



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



MARCUS VINICIUS RODRIGUES PAIVA

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL DE
PORTO ALEGRE/RS

Porto Alegre

Novembro 2021

MARCUS VINICIUS RODRIGUES PAIVA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL DE PORTO ALEGRE/RS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO
APRESENTADO AO CURSO DE
ENGENHARIA AMBIENTAL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Orientador: Gino Roberto Gehling

Porto Alegre
NOVEMBRO DE 2021

MARCUS VINICIUS RODRIGUES PAIVA

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL
DE PORTO ALEGRE/RS

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado em 23/11/2021 pela Comissão avaliadora constituída pelos professores:

Banca Examinadora:

.....
Prof. Fernando Dornelles
(UFRGS) Dr. em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

.....
Alisson Sauer da Silva
(UFRGS) Engenheiro Civil – Técnico de Saneamento (DMAE).

.....
Prof. Gino Roberto Gehling
(UFRGS) Dr. em Engenharia Ambiental pela Universitat
Politécnica de Catalunya-ES.

Conceito:.....

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a todos aqueles que de um modo ou outro ajudaram e apoiaram no desenvolvimento deste trabalho, em especial agradeço:

Ao professor Dr. Gino Gehling, pelo empenho, pelo suporte, e por sempre estar disposto a ajudar da melhor maneira possível.

À Débora e ao Alexandre pela confiança e apoio na elaboração deste trabalho, disponibilizando do seu tempo e entusiasmo sobre o aproveitamento de água da chuva.

Aos meus pais, Edir e Neusa, por tudo. Por incentivarem, desde sempre, meus estudos, por celebrar cada conquista e por estarem comigo em todos os momentos da minha vida. Pelo apoio e incentivo durante toda a graduação, e por todos os outros anos.

À toda a minha família pela amizade, pelo empenho na procura de um lugar para realizar este estudo, e por acreditarem em mim.

Aos meus amigos, especialmente ao Santos, pelas boas risadas, e principalmente pela amizade ao longo dos anos.

À minha companheira, Eduarda, pela compreensão inabalável neste período de dedicação, por ser acima de tudo uma grande amiga de todas as horas e por sempre estar ao meu lado nos momentos bons e ruins. Enfim, pelo carinho, apoio e companheirismo.

Ao Masashi Kishimoto, pelos momentos de inspiração.

Don't worry
I'm part of the overall plan.

Banksy

RESUMO

Devido ao crescimento populacional, o consumo de água tem aumentado nas últimas décadas, correndo o risco deste bem se tornar escasso, como já ocorre em diversas partes do planeta. Inúmeros estudos vêm sendo realizados com o objetivo de evitar o desperdício, aumentar a conscientização da população e buscar novas alternativas sustentáveis. O aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em edificações tem se mostrado uma alternativa que proporciona redução da demanda de água potável, minimizando problemas relacionados à disponibilidade dos recursos hídricos. Neste contexto, este estudo consiste em analisar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis nas residências de um condomínio residencial, localizado em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Foram analisados os dados pluviométricos do município, e realizou-se os cálculos para estimativa da demanda de água potável e não potável para as tipologias das residências do condomínio, considerando o número de moradores, para dimensionar o reservatório de armazenamento de água pluvial, através do programa computacional Netuno. Os resultados do trabalho apontam que a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva nas residências do condomínio é viável em 100% das unidades habitacionais, gerando, portanto, a diminuição do consumo da água tratada, redução do gasto na conta de água da população do condômino e a diminuição do escoamento superficial das águas, além de contribuir com a sustentabilidade hídrica do condomínio.

Palavras-chave: Sistema de aproveitamento de água pluvial, viabilidade econômica, condomínio residencial, sustentabilidade.

ABSTRACT

Due to population growth, water consumption has increased in recent decades, at the risk of this good becoming scarce, as is already the case in various parts of the planet. Numerous studies have been carried out with the aim of avoiding waste, increasing the population's awareness and seeking new sustainable alternatives. The use of rainwater for non-potable purposes in buildings has been shown to be an alternative that provides a reduction in the demand for drinking water, minimizing problems related to the availability of water resources. In this context, this study is to analyze the economic feasibility of implementing a system to use rainwater for non-drinking purposes in the homes of a residential condominium, located in Porto Alegre, Rio Grande do Sul. The municipality's rainfall data were analyzed, and calculations were performed to estimate the demand for potable and non-drinking water for the types of condominium residences, considering the number of residents, to size the rainwater storage reservoir, using the Netuno computer program. The results of the work show that the implementation of the rainwater harvesting system in condominium residences is feasible at 100% of the housing units, thus generating a reduction in the consumption of treated water, a reduction in the cost of the condominium population's water bill and a reduction in surface water runoff, in addition to contributing to the water sustainability of the condominium.

Keywords: Rainwater harvesting system, economic feasibility, residential condominium, sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema de aproveitamento de águas pluviais.....	23
Figura 2 – Área de captação.....	24
Figura 3 – Pré-tratamento, Grade.....	27
Figura 4 – Dispositivo de descarte inicial de água.....	27
Figura 5 – Porcentagem relativa ao número de pessoas por residência.....	33
Figura 6 – Dispositivo de descarte das primeiras águas.....	37
Figura 7 – Relação entre a substituição de água potável por pluvial, número de moradores por residência e tipologia.....	45
Figura 8 – Interface do programa Netuno, para tipologia R2 com 2 moradores.....	48
Figura 9 – Relação entre potencial de economia de água e volume do reservatório inferior para residências de tipologia R1.....	49
Figura 10 – Relação entre potencial de economia de água e volume do reservatório inferior para residências de tipologia R2.....	49
Figura 11 – Relação entre potencial de economia de água e volume do reservatório inferior para residências de tipologia R3.....	50
Figura 12 – Reservatório inferior.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa da demanda residencial de água.....	18
Tabela 2 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis.....	22
Tabela 3 - Coeficiente de Runoff médios.....	25
Tabela 4 – Principais características de cada tipologia.....	32
Tabela 5 – Número de habitantes por residência.....	32
Tabela 6 - Consumo de água para fins não potáveis.....	34
Tabela 7 – Índice pluviométrico da estação meteorológica de Porto Alegre (mm)	36
Tabela 8 – Consumo mensal de água da tipologia R1 (m ³ /mês)	41
Tabela 9 – Consumo mensal de água da tipologia R2 (m ³ /mês)	42
Tabela 10 – Consumo mensal de água da tipologia R3 (m ³ /mês)	42
Tabela 11 – Área média e volume de água pluvial captado por tipologia	43
Tabela 12 – Porcentagem de substituição de água potável da tipologia R1	44
Tabela 13 – Porcentagem de substituição de água potável da tipologia R2	44
Tabela 14 – Porcentagem de substituição de água potável da tipologia R3	45
Tabela 15 - Dados de entrada no programa computacional Netuno.....	47
Tabela 16 – Volume ideal para o reservatório inferior (Netuno) e o adotado.....	51
Tabela 17 – Percentual do atendimento de água pluvial.....	52
Tabela 18 – Preço dos equipamentos e serviços do SAAP	54
Tabela 19 – Gastos e economia do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	55
Tabela 20 - Tempo de retorno do investimento.....	56

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
COMUSA - Serviços de Água e Esgoto de Novo Hamburgo
COPASA - Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento
DETRAN - Departamento Estadual de Trânsito
DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgotos
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
NBR - Norma Brasileira
ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU - Organização das Nações Unidas
PVC - Policloreto de vinila
SAAP - Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial
SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TR – Tempo de Retorno
VLP – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVO	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	LIMITAÇÕES	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	CONSUMO E USOS DA ÁGUA NO MEIO RESIDENCIAL	17
3.2	SUSTENTABILIDADE	18
3.3	APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS	19
3.3.1	Normas	20
3.3.2	Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais	22
3.3.2.1	Captação: Área de captação da água da chuva	23
3.3.2.2	Condução: Calhas e condutores	25
3.3.2.3	Pré-Tratamento: Descarte das primeiras águas	26
3.3.2.4	Armazenamento: Dimensionamento do reservatório	28
3.4	POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	29
3.5	ANÁLISE DO INVESTIMENTO	29
4	METODOLOGIA	31
4.1	ÁREA DE ESTUDO	31
4.2	HABITANTES POR RESIDÊNCIA	32
4.3	CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA	33
4.4	DADOS PLUVIOMÉTRICOS	35
4.5	DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS	37
4.6	ÁREA DE CAPTAÇÃO	38
4.7	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	38
4.8	COBRANÇA DE ÁGUA	39
4.9	VIABILIDADE ECONÔMICA	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1	CONSUMO DE ÁGUA	41
5.2	ÁREA DE CAPTAÇÃO	42
5.3	PORCENTAGEM DE SUBSTITUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL POR PLUVIA	43
5.4	DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO	46
5.5	CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO	53
5.6	VIABILIDADE ECONÔMICA	54
6	CONCLUSÕES	58

7 REFERÊNCIAS	60
ANEXOS	67

1 INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais, a água, é o mais ameaçado, pois vem sendo consumida em ritmo crescente, criando problemas de escassez em diversos locais do planeta. Segundo Hagemann (2009), essa escassez ocorre principalmente por causa do aumento populacional, do desperdício e das atividades poluidoras. De acordo com relatório das Nações Unidas, a população mundial no ano de 2019 era de 7,79 bilhões de pessoas, e para o ano de 2050 a expectativa é atingir aproximadamente 9,7 bilhões de pessoas (ONU, 2019). Esta explosão demográfica tem ocasionado aumento da demanda de água potável, fazendo-se necessária a busca por soluções que garantam a conservação de água potável para suprir a demanda da crescente população (TUCCI, 2008).

A implementação de tecnologias de aproveitamento de águas pluviais funciona como meio de sustentabilidade, dado que sua utilização acarreta na diminuição do uso de água potável em atividades que não necessitam da mesma, como rega de jardins, uso em bacias sanitárias, lavagem de áreas de circulação entre outros usos. Quando corretamente dimensionado, o sistema de aproveitamento de água pluvial gera economia financeira a longo prazo. Em defesa da preservação dos recursos hídricos e da busca pelo desenvolvimento sustentável, é necessário desenvolver práticas que estimulem a conservação de água em edificações (SANT'ANA e MEDEIROS, 2017).

O consumo de água destinado aos usos não potáveis atinge percentuais de 30 a 40% do total de água consumida em uma residência, este tipo de consumo poderia ser provido por fontes alternativas, visando à conservação da água e originando uma economia financeira para o consumidor (TOMAZ, 2010).

Para o dimensionamento do reservatório é fundamental observar a área de captação, os dados pluviométricos da região estudada, e a demanda de água não potável. A área de captação varia de acordo com cada edificação, e os dados referentes à pluviometria local podem ser obtidos dos postos pluviométricos da região. A demanda de água pluvial em uma edificação é uma estimativa que pode ser obtida por meio da determinação do consumo de água utilizadas nas bacias sanitárias, nas torneiras para regar jardins e lavagem de pisos, calçadas e veículos, que passarão a utilizar água pluvial após a implantação do sistema (MARINOSKI, 2007).

Como alternativa para reduzir o consumo de água potável em usos não nobres em condomínios residenciais, propõe-se a utilização do sistema de aproveitamento de águas

pluviais. Assim, este trabalho apresenta um estudo do dimensionamento e viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva nas residências de um condomínio residencial na cidade de Porto Alegre.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta monografia é gerar um estudo de viabilidade econômica da instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais para as residências de um condomínio residencial em Porto Alegre.

2.2 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) O caráter teórico do estudo desenvolvido, que está baseado em estimativas de estudos semelhantes realizados e em normas técnicas;
- b) O consumo de água real de cada unidade habitacional;
- c) A população real de cada unidade habitacional;
- d) A não consideração dos custos de manutenção e de energia dos sistemas implantados;
- e) A não consideração de outras alternativas de redução de consumo, como modelo de sanitários mais eficientes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONSUMO E USOS DA ÁGUA NO MEIO RESIDENCIAL

O consumo de água em uma residência é influenciado por diversos fatores, tais como clima da região, renda familiar, número de habitantes da residência, valor da tarifa da água, entre outros (GONÇALVES, 2006). O consumo da água nas residências ocorre tanto interno, no chuveiro, bacias sanitárias, pia da cozinha entre outros, quanto externamente, na irrigação de jardins, lavagem de veículos e na limpeza da garagem e varandas.

