor Lucas, meu orientador, por toda a atenção e conhecimento disponibilizado na orientação deste trabalho.

Aos meus amigos Hubert e William, por todo o auxílio para a execução deste trabalho, pelas trocas de conhecimento técnico e pelos momentos de diversão.

RESUMO

Com o aumento populacional e o processo de urbanização desordenado das últimas décadas, a escassez da água é um assunto que cada vez mais ganha repercussão, devido ao aumento no consumo dos recursos hídricos. Como medida para solucionar esse problema, surgem as políticas de conscientização e novas tecnologias de fontes de uso de água, como o aproveitamento de água da chuva. Nesse mérito, o presente trabalho tem como objetivo avaliar técnica e economicamente a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva para uso nos pontos de consumo não potáveis de uma edificação mista em Gramado, onde existe uma agência de turismo e uma residência habitada por quatro pessoas, através do levantamento do consumo de água não potável da residência e de dados pluviométricos da estação meteorológica de Caxias do Sul. Para tanto, foi feita uma análise do potencial de economia de água potável do sistema através do software Netuno. Após o dimensionamento do sistema, fez-se a análise econômica da implantação, buscando-se o tempo de retorno do investimento em sua vida útil, assim como o valor presente líquido no final deste período. Este mesmo sistema dimensionado ainda foi simulado com diferentes regimes pluviométricos, através da utilização de dados pluviométricos das cidades de Santa Maria, Torres e Uruguaiana, comparando os resultados de potencial de economia. Ao fim, concluiu-se que o sistema é economicamente viável para a estação pluviométrica de projeto e que mesmo as quatro estações comparadas estarem localizadas no mesmo estado, apresentam diferença significativa nos potenciais de economia.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Água da chuva. Fonte alternativa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema da instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial	22
Figura 2 – Fluxograma do método utilizado	37
Figura 3 - Precipitação média mensal no período de 1981 a 2010 da Estação Meteorológica INMET de Caxias do Sul.....	39
Figura 4 – Número de dias no mês com precipitação maior ou igual a 5mm no período de 1981 a 2010 da Estação Meteorológica INMET de Caxias do Sul.....	39
Figura 5 – Área de Contribuição de uma superfície inclinada	41
Figura 6 – Calha Aquapluv.....	42
Figura 7 – Esquema do sistema de aproveitamento de água da chuva	44
Figura 8 - Precipitação média mensal e número de dias no mês com precipitação maior ou igual a 5mm da Estação Meteorológica INMET de Santa Maria	50
Figura 9 - Precipitação média mensal e número de dias no mês com precipitação maior ou igual a 5mm da Estação Meteorológica INMET de Torres	50
Figura 10 - Precipitação média mensal e número de dias no mês com precipitação maior ou igual a 5mm da Estação Meteorológica INMET de Uruguaiana	51
Figura 11 – Croqui da área de captação e numeração dos trechos das calhas e condutores pluviais verticais.....	56
Figura 12 – Croqui dos trechos dos condutores horizontais e suas indicações	59
Figura 13 – Detalhe dos níveis de acionamento da bomba de recalque e da válvula solenoide.....	61
Figura 14 – Detalhe do funcionamento do reservatório de descarte de escoamento inicial	62
Figura 15 – Potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Usos da água nas cidades de Malvern e Mansfield	15
Quadro 2 – Distribuição do consumo de água	15
Quadro 3 – Parâmetros de demanda de água de uso interno de uma residência nos Estados Unidos	16
Quadro 4 – Parâmetros de demanda de água de uso externo de uma residência nos Estados Unidos	17
Quadro 5 – Consumo médio diário per capita por ponto de utilização e por morador	18
Quadro 6 – Consumo de água por ponto de utilização em duas residências no município de Palhoça	19
Quadro 7 – Consumo de água por ponto de utilização ou atividade em três edifícios residências em Florianópolis	20
Quadro 8 – Coeficientes de escoamento superficial em diferentes materiais	23
Quadro 9 – Frequência de Manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de água da chuva	32
Quadro 10 – Tipos de contaminantes de água da chuva	33
Quadro 11 – Consumo de água por utilização dos pontos monitorados	52
Quadro 12 – Controle de consumo de água da edificação e utilização dos pontos de água não potável	53
Quadro 13 – Consumos médios diários	54
Quadro 14 – Percentual dos consumos em relação ao consumo total	54
Quadro 15 – Vazão de projeto das calhas	57
Quadro 16 – Vazão de projeto dos condutores verticais	58
Quadro 17 – Dimensionamento dos condutores horizontais	60
Quadro 18 – Dados de entrada no software Netuno	63
Quadro 19 – Potencial de economia e percentual de atendimento a demanda dos diferentes volumes de reservatórios simulados	65
Quadro 20 – Potencial de economia e percentual de atendimento as demandas para reservatórios de dimensões superiores a 5000, buscando 90% de atendimento a demanda de água pluvial	66
Quadro 21 – Dimensionamento da tubulação de recalque	67
Quadro 22 – Conexões consideradas em cada trecho	67

Quadro 23 – Dimensionamento da bomba de recalque	68
Quadro 24 – Dimensionamento das tubulações: pesos relativos, vazões, diâmetros e velocidade de água nos trechos	69
Quadro 25 - Dimensionamento das tubulações: perdas de carga, comprimentos e pressão disponível nos trechos.	70
Quadro 26 – Quantitativo e orçamento dos materiais dos trechos de recalque, sucção e reservatório	72
Quadro 27 – Quantitativo e orçamento dos materiais das calhas, condutores verticais e horizontais e FAC	73
Quadro 28 - Quantitativo e orçamento dos materiais dos trechos de distribuição da água da chuva.....	74
Quadro 29 – Quantitativo e orçamento de mão de obra para execução do sistema.	75
Quadro 30 – Quantitativo e orçamento dos custos de manutenção do sistema	76
Quadro 31 – Custos de energia elétrica e consumo de água da concessionária.....	76
Quadro 32 – Média diária dos dados de eficiência do sistema para a estação meteorológica de Caxias do Sul.....	79
Quadro 33 – Média diária dos dados de eficiência do sistema para a estação meteorológica de Santa Maria.....	80
Quadro 34 – Média diária dos dados de eficiência do sistema para a estação meteorológica de Torres	81
Quadro 35 – Média diária dos dados de eficiência do sistema para a estação meteorológica de Uruguaiana	82
Quadro 36 – Análise econômica do sistema sem considerar uma tarifa de esgoto nas diferentes estações meteorológicas analisadas	84
Quadro 37 – Análise econômica do sistema considerando a tarifa de esgoto nas diferentes estações meteorológicas analisadas	84

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FAC	Filtro de água da chuva
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
ONU	Organização das Nações Unidas
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.2 TEMA	12
1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	12
1.4 OBJETIVOS	12
1.4.1 Objetivo Geral	12
1.4.2 Objetivos Específicos	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 DEMANDAS E USOS DA ÁGUA	14
2.2 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	20
2.2.1 Área de Captação	22
2.2.2 Calhas e Condutores	23
2.2.3 Reservatórios - Métodos de Dimensionamento	24
2.2.3.1 Método de Rippl	26
2.2.3.2 Método de Azevedo Neto	26
2.2.3.3 Método da Simulação.....	27
2.2.3.4 Método prático alemão	27
2.2.3.5 Método prático inglês	28
2.2.3.6 Método prático australiano	28
2.2.3.7 <i>Software</i> Netuno.....	28
2.2.4 Manutenção	31
2.2.5 Qualidade da Água de Chuva	32
2.2.6 Potencial de Economia	34
3 METODOLOGIA	37
3.1 EDIFICAÇÃO DE ESTUDO.....	37
3.2 PLUVIOMETRIA DE PROJETO.....	38
3.3 LEVANTAMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO DE USO MISTO	39
3.4 ÁREA DE CAPTAÇÃO	40
3.5 CALHAS E CONDUTORES	41
3.6 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	42
3.7 SISTEMA DE RECALQUE	45

3.8 TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO	46
3.9 ANÁLISE ECONÔMICA	46
3.10 VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA EM OUTRAS CIDADES DO RIO GRANDE DO SUL.....	49
4 RESULTADOS	52
4.1 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL	52
4.2 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	55
4.2.1 Calhas e Condutores.....	55
4.2.2 Reservatórios	56
4.2.2.1 Reservatório Superior.....	60
4.2.2.2 Reservatório de Descarte de Escoamento Inicial.....	61
4.2.2.3 Reservatório Inferior	62
4.2.3 Sistema de Recalque de Água Pluvial	67
4.2.4 Tubulação de distribuição	68
4.3 ANÁLISE ECONÔMICA	71
4.4 VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA EM OUTRAS CIDADES DO RIO GRANDE DO SUL.....	77
5 CONCLUSÃO	85
REFERÊNCIAS.....	88
APÊNDICE A – PLANTA DO 1º PAVIMENTO	92
APÊNDICE B – PLANTA DO 2º PAVIMENTO.....	93
APÊNDICE C – PLANTA DO 1º PAVIMENTO DO PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	94
APÊNDICE D – PLANTA DO 2º PAVIMENTO DO PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	95
APÊNDICE E – PLANTA DA COBERTURA DO PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	96
ANEXO A - QUADROS E ÁBACOS UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO PROJETO	97

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, é apresentada a contextualização do presente trabalho, justificando a importância do uso racional da água e de métodos que possibilitam a sua economia, como os sistemas de aproveitamento de água da chuva. Além disso, apresenta o tema e sua delimitação, assim como os objetivos gerais e específicos da pesquisa.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A água é um recurso fundamental para a sobrevivência do ser humano e está diretamente ligada com o desenvolvimento da humanidade. Ela é de suma importância para diversas áreas, como (UNESCO, 2012):

- Agricultura, que representa cerca de 70% da destinação das águas dos mananciais;
- Indústrias, com ampla quantidade de atividades, relacionadas ao desenvolvimento tecnológico e social e fornecimento de empregos, também é responsável por impactos negativos aos mananciais provenientes dos descartes incorretos de resíduos;
- Saúde pública, utilizada para hidratação e higienização de ambientes e objetos;
- Geração de energia elétrica, visto que a água está diretamente ligada a esse quesito, seja para resfriamento de reatores em processos de energia térmica ou como fonte de energia em usinas hidrelétricas;
- Desenvolvimento dos diversos ecossistemas e sobrevivência de animais e plantas.

A água potável é necessária principalmente para a hidratação, higiene e manutenção dos ecossistemas. Porém, vem se tornando cada vez mais escassa, trazendo desafios na área de gerenciamento de recursos hídricos.

Nos últimos anos, tivemos um grande aumento populacional. Segundo a ONU (2019), enquanto na década de 1960 a população era em torno de 3 bilhões de habitantes, em abril de 2019, a população mundial foi estimada em 7,7 bilhões de pessoas, com expectativa de chegarmos a 9,7 bilhões de pessoas em 2050.

O crescimento populacional gera um aumento da demanda pela água, devido às mudanças nos padrões de vida e consumo, assim como a expansão das

necessidades de agricultura. Porém, uma população maior reduz a disponibilidade da água potável, devido à intensa urbanização e à maior quantidade de descarte incorreto de resíduos, contaminando as fontes hídricas (TUNDISI, 2008).

Essa incompatibilidade entre a disponibilidade e demanda de água é o motivo de sua escassez, que é relativa a locais e períodos do ano diferentes, visto que muitas vezes, as avaliações da falta de água levam em consideração um período anual ou uma região muito extensa (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2016). Para Hoekstra e Mekonnen (2016), as análises de escassez de água não representam o que realmente acontece em algumas cidades ou em menores períodos. De acordo com dados levantados por eles, o número de pessoas que sofrem de escassez de água é muito maior do que normalmente é levantado, apontando que em torno de 4 bilhões de pessoas (aproximadamente 51% da população mundial) ficam em situação de escassez severa de água ao menos 1 mês do ano, sendo que até 2,9 bilhões de pessoas (aproximadamente 38% da população mundial) se encontram nessa situação 4 meses do ano.

Outro fator importante a ressaltar é a heterogeneidade da distribuição das reservas hídricas no planeta. Segundo o IBGE (2019) e a Agência Nacional de Águas – ANA (2010), no Brasil, a Região Norte possui 68% dos recursos hídricos brasileiros, sendo que possui apenas 8,77% da população nacional, enquanto a Região Sudeste, possui 6% dos recursos hídricos, porém representa 42,05% da população.

Com isso, cada vez mais vemos a importância do gerenciamento dos recursos hídricos e racionalização do uso de água, necessitando a conscientização da população e as buscas por soluções para evitar que o problema da escassez da água se agrave. É importante abandonarmos princípios ultrapassados de consumo desenfreado e buscarmos novas fontes de uso de água, como águas pluviais, subterrâneas e de reúso. (HESPANHOL, 2008).

Uma das soluções é o aproveitamento de água de chuva, com objetivo de reduzir o consumo de água potável, visto que a utilização da água captada poderá ser feita em diversos usos de água não potável, como descarga de bacias sanitárias, torneiras de jardins, lavagem de roupas, lavagem de calçadas e automóveis. Esse sistema se torna ainda mais vantajoso em áreas urbanas onde as coberturas representam grandes áreas de superfície impermeável.

1.2 TEMA

O tema proposto para este trabalho é o aproveitamento de água da chuva.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O tema está delimitado pela caracterização do consumo de água de uma edificação de uso misto em Gramado – RS, composta por uma parte residencial e outra parte comercial, sendo esta uma agência de turismo, onde foi feito o monitoramento dos usos de água não potável e o consumo diário, verificando a viabilidade de um sistema de aproveitamento de água da chuva para reduzir o consumo de água potável.

1.4 OBJETIVOS

Esta pesquisa foi desenvolvida de modo a serem alcançados os seguintes objetivos gerais e específicos:

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é fazer uma análise técnica e financeira da implantação de um sistema de captação de água de chuva para aproveitamento em uma edificação de uso misto na cidade de Gramado/RS.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o consumo de água para fim não potável na edificação de uso misto residencial;
- Organizar dados pluviométricos da região de estudo com o objetivo de dimensionar o sistema de captação de água da chuva;
- Avaliar a viabilidade da instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva em Gramado/RS;
- Estimar o potencial de economia de água potável com a instalação do sistema;

- Comparar os resultados de economia de água potável com diferentes regimes pluviométricos, considerando a existência deste sistema em diferentes localidades do Rio Grande do Sul.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, é apresentada a fundamentação teórica contemplada no desenvolvimento deste trabalho que orientou a pesquisa e metodologia adotada ao mesmo.

Os temas a serem abordados respectivamente dentro desta pesquisa são: demandas e usos da água e demais informações sobre sistemas de aproveitamento de água da chuva e seus componentes, como a área de captação, calhas e condutores, reservatórios e seus métodos de dimensionamento, manutenção, qualidade da água da chuva e potencial de economia do sistema.

2.1 DEMANDAS E USOS DA ÁGUA

Para Justes, Barberán e Farizo (2014), o uso de água dentro de uma residência ocorre no geral em três diferentes cômodos: na cozinha, no banheiro e na área de serviço. O consumo em cada um destes cômodos ocorre de maneira diferente para atividades distintas. Na cozinha, a água destina-se principalmente a preparação de alimentos, no banheiro, destina-se a higiene pessoal e na área de serviço, para a limpeza doméstica.

Existem diversas pesquisas a respeito de padrões de consumo de água residencial. Segundo Barreto (2008), Thackray, Cocker e Archibald (1978) estão entre os precursores da caracterização do perfil de consumo de água em residências, nas cidades americanas de Malvern e Mansfield. A pesquisa realizada por eles, em 1971, levantou dados de 853 residências e levou em consideração as leituras diárias dos hidrômetros, assim como anotações diárias, quantificando as utilizações dos pontos de consumos de água pelos moradores, os resultados são exibidos no Quadro 1.

Quadro 1 – Usos da água nas cidades de Malvern e Mansfield

Uso de água		Malvern		Mansfield	
		Litros por dia e por pessoa	%	Litros por dia e por pessoa	%
Lavagem de carro	com mangueira	< 0,05	< 0,05	0,1	0,1
	com balde	0,3	0,3	0,4	0,4
Rega de jardim		3,8	3,9	2,1	2,1
Irrigação de gramado		0,3	0,3	0,1	0,1
Banho de banheira		14,7	15,0	14,8	15,1
Banho de chuveiro		1,6	1,6	1,1	1,1
Descarga na bacia		30,0	30,7	33,0	33,6
Triturador de lixo		0,3	0,3	Não disponível	Não disponível
Lavadora de roupa		7,5	7,7	9,7	9,9
Lavagem de roupa (tanque)		2,7	2,8	4,0	4,1
Lavadora de louça		0,3	0,3	0,3	0,3
Uso básico		36,3	36,3	32,6	33,2
Total		97,0	100,0	98,2	100,0

Adaptado de: THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD (1978)

Gonçalves (1995), visando obter um padrão de consumo em residências para utilizar em sua dissertação, reuniu 11 artigos internacionais entre 1963 e 1981 que estimavam o consumo de água residencial e fez uma média entre eles. Com isso, identificou grande potencial de conservação de água potável, visto que o maior consumo de água identificado nos artigos era proveniente da bacia sanitária, os resultados encontrados são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Distribuição do consumo de água

Pontos de consumo	% em relação ao total
Bacia sanitária	38
Banho/chuveiro	29
Lavatório	5
Lavagem de roupa	17
Lavagem de louça	6
Beber/cozinhar	5
Total	100

Fonte: Gonçalves (1995)

Mesmo com diversas pesquisas com levantamentos de consumo de água, Tomaz (2005) cita que existe uma grande dificuldade em se prever a demanda de água não potável para todos os tipos de destinação, devido principalmente à falta de

conhecimento ao se afirmar o que seria água potável ou não potável. Para ele, uma das maneiras de se estimar o consumo de água seria através de parâmetros de engenharia. O Quadro 3 apresenta os parâmetros de demanda de água para uso interno, enquanto o Quadro 4 apresenta os parâmetros de demanda para uso externo.

Quadro 3 – Parâmetros de demanda de água de uso interno de uma residência nos Estados Unidos

Uso Interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto Mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	5
Número de pessoas na casa	Pessoa	2	5	3
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento de bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,3	0,15
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	Litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupas	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minutos/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão de torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte: Tomaz (2005)

Quadro 4 – Parâmetros de demanda de água de uso externo de uma residência nos Estados Unidos

Uso Interno	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim	Litros/dia	50
Manutenção de Piscina	Litros/dia/m ²	3
Perdas por evaporação em piscina	Litros/dia/m ²	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

Fonte: Tomaz (2005)

Ghisi, Montibeller e Schmidt (2006), em um estudo realizado no início da década de 2000, levantaram dados estatísticos sobre o potencial de economia com utilização de sistema de aproveitamento de água da chuva em 62 cidades no Sul do Brasil e observaram que a demanda média de água potável era de 117 litros/pessoa/dia, porém o valor da demanda variou entre 59 e 240 litros/pessoa/dia, mostrando que os padrões de consumo divergem por fatores econômicos, culturais e sociais.

Em um estudo sobre o perfil de consumo de água realizado em São Paulo, Barreto (2008) monitorou, por sete dias consecutivos, o consumo total e interno através da instalação de hidrômetros com *data-loggers* no cavalete de entrada e nos pontos de utilização. Foram monitoradas sete residências com renda familiar entre R\$500,00 e R\$2500,00 e com escolaridade dos moradores variando de primeiro ao terceiro grau, sendo que esses parâmetros foram identificados como uma relação crescente com o consumo. Os dados encontrados são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 – Consumo médio diário per capita por ponto de utilização e por morador

Ponto de utilização	Participação (%)	Consumo (L/dia)	Consumo per capita (L/dia/hab.)
Chuveiro	13,9	106,0	35,3
Pia de cozinha	12,0	91,0	30,3
Máquina de lavar roupas	10,9	83,0	27,7
Tanquinho de lavar	9,2	70,0	23,3
Tanque c/ máquina de lavar	8,3	63,0	21,0
Caixa acoplada	5,5	42,0	14,0
Tanque	5,4	41,0	13,6
Lavatório	4,2	32,0	10,8
Outros usos	30,6	232,0	77,4
Total	100,0	788	262,7

Fonte: Adaptado de Barreto (2008)

Com os dados apresentados, podemos observar que existem diferenças nos padrões de consumos de água. As variáveis que influenciam na demanda de água são diversas, dentre elas podemos citar a tarifa de água operada pela fornecedora, a utilização de equipamentos eficientes, o clima da região, as condições financeiras, o grau de instrução sobre a importância do consumo moderado, os dias da semana e até mesmo a idade dos moradores. Quando as localizações são mais próximas, maior é a homogeneidade da distribuição percentual dos tipos de aparelhos de consumo (MATOS *et al.*, 2013).

Ghisi e Oliveira (2007) realizaram um levantamento em duas edificações térreas na cidade de Palhoça – SC, visando analisar economicamente os benefícios do uso de água da chuva e de águas cinzas, de maneiras individuais e atuando simultaneamente. O monitoramento do consumo de água foi feito através da verificação do consumo final no hidrômetro e controlando a frequência de utilização e a vazão dos pontos de consumo de água por um período de 28 dias. Os resultados finais levantados por Ghisi e Oliveira (2007) está apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 – Consumo de água por ponto de utilização em duas residências no município de Palhoça

Aparelho ou Atividade	Residência A (%)	Residência B (%)
Chuveiro	32,8	45,6
Vaso sanitário válvula de descarga	30,4	25,6
Pia da cozinha	28,0	13,5
Máquina de lavar	6,2	8,2
Lavatório	1,9	2,6
Barbear	0,8	4,4

Fonte: Adaptado de Ghisi e Oliveira (2007)

Após a análise das duas residências apresentadas, Ghisi e Oliveira (2007), definindo que a água da chuva poderia ser aproveitada na máquina de lavar e na descarga da bacia sanitária, estimaram o potencial de economia de água potável em 36,6% para a Residência A. Para a Residência B, o potencial de economia foi de 33,8%. Observa-se que a Residência A possuía três habitantes, enquanto a Residência B apenas dois habitantes.

Em uma pesquisa de edificações multifamiliares, Ghisi e Ferreira (2007) entrevistaram os moradores em busca de informações sobre a frequência do uso dos pontos de consumo de água e o período de tempo que o mesmo é utilizado ao longo da semana. Após a conclusão das entrevistas, realizou-se uma média ponderada para estimar os valores finais de frequência e tempo de utilização. Entrevistou-se ao todo, 47 moradores, aproximadamente 33% da população total dos três edifícios analisados. Os valores finais de consumo de água por aparelho ou atividade estimados estão apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Consumo de água por ponto de utilização ou atividade em três edifícios residências em Florianópolis

Aparelho ou Atividade	Bloco A (%)	Bloco B (%)	Bloco C (%)	Média (%)
Vaso Sanitário	35,1	29,7	34,8	33,2
Chuveiro	16,2	23,2	28,6	22,6
Lavar louça	33,6	12,1	14,0	19,9
Lavatório	10,5	23,4	14,0	16,0
Lavar roupa	2,0	5,9	6,0	4,7
Limpeza	2,1	4,5	1,9	2,9
Cozinhar	0,4	1,2	0,7	2,8
Total (L/pessoa/dia)	166,3	197,8	152,8	172,3

Fonte: Adaptado de Ghisi e Ferreira (2007)

Nos dados acima, observa-se o vaso sanitário como o maior consumidor de água nos três edifícios. Ghisi e Ferreira (2007) concluíram que os percentuais possíveis de economia de água através do aproveitamento de água da chuva para os blocos A, B e C eram 39,2%, 40,1% e 42,7% respectivamente. Porém, os valores finais adotados foram relativamente menores, devido às limitações na captação de água da chuva e de reservatório para as edificações.

2.2 SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Mesmo com históricos de existência de sistemas de aproveitamento de água da chuva há milhares de anos, novas tecnologias desses sistemas são motivos de pesquisas em diversos países nas últimas décadas. O principal motivo para isso é a possibilidade de economizar água potável com a utilização de água da chuva, porém, é necessário considerar outros benefícios associados ao sistema, como a diminuição do volume de água que vai para os sistemas de drenagem urbana (TESTON *et al.*, 2018).

A maneira mais comum de utilização de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma edificação é através da economia de água potável pela substituição por água da chuva na bacia sanitária e usos de mangueira externa. Quando a instalação do sistema é feita em residências, também é comum a utilização da água aproveitada na máquina de lavar roupas (HERRMANN; SCHMIDA, 2000).

Para Teston *et al.*, (2018), os sistemas de aproveitamento de água da chuva são considerados um avanço na tecnologia e em métodos construtivos, porém, a percepção dos seus benefícios na utilização em edificações é relativamente pequena, quando comparada ao seu potencial. Também afirmam que o principal motivo disso seria a falta de legislações e incentivos para os sistemas de aproveitamento de água da chuva.

