

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Leonardo de Lima Vaz

**SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
APLICADO À UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

Porto Alegre
Novembro 2021

LEONARDO DE LIMA VAZ

**SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
APLICADO À UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Juan Martín Bravo

Porto Alegre
Novembro 2021

LEONARDO DE LIMA VAZ

**SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
APLICADO À UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 25 de Novembro de 2021

Prof. Juan Martín Bravo
Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gino Roberto Gehling (UFRGS)
Doutor em Engenharia Ambiental pela Universitat Politècnica de Catalunya

Profa. Maria Cristina de Almeida Silva (UFRGS)
Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

Prof. Juan Martín Bravo (UFRGS)
Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS

Dedico este trabalho à minha avó, Maria Lionete,
que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e me
incentivando durante toda minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso bem como a minha trajetória pela universidade contou com a colaboração de diversas pessoas, dentre as quais eu gostaria de agradecer ao professor Juan Martín Bravo pela orientação e auxílio necessários à elaboração deste trabalho. Agradeço à minha família pelo apoio, compreensão e paciência durante toda essa caminhada. Agradeço à Thamires e a Silvana pelos incentivos, motivações e os diversos conselhos em relação ao presente e ao futuro. Um agradecimento à Katia, a Maira e aos demais amigos, colegas e professores pelas constantes trocas, aprendizados, conversas e companheirismo durante todo esse período de formação. Aos parentes e amigos que foram compreensivos com as ausências temporárias quando necessário. Um agradecimento a todos que, com os recursos disponíveis, fazem a UFRGS funcionar e avançar, desde o excelente time das bibliotecárias até a equipe de limpeza, manutenção e toda equipe administrativa da universidade. Um agradecimento especial à toda equipe da Biblioteca Professora Ruth de Souza Schneider pelo acolhimento, à SUINFRA e a SOMA pelas experiências e oportunidades. Sem a colaboração de todos vocês essa conquista não teria sido alcançada.

O mistério da vida não é um problema a ser resolvido, mas uma realidade a ser experimentada.

Frank Herbert

RESUMO

A água é um recurso essencial para a sobrevivência e manutenção de muitas espécies em nosso planeta. No entanto, são diversos os fatores que contribuem para o surgimento cada vez mais frequente de cenários envolvendo a escassez de recursos hídricos, colocando em evidência a necessidade de abordar a gestão desses recursos sob uma ótica racional e responsável de modo garantir uma vida digna tanto para a nossa quanto para as futuras gerações. Em vista deste cenário, este trabalho tem como objetivo projetar um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais para demandas não potáveis de usos externos em uma edificação de uso residencial existente na cidade de Porto Alegre, RS, seguido da estimativa do tempo de retorno do investimento para implementação do sistema. A metodologia aplicada nos dimensionamentos seguiu as diretrizes expostas pela ABNT NBR 15527:2019 e pela ABNT NBR 10844:1989, já a o dimensionamento do reservatório e o percentual da garantia de atendimento à demanda foi obtido através do Método da Simulação para valores diários de precipitação. Para a estimativa da demanda, definiu-se um mês hipotético, determinando o volume de consumo total para cada dia do mês, sendo a criação de 28,80 m² de canteiros para o cultivo coletivo de hortaliças a principal demanda prevista para o sistema. O volume equivalente a 3000 litros adotado para os reservatórios, garante um percentual de atendimento de 85% para a demanda prevista, o qual foi considerado adequado em função do espaço disponível, e os custos envolvidos. Buscou-se, dentro do possível, readaptar e reutilizar alguns trechos de calhas e tubulações existentes originalmente na edificação de forma a integrá-los ao novo Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais sem conjunto elevatório. O custo total de implementação do sistema foi de R\$ 4.718,73 com um tempo de retorno do investimento de 11 anos e uma economia de 100,37 m³ de água potável por ano. Conclusivamente, a implementação do sistema ainda é uma alternativa atraente quando levado em consideração não apenas suas economias futuras, mas também quanto à melhora na qualidade de vida dos moradores e seu impacto socioambiental seja à nível local ou regional.

Palavras-chave: Aproveitamento de Águas Pluviais. Edificações Sustentáveis.
Tempo de Retorno de Investimento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de desenvolvimento das etapas do trabalho	18
Figura 2 – Classes de águas doce e seus usos	21
Figura 3 – Regiões hidrográficas do Brasil.....	22
Figura 4 – Total de água consumida no Brasil (média anual de 2018).....	23
Figura 5 – Desenho esquemático sistema de aproveitamento de água pluvial	27
Figura 6 – Área de coleta - telhado	28
Figura 7 – Área de coleta - laje	28
Figura 8 – Áreas de coleta – telhado e pátio (com reservatório subterrâneo)	28
Figura 9 – Grade localizada sobre a calha.....	31
Figura 10 – Separador de águas da chuva de baixo custo para habitação popular	32
Figura 11 – Exemplo de afastamentos mínimos para o sistema de separação atmosférica. 35	
Figura 12 – Sugestão de identificação gráfica pontos de utilização de água não potável	36
Figura 13 – Indicações para cálculos da área de contribuição	41
Figura 14 – Calha com saída em aresta viva	43
Figura 15 – Calha com funil de saída.....	44
Figura 16 – Dispositivo de descarga do escoamento inicial	46
Figura 17 – Planta baixa do condomínio	53
Figura 18 – Fachada noroeste	53
Figura 19 – Fachada oeste e sudeste.....	53
Figura 20 – Precipitação média mensal para Porto Alegre, RS (1961-2019)	54
Figura 21 – Áreas de contribuição	55
Figura 22 – Áreas de captação	56
Figura 23 – Calhas	57
Figura 24 – Calhas, condutores e dispositivos	58
Figura 25 – Trecho de “respiro”	59
Figura 26 – Condutos de interligação dos reservatórios	60
Figura 27 – Canteiros de hortaliças	61
Figura 28 – Filtro para calhas	64
Figura 29 – Configuração do sistema de aproveitamento de águas pluviais	65
Figura 30 – Percentual de distribuição dos custos do SAAP	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes de rugosidade.....	42
Tabela 2 – Capacidade de calhas semicirculares (com $n = 0,011$) (vazão em L/min.)	42
Tabela 3 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min.).....	45
Tabela 4 – Parâmetros para estimativa da demanda residencial de água para uso externo	47
Tabela 5 – Parâmetros para estimativa da demanda residencial de água para uso interno .	47
Tabela 6 – Coeficiente de runoff médios.....	49
Tabela 7 – Planilha auxiliar para o balanço hídrico	50
Tabela 8 – Volume mínimo de reservatório para atendimento da demanda sem falha	51
Tabela 9 – Área de contribuição	55
Tabela 10 – Área de captação	56
Tabela 11 – Características das calhas	57
Tabela 12 – Características dos condutos verticais	58
Tabela 13 – Características dos dispositivos de descarte inicial	61
Tabela 14 – Parâmetros do consumo	62
Tabela 15 – Demanda mensal.....	63
Tabela 16 – Quantitativos e custos unitários.....	68
Tabela 17 – Quantitativos e custos totais.....	68
Tabela 18 – Tempo de retorno do investimento	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Materiais empregados nos condutores.....	29
Quadro 2 – Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.....	30
Quadro 3 – Frequência de manutenção.....	37

LISTA DE SIGLAS

ABNT NBR – Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto

IPAP – Instalações Prediais de Águas Pluviais

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

SAAP – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

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

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

VPL – Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

- Q – vazão de projeto (L/min)
- I – intensidade pluviométrica (mm/h)
- A – área de contribuição (captação) (m²)
- T – período de retorno (anos)
- t – duração da precipitação (minutos)
- a – largura da área da cobertura (m)
- b – comprimento da cobertura (m)
- h – altura da cobertura (m)
- S – área da seção molhada (m²)
- n – coeficiente de rugosidade (adimensional)
- RH – raio hidráulico (m)
- i – declividade da calha (m/m)
- l – comprimento da tubulação (m)
- V – volume de descarte inicial (m³)
- Ø – diâmetro interno da tubulação (m)
- V_{disp} – volume disponível anual, mensal ou diário de água de chuva (L)
- P – precipitação média, anual, mensal ou diária (mm)
- C – coeficiente de escoamento superficial da cobertura (runoff) (adimensional)
- η – é a eficiência do sistema de captação (%)
- S_(t) – volume de água no reservatório no tempo t (L)
- S_(t-1) – volume de água no reservatório no tempo t-1 (L)
- D_(t) – consumo ou demanda no tempo t (L)
- V_{reserv.} – volume máximo do reservatório (L)
- r – nível de confiança (%)

$F_{(t)}$ – volume de água em déficit no reservatório (falha) no tempo t (L)

VPL – Valor Presente Líquido (R\$)

FC – Fluxo de Caixa (R\$)

CI – Custo Inicial para implementação do empreendimento (R\$)

TMA = Taxa Mínima de Atratividade (%)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	DIRETRIZES DA PESQUISA	16
2.1	QUESTÃO DA PESQUISA	16
2.2	OBJETIVO DA PESQUISA	16
2.2.1	Objetivo principal	16
2.2.2	Objetivo secundário	16
2.3	PRESSUPOSTOS	17
2.4	PREMISSA	17
2.5	DELIMITAÇÕES	17
2.6	LIMITAÇÕES	18
2.7	DELINEAMENTO	18
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	ÁGUA: ESSÊNCIA DA VIDA	19
3.2	APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	25
3.2.1	Captação e condução	27
3.2.2	Qualidade e tratamento	29
3.2.3	Armazenamento	33
3.2.4	Abastecimento e distribuição	35
3.2.5	Manutenção do sistema	36
4	MATERIAIS E MÉTODOS	38
4.1	Levantamento de dados (série histórica de precipitações)	39
4.2	Área de contribuição e área de captação	40
4.3	Calhas	41
4.4	Condutores verticais	43
4.5	Condutores horizontais	44
4.6	Dispositivo de descarte do escoamento inicial	45
4.7	Demanda	47
4.8	Reservatório: Método da simulação	48
5	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS	52
5.1	Características da edificação	52
5.2	Precipitação	53
5.3	Área de contribuição e área de captação	54
5.4	Calhas	56
5.5	Condutores verticais	57

5.6	Condutores horizontais.....	59
5.7	Descarte do Fluxo Inicial	60
5.8	Demanda.....	61
5.9	Tratamento	63
5.10	Reservatório	64
5.11	Sistema de distribuição	66
6	CUSTOS E VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA.....	67
6.1	Orçamento	67
6.2	Tempo de retorno do investimento	69
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
	REFERÊNCIAS.....	74
	APÊNDICE A	78

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como um de seus objetivos o desenvolvimento de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP), sem conjunto elevatório, para uma edificação residencial de médio porte, localizada na cidade de Porto Alegre, RS. Também busca-se avaliar aqui a viabilidade econômica deste sistema, através do período de retorno do investimento aplicado na construção do mesmo.

Entretanto, para além do viés econômico, torna-se essencial abordar nossas construções sob a ótica da sustentabilidade em seus mais diversos aspectos. Uma vez que vivemos em um planeta com recursos finitos evidencia-se então a necessidade de um pensar e projetar de forma técnica, responsável e objetiva, de modo descentralizar a gestão de nossos recursos, não restringindo essas decisões apenas à esfera pública. Um planejamento/projeto consciente é capaz de impactar não só o usuário primário, mas a sociedade como um todo.

Os capítulos iniciais deste trabalho buscam situar o(a) leitor(a) quanto à relevância do assunto e suas motivações através de um recorte geopolítico e da sustentabilidade, para então adentrarmos em uma visão mais técnica sobre o assunto. O quarto capítulo apresenta a metodologia adotada no projeto de uma forma generalista, sem adentrar nas características do objeto de estudo em si. Enquanto que no capítulo quinto é abordada essa metodologia aplicada a edificação específica de estudo, expondo suas características e os critérios adotados no dimensionamento de cada componente do sistema. Por fim, os dois capítulos finais tratam do estudo quanto a viabilidade econômica de aplicação deste sistema, bem como os pareceres gerais quanto aos resultados encontrados, sugestões para análises futuras e conclusões finais.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes referentes ao desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DA PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é definir qual o tempo estimado para que ocorra retorno financeiro do investimento aplicado na implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma edificação de uso residencial?

2.2 OBJETIVO DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa, classificados entre principal e secundários, são descritos nos tópicos a seguir.

2.2.1 Objetivo principal

O trabalho tem como objetivo principal a estimativa do tempo de retorno do investimento para a implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais visando atender uma demanda para fins não potáveis, com dispensa de conjunto elevatório.

2.2.2 Objetivo secundário

Os objetivos secundários são:

- a) elucidar a relevância do aproveitamento de águas pluviais de forma sistemática e racional;

- b) a elaboração do projeto para um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais;
- c) analisar as demandas no condomínio que serão atendidas pelo sistema.

2.3 PRESSUPOSTOS

O trabalho tem por pressuposto os seguintes itens:

- a) a demanda definida em projeto representará uma estimativa realista de consumo dos condôminos;
- b) os dados pluviométricos analisados não apresentam inconsistências e erros fornecendo uma representação válida que reflita o comportamento da chuva para a localização da edificação em análise.

2.4 PREMISSE

O trabalho tem como premissa de que um projeto de engenharia, quando abordado racional e sistematicamente, é capaz de impactar de forma positiva na funcionalidade e na qualidade de vida tanto de seus cliente e consumidores diretos quanto à sociedade e ao meio ambiente.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao dimensionamento de um sistema para o aproveitamento de águas pluviais em uma edificação multifamiliar que teve sua construção concluída ao final da década de sessenta, encontra-se, portanto, em situação de pós-ocupação. Tendo também suas características meteorológicas delimitadas ao município de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul.

2.6 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- dimensões das áreas de captação fixas devido ao fato de ser uma edificação cuja construção se encontra concluída;
- a aplicação de apenas um método para o dimensionamento do reservatório de armazenamento (Método da Simulação);
- revisão bibliográfica com enfoque às obras de acesso digital, devido às restrições impostas pela pandemia do Covid-19;
- não considerar o custo da estrutura de apoio aos reservatórios, posto que em condomínios existentes e em projetos a serem desenvolvidos já existem facilidades para esta função, como estruturas de vagas para estacionamentos cobertos e terraços condominiais.

2.7 DELINEAMENTO

O trabalho teve sua condução e organização guiadas da seguinte maneira, conforme rotina ilustrada no diagrama da figura 1.

Figura 1 – Diagrama de desenvolvimento das etapas do trabalho



(fonte: do autor, 2021)

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica do trabalho foi conduzida através de dois tópicos principais, um estudo teórico contextual e outro técnico, conforme os seguintes itens:

- a) água: cenário e contexto hídrico;
- b) sistema de aproveitamento de águas pluviais.

3.1 ÁGUA: ESSÊNCIA DA VIDA

Um dos principais elos entre sociedade e meio ambiente, a água é um recurso natural essencial para manutenção e preservação da vida. Desde os princípios da história da humanidade o acesso a água doce esteve intimamente ligado ao surgimento e desenvolvimento de diversas civilizações (NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 2019). A gestão e gerenciamento de recursos hídricos impacta diretamente no desenvolvimento socioeconômico e na construção de ecossistemas saudáveis, tornando-a um elemento-chave e estratégico para a manutenção e combate às mudanças climáticas (ONU, 2019).

Um dos primeiros registros fotográficos em cores do nosso planeta visto do espaço¹, nos apresenta a Terra como um “pálido ponto azul”. De fato, cerca de 75% de nosso planeta é composto por água, em uma análise rasa e superficial, tem-se a falsa impressão de uma abundância de recursos hídricos, no entanto aproximadamente 97,4% deste total é composto por água salgada, imprópria para o consumo humano, como as águas dos mares e oceanos, dos 2,6% restantes a água doce apresenta a seguinte distribuição com 68,7% localizada nas calotas polares e glaciares, 30,1% em águas subterrâneas e 0,3% em águas doce superficiais como lagos, pântanos e rios, os 0,9% restantes estão presentes em fontes tais quais a atmosfera, os seres vivos

¹ Earthrise (Nascer da Terra), fotografia de William Anders (NASA) em 24 de dezembro de 1968 na missão Apollo 8.

entre outras (USGS, 2020²). O que significa que apenas 0,79% do volume total da água no planeta se encontram disponíveis ao consumo humano.

Cerca de 50% dos recursos hídricos de água superficial estão concentrados em poucos países como o Brasil, Rússia, Canadá, Indonésia, China, Colômbia e Estados Unidos, essa não uniformidade espacial na distribuição de recursos faz com que aproximadamente um quinto da população mundial viva em áreas de escassez hídrica, onde cada pessoa recebe em média menos que 1000 metros cúbicos de água por ano (NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 2019). Segundo o Centro Regional de Informações das Nações Unidas (UNRIC), três em cada dez pessoas não têm acesso a água potável e cerca de 4 milhões de pessoas passam ao menos um mês do ano por uma grave escassez de água potável. Garantir o acesso a serviços de saneamento e a água potável de qualidade são pontos fundamentais para o desenvolvimento humano e social além de serviços essenciais para a mitigação de problemas como as mais de 3 milhões de mortes anuais decorrentes de doenças como diarreia, cólera, disenteria, entre outras doenças que são contraídas em consequência do consumo de águas impróprias (NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 2019).

A qualidade das águas superficiais e subterrâneas resulta de uma diversificada gama de fatores tais como o regime de chuvas, escoamento superficial, geologia e cobertura vegetal, além de ações antrópicas como o lançamento de efluentes, ocupação e contaminação do solo, entre outras alterações do ecossistema (ANA, 2019). A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005, classifica os corpos hídricos entre treze classes, distribuídas entre águas doce, salinas e salobras. Essa classificação dá-se através de um conjunto de parâmetros de qualidade de água tais como, percentual de salinidade, grau de turbidez, cor, nível de pH, limites de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), concentração de OD (Oxigênio Dissolvido) entre outros parâmetros orgânicos e inorgânicos que indiquem o nível de contaminação dos corpos. Cada classe define quais os usos recomendados em função da qualidade das águas, sendo as águas de melhor qualidade passíveis

² UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Where is Earth's Water?**. Reston: U.S. Department of the Interior. Disponível em: <www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/where-earths-water?> Acesso em: 2 nov. 2020

de serem aproveitadas em usos menos exigentes, contanto que estes não venham a prejudicar sua qualidade. A figura 2 apresenta um resumo da classificação de águas doce. A qualidade dos corpos hídricos deve ser monitorada periodicamente pelo Poder Público, adotando procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis (CONAMA, 2005).