A água destinada ao consumo humano pode ter dois fins distintos, para usos potáveis, como higiene pessoal, para beber e na preparação de alimentos, que exigem água de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), e usos não potáveis, como lavagem de roupas, carros, calçadas, irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários, piscinas, entre outros.

A água captada através do sistema de aproveitamento de água da chuva, sem desinfecção ou filtragem complexa é classificada como não potável, visto que não possui garantia de que atenderá os padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação. Esta água pode ser utilizada em algumas situações do cotidiano, como na lavagem de veículos, limpeza da área externa, irrigação de jardim e nas bacias sanitárias. A Tabela 1 apresenta a estimativa da demanda residencial de água (TOMAZ, 2010).

Tabela 1 – Estimativa da demanda residencial de água

Usos	Unidade	Valor
Descarga na bacia	Descarga/pessoa.dia	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	9
Frequência de banho	Banho/pessoa.dia	1
Duração do banho	Minutos	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,15
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa.dia	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa.dia	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa.dia	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,15
Gramado ou jardim	Litros/dia.m ²	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem.carro	150
Lavagem de carros	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim	Litros/dia	50

Fonte: Adaptado Tomaz (2010).

3.2 SUSTENTABILIDADE

A ideia de sustentabilidade é fazer com que os consumidores percebam as consequências das suas escolhas de compra, uso e consumo, e adotem hábitos menos prejudiciais ao meio ambiente (PEIXOTO e PEREIRA, 2013).

A preocupação com os recursos hídricos é cada vez mais crescente. Por isso, em busca de soluções para combater a escassez de água, garantir o acesso a todos e desenvolver indústrias mais sustentáveis, em 2015, a ONU em parceria com os 193 países membros, instituíram a agenda 2030. A mesma é composta por dezessete metas de desenvolvimento sustentável (ABEL *et al*, 2016; IPEA, 2018), onde a água integra um dos objetivos (ODS). A meta número 6

chamada de água potável e saneamento, salienta que a água segura e o saneamento adequado são indispensáveis para ecossistemas saudáveis, alcance do crescimento inclusivo, e de meios de subsistência sustentáveis.

Como forma de incentivo às construções mais sustentáveis, no Brasil, existem órgãos que emitem certificados por meio de avaliações sobre a Qualidade Ambiental da Edificação, desde seu projeto, materiais, construção e uso: O Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal, Certificação LEED emitido pela Green Building Council Brasil (GBCB), Certificação AQUA-HQE emitido pela Fundação Vanzolini, Selo Procel Edifica instituído pela Eletrobras e Procel (SIENGE, 2016).

A técnica de aproveitamento de águas da chuva apresenta um impacto ambiental final consideravelmente menor quando comparado com outras técnicas de economia de água, como o reuso de água. Apresenta um melhor equilíbrio entre as três dimensões da sustentabilidade, ambiental, social e econômica, conferindo-lhe um melhor desempenho, do ponto de vista sustentável (FIORI, 2014). Em edifícios domésticos, esta prática é uma das fontes hídricas alternativas mais promissoras, visto que o sistema pode ser facilmente instalado e a água coletada pode ser usada sem tratamento significativo para fins não potáveis, tais como, bacias sanitárias, lavagem de áreas externas e irrigação de jardins (DEVKOTA, SCHLACHTER e APUL, 2015; SILVA, SOUSA e CARVALHO, 2015).

3.3 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Segundo NBR 15527/19 (ABNT, 2019a), a definição do aproveitamento de água da chuva é a utilização da água disponível e ainda não utilizada em processos benéficos não potáveis. Os usos de águas não potáveis que se pode fazer em edificações são: descarga de bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos, lavagem de pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental e irrigação para fins paisagísticos.

A água da chuva não possui qualidade garantida para atender os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), ou seja, é considerada não potável. Embora apresente coloração clara e baixa turbidez, a água pode conter contaminantes em sua composição (ZANELLA, 2015).

Os aspectos positivos do aproveitamento de águas da chuva no ambiente urbano são a redução no consumo de água potável, contribuição ao controle de cheias, pois a água captada

não é direcionada diretamente para o sistema de drenagem de águas pluviais, reduzindo o rápido escoamento, que é o principal causador de enchentes e enxurradas (GOLDENFUM, 2006). Segundo Zaizen et al. (1999), Krishna (2003) e Giacchini (2010) outros benefícios da utilização da água da chuva são a conservação da disponibilidade de água nos mananciais, restauração do ciclo hidrológico em áreas urbanas, educação ambiental, preservação ambiental, atitude contra o racionamento e economia nos gastos com abastecimento de água.

De acordo com Forgiarini (2010), o aproveitamento de águas pluviais desempenha dois propósitos sobre o desenvolvimento urbano de baixo impacto, a conservação da água para posterior utilização e a eliminação ou redução da contribuição de escoamento a partir dos telhados, sendo particularmente aplicáveis em área com média ou alta densidade populacional, em que os telhados são os principais responsáveis pela geração de escoamento.

3.3.1 Normas

O aproveitamento de águas pluviais é norteado pelas normas da ABNT, que possui duas diretamente aplicadas ao projeto de aproveitamento, tratamento e execução de sistemas pluviais prediais, sendo elas a NBR 10844/89 e NBR 15527/19 (MENEZES, 2016). A concepção do projeto deve ainda atender as normas tradicionais de água e esgoto NBR 5626/20 (ABNT, 2020a) e NBR 12217/94 (ABNT, 1994).

As normas NBR 16782/19 (ABNT, 2019b) e NBR 16783/19 (ABNT, 2019c) tratam sobre o uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, considerando o aproveitamento de águas pluviais uma alternativa.

A NBR 5626/20 (ABNT, 2020a) Sistemas Prediais de Água Fria e Água Quente - Projeto, execução, operação e manutenção, tem como objetivo apresentar recomendações relativas ao projeto, execução e manutenção predial de instalações de água fria. A norma é aplicável a instalações prediais que possibilitem o uso de água potável e o uso de água não potável em edificações residenciais ou não-residenciais. Quando houver a utilização simultânea de água não potável e água potável de abastecimento público em uma edificação, a norma sugere que a concessionária deve ser notificada previamente.

A NBR 10844/89 (ABNT, 1989) Instalações Prediais de Águas Pluviais, estabelece exigências e critérios necessários aos projetos de instalações de drenagem de águas pluviais, apresenta os cálculos e parâmetros da área de captação associada aos edifícios, principalmente

no que se refere à cobertura dos telhados e demais áreas. As tubulações do sistema de água pluvial devem ser independentes do sistema de água fria, com pontos de acesso restritos e identificados com símbolos, cores e com a frase “ÁGUA NÃO POTÁVEL”.

A NBR 12214/20 (ABNT, 2020b) Projeto de Estação de Bombeamento ou de Estação Elevatória de Água - Requisitos, apresenta os critérios e especificações necessários para o dimensionamento de bombas hidráulicas. As bombas hidráulicas mais utilizadas em sistemas prediais de água são as bombas centrífugas.

A NBR 15527/19 (ABNT, 2019a) Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis, propõe, após tratamento adequado, o uso não potável da água de chuva em descargas sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de veículos e pisos. Descreve sobre alguns dos parâmetros que devem ser apresentados no estudo, como caracterização geral do local, precipitação pluviométrica, área de captação, volume do reservatório, mecanismos para melhoria da qualidade da água, dentre outros. A norma ainda dispõe de informações sobre as calhas, os condutores, instalações prediais, os padrões da qualidade da água, o bombeamento e a frequência de manutenção de cada componente. Segundo a norma, os padrões de qualidade e o dimensionamento do reservatório devem ser definidos pelo projetista, levando em consideração a utilização e a análise técnico-econômica prevista. Esta Norma faz referência à NBR 5626/20, NBR 10844/89 e NBR 12217/94 para a elaboração do projeto hidráulico. A norma antecessora a NBR 15527/19, ou seja, a NBR 15527/07 (ABNT, 2007), apresentava os métodos de cálculos para dimensionamento de reservatórios: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

A NBR 16782/19 (ABNT, 2019b) Conservação de Água em Edificações - Requisitos, Procedimentos e Diretrizes, tem como objetivo otimizar a operação do sistema de edificações para reduzir a quantidade de água consumida, e define a conservação de água em edifícios como “o conjunto de ações que, além de otimizar a operação do sistema predial de modo a reduzir a quantidade de água consumida (gestão da demanda), promovem também o uso de água proveniente de fontes alternativas à água potável fornecida pelo sistema público ou privado (gestão da oferta)”. A gestão da oferta tem como foco a redução do consumo de água potável pela substituição de fontes em processos específicos.

A NBR 16783/19 (ABNT, 2019c) Uso de Fontes Alternativas de Água Não Potável em edificações, cita como principais fontes alternativas de água não potável: água pluvial, água de

rebaixamento de lençol, água cinza (clara ou escura), água negra e esgoto sanitário, identificando as possibilidades para beneficiamento de água não potável nas edificações.

As águas pluviais devem apresentar parâmetros mínimos de qualidade para que possam ser utilizadas nas atividades que fazem uso de água não potável, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis

PARAMÊTRO	VALOR
<i>Escherichia coli</i>	< 200/100 mL
Turbidez	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0

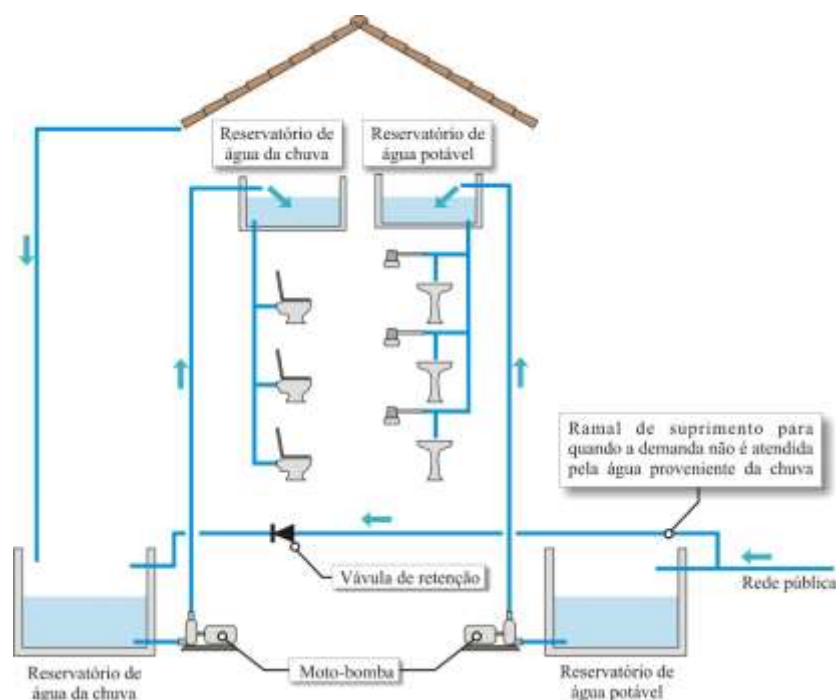
Fonte: NBR 15527 (2019).

3.3.2 Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

A concepção do projeto do sistema de aproveitamento de água pluvial deve ser composta pelos itens: captação, condução, tratamento, armazenamento, distribuição e utilização da água da chuva.

Quando ocorrem eventos de precipitação, a água é coletada no telhado e conduzida por calhas e condutores até um sistema de tratamento, onde ocorre o descarte do escoamento inicial da água coletada. Em seguida a água é encaminhada a um reservatório inferior para armazenamento e por fim é bombeada para o reservatório superior para ser distribuída e utilizada conforme demanda. A Figura 1 demonstra o caminho da água no sistema de aproveitamento.