No assunto de incentivos fiscais, Tomaz (2005) aponta que na Alemanha, especificamente no estado de Hamburgo, é concedido a quem instalar os sistemas de aproveitamento de água da chuva um valor entre US\$ 1.500,00 a US\$2.000,00. O principal motivo do incentivo é que esses sistemas evitarão picos de enchentes.

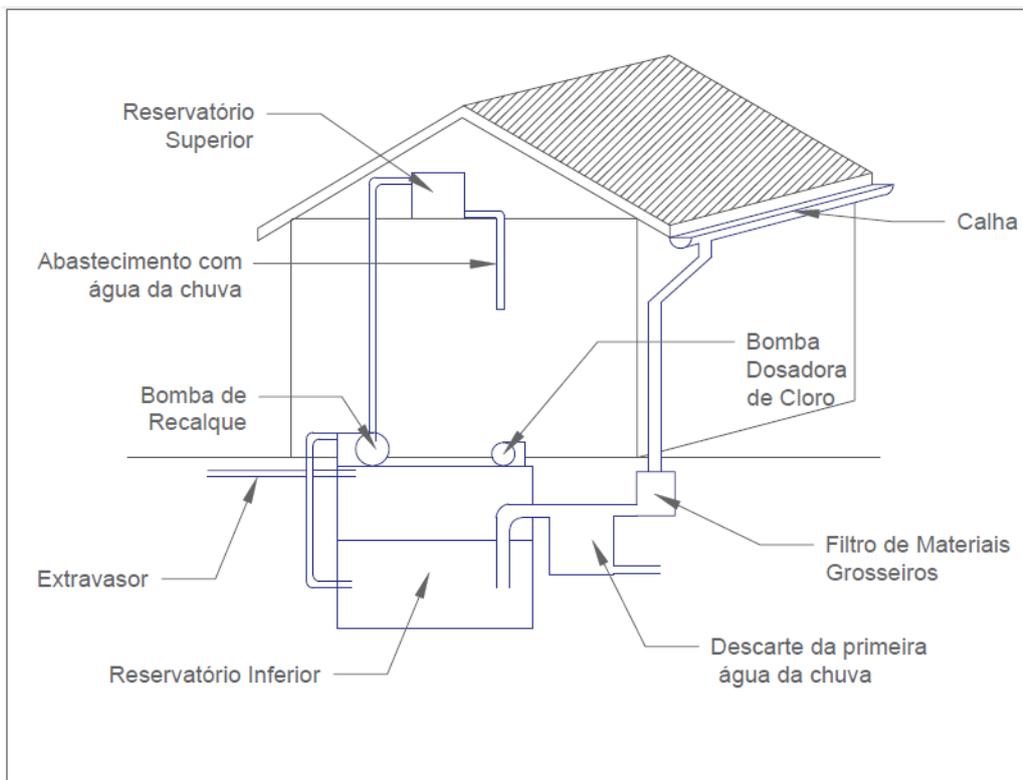
Na cidade de Porto Alegre, a Lei Municipal nº 10.506, de 5 de agosto de 2008, institui um programa de uso racional e aproveitamento de águas. De acordo com a lei, as novas edificações devem conter projeto de aproveitamento de águas pluviais, caso contrário, as edificações a serem executadas não estarão aptas para a obtenção dos licenciamentos para habitação.

Hentges (2013) aponta que até alguns anos atrás, a utilização de água da chuva era vista como uma prática nociva à saúde, porém, devido às mudanças dos últimos anos, principalmente com o aumento de poluição, criou-se normas que impõe diretrizes para a prática de utilização dos sistemas de aproveitamento. No Brasil, utilizamos a norma NBR-15527/2019 (ABNT, 2019) que se aplica sobre aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.

O sistema básico para a instalação de captação e aproveitamento de água da chuva é composto por: superfície de captação, calhas e condutores para condução das águas, reservatório de armazenamento, bomba de recalque no caso de reservatório superior e por fim, o abastecimento até os pontos de utilização não potáveis. (HENTGES, 2013).

Perius (2016) recomenda que junto ao sistema, seja instalado um filtro para evitar que impurezas entrem no reservatório de água da chuva. Além disso, aponta que a primeira água que escoar sobre o telhado, conhecida como água de lavagem, deve ser descartada, pois possui maior quantidade de contaminantes, provenientes das áreas de captação que ficam expostas. No caso da existência de um reservatório elevado para distribuição, é importante que seja instalada uma bomba que promova o recalque necessário para levar a água até o reservatório. Na Figura 1, apresentam-se os elementos que compõem um sistema de aproveitamento de água da chuva.

Figura 1 – Esquema da instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial



Fonte: Perius (2016)

2.2.1 Área de Captação

As áreas de captação da água da chuva são as superfícies nas quais a água é coletada e transportada até as calhas ou outras tubulações. Para Hagemann (2009), embora exista possibilidade de captação da água em superfícies como áreas de estacionamento, calçadas e pátios, a mais comum é através dos telhados, pois apresentam melhor qualidade de captação, devido a menor influência direta de poluição, por não estarem expostos ao uso de pedestres ou veículos. Outro ponto positivo apontado por ele é a possibilidade de a água ir até o reservatório de armazenamento por gravidade, descartando a necessidade de bombeamento para um reservatório superior.

O telhado de captação pode ser constituído de diversos materiais, como a telha cerâmica, fibrocimento, zinco, aço galvanizado, plástico, entre outros. O material que constitui o telhado é importante para definir o coeficiente de escoamento, que determina a quantidade de água da chuva que se transforma em escoamento superficial (HAGEMANN, 2009).

Para Tomaz (2005), o uso de telhados metálicos, como os de zinco e alumínio, diminui as perdas do potencial de escoamento, enquanto os telhados cerâmicos, devido à textura do material e sua menor eficiência de escoamento, aumentam as perdas da água precipitada. No Quadro 8, apresentam-se alguns coeficientes de escoamento superficial para diferentes tipos de materiais. Esse coeficiente é a razão entre o volume de água que escoou superficialmente pelo volume de água precipitado.

Quadro 8 – Coeficientes de escoamento superficial em diferentes materiais

Tipo de Material	Coeficientes de escoamento superficial
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0.9 a 0.95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz (2005)

A determinação da área de captação disponível é de extrema importância para fazer o levantamento da capacidade de água a ser coletada. Essa área pode ser medida de diversas maneiras, como verificação das plantas de cobertura, medição manual ou até mesmo com a utilização de ferramentas de planialtimetria. De acordo com Hemesath (2019), uma alternativa viável técnica e economicamente para determinar de forma precisa as áreas de influência de terrenos e estruturas é a fotogrametria por meio de VANT (Veículo aéreo não tripulado), que segundo o autor, é capaz de mensurar áreas, desníveis e volumes baseado em ortoimagens obtidas pelo veículo, que após tratamento em software de fotogrametria, resulta em um modelo digital de superfície, fiduciário às elevações em estudo, podendo inclusive ser utilizado como dado de entrada em softwares de engenharia hídrica. Esse tipo de levantamento por fotogrametria por meio de VANT ou drones pode determinar a dimensão e até mesmo inclinação de área de captação com precisão.

2.2.2 Calhas e Condutores

As calhas e condutores são responsáveis por levar a água coletada até o reservatório de armazenamento. No entanto, junto com a água, também são coletados sedimentos, fezes de animais, folhas e outros resíduos que estão dispostos na área

de captação, e irão proporcionar o crescimento bacteriano, contribuindo para a contaminação da água coletada (HENTGES, 2013). Por esse motivo, a limpeza das calhas e condutores deve ser feita periodicamente, e dispositivos como telas de proteção podem ser utilizados para diminuir a contaminação (UNEP, 2002). A NBR 15527/2019 (ABNT, 2019) também aponta que as inspeções das calhas devem ser feitas semestralmente, com limpeza sempre que necessário. A UNEP (2002) recomenda que a inspeção desses elementos seja feita preferencialmente em dias chuvosos, pois facilita a detecção de goteiras e buracos.

Os materiais utilizados para a fabricação das calhas e condutores são diversos, podendo ser utilizados o PVC, alumínio e aço galvanizado, cada um com suas respectivas durabilidades. A correta instalação das calhas é importante para evitar a formação de poças ao longo das mesmas, o que pode causar a proliferação de mosquitos (MOSLEY, 2005).

Segundo a UNEP (2002), é importante que exista uma identificação dos condutores do sistema de aproveitamento de água da chuva (como cores diferentes) para que não sejam confundidos com as tubulações de água potável. Também é recomendado que as torneiras externas estejam acompanhadas de placas com ilustrações de água não potável. Caso seja do interesse do usuário, poderão ser instaladas torneiras removíveis, para evitar acidentes com crianças.

De acordo com a NBR 15527/2019 (ABNT, 2019), o dimensionamento das calhas deve seguir as recomendações da NBR 10844/1989 (ABNT, 1989) e observar o período de retorno escolhido para a precipitação, vazão de projeto e a intensidade pluviométrica. Também há uma observação para que não se adote um período de retorno inferior a 25 anos.

2.2.3 Reservatórios - Métodos de Dimensionamento

Os reservatórios são responsáveis por armazenar a água da chuva coletada e geralmente é o componente com maior custo de todo sistema. Portanto, seu dimensionamento deve ser realizado cautelosamente para não inviabilizar economicamente a instalação do sistema. Além do fator custo, a capacidade de armazenamento afeta a eficiência do sistema de suprir as necessidades de consumo de água não potável (HENTGES, 2013).

Para Perius (2016), o dimensionamento do reservatório é uma tarefa complexa, visto que um reservatório ideal armazenaria o máximo possível da água precipitada, mas para isso, teria um volume ocioso muito grande na maior parte do tempo, aumentando excessivamente os custos do sistema de aproveitamento de água da chuva. Por outro lado, um reservatório muito barato, de menor capacidade, pode causar diversas falhas ao sistema.

Cohim, Almeida e Kiperstok (2007) apontam que o tamanho do reservatório depende de diversos fatores como: o índice pluviométrico da região, o material da área de captação e as demandas não potáveis a serem atendidas. Observa-se que existe também um nível de risco aceitável ao esvaziamento do reservatório, que leva em consideração a existência ou não de uma fonte secundária para suprir as demandas de água não potável.

Segundo Cohim, Almeida e Kiperstok (2007), geralmente procura-se construir reservatórios de grandes dimensões, regularizando a vazão, para que a água acumulada do período chuvoso possa ser utilizada ao longo do período de estiagem. Perius (2016) discorda dessa afirmação, visto que esse pensamento se aplica especialmente em locais sem outras fontes de fornecimento de água. Em áreas urbanas, com sistemas públicos de abastecimento de água, deve-se adotar uma análise onde a água pluvial funciona como fonte complementar, podendo o sistema ser abastecido pela rede pública durante as estiagens, diminuindo o custo e dimensão do reservatório, assim como sua eficiência, em busca de um melhor custo-benefício.

Amorim (2008) comparou diversos métodos de dimensionamentos e apontou que é bastante interessante se utilizar o método de análise de simulação, visto que no seu estudo se mostrou a melhor opção para utilização de reservatórios de menor volume. Através de sua aplicação, pode-se estimar variados volumes de reservatórios e verificar suas respectivas eficiências.

Existem na literatura diversos modelos e métodos de dimensionamento de reservatórios, que calculam a relação entre a quantidade de água captada e a demanda de água não potável (COHIM; ALMEIDA; KIPERSTOK, 2007). Alguns dos métodos de dimensionamento estão apresentados a seguir.

2.2.3.1 Método de Rippl

Para a aplicação do Método de Rippl, pode-se utilizar dados mensais ou diários de precipitação da região estudada. Cohim, Almeida e Kiperstok (2007) recomendam a utilização do método com dados diários, pois os dados mensais apresentam volume de reservatório significativamente maior. Para o método, utilizam-se as equações abaixo:

$$Q_{(t)} = P_{(t)} \times A \times C \quad (1)$$

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (2)$$

$$V = \sum S_{(t)} \quad (3)$$

Onde:

$S_{(t)}$ = volume de água no reservatório no tempo t (m^3);

$Q_{(t)}$ = volume de chuva captada no tempo t (m^3);

$D_{(t)}$ = demanda ou consumo no tempo t (m^3);

$P_{(t)}$ = precipitação no tempo t (mm);

C = coeficiente de escoamento superficial;

A = área de captação (m^2);

V = volume do reservatório (m^3).

Para Tomaz (2005) e Perius (2016), o Método de Rippl regulariza o abastecimento de água tanto no período chuvoso, quanto no período de estiagem. Por esse motivo, frequentemente esse método apresenta grandes dimensões de reservatório, inviabilizando técnica e economicamente a implantação do sistema, pois precisaria de um alto investimento financeiro e amplo espaço para a instalação (PERIUS, 2016).

2.2.3.2 Método de Azevedo Neto

O dimensionamento do volume do reservatório é obtido através de apenas uma equação, com três parâmetros. Além disso, o método não considera o consumo de água da edificação.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (4)$$

Onde:

P = precipitação média anual, (mm);

T = número de meses de pouca chuva ou seca no ano;

A = área de captação (m²);

V = volume do reservatório (L).

2.2.3.3 Método da Simulação

Para um determinado período, aplica-se a equação da continuidade em um reservatório com volume pré-definido. Assim, avaliam-se volumes diferentes para, ao final, escolher o que melhor atende à demanda, analisando seu volume e sua eficiência.

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

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

Onde:

S_(t) = volume de água no reservatório no tempo t (m³);

S_(t-1) = volume de água no reservatório no tempo t-1 (m³);

Q_(t) = volume de chuva no tempo t (m³);

D_(t) = demanda de água no tempo t (m³);

P = precipitação de chuva, (mm);

T = número de meses de pouca chuva ou seca;

A = área de captação (m²);

C = coeficiente de escoamento superficial.

2.2.3.4 Método prático alemão

Método empírico que adota como volume de reservação o valor mínimo entre 6% do volume anual de consumo ou 6% da precipitação anual aproveitável.

$$V = 0,06 \times [\text{mín}(P \times A ; 365 \times D)] \quad (7)$$

Onde:

P= precipitação média anual (mm);

A = área de captação (m²);

D = demanda diária (L/dia).

2.2.3.5 Método prático inglês

O volume do reservatório de armazenamento é obtido através de uma equação que adota 5% do volume anual de água captada.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (8)$$

Onde:

P= precipitação média anual (mm);

A = área de captação (m²);

V = volume do reservatório (L).

2.2.3.6 Método prático australiano

Primeiramente, calcula-se o volume de chuva total do mês. Após, calcula-se o volume do reservatório, por tentativas, levando em consideração o consumo e o percentual de atendimento à demanda desejado.

$$Q_{(t)} = A \times C \times (P - I) \quad (9)$$

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (10)$$

Onde:

C = coeficiente de escoamento;

P = precipitação média mensal (mm);

I = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2mm (mm);

A = área de coleta (m²);

Q_(t) = volume mensal produzido pela chuva no mês t (m³ na Equação 9, L Equação 10);

V_(t) = volume de água que está no tanque no fim do mês t (L);

V_(t-1) = volume de água que está no tanque no início do mês t (L);

D_(t) = demanda mensal (L).

2.2.3.7 Software Netuno

O Netuno, versão 4, é um programa computacional, desenvolvido no LabEEE/UFSC por Ghisi e Cordova (2014) que simula um sistema de captação de

água da chuva com objetivo de determinar o volume ideal de reservatório para um determinado potencial de economia.

O potencial de economia de água potável é determinado após a inserção dos seguintes dados de entrada no programa: dados de precipitação, descarte de escoamento inicial (mm), área de captação (m^2), demanda per capita de água potável (L/dia), número de moradores, porcentual de demanda a ser substituída pela água da chuva, coeficiente de escoamento superficial da área de captação, escolha de reservatório inferior com volume conhecidos ou diversos volumes.

O algoritmo utilizado na simulação do sistema utiliza dados diários de precipitação, onde encaminha o volume de água da chuva captado para o reservatório, descontado da quantia perdida no sistema pelo descarte inicial e coeficiente de escoamento. Após, com a determinação do volume de demanda diário são realizados balanços diários da relação de água da chuva reservada e consumida. Os resultados são apresentados em base diária e mensal, para facilitar a análise do sistema de captação de água da chuva (GHISI; CORDOVA, 2014).

Para a determinação do volume ideal de reservatório através da análise de diversos volumes, se determina o volume máximo do reservatório e o intervalo entre volumes de análise. Sendo assim, se o volume máximo por exemplo for 1000 litros com intervalo de 250 litros, as simulações serão feitas em reservatórios de 250 litros, 500 litros, 750 litros e 1000 litros. Com isso, o volume ideal pode ser definido pelo usuário ao comparar o potencial de economia obtido para volumes de reservatórios adjacentes, visto que a partir do momento em que intervalo entre potenciais de economias não tenha impacto considerável na economia de água potável, o aumento do volume de reservatório não é mais interessante (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011).

O procedimento de cálculo do algoritmo utilizado pelo Netuno começa pelo volume de água captado. A Equação (11) apresenta esse cálculo:

$$H_{(t)} = A \times C \times P_{(t)} \quad (11)$$

Onde:

$H_{(t)}$ = volume de água pluvial captada no tempo t (L/dia);

A = área de captação (m^2);

C = coeficiente de escoamento superficial da área de captação;

$P_{(t)}$ = precipitação pluviométrica diária (mm/dia ou L/ m^2 /dia).

Depois, é determinado o volume consumido de água da chuva diariamente. Esse volume é determinado pelo valor mínimo da Equação (12).

$$C_{(t)} = \text{mín} (Dp \times D \times n ; V_{(t-1)} + H_{(t)}) \quad (12)$$

Onde:

$C_{(t)}$ = volume de água pluvial consumido no tempo t (L/dia);

Dp = porcentagem da demanda diária de água pluvial em relação a demanda de água total;

D = demanda per capita de água potável (L/dia);

n = número de moradores;

$V_{(t-1)}$ = é o volume de água de chuva disponível no reservatório no período t-1 (L);

$H_{(t)}$ = é o volume de água de chuva captada no período t (L/dia).

Com isso, é calculado o volume disponível no reservatório de água da chuva após atender a demanda diária. Esse volume é obtido de acordo com a Equação (13).

$$V(t) = \text{máx} \{ 0 ; [\text{mín} (V_{(t-1)} + H_{(t)} - C_{(t)} ; V - C_{(t)})] \} \quad (13)$$

Onde:

$V_{(t)}$ = volume de água pluvial disponível no reservatório após suprir a demanda em t (L);

$V_{(t-1)}$ = volume de água pluvial disponível no reservatório no período t-1;

$H_{(t)}$ = volume de água da chuva captada no período t (L/dia);

$C_{(t)}$ = volume de água da chuva consumido no período t (L/dia);

V = volume do reservatório de água da chuva (L).

Por fim, é determinado o potencial de economia de água potável do sistema simulado, conforme a Equação (14).

$$E = 100 \times (\sum_{i=0}^d C_{(t)}) / (D \times n \times d) \quad (14)$$

Onde:

E = potencial de economia de água potável estimado (%);

$C_{(t)}$ = volume de água da chuva consumido no período t (L/dia);

D = demanda per capita de água potável (L/dia);

n = número de moradores;

d = é o número de dias no período analisado.

Em um comparativo de métodos de dimensionamento de reservatório, Rupp, Munarim e Ghisi (2011) analisaram os métodos de Rippl, da Simulação, de Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês, Prático Australiano comparando os seus resultados com os resultados obtidos pelo *software* Netuno para três cidades do Brasil com características distintas de precipitação. No estudo, analisou-se para cada cidade 27 combinações diferentes de dimensão de área de captação, demanda de água potável e a porcentagem de substituição de água potável por pluvial.

Nos resultados da pesquisa, Rupp, Munarim e Ghisi (2011) encontraram diversas situações onde os métodos de dimensionamento não atendiam alguma das combinações. Nos métodos de Rippl, da Simulação e Prático Australiano só foi possível quando em algum período de análise, a demanda de água pluvial foi maior que o volume mensal de água pluvial. Assim, observou-se que os três métodos apresentam volumes menos coerentes de reservatório com o aumento dos índices pluviométricos.

Nos casos dos métodos de Azevedo Neto e Prático Inglês, houve dependência apenas dos dados pluviométricos e da área de captação, portanto foi possível dimensionar os reservatórios em todos os casos. Porém, os resultados foram constantes para cada cidade, visto que os métodos não consideram a demanda de água pluvial, obtendo maiores valores de reservatório apenas para maiores precipitações. Já no método Prático Alemão, o volume variou a partir da demanda de água pluvial, porém subdimensionou os reservatórios na cidade com menor precipitação (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011).

Por fim, o único método que fornece o potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório de água da chuva é o Netuno. Também foi o único a se ajustar em função da demanda de água da chuva e os índices pluviométricos (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011).

2.2.4 Manutenção

A NBR 15527/2019 (ABNT, 2019) apresenta recomendações para a conservação e utilização do sistema de aproveitamento de água da chuva, como: a indicação que os dispositivos escolhidos sejam de fácil manutenção e duráveis; a utilização de telas para reter contaminantes da água que podem ser substituídas periodicamente, e; a recomendação do descarte do volume não aproveitado da água

da chuva na rede de galerias de águas pluviais ou infiltrado no solo (desde que não haja risco de contaminação do lençol freático). O Quadro 9 apresenta sugestões de frequências de manutenção a serem seguidas, conforme ABNT (2019).

Quadro 9 – Frequência de Manutenção dos componentes do sistema de aproveitamento de água da chuva

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivos de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Calhas	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Área de captação, condutores verticais e horizontais	Inspeção semestral, limpeza quando necessário
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual, limpeza quando necessário

Fonte: Norma NBR 15527/2019 (ABNT, 2019).

2.2.5 Qualidade da Água de Chuva

A qualidade da água da chuva é diretamente relacionada com a localização geográfica da amostragem, a presença de vegetação ao redor da área de captação, a presença de carga poluidora (centros industriais) e a intensidade da chuva (TOMAZ, 2005).

Hagemann (2009) aponta que em muitos casos, a qualidade da água da chuva é melhor do que a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Por não estar em contato com o solo e nem sujeita ao lançamento de poluentes, a qualidade da água da chuva pode ser razoável para diversos usos.

A água que escorre pelo telhado pode conter diversos contaminantes, o que aponta que após passar pela área de captação, a qualidade da água difere de sua qualidade inicial (TOMAZ, 2005). Mosley (2005) apresenta os principais contaminantes da água da chuva e a probabilidade desses contaminantes chegarem ao reservatório. Esses dados estão apresentados no Quadro 10.

Quadro 10 – Tipos de contaminantes de água da chuva

Contaminantes	Fonte	Risco de chegar ao reservatório
Poeira e cinzas	Vegetação e poluição dos arredores	<i>Moderado: Pode ser minimizado com a manutenção periódica do sistema e a utilização de um aparelho de first-flush.</i>
Bactérias patogênicas	Fezes de animais e animais mortos	<i>Moderado: As bactérias podem se concentrar na sujeira ou em animais mortos. Este problema pode ser minimizado com a utilização de sistema first-flush e uma boa manutenção da área de captação, condutores e reservatório.</i>
Metais pesados	Poluição de áreas industriais	<i>Baixo: Ocorre somente caso o vento carregue estes poluentes junto à chuva em uma área de atividade industrial muito próxima.</i>
Larvas de Mosquitos	Ovos de mosquitos nas calhas ou reservatório	<i>Moderado: Pode ser evitado com telas nos reservatórios e instalação correta das calhas</i>

Fonte: Adaptado de Mosley (2005)

As primeiras águas precipitadas são responsáveis por carregar os contaminantes da área de captação. Caso esses contaminantes cheguem ao reservatório de armazenamento, a qualidade da água reservada estará comprometida (PERIUS, 2016). Para que haja o descarte de parte significativa dos contaminantes da área de captação e calhas, é comum a instalação de um dispositivo de descarte do escoamento inicial, chamado de *first-flush*. A NBR 15527/2019 (ABNT, 2019) recomenda que sejam descartados 2 milímetros da precipitação inicial. Além disso, a norma recomenda que a limpeza do dispositivo seja feita trimestralmente.

Gikas e Tsihrintzis (2012) apontam que a instalação do dispositivo first-flush melhora a qualidade físico química da água drasticamente, mas não evita a contaminação microbiana da água armazenada, portanto, mesmo com o dispositivo, a água não é potável. Porém, a água pode ser utilizada para usos externos e em descargas da bacia sanitária por exemplo.

Hagemann (2009) em seu estudo, onde comparou a coleta da água diretamente da atmosfera com a de área de captação, aponta que a água captada diretamente da atmosfera demonstrou melhor qualidade, por não passar pelas impurezas presentes em uma área de captação. Observou-se também que a chuva de menor intensidade foi a que obteve melhor qualidade de água coletada, comprovando que o carreamento da chuva influencia diretamente na qualidade da

água, e recomenda que na utilização de um dispositivo de descarte do escoamento inicial, descartem-se os primeiros 3 milímetros da precipitação inicial, pois menores volumes de descontaminação não foram suficientes.