Figura 2 – Classes de águas doce e seus usos

Classificação de qualidade das águas e usos permitidos

classes →	classe especial	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
USOS					
preservação ecossistema	obrigatória em UC de proteção integral	×	×	×	×
preservação vida do rio	✓	obrigatória em terras indígenas	✓	×	×
nadar	✓	✓	✓	×	×
criar peixes	✓	✓	✓	×	×
consumo humano	desinfecção	tratamento simplificado	tratamento convencional	tratamento convencional ou avançado	×
remo, vela	✓	✓	✓	✓	×
pesca	✓	✓	✓	✓	×
irrigação	✓	hortaliças e frutas cruas rente ao solo	hortaliças, frutas, parques	árvores, cereais, forragens	×
consumo animal	✓	✓	✓	✓	×
navegação	✓	✓	✓	✓	✓
paisagem	✓	✓	✓	✓	✓

(fonte: BOJARCIK, Tom; KALIL, Patrícia, 2019)

Sob o ponto de vista geopolítico a disputa pela água já é uma realidade em algumas regiões do planeta uma vez que dois terços dos rios transfronteiriços não possuem uma estrutura de gestão cooperativa, como por exemplo a disputa pelo rio Nilo, responsável por 85% do abastecimento hídrico do Egito enquanto que geograficamente sua maior parcela encontra-se na Etiópia, país que planeja represá-lo para suprir sua demanda energética (NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY, 2019).

No Brasil, 80% da água superficial está localizada na região Amazônica, no entanto, a região apresenta pouco consumo devido à baixa densidade demográfica do local quando comparada ao restante do país (ANA, 2019). O território brasileiro é subdividido, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), em 12 regiões hidrográficas conforme figura 3, distintas da organização geopolítica usual, implicando em um gerenciamento territorial das bacias pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelos órgãos gestores de recursos hídricos das Unidades da Federação (ANA, 2019).

Figura 3 – Regiões hidrográficas do Brasil



(fonte: ANA, 2019, p. 13)

A Lei Federal nº 9.433 (BRASIL, 1997), também conhecida como “Lei das Águas”, aponta em seu Art. 1º inciso VI que “a gestão dos recursos hídricos deve ser *descentralizada* e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades”. Ainda, em seu Art. 2º expõe que, são os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

IV - incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.”

De acordo com estudos realizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), cerca de 66,1% do consumo de água no Brasil é destinado ao setor da agricultura, os 33,9%

restantes se distribuem principalmente entre o abastecimento humano e animal, para indústria, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, recreação e lazer, conforme ilustrado na figura 4.

Figura 4 – Total de água consumida no Brasil (média anual de 2018)



(fonte: ANA, 2019, p. 32)

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda um consumo médio de 110 litros por dia para que uma pessoa possa viver com dignidade, o brasileiro consome em média 150 litros por dia, enquanto que o consumo padrão do norte-americano chega em torno de 300 litros por dia (ANA, 2013). Estima-se que, nas últimas duas décadas, houve um crescimento de 80% no consumo total de água, sendo previsto que até o ano de 2030 este consumo sofra um aumento de 26% (ANA, 2019). O Centro Regional de Informações das Nações Unidas (UNRIC) (ONU, 2019) aponta que “caso a degradação do ambiente e as pressões insustentáveis sobre os recursos hídricos globais continuem, em 2050, 45% do PIB mundial e 40% da produção mundial de cereais estarão em risco” e a tendência é de que mesmo em regiões onde hoje a disponibilidade hídrica seja abundante, venham a sofrer no futuro com estresse hídrico (UNESCO, 2020).

Historicamente este aumento do consumo de água está diretamente ligado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização dos países. No entanto as alterações dos padrões de consumo em conjunto com o crescimento demográfico e a

alta densidade populacional tendem a intensificar as crises e períodos de escassez desses recursos (UNESCO: WWDR, 2020). Ainda, o Relatório Mundial das Nações Unidas (2020, p. 10) ressalta que:

“A rápida urbanização, o desenvolvimento econômico e a desigualdade estão entre os principais fatores socioeconômicos de pressão sobre os sistemas hídricos com os quais se cruzam os impactos climáticos. A pobreza é persistente na maioria dos países, o que contribui para a vulnerabilidade diante da mudança climática. **A desigualdade econômica também se traduz em desigualdade no acesso à água e ao saneamento, e vice-versa.** Os riscos crescentes de doenças transmitidas pela água têm um impacto maior sobre as pessoas pobres. A vulnerabilidade também é alta nas áreas rurais, onde os fatores climáticos limitam as opções econômicas e promovem a emigração.”

O movimento crescente de mudanças climáticas em conjunto com a degradação ambiental, conseqüente de ações antrópicas, está levando a transformações no panorama relacionado aos recursos hídricos, impactando a saúde pública, ambiental e econômica dos países. Inundações, secas e poluição das águas são intensificadas devido a degradação da vegetação, do solo e da crescente contaminação dos mananciais (UNESCO: WWDR, 2020).

A Declaração Universal dos Direitos da Água (1992) chama a atenção de que “os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia”. A fim de prevenir-se, neste cenário de inseguranças hídrica, deve-se agir através de ações de aperfeiçoamento de recursos hídricos e a implementação de infraestrutura hídrica, como por exemplo no planejamento, controle, monitoramento, operação e manutenção desses sistemas (ANA, 2019). Visto seu papel essencial para o desenvolvimento sustentável, tornam-se necessárias ações de incentivo a conscientização e otimização do consumo, iniciativas de conservação e a busca por fontes alternativas visando a descentralização e diversificação da matriz de abastecimento de água (ABNT NBR 16783, 2019).

Desde que a água receba um tratamento adequado, existem fontes de captação não convencionais que em geral se apresentam como alternativas viáveis para conservação e valorização do uso da água, além de contribuir para uma maior segurança hídrica, sanitária e a conservação do meio ambiente (GOLDENFUM,

2006). Alguns exemplos destas fontes alternativas são o aproveitamento de águas de chuva e pluviais, o reuso de águas claras, cinzas e negras, a dessalinização de água salgada, rebaixamento do lençol freático entre outras (ABNT NBR 16783, 2019).

3.2 APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A busca por fontes alternativas visa complementar o sistema de abastecimento tradicional e substituição de fontes para o consumo de água com fins não potáveis, o Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) apresenta-se como uma atraente alternativa neste cenário (em que as crises de recursos hídricos são cada vez mais frequentes) uma vez que nem todas atividades necessitam de um padrão de qualidade tão nobre quanto o destinado ao consumo humano. Suas principais vantagens são a redução no consumo de água potável, a restauração do ciclo hidrológico urbano, simplicidade na manutenção, promover conscientização e educação ambiental, além de contribuir para o controle de cheias ao reduzir o escoamento rápido, evitando enchentes e enxurradas (GOLDENFUM, 2006). Ainda, além de apresentar-se como uma alternativa sustentável, estes sistemas trazem um retorno do investimento em prazo relativamente curto, de em média três a quatro anos, com uma vida útil avaliada em vinte anos (TOMAZ, 2014).

No entanto este sistema se torna inviável quando pensado para o consumo humano, principalmente devido aos altos custos necessários para os tratamentos se comparado ao baixo custo do fornecimento de água potável estabelecidos pelas operadoras municipais. Logo, esta alternativa se torna mais indicada para aplicações em áreas como condomínios, regiões que sofrem com estresse hídrico, locais com alto custo de extração de águas subterrâneas, áreas rurais e indústrias. Para fins comerciais e industriais estas águas captadas podem ser utilizadas para o resfriamento de maquinário, na climatização, em lavagens industriais de roupas e limpezas em geral (GOLDENFUM, 2006).

Se realizado em larga escala, a captação de água através de fontes alternativas é capaz de impactar significativamente na redução da demanda de água a nível municipal, reduzindo a degradação de corpos hídricos receptores bem como um

melhor aproveitamento dos sistemas de abastecimento de água e o de tratamento e coleta de esgoto (ABNT NBR 16738, 2019).

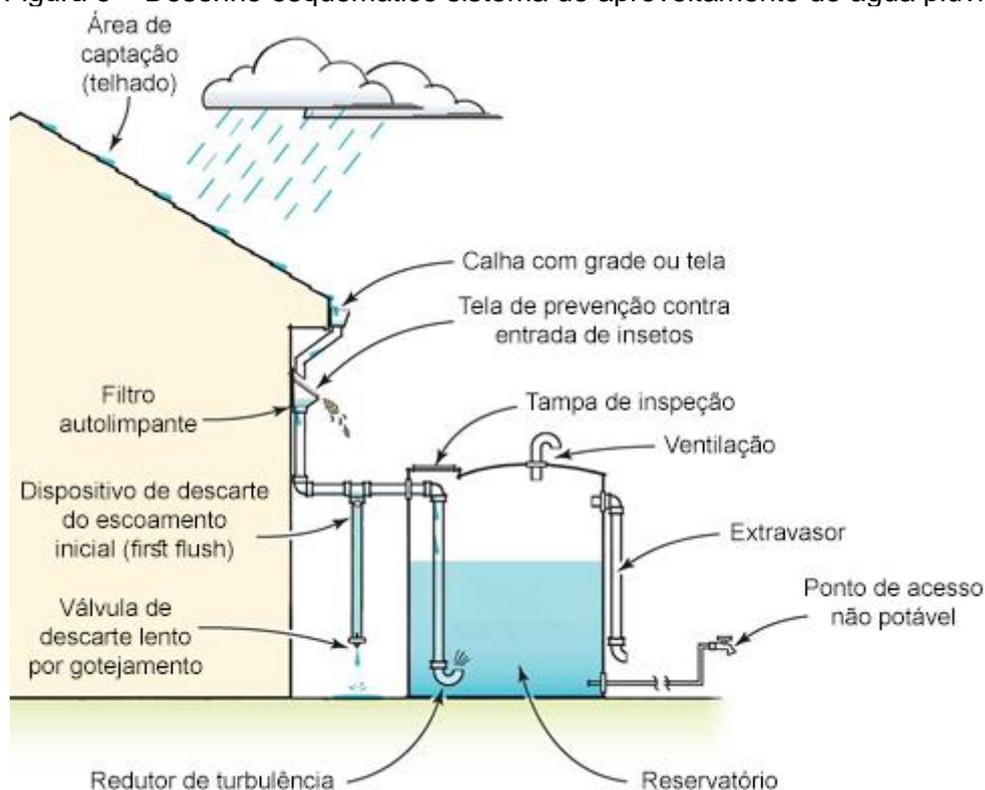
Cabe salientar que, informalmente, os termos “aproveitamento”, “reaproveitamento” e “reuso” são empregados de maneira análoga em nosso dia-a-dia. No entanto, tecnicamente estes termos se referem a sistemas com características distintas, sendo o termo “aproveitamento” o correto ao se referir à captação e uso de águas disponíveis e ainda não utilizadas, enquanto que “reuso” refere-se a águas que foram previamente utilizadas e que de alguma forma (após tratamento adequado) retornam ao sistema para novo uso. De maneira semelhante, o termo “reaproveitamento” também indica uma água que já teve um consumo prévio. Ainda, a NBR 16738 (ABNT, 2019) que trata do uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, aponta a diferença entre águas pluviais e água da chuva. A água da chuva é resultante de precipitações atmosféricas coletadas em coberturas e telhados onde não haja circulação de pessoas, animais e veículos, já as águas pluviais são aquelas coletadas em pisos, lajes e coberturas em que há a consideração da possibilidade de circulação de pessoas, animais e veículos. Este trabalho limita sua aplicação ao *Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais*.

No Brasil, a NBR 15527 (ABNT, 2019) em conjunto com a NBR 10844 (ABNT, 1989) estabelecem as diretrizes e requisitos (mínimos) quanto ao aproveitamento de águas da chuva para uso não potável. Onde os principais elementos do sistema, de modo geral, podem ser contemplados entre quatro etapas chaves, são elas:

- a) captação e condução das águas da chuva;
- b) tratamento e controle de qualidade;
- c) armazenamento;
- d) disponibilização/consumo.

Estas etapas, ilustradas na figura 5, serão analisadas nos tópicos adiante, seguindo-se adicionalmente às considerações quanto a manutenção e cuidados ao sistema no decorrer dos anos.

Figura 5 – Desenho esquemático sistema de aproveitamento de água pluvial



(fonte: www.watercache.com/rainwater/residential, tradução do autor)

3.2.1 Captação e condução

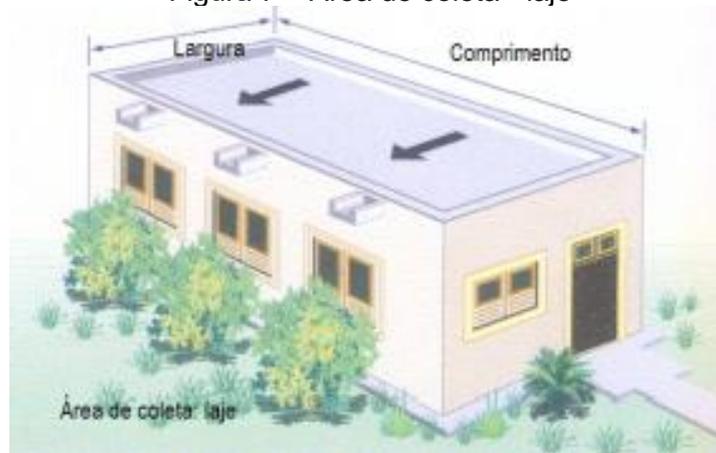
A coleta de água da chuva acontece durante eventos de precipitação pluviométrica, normalmente a captação destas águas é feita através de superfícies como telhados e coberturas, mas também pode ocorrer sobre áreas como pavimentos drenantes, pátios, lajes, entre outros (TOMAZ, 2014). As figuras 6, 7 e 8 exemplificam algumas destas configurações de sistemas de coleta como telhado, laje e combinação de telhado e pátio.

Figura 6 – Área de coleta - telhado



(fonte: Waterfall (2002), apud MAY, 2009, p. 56)

Figura 7 – Área de coleta - laje



(fonte: Waterfall (2002), apud MAY, 2009, p. 56)

Figura 8 – Áreas de coleta – telhado e pátio (com reservatório subterrâneo)



(fonte: Waterfall (2002), apud MAY, 2009, p. 56)

O volume de água precipitado difere do que de fato pode ser efetivamente aproveitado, sendo ele dependente da área de captação, do coeficiente de

escoamento superficial, fator de captação da cobertura e das perdas devido à evaporação e possíveis vazamentos (MAY, 2009). Tem-se à disposição uma grande diversidade de materiais e composições, com características próprias quanto sua permeabilidade e coeficiente de escoamento. Uma vez que essas áreas passem a integrar o sistema de aproveitamento de águas pluviais, deve-se ficar atento a elas quanto à presença de possíveis fontes de contaminação (ABNT NBR 15527, 2019)

A calha é o elemento integrante deste sistema de captação no qual se direcionam as águas captadas pela cobertura, conduzindo-a para condutos verticais e horizontais que, por sua vez, direcionam-na para a parte inferior da edificação até o sistema de armazenamento. A NBR 10844 (ABNT, 1989) define os seguintes materiais que possam ser empregados nestes condutos, conforme exposto no quadro 1.

Quadro 1 – Materiais empregados nos condutores

Conduto	Materiais
Calha	Chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria
Vertical	Tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro
Horizontal	Tubos e conexões de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria

(fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p. 3)

Cabe ainda salientar que o sistema de aproveitamento de águas pluviais deve ser totalmente independente do sistema destinado ao abastecimento de água potável, impedindo a conexão cruzada entre as tubulações (ABNT NBR 16783, 2019). Sua tubulação deve ser pintada na cor roxa e/ou possuir identificação gráfica por meio de fitas adesivas diferenciando-as das tubulações do sistema tradicional (ABNT NBR 15527, 2019).

3.2.2 Qualidade e tratamento

A qualidade das águas pluviais, resulta de uma soma de condições tais como a localização em que se encontra o sistema de coleta, as condições meteorológicas da região, a presença ou não de vegetação, presença de carga poluidora, entre outros. Logo, é compreensível que suas características possam se alterar tanto no quesito

temporal quanto espacial (MAY, 2019). Segundo Goldenfum (2006), as águas provenientes da precipitação, em sua origem, contêm muito poucas impurezas, no entanto, ao entrar em contato com a superfície terrestre, uma gama de fatores contribui para a contaminação e redução na qualidade destas águas. Os principais meios de contato se dão através de:

- a) poeira e a fuligem acumuladas em telhados;
- b) matéria orgânica proveniente de resíduos vegetais e animais;
- c) uso de pesticidas, fertilizantes, inseticidas e produtos químicos de origem médica ou industrial.

Ainda que seu uso se dê para fins não potáveis, os parâmetros de qualidade da água devem ser monitorados periodicamente, no mínimo, de forma semestral. Estas análises devem ser realizadas em laboratórios seguindo a competência de profissionais qualificados. A NBR 16783 (ABNT, 2019) estabelece parâmetros mínimos de qualidade conforme quadro 2. Outros parâmetros ainda devem ser considerados em função dos materiais e equipamentos, que entrarão em contato com a água, seguindo as orientações dos fabricantes. Em casos de contaminação e/ou inconformidade deve-se suspender o uso das águas e realizar novas análises, para então submeter o sistema a procedimentos de reparação adequados à patologia identificada (ABNT NBR 15527, 2019).

Quadro 2 – Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis

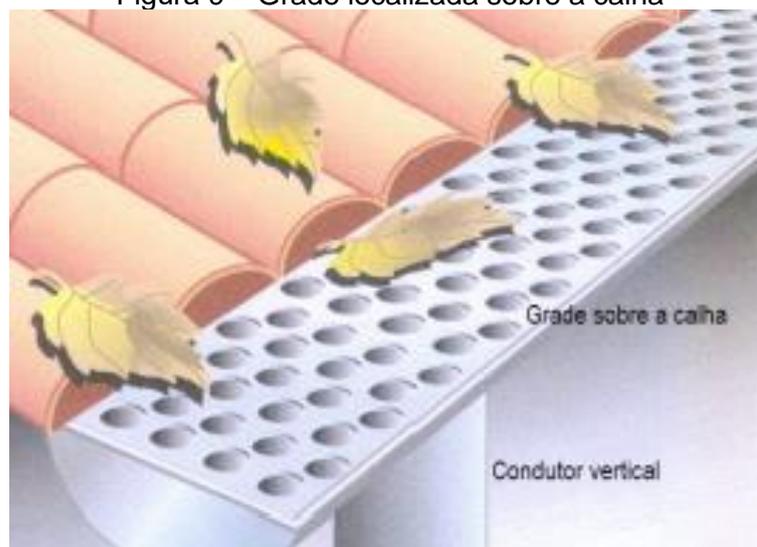
Parâmetro	Valor
pH	6,0 a 9,0
<i>Escherichia coli</i>	≤ 200 NMP / 100 mL
Turbidez	≤ 5,0 uT
DBO _{5,20}	≤ 20 mgO ₂ /L
CRL (cloro residual livre)	Mínimo 0,5 mg/L – Máximo de 5,0 mg/L recomendável 0,5 mg/L – Máximo de 2,0 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) ou Condutividade elétrica	≤ 2000 mg/L ou ≤ 3200 μS/cm

(fonte: ABNT NBR 16783, 2019, p. 6)

A presença de partículas inorgânicas, detritos orgânicos, algas e bactérias sobre a superfície de captação faz com que as águas pluviais coletadas nos primeiros

instantes de chuva apresentem uma turbidez elevada (MAY, 2009). A fim de diminuir a quantidade de sólidos suspensos e dissolvidos aconselha-se a implementação de elementos de pré-tratamento como telas e grades (figura 9), dispositivos para o descarte da água do escoamento inicial e/ou reservatório de autolimpeza (ABNT NBR 15527, 2019).