Figura 1 – Sistema de aproveitamento de águas pluviais



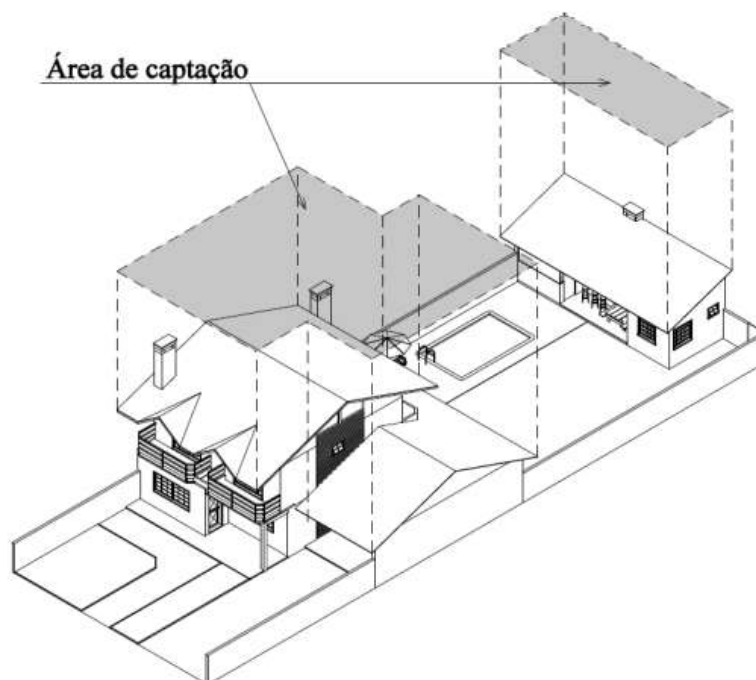
Fonte: Dornelles, 2012.

3.3.2.1 Captação: Área de captação da água da chuva

A água captada pelo telhado, é dirigida pelas calhas até os condutores verticais para desaguar no local de armazenamento.

Denomina-se área de captação a área projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água será captada, normalmente nos telhados das edificações (Figura 2). A área de captação deve receber atenção quanto à presença de possíveis fontes de contaminação em sua composição e outros poluentes depositados em sua superfície. (TELLES, 2014; ABNT, 2019a).

Figura 2 – Área de captação



Fonte: Dornelles, 2012.

A área de captação é de suma importância para a viabilidade do projeto, visto que essa estrutura define a quantidade de água a ser captada. O material da superfície de captação, e também a sua manutenção, podem afetar diretamente a qualidade e a quantidade da água da chuva captada, visto que influenciam na parcela de perda volumétrica de água captada, ou seja, no coeficiente de Runoff.

O volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado, devido às perdas de água na superfície de captação, principalmente pela evaporação ao entrar em contato com o material do telhado. Materiais mais porosos, como fibrocimento, apresentam maiores perdas. A Tabela 3 apresenta os valores médios dos coeficientes de escoamento (Runoff) para telhados (LOPES, 2012; GONÇALVES, 2006; TOMAZ, 2010).

Tabela 3 - Coeficiente de Runoff médios

MATERIAL	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	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz, 2010.

3.3.2.2 Condução: Calhas e condutores

Calhas são estruturas que recolhem a água dos telhados e coberturas, e as conduzem a um ponto de destino (condutores verticais). Podem ser feitas de chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria. As calhas devem atender a alguns requisitos da norma NBR 10844/89 para o seu dimensionamento, tais como o período de retorno estabelecido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica (ABNT, 1989).

A instalação de dispositivos para remoção de detritos é recomendada pela NBR 12213/92 (ABNT, 1992), como grades e telas. As grades são indicadas para evitar que galhos e folhas sejam levados para o reservatório causando contaminação da água devido a sua deterioração ou caso gere o entupimento dos condutores, sendo instaladas sobre as calhas do telhado.

Os condutores se dividem em verticais e horizontais. O condutor vertical recolhe a água das calhas e a conduz até a parte inferior do edifício, enquanto que o condutor horizontal conduz as águas pluviais advindas do condutor vertical até o reservatório, e devem respeitar a normativa NBR 10844/89 (ABNT, 1989).

Segundo a NBR 10844/89 (ABNT, 1989) o período de retorno varia de acordo com as características da área a ser drenada, sendo por definição o tempo médio, em anos, em que uma determinada intensidade pluviométrica é igualada ou superada na série histórica analisada. A vazão de projeto deve ser calculada pela Equação 1.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60}$$

Equação 1

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min)

I = Intensidade pluviométrica (mm/h)

A = Área de contribuição (m²)

A determinação da intensidade pluviométrica “I”, para fins de projeto, segundo a norma NBR 10844/89 (ABNT, 1989), deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno (T). A norma apresenta, em seu anexo único, os valores de intensidade pluviométrica para períodos de retorno de 1, 5 e 25 anos, para diversas cidades, inclusive Porto Alegre/RS. O documento acrescenta ainda, que a duração de precipitação deve ser fixada em t = 5 minutos e que, para construções de até 100 m² de área de projeção horizontal, salvo casos especiais, pode-se adotar I = 150 mm/h.

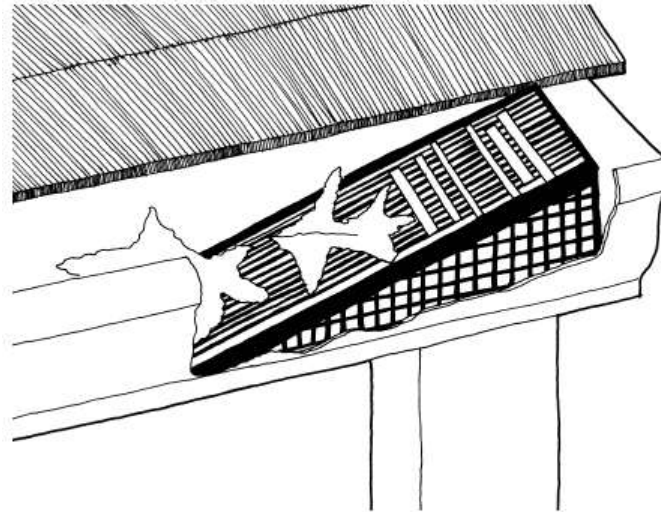
3.3.2.3 Pré-Tratamento: Descarte das primeiras águas

A água pluvial deve passar por etapas de pré-tratamento para alcançar os parâmetros mínimos de qualidade, conforme NBR 15527/19 (ABNT, 2019a). Os dispositivos deste sistema devem ser de fácil manutenção e duráveis.

Para o pré-tratamento, são utilizadas grades e/ou telas, com o intuito de remover os materiais sólidos grosseiros indesejáveis, como folhas, insetos e detritos carreados do telhado para as calhas, conforme apresentado na Figura 3. Além do dispositivo de descarte dos primeiros milímetros de chuva, conforme apresentado na Figura 4, para a melhora da qualidade da água, retirando matéria orgânica, como folhas e fezes dos pássaros, poeiras e detritos, ou outros resíduos que se encontram acumulados na área de captação e são carreados pela água (GONÇALVES, 2006; TOMAZ, 2010).

O acúmulo de poluentes na superfície de captação acarreta uma maior concentração de impurezas na água escoada e, portanto, a norma NBR 15527/19 (ABNT, 2019a) recomenda o descarte dos 2 mm iniciais de chuva.

Figura 3 – Pré-tratamento, Grade



Fonte: Waterfall, 2006.

Figura 4 – Dispositivo de descarte inicial de água



Fonte: Eletrosul, 2021.

3.3.2.4 Armazenamento: Dimensionamento do reservatório

Após a água ser captada pelo telhado, direcionada pelas calhas e condutores e passar pela etapa de pré-tratamento, é direcionada para o sistema de armazenamento, composto pelo reservatório. Os reservatórios são instalados no subsolo, apoiados ou elevados, e podem ser compostos por diversos materiais, sendo necessário avaliar cada caso e qual composição seria mais eficiente e adequada (COHIM, GARCIA e KIPERSTOK, 2008; BERTOLO, 2006).

Para o dimensionamento do reservatório é necessário que se considere a área de captação, regime pluviométrico e demanda não potável a ser atendida, além de usar como base critérios técnicos, econômicos e ambientais, utilizando das boas práticas da engenharia.

O reservatório é o dispositivo destinado ao armazenamento da água de chuva. Nos sistemas de captação, os reservatórios são os componentes que apresentam maior custo, pois os demais componentes do sistema de aproveitamento pluvial devem ser considerados no sistema de drenagem de águas superficiais/pluviais (GHISI, BRESSAN e MARTINI, 2007).

A NBR 15527/19 (ABNT, 2019a) não apresenta os métodos de dimensionamento de reservatório, sendo dever do projetista analisar e escolher o método de dimensionamento que julgar mais adequado, desde que devidamente justificado. A norma 15527/07 (ABNT, 2007), antecessora a NBR 15527/19, apresenta algumas metodologias para dimensionamento do reservatório, como os métodos de Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano.

Os métodos de dimensionamento recomendados pela NBR 15527/07 (ABNT, 2007) apresentam algumas limitações, visto que para os métodos de Rippl, Simulação e Prático Australiano, o dimensionamento pode não ser possível, caso a demanda de água pluvial for muito maior que o volume mensal captado, inclusive para a situação contrária, ou seja, quando o volume mensal captado for muito maior que a demanda, principalmente quando não houver períodos de seca (GIACCHINI, 2016; RUPP, MUNARIM e GHISI, 2011).

O método utilizado pelo programa Netuno (GHISI e CORDOVA, 2014), e validado por Rocha (2009), se ajusta em função do regime de precipitação e da demanda de água pluvial, fornecendo diversas simulações de volume do reservatório. O dimensionamento do reservatório utiliza como dados de entrada a precipitação diária (mm), descarte de escoamento inicial (mm), área de captação (m²), demanda total de água (litros per capita/dia), número de moradores, demanda de água pluvial (% da demanda total a ser substituída por água pluvial) e coeficiente

de escoamento superficial (Runoff). Os resultados obtidos fornecem o potencial de economia de água potável com base no volume de água pluvial consumido e na demanda total de água.

3.4 POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

O potencial de aproveitamento de água da chuva depende do coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de Runoff, que está relacionado ao acabamento e composição do telhado e representa a razão entre a água que escoar superficialmente pela área de captação e a água total precipitada, da eficiência do sistema de aproveitamento, considerando o dispositivo de descarte das águas iniciais, da área de captação, intensidade pluviométrica e demanda de água não potável (RIBEIRO e MARINOSKI, 2020; LEUCK, 2008).

A Equação 2 representa o potencial de água que o telhado pode captar para aproveitamento (ABNT, 2019a). Esta equação considera a eficiência da captação da água da chuva e do sistema de aproveitamento.

$$V_{disp} = P \times A \times C \times \eta / 1000 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

V_{disp} : Volume mensal de chuva que poderia ser captado ($m^3/mês$);

P: Precipitação média mensal ($mm/mês$);

A: Área total de captação (m^2);

C: Coeficiente de Escoamento (Runoff) (adimensional);

η : eficiência do sistema de captação, considerando o dispositivo de descarte de sólidos e desvio da água inicial (adimensional).

3.5 ANÁLISE DO INVESTIMENTO

Para avaliar a viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, é necessário verificar os benefícios gerados por esse sistema e se eles irão compensar os custos de implantação e operação do sistema. O método adotado para realizar a avaliação

econômica é o Valor Presente Líquido (VPL), que consiste na soma dos fluxos da economia gerado pelo sistema de aproveitamento de água da chuva (descontados a uma determinada taxa de juros), com a finalidade de subtrair esse valor do investimento inicial da instalação do sistema de aproveitamento (PUCCINI, 2000). O cálculo do VPL é realizado conforme Equação 3:

$$VPL = \left(\sum_{t=1}^n \frac{FCt}{(1+TMA)^t} \right) - CI \quad \text{Equação 3}$$

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 sistema, em R\$;

TMA = Taxa Mínima de Atratividade, em %.

A TMA adotada neste estudo foi de 5,43% ao ano, referente ao rendimento da caderneta de poupança, vigente em novembro de 2021 (ESTADÃO, 2021; BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2021). A vida útil do sistema foi considerada para um período de 20 anos.

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Porto Alegre, situado no estado do Rio Grande do Sul. A cidade possui área territorial de 495,4 km², com população estimada em 2020, de 1.488.252 habitantes. O clima é caracterizado como subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (ausência de estação seca) e estações bem definidas, com verões quentes e invernos frios. Pela classificação climática de Köppen, o clima subtropical úmido apresenta temperaturas médias do mês mais quente acima de 22 °C (MENEGAT et al, 1998; IBGE, 2020).