Martinson e Thomas (2005), ao analisarem a eficiência de diferentes volumes de descarte de escoamento inicial, concluíram que um descarte de 0,5 milímetros seria responsável por remover apenas 35% dos contaminantes, enquanto um descarte de 2 milímetros de escoamento inicial é capaz de remover 90% dos contaminantes, e preservar 85% da água total coletada, mostrando que este valor de descarte inicial resulta em uma ótima capacidade de manter a água coletada em condições adequada.

2.2.6 Potencial de Economia

No município de Irati, no Paraná, Maia, Santos e Oliveira Filho (2011) realizaram um estudo contabilizando quase três mil residências, com levantamento das áreas de captações das residências através de ortoimagens georreferenciadas.

O tamanho do reservatório foi estipulado através de dois métodos diferentes. O primeiro método foi o da simulação, que varia o volume do reservatório mostrando o seu respectivo percentual de atendimento à demanda. O reservatório que apresentou valor inferior a 0,5% de economia de água em relação ao anterior foi selecionado. O segundo método foi considerar a economia mínima de água potável de 90%. O tamanho de reservatório foi definido como o menor encontrado nos dois métodos (MAIA; SANTOS; OLIVEIRA FILHO, 2011).

A demanda de água por residência foi estimada em aproximadamente 330 litros/dia, sendo que 50% desse valor (165 litros/dia) foi considerado por eles como demanda não potável. O coeficiente de escoamento superficial da área de captação foi adotado como 0,85 e considerou-se 1 mm de descarte pelo dispositivo *first-flush* (MAIA; SANTOS; OLIVEIRA FILHO, 2011).

Por fim, a economia residencial diária de água encontrada foi de 148,43 litros, quase 90% da demanda de água não potável diária. Esse valor representa cerca de 45% da demanda total de água residencial considerada (MAIA; SANTOS; OLIVEIRA FILHO, 2011).

Salla *et al.* (2013) analisaram tecnicamente a viabilidade da instalação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma edificação pública de ensino

no município de Minas Gerais. A edificação possui dois reservatórios elevados, um destinado à demanda potável e outro à demanda não potável, com ramais de distribuição distintos. Durante o estudo, os dois reservatórios eram abastecidos com água potável. O reservatório superior destinado à demanda não potável era de 21.400 litros e determinou-se um consumo de água não potável de 4,56 m³/dia através de medição no hidrômetro instalado no canal de alimentação.

Para a determinação da população do edifício, que é flutuante ao longo do ano, estimou-se um intervalo entre 10% e 40% da capacidade total da edificação. Portanto, os dados apresentados dos volumes de reservatórios estão dispostos para 10%, 20%, 30% e 40% da capacidade total da edificação (SALLA *et al.*, 2013).

O dimensionamento do reservatório inferior e o potencial de economia de água potável foram verificados através do *software* Netuno. Com isso, foram obtidos volumes de reservatório inferior entre 7,9 m³ e 14,0 m³, com potencial de economia entre 30,5% e 53,2% para 141 alunos. Para a quantidade de 282 alunos, foram definidos volumes de reservatório de 8,7 m³ a 18,0 m³, com potencial de economia entre 25,0% e 41,1%. Para 423 alunos, volumes de reservatório entre 10,1 m³ a 18,0 m³ foram calculados como tendo potencial de economia entre 21,2% e 31,6%. E por fim, entre 11,1 m³ e 18,2 m³ de volume de reservatório, foi calculado um potencial de economia entre 18,2% e 25,2% para 564 alunos (SALLA *et al.*, 2013).

Marinoski e Ghisi (2008) verificaram o potencial de economia de água potável através da instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma instituição de ensino no município de Florianópolis. Foi determinado um consumo diário de 8.750 litros de água para a edificação através da caracterização do uso de água, equivalente a 201.250 litros por mês (considerando 23 dias letivos) e a demanda de água não potável para a instituição de ensino foi equivalente a 63,5% da demanda de água total.

O volume ideal de reservatório inferior foi obtido utilizando um método semelhante ao método da simulação, analisando o potencial de economia equivalente a cada volume de reservatório. Adotaram-se dois reservatórios inferiores de 15.000 litros cada. Para o reservatório superior, foram adotados dois reservatórios de 3.000 litros cada, responsáveis por armazenar a demanda diária de água não potável (MARINOSKI; GHISI, 2008).

Portanto, com 6.000 litros para a reservação superior e 30.000 litros para a reservação inferior, o percentual total de economia de água potável foi de 45,8%. Com

esse percentual de economia e os custos da tarifa de água, dos materiais e das instalações na época, o período de retorno do investimento seria de 4 anos e 10 meses (MARINOSKI; GHISI, 2008).

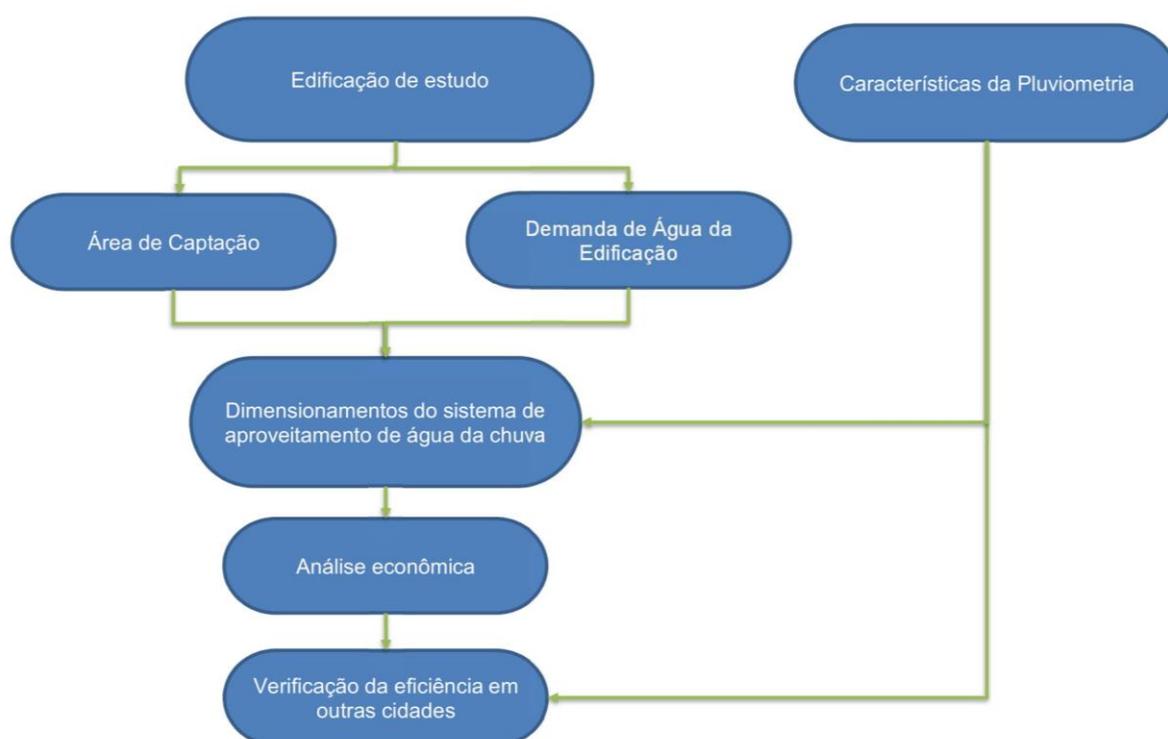
Rahman, Keane e Imteaz (2012) realizaram um estudo em Sydney, na Austrália, para verificar a eficiência e benefícios econômicos da utilização de um sistema de aproveitamento de água da chuva, considerando os descontos oferecidos pelo governo para a instalação do sistema. Foram considerados três diferentes tipos de combinações de uso de água para análise: bacia sanitária e lavagem de roupas; irrigação (uso externo) e bacia sanitária, e; lavagem de roupas e irrigação combinados. Também consideraram três diferentes volumes de reservatório: 2 m³, 3 m³ e 5 m³ (RAHMAN; KEANE; IMTEAZ, 2012). Os resultados da pesquisa apontam que devido aos baixos índices pluviométricos do país, a instalação de um sistema de aproveitamento de água da chuva na Austrália só se torna economicamente viável na terceira combinação (bacia sanitária, lava roupas e irrigação), enquanto que nas outras combinações, o incentivo governamental deveria ser maior para justificar as instalações (RAHMAN; KEANE; IMTEAZ, 2012).

Em geral, a média de economia de água potável para a primeira combinação (bacia sanitária e lava roupas) foi de 85% para o reservatório de 2 m³, 90% para o reservatório de 3 m³ e 97% para o reservatório de 5 m³. Já para a terceira combinação (bacia sanitária, lava roupas e irrigação), a média de economia de água potável para o reservatório de 2 m³ foi de aproximadamente 52%, 55% para o reservatório de 3 m³ e 58% para o reservatório de 5 m³ (RAHMAN; KEANE; IMTEAZ, 2012).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os métodos utilizados para a elaboração da análise de viabilidade do sistema de aproveitamento de água da chuva. São abordadas as características da pluviometria, demanda de água e características da edificação e materiais e equipamentos necessários para a implantação do sistema com posterior análise econômica do sistema, definindo o tempo de retorno do investimento. Após, o sistema definido ainda teve sua eficiência verificada em outras cidades do Rio Grande do Sul. A Figura 2 apresenta um fluxograma da metodologia.

Figura 2 – Fluxograma do método utilizado



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1 EDIFICAÇÃO DE ESTUDO

A edificação em estudo nesse trabalho é de uso misto, residencial e comercial, localizada na Rua Acácia Negra, 80, bairro Avenida Central em Gramado-RS. A edificação de dois pavimentos engloba a central de uma agência de turismo receptivo, com escritório e espaço para atendimento e venda de passeios, e uma residência

onde habitam 4 adultos. As plantas baixas do 1º pavimento e do 2º pavimento estão apresentadas no Apêndice A e Apêndice B respectivamente.

Na parte comercial da edificação, no 1º pavimento, de 119,80 m², há um escritório onde trabalham diariamente três funcionários da área comercial e administrativa. Esse escritório também recebe os motoristas antes das saídas dos passeios e após o retorno com os veículos da agência. Para a lavagem de veículos, feita na área externa aos fundos, utiliza-se a mangueira da torneira de jardim, que atualmente consome a água do abastecimento público. No 1º pavimento também há uma sala para atendimento a clientes, um banheiro de uso geral para clientes e funcionários, e um estar com cozinha integrada. A área de serviço da residência também se encontra no andar inferior, com tanque e máquina de lavar roupas.

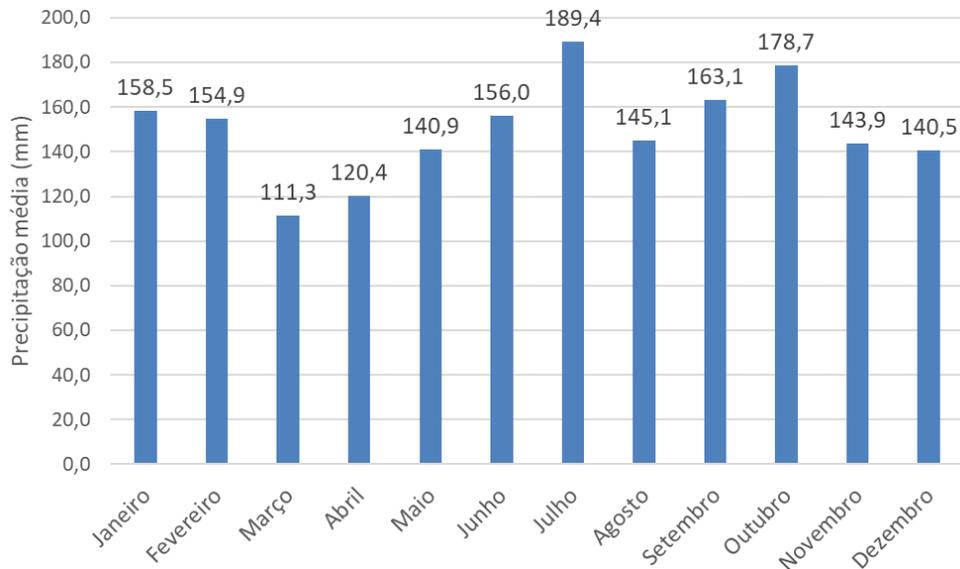
Na parte residencial da edificação, no 2º pavimento, de 99,44 m², há uma sala de estar com sacada, uma cozinha com mesa de jantar e duas suítes, cada uma com lavatório, bacia sanitária com caixa acoplada e chuveiro.

3.2 PLUVIOMETRIA DE PROJETO

As informações de pluviometria foram obtidas através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP, do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Os dados pluviométricos utilizados no trabalho, e que foram inseridos no *software* Netuno estão em séries de precipitação diárias. Os dados pluviométricos são necessários para o dimensionamento do reservatório de água da chuva, assim como a análise de potencial de economia do sistema.

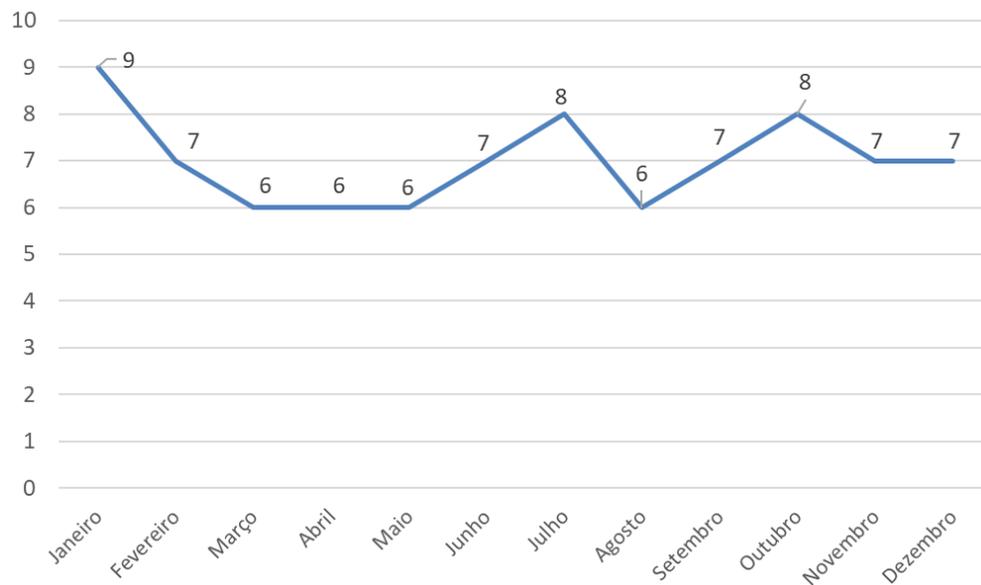
Como Gramado não possui uma estação pluviométrica própria, os dados utilizados foram obtidos através de uma estação pluviométrica localizada em Caxias do Sul (código 83942), a latitude 29º9'36" Sul, longitude 51º12'0" Oeste e altitude de 759,6 metros. Essa estação tem registros meteorológicos com início de funcionamento em 1912, porém os registros disponíveis por meio digital são fornecidos a partir do ano de 1961 (INMET, 2014). Para o trabalho, foram considerados os dados a partir do ano 2000 até o final do ano de 2019. A Figura 3 e a Figura 4 apresentam as médias mensais de precipitação e o número médio de dias no mês com precipitação maior que 5mm para o período de 1981 a 2010, respectivamente.

Figura 3 - Precipitação média mensal no período de 1981 a 2010 da Estação Meteorológica INMET de Caxias do Sul



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4 – Número de dias no mês com precipitação maior ou igual a 5mm no período de 1981 a 2010 da Estação Meteorológica INMET de Caxias do Sul



Fonte: Elaborado pelo autor

3.3 LEVANTAMENTO DA DEMANDA DE ÁGUA EM UMA EDIFICAÇÃO DE USO MISTO

Para determinar a demanda de água total diária da edificação, adotou-se o consumo diário marcado no hidrômetro, analisado duas vezes por dia durante três

semanas. Para determinar a quantidade de água potável que pode ser substituída por água pluvial, foi necessário determinar qual a demanda de água não potável da edificação.

Para a determinação da demanda de água não potável da edificação, monitorou-se o número de utilizações de alguns pontos de consumo de água durante três semanas. Os pontos de consumo de água monitorados foram: as descargas das bacias sanitárias de caixa acoplada de todos os banheiros, a torneira de jardim para lavagem de carros e vans e a máquina de lavar roupas.

Para o consumo de água por utilização da torneira de jardim, cronometrou-se por cinco lavagens o tempo gasto com a mangueira acionada, e com isso, calculou-se um tempo médio de acionamento da mangueira, que possui uma vazão de 0,55 litros/segundos ou 33 litros/minuto. Essa vazão foi obtida através de testes, cronometrando o tempo necessário para encher um balde de 5 litros com a mangueira acionada.

Para as descargas dos vasos sanitários, adotou-se um valor de 6 litros/descarga, de acordo com as informações do fabricante. Para a máquina de lavar roupas, o consumo de água por ciclo é de 150 litros, conforme selo do INMETRO no equipamento.

Com os dados do monitoramento dos pontos de consumo e verificações diárias no hidrômetro externo, determinou-se o consumo diário de água da edificação. Após, o consumo foi dividido em consumo não potável que contém os pontos de torneira de jardim, bacia sanitária e máquina de lavar roupas, e em demanda de água potável, referente ao chuveiro, lavatório e aos demais pontos não monitorados. A diferença do valor estimado de demanda de água dos pontos monitorados, para a verificação diária do hidrômetro foi considerada como consumo de água potável.

3.4 ÁREA DE CAPTAÇÃO

A área de captação do projeto é o telhado de duas águas da edificação, que tem 30° de inclinação. A NBR 10844/1989 (ABNT, 1989) cita que deve se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva drenadas. A norma indica que a área de contribuição seja calculada através da Equação (15), de acordo com as variáveis da Figura 5.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b \quad (15)$$

Onde:

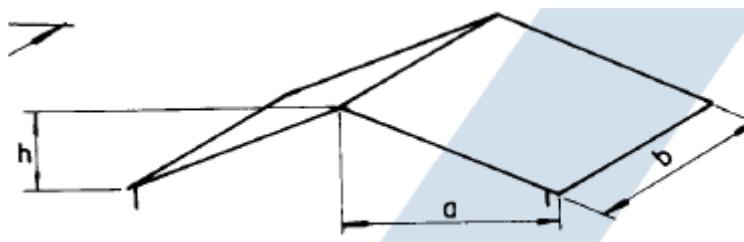
A = área de contribuição (m²);

a = largura plana da água do telhado (m);

h = altura do telhado (m);

b = comprimento do telhado (m).

Figura 5 – Área de Contribuição de uma superfície inclinada



Fonte: ABNT (1989, p.5).

O coeficiente de escoamento do material do telhado também deve ser considerado. O telhado da edificação é de fibrocimento e o coeficiente de escoamento adotado foi de 0,90 conforme Perius (2016).

3.5 CALHAS E CONDUTORES

O dimensionamento iniciou identificando-se a área de captação, considerando o acréscimo devido à inclinação das telhas, e o sentido de escoamento das águas do telhado, assim como a locação das calhas e condutores. Após, utilizou-se as especificações da NBR 10844/1989 (ABNT, 1989), que para áreas de captação formadas por coberturas, estabelece um período de retorno de cinco anos. Para a duração da precipitação, adotou-se um valor de 5 minutos. Com esses valores, foi possível determinar a intensidade pluviométrica através de uma equação IDF de um posto pluviométrico de Farroupilha (SCALCO et al., 2009). Essa equação foi escolhida devido à proximidade geográfica da cidade de projeto, assim como pela similaridade entre altitudes, e está apresentada a seguir.

$$I = \frac{(1060 \times T^{0,1975})}{(t+11,5993)^{0,8071}} \quad (16)$$

Onde:

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

T= tempo de retorno (anos);

t = tempo de duração da precipitação (minutos).

Com a intensidade pluviométrica, foi possível calcular a vazão de projeto das calhas, apresentados abaixo na Equação (17) abaixo:

$$Q = (C \times I \times A) / 60 \quad (17)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (L/min);

C = coeficiente de escoamento, adotado como C = 0,90, conforme Perius (2016).

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

A = Área de contribuição (m²).

Para as calhas do projeto, adotou-se o modelo Aquapluv, conforme a Figura 6 da Tigre, em PVC rígido, com coeficiente de rugosidade de 0,011 com formato semi-circular, de diâmetro comercial de 125mm e 90,5mm de altura.

Figura 6 – Calha Aquapluv



Fonte: Tigre (2020)

Para o dimensionamento dos condutores verticais, além da vazão de projeto, é necessário determinar a altura da lâmina de água na calha, bem como o comprimento do condutor vertical. Com esses valores utiliza-se o ábaco apresentado no Anexo A. A NBR 10844/1989 (ABNT, 1989) indica que o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais seja de 70 milímetros.

O dimensionamento dos condutores horizontais é feito através da contribuição recebida dos condutores verticais, o coeficiente de rugosidade do material e com a adoção de uma declividade de 0,5%, 1%, 2% ou 4%. Com isso, utilizou-se uma tabela da NBR 10844/1989 apresentada no Anexo A para determinar o diâmetro interno dos condutores baseado na sua capacidade de atendimento a vazão.

3.6 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

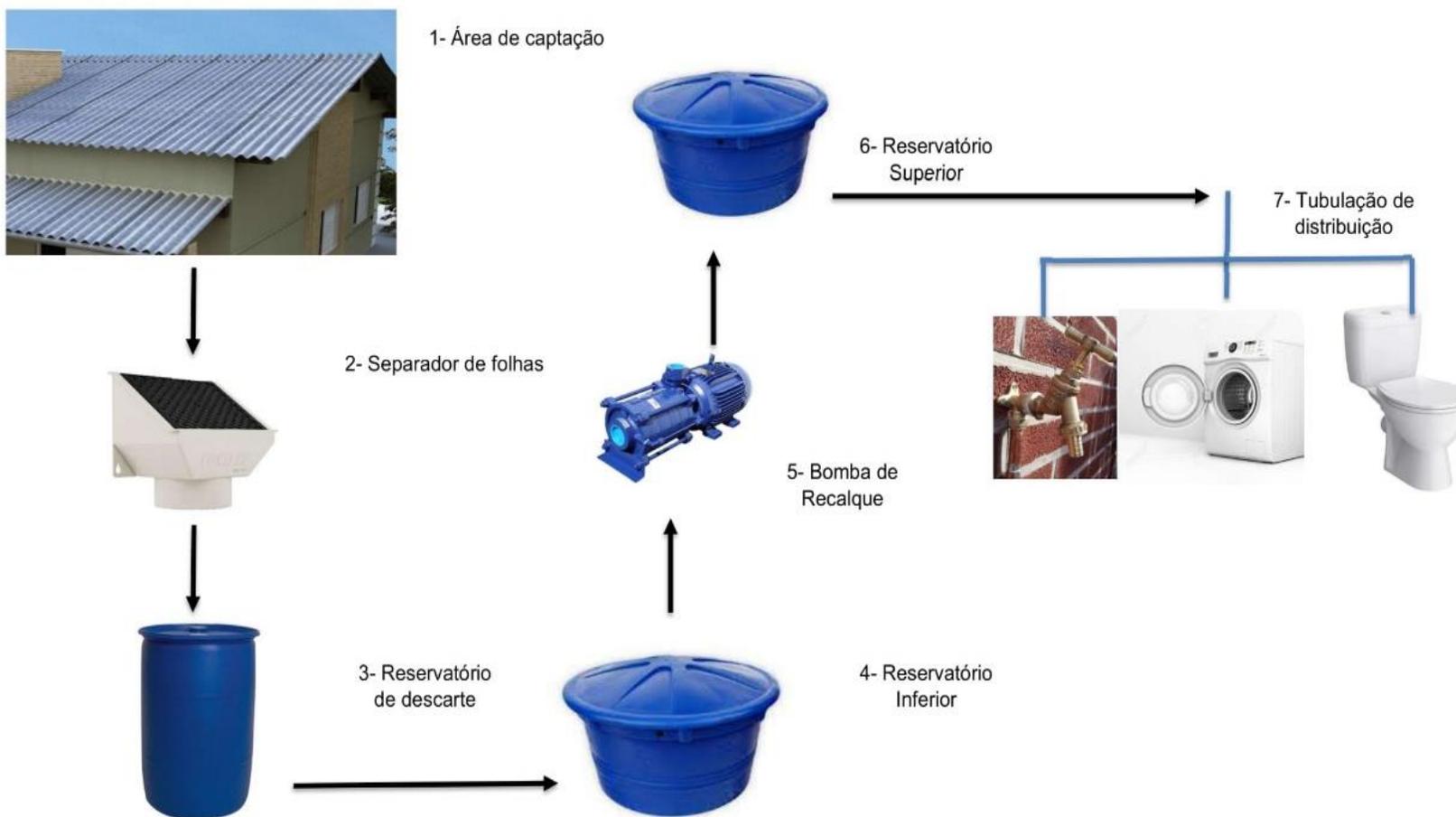
O sistema de aproveitamento de água da chuva proposto é composto por um reservatório inferior, responsável por armazenar a água da chuva captada e um reservatório superior, responsável pela posterior distribuição da água da chuva até as bacias sanitárias, máquina de lavar roupas e torneiras de jardim. Esse reservatório superior irá receber a água do reservatório inferior através de uma bomba de recalque. A Figura 7 apresenta um esquema do sistema de aproveitamento de água da chuva.