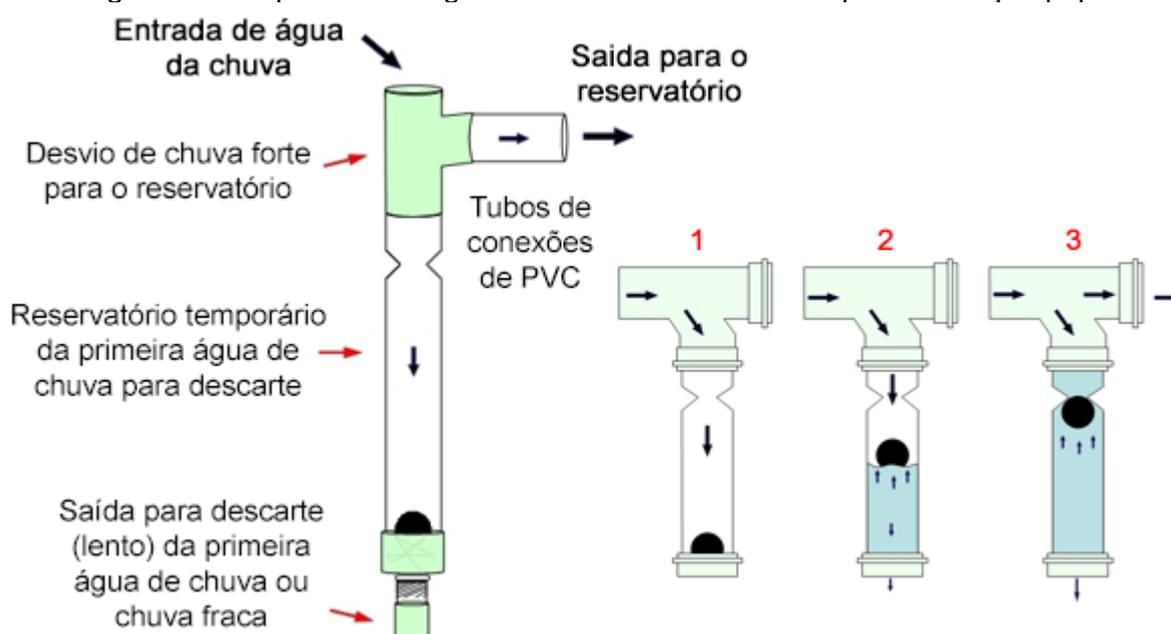
Figura 9 – Grade localizada sobre a calha



(fonte: Waterfall (2002), apud MAY, 2009, p. 57)

Existem modelos destes dispositivos de descarte do escoamento inicial (ou *first flush*) que apresentam baixo custo de implementação e de fácil manuseio, podendo inclusive ser construído *in loco* conforme o modelo apresentado na figura 10.

Figura 10 – Separador de águas da chuva de baixo custo para habitação popular



(fonte: www.sempresustentavel.com.br, adaptada pelo autor)

Em função das condições do sistema, a fase de pré-tratamento induz a perda de parte da água pluvial captada. Estas perdas devem ser consideradas e avaliadas em fase de projeto, onde, na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm (o equivalente a 2 L/m²) da precipitação inicial somado às perdas referentes a eficiência do sistema (extravasamentos nos condutos, perda no filtro, entre outros). O(a) projetista responsável deve garantir que estes dispositivos sejam duráveis e apresentem fácil manutenção (ABNT NBR 15527, 2019).

Caso os parâmetros mínimos de qualidade não sejam alcançados na etapa de pré-tratamento, devem ser aplicados tratamentos adicionais por meio de soluções físicas e químicas a fim de atingir os resultados adequados (ABNT NBR 15527, 2019). Com intuito de preservar a saúde do usuário final, torna-se necessário a definição quanto aos usos a que irão se destinar as águas captadas pelo sistema, a fim de estabelecer o nível e intensidade de tratamento adequado bem como seu custo e requisitos de segurança a serem adotados. A NBR 16783 (ABNT, 2019, p. 9) em seu item “5.4.3.2” aponta que:

“Para determinação da tecnologia a ser adotada no tratamento devem ser consideradas as características da fonte alternativa, os usos não potáveis pretendidos, as vazões de projeto, a área técnica disponível e as condições para uso, operação e manutenção.”

Conforme sugerido por Tomaz (2014), para desinfecção das águas pluviais pode-se utilizar hipoclorito de sódio, raios ultravioleta, ozônio e outros materiais. Nos casos em que se deseja utilizar as águas coletadas para lavagem de roupas ou em piscina, deve-se utilizar filtros lentos para remoção de parasitas como o *Crypstoridium parvum*. Ainda, Goldenfum (2006, p. 5) salienta que,

“[...] de uma forma geral, a água da chuva pode fornecer água limpa e confiável, desde que os sistemas de coleta sejam construídos e mantidos de forma adequada e a água seja tratada apropriadamente, conforme o uso previsto. [...]. Para usos menos exigentes, uma simples filtração e desinfecção (cloração, ou tratamento por ultravioleta, por exemplo) podem trazer os indicadores de qualidade para níveis adequados. No caso de uso para irrigação, o tratamento necessário é mínimo, normalmente requerendo apenas filtragem.”

3.2.3 Armazenamento

O armazenamento das águas pluviais coletadas pelo sistema é realizado em reservatórios ou cisternas. Atualmente, o reservatório de polietileno é o mais comum de se encontrar no mercado, no entanto a composição dos reservatórios pode se dar através de materiais como o aço inoxidável, poliéster reforçado com fibra de vidro, fibrocimento, concreto, alvenaria, entre outros (ABNT NBR 15527, 2019). A escolha do material deverá levar em consideração não apenas o custo do reservatório, mas suas condições para instalação e manutenção. Podendo apresentar-se ainda nas seguintes configurações: enterrado, semienterrado, apoiado ou elevado.

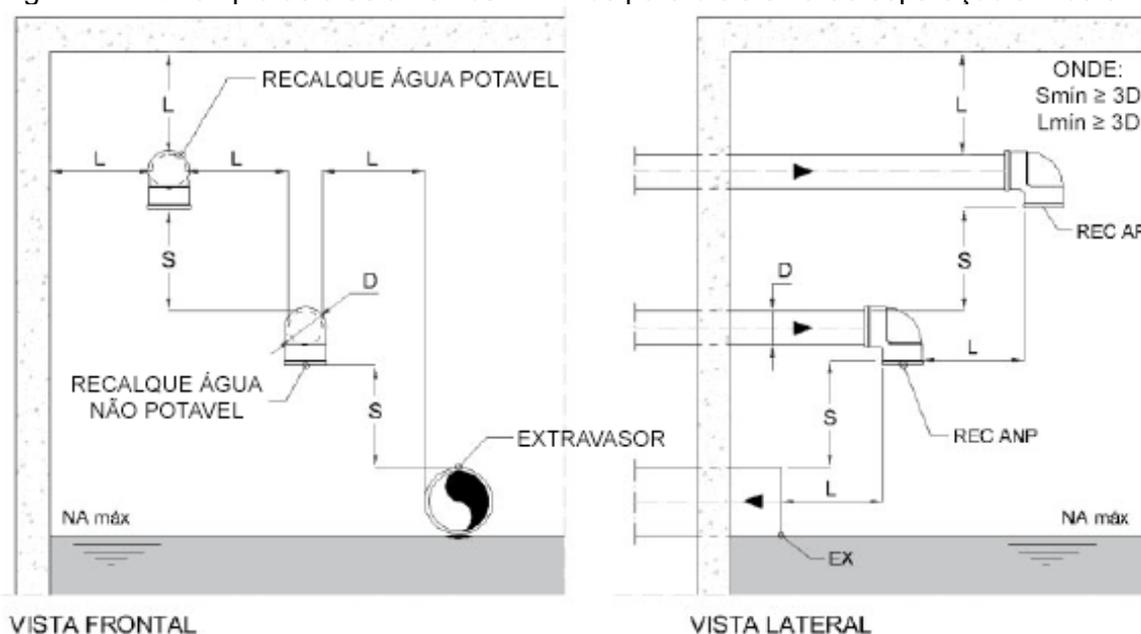
Representando entre 50% a 80% do custo do sistema de aproveitamento de águas pluviais, o reservatório deve ser dimensionado com redobrada atenção com base em critérios técnicos, econômicos e seguindo as boas práticas da engenharia (SBRH, 2017). Seu dimensionamento é realizado com base na área de captação, na demanda projetada para usos não potáveis e no regime pluviométrico, cuja séries históricas e sintéticas das precipitações devem ser representativas quanto a sazonalidade na região de implementação do sistema (ABNT NBR 15527, 2019). Um estudo realizado por Immich Junior (2013) relaciona a garantia de atendimento à demanda com o tamanho da série de precipitações, concluindo que a disponibilidade de um grande número de dados de séries históricas de precipitação reduz a chance de se subestimar ou superestimar a garantia de atendimento à demanda. Indicando um período de

aproximadamente 20 anos para garantir um certo grau de confiança quanto ao dimensionamento do reservatório. Períodos de dados pluviométricos menores que 10 anos tendem a apresentar uma diferença significativa quanto ao volume necessário para o reservatório (TOMAZ, 2014).

Existem diversos métodos para realização do dimensionamento do reservatório tais como: o Método da simulação, Método de Rippl, Método prático brasileiro, Método prático inglês, Método prático alemão, Método prático australiano, entre outros. Para residências de padrão normal e baixo, o Método da simulação apresenta uma boa confiabilidade quanto ao atendimento da demanda, sem que se dimensione um reservatório muito grande ou então insuficiente (SBRH, 2017).

O projeto do reservatório deve levar em consideração elementos como a descarga de fundo ou bombeamento para limpeza, elemento de ventilação, extravasor, ponto de acesso e inspeção. Mantendo a água protegida contra incidência direta de luz solar, calor e a entrada de insetos e animais (TOMAZ, 2014). Quando o reservatório de água da chuva possuir suprimento de água potável proveniente de outra fonte, deve ser instalado um dispositivo de separação atmosférica a fim de evitar refluxo/contaminação com água de chuva no sistema de água potável (ABNT NBR 15527, 2019). A figura 11 apresenta um exemplo deste sistema, conforme sugestão da NBR 16783 (ABNT, 2019), quanto ao distanciamento mínimo das tubulações de abastecimento e extravasor.

Figura 11 – Exemplo de afastamentos mínimos para o sistema de separação atmosférica



(fonte: ABNT NBR 16783, 2019, p. 10, adaptada pelo autor)

3.2.4 Abastecimento e distribuição

Da mesma forma que o sistema de distribuição para água potável, as tubulações para o aproveitamento das águas pluviais também devem seguir as diretrizes e recomendações da NBR 5626 (ABNT, 2020) referente aos sistemas prediais de água fria. Os pontos de consumos devem ser sinalizados indicando a não conformidade para o consumo humano. De forma inclusiva, indica-se que o texto de advertência seja seguido de identificação gráfica visual a fim de englobar pessoas e crianças não alfabetizadas. A figura 12 apresenta uma sugestão quanto a esta sinalização conforme indicado pela NBR 16783 (ABNT, 2019).

Figura 12 – Sugestão de identificação gráfica pontos de utilização de água não potável



**ÁGUA NÃO POTÁVEL
IMPRÓPRIA PARA CONSUMO**

(fonte: ABNT NBR 16783, 2019, p. 18)

Quanto ao seu uso, existem demandas que não necessitam de água com alto padrão de potabilidade, como por exemplo o consumo na irrigação para fins paisagísticos, uso de descargas de bacias sanitárias e mictórios, abastecimento de reservatório de combate a incêndio, usos industriais, lavagem de logradouros, pátios, garagens, áreas externas e veículos, sistemas de resfriamento de água, uso ornamental, entre outros usos menos nobres (quando comparado ao consumo humano), fins estes cuja prática comum tende a utilizar o abastecimento padrão de águas potáveis (ABNT NBR 16783, 2019).

3.2.5 Manutenção do sistema

Após o término da execução do sistema de aproveitamento, deve ser realizado um processo de limpeza e desinfecção do mesmo. Os efluentes resultantes dessa operação não devem ser descartados no sistema de drenagem e sim encaminhados ao sistema coletor de esgoto (ABNT NBR 16738, 2019). Após esta primeira etapa de entrega, a manutenção dos elementos que compõem o sistema deve ser realizada de maneira periódica, sendo a frequência de manutenção de cada um de seus componentes previstos pela NBR 15527 (ABNT, 2019) conforme quadro 3.

Quadro 3 – Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Calhas ^a	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
a	Além da limpeza, deve ser realizada verificação da existência de formação de áreas de acúmulo de água e eliminação quando necessário, para evitar a proliferação de vetores, em especial mosquitos.

(fonte: ABNT NBR 15527, 2019, p. 8)

Segundo Tomaz (2014), a limpeza e desinfecção dos reservatórios devem ser realizadas, no mínimo, uma vez por ano. O descarte do volume não aproveitado de água da chuva, pode ser direcionado à rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ainda infiltrar-se total ou parcialmente no solo, desde que não apresente risco de contaminação do lençol freático.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

No capítulo anterior foram descritos os principais elementos e etapas constituintes de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Neste capítulo serão abordadas as principais ferramentas e métodos necessários para o dimensionamento deste sistema. De modo geral, as principais fontes de referências utilizadas neste trabalho foram as seguintes normas:

- a) ABNT NBR 15527, Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis (2019);
- b) ABNT NBR 10844, Instalações prediais de águas pluviais (1989);
- c) ABNT NBR 5626, Instalação predial de água fria (2020).

Os cálculos e simulações foram realizados com o auxílio de planilhas eletrônicas. Já para a elaboração do projeto gráfico utilizou-se como ferramenta um *software* do tipo *CAD* (desenho auxiliado por computador) em conjunto com um *software* BIM (*Building Information Modeling*).

A vazão de água no sistema é uma variável fundamental para o dimensionamento das calhas, dos condutos verticais, horizontais e do volume disponível para armazenamento. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 3) a vazão de projeto deve ser calculada através da seguinte fórmula:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

Sendo a intensidade pluviométrica proveniente da fixação de valores adequados para duração de precipitação e período de retorno do local em análise. A NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 3) fixa a duração de precipitação em um tempo igual a 5 minutos. O

período de retorno varia conforme as características da área a ser drenada, seguindo o seguinte critério:

- a) $T = 1$ ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;
- b) $T = 5$ anos, para coberturas e/ou terraços;
- c) $T = 25$ anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

O Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre (2005) divide o município em quatro regiões (Aeroporto, Redenção, 8º Distrito e IPH) fornecendo equações IDF distintas a partir dos registros pluviográficos obtidos em cada região específica. A edificação estudada neste trabalho se encontra na área de abrangência sugerida para a região da Redenção, cuja equação IDF é definida conforme fórmula 2 abaixo.

$$I = \frac{1265,67 \cdot T^{0,052}}{(t + 12)^{0,88/T^{0,05}}} \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

T = período de retorno, em anos;

t = duração da precipitação, em minutos.

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS (SÉRIE HISTÓRICA DE PRECIPITAÇÕES)

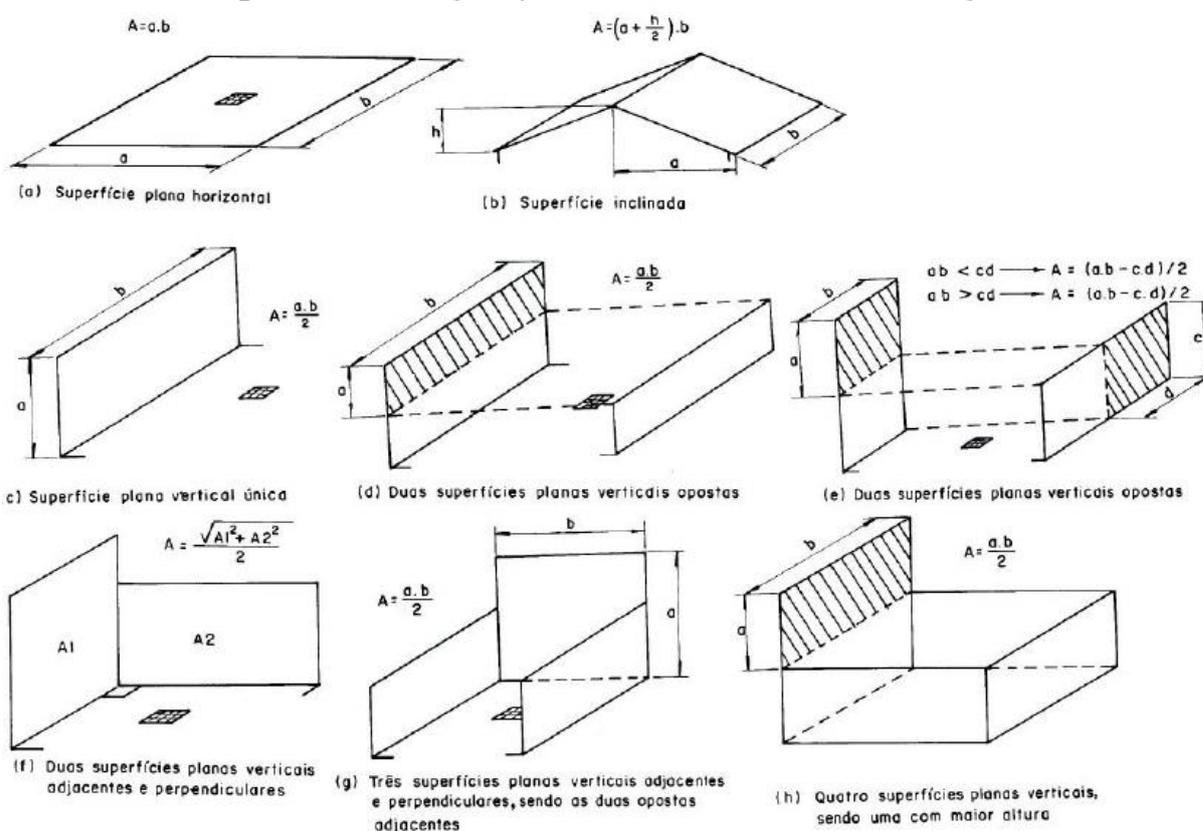
O levantamento dos dados pluviométricos foi realizado através do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas, disponíveis de forma digital pelo Portal *HidroWeb*. Utilizou-se a série histórica de precipitação com dados diários (em milímetro de chuva por dia) entre o período de 1961 à 2019, referente a estação de código 03051011, para a cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

4.2 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO E ÁREA DE CAPTAÇÃO

A área de contribuição é uma variável determinante para o cálculo da vazão de projeto (fórmula 1) bem como para a determinação do volume de águas pluviais disponíveis para captação. Para facilitar o entendimento, chamaremos de *área de contribuição* a área adotada no dimensionamento das calhas e condutos e *área de captação* aquela adotada no dimensionamento do reservatório. Embora representem a mesma região (geométrica e espacialmente), existe uma diferenciação no cálculo de cada uma destas áreas.