A área de estudo é um condomínio residencial, localizado no bairro Sarandi, zona norte de Porto Alegre. O condomínio apresenta 105 unidades habitacionais, piscina, salão de festas, guarita, área de lazer, praça e quadra poliesportiva, totalizando 28.015,21 m² de área total, conforme mapa urbanístico apresentado no Anexo I. As unidades habitacionais variam de 152 m² até 413 m² de área total.

Utilizou-se como referência para a elaboração do dimensionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva os dados construtivos de uma edificação padrão do condomínio. A edificação foi construída em 2008 e possui três andares, pátio dos fundos com jardim, três dormitórios, três banheiros e garagem, conforme planta baixa apresentada no Anexo II. Apresenta 192 m² de área total de terreno, 208 m² de área útil, 62 m² de área de jardim e aproximadamente 110 m² de área de captação (telhado). A área de jardim representa 32% da área total do terreno da residência, enquanto que a área do telhado representa 57% da área total, essa proporção será considerada fixa para todas as residências do condomínio.

As unidades habitacionais do condomínio foram divididas em 3 tipologias, para melhor análise e comparação, sendo elas:

R1: Residências com área total entre 152 m² e 171 m²;

R2: Residências com área total entre 180 m² e 219 m²;

R3: Residências com área total entre 226 m² e 413 m².

Os dados quantitativos de área de cada unidade habitacional são apresentados no Anexo III. As características principais de cada tipologia são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Principais características de cada tipologia

Tipologia	Quantidade de unidades habitacionais	Área média total das residências (m ²)	Área média dos telhados (m ²)	Área média do jardim (m ²)
R1	15	163	93	52
R2	75	200	114	64
R3	15	265	151	85

Fonte: O autor.

4.2 HABITANTES POR RESIDÊNCIA

Com o intuito de comparar cenários de viabilidade econômica de implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva, serão considerados diferentes números de habitantes para cada tipologia. Para isso, serão utilizados os dados relativos à distribuição de habitantes por residência no estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2015), projetados para o condomínio em estudo, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Número de habitantes por residência

Nº de habitantes por residência	Residências do Rio Grande do Sul (nº absoluto*) (IBGE, 2015)	Rio Grande do Sul (%) (IBGE, 2015)	Nº de residências no Condomínio	Nº de habitantes no Condomínio
1	1.665	16%	17	17
2	3.073	30%	31	62
3	2.822	27%	28	84
4	1.870	18%	19	76
5	664	6%	7	35
6	206	2%	2	12
7	75	1%	1	7
Total	10.417	100%	105	293

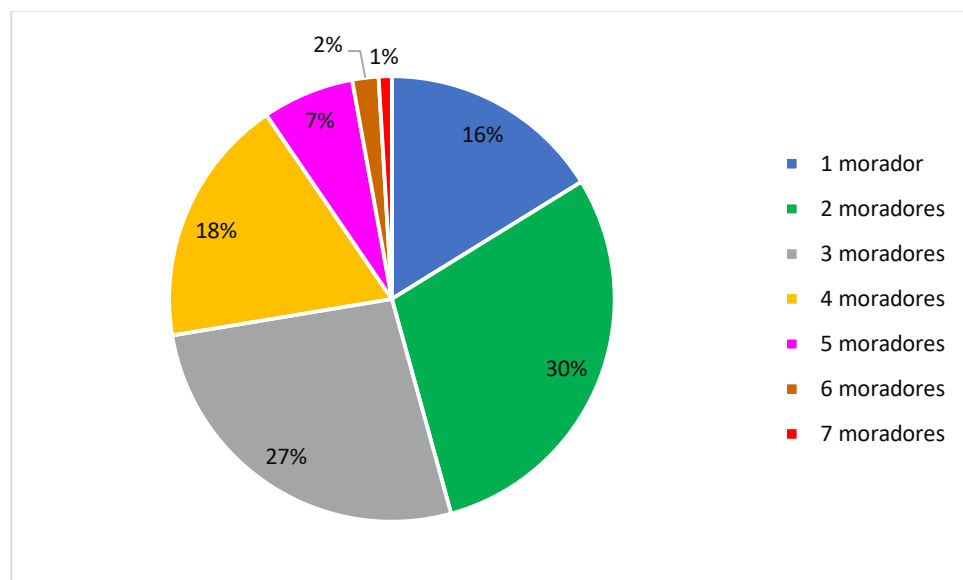
Fonte: O autor.

* Número absoluto em 1.000 domicílios

Isto significa dizer que, no condomínio, 28 residências são habitadas por três moradores, enquanto que apenas uma residência é habitada por sete moradores, sendo estimado em 293 o número total de habitantes do condomínio.

A distribuição de habitantes por tipologia no condomínio seguiu algumas considerações para cada tipologia. Sendo elas: Residências de tipologia R1, terão o número máximo de cinco moradores por habitação, dadas as suas dimensões reduzidas. Já as residências de tipologia R3, possuirão o número mínimo de três moradores, visto que são as maiores residências do condomínio. A Figura 5 detalha as percentagens relativas ao número de pessoas por unidade habitacional.

Figura 5 – Porcentagem relativa ao número de pessoas por residência



Fonte: O autor.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA

Os dados de demanda foram obtidos através do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) e do Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre (DMAE). Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (SNIS, 2019), o consumo médio per capita de água, para a cidade de Porto Alegre/RS, no ano de 2019 foi de 216,4 L/hab.dia. No

relatório de Dados Gerais (DMAE, 2016), tem-se que o consumo médio por pessoa, no ano de 2016, foi de 144,4 L/hab.dia. O consumo médio das residências do condomínio foi determinado com base na média entre os valores de consumo per capita obtido nas diferentes fontes, ou seja, 180,4 L/hab.dia.

O consumo de água para fins não potáveis foi calculado a partir da Tabela 6. Admitiu-se que a água da chuva captada e armazenada será utilizada para usos menos nobres na edificação, como para a rega de jardins, lavagem das áreas externas (pátio), lavagem de veículos, além da utilização da água para descargas nas bacias sanitárias.

Tabela 6 - Consumo de água para fins não potáveis

Demanda interna de água não potável		
Usos da água	Consumo	Frequência
Bacia Sanitária	6 L/descarga	5 descargas/hab.dia
Demanda externa de água não potável		
Usos da água	Consumo	Frequência
Rega de gramado ou jardim	2 L/dia.m ²	12 regas/mês
Lavagem de veículos	150 L/lavagem.carro	2 lavagens/mês
Limpeza pátio	50 L/dia	8 vezes/mês

Fonte: Adaptado Tomaz (2010).

Segundo Tomaz (2010), o número médio de utilização de bacias sanitárias por pessoa é de 5 vezes por dia. Considerando que as bacias sanitárias tenham o gasto fixo máximo de 6 litros por descarga, valor normalizado pela NBR 16727-1/19 (ABNT, 2019d), temos que o consumo diário por habitante é de 30 litros.

Segundo dados do Detran (DETRAN, 2021), em Porto Alegre/RS há em média 0,4 veículos por habitante. Portanto o consumo de água não potável para lavagem de veículos foi estimado em 120 L/hab.mês.

A Equação 4 apresenta o cálculo do consumo total de água não potável.

$$CE = (Cs \times Fs \times 30 \times H) + (Cj \times Fj \times Aj) + (Cc \times Fc \times Mc \times H) + (Cl \times Fl) \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

CE: Consumo médio estimado de água não potável em L/mês

Cs: Consumo da bacia sanitária (L/descarga)

Fs: Frequência de uso da bacia sanitária (descarga/hab.dia)

H: Número de habitantes por residência

Cj: Consumo por rega de jardim (L/dia.m²)

Fj: Frequência rega de jardim (dia/mês)

Aj: Área do jardim (m²)

Cc: Consumo por lavagem de veículo (L/lavagem.veículo)

Fc: Frequência da lavagem do veículo (lavagem/mês)

Mc: Média de carros por habitante (veículo/hab)

Cl: Consumo para limpeza do jardim/área externa (L/dia)

Fl: Frequência da limpeza do jardim/área externa (dia/mês)

4.4 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

De acordo com a NBR 15527/19 (ABNT, 2019a), para o cálculo do volume de água de chuva aproveitável, deve-se utilizar a precipitação média anual, mensal ou diária. Para a elaboração desse trabalho, utilizaram-se os dados diários obtidos pelo banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). A estação operante utilizada foi a de Porto Alegre – RS, código 83967, localizada pela latitude -30,053611°, e longitude - 51,174722°, altitude de 41,18 m (INMET, 2021). Os dados coletados são referentes às medições diárias de precipitação entre os anos de 1990 e 2020, e durante esse período não demonstraram falha de dados. Por meio dos dados coletados, pôde-se determinar a precipitação média mensal e anual para o município de Porto Alegre – RS. O período de 30 anos de série temporal de precipitação é considerado representativo no estudo da caracterização pluviométrica da região (GERALDI, 2017; OMM, 1989).

As séries históricas mensais são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Índice pluviométrico da estação meteorológica de Porto Alegre (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1990	64,0	164,2	108,0	195,5	53,6	112,9	47,9	20,8	232,6	245,5	219,6	152,5	1.617,1
1991	55,1	82,1	61,4	210,3	32,9	103,4	180,3	114,4	59,8	89,3	67,1	124,9	1.181,0
1992	166,6	87,1	197,2	166,0	79,6	118,4	227,5	67,0	199,0	95,4	51,4	69,0	1.524,2
1993	165,7	106,6	71,6	34,7	184,9	102,7	198,3	36,8	72,2	147,8	175,1	198,3	1.494,7
1994	74,2	251,0	139,6	155,9	140,8	132,4	180,2	147,9	38,3	228,6	77,8	103,9	1.670,6
1995	87,7	85,5	59,8	85,0	64,9	181,4	249,1	152,7	184,6	87,7	56,4	136,7	1.431,5
1996	179,4	87,0	88,1	74,4	10,3	158,1	24,7	156,7	155,3	186,2	93,7	111,5	1.325,4
1997	102,1	126,0	48,8	63,3	63,7	171,8	103,5	185,0	52,9	266,2	121,5	197,0	1.501,8
1998	134,2	128,1	147,7	101,5	153,9	48,9	236,9	146,3	137,5	44,4	47,4	134,6	1.461,4
1999	100,6	80,4	53,0	162,2	110,9	152,1	168,9	71,6	107,9	115,8	108,6	65,1	1.297,1
2000	41,3	108,4	107,9	141,2	129,6	231,9	123,1	93,9	240,2	141,6	141,2	72,0	1.572,3
2001	237,7	102,5	122,2	294,9	44,5	98,5	194,5	32,6	159,0	143,1	182,7	76,5	1.688,7
2002	72,4	83,0	152,2	139,4	151,8	178,8	186,6	154,3	167,8	177,5	117,5	137,2	1.718,5
2003	130,9	199,2	108,2	88,9	46,0	167,0	159,1	57,8	56,2	190,2	137,2	185,0	1.525,7
2004	58,1	87,0	27,4	64,9	186,7	102,7	141,8	71,5	193,3	76,2	117,6	33,7	1.160,9
2005	145,8	155,9	56,0	41,0	28,8	57,7	34,7	153,7	141,3	79,3	271,1	164,3	1.329,6
2006	17,6	84,1	136,0	88,9	174,2	67,5	66,7	171,8	81,2	118,4	38,6	99,6	1.144,6
2007	38,9	149,1	89,0	167,5	89,0	178,6	235,7	134,9	108,9	132,3	70,0	174,9	1.568,8
2008	125,2	121,9	120,6	72,1	105,0	138,4	124,8	220,7	75,1	21,8	219,5	156,5	1.501,6
2009	31,0	264,5	143,8	111,4	169,6	57,2	57,1	106,1	72,6	287,6	125,0	293,7	1.719,6
2010	71,6	95,5	92,9	110,9	173,7	170,2	204,6	119,9	103,1	72,1	57,8	180,8	1.453,1
2011	172,7	182,3	52,1	119,5	135,7	225,7	109,6	50,1	83,1	13,7	123,7	53,0	1.321,2
2012	77,1	93,6	196,0	139,5	166,0	144,9	31,9	35,7	122,7	26,0	121,1	273,7	1.428,2
2013	108,9	247,4	76,6	112,8	106,1	115,9	100,7	65,3	78,0	184,6	131,8	135,3	1.463,4
2014	83,5	129,1	172,2	147,7	76,8	253,5	228,6	71,0	126,4	101,9	185,3	154,2	1.730,2
2015	72,5	108,9	95,5	95,0	160,4	309,2	170,0	136,0	52,9	123,7	307,3	184,0	1.815,4
2016	215,9	98,8	128,2	138,6	109,4	150,7	6,8	72,5	302,4	103,9	191,6	90,6	1.609,4
2017	114,9	105,9	153,5	50,5	197,1	18,7	196,9	184,5	165,6	137,9	290,4	164,7	1.780,6
2018	103,3	123,0	61,6	119,1	150,0	186,5	149,8	88,2	99,4	125,3	91,0	168,0	1.465,2
2019	241,1	77,4	19,1	111,1	101,1	158,3	44,4	245,1	78,2	90,9	280,1	91,9	1.538,7
2020	27,9	78,0	123,3	84,7	72,8	298,7	201,6	127,7	22,9	51,0	102,1	224,5	1.415,2
Média	107,0	125,6	103,5	119,0	111,9	148,2	141,5	112,7	121,6	126,0	139,4	142,2	1.498,6

Fonte: INMET, 2021.