O volume destinado ao reservatório superior foi determinado a partir da demanda de água não potável da edificação. Para isso, determinou-se que o reservatório superior tenha volume igual ou superior a demanda diária de água não potável da residência, para garantir o suprimento por pelo menos um dia de consumo.

O volume do reservatório inferior foi avaliado através do potencial de economia fornecido pelo *software* Netuno. O dimensionamento é realizado com base nas precipitações diárias fornecidas ao programa, o volume de descarte inicial de precipitação, a área de captação e o coeficiente de escoamento superficial, a demanda total de água da edificação e o percentual a ser substituído por água da chuva.

O programa fornece o potencial de economia para diversos volumes de reservatório. Com essas informações, o volume do reservatório inferior foi determinado a partir de uma análise técnica e financeira os diferentes volumes, buscando atingir o melhor potencial de economia de água potável com um volume de reservatório coerente à edificação, atendendo também aos volumes comerciais usuais de reservatórios.

Figura 7 – Esquema do sistema de aproveitamento de água da chuva



Fonte: Elaborado pelo autor

3.7 SISTEMA DE RECALQUE

A bomba de recalque, responsável pelo bombeamento da água do reservatório inferior para o superior para posterior distribuição, foi dimensionada de acordo com a recomendação da NBR 5626 (ABNT, 2020) referente ao tempo de enchimento do reservatório, que seria menor que 1 hora para edifícios com pequenos reservatórios individualizados. A NBR 5626 (ABNT, 2020) também recomenda a utilização de duas unidades de elevação para que o sistema continue funcionando em falha de uma delas. O diâmetro da tubulação de recalque é estimado pela Equação (18).

$$D = 1,3 \times \sqrt[4]{Q \sqrt{(h/24)}} \quad (18)$$

Onde:

D = diâmetro da tubulação de recalque (m);

Q = vazão de recalque (m³/s);

h = tempo de funcionamento da moto-bomba (h/dia).

Após determinar a vazão de recalque, determinou-se a altura manométrica total, que corresponde à altura geométrica de elevação, somada a perda de carga nos trechos de sucção e recalque, calculados conforme a Equação (19), que depende da Equação (20) e da Equação (20) (21), que determinam as alturas manométricas de recalque e sucção respectivamente.

$$H_{man} = H_{man(rec)} + H_{man(suc)} \quad (19)$$

$$H_{man(rec)} = H_{geo(rec)} + h_{f(rec)} \quad (20)$$

$$H_{man(suc)} = H_{geo(suc)} + h_{f(suc)} \quad (21)$$

Onde:

H_{man} = altura manométrica total (m);

$H_{man(rec)}$ = altura manométrica de recalque (m);

$H_{man(suc)}$ = altura manométrica de sucção (m);

$H_{geo(rec)}$ = altura geométrica de recalque (m);

$h_{f(rec)}$ = perda de carga total na tubulação de recalque (m);

$H_{geo(suc)}$ = altura geométrica de sucção (m);

$h_{f(suc)}$ = perda de carga total na tubulação de sucção (m).

A perda de carga total de recalque e de sucção é definida pela perda de carga do comprimento da tubulação assim como o comprimento equivalente das suas conexões multiplicado pela perda de carga unitária, conforme valores fornecidos pela NBR 5626/2020 (ABNT, 2020). A Equação (22) apresenta o cálculo da perda de carga total.

$$hf = C_t \times J \quad (22)$$

Onde:

hf = perda de carga total (mca);

C_t = soma do comprimento real do trecho com os comprimentos equivalentes da perda de carga nas conexões (m);

J = perda de carga unitária (mca/m).

Por fim, a Equação (23) apresenta a determinação da potência do conjunto elevatório.

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \eta} \quad (23)$$

Onde:

P = potência (cv);

γ = peso específico da água (1000kgf/m³);

Q = vazão (m³/s)

H_{man} = altura manométrica total (m);

η = eficiência do conjunto elevatório.

Após a determinação da potência, escolheu-se a moto-bomba a ser utilizada no sistema. A moto-bomba foi escolhida através da verificação em catálogos de fabricantes, encontrando o modelo que atenda as definições de projeto.

3.8 TUBULAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO

O dimensionamento da tubulação de distribuição da água pluvial utilizou as especificações da NBR 5626/2020 (ABNT, 2020). Para isso, determinaram-se os pesos relativos dos aparelhos alimentados pelo sistema de distribuição de água não potável (apresentados no Anexo A) e calculou-se a vazão estimada na seção através da Equação (24).

$$Q = 0,3 \times \Sigma P \quad (24)$$

Onde:

Q = vazão estimada na seção considerada (L/s);

ΣP = soma dos pesos relativos de todos os aparelhos alimentados pela tubulação considerada.

Em conformidade à norma, a tubulação teve sua velocidade restringida a 3 m/s. A velocidade foi verificada de acordo com a Equação (25).

$$v = \frac{Q/1000}{\left[\frac{\pi \left(\frac{d}{1000} \right)^2}{4} \right]} \quad (25)$$

Onde:

v = velocidade (m/s);

Q = vazão (m³/s);

d = diâmetro interno da tubulação (m).

Após, determinaram-se as perdas de carga do sistema. Utilizou-se a expressão de Fair Whipple-Hsiao, para tubos de plástico, conforme Equação (26). Com os valores obtidos, verificaram-se os limites mínimos de pressão para cada nó.

$$J = 8,69 \times 10^5 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75} \quad (26)$$

Onde:

J = perda de carga unitária (mca/m)

Q = vazão (L/s);

d = diâmetro interno da tubulação (mm).

A perda de carga total foi calculada a partir da Equação (22).

Por fim, a pressão dinâmica foi definida na Equação (27), sendo a diferença entre a pressão estática e a perda de carga total para o trecho.

$$Pd = Pe - hf \quad (27)$$

Onde:

Pd = pressão dinâmica no aparelho sanitário (mca)

Pe = pressão estática, que é a diferença de altura entre a saída do reservatório e o ponto de alimentação (mca)

h_f = perda de carga total (mca)

3.9 ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica do sistema também foi realizada através do software Netuno. Com os custos de construção, manutenção e economia de água, é possível criar um fluxo de caixa, onde o programa estima o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno. Para isso o programa precisa de dados de entrada as seguintes informações: custos iniciais (materiais e mão de obra), custos de operação e manutenção (energia consumida, limpeza e manutenção), período em anos de análise, inflação mensal estimada, período de reajuste das tarifas de água e energia, taxa mínima de atratividade em base mensal e o mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais.

A partir do projeto elaborado, os custos de implantação do sistema foram levantados com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), assim como um orçamento das peças necessárias para a implantação do sistema, considerando-se custos de reservatórios, tubulações, motobombas e acessórios. Os itens não encontrados na tabela do SINAPI foram orçados através do contato com lojas e fornecedores locais.

Em relação aos custos de manutenção e economia de água, foram levantadas as tarifas de água e energia elétrica, assim como um período estimado de reajuste das tarifas, com as concessionárias locais a Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN e a Rio Grande Energia – RGE.

O valor presente líquido é o valor de todo o fluxo de caixa no tempo atual, obtido através da soma das receitas líquidas futuras descontadas ao valor presente com uma taxa mínima de atratividade. Em outras palavras, é uma maneira de avaliar o valor atual de todos os fluxos de caixa de um determinado investimento. Para valor de taxa de atratividade mínima utilizou-se o rendimento da poupança no ano de 2019, referente à taxa referencial, que totalizou 4,25% ao ano (aproximadamente 0,35% ao mês).

Para período de análise, adotou-se um valor compatível com a estimativa de vida útil de um sistema de captação de águas pluviais. Visto que a vida útil de projeto para instalações hidráulicas, de acordo com a NBR 15575-1/2013 (ABNT, 2013), deve ser de 20 anos, esse valor foi utilizado como estimativa de vida útil do sistema. Para

a taxa de inflação, utilizou-se o valor final de inflação do ano de 2019, 4,31%, dividido em bases mensais, equivalente a aproximadamente 0,36% ao mês.

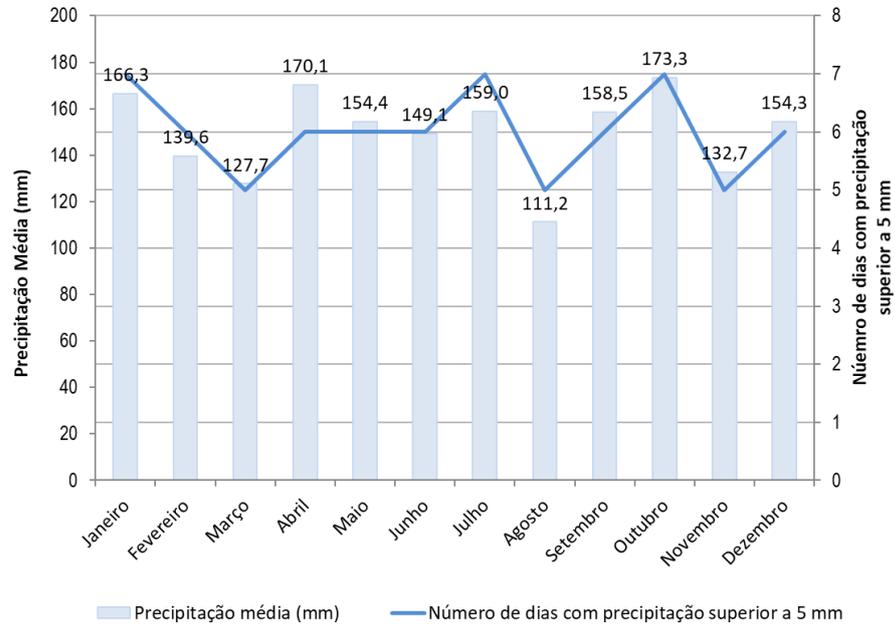
3.10 VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA EM OUTRAS CIDADES DO RIO GRANDE DO SUL

Após determinar o consumo de água da residência e definir o volume de reservatório a ser adotado, o sistema foi analisado em outras cidades do Rio Grande do Sul com diferentes índices pluviométricos através do software Netuno. Os resultados de potencial de economia obtidos foram comparados com os apresentados para a cidade do projeto inicial.

Foram utilizados os dados pluviométricos de três diferentes estações meteorológicas do INMET no Rio Grande do Sul, uma em Santa Maria (código 83936), região central do estado, outra em Torres (código 83948), no litoral norte, e a última em Uruguaiana (código 83927) na fronteira oeste do estado. O motivo da escolha dessas cidades foi devido a suas posições geográficas, buscando-se representar os diferentes regimes pluviométricos do Rio Grande do Sul.

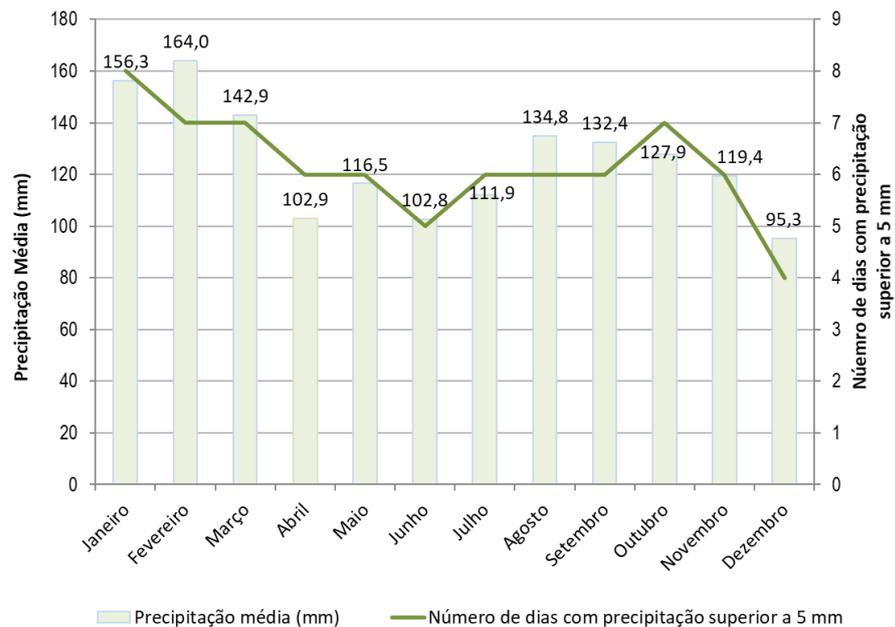
Os valores das precipitações foram inseridos no software Netuno, mantendo o volume de reservatório definido anteriormente, e obtendo um novo valor de potencial de economia, tendo como única diferença entre as análises, a entrada dos dados pluviométricos. A Figura 8 apresenta as médias mensais de precipitação e o número médio de dias no mês com precipitação maior que 5mm com dados de 1981 até 2010 da estação de Santa Maria. A Figura 9 apresenta os mesmos dados para Torres e a Figura 10 para a estação de Uruguaiana.

Figura 8 - Precipitação média mensal e número de dias no mês com precipitação maior ou igual a 5mm da Estação Meteorológica INMET de Santa Maria



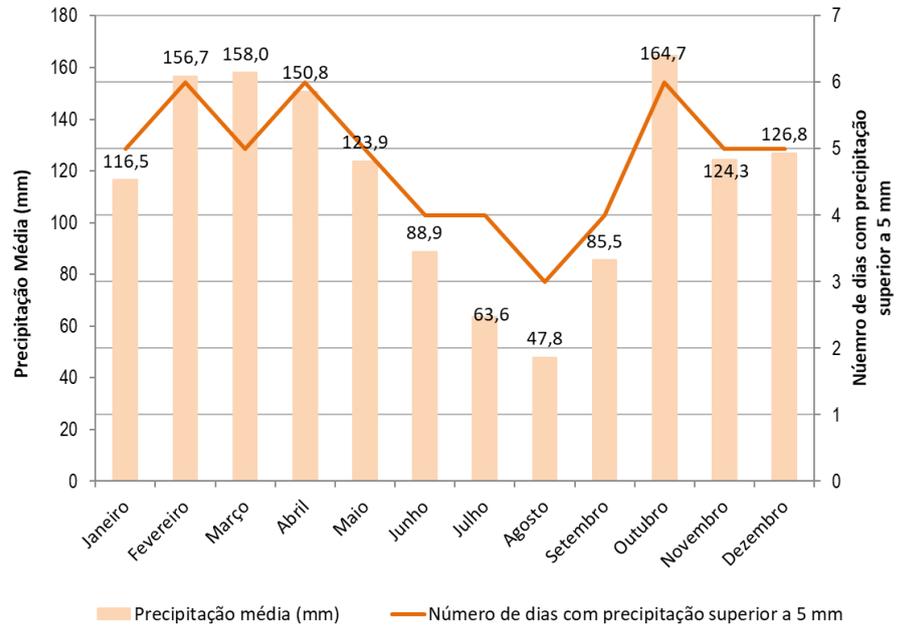
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 9 - Precipitação média mensal e número de dias no mês com precipitação maior ou igual a 5mm da Estação Meteorológica INMET de Torres



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10 - Precipitação média mensal e número de dias no mês com precipitação maior ou igual a 5mm da Estação Meteorológica INMET de Uruguaiana



Fonte: Elaborado pelo autor

4 RESULTADOS

4.1 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

O consumo de água não potável da edificação foi estimado através do monitoramento de três semanas dos pontos de consumo de água não potável: as torneiras nas lavagens de carros e vans, bacias sanitárias e máquina de lavar roupas. Para a obtenção da porcentagem que o consumo de água não potável representa em relação ao consumo total, o consumo total de água não potável diário foi comparado ao valor observado no hidrômetro pela manhã de um dia para o outro.

Para determinar o consumo de água não potável da lavagem de carros e vans, cronometrou-se a lavagem de 3 carros e 3 vans previamente para estimar o tempo de torneira aberta. A média encontrada foi de 3 minutos e 48 segundos para os carros e 5 minutos e 30 segundos para a lavagem das vans. Após multiplicar esse tempo pela vazão da torneira de jardim, foi estimado um consumo de 125,4 litros de água por lavagem de carros e 181,5 litros para a lavagem das vans. O Quadro 11 apresenta os valores considerados para estimar o consumo de água não potável diário da edificação, evidenciado no Quadro 12.

Quadro 11 – Consumo de água por utilização dos pontos monitorados

Bacia Sanitária	Máquina de lavar roupa	Lavagem de carros	Lavagem de vans
6 litros	150 litros	125,4 litros	181,5litros

Fonte: Elaborado pelo autor

A Quadro 12 apresenta o número de utilizações dos pontos monitorados em cada dia, assim como o seu referente consumo estimado e as medições do hidrômetro observadas diariamente. No Quadro 13 é apresentada a média de consumo total diário de água, assim como o de água não potável e sua representação em porcentagem, em relação ao consumo total

Quadro 12 – Controle de consumo de água da edificação e utilização dos pontos de água não potável

Dia	Número de utilizações				Total (L)	% consumida não potável	Medição observada (m³)		Consumo diário (L)	Consumo entre verificações do hidrômetro (turno)
	Bacia Sanitária	Máquina de lavar roupa	Lavagem de carros	Lavagem de vans			Hidrômetro de manhã	Hidrômetro de noite		
31/ago	31	2	0	0	486	53%	133,02	133,51	920	490
01/set	26	2	0	0	456	54%	133,94	134,48	840	540
02/set	34	2	1	1	810,9	64%	134,78	135,41	1260	630
03/set	29	2	1	1	780,9	61%	136,04	136,64	1290	600
04/set	37	2	0	0	522	60%	137,33	137,92	870	590
05/set	36	2	0	0	516	57%	138,2	138,73	900	530
06/set	30	2	1	1	786,9	68%	139,1	139,66	1150	560
07/set	26	1	1	0	431,4	50%	140,25	140,81	860	560
08/set	25	2	1	1	756,9	73%	141,11	141,94	1040	830
09/set	33	2	0	0	498	58%	142,15	142,68	860	530
10/set	27	2	0	0	462	54%	143,01	143,57	860	560
11/set	36	2	1	1	822,9	66%	143,87	144,59	1250	720
12/set	41	1	2	1	828,3	69%	145,12	145,91	1200	790
13/set	29	1	0	0	324	45%	146,32	146,81	720	490
14/set	29	2	0	0	474	54%	147,04	147,61	870	570
15/set	27	2	0	0	462	47%	147,91	148,55	980	640
16/set	31	2	1	0	611,4	65%	148,89	149,51	940	620
17/set	32	2	2	1	924,3	71%	149,83	150,57	1310	740
18/set	36	3	0	1	847,5	68%	151,14	151,82	1240	680
19/set	42	2	1	0	677,4	63%	152,38	152,99	1080	610
20/set	31	2	1	0	611,4	65%	153,46	154,02	940	560

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 13 – Consumos médios diários

Consumo médio diário	1018,1	litros
Consumo médio não potável diário	623,34	litros
% De consumo não potável em relação ao total	61,23	%

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados do Quadro 12 mostram aumentos significativos no consumo total e no percentual de consumo de água não potável em relação ao consumo total nos dias com maior número de lavagens de carros e vans, onde são encontrados dias com cerca de 70% de consumo de água proveniente dos pontos monitorados. Nos dias em que não houve lavagem de veículos, o percentual consumo de água não potável em relação ao consumo total reduz para cerca de 50%. Para melhor visualização de quanto cada ponto de consumo não potável representa no consumo total, o Quadro 14 apresenta esses dados.

Quadro 14 – Percentual dos consumos em relação ao consumo total

Bacia Sanitária	Máquina de lavar roupa	Lavagem de carros	Lavagem de Vans	Consumo médio não potável total
18,75%	28,06%	7,62%	6,79%	61,23%

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir dos dados do Quadro 14, observa-se que a máquina de lavar roupas é responsável pela maior parte do consumo de água não potável da residência devido à frequência com que o equipamento é utilizado e o seu consumo por ciclo. A frequência se justifica pela lavagem de roupas diariamente e de toalhas de banho e esporadicamente de lençóis, roupas de cama e pequenos cobertores. A lavagem de veículos embora apresente um alto consumo por utilização, apresenta a menor parte do consumo de água não potável, pois não houve tanta demanda durante os dias de monitoramento do consumo de água da edificação. É importante ressaltar também, que o consumo da edificação é dependente do turismo de Gramado, visto que a parte comercial é de uma agência de turismo receptiva, e a mesma teve redução significativa nas suas atividades durante o período monitorado devido à pandemia de COVID-19, que reduziu o fluxo de turistas na cidade.

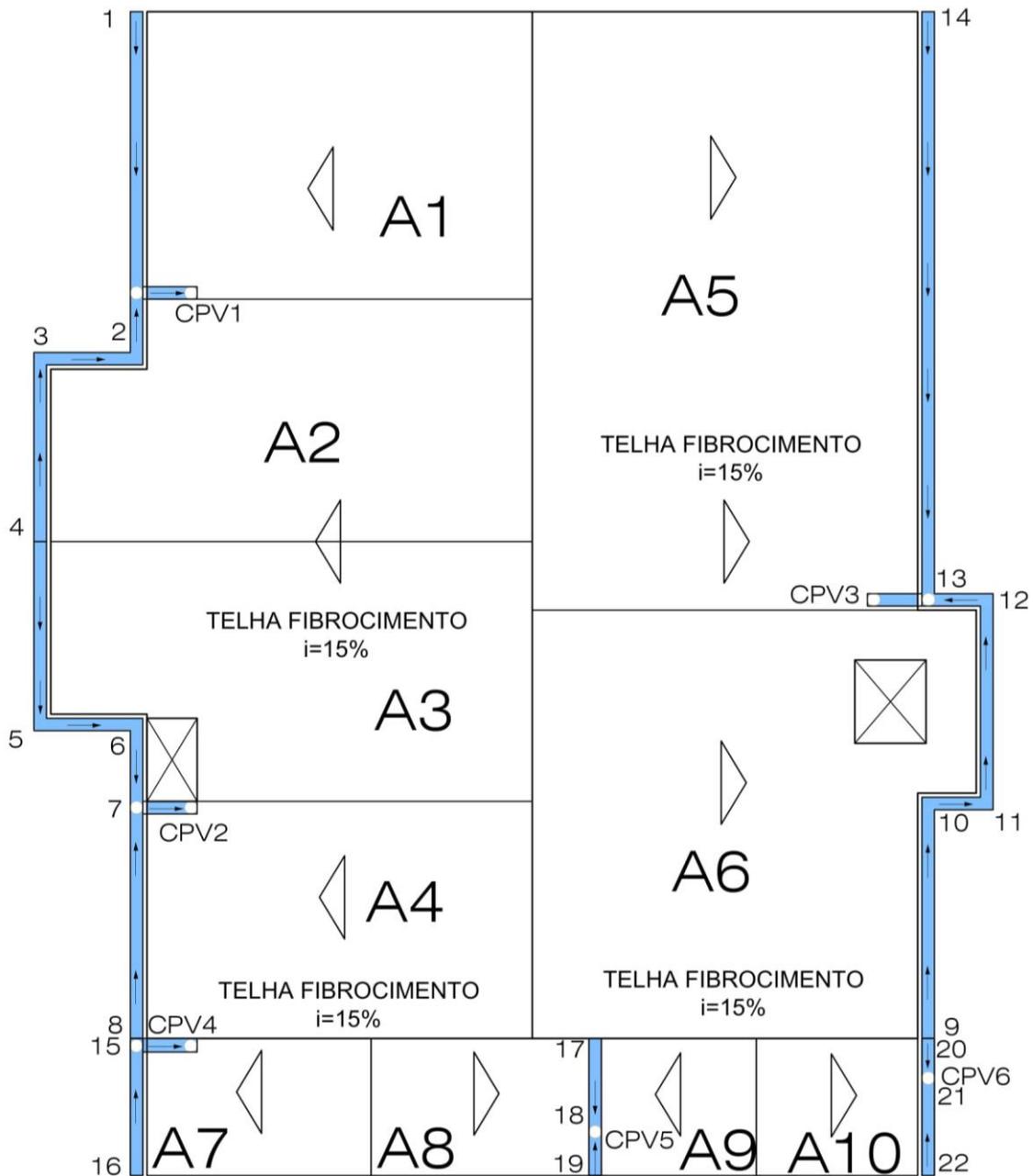
4.2 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Nesse item, são apresentados os resultados referentes aos dimensionamentos das calhas, condutores, reservatórios, sistema de recalque e tubulação de distribuição.