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 3), o cálculo da área de contribuição varia conforme a geometria e inclinação de sua superfície e quanto a presença ou não de superfícies vizinhas, conforme exposto na figura 13. Recomenda-se ainda que superfícies horizontais, como as lajes e coberturas, apresentem declividade mínima de 0,5% em direção aos pontos de drenagem previstos a fim de garantir o devido escoamento das águas pluviais. “Quando necessário, a cobertura deve ser subdivida em áreas menores com caimentos de orientações diferentes, para evitar grandes percursos de água” (ABNT NBR 10844, 1989, p. 6). Já a área de captação utilizada para o cálculo da simulação do reservatório é obtida através do produto entre o comprimento da superfície por sua respectiva largura, não dependendo de sua inclinação nem de condições do contorno.

Figura 13 – Indicações para cálculos da área de contribuição



(fonte: adaptado de ABNT NBR 10844, 1989, p. 5)

4.3 CALHAS

As calhas são os elementos que interceptam a água pluvial captada pelas áreas de contribuição (em geral telhados e cobertura), conduzindo-as aos condutos verticais. Para o dimensionamento de calhas e condutores, a NBR 15527 (ABNT, 2019, p. 4) recomenda a adoção de uma intensidade pluviométrica com um período de retorno de no mínimo 25 anos. Calhas de beiral e platibanda devem apresentar inclinação uniforme com um valor mínimo de 0,5%, já as calhas de água-furtada têm sua inclinação conforme projeto de cobertura (ABNT NBR 10844, 1989).

Seu dimensionamento deve ser realizado através da fórmula de Manning-Strickler (ou outra expressão equivalente) conforme a seguinte fórmula (ABNT NBR 10844, 1989, p. 6):

$$Q = K \cdot \frac{S}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min.;

S = área da seção molhada, em m²;

n = coeficiente de rugosidade (ver tabela 1);

R_H = raio hidráulico, em m;

i = declividade da calha, em m/m;

K = 60.000.

Tabela 1 – Coeficientes de rugosidade

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

(fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p. 6)

O coeficiente de rugosidade (n) presente na fórmula 3, varia em função do tipo de material utilizado na confecção da calha (tabela 1). Ainda, a fim de facilitar o dimensionamento, a NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 6) fornece uma tabela auxiliar, desenvolvida através da aplicação da fórmula de Manning-Strickler (fórmula 3), relacionando a capacidade de calhas semicirculares de diferentes diâmetros (coeficiente de rugosidade fixo de n = 0,011) com diferentes declividades, conforme tabela 2.

Tabela 2 – Capacidade de calhas semicirculares (com n = 0,011) (vazão em L/min.)

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

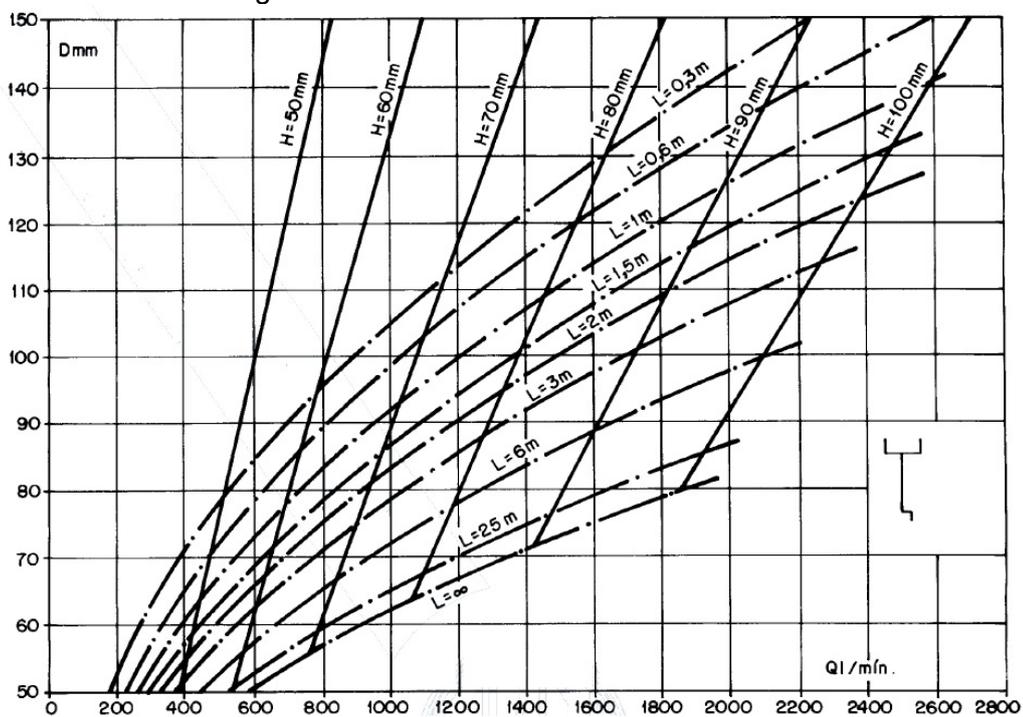
(fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p. 6)

4.4 CONDUTORES VERTICAIS

De preferência, os condutores verticais devem ser projetados uma só prumada, sem desvios. Quando o desvio se fizer necessário, deve-se utilizar curvas de 90° de raio longo ou então curvas de 45°, devendo-se ainda prever a instalação de peças de inspeção. Os condutos verticais podem ser instalados tanto internamente quando na parte externa da edificação, devendo-se levar em consideração seu tipo de material e o uso e a ocupação da edificação em questão (ABNT NBR 10844, 1989, p. 7).

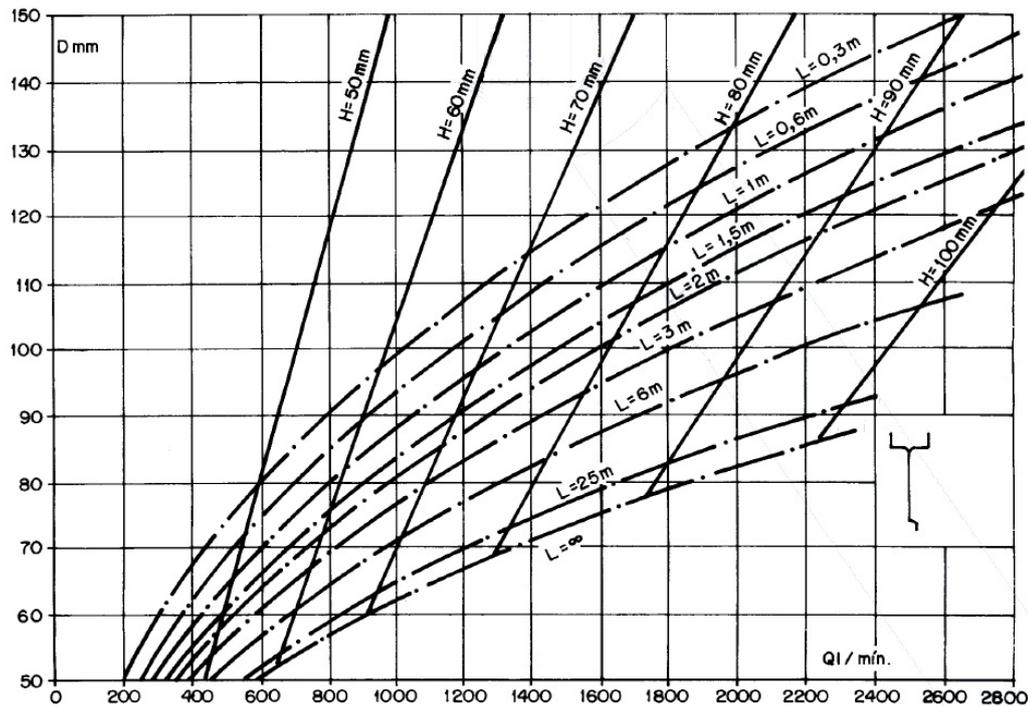
O diâmetro interno mínimo destas tubulações de seção circular é de 70mm. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 7) o dimensionamento dos condutores verticais é realizado em função da vazão de projeto (em litros por minuto), do comprimento do condutor vertical (em metros) e da altura da lâmina de água na calha (em milímetro). Para condutos verticais rugosos (coeficiente de atrito $f = 0,04$) a NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 7) fornece dois ábacos (figuras 14 e 15) em razão da disposição da aresta de saída da calha que se conecta ao conduto vertical em questão.

Figura 14 – Calha com saída em aresta viva



(fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p. 8)

Figura 15 – Calha com funil de saída



(fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p. 8)

4.5 CONDUTORES HORIZONTAIS

O dimensionamento de condutores horizontais pode ser realizado através da fórmula de Manning-Strickler (fórmula 3), adotando-se uma tubulação com altura de lâmina de água igual a $2/3$ de seu diâmetro. Alternativamente a NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 9) fornece uma tabela com estes valores calculados, relacionando a vazão do escoamento com o coeficiente de rugosidade da tubulação (tabela 1) e sua inclinação, conforme apresentado na tabela 3. Indica-se ainda que a ligação entre condutos verticais e horizontais se dê através de curvas de raio longo e com caixa de inspeção.

Tabela 3 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min.)

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

(fonte: ABNT NBR 10844, 1989, p. 9)

Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 9) a instalação de caixa de inspeção deve ser prevista em tubulações horizontais (aparentes ou enterradas) sempre que:

- a) houver conexão com outra tubulação;
- b) ocorrer mudança de declividade;
- c) ocorrer mudança de direção;
- d) a cada trecho de 20m nos percursos retilíneos.

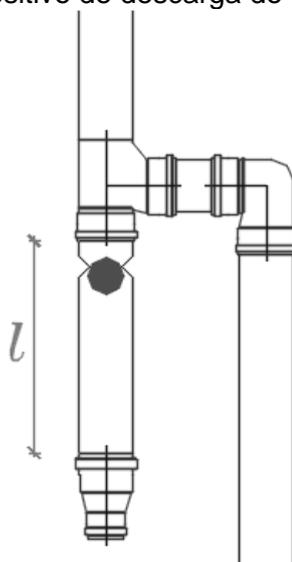
Cabe ainda apontar que algumas destas recomendações presentes na NBR 10844 (ABNT, 2019, p. 9), oferecem como opção o uso de caixa de areia como alternativa à caixa de inspeção, entretanto a NBR 15527 (ABNT, 2019, p. 3) esclarece que “a concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender às ABNT NBR 5626 e ABNT NBR 10844. No caso da ABNT NBR 10844, não pode ser utilizada caixa de areia e sim caixa de inspeção”.

4.6 DISPOSITIVO DE DESCARTE DO ESCOAMENTO INICIAL

A NBR 15527 (ABNT, 2019, p. 5) deixa a critério do(a) projetista quanto a adoção ou não de dispositivos de descarte do escoamento inicial (*first flush*), ficando sob sua responsabilidade o dimensionamento do mesmo.

O dimensionamento do comprimento da tubulação de descarte (figura 16) adotado neste trabalho é resultado da manipulação algébrica da equação volumétrica da tubulação (cilindro) que irá armazenar temporariamente este escoamento. Uma vez definidos o volume de descarte e o diâmetro da tubulação, basta deixar a incógnita em evidência, chegando na seguinte expressão (fórmula 4). A NBR 15527 (ABNT, 2019, p. 5) recomenda que, na ausência de dados, adote-se um descarte de 2 mm da precipitação inicial, o equivalente a um volume de 2 litros por metro quadrado de área de captação (ou 0,002 m³/m²).

Figura 16 – Dispositivo de descarga do escoamento inicial



(fonte: do autor, 2021)

$$l = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \varnothing^2} \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

l = comprimento da tubulação, em m;

V = volume de descarte inicial, em m³;

∅ = diâmetro interno da tubulação, em m.

4.7 DEMANDA

Antes de seguir para o dimensionamento do reservatório, é necessário estabelecer quanto ao consumo e a demanda que será atendida pelo sistema de aproveitamento de águas pluviais. Plínio Tomaz (2010, p. 67) fornece parâmetros referentes ao consumo de águas não potáveis para uso residencial conforme compilado nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Parâmetros para estimativa da demanda residencial de água para uso externo

Uso externo	Unidades	Parâmetro
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 1/20" x 20m	litros/dia	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m ²	3
Perdas p/ 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, 2010, p. 67)

Tabela 5 – Parâmetros para estimativa da demanda residencial de água para uso interno

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Número de pessoas na casa	pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento 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/banho	0,08	0,30	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	litros/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	litros/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	minuto/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 da torneira	litros/segundo	0,126	0,189	0,15

(fonte: TOMAZ, 2010, p. 66)

Segundo Campos e Silva (2008), o consumo de água para horta orgânica, visando o cultivo de alface (*Lactuca sativa*) e o coentro (*Coriandrum sativum*), é de 60 litros por dia. Os canteiros analisados por Campos e Silva apresentam dimensões de 1,20 metros de largura e 6 metros de comprimento, resultando em um consumo diário de 8,33 litros por metro quadrado de horta.

A NBR 15527 (ABNT, 2019, p.3) aponta que o dimensionamento do sistema de distribuição de águas pluviais deve seguir as mesmas diretrizes de instalações de água potável definida pela NBR 5626 (ABNT, 2020).

4.8 RESERVATÓRIO: MÉTODO DA SIMULAÇÃO

A NBR 15527 (ABNT, 2019, p. 4) define o volume de água da chuva disponível para captação em função das características pluviométricas da região, da área disponível para a captação e parâmetros referentes a evaporação, perdas e a eficiência do sistema, conforme fórmula 5.

$$V_{disp} = P \cdot A \cdot C \cdot \eta \quad (\text{fórmula 5})$$

Onde:

V_{disp} = volume disponível anual, mensal ou diário de água de chuva, em L;

P = precipitação média, anual, mensal ou diária, em mm;

A = área de captação, em m²;

C = coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*runoff*), adimensional;

η = é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

Os dados referentes a eficiência do sistema de captação (η) podem ser fornecidos pelos fabricantes dos dispositivos ou estimados pelo(a) projetista. Na falta de dados, a NBR 15527 (ABNT, 2019, p. 4) recomenda a adoção do fator de captação de 0,85. Já o coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) “representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando

conforme a superfície” (ABNT NBR 15527, 2019, p. 2). A tabela 6 apresenta valores médios do coeficiente de runoff para telhados de diferentes materiais.

Tabela 6 – Coeficiente de runoff médios

Material do telhado	Coeficiente de runoff
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, PVC	0,9 a 0,95

(fonte: TOMAZ, 2010, p. 101)

Pode-se observar que a fórmula 5 fornece o volume de água da chuva captado para um espaço temporal definido, seja ele anual, mensal ou diário. O dimensionamento do reservatório adotado neste trabalho é o *Método da simulação*, que leva em consideração o comportamento sazonal das chuvas na região, através da série diária de precipitações (TOMAZ, 2014, p. 31). Este método, é desenvolvido (em conjunto com a fórmula 5) através da seguinte expressão:

$$S_{(t)} = S_{(t-1)} + V_{disp(t)} - D_{(t)} \quad (\text{fórmula 6})$$

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

e reservatório cheio no tempo zero ($S_{(0)} = V_{reserv}$)

Onde:

$S_{(t)}$ = volume de água no reservatório no tempo t, em L;

$S_{(t-1)}$ = volume de água no reservatório no tempo t-1, em L;

$D_{(t)}$ = consumo ou demanda no tempo t, em L;

$V_{disp(t)}$ = volume de água disponível para captação no tempo t, em L (ver fórmula 5);

$V_{reserv.}$ = volume máximo do reservatório, em L.

O Método da simulação pressupõe que se conheça previamente o volume do reservatório, realizando então um balanço hídrico onde o parâmetro de análise é o nível de garantia para o qual este reservatório irá atender à demanda prevista para o

sistema. Este balanço hídrico foi realizado por meio de planilha eletrônica e organizado da seguinte forma conforme tabela 7.

Tabela 7 – Planilha auxiliar para o balanço hídrico

Dia	P _{méd} [mm]	D [L]	P _{aux} [mm]	V _{disp} [L]	S _{aux} [L]	S [L]	Falha [L]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1							
2							
3							
4							
(...)							
n							

(fonte: do autor, 2021)

Onde:

- (1) = dia em análise;
- (2) = precipitação média no tempo t, em mm;
- (3) = consumo ou demanda no tempo t, em L;
- (4) = precipitação média considerando perdas e eficiência do sistema, em mm;
- (5) = volume de água disponível para captação no tempo t, em L (ver fórmula 5);
- (6) = volume de água no reservatório no tempo t, em L (ver fórmula 6);
- (7) = volume de água no reservatório no tempo t, em L;
- (8) = volume de água em déficit no reservatório, em L.

A garantia de atendimento da demanda do sistema foi estimada através da seguinte expressão:

$$r = \left(1 - \sum \frac{F_{(t)}}{D_{(t)}} \right) \cdot 100 \quad (\text{fórmula 7})$$

Onde:

- r = garantia de atendimento da demanda, percentual;
- F_(t) = volume de água em déficit no reservatório (falha) no tempo t, em L;
- D_(t) = consumo ou demanda no tempo t, em L;

O volume do reservatório estimado inicialmente para o anteprojeto se deu através da tabela 8, desenvolvida por Luiz Felipe Schech da Silva (2012) como uma ferramenta para tomada de decisão em projetos.