4.5 DESCARTE DAS PRIMEIRAS ÁGUAS

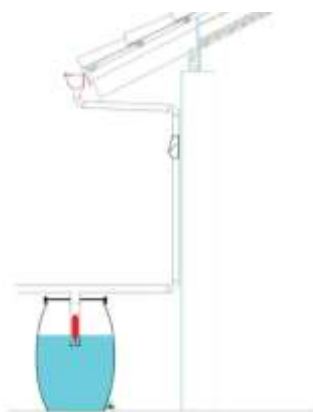
A primeira chuva que precipita em cada evento pluviométrico é aquela que lava a cobertura ou área de captação (telhado), transportando grande parte das impurezas depositadas sobre esta, como fuligem provinda dos automóveis, poeira e matéria orgânica como folhas e dejetos de aves. Portanto é recomendado que se utilize um equipamento para descarte dessas águas de qualidade inferior, para melhorar a qualidade da água utilizada no sistema de aproveitamento de água da chuva.

A NBR 15527/19 (ABNT, 2019a) recomenda que o projetista utilize um dispositivo automático de descarte de 2 mm de precipitação inicial, caso não tenha dados em que possa analisar a qualidade da água da chuva e o tipo e estado do material da cobertura de captação para seu dimensionamento.

O dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos das chuvas deve ser suficiente para desviar a parcela de volume de chuva que se quer reter, carregando poeira, fuligem e compostos solúveis indesejáveis e armazenando-os num reservatório para posterior descarte do mesmo (LAMBERTS *et al*, 2010).

O dispositivo de descarte que será utilizado consiste em bombonas variando seu volume entre, 190 L, 230 L e 300 L, para as tipologias R1, R2 e R3, respectivamente. Na medida em que este reservatório recebe água, elevando o seu nível, uma pequena boia sobe acompanhando o nível da água. Quando o dispositivo de descarte está completamente cheio, a água é desviada para ser armazenada na cisterna, conforme demonstra a Figura 6.

Figura 6 – Dispositivo de descarte das primeiras águas



Fonte: LAMBERTS *et al*, 2010.

4.6 ÁREA DE CAPTAÇÃO

De acordo com a NBR 15527/19 (ABNT, 2019a) a área de captação é dada pela projeção horizontal da superfície impermeável da cobertura onde a água será captada.

No presente estudo, apenas os telhados contribuem para o sistema de captação de água da chuva. Através do software AutoCAD e das plantas de uma edificação padrão do condomínio (Anexo II), foi possível delimitar a área de captação de uma residência padrão do condomínio. A área de captação para esta residência foi estimada em aproximadamente 110 m² de projeção horizontal, o que representa 57% da área desta unidade habitacional, dado que sua área total é de 190 m². A proporção de 57% de área do telhado por área total foi considerada fixa para as demais unidades habitacionais.

4.7 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

A NBR 15527/19 (ABNT, 2019a) não exige a utilização de um método específico para o dimensionamento de reservatórios de água pluvial, apenas sua norma antecessora, NBR 15527/07 (ABNT, 2007), apresenta alguns métodos que podem ser utilizados: de Rippl, da Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano. A escolha do método deve ser feita pelo projetista com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais, devendo ser justificada.

Também é possível utilizar uma ferramenta computacional para o dimensionamento do reservatório de forma mais ágil e automatizada, o programa Netuno (GHISI e CORDOVA, 2014). Um programa computacional utilizado para simulações de sistemas de captação de águas pluviais, desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. O Netuno, além de poder considerar o reservatório superior no sistema de aproveitamento de água da chuva, e dimensionar o reservatório inferior, pode apresentar como resultados: o potencial de economia de água potável, demanda de água pluvial completamente atendida, parcialmente atendida e não atendida, volume de água pluvial extravasado, análises econômicas do sistema considerando o custo do metro cúbico da água potável, entre outros fatores. No presente estudo, o Netuno foi utilizado como método comparativo de dimensionamento do volume do reservatório.

Os dados de entrada do programa são: dados diários de precipitação, descarte do escoamento inicial, área de captação, demanda total de água, percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial e coeficiente de escoamento superficial.

Segundo Rezende e Tecedor (2017) o dimensionamento adequado do reservatório de armazenamento de águas pluviais deve ter capacidade volumétrica capaz de atender a maior demanda possível com o menor custo, visto que reservatórios superdimensionados geram gastos desnecessários. O reservatório de um sistema de aproveitamento de água de chuva não deve permanecer ocioso por longo período, assim como não provocar o desperdício de água pluvial em detrimento ao atendimento da demanda necessária.

4.8 COBRANÇA DE ÁGUA

A cobrança dos serviços de água e esgoto no município de Porto Alegre é dividida em três faixas de consumo (PORTO ALEGRE, 2021a).

Faixa 1 - Consumos mensais de até 20 m³ de água, são calculados segundo a equação 5:

$$CMA = PB \times C/E \times E \quad \text{Equação 5}$$

Faixa 2 - Consumos mensais entre 20 m³ e 1.000 m³, são calculados segundo a equação 6:

$$CMA = \left(PB \times 0,2711 \times (C/E)^{1,43577} \right) \times E \quad \text{Equação 6}$$

Faixa 3 - Consumos mensais acima de 1.000 m³, são calculados segundo a equação 7:

$$CMA = PB \times (C/E) \times 5,5 \times E \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

CMA = custo mensal de água

CME = custo mensal de esgoto

PB = preço básico (R\$/m³), definido pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre

C = consumo mensal de água (m³)

E = número de economias

O preço básico é definido pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre, e em julho de 2021 a mesma atualizou o metro cúbico residencial em R\$ 4,09/m³. Uma das menores tarifas do país, dado que os clientes da CORSAN do Rio Grande do Sul pagam R\$ 6,67 pelo metro cúbico de água; a COMUSA de Novo Hamburgo aplica R\$ 5,20; a COPASA de Belo Horizonte, R\$ 6,94; e a SABESP de São Paulo, R\$ 4,54 (PORTO ALEGRE, 2021b; ASSEMAE, 2021).

A conta consumo do DMAE (PORTO ALEGRE, 2021a) considera inclusive a cobrança relativa ao serviço de retirada e tratamento de esgotos, e tem seu valor calculado a partir do consumo de água, sendo representado pela Equação 8.

$$CME = PB \times C \times 0,8 \quad \text{Equação 8}$$

4.9 VIABILIDADE ECONÔMICA

O estudo da viabilidade econômica para implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva foi realizado considerando os custos de implantação do sistema e a economia gerada, sendo analisada através do método de Valor Presente Líquido (VPL). Para os custos de implantação, foram consideradas as despesas com materiais, equipamentos e mão de obra.

A estimativa de preço para os materiais e equipamentos foi realizada através de pesquisa de preço nas principais lojas de varejo. Para o preço da mão de obra foi utilizado como referência o SINAPI (2021) para o Rio Grande do Sul, em junho de 2021. Os custos das tubulações e conexões foram estimados em 15% do valor total da implantação do sistema, conforme recomendado por Ferreira (2005) e Dalsenter (2016), visto que para cada unidade habitacional haverá uma disposição diferente desses itens após instalação do SAAP (Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial).

A motobomba foi selecionada de forma a atender todos os casos apresentados, ou seja, tipologia e número de moradores. De acordo com os modelos disponíveis no mercado, a motobomba de ½ CV de potência atende os requisitos de altura de sucção, altura de recalque, vazão desejada e comprimento da tubulação para as residências consideradas no estudo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CONSUMO DE ÁGUA

Com a finalidade de comparar cenários de consumo de água não potável e a viabilidade econômica da implantação de sistema de aproveitamento de águas pluviais, serão avaliados diferentes números de moradores por tipologia de residência (R1, R2 e R3).

Partindo do consumo per capita de 180,4 L/hab.dia (obtido no item 4.2), da demanda de 30 L/hab.dia da bacia sanitária, da quantidade de 0,4 veículos por pessoa, e da área de jardim para cada tipologia, é possível definir as demandas mensais e anuais, de água não potável, para diferentes cenários de tipologias e quantidades de moradores.

O cálculo do consumo total de água não potável seguiu a Equação 4, e seus resultados são apresentados nas Tabelas 8, 9 e 10, para as tipologias R1, R2 e R3, respectivamente.

Tabela 8 – Consumo mensal de água da tipologia R1 (m³/mês)

Moradores	Consumo total de água	Consumo sanitários	Consumo lavagem pátio	Consumo lavagem veículos	Consumo rega jardim	Consumo total de água não potável
1	5,40	0,90	0,40	0,12	1,25	2,67
2	10,80	1,80	0,40	0,24	1,25	3,69
3	16,20	2,70	0,40	0,36	1,25	4,71
4	21,60	3,60	0,40	0,48	1,25	5,73
5	27,00	4,50	0,40	0,60	1,25	6,75

Fonte: O autor.

Tabela 9 – Consumo mensal de água da tipologia R2 (m³/mês)

Moradores	Consumo total de água	Consumo sanitários	Consumo lavagem pátio	Consumo lavagem veículos	Consumo rega jardim	Consumo total de água não potável
1	5,40	0,90	0,40	0,12	1,54	2,96
2	10,80	1,80	0,40	0,24	1,54	3,98
3	16,20	2,70	0,40	0,36	1,54	5,00
4	21,60	3,60	0,40	0,48	1,54	6,02
5	27,00	4,50	0,40	0,60	1,54	7,04
6	32,40	5,40	0,40	0,72	1,54	8,06
7	37,80	6,30	0,40	0,84	1,54	9,08

Fonte: O autor.

Tabela 10 – Consumo mensal de água da tipologia R3 (m³/mês)

Moradores	Consumo total de água	Consumo sanitários	Consumo lavagem pátio	Consumo lavagem veículos	Consumo rega jardim	Consumo total de água não potável
3	16,20	2,70	0,40	0,36	2,04	5,50
4	21,60	3,60	0,40	0,48	2,04	6,52
5	27,00	4,50	0,40	0,60	2,04	7,54
6	32,40	5,40	0,40	0,72	2,04	8,56
7	37,80	6,30	0,40	0,84	2,04	9,58

Fonte: O autor.

5.2 ÁREA DE CAPTAÇÃO

A área de captação foi calculada para cada tipologia de residência (R1, R2 e R3). Utilizou-se como referência, a área de captação de uma residência modelo padrão do condomínio, a qual possui 192 m² de área total, e aproximadamente 110 m² de área de telhado, conforme planta apresentada no Anexo II. Foi considerada a mesma proporção entre área total

e área do telhado, para as demais unidades habitacionais, ou seja, o telhado representa 57% da área total da residência.

A área média total das residências foi calculada através da média ponderada, considerando a área total da unidade habitacional e a quantidade de unidades habitacionais com essa metragem. O Anexo III apresenta a tabela dos quantitativos das unidades habitacionais, conforme dados do mapa urbanístico do condomínio.

O volume de água da chuva que pode ser aproveitado foi calculado segundo a Equação 2, sendo considerado um aproveitamento de 76,5% da água da chuva que cai no telhado, ao utilizar o valor 0,90 para coeficiente de Runoff, para telhados de fibrocimento, conforme apresentada na Tabela 3 e 0,85 para η (TOMAZ, 2010). Na Tabela 11 é apresentado a área média de captação e o volume médio de água da chuva captada para cada tipologia habitacional.