4.2.1 Calhas e Condutores

O telhado da edificação em estudo foi dividido em dez áreas de contribuições. Cada área é referente a um trecho de escoamento de água do telhado para os condutores pluviais verticais. Na Figura 11 está apresentado o croqui utilizado para a determinação das áreas de contribuições e trechos a serem analisados, assim como a numeração dos trechos. Para a determinação da intensidade pluviométrica utilizou-se as especificações da NBR 10844/1989 (ABNT, 1989), com período de retorno de cinco anos, e para a duração de precipitação, adotou-se 5 minutos, obtendo uma intensidade de 150,88 mm/h através da Equação (16).

Figura 11 – Croqui da área de captação e numeração dos trechos das calhas e condutores pluviais verticais



Fonte: Elaborado pelo autor. Sem escala.

As vazões de projeto das calhas foram determinadas através da Equação (17), onde identificou-se a maior vazão de calha no trecho 14-13 igual a 89,72 L/min. Para os casos onde as áreas de contribuições não possuem formato retangular, modificou-se a fórmula, separando-se a área analisada em duas. O Quadro com o dimensionamento das vazões de projetos está apresentada no Quadro 15.

Quadro 15 – Vazão de projeto das calhas

Trecho	a (m)	b (m)	h (m)	a' (m)	b' (m)	h' (m)	Área de contribuição (m ²)	Vazão (L/min)
1-2	4,6	4,3	1,23	-			22,43	53,58
4-2	5,75	2,08	1,54				13,56	32,40
4-7	5,75	2,08	1,54	4	1	1,07	18,10	43,23
8-7	4,6	2,85	1,23			0,00	14,87	35,51
9-13	4,6	2,95	1,23	5,30	2,20	1,42	27,76	66,32
14-13	4,60	7,20	1,23			0,00	37,56	89,72
15-16	2,68	1,65	0,72			0,00	5,01	11,98
17-19	2,68	1,65	0,72	1,85	1,65	0,50	8,48	20,25
20-22	1,85	1,65	0,50			0,00	3,46	8,27
SOMATÓRIO TOTAL DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO:							151,23	

Fonte: Elaborado pelo autor

Sendo:

a = lado A da área de contribuição.

b = lado B da área de contribuição.

h = altura da área de contribuição.

a' = lado A da área de contribuição (caso a área esteja dividida em duas).

b' = lado B da área de contribuição (caso a área esteja dividida em duas).

h' = altura da área de contribuição (caso a área esteja dividida em duas).

A calha adotada no projeto da linha Aquapluv possui 125mm de diâmetro interno, e tem capacidade de até 233,80 L/min com uma inclinação de 0,5%, ou seja, é suficiente para atender qualquer calha deste projeto, visto que a maior vazão apresentada foi de 89,72 L/min.

Para os condutores verticais, somou-se as áreas de contribuição dos trechos de calhas que escoam para determinado condutor e calculou-se a vazão através da Equação (17). O condutor vertical pluvial com maior vazão foi o CPV3, que recebe contribuição das calhas dos trechos 14-13 e 9-13, com um total de 156,03 L/min, conforme observado no Quadro 16. No Anexo A, o ábaco para determinar o diâmetro dos condutores verticais só apresenta resultados para vazões acima de 200 L/min, portanto, é possível afirmar que para essa edificação, a dimensão interna mínima de 70mm determinada pela NBR 10844/1989 (ABNT, 1989) é suficiente para atender todos os condutores verticais pluviais. Neste projeto, os condutores verticais adotados são de 88mm de PVC, da mesma linha das calhas (Aquapluv da Tigre). A planta de

cobertura do projeto pluvial e de distribuição da água pluvial em escala está no Apêndice E.

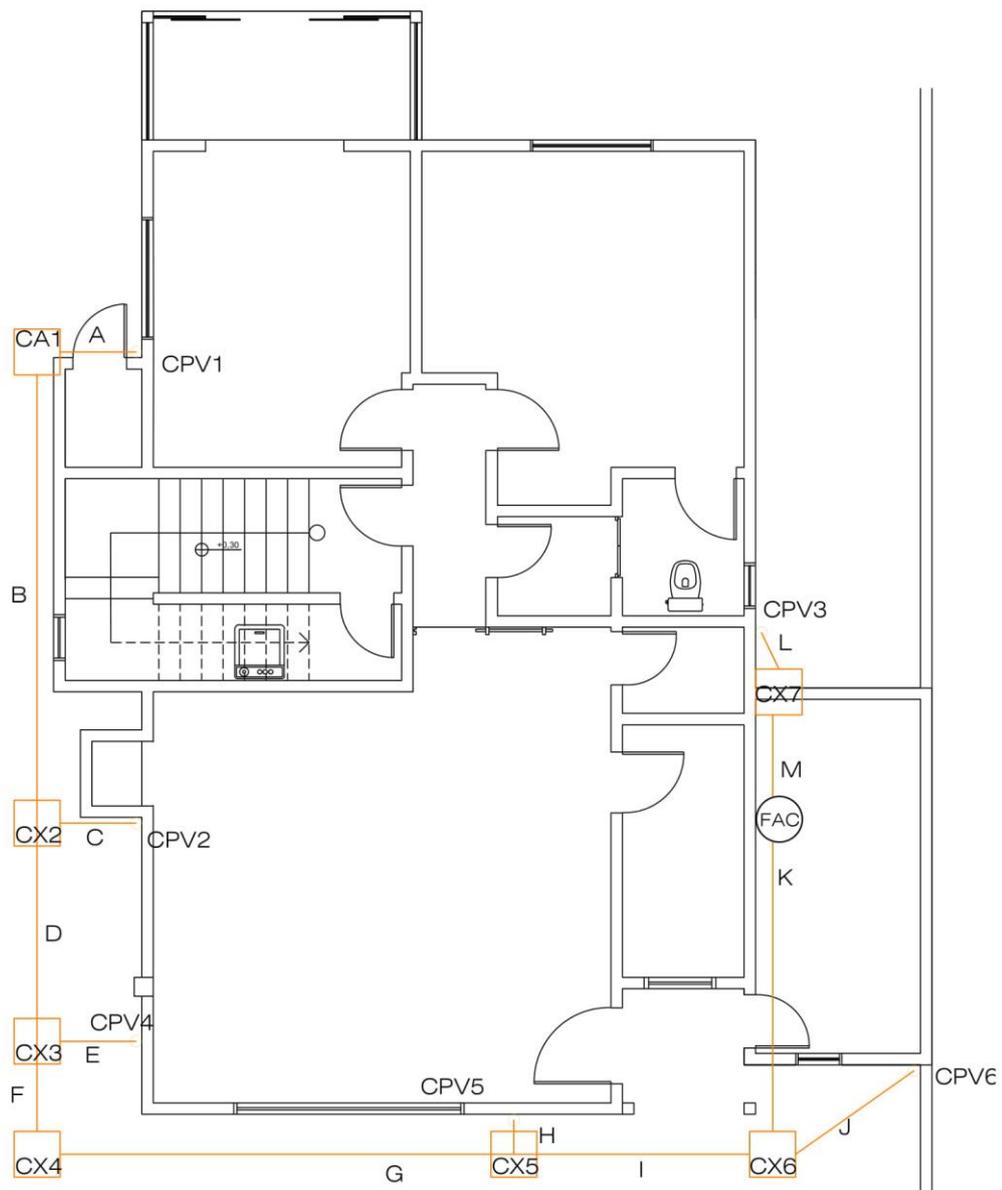
Quadro 16 – Vazão de projeto dos condutores verticais

CPV	Área de Contribuição (m²)	Vazão (L/min)
CPV1	35,99	85,98
CPV2	32,96	78,75
CPV3	65,32	156,03
CPV4	5,01	11,98
CPV5	8,48	20,25
CPV6	3,46	8,27

Fonte: Elaborado pelo autor

Os condutores horizontais foram calculados com diâmetros que variam de 75mm e 100mm e inclinações de 0,5% e 1%, conforme tabela de capacidade dos condutores horizontais presente no Anexo A. As tubulações utilizadas foram as da linha de esgoto predial e a dimensão adotada final foi de 100mm para todos os condutores horizontais, visto que o joelho que liga o condutor vertical nas tubulações enterradas horizontais da linha Aquapluv tem dimensões de 88mm para 100mm. A Figura 12 apresenta o croqui utilizado para determinar os trechos de condutores horizontais, com uma caixa pluvial a cada mudança de direção ou conexão com outra tubulação, seguindo as orientações da NBR 10844/1989 (ABNT, 1989).

Figura 12 – Croqui dos trechos dos condutores horizontais e suas indicações



Fonte: Elaborado pelo autor. Sem escala

Os últimos trechos (K e M, na Figura 12) levam a água pluvial captada para o filtro de água da chuva (FAC), o qual tem duas saídas, uma para o reservatório de descarte da água de escoamento inicial, e outra com os sólidos filtrados, que vai para a galeria de esgoto. O somatório das vazões acumuladas nos trechos, assim como o diâmetro e a inclinação necessários são apresentados no Quadro 17. A planta do térreo do projeto pluvial com as indicações e dimensões dos condutores horizontais utilizados estão no 94.

Quadro 17 – Dimensionamento dos condutores horizontais

Trecho	Vazão acumulada (L/min)	Inclinação	Diâmetro (mm)
A	85,98	0,50%	75
B	85,98	0,50%	75
C	78,75	0,50%	75
D	164,73	0,50%	100
E	11,98	0,50%	75
F	176,71	0,50%	100
G	176,71	0,50%	100
H	20,25	0,50%	75
I	196,95	0,50%	100
J	8,27	0,50%	75
K	205,22	1,00%	100
L	156,03	0,50%	100
M	156,03	0,50%	100

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que somente no trecho K a inclinação foi de 1%, devido às indicações de capacidade de condutores horizontais presentes no Anexo A e na NBR 10844/1989 (ABNT, 1989), que apontam que a inclinação para um tubo de 100 mm com vazão entre 204 L/min e 287 L/min deve ser de 1%.

4.2.2 Reservatórios

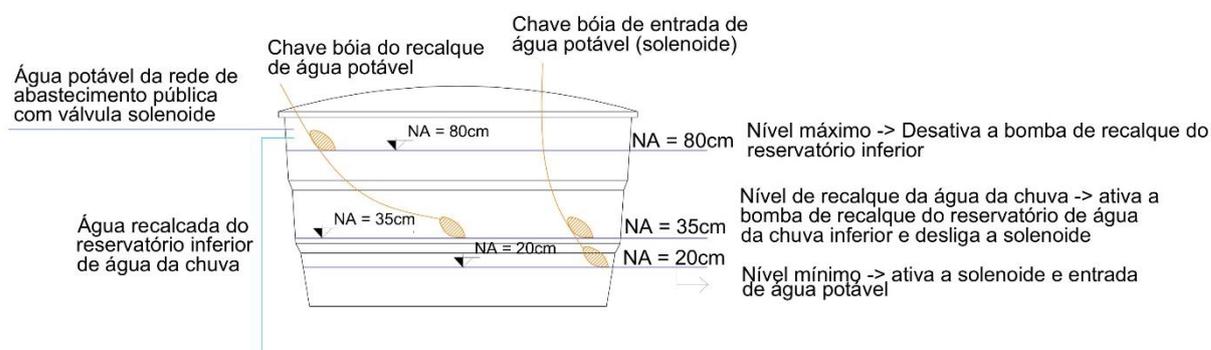
4.2.2.1 Reservatório Superior

Para o reservatório superior, o volume definido foi baseado na demanda média diária de água não potável, de modo a garantir o abastecimento de água não potável por no mínimo 24 horas de consumo. Para isso, definiu-se um reservatório superior de 750 litros, maior dimensão comercial próxima dos 623,34 litros de consumo diário não potável.

O reservatório superior também conta com um sistema de retroalimentação de água potável, caso a quantidade de água do reservatório inferior não seja suficiente em períodos de estiagem. Para isso, previu-se a instalação de uma chave de nível do tipo boia e uma válvula solenoide, onde a chave boia ativa a solenoide caso o nível de água do reservatório superior seja menor que o mínimo definido (nível inferior ao

que ativa a bomba de recalque do reservatório inferior), permitindo a entrada de água potável da rede de abastecimento pública. A entrada de água da rede de abastecimento pública fica acima do nível máximo de água do reservatório (extravasor), não tendo risco de contaminação cruzada da água não potável na entrada de água potável. A Figura 13 apresenta os níveis de água necessário para ativar e desativar a solenoide para entrada de água potável, e para ativar e desativar a bomba de recalque de água pluvial do reservatório inferior.

Figura 13 – Detalhe dos níveis de acionamento da bomba de recalque e da válvula solenoide



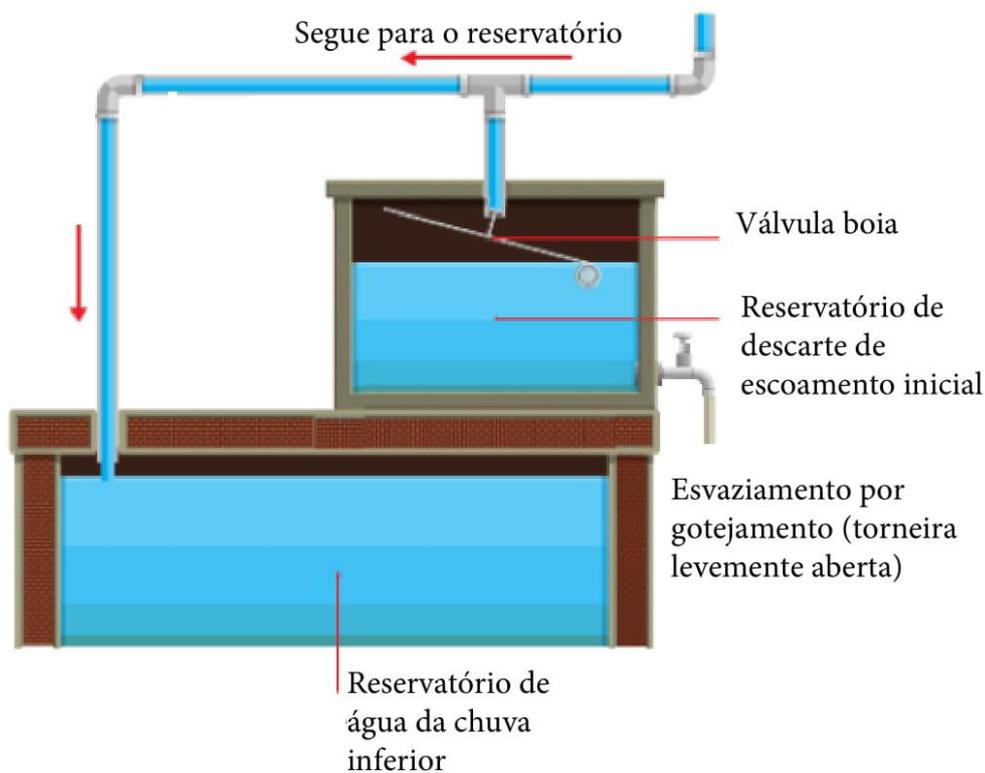
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2.2 Reservatório de Descarte de Escoamento Inicial

O reservatório de descarte de escoamento inicial teve seu volume obtido pela multiplicação dos 151,23 m² da área de captação pelos 2mm de eliminação do escoamento inicial. Com isso, adotou-se um reservatório de 310 litros, volume disponível no mercado para reservatórios.

Esse reservatório também conta com uma válvula boia que funciona como um desvio de fluxo, onde ao encher o reservatório de descarte, a água segue livremente para o reservatório de água da chuva. O esvaziamento do reservatório de descarte pode funcionar como um registro levemente aberto, onde a água goteja e o mesmo se esvazia até a próxima precipitação, ou o reservatório pode ser esvaziado manualmente no final de cada evento de chuva. A Figura 14 apresenta o funcionamento do sistema.

Figura 14 – Detalhe do funcionamento do reservatório de descarte de escoamento inicial



Fonte: Adaptado de Dacach (1990).

4.2.2.3 Reservatório Inferior

Para o dimensionamento do reservatório de água da chuva foi necessário fornecer os dados de entrada ao software Netuno, apresentados no Quadro 18. O percentual escolhido para as diferenças de potenciais de economia para a indicação do volume ideal do reservatório foi de 5%/m³, ou seja, através das simulações do software, determina-se o maior volume do reservatório até que a variação do aproveitamento pluvial seja menor que 5% para cada metro cúbico do reservatório, encontrando assim o valor de volume ideal. Este percentual foi escolhido visto que para diferenças percentuais menores que essa, a dimensão do reservatório aumenta exageradamente, impossibilitando a instalação no espaço disponível na residência. Por esse mesmo motivo também se limitou para a simulação o volume máximo do reservatório inferior em 5000 litros.

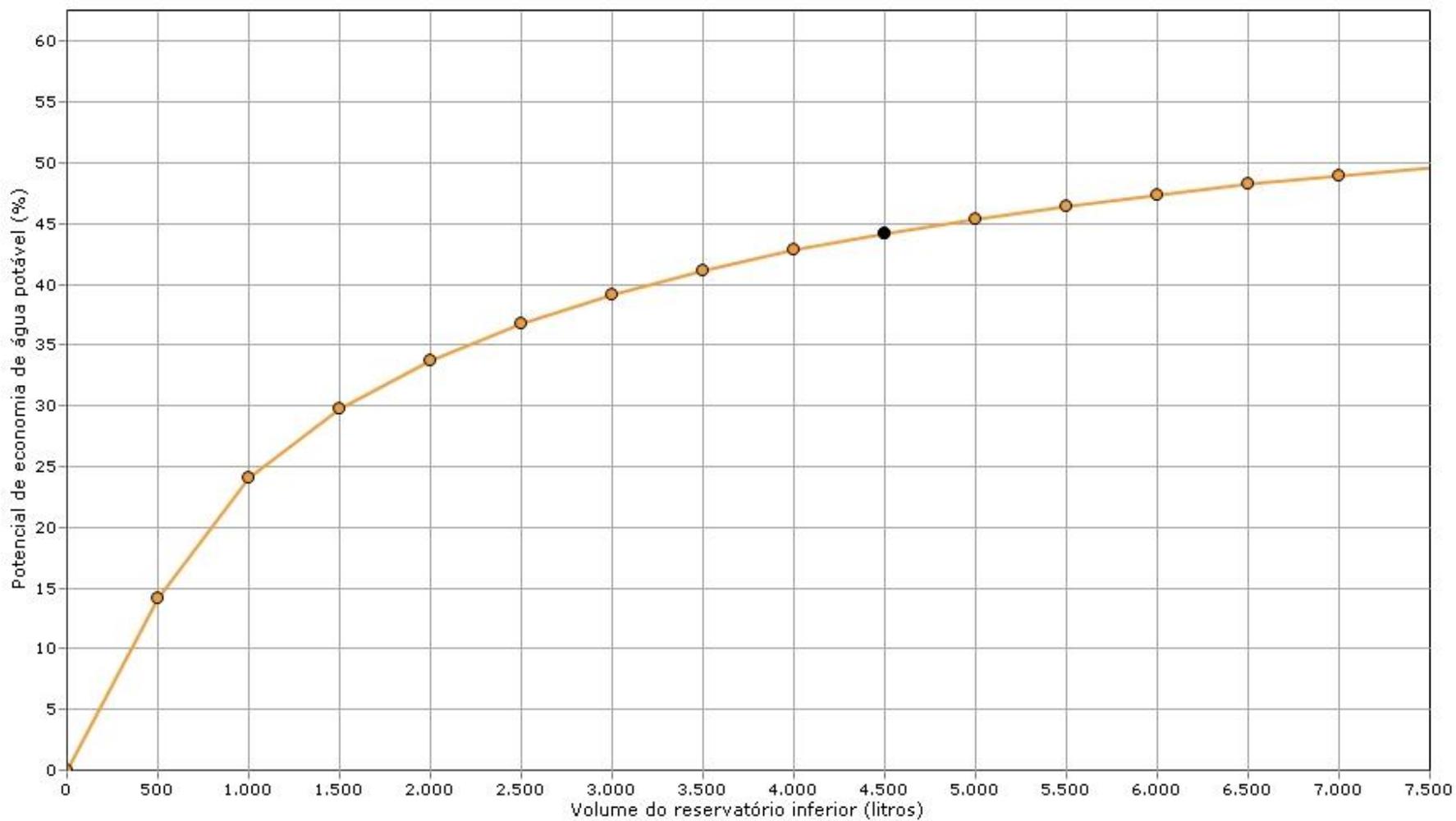
Quadro 18 – Dados de entrada no software Netuno

Dados	Valores
Área de captação	151,23 m ²
Demanda de água per capita	254,5 litros/dia
Número de usuários	4
Coeficiente de runoff	0,9
Descarte de escoamento inicial	2mm
Período da série pluviométrica diária	01/01/2000 a 01/01/2020
Demanda de água da chuva em relação a demanda total	61,23%
Volume do reservatório superior	750 litros
Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque	35%
Volume máximo do reservatório inferior para simulação	5.000 litros
Intervalo entre volumes de reservatório para simulação	500 litros
Diferença entre potenciais de economia para indicação do volume ideal	5%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com esses dados, o volume ideal de reservatório fornecido pelo software Netuno foi de 4500 litros com um potencial de economia de água potável de 44,19%, conforme apresentado na Figura 15 abaixo. Para continuação do trabalho, adotou-se o volume do reservatório inferior como 5.000 litros, sendo próximo ao volume comercial indicado como ideal, que representa um potencial de economia de água potável de 45,38%. Os dados de potencial de economia de água potável assim como os respectivos valores de dias de atendimento da demanda de água da chuva para reservatórios de 2.500 a 5.000 litros são apresentados no Quadro 19.

Figura 15 – Potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório



Fonte: desenvolvido pelo autor a partir do software Netuno.

Quadro 19 – Potencial de economia e percentual de atendimento a demanda dos diferentes volumes de reservatórios simulados

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Percentual do tempo em que a demanda de água pluvial é atendida (%)		
		Completamente	Parcialmente	Não atende
500	14,19	0,00	30,10	69,90
1000	24,09	30,25	17,04	52,70
1500	29,70	41,64	14,36	44,00
2000	33,67	48,90	12,61	38,49
2500	36,72	54,32	11,27	34,41
3000	39,13	58,21	10,29	31,50
3500	41,14	62,70	9,03	28,27
4000	42,79	65,90	8,21	25,89
4500	44,19	68,42	7,65	23,93
5000	45,38	70,51	7,08	22,41

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Netuno.

Para o volume escolhido de 5000 litros, apenas 22,41% do tempo o reservatório não atenderá a demanda e em 7,08% será necessário complemento com entrada de água potável no reservatório superior. Com esse potencial de economia e o histórico pluviométrico da área em estudo, esse potencial é referente a uma economia de 168.628 litros de água potável por ano.

Através da análise dos resultados, é possível observar pouca mudança no atendimento à demanda de água não potável dos reservatórios de 4.000 a 5.000 litros. Isso mostra que para obtermos um valor de atendimento completo da demanda de água pluvial de 90% seria necessário um volume muito maior que os analisados acima. O Quadro 20 apresenta os resultados de uma simulação com dimensões maiores de reservatórios e confirma o que foi dito anteriormente, sendo necessário um reservatório de 17.000 litros para atender completamente a demanda de água pluvial em 90,58% do tempo.

Quadro 20 – Potencial de economia e percentual de atendimento as demandas para reservatórios de dimensões superiores a 5000, buscando 90% de atendimento a demanda de água pluvial

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Percentual do tempo em que a demanda de água pluvial é atendida (%)		
		Completamente	Parcialmente	Não atende
5000,00	45,38	70,51	7,08	22,41
6000,00	47,40	74,47	6,12	19,41
7000,00	48,93	77,37	5,33	17,30
8000,00	50,14	79,55	4,82	15,63
9000,00	51,20	81,70	4,26	14,05
10000,00	52,10	83,34	3,98	12,68
11000,00	52,89	84,90	3,59	11,51
12000,00	53,60	86,21	3,29	10,50
13000,00	54,19	87,31	3,04	9,65
14000,00	54,71	88,24	2,83	8,93
15000,00	55,16	89,12	2,56	8,32
16000,00	55,58	89,88	2,37	7,75
17000,00	55,93	90,58	2,16	7,26
18000,00	56,22	91,10	2,05	6,84
19000,00	56,48	91,62	1,93	6,45
20000,00	56,74	92,05	1,81	6,15

Como o software Netuno trabalha com simulações baseadas em dados de precipitação diárias, esse método de dimensionamento apresenta maior confiabilidade do que os métodos sugeridos pela antiga NBR 15527/2007. O método da simulação apresentado pela norma era baseado em dados de precipitações mensais, o que pode causar um subdimensionamento do reservatório, visto que as precipitações não são regulares, onde a ocorrência de vários dias consecutivos sem registros de precipitações é comum. Portanto, o consumo de água não potável pode muitas vezes ser maior do que o volume de água da chuva disponível no reservatório inferior. Outra situação é que em dias com um alto índice de precipitação, é comum boa parte do volume captado ser extravasado, não sendo este volume, portanto, reutilizado.