Tabela 8 – Volume mínimo de reservatório para atendimento da demanda sem falha

C=0,1													
ÁREA 50 (m ²)		ÁREA 100 (m ²)		ÁREA 150 (m ²)		ÁREA 200 (m ²)		ÁREA 250 (m ²)		ÁREA 300 (m ²)		ÁREA 500 (m ²)	
DEMANDA VOLUME (l/d)	(litros)	DEMANDA VOLUME (l/d)	(litros)	DEMANDA VOLUME (l/d)	(litros)	DEMANDA VOLUME (l/d)	(litros)	DEMANDA VOLUME (l/d)	(litros)	DEMANDA VOLUME (l/d)	(litros)	DEMANDA VOLUME (l/d)	(litros)
10	500	10	500	10	500	10	500	10	500	10	500	10	500
20	1000	20	750	20	1000	20	1000	20	1000	20	1000	20	1000
50	2500	50	2500	50	2500	50	2500	50	2500	50	2500	50	2500
75	5000	75	4000	75	4000	75	4000	75	4000	75	4000	75	4000
100	10000	100	5000	100	5000	100	5000	100	5000	100	5000	100	5000
150	X	150	10000	150	10000	150	10000	150	10000	150	10000	150	10000
200	X	200	20000	200	15000	200	10000	200	10000	200	10000	200	10000
250	X	250	X	250	20000	250	15000	250	15000	250	15000	250	15000
310	X	310	X	310	X	310	20000	310	20000	310	20000	310	15000
500	X	500	X	500	X	500	X	500	X	500	X	500	X
750	X	750	X	750	X	750	X	750	X	750	X	750	X
1000	X	1000	X	1000	X	1000	X	1000	X	1000	X	1000	X
1500	X	1500	X	1500	X	1500	X	1500	X	1500	X	1500	X
2000	X	2000	X	2000	X	2000	X	2000	X	2000	X	2000	X
2500	X	2500	X	2500	X	2500	X	2500	X	2500	X	2500	X
3000	X	3000	X	3000	X	3000	X	3000	X	3000	X	3000	X
4000	X	4000	X	4000	X	4000	X	4000	X	4000	X	4000	X
5000	X	5000	X	5000	X	5000	X	5000	X	5000	X	5000	X
6000	X	6000	X	6000	X	6000	X	6000	X	6000	X	6000	X
10000	X	10000	X	10000	X	10000	X	10000	X	10000	X	10000	X
15000	X	15000	X	15000	X	15000	X	15000	X	15000	X	15000	X

(fonte: Luiz Felipe Schech da Silva, 2012, p. 67)

5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

No capítulo anterior foi apresentada a metodologia necessária ao dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais. O presente capítulo irá abordar o dimensionamento deste sistema, aplicado ao objeto de estudo específico para este trabalho, expondo os critérios e premissas adotados para os cálculos do mesmo, bem como a apresentação dos resultados alcançados.

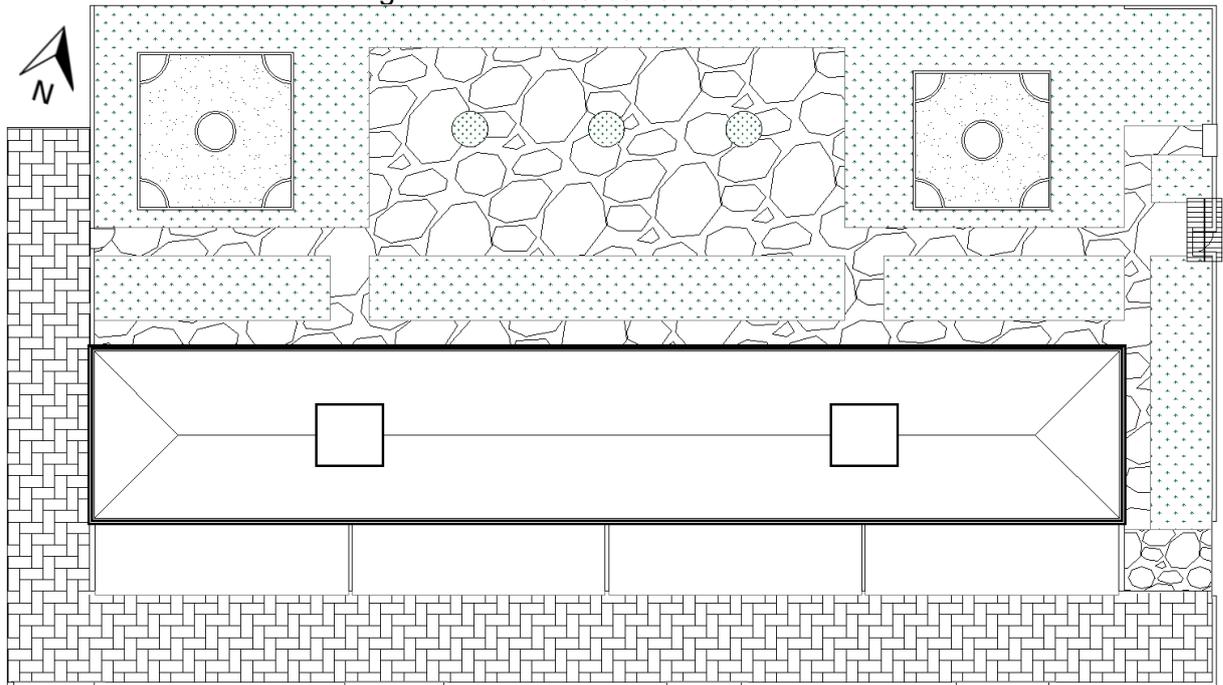
O sistema desenvolvido tem como objetivo atender demandas para um canteiro de hortaliças bem como a lavagem de veículos e a limpeza condominial que atualmente são almejados pelos moradores.

No Apêndice A é apresentado o conjunto completo dos documentos gráficos da versão final do projeto (arquitetônico e pluvial).

5.1 CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO

O objeto de estudo deste trabalho é um condomínio residencial de 1544 m² (figura 17), localizado na rua Coronel Massot no bairro Tristeza em Porto Alegre, RS. O condomínio foi construído no final da década de sessenta e conta com um total de 12 apartamentos distribuídos entre dois blocos contíguos de três pavimentos cada (figura 18). Os apartamentos do primeiro pavimento possuem uma área coberta em anexo (figura 19).

Figura 17 – Planta baixa do condomínio



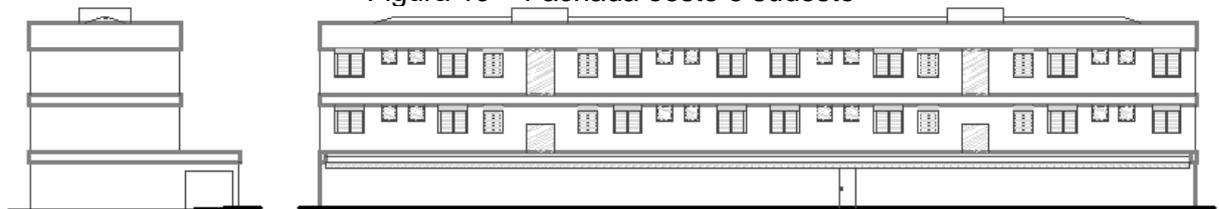
(fonte: do autor, 2021)

Figura 18 – Fachada noroeste



(fonte: do autor, 2021)

Figura 19 – Fachada oeste e sudeste



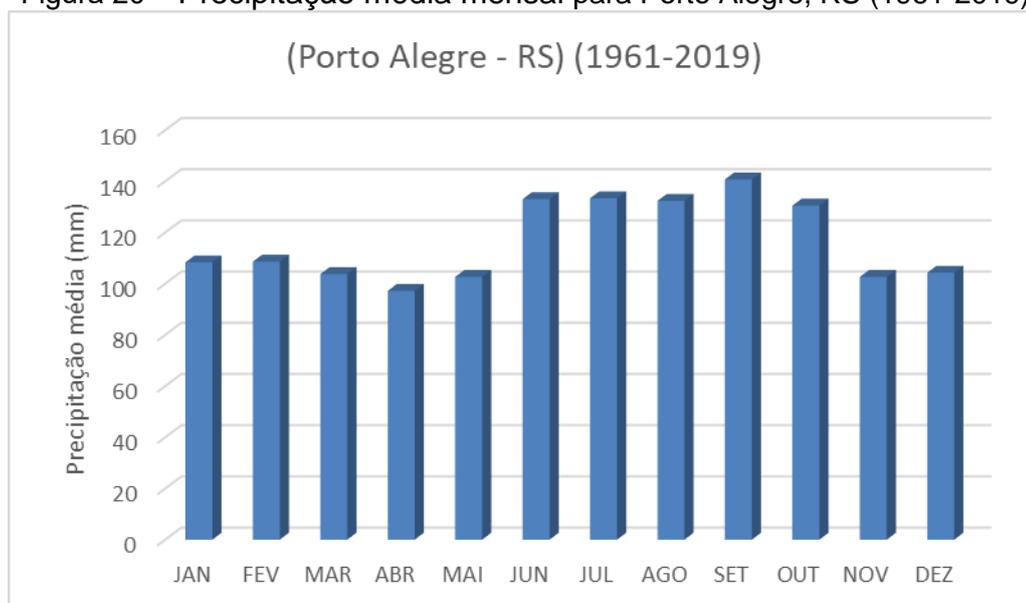
(fonte: do autor, 2021)

5.2 PRECIPITAÇÃO

A fim de caracterizar o comportamento da chuva na região, a figura 20 apresenta a precipitação média mensal para Porto Alegre (RS) que foi obtida a partir da série

histórica cujos dados foram coletados através do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (conforme capítulo 4.1). Para o dimensionamento do reservatório, utilizou-se a série histórica completa (com 21365 dias), da qual foram removidos 445 dias que apresentaram algum tipo de inconsistência em seu registro, resultando em um total de 20920 registros de precipitação na região.

Figura 20 – Precipitação média mensal para Porto Alegre, RS (1961-2019)



(fonte: do autor, 2021)

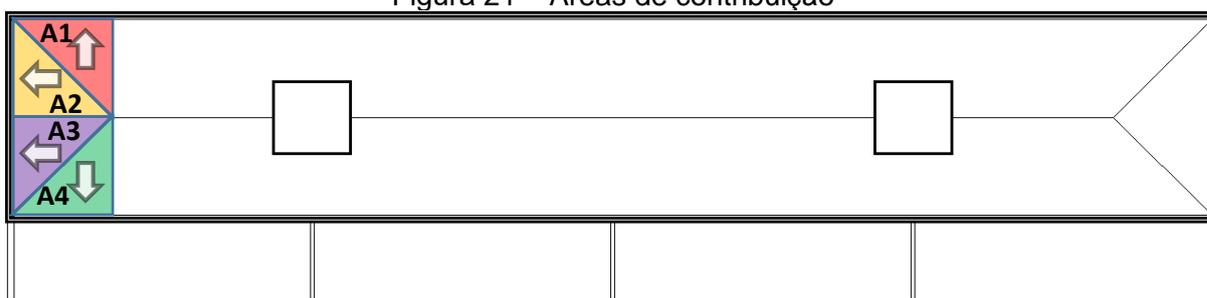
5.3 ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO E ÁREA DE CAPTAÇÃO

A edificação possui duas áreas principais disponíveis para captação das águas pluviais: o telhado do prédio e o telhado da área coberta anexada ao pavimento térreo. Em um primeiro momento analisou-se a capacidade máxima de captação para o sistema, encontrando uma área de captação total de 462,85 m². Esta alternativa foi descartada por exceder (e muito) a demanda de consumo prevista para o sistema, além de necessitar de um volume de descarte do fluxo inicial inviável em relação à finalidade proposta para este trabalho.

Para a alternativa adotada, considerou-se como área de contribuição e captação apenas um trecho do telhado principal conforme figura 21, a delimitação dessa região se deu tanto em função do percentual de garantia de atendimento do sistema

correlacionada ao volume necessário aos dispositivos de descarte inicial, além de buscar intervir o mínimo possível a configuração das calhas existentes originalmente. Para o dimensionamento (e verificação) das calhas e condutos, as áreas de contribuição foram calculadas conforme fórmula b presente na figura 13. A fim de facilitar e organizar os cálculos, dividiu-se estas áreas entre quatro regiões. A tabela 9 expõe as dimensões e a área resultante para cada região.

Figura 21 – Áreas de contribuição



(fonte: do autor, 2021)

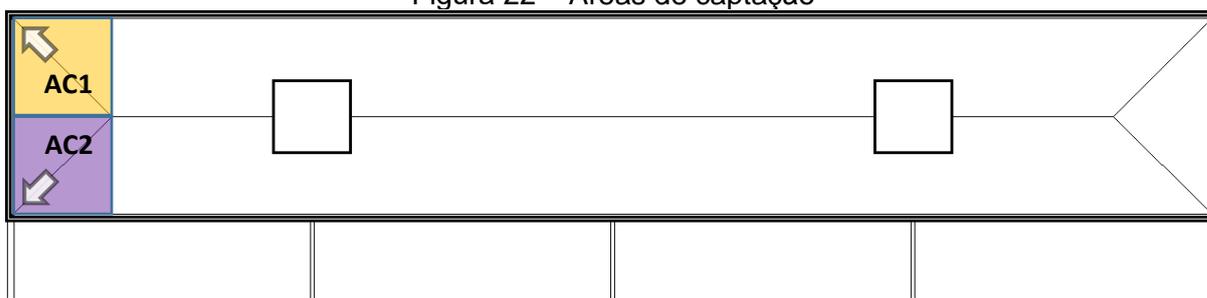
Tabela 9 – Área de contribuição

Região	a [m]	b [m]	h [m]	A [m ²]	Q [L/min]
A1	3,68	3,68	0,90	7,60	22,69
A2	3,68	3,68	0,90	7,60	22,69
A3	3,68	3,68	0,90	7,60	22,69
A4	3,68	3,68	0,90	7,60	22,69
				Σ 30,40	90,75

(fonte: do autor, 2021)

Para o dimensionamento dos reservatórios e dispositivos de descarte do fluxo inicial, a área de captação é calculada apenas pela projeção plana do retângulo, conforme figura 22, que em razão da posição dos dispositivos de descarte foi dividida em duas áreas simétricas, cujas dimensões são descritas na tabela 10.

Figura 22 – Áreas de captação



(fonte: do autor, 2021)

Tabela 10 – Área de captação

Região	a [m]	b [m]	A [m ²]
AC1	3,68	3,68	13,54
AC2	3,68	3,68	13,54
		Σ	27,08

(fonte: do autor, 2021)

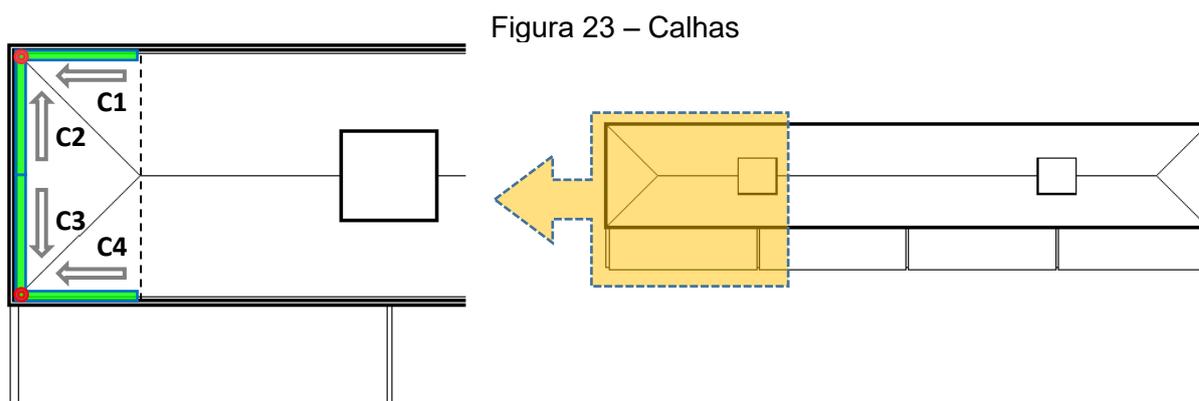
As vazões de projeto foram calculadas através da fórmula 1, com intensidade pluviométrica (fórmula 2) igual a 179,14 mm/h, levando em consideração uma chuva de 5 minutos de duração e um período de retorno de 25 anos conforme indicações das NBR 10844 (ABNT, 1989, p. 3) e NBR 15527 (ABNT, 2019, p. 4) respectivamente.

5.4 CALHAS

Os trechos das calhas utilizadas originalmente fazem parte do sistema de drenagem pluvial preexistente na edificação. A realização dos cálculos tem a finalidade de verificar se as dimensões e configurações destas peças (projetadas no final da década de sessenta) atendem aos critérios de dimensionamentos das normas atuais. Uma vez que não se teve acesso ao telhado para verificação das cotas e inclinação das calhas da cobertura, recomenda-se que, antes de sua execução, sejam verificadas e (quando necessário) corrigidas as direções e declividades previstas no projeto.

Seguindo a mesma nomenclatura das áreas de contribuição, foram definidos quatro segmentos de calhas (figura 23). A calha 1, por exemplo, recebe as chuvas captadas

pela área de contribuição A1, o mesmo raciocínio segue para os demais trechos. Adotando uma inclinação constante de 0,5% para todos os segmentos e um coeficiente de rugosidade de 0,011 foi possível utilizar a tabela 2 para verificação do diâmetro das calhas, conforme tabela 11. As dimensões das calhas existentes suportam a vazão de projeto prevista para o sistema de aproveitamento de águas pluviais.