Tabela 11 – Área média e volume de água pluvial captado por tipologia

Tipologia da residência	Área média de captação (m ²)	Volume médio de água pluvial captado (m ³ /mês)	Volume médio de água pluvial captado (m ³ /ano)
R1	93	8,89	106,68
R2	114	10,90	130,80
R3	151	14,43	173,16

Fonte: O autor.

5.3 PORCENTAGEM DE SUBSTITUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL POR PLUVIAL

A partir dos dados de usos finais da água na edificação é possível definir a porcentagem de água potável que pode ser suprida por água pluvial. Foi definido que os aparelhos que podem substituir o uso de água potável por pluvial são as bacias sanitárias, e as torneiras externas, visando a lavagem de veículos, lavagem do pátio e rega do jardim. A porcentagem de substituição considera o consumo total de água não potável, para esses fins, e o consumo total da água na residência.

Os valores de consumo de água total e não potável foram calculados no item 5.1, e o volume de água captado no item 5.2. Utilizando os dados de consumo de água foi possível obter

a porcentagem da substituição de água potável por pluvial. Os valores de substituição são apresentados nas Tabelas 12, 13 e 14, para as tipologias R1, R2 e R3, respectivamente.

Tabela 12 – Porcentagem de substituição de água potável da tipologia R1

Moradores	Consumo total de água (m ³ /mês)	Consumo total de água não potável (m ³ /mês)	Volume médio de água pluvial captado (m ³ /mês)	Substituição de água potável por pluvial (%)
1	5,40	2,67		49,5
2	10,80	3,69		34,2
3	16,20	4,71	8,89	29,1
4	21,60	5,73		26,5
5	27,00	6,75		25,0

Fonte: O autor.

Tabela 13 – Porcentagem de substituição de água potável da tipologia R2

Moradores	Consumo total de água (m ³ /mês)	Consumo total de água não potável (m ³ /mês)	Volume médio de água pluvial captado (m ³ /mês)	Substituição de água potável por pluvial (%)
1	5,40	2,96		54,7
2	10,80	3,98		36,8
3	16,20	5,00		30,8
4	21,60	6,02	10,90	27,9
5	27,00	7,04		26,1
6	32,40	8,06		24,9
7	37,80	9,08		24,0

Fonte: O autor.

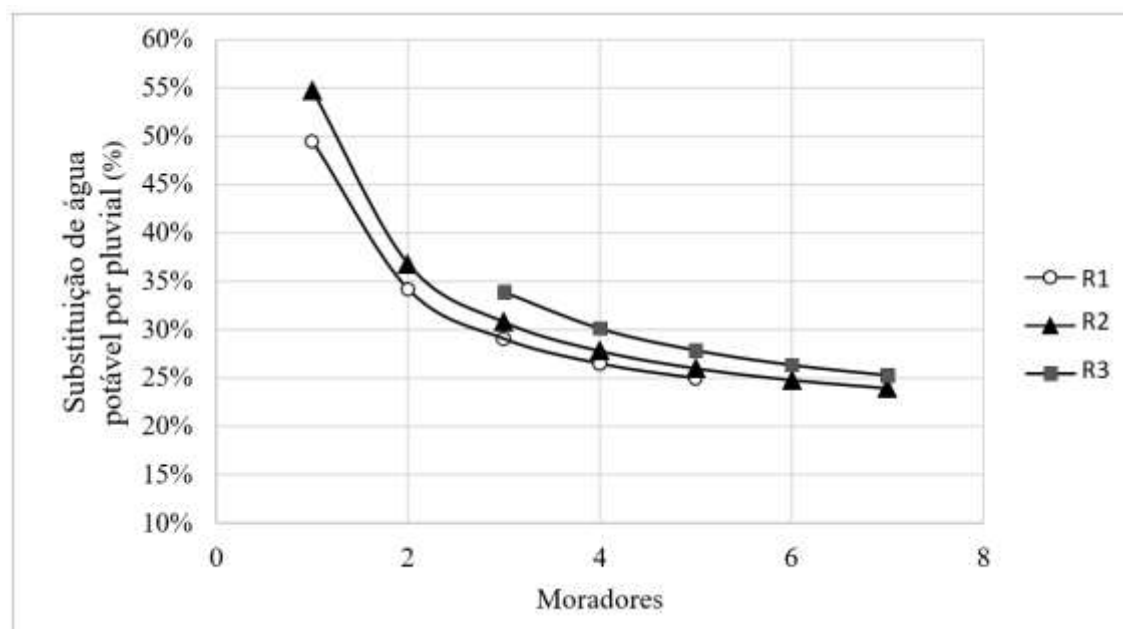
Tabela 14 – Porcentagem de substituição de água potável da tipologia R3

Moradores	Consumo total de água (m ³ /mês)	Consumo total de água não potável (m ³ /mês)	Volume médio de água pluvial captado (m ³ /mês)	Substituição de água potável por pluvial (%)
3	16,20	5,50		33,9
4	21,60	6,52		30,2
5	27,00	7,54	14,43	27,9
6	32,40	8,56		26,4
7	37,80	9,58		25,3

Fonte: O autor.

A Figura 7 apresenta a relação simplificada entre a porcentagem de substituição de água potável por pluvial para cada tipologia e número de moradores. Percebe-se que as residências de tipologia R3 apresentam maior substituição de água potável por pluvial, já que possuem maior demanda de água não potável, devido a possuírem maior área irrigável do jardim.

Figura 7 – Relação entre a substituição de água potável por pluvial, número de moradores por residência e tipologia



Fonte: O autor.

De acordo com os dados observados, o aproveitamento de água pluvial é viável devido ao significativo índice pluviométrico anual e mensal na região, atendendo à demanda de água não potável em todos os casos.

A porcentagem de substituição de água potável por pluvial é um fator fundamental para a utilização do programa Netuno, visto que é utilizado como dado de entrada para o dimensionamento do reservatório.

5.4 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO

No caso deste projeto, o armazenamento será composto por dois reservatórios. O reservatório inferior receberá água pluvial por gravidade do sistema de captação, enquanto que o reservatório superior receberá a água através do sistema de bombeamento.

Para a determinação do volume do reservatório inferior, utilizou-se o programa computacional Netuno, proposto por Ghisi e Cordova (2014). Para viabilizar a simulação do sistema de captação de água de chuva, por meio do programa Netuno, é necessário que se insira uma base histórica de precipitação mensal. Essa série histórica foi catalogada no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021) e utilizou-se do período de 30 anos, 1990 a 2020. Os dados de entrada são apresentados na Tabela 15. A área de captação, número de moradores e percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial são dados de entrada dinâmicos, variando para cada caso, ao passo que os demais são fixos.

Tabela 15 - Dados de entrada no programa computacional Netuno

Parâmetro	Dados de entrada	
Dados pluviométricos diários	01/01/1990 até 31/12/2020	
Descarte escoamento inicial (mm)	2	
Área de captação (m ²)	93; 114; 151 – Conforme tipologia	
Demanda de total de água (Litros per capita / dia)	180	
Número de moradores	1 a 7 – Conforme item 5.3	
Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial (%)	Conforme item 5.3	
Coefficiente de escoamento superficial	0,9	
Reservatório superior (L)	500	
Intervalo da simulação	Volume máximo (L)	15.000
	Intervalo entre volumes (L)	500
Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m ³)	10	

Fonte: O autor.

Na Figura 8 é apresentada a interface do programa Netuno com os dados de entrada utilizados para fornecer o volume ideal, neste caso para a tipologia R2, com dois moradores. Considerou-se que o volume do reservatório superior, de água pluvial, teria seu valor fixado em 500 L, de modo a atender o consumo da edificação de no mínimo 24 h, conforme recomendado pela NBR 5626/20 (ABNT, 2020a).

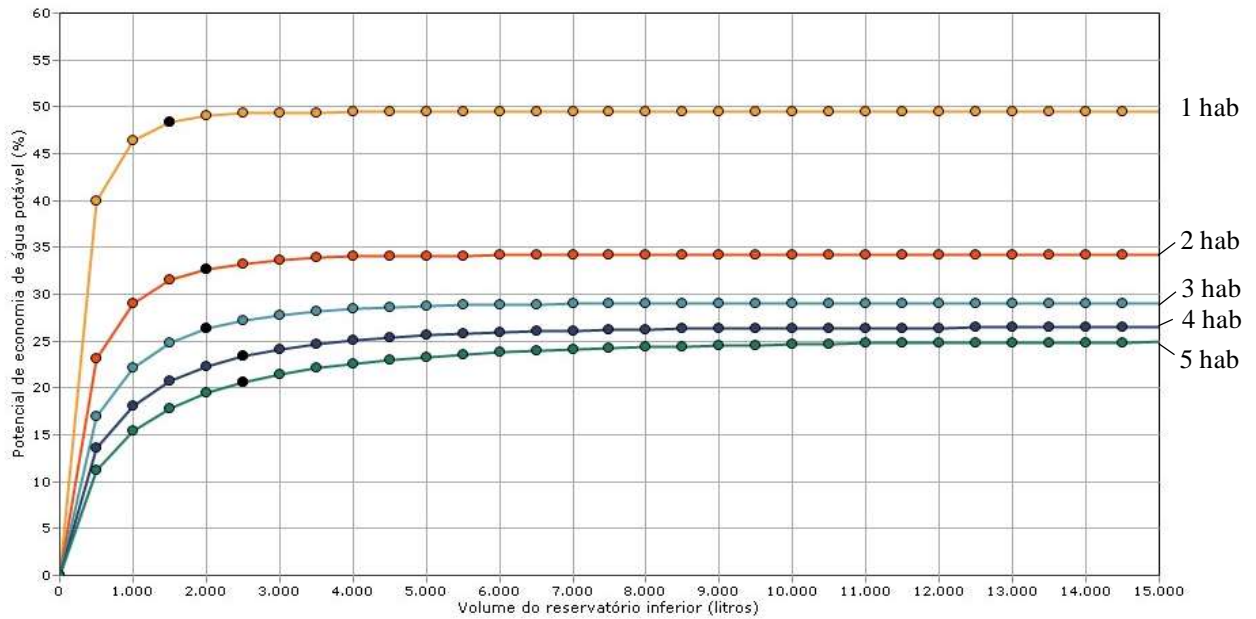
Figura 8 – Interface do programa Netuno, para tipologia R2 com 2 moradores

The image shows the Netuno 4 software interface. The main window has a menu bar with 'Simulação', 'Ajuda', 'Citação', 'Validação', and 'Sobre'. Below the menu is a 'Carregar simulação previamente salva' button. A table shows simulation data: 'Carregar dados de precipitação' (to_netuno_correct), 'Número de registros' (11323), 'Data inicial (dd/MM/yyyy)' (01/01/1990), and 'Descarte escoamento inicial (mm)' (2). Below this are input fields for 'Área de captação (m²)' (114), 'Demanda total de água (litros per capita/dia)' (180), 'Número de moradores' (2), 'Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial' (36,8), and 'Coeficiente de escoamento superficial' (0,9). An 'Observações' text area is at the bottom left. The 'Reservatório superior' dialog box is open, showing options for 'Reservatório superior' (Volume igual à demanda diária média de água pluvial, Entrar com volume desejado, Não utilizar reservatório superior), 'Volume do reservatório superior (litros)' (500), 'Volume no reservatório superior abaixo do qual há recalque (litros)' (0), and 'Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque' (0). The dialog also has a 'Concluir' button.

Fonte: Software Netuno, 2021.