4.2.3 Sistema de Recalque de Água Pluvial

Todo o comprimento da tubulação de recalque foi adotado com o menor diâmetro comercial existente, igual a 20 mm. Os dados do dimensionamento da tubulação de recalque são representados no Quadro 21. Para a tubulação de sucção, adotou-se o diâmetro comercial imediatamente maior, ou seja, 25 mm.

Quadro 21 – Dimensionamento da tubulação de recalque

Tempo para enchimento do reservatório superior (h)	1
Volume do reservatório superior (litros)	750
Vazão necessária (L/s)	0,0002
Diâmetro de recalque estimado (mm)	8,4775
Diâmetro de recalque adotado (mm)	20
Diâmetro de sucção adotado (mm)	25

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o projeto, o período escolhido para encher o reservatório superior foi de uma hora de funcionamento da bomba. Através da Equação (23), com o tempo de enchimento em uma hora, a potência necessária de uma bomba com 40% de rendimento é de 0,06 CV. Portanto, foi escolhida a bomba centrífuga de menor potência encontrada, com 0,25 CV. As conexões consideradas em cada trecho e o dimensionamento da bomba de recalque estão apresentados no Quadro 22 e no Quadro 23.

Quadro 22 – Conexões consideradas em cada trecho

Sucção		
Conexão	Comprimento equivalente (m)	Quantidade
Válvula de pé com crivo	9,5	1
Registro de esfera	0,3	1
União	0,1	1
Joelho 90	1,5	3
Recalque		
Conexão	Comprimento equivalente (m)	Quantidade
Válvula de retenção	3,6	1
Registro de esfera	0,3	1
Tê saída de lado	2,4	1
União	0,1	1
Joelho 90	1,2	8

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 23 – Dimensionamento da bomba de recalque

Sucção	
Altura geométrica (m)	0,58
Comprimento real (m)	2,61
Comprimento equivalente (m)	14,4
Perda de carga unitária (m/m)	0,012783
Perda de carga (m)	0,21744
Altura manométrica (m)	0,79744
Recalque	
Altura geométrica (m)	6,3
Comprimento real (m)	18,05
Comprimento equivalente (m)	16
Perda de carga unitária (m/m)	0,036894
Perda de carga (m)	1,25624
Altura manométrica (m)	7,55624
Definição da motobomba	
Altura manométrica total (m)	8,35
Vazão de recalque (L/s)	0,20833
Potência necessária da bomba (cv)	0,058
Potência adotada (cv)	0,25

Fonte: Elaborado pelo autor.

No projeto, foi considerada duas motobombas, sendo uma delas reserva em caso de falha da primeira. Na tubulação de sucção dentro do reservatório inferior será utilizado um conjunto de mangueira boia de sucção, para que a água sempre seja captada o mais próximo possível da superfície. Foram adicionados no início de cada tubulação um registro de esfera para manutenção da bomba, assim como uma válvula de retenção na tubulação de recalque, evitando que a água volte pela tubulação de recalque, e a válvula de pé com crivo na tubulação de sucção.

4.2.4 Tubulação de distribuição

A tubulação de distribuição do sistema de aproveitamento de água da chuva que leva a água captada até os pontos de consumo foi dimensionada com diâmetros de 32mm a 20mm, sendo de 32mm por todo o barrilete na cobertura e de 25mm e 20mm no restante dos trechos, sempre respeitando a pressão mínima requerida (0,5 m.c.a. em qualquer ponto da rede de distribuição e 1,0 m.c.a. nos pontos de

utilização) e a velocidade máxima de 3 m/s, conforme a NBR 5626/2020 (ABNT, 2020).

A tubulação de distribuição possui duas saídas do reservatório, para diminuir as perdas de carga com conexões no barrilete, visto que o nível de água mínima do sistema fica apenas 35cm acima da tubulação de barrilete, fazendo com que a pressão disponível próxima a saída do reservatório fique bem próxima a mínima. O Quadro 24 apresenta a determinação da vazão e escolha de diâmetro da tubulação de cada trecho. Por fim, foi verificada a pressão disponível residual nos trechos, apresentados no Quadro 25.

Quadro 24 – Dimensionamento das tubulações: pesos relativos, vazões, diâmetros e velocidade de água nos trechos

Trecho	Pesos	Vazão	Diâmetro Nominal	Diâmetro Interno	Velocidade
	Unitário				
	ΣP	l/s	mm	mm	m/s
Reserv-A	1,70	0,39	32	27,8	0,64
A-B	0,40	0,19	32	27,8	0,31
B-TJ	0,40	0,19	25	21,6	0,52
A-C	1,30	0,34	32	27,8	0,56
C-G	1,30	0,34	25	21,6	0,93
G-VS1	0,30	0,16	20	17,0	0,72
G-MLR	1,00	0,30	25	21,6	0,82
Reserv-D	1,00	0,30	32	27,8	0,49
D-E	0,60	0,23	32	27,8	0,38
E-H	0,60	0,23	25	21,6	0,63
H-VS2	0,30	0,16	20	17,0	0,72
H-VS3	0,30	0,16	20	17,0	0,72
D-F	0,40	0,19	32	27,8	0,31
F-TJ	0,40	0,19	25	21,6	0,52

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para melhor visualização dos trechos e suas respectivas letras nas Quadros, as mesmas são apresentadas nos Apêndices D e E, que mostram as plantas do projeto de aproveitamento de água pluvial, assim como seus detalhamentos isométricos.

Quadro 25 - Dimensionamento das tubulações: perdas de carga, comprimentos e pressão disponível nos trechos.

Trecho	Perda de Carga Unitária	Diferença de Cotas	Pressão Disponível	Comprimentos			Perda de carga			Pressão Disponível Residual	Pressão requerida no ponto
		Sobe(-)/Desce(+)		Real	Equiv.	Total	Tubos	Conexões	Total		
	m/m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Reserv-A	0,02325	0,35	0,70	0,68	1,80	2,48	0,02	0,04	0,06	0,64	0,50
A-B	0,00655	0,00	0,64	4,36	0,50	4,86	0,03	0,00	0,03	0,610	0,50
B-TJ	0,02173	5,70	6,31	5,70	1,50	7,20	0,12	0,03	0,16	6,15	1,00
A-C	0,01839	0,00	0,64	2,81	4,60	7,41	0,05	0,08	0,14	0,51	0,50
C-G	0,06096	2,80	3,31	2,80	1,70	4,50	0,17	0,10	0,27	3,03	0,50
G-VS1	0,05270	0,00	3,03	0,20	3,60	3,80	0,01	0,19	0,20	2,83	1,00
G-MLR	0,04845	2,60	5,63	3,95	6,00	9,95	0,19	0,29	0,48	5,15	1,00
Reserv-D	0,01461	0,35	0,70	0,82	1,80	2,62	0,01	0,03	0,04	0,66	0,50
D-E	0,00935	0,00	0,66	2,45	2,40	4,85	0,02	0,02	0,05	0,62	0,50
E-H	0,03099	2,80	3,42	2,80	1,70	4,50	0,09	0,05	0,14	3,28	0,50
H-VS2	0,05270	0,00	3,28	0,20	3,60	3,80	0,01	0,19	0,20	3,08	1,00
H-VS3	0,05270	2,60	5,88	2,80	3,60	6,40	0,15	0,19	0,34	5,54	1,00
D-F	0,00655	0,00	0,66	8,60	2,40	11,00	0,06	0,02	0,07	0,59	0,50
F-TJ	0,02173	5,70	6,29	5,70	1,50	7,20	0,12	0,03	0,16	6,13	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 ANÁLISE ECONÔMICA

A análise econômica através do software Netuno requer, como dados de entrada, os custos de implantação, que incluem as tubulações, conexões, reservatórios, motobombas e demais acessórios, assim como a mão de obra para execução do sistema e os custos de manutenção. Além disso, é necessário inserir também os custos relacionados à energia elétrica e à tarifa de consumo de água da concessionária, para estimar a economia mensal obtida pela instalação do sistema de aproveitamento de água pluvial. O período de análise foi definido como 20 anos, período de vida útil de projeto do sistema, conforme NBR 15575-1/2013 (ABNT, 2013).

Os custos das peças para a implantação do sistema foram levantados a partir da composição de custos do SINAPI para o mês de agosto de 2020 e com consulta a fornecedores de materiais de construção para os itens não presentes no SINAPI. O Quadro 26 apresenta o levantamento dos materiais referentes a parte de recalque do reservatório inferior até o superior, assim como os reservatórios. O Quadro 27 engloba os materiais das instalações de calhas, condutores verticais e horizontais, assim como o filtro de água da chuva e a chegada da tubulação até o reservatório de descarte de escoamento inicial. Por fim, o Quadro 28 apresenta os materiais dos trechos de distribuição do reservatório superior até os pontos de consumo.

Quadro 26 – Quantitativo e orçamento dos materiais dos trechos de recalque, sucção e reservatório

Descrição	Item	Quantidade	Unidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Fonte
Bomba de Recalque	Bomba de Recalque - 1/4 CV BC-98	2,00	pç	505,52	1011,04	Magnani
Registro esfera VS compacto soldável PVC	20 mm	1,00	pç	15,36	15,36	SINAPI
Registro esfera VS compacto soldável PVC	25 mm	1,00	pç	19,78	19,78	SINAPI
Válvula de retenção	1/2"	1,00	pç	50,44	50,44	SINAPI
Válvula de sucção	1"	1,00	pç	58,09	58,09	SINAPI
Adapt. sold. c/ flange livre p/ cx. d'água	40 mm - 1 1/4"	1,00	pç	18,03	18,03	SINAPI
Adapt. sold. longo c/ flange p/cx. d'água	25 mm - 3/4"	2,00	pç	8,49	16,98	SINAPI
Adapt. sold.curto c/bolsa-rosca p registro	20 mm - 1/2"	2,00	pç	0,54	1,08	SINAPI
Adapt. sold.curto c/bolsa-rosca p registro	25 mm - 3/4"	1,00	pç	0,67	0,67	SINAPI
Joelho 90° soldável	20 mm	5,00	pç	0,40	2,00	SINAPI
Joelho 90° soldável	25 mm	2,00	pç	0,56	1,12	SINAPI
União soldável	20 mm	2,00	pç	5,66	11,32	SINAPI
União soldável	25 mm	2,00	pç	6,79	13,58	SINAPI
Tubos	20 mm	12,93	m	2,20	28,45	SINAPI
Tubos	25 mm	2,62	m	2,83	7,41	SINAPI
Cisterna enterrada	5000 L	1,00	pç	2340,25	2340,25	BAKOFTEC
Reservatório superior	750L - Polietileno	1,00	pç	298,40	298,40	BAKOFTEC
Chave boia	Válvula boia	2,00	pç	94,35	188,70	SINAPI
Válvula solenoide	Válvula solenoide para retroalimentação	1,00	pç	160,31	160,31	PLENOBRAS
Reservatório de descarte	310 L - Polietileno	1,00	pç	150,90	150,90	BAKOFTEC
Clorador	Clorador flutuante + pastilha	1,00	pç	144,25	144,25	PLENOBRAS

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 27 – Quantitativo e orçamento dos materiais das calhas, condutores verticais e horizontais e FAC

Descrição	Item	Quantidade	Unidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Fonte
Caixa de inspeção pluvial PVC	Caixa de inspeção com grelha metálica	8,00	pç	203,90	1631,20	BAKOFTEC
Bocal semi-circular	125 mm x 88 mm	6,00	pç	33,01	207,96	TIGRE
Cabeceira direita semi-circular	125 mm	4,00	pç	9,10	38,22	TIGRE
Cabeceira esquerda semi-circular	125 mm	6,00	pç	9,10	57,33	TIGRE
Calha semi-circular	125 mm	33,22	m	29,44	1026,90	TIGRE
Emenda semi-circular	125 mm	1,00	pç	17,72	18,61	TIGRE
Esquadro externo semi-circular	125 mm	8,00	pç	26,53	222,85	TIGRE
Joelho 90° circular	88 mm	10,00	pç	12,18	121,80	TIGRE
Vedação de borracha	88 mm	42,00	pç	0,70	29,40	TIGRE
Joelho 60° circular	88 mm	12,00	pç	11,57	138,84	TIGRE
Circular em PVC	88 mm	58,49	m	19,31	1129,44	TIGRE
Residencial	Até 200m ²	1,00	pç	1332,00	1332,00	BAKOFTEC
Joelho 45	100 mm	1,00	pç	5,51	5,51	SINAPI
Joelho 45	50 mm	1,00	pç	2,09	2,09	SINAPI
Joelho 90	100 mm	2,00	pç	5,55	11,10	SINAPI
Tubo PVC	100 mm - 4"	50,73	m	9,77	495,63	SINAPI
Tubo PVC	50 mm - 2"	8,94	m	6,00	53,64	SINAPI
Tê sanitário	100 mm - 100 mm	1,00	pç	10,67	10,67	SINAPI

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 28 - Quantitativo e orçamento dos materiais dos trechos de distribuição da água da chuva

Descrição	Item	Quantidade	Unidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Fonte
Registro de gaveta c/ canopla cromada	3/4"	2,0	pç	76,7	153,4	SINAPI
Registro esfera VS compacto soldável PVC	32 mm	2,0	pç	31,4	62,8	SINAPI
Registro esfera VS compacto soldável PVC	32 mm	2,0	pç	31,4	62,8	SINAPI
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p registro	25 mm - 3/4"	4,0	pç	0,67	2,68	SINAPI
Bucha de redução sold. curta	25 mm - 20 mm	2,0	pç	0,32	0,64	SINAPI
Joelho 45 soldável	32 mm	1,0	pç	3,3	3,3	SINAPI
Joelho 45 soldável	40 mm	1,0	pç	4,69	4,69	SINAPI
Joelho 90° soldável	40 mm	1,0	pç	3,95	3,95	SINAPI
Joelho 90° soldável	20 mm	7,0	pç	0,4	2,8	SINAPI
Joelho 90° soldável	25 mm	9,0	pç	0,56	5,04	SINAPI
Joelho 90° soldável	32 mm	4,0	pç	1,66	6,64	SINAPI
Joelho de redução 90 soldável	25 mm - 20 mm	1,0	pç	1,73	1,73	SINAPI
Joelho de redução 90 soldável	32 mm - 25 mm	4,0	pç	2,99	11,96	SINAPI
Luva soldável	25 mm	3,0	pç	0,6	1,8	SINAPI
Tubos	20 mm	2,1	m	2,2	4,532	SINAPI
Tubos	25 mm	24,2	m	2,83	68,4577	SINAPI
Tubos	32 mm	20,1	m	6,35	127,6985	SINAPI
Tubos	40 mm	3,4	m	9,25	31,82	SINAPI
Tê 90 soldável	40 mm	1,0	pç	6,89	6,89	SINAPI
Tê 90 soldável	25 mm	2,0	pç	0,94	1,88	SINAPI
Tê 90 soldável	32 mm	2,0	pç	3,15	6,3	SINAPI

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os custos de mão de obra, utilizou-se a composição de custos não desonerados do SINAPI para o mês de agosto de 2020. Os serviços no Quadro 29 são referentes a um encanador, com valor de hora de trabalho de R\$ 16,00 e um auxiliar de encanador com valor de hora de trabalho de R\$ 11,33. O período de trabalho considerado foi de uma semana, totalizando 40 horas. Além disso, para as tubulações e reservatório enterrados, foi estimado um total de solo escavado de 12 m³. Portanto, utilizou-se o item de escavação manual do SINAPI, com valor de metro cúbico escavado de R\$ 65,31.

Quadro 29 – Quantitativo e orçamento de mão de obra para execução do sistema

Descrição	Quantidade	Unidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)	Fonte
Mão de obra de encanador	40	horas	16,00	640,00	SINAPI
Mão de obra de auxiliar de encanador	40	horas	11,33	453,20	SINAPI
Mão de obra de escavação manual de valas	12	m ³	65,31	783,72	SINAPI

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os custos de serviços de manutenção foram obtidos através da consulta a um profissional da área. Foi considerada a limpeza semestral do reservatório, cuidados preventivos da bomba de recalque anualmente, e a troca das pastilhas de cloro do clorador flutuante a cada dois meses (conforme indicação do fabricante). A limpeza do filtro não foi considerada no levantamento dos custos pois o mesmo pode ser feito pelo próprio usuário, visto que é somente a limpeza da grade interna do aparelho. O levantamento dos custos de manutenção é apresentado no Quadro 30.

Quadro 30 – Quantitativo e orçamento dos custos de manutenção do sistema

Descrição	Frequência	Valor do serviço (R\$)	Fonte
Limpeza do reservatório	semestral	100,00	Consulta ao mercado
Manutenção da bomba de recalque	anual	50,00	Consulta ao mercado
Troca das pastilhas do clorador	a cada dois meses	6,00	Consulta ao mercado

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, definiram-se os custos referentes a energia elétrica e tarifa de consumo de água da concessionária, presentes no Quadro 31. Considerou-se na tarifa de energia elétrica os tributos de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), Programa de Integração Social (PIS) e Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP). Como base de valor para as tarifas e impostos, utilizaram-se os valores das faturas da residência correspondentes ao mês de setembro de 2020. Não foi considerada tarifa referente a esgoto, que equivale normalmente a 70% da tarifa de consumo de água, visto que esta não é cobrada na cidade de Gramado.

Quadro 31 – Custos de energia elétrica e consumo de água da concessionária

Descrição	Valor (R\$)	Tributos (%)	Fonte
Tarifa de energia elétrica	0,49/kwh	41,9	RGE
Tarifa de água	6,35/m ³	-	CORSAN

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os demais dados já citados na metodologia do trabalho incluem a inflação, considerada de 0,36% ao mês (equivalente a inflação do ano de 2019, dividida em bases mensais) e a taxa mínima de atratividade definida como 0,35% ao mês (equivalente ao rendimento da poupança no ano de 2019, dividido em bases mensais). Com estes dados, o software Netuno faz a análise mensal pelo método do valor presente líquido, trazendo para a data final (dos 20 anos de análise) os fluxos de caixa do projeto.

Para o custo de implantação total de R\$ 13.520,08, e as despesas periódicas (manutenção do sistema e tarifas de energia elétrica) apresentadas nos Quadro 30 e Quadro 31, o software Netuno apresentou um valor presente líquido no final dos 20

anos de R\$1.461,36, com período de retorno do investimento de 218 meses. Isso significa que o sistema leva 18,17 anos para que o valor do investimento seja recuperado pela economia de água potável, e que no final dos 20 anos, o valor economizado total será de R\$1461,36, já descontados todos os gastos com investimentos, manutenção e custos de utilização. Caso considerássemos a tarifa de esgoto cobrada pela CORSAN em demais cidades com este tipo de serviço, igual a 70% do valor cobrado pelo consumo de água (referente a tabela de tarifas de 2020 para esgoto tratado da CORSAN), o período de retorno do investimento seria de 111 meses, com valor presente líquido no final dos 20 anos de R\$16.213,98. Tais valores tornam o sistema muito mais viável economicamente, pois o período de retorno diminui em quase 9 anos e o sistema apresenta maiores retornos financeiros após este período, visto que a tarifa de consumo de água potável e esgoto é equivalente a 1,7 vezes a apenas a tarifa de água.

Sendo assim, através do método do valor presente líquido, o investimento do sistema de aproveitamento de água da chuva é considerado viável, mesmo se não considerarmos uma tarifa de esgoto sobre o consumo de água potável. Observa-se que boa parte dos custos de investimento são provenientes do valor do reservatório inferior, sendo responsável por 24% dos custos de materiais, e 21% dos custos totais de implantação.

4.4 VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA EM OUTRAS CIDADES DO RIO GRANDE DO SUL

Para a comparação da eficiência do sistema em outras cidades, foram separados os dados levantados pelo Netuno da média diária de: potencial de economia de água potável, volume consumido de água pluvial, volume extravasado e do percentual de atendimento do sistema em relação a demanda total. Esses dados estão apresentados em relação aos meses do ano, para que se possam relacionar aos gráficos de precipitação média mensal apresentados na Figura 8, na Figura 9 e na Figura 10, das diferentes estações meteorológicas analisadas. O Quadro 32 apresenta estes dados para a estação meteorológica do projeto de Caxias do Sul (código 83942), enquanto os dados para a estação meteorológica de Santa Maria (código 83936) são apresentados no Quadro 33, para a estação meteorológica de

Torres (código 83948) no Quadro 34 e para a de Uruguaiana (código 83927) no Quadro 35.

Quadro 32 – Média diária dos dados de eficiência do sistema para a estação meteorológica de Caxias do Sul

Mês	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)
Janeiro	49,04	499,20	171,31	75,81	8,06	16,13
Fevereiro	50,37	512,72	192,65	78,58	6,90	14,51
Março	43,69	444,81	147,66	67,58	8,71	23,71
Abril	41,97	427,30	176,77	64,00	8,33	27,64
Maio	40,83	415,61	142,52	61,94	8,71	29,35
Junho	41,85	426,01	190,92	65,33	5,83	28,83
Julho	45,90	467,30	299,55	72,26	5,81	21,94
Agosto	40,81	415,46	220,95	62,90	6,61	30,48
Setembro	46,99	478,32	308,37	74,50	4,67	20,83
Outubro	49,58	504,77	379,98	77,74	6,77	15,48
Novembro	48,99	498,72	227,81	76,67	7,17	16,17
Dezembro	44,99	458,04	217,15	69,52	7,26	23,23
Média	45,38	461,99	223,10	70,51	7,08	22,41
Total/ano		168628	81432			

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Netuno.

Quadro 33 – Média diária dos dados de eficiência do sistema para a estação meteorológica de Santa Maria

Mês	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)
Janeiro	43,33	441,11	300,82	67,43	6,30	26,27
Fevereiro	42,65	434,19	128,09	64,14	9,60	26,26
Março	38,99	396,87	259,65	60,22	7,22	32,57
Abril	41,70	424,47	157,84	64,76	7,46	27,78
Mai	38,55	392,48	187,70	58,99	8,45	32,57
Junho	39,10	398,05	130,83	61,11	6,35	32,54
Julho	42,10	428,56	203,43	64,82	7,37	27,80
Agosto	37,35	380,24	109,86	57,14	7,53	35,33
Setembro	42,41	431,78	299,85	65,66	6,84	27,50
Outubro	47,25	481,01	448,87	74,68	5,32	20,00
Novembro	44,49	452,90	277,37	69,17	7,50	23,33
Dezembro	40,34	410,65	290,40	60,97	8,39	30,65
Média	41,51	422,55	233,93	64,03	7,35	28,62
Total/ano		154232	85386			

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Netuno.

Quadro 34 – Média diária dos dados de eficiência do sistema para a estação meteorológica de Torres

Mês	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)
Janeiro	46,34	471,71	224,68	71,12	8,45	20,43
Fevereiro	45,82	466,45	269,35	70,88	7,58	21,55
Março	42,73	434,98	209,03	65,28	7,83	26,88
Abril	37,40	380,68	117,09	56,03	9,52	34,44
Maiο	35,02	356,51	220,46	52,15	9,09	38,76
Junho	33,47	340,76	134,72	50,33	8,83	40,83
Julho	36,33	369,83	174,41	55,32	6,94	37,74
Agosto	34,56	351,84	162,83	51,45	8,39	40,16
Setembro	41,31	420,53	251,84	63,33	7,33	29,33
Outubro	43,38	441,58	210,24	66,45	8,06	25,48
Novembro	38,89	395,93	89,22	57,83	10,00	32,17
Dezembro	37,93	386,10	109,00	55,97	10,97	33,06
Média	39,40	401,06	180,71	59,72	8,58	31,70
Total/ano		146387	65958			

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Netuno.