(fonte: do autor, 2021)

Tabela 11 – Características das calhas

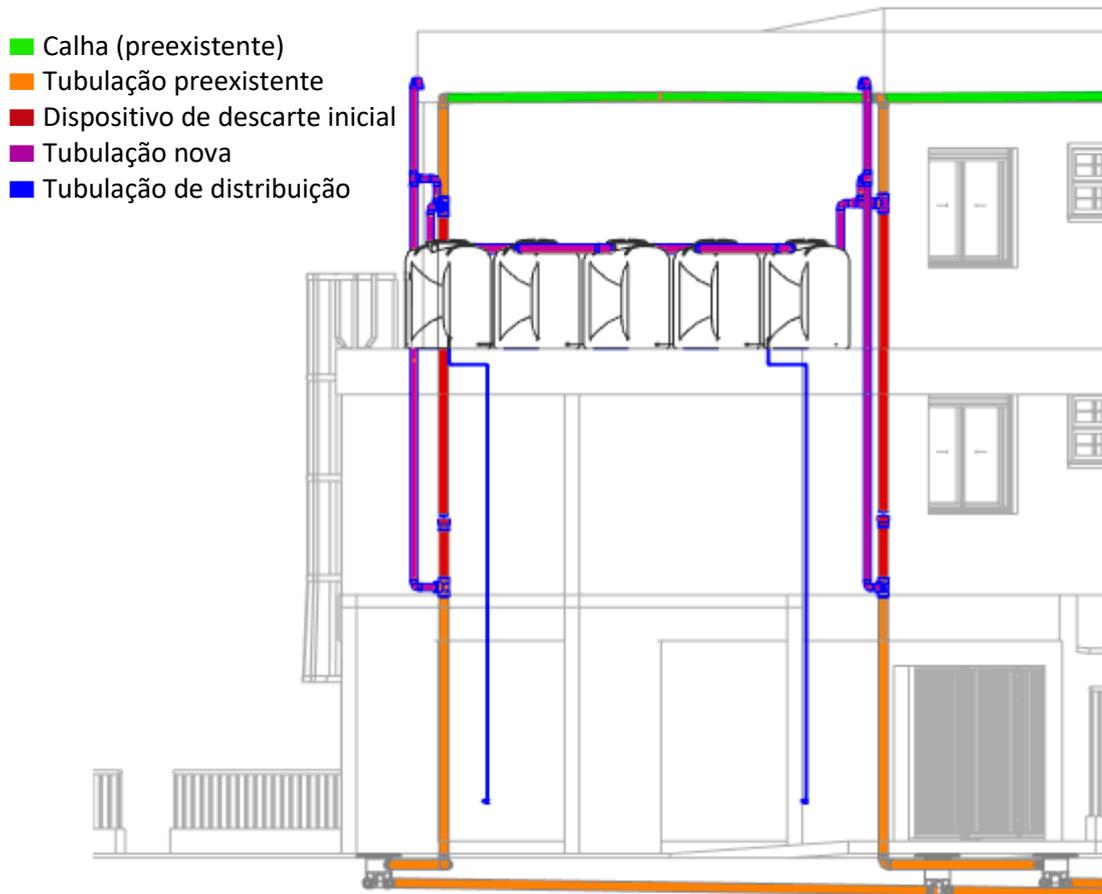
Calha	Q [L/min]	i [%]	Ø [mm]	L [m]	desnível [cm]
1	22,69	0,5%	100	3,68	1,84
2	22,69	0,5%	100	3,68	1,84
3	22,69	0,5%	100	3,68	1,84
4	22,69	0,5%	100	3,68	1,84

(fonte: do autor, 2021)

5.5 CONDUTORES VERTICAIS

Assim como para as calhas, buscou-se também dar um novo uso para os condutores verticais e horizontais preexistentes. A dimensionamento dos trechos de condutos verticais novos e a verificação dos condutos preexistentes (figura 24) foi realizado através do ábaco (figura 15) para calha com funil de saída. Em todos os casos, devida a baixa vazão (45,38 L/min.), foram obtidos diâmetros menores que o mínimo (70 mm), optou-se então por adotar condutos verticais de 75 mm de diâmetro para os trechos do extravasor e por manter o diâmetro de 100 mm no restante preexistente. A tabela 12 apresenta os parâmetros adotados no dimensionamento.

Figura 24 – Calhas, condutores e dispositivos



(fonte: do autor, 2021)

Tabela 12 – Características dos condutos verticais

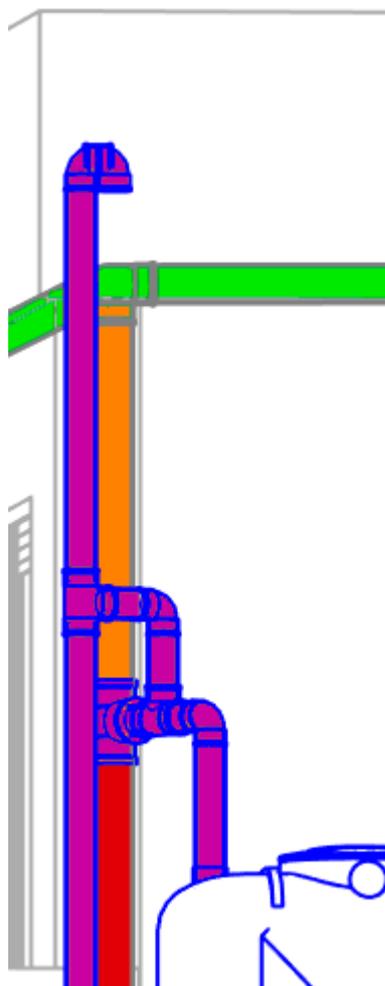
CV	Q [L/min]	L [m]	Ø [mm]
Extravasador esquerdo	45,38	5,20	75
Extravasador direito	45,38	5,20	75

(fonte: do autor, 2021)

De modo a evitar que se forme um sifão no trecho destinado ao extravasamento (trecho em roxo, paralelo ao dispositivo de descarte), foi previsto um trecho vertical com cota superior ao nível das calhas, de modo a garantir a pressão atmosférica no interior do segmento. A sua extremidade deverá apresentar a configuração de um “J” voltado para baixo (figura 25) a fim de evitar a captação de chuva por esse ponto,

sendo também foi previsto um cobrimento com tela evitando a entrada de pássaros, insetos e outros animais.

Figura 25 – Trecho de “respiro”

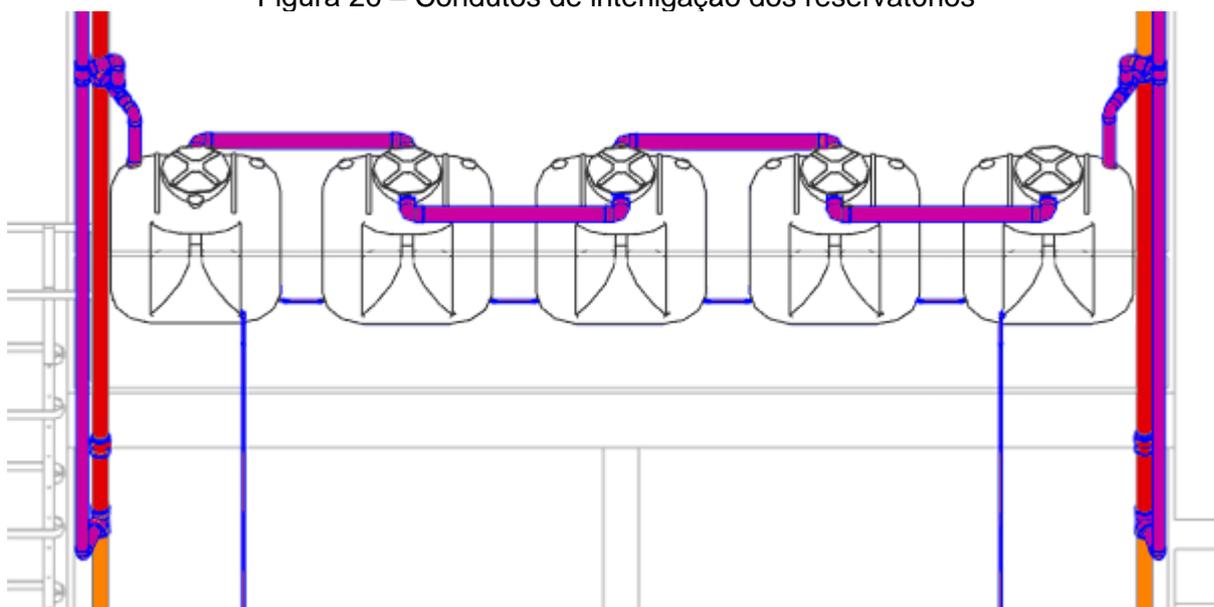


(fonte: do autor, 2021)

5.6 CONDUTORES HORIZONTAIS

Com exceção das tubulações que interligam os reservatórios (figura 26), os demais condutores horizontais presentes no SAAP fazem parte das tubulações de drenagem pluvial preexistentes (figura 24). Para a verificação destes condutos utilizou-se a tabela 3, para coeficiente de rugosidade de 0,011 e vazão de projeto igual a 45,38 litros por minuto. Tanto os trechos antigos quanto os novos são definidos com uma tubulação de 100 mm de diâmetro.

Figura 26 – Conduitos de interligação dos reservatórios



(fonte: do autor, 2021)

5.7 DESCARTE DO FLUXO INICIAL

A área de captação foi separada em duas regiões (conforme apresentada anteriormente na figura 22) com o propósito de reaproveitar os dois condutores verticais preexistentes nas extremidades das calhas (figura 24). Adaptando um determinado comprimento dessa tubulação em conformidade com a figura 10, o condutor vertical passa a desempenhar a função de um reservatório temporário para o descarte de um volume inicial de precipitação através da inserção de um controlador/dosador de vazão de saída.

As tubulações utilizadas para o descarte do fluxo inicial seguem o mesmo padrão adotado para os condutos verticais, ou seja, tubulações de PVC com 100 mm de diâmetro. Já o volume a ser descartado é o produto da área de captação pelo volume de precipitação descartado (2 litros/m^2). Uma vez definidos estas variáveis, determina-se (fórmula 4) o comprimento necessário para que o dispositivo tenha capacidade condizente com o volume a ser descartado, resultando nos seguintes comprimentos (tabela 13):

Tabela 13 – Características dos dispositivos de descarte inicial

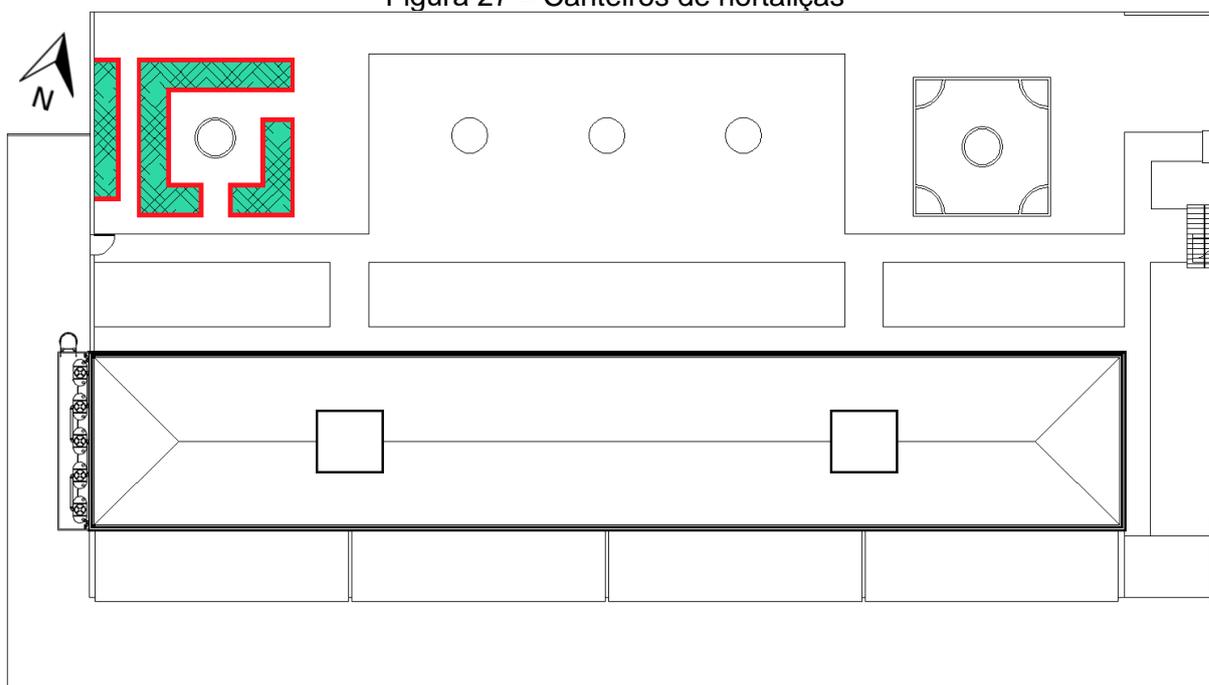
Dispositivo	Área [m ²]	Volume [m ³]	Ø [mm]	Comprimento [m]
DFI1	13,54	27,08	100	3,45
DFI2	13,54	27,08	100	3,45

(fonte: do autor, 2021)

5.8 DEMANDA

A previsão de uso para o aproveitamento das águas pluviais fora restringida a demandas de usos externos. Com exceção do uso para limpezas gerais (que no sistema atual faz uso de água potável), foram previstas outras duas demandas que não fazem parte da rotina atual dos condôminos, como a lavagem de veículos e o cultivo de hortaliças. A criação dos canteiros de hortaliça é em si a principal demanda prevista para o sistema, sendo previsto três canteiros que, somados, representam um total de 28,80 m² (o equivalente a 24,00 m de comprimento por 1,20 m de largura), dispostos conforme figura 27.

Figura 27 – Canteiros de hortaliças



(fonte: do autor, 2021)

A tabela 14 apresenta os parâmetros definidos no cálculo do consumo diário das águas pluviais. Para o cálculo da demanda definiu-se um mês hipotético onde foi especificado o consumo total para cada dia do mês conforme tabela 15. A frequência para as demandas foi definida levando em consideração o uso para irrigação das hortaliças durante todos os dias do mês, sendo desnecessária apenas nos dias em que a precipitação for maior que 8 mm (valor referente ao seu consumo diário necessário por metro quadrado). A lavagem de carros foi definida como sendo dois automóveis em um dia da semana (em um domingo por exemplo) repetindo-se a cada sete dias. Já a limpeza em geral (com mangueira) foi prevista semana sim semana não, a cada quinze dias.

Tabela 14 – Parâmetros do consumo

Uso	Parâmetro	Unidade	Consumo [L/dia]
Hortaliças (1,2m x 24,0m)	8,33 L/m ² /dia	28,80 m ²	240
Lavagem de carro	150 L/lavagem/dia	2 lavagem/dia	300
Mangueira de jardim (limpeza geral) 3/4" x 20m	2 L/m ²	300 m ²	600

(fonte: do autor, 2021)

Tabela 15 – Demanda mensal

Dia	Uso	Demanda [L/dia]	
		Precipitação ≥ 8 mm	Precipitação < 8 mm
1	Horta + Limpeza geral	600	840
2	Horta	-	240
3	Horta	-	240
4	Horta	-	240
5	Horta	-	240
6	Horta	-	240
7	Horta + Lavagem de carro	300	540
8	Horta	-	240
9	Horta	-	240
10	Horta	-	240
11	Horta	-	240
12	Horta	-	240
13	Horta	-	240
14	Horta + Lavagem de carro	300	540
15	Horta	-	240
16	Horta + Limpeza geral	600	840
17	Horta	-	240
18	Horta	-	240
19	Horta	-	240
20	Horta	-	240
21	Horta + Lavagem de carro	300	540
22	Horta	-	240
23	Horta	-	240
24	Horta	-	240
25	Horta	-	240
26	Horta	-	240
27	Horta	-	240
28	Horta + Lavagem de carro	300	540
29	Horta	-	240
30	Horta	-	240
31	Horta	-	240

(fonte: do autor 2021)

5.9 TRATAMENTO

Como elementos de tratamento definiu-se o uso de dois filtros para calhas, semelhantes ao apresentado na figura 28, com o objetivo de proteger o sistema barrando a entrada de materiais orgânicos e inorgânicos, como por exemplo a

retenção de folhas e a entrada de animais nos condutos. Além ainda do uso do dispositivo de descarte do fluxo inicial apresentado anteriormente.

Figura 28 – Filtro para calhas



(fonte: www.passarinheirasgloria.com.br/oc/copo-anti-folhas.html)

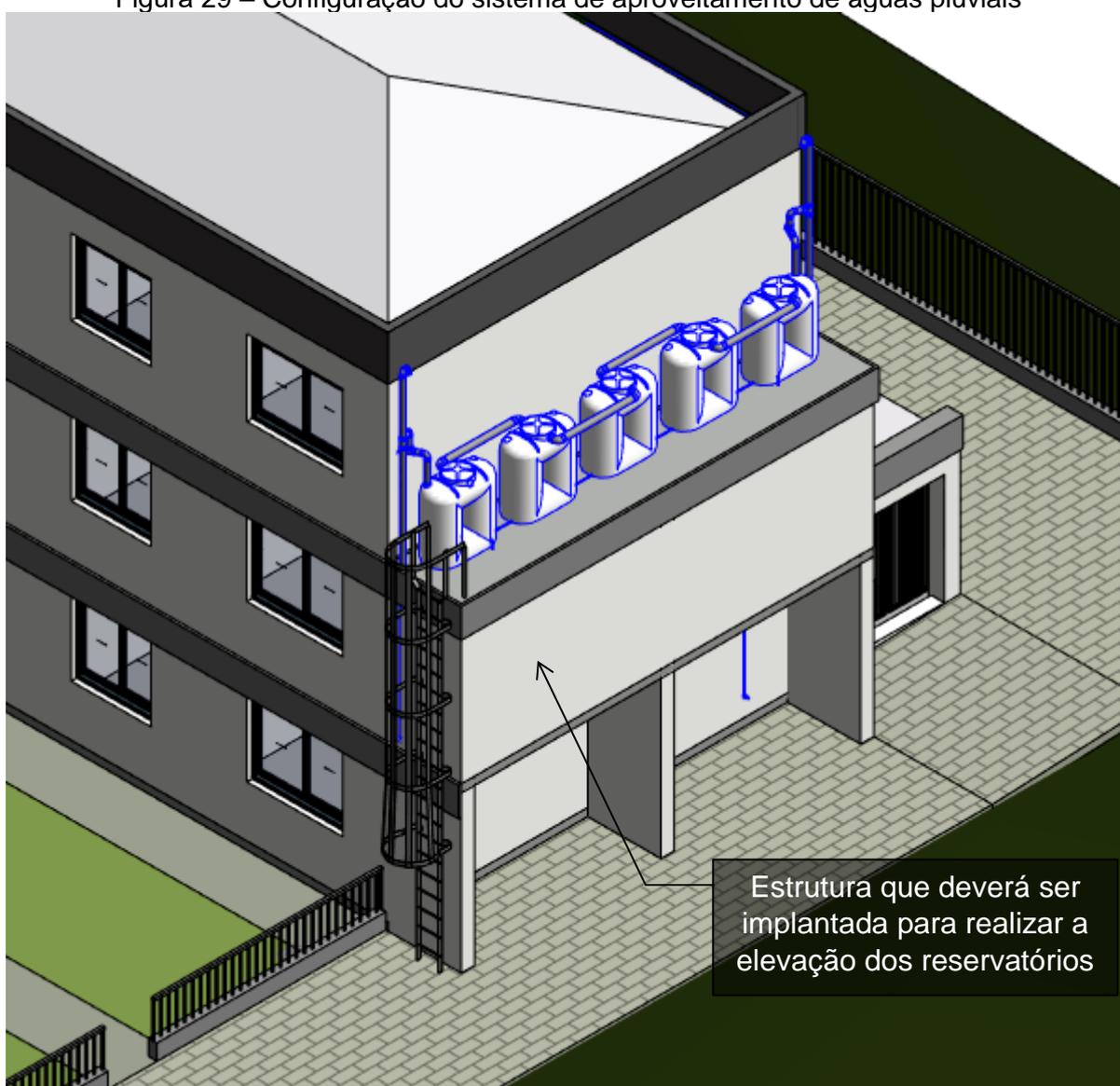
Ainda que as demandas definidas não exijam um índice de qualidade de água elevado, deve ser aplicada cloração/desinfecção às águas a fim de garantir os parâmetros mínimos de qualidade (conforme quadro 2). As águas captadas deverão ter sua qualidade monitorada periodicamente, no mínimo de forma semestral. Caso os relatórios apresentem inconformidades deverá se avaliar as medidas necessárias para atingir os parâmetros mínimos requeridos às demandas do sistema.