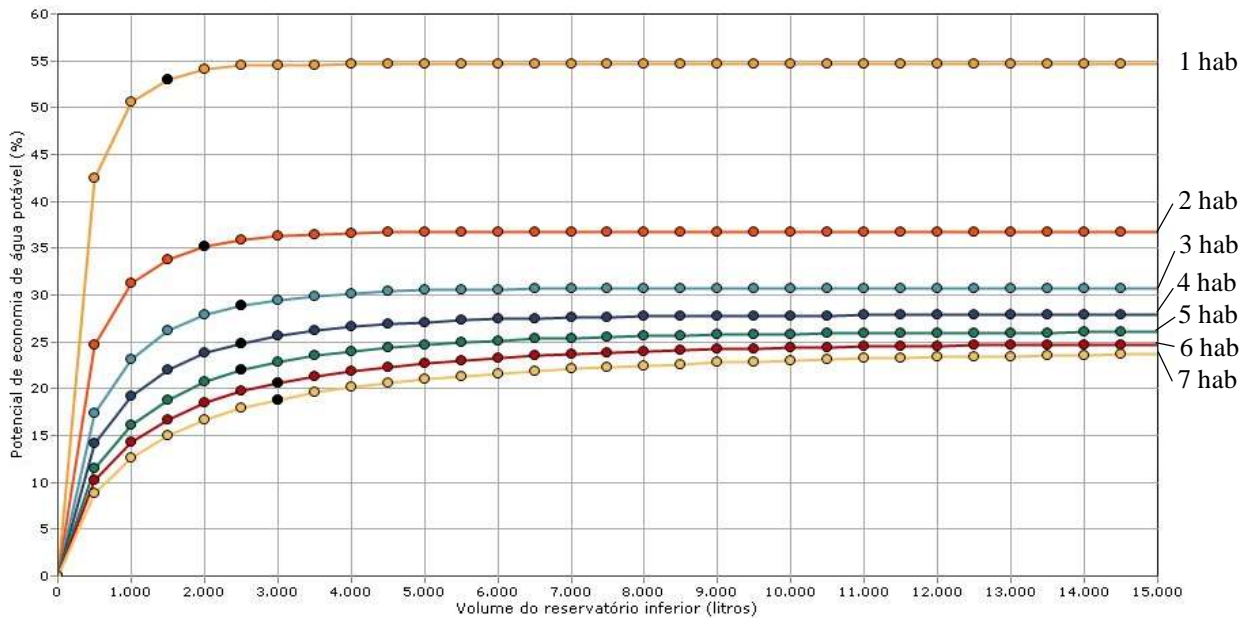
As Figuras 9, 10 e 11 apresentam a relação entre o potencial de economia de água (%) e o volume do reservatório inferior (litros) para as tipologias R1, R2 e R3, respectivamente, sendo destacado o volume ideal para cada tipologia e número de moradores. O volume ideal é definido devido à diferença de potencial mínima desejada.

Figura 9 – Relação entre potencial de economia de água e volume do reservatório inferior para residências de tipologia R1



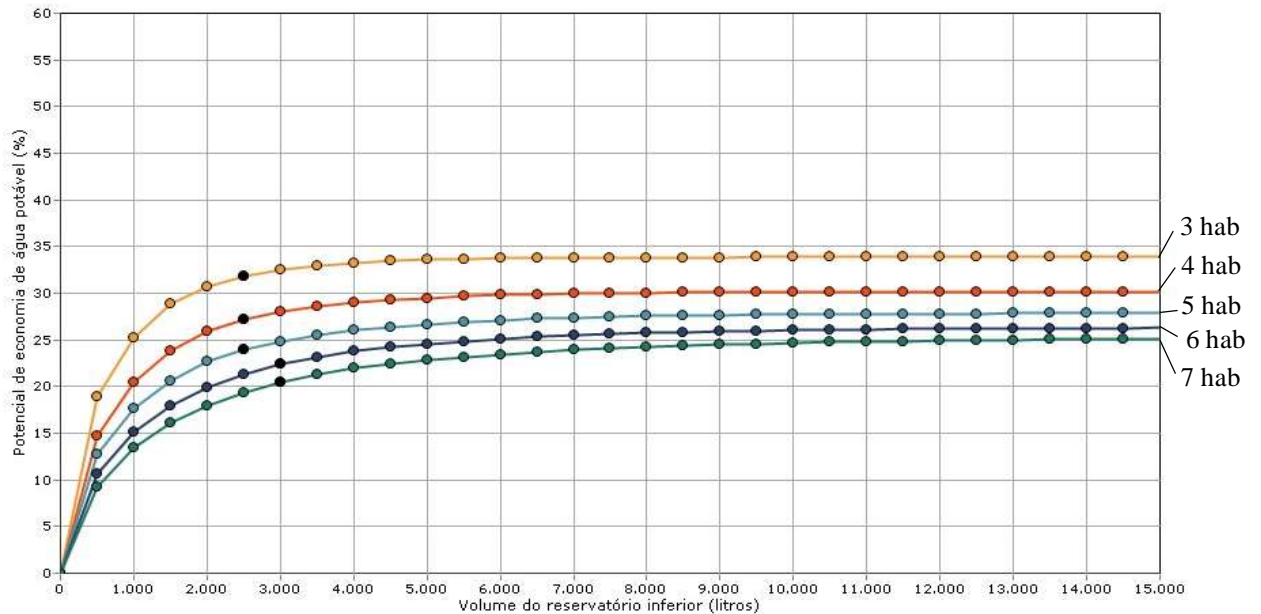
Fonte: Netuno, 2021.

Figura 10 – Relação entre potencial de economia de água e volume do reservatório inferior para residências de tipologia R2



Fonte: Netuno, 2021.

Figura 11 – Relação entre potencial de economia de água e volume do reservatório inferior para residências de tipologia R3



Fonte: Netuno, 2021.

Para determinar o volume ideal do reservatório em cada simulação, foi utilizada a diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial. Este parâmetro compara o potencial de economia dos diferentes volumes entre um intervalo escolhido. O intervalo considerado foi de 10%/m³, ou seja, através das simulações, determina-se o maior volume do reservatório até que a variação do aproveitamento pluvial seja menor que 10% para cada metro cúbico do reservatório, visando o não superdimensionamento, mantendo um custo-benefício aceitável, posto que não há um valor de referência para este parâmetro.

A Tabela 16 apresenta o volume ideal para cada tipologia e número de moradores, de acordo com o resultado fornecido pelo software Netuno (GHISI e CORDOVA, 2014) e seu volume adotado conforme reservatórios disponíveis. O volume calculado do maior reservatório foi de 3.000 L, ao passo que o menor reservatório foi de 1.500 L, para residências com apenas um morador. Considerando que não existem modelos disponíveis no mercado varejista para reservatórios de 1.500 L, foi adotado volume de 1.000 L para estes reservatórios, de forma a minimizar o tempo de retorno do investimento, dado que a demanda de água pluvial completamente atendida para este volume foi considerada satisfatória, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 16 – Volume ideal para o reservatório inferior (Netuno) e o adotado

Tipologia	Número de moradores	Volume do reservatório inferior dimensionado (L)	Volume do reservatório inferior adotado (L)
R1	1	1.500	1.000
	2	2.000	2.000
	3	2.000	2.000
	4	2.500	2.500
	5	2.500	2.500
R2	1	1.500	1.000
	2	2.000	2.000
	3	2.500	2.500
	4	2.500	2.500
	5	2.500	2.500
	6	3.000	3.000
	7	3.000	3.000
R3	3	2.500	2.500
	4	2.500	2.500
	5	2.500	2.500
	6	3.000	3.000
	7	3.000	3.000

Fonte: O autor.

A Tabela 17 apresenta o potencial de economia de água calculado pelo software Netuno e a porcentagem de dias no período de análise em que a demanda de água pluvial é atendida completamente, parcialmente e não atendida, de acordo com seu volume adotado.

Tabela 17 – Potencial de economia de água e do atendimento de água pluvial

Tipologia	nº habitantes	Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial (%)	Potencial de economia de água considerando o volume ideal (%)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Não atendido (%)
R1	1	49,5	48,4	92,98	1,41	5,61
	2	34,2	32,7	95,04	0,93	4,03
	3	29,1	26,3	89,28	2,14	8,58
	4	26,5	23,4	87,01	2,60	10,39
	5	25,0	20,7	80,65	3,91	15,44
R2	1	54,7	53,0	96,68	0,67	2,65
	2	36,8	35,2	94,99	1,01	4,00
	3	30,8	28,8	92,96	1,38	5,66
	4	27,9	24,9	87,95	2,38	9,67
	5	26,1	22,0	82,28	3,56	14,16
	6	24,9	20,7	80,80	3,97	15,23
	7	24,0	18,9	76,04	4,80	19,16
R3	3	33,9	31,8	93,07	1,38	5,55
	4	30,2	27,2	88,66	2,22	9,12
	5	27,9	24,0	84,13	3,21	12,66
	6	26,4	22,4	83,33	3,33	13,34
	7	25,3	20,5	78,45	4,53	17,02

Fonte: O autor.

O volume do reservatório inferior adotado para cada cenário atende em média 89% da demanda de água pluvial para as residências do condômino em estudo. Em média 87,3% da demanda de água não potável é atendida completamente, ou seja, cerca de 319 dias por ano; 2,6%, ou seja, 9 dias por ano o volume aproveitável de água pluvial não atende completamente a sua demanda; e em 37 dias (10,1%) o reservatório encontra-se vazio.

O reservatório de polietileno, Figura 12, é recomendado para ser utilizado no projeto, visto que apresenta todos os acessórios necessários para o funcionamento deste tipo de reservatório (sifão ladrão, freio d'água, conjunto de sucção). Deverão ser instalados no jardim,

enterrados próximo à residência, em que o transporte da água da chuva será por gravidade e a sua distribuição para o reservatório superior será por motobombas.

Figura 12 – Reservatório inferior



Fonte: Fortlev < <https://www.fortlev.com.br/> >.

5.5 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

Através da pesquisa de preços realizada nas principais lojas de varejo e nas planilhas de referência de preços unitários do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), referentes ao estado de Rio Grande do Sul (SINAPI, 2021), foi possível estimar o custo para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial para as unidades habitacionais.

As despesas da implementação do sistema consideraram os custos dos materiais e equipamentos, sendo eles o reservatório superior, reservatório inferior, dispositivo de descarte das primeiras águas, motobombas, tubulações e conexões, além da mão de obra empregada.

Considerando os aspectos arquitetônicos e funcionais das unidades habitacionais, optou-se por instalar os reservatórios enterrados, para não perder área útil do jardim. O sistema de aproveitamento de água da chuva consistirá em um reservatório superior, instalado ao lado da caixa de água potável, reservatório inferior enterrado, duas motobombas para direcionamento da água até o reservatório superior, dispositivo de descarte das primeiras águas e as tubulações e conexões.

O reservatório superior terá seu volume fixado em 500 L, dado que o dimensionamento a partir da demanda diária de água não potável seria de no máximo 319 litros por dia.

Para o sistema de elevação da água até o reservatório superior, serão instalados dois conjuntos de motobomba independentes, conforme recomendações da NBR 5626/20 (ABNT, 2020a), mantendo-se um como equipamento reserva.

Os preços dos equipamentos e serviços para instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva são apresentados na Tabela 18. O detalhamento do orçamento para cada reservatório é encontrado junto ao Anexo IV.

Tabela 18 – Preço dos equipamentos e serviços do SAAP

Equipamento	Quantidade	Unidade	Custo Unitário (R\$)
Reservatório de 500 litros	1	Unid	200
Reservatório de 1.000 litros	1	Unid	660
Reservatório de 2.000 litros	1	Unid	1.400
Reservatório de 2.500 litros	1	Unid	1.900
Reservatório de 3.000 litros	1	Unid	2.500
Motobomba de 1/2 CV	2	Unid	150
Tubulação/conexões	-	-	15% total*
Dispositivo de descarte das primeiras águas	1	Unid	125
Mão de obra - Pedreiro	40	h	13,94
Mão de obra - Auxiliar de pedreiro	40	h	10,64

Fonte: O autor.

* valor aplicado para cada capacidade de reservatório do SAAP.

5.6 VIABILIDADE ECONÔMICA

O estudo da viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água da chuva é realizado através da análise dos custos gerados pela implementação do sistema e da sua economia gerada. Considerando as tarifas de água e esgoto do DMAE, apresentadas no item 4.8 deste estudo, foram calculados os gastos mensais do sistema de água e esgoto para cada tipologia de residência e número de moradores, assim como a economia gerada com a

implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva, conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 19 – Gastos e economia do sistema de aproveitamento de água da chuva

Tipologia	Número de moradores	Gasto Total Mensal sem SAAP (R\$/mês)	Gasto Total Mensal com SAAP (R\$/mês)	Economia Mensal com SAAP (R\$/mês)	Economia Anual (R\$/ano)
R1	1	39,75	20,10	19,66	235,88
	2	79,51	52,34	27,17	325,99
	3	119,26	84,59	34,68	416,10
	4	162,05	116,83	45,21	542,57
	5	214,23	149,55	64,68	776,16
R2	1	39,75	17,96	21,79	261,50
	2	79,51	50,21	29,30	351,61
	3	119,26	82,45	36,81	441,72
	4	162,05	114,70	47,35	568,19
	5	214,23	146,95	67,28	807,36
	6	269,56	188,11	81,46	977,47
	7	327,75	231,52	96,22	1.154,66
R3	3	119,26	78,77	40,49	485,89
	4	162,05	111,02	51,03	612,36
	5	214,23	143,26	70,96	851,53
	6	269,56	183,28	86,28	1.035,32
	7	327,75	226,46	101,28	1.215,39

Fonte: O autor.