Quadro 35 – Média diária dos dados de eficiência do sistema para a estação meteorológica de Uruguaiana

Mês	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)
Janeiro	35,10	357,30	154,04	52,51	8,24	39,25
Fevereiro	39,27	399,72	261,33	61,30	5,89	32,81
Março	40,36	410,86	296,83	62,37	6,81	30,82
Abril	38,75	394,47	240,64	60,56	5,37	34,07
Maiο	33,38	339,78	159,87	50,72	6,27	43,01
Junho	29,50	300,29	67,20	43,15	9,26	47,59
Julho	25,49	259,53	34,45	38,35	7,53	54,12
Agosto	25,90	263,61	69,39	38,89	5,91	55,20
Setembro	29,86	303,93	70,83	45,00	7,96	47,04
Outubro	43,94	447,30	313,01	68,46	6,81	24,73
Novembro	38,98	396,87	253,45	60,56	6,85	32,59
Dezembro	34,71	353,30	355,45	53,58	5,91	40,50
Média	34,57	351,89	189,46	52,90	6,90	40,20
Total/ano		128441	69155			

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Netuno.

Com os dados da estação pluviométrica de Caxias do Sul, utilizada para o desenvolvimento do trabalho, foi obtida como resultado uma economia de 45,38% do consumo de água potável no ano, sendo aquela com maior potencial econômico das quatro estações analisadas. Isso é reflexo de um regime de chuvas mais regular ao longo do ano e com um alto número de dias no mês com precipitação acima de 5 mm, conforme a Figura 4. A partir dos dados desta estação, há uma média anual de 168.628 litros de água potável economizados e um volume extravasado anual de 81.432 litros.

A estação de Santa Maria apresenta um potencial de economia de água potável de 41,51% e o maior volume extravasado do sistema nas quatro estações analisadas. Isso confirma os dados apresentados pela Figura 8, que apresenta um menor número de dias no mês com precipitação acima de 5mm para a estação de Santa Maria com uma média de precipitação anual semelhante a de Caxias do Sul, porém com precipitações de volumes menos regulares. Apresenta média anual de 154.232 litros de água potável economizados, uma redução de 8,54% em relação a estação meteorológica de projeto e um volume extravasado anual de 85.386 litros, 4,86% maior que o mesmo sistema analisado com os dados pluviométricos de Caxias do Sul.

Analisando o sistema de projeto na estação meteorológica de Torres, este apresenta uma economia de água potável de 39,40%. Além disso, dentre os regimes pluviométricos analisados, é o que apresenta o menor volume de água extravasado ao ano. Isso se justifica por ter um regime pluviométrico mais regular ao longo dos meses, porém com menos intensidade do que os de Caxias do Sul e Santa Maria, conforme observado na Figura 9. Tem uma média anual de 146.387 litros de água potável economizados, volume economizado 13,19% menor do que a estação meteorológica de projeto, e um volume extravasado anual de 65.958 litros, 19% menor que o mesmo sistema analisado com os dados da estação de Caxias do Sul.

Por fim, a estação de Uruguaiana apresenta um potencial de economia de apenas 34,57% e um volume de água extravasado alto para o baixo potencial de economia do sistema. Como observado na Figura 10, o regime pluviométrico apresenta os meses de junho a setembro com baixos valores de pluviometria, o que é confirmado pelo baixo percentual de atendimento a demanda nesses meses no Quadro 35. Além disso, a irregularidade do regime pluviométrico com meses com índices muito altos apresenta um grande volume de água extravasado, devido aos dias com chuvas intensas. A média anual de água potável economizada do sistema

nestas condições é de 128.441 litros, volume 23,83% menor do que o volume economizado pela estação de projeto, e com um volume extravasado anual de 69.155 litros 15,08% menor que o mesmo sistema analisado com os dados da estação de Caxias do Sul.

Para comparação da viabilidade financeira do sistema nas diferentes estações meteorológicas, foi realizado a análise econômica do sistema com os mesmos dados de entrada utilizados para a estação meteorológica de projeto. Os resultados obtidos sem considerar uma tarifa de esgoto (como é o caso da tarifa na cidade de Gramado) estão apresentados no Quadro 36 enquanto os resultados considerando a existência da tarifa de esgoto equivalente a 70% da tarifa de consumo de água potável são apresentados no Quadro 37.

Quadro 36 – Análise econômica do sistema sem considerar uma tarifa de esgoto nas diferentes estações meteorológicas analisadas

Estações	Período de retorno (meses)	Valor presente líquido em 20 anos (R\$)
Caxias do Sul	218	1461,36
Santa Maria	245	-258,54
Torres	263	-1215,79
Uruguaiana	321	-3438,51

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Netuno.

Quadro 37 – Análise econômica do sistema considerando a tarifa de esgoto nas diferentes estações meteorológicas analisadas

Estações	Período de retorno (meses)	Valor presente líquido em 20 anos (R\$)
Caxias do Sul	111	16213,98
Santa Maria	123	13266,20
Torres	130	11624,80
Uruguaiana	153	7815,91

Fonte: Elaborado pelo autor a partir do software Netuno.

Com estes dados observa-se que a estação de Caxias do Sul apresenta os valores mais interessantes economicamente para a implantação do sistema, enquanto a de Uruguaiana é responsável pelo pior cenário. Além disso, o regime pluviométrico da estação de Caxias do Sul é o único no qual o sistema é economicamente viável na situação de ausência de tarifa de esgoto, como é o caso em Gramado.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho propôs avaliar a viabilidade técnica e financeira da implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma edificação de uso misto (comercial e residencial) em Gramado através da caracterização do consumo de água da edificação. Este mesmo sistema proposto foi simulado com dados pluviométricos de outras cidades do Rio Grande do Sul com objetivo de comparar os resultados de economia de água potável em diferentes regimes pluviométricos.

A edificação de estudo tem como pontos de consumo de água não potável três bacias sanitárias, uma máquina de lavar roupa e duas torneiras de jardim. As torneiras de jardim são utilizadas para lavagem de veículos da agência de turismo da edificação, o que elevou significativamente o consumo de água não potável, pois estas atividades foram responsáveis por 14,41% do consumo total de água no período monitorado e 23,53% do consumo de água não potável. Mesmo com a lavagem de veículos ocorrendo, em média, diariamente, esta atividade foi responsável por um consumo menor do que a bacia sanitária, responsável por 18,75% do consumo total de água no período monitorado e da máquina de lavar roupas, responsável pela maior parte do consumo de água não potável, com 28,06% em relação ao consumo de água total no período monitorado. Por fim, a edificação de estudo apresentou um consumo médio não potável de 61,23% em relação ao consumo de água total durante as três semanas de monitoramento dos pontos de utilização de água não potável. Tal média de consumo não potável nessa edificação de uso misto é bem superior ao apresentado em estudos semelhantes, porém em edificações residenciais, como os de Ghisi e Ferreira (2007) e de Ghisi e Oliveira (2007), devido a alta frequência de utilização das bacias sanitárias no ambiente comercial, das lavagens de veículos e da máquina de lavar roupas da edificação em estudo.

Os dados pluviométricos utilizados para o dimensionamento do sistema foram retirados do banco de dados do INMET e estes foram utilizados na forma de dados diários. Tal medida propõe uma maior confiabilidade no dimensionamento do reservatório através do método da simulação do software Netuno, pois mesmo pequenos períodos de estiagem, dentro de um mês, foram considerados para o dimensionamento do sistema. A região de estudo apresentou um regime pluviométrico regular, com chuvas bem distribuídas ao longo do tempo e com períodos de estiagem curtos, o que aumenta o potencial de economia de água do sistema elaborado.

A escolha da dimensão do reservatório inferior foi realizada através do software Netuno pelo método da simulação, o qual utiliza os dados de precipitação diária para encontrar, em diferentes dimensões de reservatórios propostos, os respectivos resultados de potencial de economia. O reservatório escolhido para o estudo tem volume de 5.000 litros e este apresenta um potencial de economia de água potável de 45,38%. Essa dimensão de reservatório permite que a demanda de água não potável seja atendida pela água pluvial captada em 70,51% do tempo.

Observou-se também que para um sistema capaz de suprir as demandas de água não potável em pelo menos 90% do tempo, seria necessário um reservatório com volume muito superior ao escolhido para o estudo, de pelo menos 17.000 litros, o que tornaria o sistema mais oneroso. Isso foi observado devido ao software Netuno fazer um balanço diário do volume disponível no reservatório inferior, considerando cada dia sem precipitação, diferente de muitos métodos indicados nas bibliografias que consideram dados de precipitação mensais ou até anuais.

A análise econômica realizada aponta que a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva apresenta um valor presente líquido no final de 20 anos (considerado o tempo de vida útil do projeto) de R\$1.461,36, com tempo de retorno do investimento igual a 218 meses. Isso significa que em 218 meses o valor investido terá sido recuperado e, nos últimos 22 meses do período em análise, o investidor terá um retorno financeiro de R\$1.461,36, já descontando os gastos com manutenção e custos de energia elétrica para utilização nesse período. Portanto, é possível afirmar que o sistema é economicamente viável, visto que apresenta retorno financeiro, além de benefícios ambientais. É importante salientar que essa análise é referente a cidade de Gramado, onde não é cobrada tarifa de esgoto sobre o consumo de água. Caso seja considerado uma tarifa de esgoto de 70% sobre a tarifa de consumo de água, os resultados são ainda melhores, com período de retorno do investimento em 111 meses e valor presente líquido de R\$16.213,98, o que torna o sistema ainda mais interessante economicamente.

Por fim, foram comparados os resultados de potencial de economia de água potável de um reservatório com o mesmo volume, porém em diferentes regimes pluviométricos das estações meteorológicas das cidades de Santa Maria, Torres e Uruguaiana. Observou-se menor potencial de economia de água potável nas três cidades, sendo de 41,51% para os dados de precipitação de Santa Maria, 39,40% para Torres e 34,57% para os dados da cidade de Uruguaiana. Tais diferenças são

justificadas pela diferença na sazonalidade e frequência das precipitações, visto que a estação de Caxias do Sul, utilizada para o dimensionamento do sistema, apresenta precipitações bem constantes ao longo do tempo e com um alto número de dias no mês com precipitações acima de 5mm, enquanto Santa Maria apresenta média de precipitação semelhante, porém com chuvas menos regulares, visto que o número de dias com precipitações acima de 5mm no mês é inferior ao de Caxias do Sul. Torres apresenta menores volumes de precipitação ao longo dos meses e Uruguaiana apresenta meses com menor volume precipitado de junho a setembro, além de ter um regime pluviométrico muito irregular, com dias de chuvas intensas, gerando um alto volume extravasado da água captada pelo sistema.

Como limitação do trabalho, cita-se o fato de o monitoramento dos consumos de água não potável da edificação ter sido realizado durante a pandemia de COVID-19, em agosto e setembro de 2020. Tal medida reflete diretamente na frequência das atividades de lavagem de veículos e utilizações da bacia sanitária durante o período, visto que o fluxo de turistas na cidade de Gramado era reduzido e conseqüentemente, as atividades na agência de turismo da edificação também.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019. 8 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020. 64 p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2007. 71 p.

AMORIM, Simar Vieira De. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 53–66, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Água no mundo: situação da água no mundo. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/agua-no-mundo/agua-no-mundo>>.

BARRETO, Douglas. Residential water consumption pattern and internal uses of water. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 23–40, 2008.

COHIM, Eduardo; ALMEIDA, Ana Paula Arruda de; KIPERSTOK, Asher. Captação de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S. l.], n. 1, p. 1–13, 2007.

DACACH, N. G. Saneamento básico. 3a. edição revisada. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e científica. 1990.

GHISI, EneDir; FERREIRA, Daniel F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building and Environment**, Florianópolis, v. 42, n. 7, p. 2512–2522, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.019>

GHISI, EneDir; MENGOTTI DE OLIVEIRA, Sulayre. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. **Building and Environment**, [S. l.], v. 42, n. 4, p. 1731–1742, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.02.001>

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. 2014.

GIKAS, Georgios D.; TSIHRINTZIS, Vassilios A. Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 466–467, p. 115–126, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.08.020>

GONÇALVES, P. M. **Bases Metodológicas para a Racionalização do Uso de Água e Energia no Abastecimento Público de Água em São Paulo**. 1995. - Dissertação de Mestrado em Energia, IEEE/EP/IF/FEA., [s. l.], 1995. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-01022012-120615/publico/Paulo.pdf>

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2009.

HEMESATH, Hubert. **Análise da acurácia de levantamento aerofotogramétrico por vant para mensuração de falhas em pavimento de estradas de rodagem**. [S. l.: s. n.]

HENTGES, Sara Ceron. **Efeito de reservatório de aproveitamento de água da chuva sobre redes de drenagem pluvial**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2013.

HERRMANN, Thilo; SCHMIDA, Uwe. Rainwater utilisation in Germany: Efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. **Urban Water**, [S. l.], v. 1, n. 4, p. 307–316, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/s1462-0758\(00\)00024-8](https://doi.org/10.1016/s1462-0758(00)00024-8)

HESPAÑHOL, Ivanildo. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 27, n. 2, p. 14, 2008. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/viewFile/8663/7394>

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.

JUSTES, Antón; BARBERÁN, Ramón; FARIZO, Begoña A. Economic valuation of domestic water uses. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 472, p. 712–718, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.113>

MAIA, Adelena Gonçalves; SANTOS, Alison Luiz dos; OLIVEIRA FILHO, Paulo Costa de. Avaliação da economia de água potável com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Irati, Paraná. **Revista Ambiente**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 51–63, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.5777/ambiente.2011.01.05>

MARINOSKI, Ana Kelly; GHISI, Enedir. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 67–84, 2008.

MARTINSON, D. B.; THOMAS, T. H. Quantifying the First-Flush Phenomenon : Effects of First-Flush on Water Yield and Quality FF device. Coventry, 2005.

MATOS, Cristina *et al.* **Domestic water uses: Characterization of daily cycles in the north region of Portugal**. Vila Real: Elsevier B.V., 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.018>

MEKONNEN, Mesfin M.; HOEKSTRA, Arjen Y. Sustainability: Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 1–7, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>

MOSLEY, Luke. Water Quality of Rainwater. **SOPAC Miscellaneous Reports**, [S. l.], n. February, p. 1–19, 2005.

PERIUS, Carla Fernanda. **Variáveis de projeto e sua influência no desempenho e dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água da chuva**. 2016. [s. l.], 2016.

RAHMAN, Aatur; KEANE, Joseph; IMTEAZ, Monzur Alam. Rainwater harvesting in Greater Sydney: Water savings, reliability and economic benefits. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 61, p. 16–21, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.12.002>

RUPP, Ricardo Formagiarini; MUNARIM, Ulisses; GHISI, Enedir. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 47–64, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212011000400005>

SALLA, Marcio Ricardo *et al.* Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 167–181, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212013000200013>

SCALCO, Felipe Augusto *et al.* Curvas IDF para Caxias do Sul e Região. In: Encontro de Jovens Pesquisadores da UCS, 17. Anais...Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2009.

TESTON, Andrea *et al.* Rainwater harvesting in buildings in Brazil: A literature review. **Water (Switzerland)**, [S. l.], v. 10, n. 4, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w10040471>

THACKRAY, JE; COCKER, V.; ARCHIBALD, G. The Malvern and Mansfield Studies of Domestic Water Usage. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers**, [S. l.], v. 64, n. 1, p. 37–61, 1978. Disponível em: <https://doi.org/10.1680/iicep.1978.2741>
TIGRE. Disponível em: < <http://www.tigre.com.br/> >.

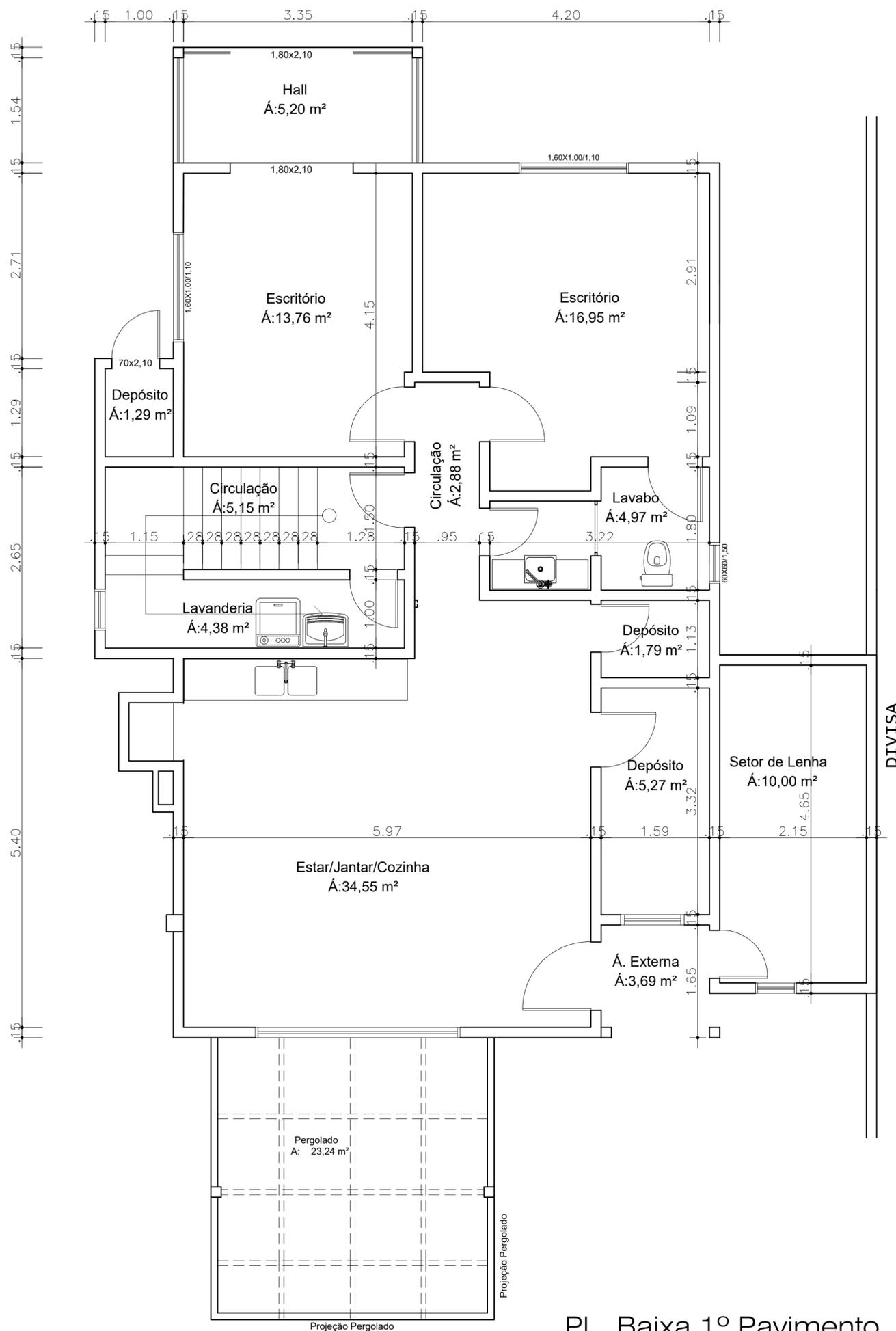
TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. [S. l.]: Navegar, 2005. v. IE-book. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/msmw.2004.1345779>

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: Problemas e soluções. **Estudos Avancados**, [S. l.], v. 22, n. 63, p. 7–16, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142008000200002>

UNEP. RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION An Environmentally Sound Approach for Sustainable Urban Water Management An Introductory Guide for Decision-makers. **IETC Urban Environment Series**, [S. l.], v. 2, p. 16, 2002. Disponível em: <https://www.ircwash.org/sites/default/files/213.1-01RA-17421.pdf>

UNESCO. **Managing Water under Uncertainty and Risk**. Paris. 150 p. [S. l.: s. n.].
v. 1 E-book. Disponível em:
<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf>

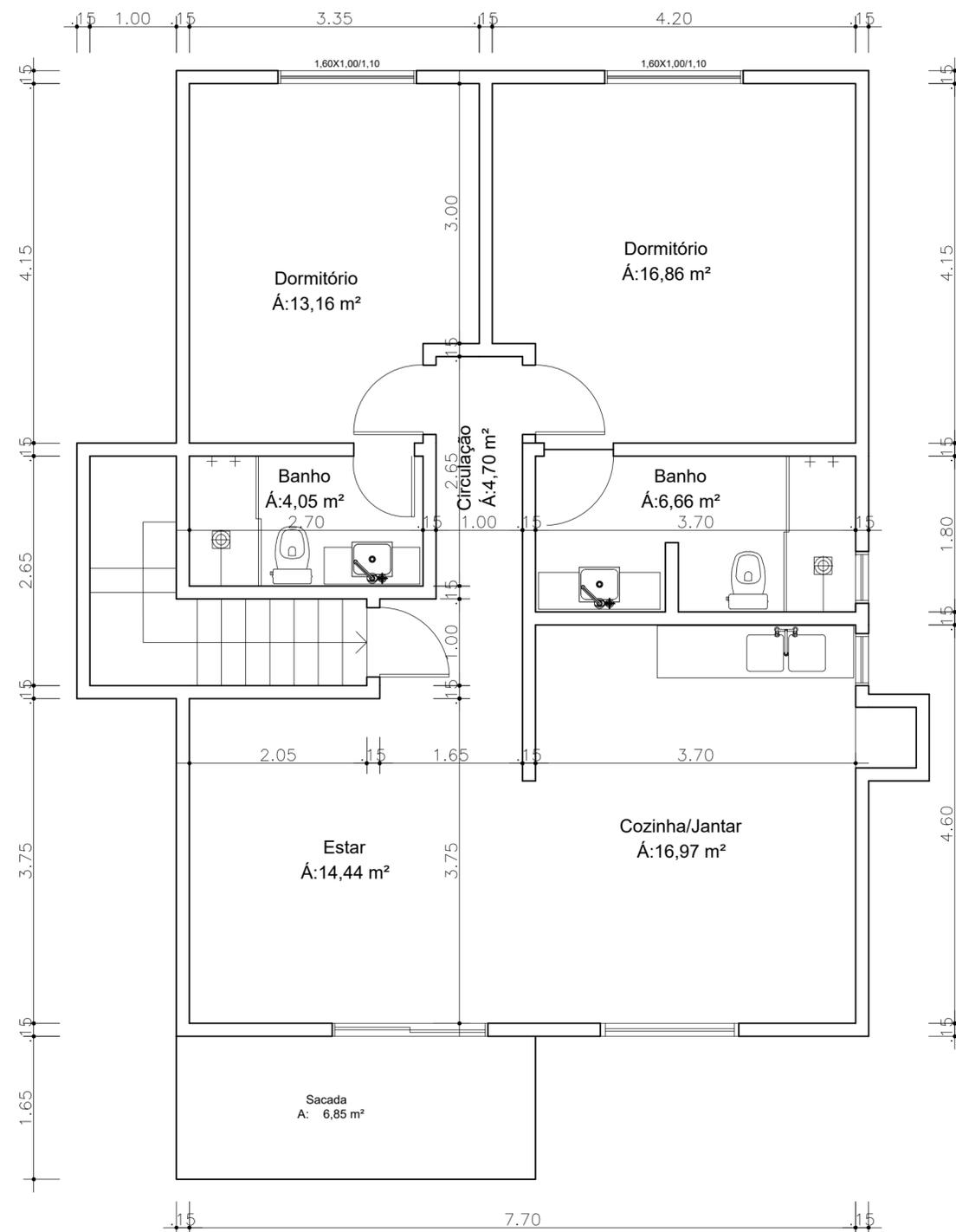
APÊNDICE A – PLANTA DO 1º PAVIMENTO



PL. Baixa 1º Pavimento
 Área Interna = 119,80m²

 UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos Trabalho de Conclusão de Curso	
	ESCALA: NOV/2020	ORIENTADOR: LUCAS CAMARGO DA SILVA TASSINARI
ESCALA: 1:50	GRADUANDO: NICHOLAS WAZLAWICK HANSEN	
PROJETO: ARQUITETÔNICO		PRANCHA: 01
CONTEÚDO: PLANTA BAIXA DO 1º PAVIMENTO		