5.10 RESERVATÓRIO

Adotando o Método da simulação, apresentado anteriormente no capítulo 4.8 e entrando com os 20920 dados de precipitação diária na tabela 7 definiu-se que o uso de cinco reservatórios *slim* de 600 litros cada (resultando um total de 3000 litros) será suficiente para suprir a demanda prevista com um percentual de atendimento (r) de 85% (fórmula 7). A coluna (4) da tabela 7 representa o volume de precipitação efetiva diário levando em consideração o descarte do fluxo inicial de 2 mm e a eficiência de captação do sistema (η) de 85%. Já para o cálculo do volume disponível diário (coluna 5) utilizou-se a área de captação de 27,08 m² conforme apresentada no capítulo 5.3, e coeficiente de runoff (C) de 0,90 considerando as áreas de captação de telhas de fibrocimento.

A interligação entre os reservatórios está prevista por dois orifícios destinados para essa função (de acordo com recomendações do fabricante), uma tubulação superior de 100 mm de diâmetro e uma conexão inferior de 20 mm de diâmetro com a finalidade de manter os reservatórios nivelados e facilitar o uso na hora de consumo. Buscando uma maior sustentabilidade do sistema ao evitar a instalação de pressurizadores e bombas, foi prevista a construção de um anexo à lateral da edificação, elevando os reservatórios ao nível do terceiro pavimento (figura 29), aumentando a pressão residual disponível nos pontos de consumo e fornecendo acesso para limpezas e manutenção.

Figura 29 – Configuração do sistema de aproveitamento de águas pluviais



(fonte: do autor 2021)

Optou-se ainda por manter o reservatório abastecido exclusivamente pelas águas pluviais captadas, sem suprimento complementar. Uma vez que, em casos de estiagem ou falha do sistema, pode-se utilizar o sistema preexistente padrão (abastecimento de água potável) para suprir eventuais demandas.

5.11 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

O sistema de distribuição foi dimensionado para tubulações de 20 mm de diâmetro nominal, tendo seu ponto início nos orifícios de espera existentes nos dois reservatórios das extremidades (nível da laje do terceiro pavimento) até os pontos de consumo no térreo, à uma altura de 60 centímetros do nível do chão. De forma a atender as diferentes demandas, os dois pontos de espera serão através de torneiras de jardim, com adaptação para mangueira de jardim flexível.

6 CUSTOS E VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA

Uma vez finalizado a etapa de projeto e dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais, serão analisados então os custos envolvidos para a implementação do mesmo a fim de estudar a viabilidade econômica do sistema através do tempo de retorno do investimento. Apesar de ter-se “medido” a viabilidade sob um ponto de vista econômico, é válido apontar que a implementação do sistema também gera outros impactos positivos quando analisados sob a ótica da sustentabilidade ambiental e social, como por exemplo a economia anual de aproximadamente 100 m³ de água potável substituída pelas águas pluviais captadas pelo sistema, a contribuição para o amortecimento do volume das águas descartadas na rede pública pelo sistema de drenagem pluvial, entre outras contribuições cujas medições não se obtém de forma tão direta e palpável.

6.1 ORÇAMENTO

Para a realização do orçamento, fez-se o levantamento de quantidade das principais peças e materiais do sistema, não levando em consideração os trechos de calhas e tubulações que serão reaproveitados e readaptáveis do sistema de escoamento pluvial existente atualmente. Deixou-se também de fora o custo envolvido na construção da estrutura de elevação, uma vez que esta não teve seu dimensionamento especificado e avaliado por se encontrar fora das premissas propostas neste estudo.

A cotação dos valores de referência para os principais insumos e serviços associados aos mesmos (como a mão de obra, instalações entre outros) deu-se pelo do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), através do “Relatório de Insumos e Composições” (CAIXA, 2021) sem desonerações (com inclusão dos encargos sociais) de setembro de 2021 para o estado do Rio Grande do Sul. Para os itens que não possuem valores de referência no relatório do SINAPI tiveram seus valores cotados em três fornecedores e/ou lojas especializadas, sendo adotado o menor valor dentre eles. A tabela 16 apresenta a quantificação e os custos

unitários dos itens orçados e a tabela 17 o custo total dos mesmos, seguido do gráfico (figura 30) com percentual de distribuição dos custos referentes à mão de obra, materiais e reservatório.

Tabela 16 – Quantitativos e custos unitários

Item	Quantidade	Unidade	Custo Unitário		
			Material	Mão de Obra	Total
Tubo Soldável, PVC, água fria - Ø20mm	14	m	R\$ 5,13	R\$ 2,99	R\$ 8,12
Tubo Soldável, PVC, esgoto - Ø75mm	15	m	R\$ 19,61	R\$ 3,36	R\$ 22,97
Tubo Soldável, PVC, esgoto - Ø100mm	6	m	R\$ 23,02	R\$ 4,91	R\$ 27,93
Joelho 90° Soldável, PVC, água fria - Ø20mm	8	un.	R\$ 2,71	R\$ 4,00	R\$ 6,71
Joelho 90° Soldável, PVC, esgoto - Ø75mm	10	un.	R\$ 12,38	R\$ 2,44	R\$ 14,82
Joelho 90° Soldável, PVC, esgoto - Ø100mm	8	un.	R\$ 16,09	R\$ 3,67	R\$ 19,76
Tê Soldável, PVC, esgoto - Ø75mm	4	un.	R\$ 25,74	R\$ 3,36	R\$ 29,10
Tê Soldável, PVC, esgoto - Ø100 x 75 mm	4	un.	R\$ 29,17	R\$ 7,11	R\$ 36,28
Torneira plástica com bico para mangueira 1/2"	2	un.	R\$ 41,52	R\$ 3,39	R\$ 44,91
Anel de vedação para reservatório - Ø100mm	10	un.	R\$ 3,33	R\$ -	R\$ 3,33
Filtro de proteção para calha - Ø100mm	2	un.	R\$ 11,91	R\$ -	R\$ 11,91
Tanque Slim de Polietileno (600L)	5	un.	R\$ 664,90	R\$ -	R\$ 664,90

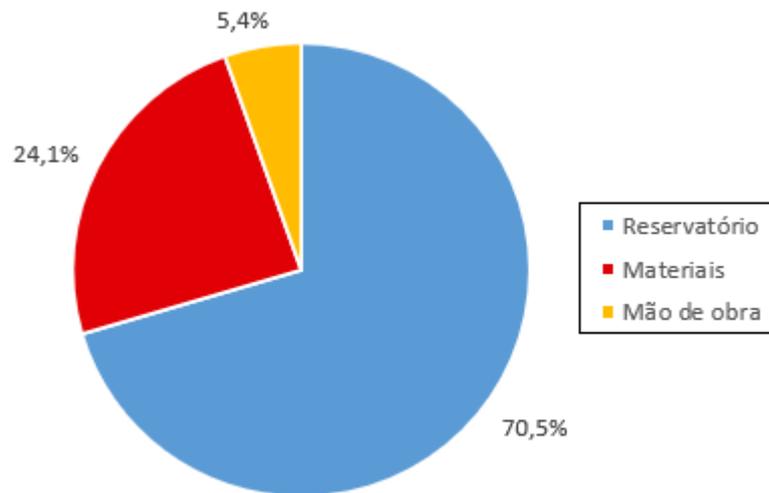
(fonte: do autor 2021)

Tabela 17 – Quantitativos e custos totais

Item	Quantidade	Unidade	Custo Total		
			Material	Mão de Obra	Total
Tubo Soldável, PVC, água fria - Ø20mm	14	m	R\$ 71,82	R\$ 41,86	R\$ 113,68
Tubo Soldável, PVC, esgoto - Ø75mm	15	m	R\$ 294,15	R\$ 50,40	R\$ 344,55
Tubo Soldável, PVC, esgoto - Ø100mm	6	m	R\$ 138,12	R\$ 29,46	R\$ 167,58
Joelho 90° Soldável, PVC, água fria - Ø20mm	8	un.	R\$ 21,68	R\$ 32,00	R\$ 53,68
Joelho 90° Soldável, PVC, esgoto - Ø75mm	10	un.	R\$ 123,80	R\$ 24,40	R\$ 148,20
Joelho 90° Soldável, PVC, esgoto - Ø100mm	8	un.	R\$ 128,72	R\$ 29,36	R\$ 158,08
Tê Soldável, PVC, esgoto - Ø75mm	4	un.	R\$ 102,96	R\$ 13,44	R\$ 116,40
Tê Soldável, PVC, esgoto - Ø100 x 75 mm	4	un.	R\$ 116,68	R\$ 28,44	R\$ 145,12
Torneira plástica com bico para mangueira 1/2"	2	un.	R\$ 83,04	R\$ 6,78	R\$ 89,82
Anel de vedação para reservatório - Ø100mm	10	un.	R\$ 33,30	R\$ -	R\$ 33,30
Filtro de proteção para calha - Ø100mm	2	un.	R\$ 23,82	R\$ -	R\$ 23,82
Tanque Slim de Polietileno (600L)	5	un.	R\$ 3.324,50	R\$ -	R\$ 3.324,50
			R\$ 4.462,59	R\$ 256,14	R\$ 4.718,73

(fonte: do autor 2021)

Figura 30 – Percentual de distribuição dos custos do SAAP



(fonte: do autor 2021)

Como o esperado, na maioria dos casos, os reservatórios representam um percentual significativo dos custos envolvidos na implementação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Cabe salientar que em função de o sistema reutilizar trechos e materiais existentes na edificação, houve uma redução no custo de materiais, uma vez que esses trechos reutilizados envolvem peças como calhas e algumas tubulações de grande diâmetro.

6.2 TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

O método adotado para a estimativa do retorno do investimento é o do Valor Presente Líquido (VPL), que consiste em trazer para o tempo presente os valores associados às economias (ganhos) do sistema descontados a uma determinada taxa de juros (taxa mínima de atratividade), com a finalidade de subtrair estes valores do investimento inicial (custos) aplicados à implementação do sistema. O VPL pode ser calculado através da seguinte expressão (fórmula 8):

$$VPL = \left(\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TMA)^t} \right) - CI \quad (\text{fórmula 8})$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido no último período (n) de capitalização, em R\$;

t = enésimo período de tempo de capitalização, em anos;

n = número de períodos de tempo (t) de capitalização, em anos;

FC = Fluxo de Caixa (economia) no período t, em R\$;

CI = Custo Inicial para implementação do empreendimento, em R\$;

TMA = Taxa Mínima de Atratividade, em %.

Conforme apresentado anteriormente, o custo de investimento referente ao sistema foi de R\$ 4.718,73, não foram inclusos os custos de manutenção e limpeza nesta quantia, uma vez que se considerou estas tarefas inclusas às funções gerais do zelador do condomínio. Para o cálculo do Fluxo de Caixa, foi considerado a economia gerada pelo SAAP ao adotar o uso de águas pluviais no lugar do uso de água potável fornecida pela distribuidora. Estão inclusos neste fluxo a tarifa mensal de água de R\$ 4,09 por metro cúbico para (referente à Porto Alegre para o mês de setembro de 2021) e o Custo de Manutenção de Serviços (CMS) do DMAE equivalente ao valor mensal de 4 metros cúbicos de água (DMAE, 2021). O consumo mensal é a soma da demanda mensal prevista para o sistema (9,84 m³) multiplicada pelo percentual de garantia de atendimento (85%), resultando em um consumo mensal de 8,364 metros cúbicos de água. Representando uma economia anual de R\$ 606,83 (ou R\$ 50,57/mensal). Ainda, a taxa de juros adotada neste trabalho foi de 6,25% ao ano, referente a Meta SELIC (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2021) vigente em outubro de 2021.

O tempo de retorno do investimento refere-se ao primeiro período em que o valor obtido do VPL passa a ser positivo (tabela 18). Para o SAAP elaborado neste trabalho, o tempo de retorno do investimento está previsto para um período de onze anos.

Tabela 18 – Tempo de retorno do investimento

Tempo [anos]	VPL
1	R\$ - 4.147,60
2	R\$ - 3.610,07
3	R\$ - 3.104,15
4	R\$ - 2.628,00
5	R\$ - 2.179,85
6	R\$ - 1.758,07
7	R\$ - 1.361,10
8	R\$ - 987,47
9	R\$ - 635,83
10	R\$ - 304,87
11	R\$ 6,62

(fonte: do autor 2021)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo a elaboração do projeto de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais para fins não potáveis, seguido da previsão do tempo de retorno do investimento necessário para a implementação do mesmo. Em um primeiro momento, tendo em conta os usos destinados às águas captadas pelo sistema, não foi detectada a necessidade de aplicar outros métodos de tratamentos além dos separadores de detritos nas calhas e do descarte do fluxo inicial de chuva, sendo desnecessária uma etapa de desinfecção. No entanto esta decisão só poderá ser confirmada após a etapa de controle de qualidade das águas armazenadas, realizado com o sistema em pleno funcionamento.

Pôde-se concluir que o volume destinado aos reservatórios apresenta uma influência significativa em relação ao percentual de garantia de atendimento às demandas previstas, a reserva de 3000 litros adotada no sistema é capaz de fornecer uma garantia de atendimento de 85%. Optou-se por delimitar as áreas de captação em função das limitações do comprimento dos dispositivos adotados para o descarte do fluxo inicial, uma vez que estas áreas têm influência direta no volume a ser descartado.

Ainda que se tenha buscado readaptar trechos das calhas e tubulações do sistema de escoamento pluvial, de forma a integrá-lo ao SAAP, são os reservatórios que representam o principal custo do novo sistema. Foi estimado um tempo de retorno de onze anos para que o investimento de R\$ 4.718,73 fosse totalmente coberto pelas economias geradas em relação a diminuição do uso de água potável resultante na implementação do SAAP. O “baixo” custo da tarifa de água potável (R\$ 4,09/m³) para uso residencial (quando comparado com o custo do sistema) é uma das principais razões deste período de retorno ter se estendido nestes onze anos. Cabe ressaltar que, após esse intervalo, o sistema passará a representar uma economia anual de aproximadamente 100,37 metros cúbicos de água potável fornecida pela distribuidora, além de apresentar um novo uso para as águas pluviais, que no cenário atual são descartadas através do sistema de drenagem pluvial.

Recomenda-se para estudos em trabalhos futuros, realizar o dimensionamento para a estrutura de elevação a fim de obter uma estimativa mais completa em relação ao

orçamento final do projeto. Um comparativo entre os custos envolvidos na adoção de um SAAP com peças readaptadas e o caso de um sistema totalmente novo. O estudo de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais também pode ser vantajoso quando aplicado em órgãos públicos, uma vez que estes apresentam uma maior tarifa (R\$ 8,18/m³) se comparada à tarifa residencial, em geral os principais usos de água destes locais poderiam ser atendidos por águas menos nobres quanto a água potável fornecida pela distribuidora. Também se recomenda a adoção de sistemas similares ao apresentado neste trabalho, aproveitando detalhes arquitetônicos em obras existentes, ou gerando detalhes como, por exemplo, estruturar trechos de telhados/coberturas de garagens que suportem reservatórios, e assim evitar instalações de recalque para o reuso de água.

Vale lembrar que neste trabalho, analisou-se a viabilidade “fria”, apenas através de parâmetros diretos como o retorno financeiro, mas é imprescindível apontar outras vantagens decorrentes da implementação do SAAP como uma melhora na qualidade de vida dos moradores com a criação de uma horta coletiva e um estímulo a uma cultura, hábito e um pensar sustentável à nível local.

Períodos de escassez e seca estão se tornando cada vez mais frequentes no Brasil e no mundo, apesar de o Rio Grande do Sul apresentar uma menor escassez de recursos hídricos quando comparado a outras regiões do país, não devemos esperar até que um recurso deixe de ser abundante na natureza para que comecemos a repensar o seu uso de maneira racional e responsável. O profissional de engenharia civil possui a capacitação, o acesso ao conhecimento e a oportunidade para a tomada de decisão ao planejar, projetar e executar construções e sistemas sob uma ótica voltada à sustentabilidade econômica, ambiental e social. Água é um direito humano essencial, logo, uma responsabilidade de todos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020.

_____. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **NBR 16783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, 2019.

BOJARCZUK, Tom; KALIL, Patrícia. **Água, sua linda**. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://agua-sua-linda.tumblr.com/post/183926741628/com-altos-n%C3%ADveis-de-polui%C3%A7%C3%A3o-na-maioria-dos>>. Acesso em: 22 out. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019**: informe anual. Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA), 2015.

_____. Agência Nacional de Águas. **Dia Mundial da Água incentiva cooperação entre os países**. Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA), 2013. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/dia-mundial-da-agua-incentiva-cooperaassapso-entre.2019-03-15.6545387713>>. Acesso em: 2 nov. 2020.

_____. Agência Nacional de Águas. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**: séries históricas. Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA), 2020. Disponível em: <www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 7 jul. 2020.

_____. Banco Central Do Brasil. **Taxa de juros básicas**: Histórico. Brasília, 2021. Disponível em: <www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 22 out. 2021.

_____. Congresso Nacional. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1 da Lei nº 8.011, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7990, 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 20 jun. 2020.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI - Referências de preços e custos**. Porto Alegre: Caixa Econômica Federal, 2021. Disponível em: <www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 19 out. 2021.