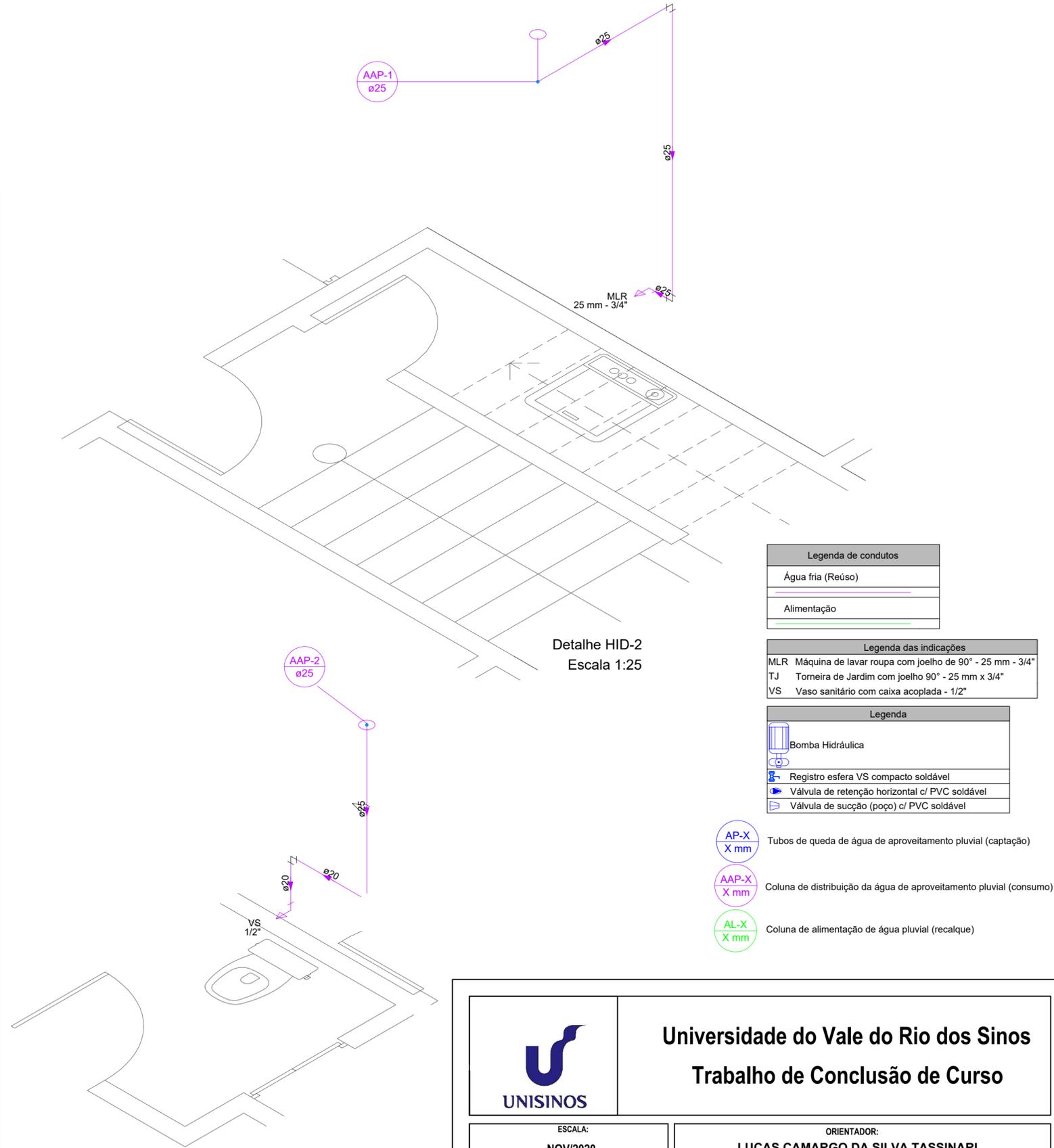
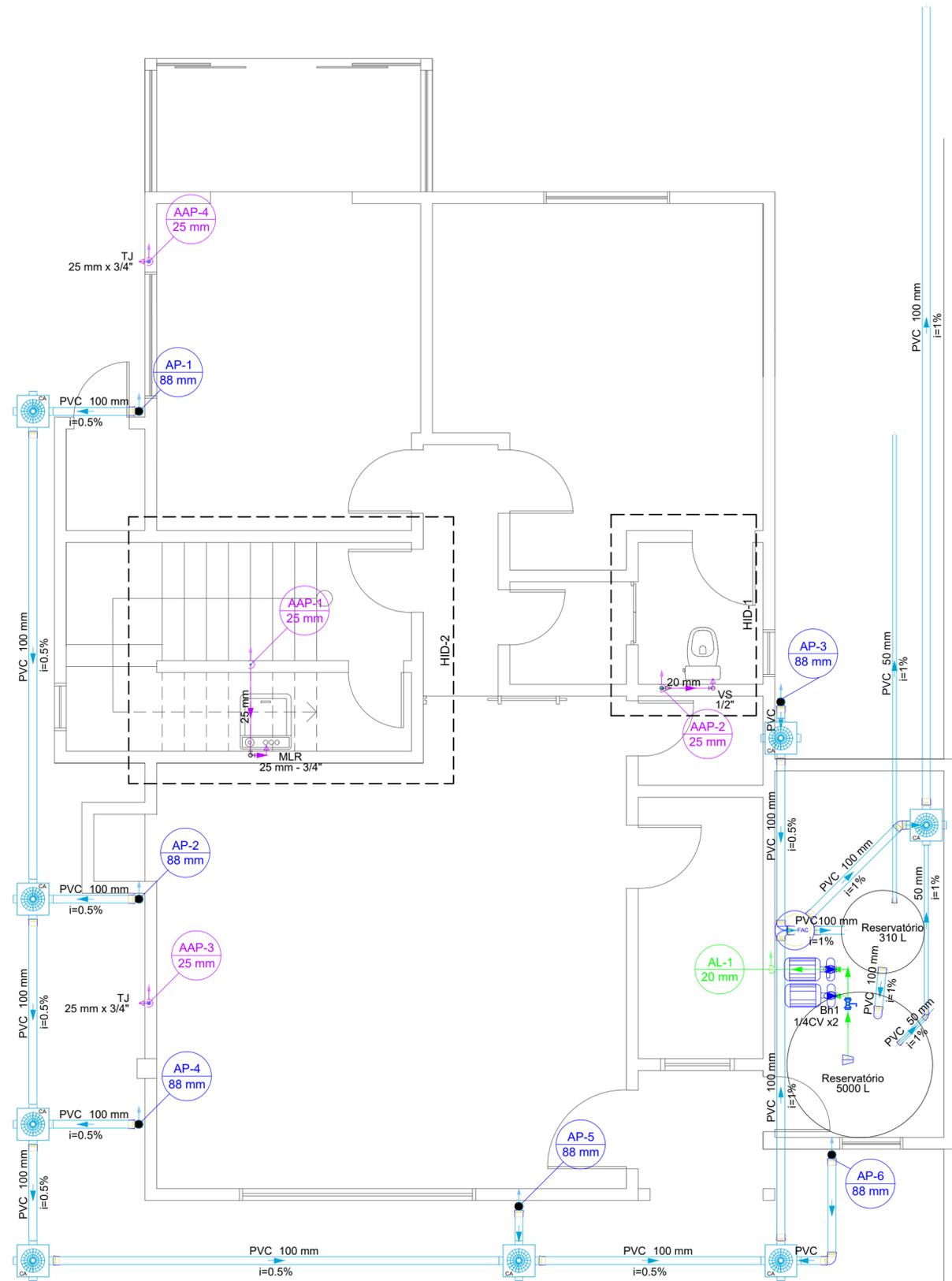
APÊNDICE B – PLANTA DO 2º PAVIMENTO



PL. Baixa 2º Pavimento
 Área = 99,44m²

	Universidade do Vale do Rio dos Sinos Trabalho de Conclusão de Curso	
	ESCALA: NOV/2020	ORIENTADOR: LUCAS CAMARGO DA SILVA TASSINARI
ESCALA: 1:50	GRADUANDO: NICHOLAS WAZLAWICK HANSEN	PROJETO: ARQUITETÔNICO
CONTEÚDO: PLANTA BAIXA DO 2º PAVIMENTO		PRANCHA: 02

**APÊNDICE C – PLANTA DO 1º PAVIMENTO DO PROJETO DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA**



Detalhe HID-2
Escala 1:25

Legenda de condutos	
	Água fria (Reúso)
	Alimentação

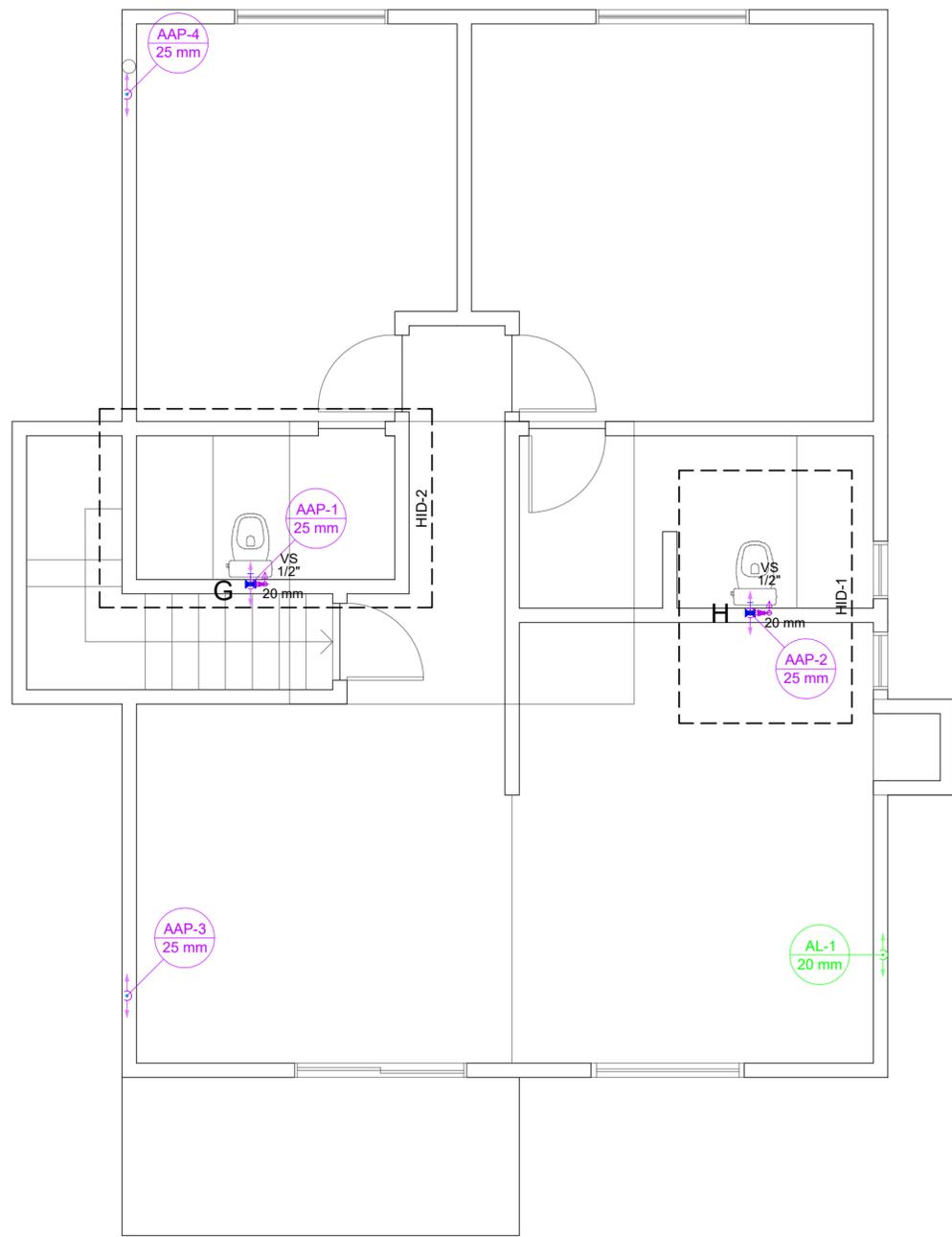
Legenda das indicações	
	MLR Máquina de lavar roupa com joelho de 90° - 25 mm - 3/4"
	TJ Torneira de Jardim com joelho 90° - 25 mm x 3/4"
	VS Vaso sanitário com caixa acoplada - 1/2"

Legenda	
	Bomba Hidráulica
	Registro esfera VS compacto soldável
	Válvula de retenção horizontal c/ PVC soldável
	Válvula de sucção (poço) c/ PVC soldável

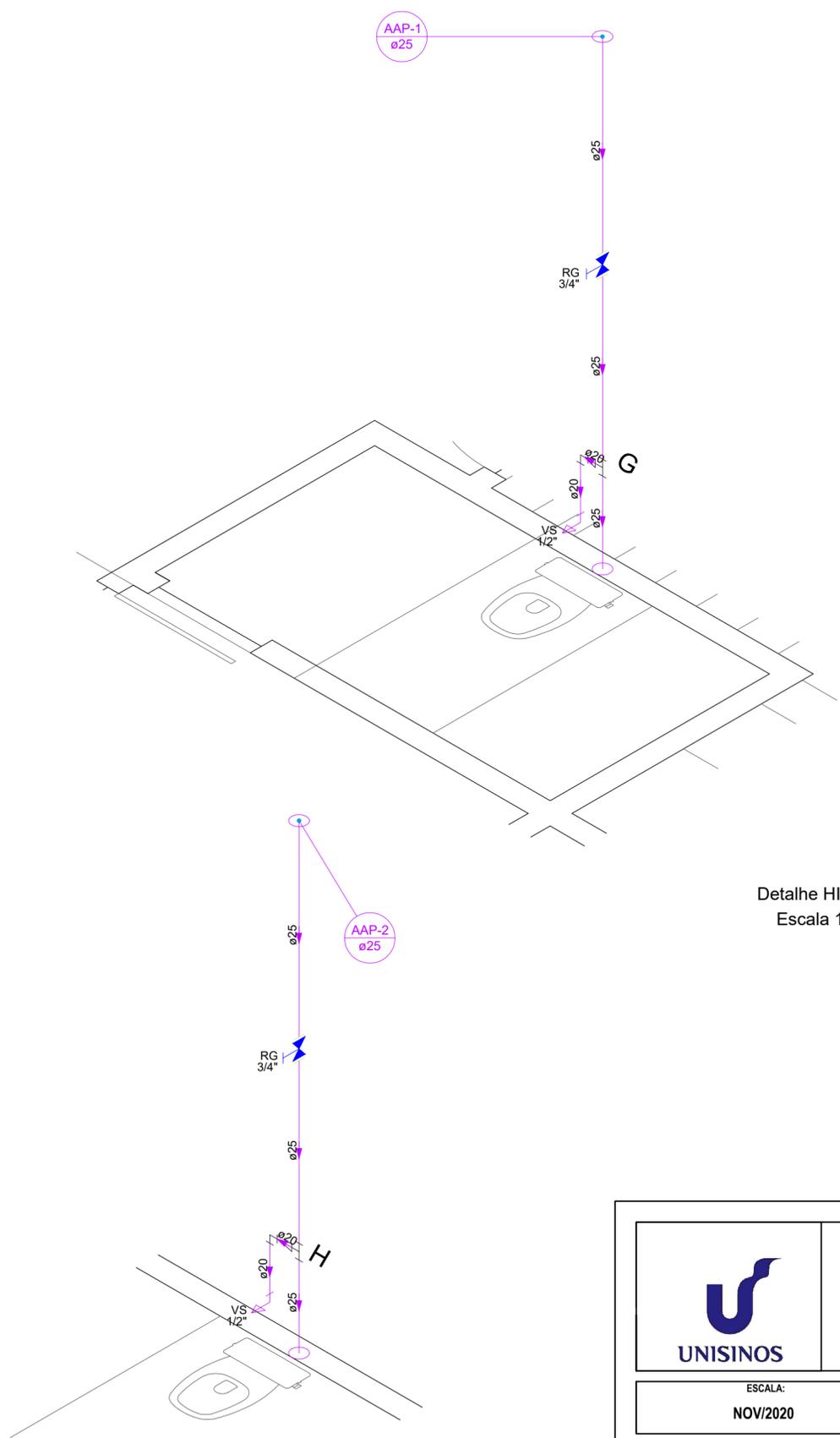
- AP-X X mm Tubos de queda de água de aproveitamento pluvial (captação)
- AAP-X X mm Coluna de distribuição da água de aproveitamento pluvial (consumo)
- AL-X X mm Coluna de alimentação de água pluvial (recalque)

	Universidade do Vale do Rio dos Sinos Trabalho de Conclusão de Curso	
	ESCALA: NOV/2020	ORIENTADOR: LUCAS CAMARGO DA SILVA TASSINARI
ESCALA: 1:50 (PLANTA) 1:25 (DETALHES)	GRADUANDO: NICHOLAS WAZLAWICK HANSEN	
PROJETO: APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA		PRANCHA: 01
CONTEÚDO: PLANTA DO 1º PAVIMENTO E DETALHES ISOMÉTRICOS		

**APÊNDICE D – PLANTA DO 2º PAVIMENTO DO PROJETO DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA**



PL. Baixa 2º Pavimento



Detalhe HID-1
Escala 1:25

Legenda de condutos	
	Água fria (Reúso)
	Alimentação

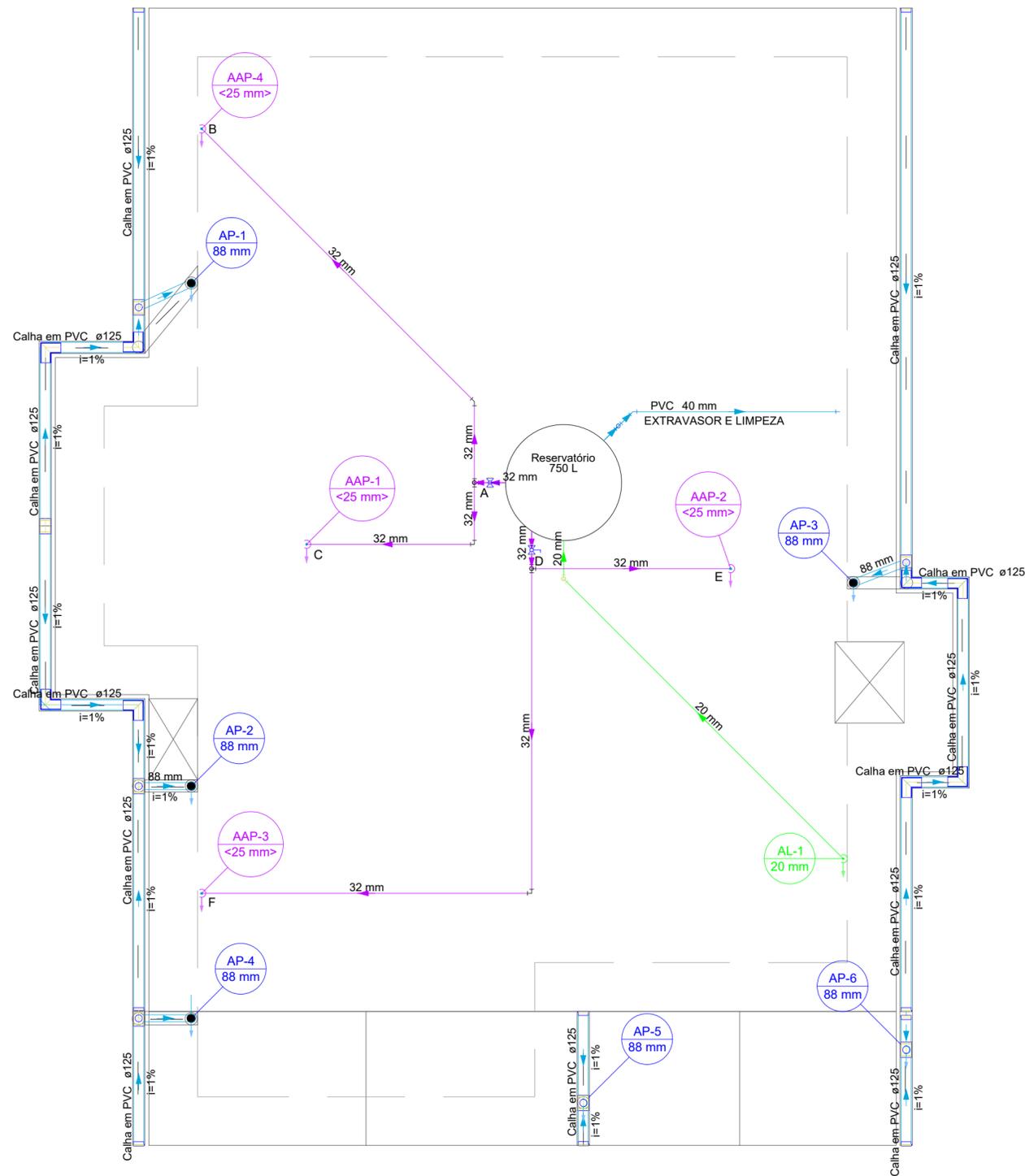
Legenda das indicações	
	VS Vaso sanitário com caixa acoplada - 1/2"

Legenda	
	Registro de gaveta c/canopla cromada c/PVC soldável

- AAP-X X mm Coluna de distribuição da água de aproveitamento pluvial (consumo)
- AL-X X mm Coluna de alimentação de água pluvial (recalque)

	Universidade do Vale do Rio dos Sinos Trabalho de Conclusão de Curso	
	ESCALA: NOV/2020	ORIENTADOR: LUCAS CAMARGO DA SILVA TASSINARI
ESCALA: 1:50 (PLANTA) 1:25 (DETALHES)	GRADUANDO: NICHOLAS WAZLAWICK HANSEN	
PROJETO: APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA		PRANCHA: 02
CONTEÚDO: PLANTA DO 2º PAVIMENTO E DETALHES ISOMÉTRICOS		

**APÊNDICE E – PLANTA DA COBERTURA DO PROJETO DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA**



Legenda de condutos	
	Água fria
	Água fria (Reúso)
	Alimentação
	Pluvial

Legenda	
	Registro esfera VS compacto soldável

- Tubos de queda de água de aproveitamento pluvial (captação)
- Coluna de distribuição da água de aproveitamento pluvial (consumo)
- Coluna de alimentação de água pluvial (recalque)



Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Trabalho de Conclusão de Curso

ESCALA:
NOV/2020

ORIENTADOR:
LUCAS CAMARGO DA SILVA TASSINARI

ESCALA:
1:50

GRADUANDO:
NICHOLAS WAZLAWICK HANSEN

PROJETO:
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

PRANCHA:

CONTEÚDO:
PLANTA DE COBERTURA - DISTRIBUIÇÃO E CAPTAÇÃO

03

ANEXO A - QUADROS E ÁBACOS UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO PROJETO

Ábaco para determinação de diâmetros de condutores verticais – NBR 5626 (ABNT,1989).

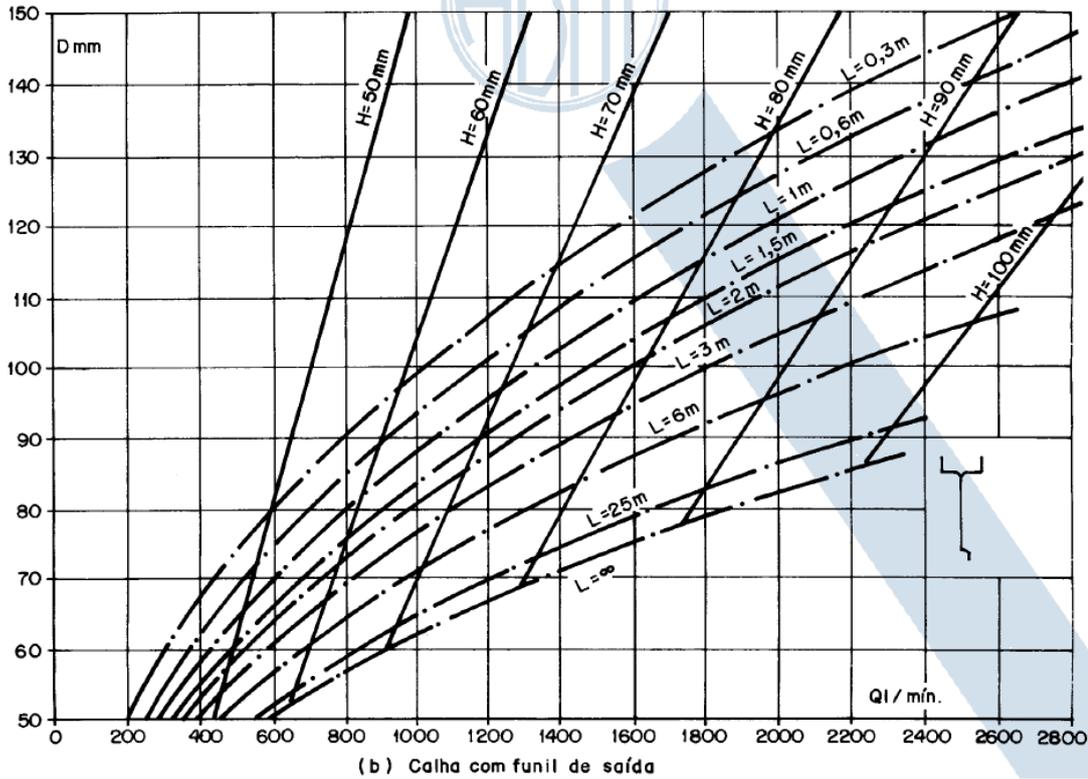


Tabela da capacidade de condutores horizontais de seção circular (ABNT,1989).

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				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

Tabela dos pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização – NBR 5626 (ABNT,1998).

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4