CAMPOS, José D.; SILVA, Lígia M. de M. **Canteiros alternativos com economia de água para produção de hortaliças orgânicas**: uma experiência da família do agricultor Marcos Antônio da Silva, no semiárido paraibano. Teixeira, PB: Centro de Educação Popular e Formação Social (CEPFS), 2008. Disponível em: <<https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/horta-organica-com-economia-de-agua>>. Acesso em: 22 jul. 2020.

GOLDENFUM, Joel Avruch. **Reaproveitamento de águas pluviais**. Passo Fundo: Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura, 2006. Disponível em: <<http://cbhpf.upf.br/phocadownload/2seminario/reaproveitamentoaguaspluviaisii.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

IMMICH JUNIOR, Enio Gaspar. **Eficácia de sistemas de aproveitamento da água da chuva**: Efeito do tamanho das séries de precipitação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/>. Acesso em: 11 nov. 2020.

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY. **Freshwater Resources**. Washington: National Geographic Society, 2019. Disponível em: <www.nationalgeographic.org/article/freshwater-resources/>. Acesso em: 4 out. 2020.

ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Centro Regional de Informações das Nações Unidas. **Água**. Portugal: UNRIC, 2019. Disponível em: <<https://unric.org/pt/agua/>>. Acesso em: 4 out. 2020.

PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais. Plano Diretor de Drenagem Urbana. **Manual de drenagem urbana**. Volume VI. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFRGS, 2005. Disponível em: <http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima-versao.pdf>. Acesso em: 2 set. 2020.

_____. Departamento Municipal de Água e Esgoto. **Cálculo da tarifa de água e de esgoto**. Porto Alegre: DMAE, 2021. Disponível em: <www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=228>. Acesso em: 22 out. 2021.

_____. Departamento Municipal de Água e Esgoto. **Declaração Universal dos Direitos da Água**. Porto Alegre: DMAE, 2020. Disponível em: <www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=229>. Acesso em: 7 jul. 2020.

SILVA, Luiz Felipe Schech da. **Aproveitamento de águas pluviais**: Ferramenta para tomadas de decisões em projetos. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água da chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. In: TOMAZ, Plínio. **Água**: pague menos. Guarulhos, 2014. Cap. 3. p. 24-36. Disponível em: <www.pliniotomaz.com/>. Acesso em: 4 ago. 2020.

_____. **Aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Guarulhos, 2010. Disponível em: <www.pliniotomaz.com/>. Acesso em: 4 ago. 2020.

NOVAKOSKI C. K.; MARQUES, M. G.; CONTERATO, E.; TEIXEIRA, E. D.; FERLA R. Comparação dos métodos de dimensionamento do reservatório de águas pluviais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS (SBRH), n. 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2017. 7 p.

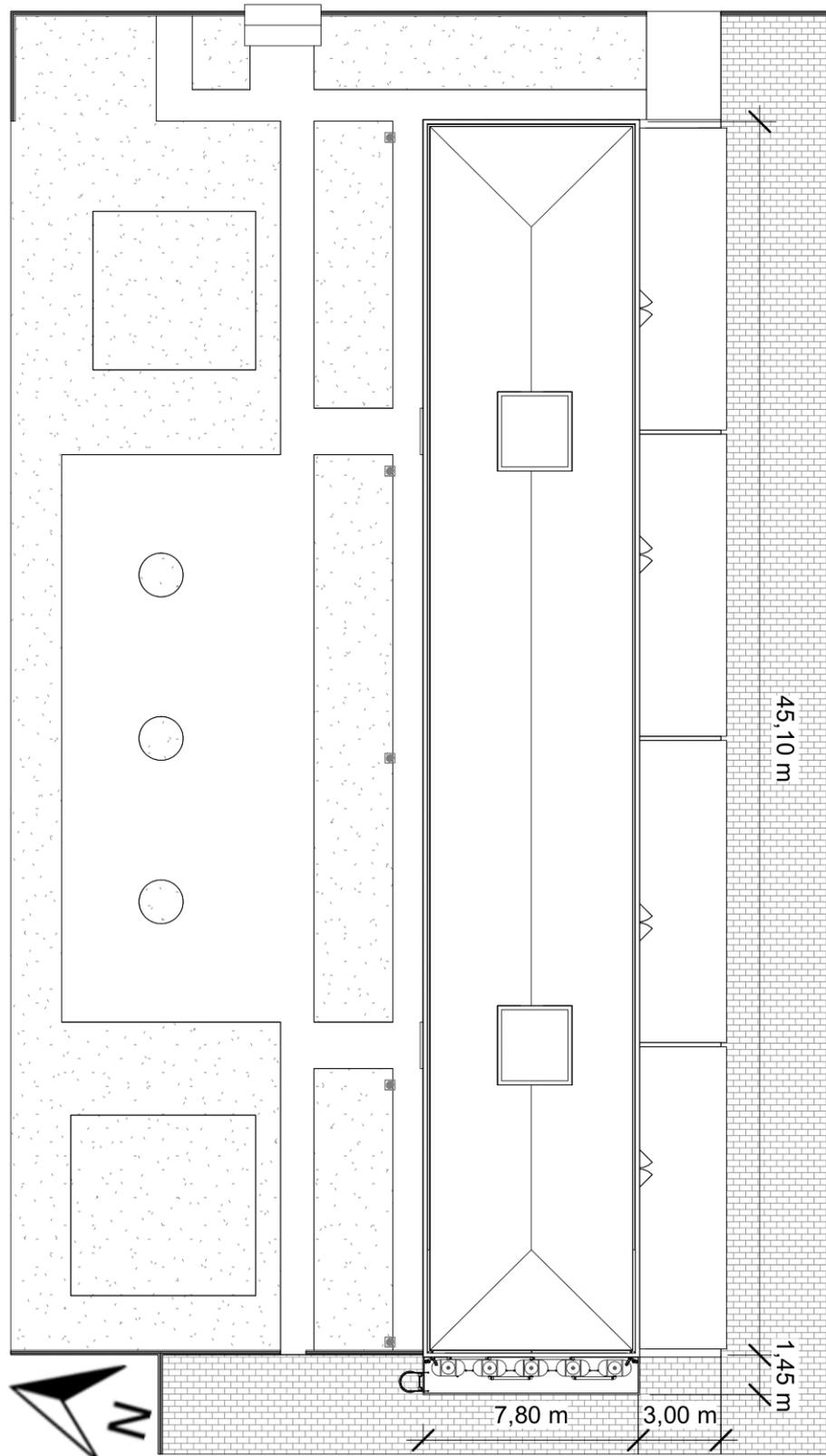
UNESCO. World Water Assessment Programme. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020**: água e mudança climática, resumo executivo. Paris: UNESCO World Water Assessment Programme (WWAP), 2020. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372882_por>. Acesso em: 6 out. 2020.

_____. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Recursos hídricos no Brasil**. Brasília: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2020. Disponível em: <<https://pt.unesco.org/fieldoffice/brasil/expertise/water-resources-brazil>>. Acesso em: 6 out. 2020.

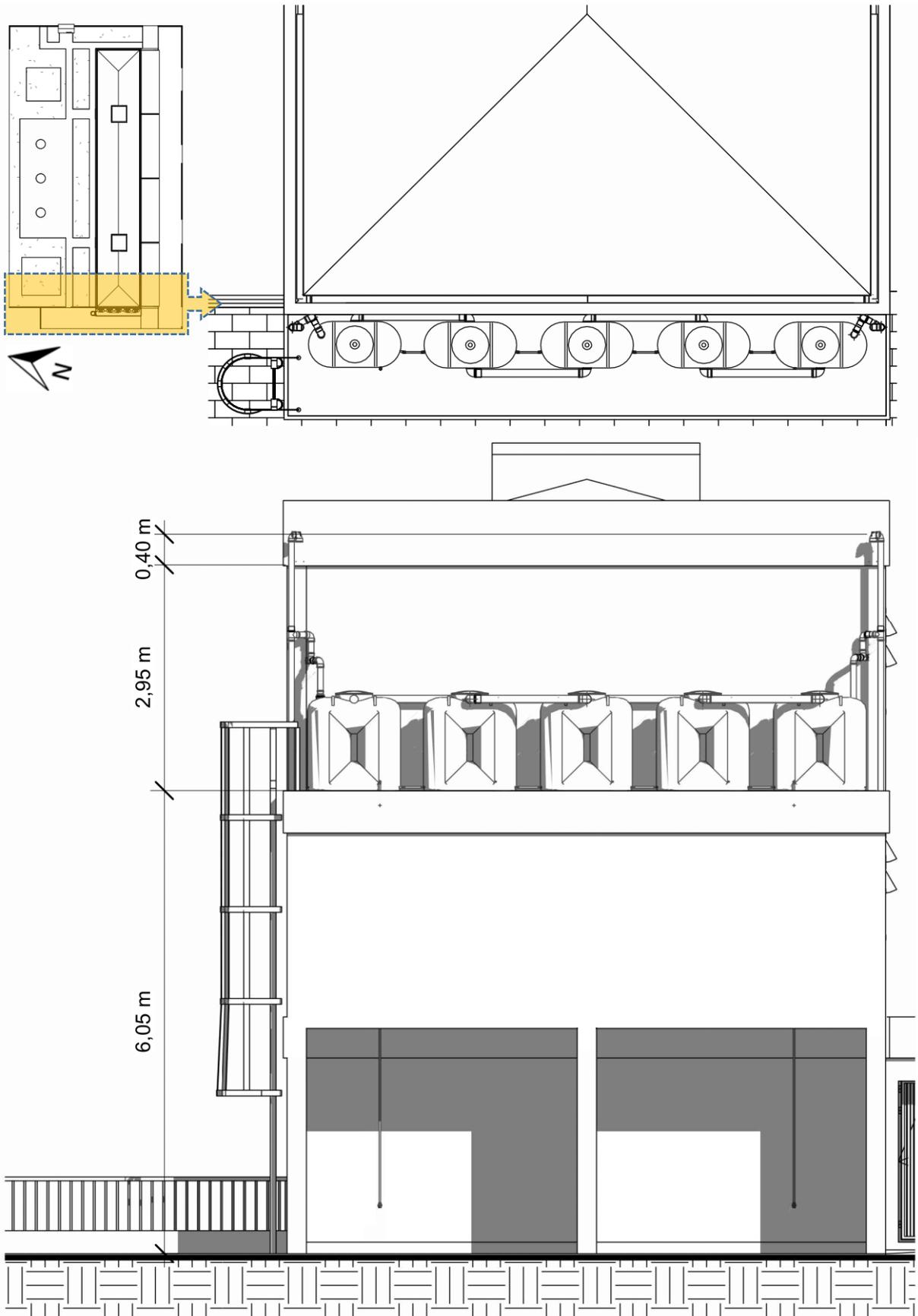
UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Where is Earth's Water?**. Reston: U.S. Department of the Interior. Disponível em: <www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/where-earths-water?>. Acesso em: 2 nov. 2020.

APÊNDICE A

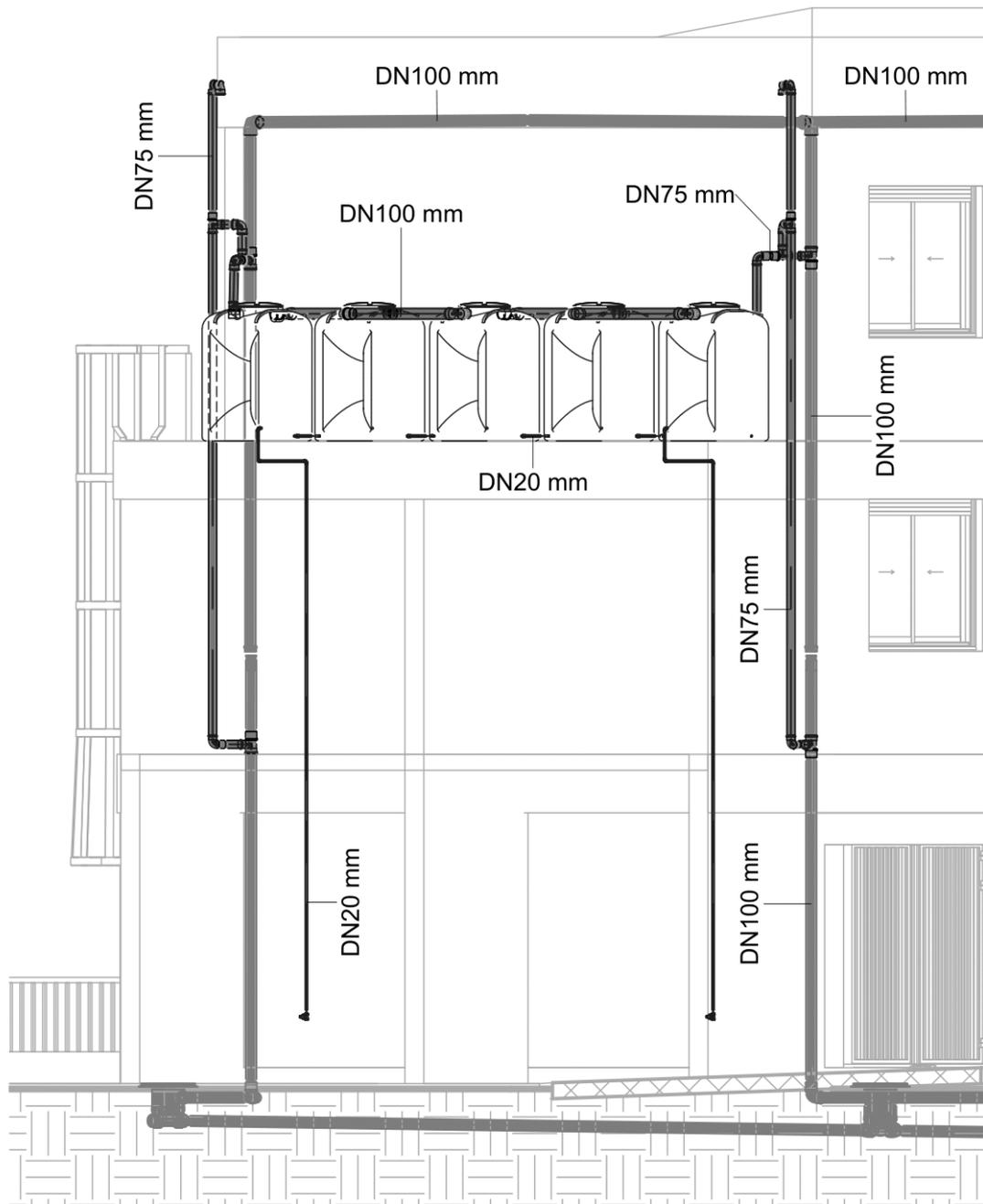
Projeto gráfico do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais



1 Situação
1:250



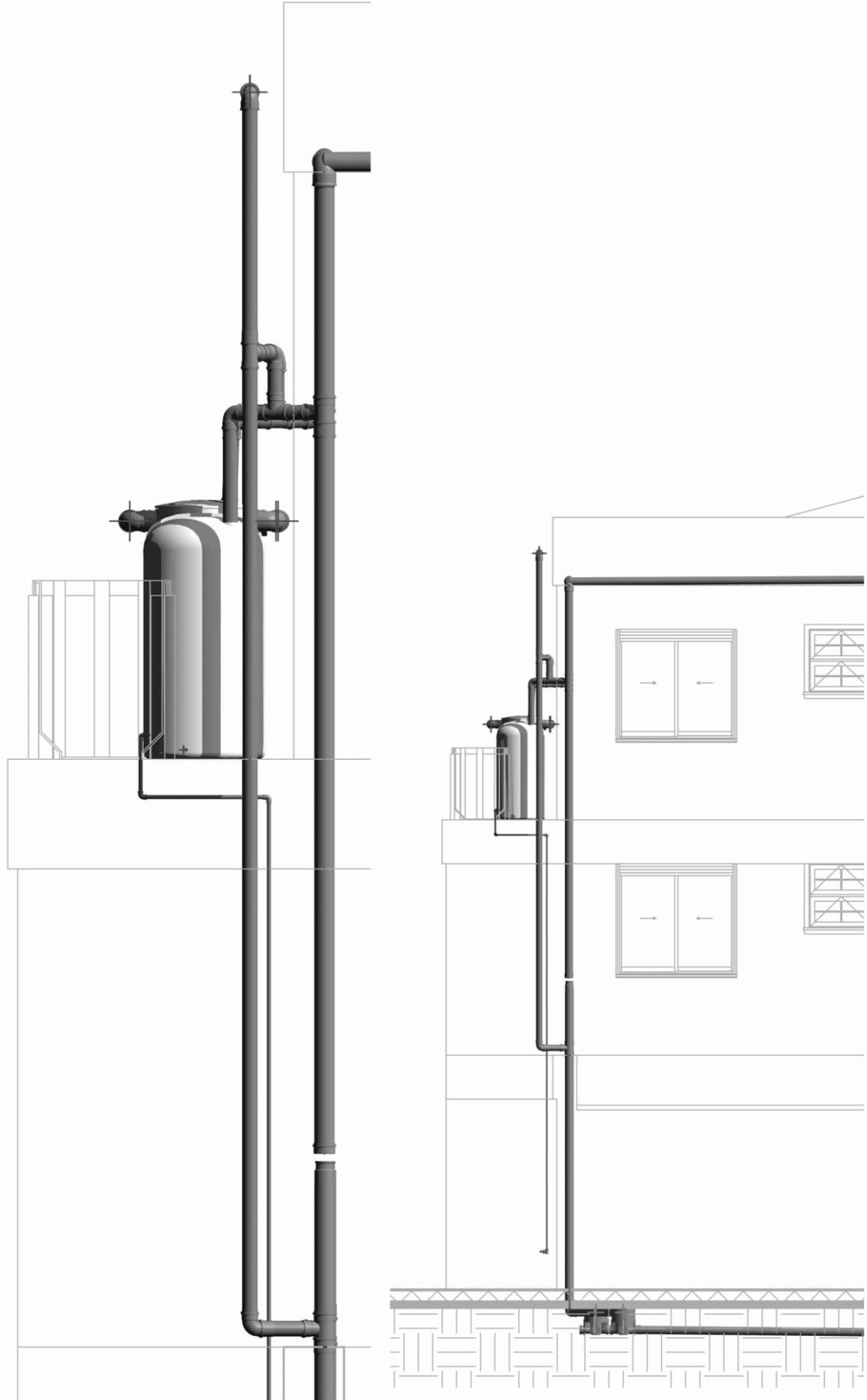
2 Planta baixa e fachada oeste
1:75



3

Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

1:65



4

Detalhes / Fachada sudeste

1:30 / 1:75