Não foi considerado o valor da tarifa social do DMAE no cálculo do custo da água, visto que é um gasto fixo, não sofrendo influência do SAAP.

A instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais em uma residência mostra ser um investimento de longo prazo do ponto de vista econômico, porém outros aspectos devem ser considerados como a sustentabilidade da construção e a redução dos impactos ambientais causados pelo desperdício de água.

Com o custo de implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial e a economia mensal gerada, pode-se estimar o período de retorno do investimento inicial, ou seja, o primeiro período em que o valor obtido do VPL passa a ser positivo, conforme cálculo do VPL para diferentes tipologias e número de moradores apresentado no Anexo V. A Tabela 20 apresenta o tempo de retorno (TR) calculado para cada tipologia e número de moradores considerados, assim como seus reservatórios.

Tabela 20 - Tempo de retorno do investimento

Tipologia	Número de moradores	Volume do reservatório inferior adotado (L)	Custo da instalação SAAP (R\$)	Economia Anual (R\$/ano)	TR (anos)
R1	1	1.000	2.326	235,88	15
	2	2.000	3.177	325,99	15
	3	2.000	3.177	416,10	11
	4	2.500	3.752	542,57	9
	5	2.500	3.752	776,16	6
R2	1	1.000	2.326	261,50	13
	2	2.000	3.177	351,61	13
	3	2.500	3.752	441,72	12
	4	2.500	3.752	568,19	9
	5	2.500	3.752	807,36	6
	6	3.000	4.442	977,47	6
	7	3.000	4.442	1.154,66	5
R3	3	2.500	3.752	485,89	11
	4	2.500	3.752	612,36	8
	5	2.500	3.752	851,53	6
	6	3.000	4.442	1.035,32	6
	7	3.000	4.442	1.215,39	5

Fonte: O autor.

Dentre unidades habitacionais do condomínio, apenas as que possuem pelo menos três moradores apresentaram período de retorno do investimento entre 10 e 15 anos. O menor TR

para o condomínio é de 5 anos, para as residências com sete moradores, portanto quanto maior o número de moradores da residência, menor o período de retorno do investimento. O tempo de retorno foi inferior ao tempo de vida útil do projeto em todos os casos, tornando atrativa a realização deste investimento, resultando na diminuição das despesas de água nessas residências e economizando água potável.

As tarifas praticadas pela CORSAN e outras companhias de abastecimento de água são superiores às praticadas pelo DMAE (ASSEMAE, 2021). Deste modo, ao utilizar o sistema de aproveitamento de água pluvial, a economia no valor da conta de água se faz menor em Porto Alegre do que em comparação aos demais municípios, dado o seu menor valor agregado por metro cúbico de água. Portanto, o período de retorno do investimento é menor para as cidades que possuem o preço básico da água acima que o do DMAE, tornando essas cidades mais atrativas para a utilização do sistema de aproveitamento de água da chuva.

6 CONCLUSÕES

A utilização da água da chuva em edificações consiste em um sistema relativamente simples, podendo, através de um estudo prévio e projetos adequados, gerar bons resultados com a sua implantação. A sustentabilidade que acompanha esse sistema traz benefícios econômicos, sociais e ambientais, além de ser uma forma de incentivar outras pessoas a adotarem práticas mais sustentáveis, assim como evitar o desperdício de água potável.

O presente trabalho propôs avaliar e comparar a viabilidade econômica obtida com a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva para um condomínio residencial em Porto Alegre. O condomínio possui 105 unidades habitacionais que foram divididas em tipologias, conforme sua área total, e número de moradores. A tipologia R1, abrange unidades habitacionais de 152 a 171 m² de área total, e de um a cinco moradores por residência, ao passo que a tipologia R2 abrange residências de 180 a 219 m² de área total, de um a sete moradores, e a tipologia R3, residências de 226 a 413 m² de área total, com três a sete moradores.

Considerando o consumo médio de água de Porto Alegre, e o consumo dos equipamentos em que é possível o aproveitamento de água pluvial, sendo consideradas neste caso, as bacias sanitárias, e as torneiras externas para lavagem de veículos, lavagem do pátio e rega do jardim, foi possível realizar o dimensionamento e viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água da chuva.

Utilizando o programa computacional Netuno, foi calculado o volume ideal do reservatório inferior para cada tipologia e número de moradores, resultando em reservatórios de 1.500 L a 3.000 L. Considerando que não existem modelos disponíveis no mercado varejista para reservatórios de 1.500 L, foi adotado volume de 1.000 L para estes reservatórios, de forma a minimizar o tempo de retorno do investimento. O menor reservatório, de 1.000 L, pertence às residências com apenas um morador, independente da tipologia, visto que apresentam baixa demanda de água não potável, enquanto que os maiores reservatórios, de 3.000 L, pertencem às residências com pelo menos seis moradores.

A análise da viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de águas pluviais indicou um período de retorno variando de 5 a 15 anos para os casos estudados. Considerando o tempo de vida útil do sistema de aproveitamento de água da chuva de 20 anos, a instalação

do SAAP nas residências do condomínio é considerada um investimento atrativo, resultando na diminuição das despesas de água nessas residências, além de economizar água potável.

Os períodos de retorno obtidos para Porto Alegre serão reduzidos, sempre que o cenário considerado seja o de municípios em que as concessionárias adotem custos mais elevados para o metro cúbico de água para consumidores residenciais.

7 REFERÊNCIAS

ABEL, G. J. *et al.* Meeting the Sustainable Development Goals leads to lower world population growth. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 113, n. 50, p. 14294-14299, 2016. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/113/50/14294>. Acesso em: 9 set. 2021.

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

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

_____. **NBR 12213: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12214: Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água — Requisitos**. Rio de Janeiro, 2020b.

_____. **NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 15527: Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 15527: Água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019a.

_____. **NBR 16727-1: Bacia sanitária - Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2019d.

_____. **NBR 16782: Conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes**. Rio de Janeiro, 2019b.

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

ASSEMAE. **Dmae Porto Alegre corrige tarifa de água**. Disponível em: <http://www.assemae.org.br/noticias/item/6352-dmae-porto-alegre-corrige-tarifa-de-agua>. Acesso em 17 out. 2021.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Remuneração dos Depósitos de Poupança**. Disponível em: <http://www4.bcb.gov.br/pec/poupanca/poupanca.asp>. Acesso em: nov. 2021.

BERTOLO, E. J. P. **Aproveitamento de Água da Chuva em Edificações**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2021.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. **In: IX SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**. 2008.

DALSENTER, M. E. V. **Estudo de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis –SC**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2016.

DETRAN (DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO). **Frota em circulação no RS**. 2021. Disponível em: <https://www.detran.rs.gov.br/frota-5bd4f16283470>. Acesso em: 15 out. 2021.

DEVKOTA, J.; SCHLACHTER, H.; APUL, D. **Life cycle-based evaluation of harvested rainwater use in toilets and for irrigation**. Journal of Cleaner Production, 2015.

DMAE (Departamento Municipal de Água e Esgotos). **Dados Gerais**. Ed. 2016. Porto Alegre, 2016. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/relatorio_dados_gerais_2016.pdf. Acesso em: 8 jul. 2021.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água da chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2012.

ELETROSUL. **Aproveitamento de água pluvial**. Disponível em: <http://www.eletrosul.gov.br/ampnbsp/casa-eficienteambiente-academicoestrategiasuso-racional-da-agua-sistema-de-aproveitamento-Agua-pluvial>. Acesso em: 21 ago. 2021.

ESTADÃO. **Saiba como fica a rentabilidade da poupança com a Selic a 7,75%**. Disponível em: <https://investidor.estadao.com.br/investimentos/rentabilidade-poupanca-selic-7-75>. Acesso em: nov. 2021.

FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

FIORI, S. **Avaliação da sustentabilidade do uso da água em edificações através da ASCV**. 2014. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

FORGIARINI, F. R. **Incentivos econômicos à sustentabilidade da drenagem urbana: o caso de Porto Alegre – RS**. 2010. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

GERALDI, M. S. **Influência do tamanho de séries temporais de precipitação em simulações de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

GHISI, E.; BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. **Rainwater Tank Capacity and Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Southeastern Brazil**. Building and Environment, v. 42, n. 1, p. 1654-1666, 2007.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **Netuno 4**. Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, 2014. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. Acesso em: 12 set. 2021.

GIACCHINI, M. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GIACCHINI, M. O Método de Rippl para dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento da água de chuva. **In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC' 2016**. Foz do Iguaçu, 2016.

GOLDENFUM, J. A. Reaproveitamento de águas pluviais. **In: II SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA**, Passo Fundo, 2006.

GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. ISBN 85-7022-154-1. 352 pgs.

HAGEMANN, S. E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Áreas Territoriais**. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/2225-np-areas-dos-municipios/15761-areas-dos-municipios.html?t=downloads&c=4314902>. Acesso em: 15 jul. 2021.

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=downloads>. Acesso 15 jun. 2021.

INMET (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA). **Banco de Dados Meteorológicos**. 2021. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 16 ago. 2021.

IPEA (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA). **Agenda 2030 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Metas Brasileiras**. Brasília, 2018. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=33895&Itemid=433. Acesso em: 25 ago. 2021.

KRISHNA, H. **An overview of rainwater harvesting systems and guidelines in the United States**. Proceedings of the First American Rainwater Harvesting Conference. Austin, 2003.

LAMBERTS, R, *et al.* **Casa eficiente: uso racional da água**. UFSC/LabEEE; v. 3 (72 p.). Florianópolis, 2010.

LEUCK, M. F. **Avaliação econômica do impacto de medidas individualizadas de conservação de água em Porto Alegre**. 2008. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

LOPES, G. B. **Estudo de viabilidade técnica do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Universidade Federal de Uberlândia (MG)**. 2012. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

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

MENEGAT, R.; PORTO, M. L.; CARRARO, C. C.; FERNANDES, L. A. D. **Atlas Ambiental de Porto Alegre.** Porto Alegre, Ed. da Universidade/UFRGS, 1998. Disponível em: https://www.ufrgs.br/atlas/atlas_digital.html. Acesso: 16 ago. 2021.

MENEZES, E. C. P. **Avaliação da qualidade da chuva em sistema de aproveitamento de água de chuva implantado na Universidade Federal do Pará.** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016. Disponível em: <https://ppgec.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2016/edilaine.pdf.pdf>. Acesso em: 16 set. 2021.

OMM (Organização Mundial De Meteorologia). **Calculation of monthly and anual 30-year standard normals.** Geneva, 1989. (WMO, technical document, n. 341; WCDP, n. 10). 1989.

ONU (Organização das Nações Unidas). **The World Population Prospects 2019.** Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Publications/>. Acesso em: 21 ago. 2021.

PEIXOTO, A. F.; PEREIRA, R. C. F. Discurso versus Ação no Comportamento Ambientalmente Responsável. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, V.2, nº 2, p 71-103, jul./dez. 2013.

PORTO ALEGRE. Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE). **Fórmula de cálculo da conta consumo.** Porto Alegre, 2021a. Disponível em: https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=363. Acesso em: 17 ago. 2021.

_____. **Tarifas 2021.** Porto Alegre, 2021b. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?reg=14&p_secao=177. Acesso em: 17 ago. 2021.

PUCCINI, A. L. **Matemática financeira objetiva e aplicada.** 6º ed. São Paulo: Saraiva, 2000.

REZENDE, J. H.; TECEDOR, N. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527.** Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 12, núm. 6, nov/dez, pp. 1040-1053. Universidade de Taubaté. Taubaté, 2017.

RIBEIRO, A. K. M.; MARINOSKI, D. L. **Estudo sobre Materiais para Coberturas Utilizadas em Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial Residenciais.** Mix Sustentável, v.6, n.2, p.53-66, mai. Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4080>. Acesso em: 16 ago. 2021.

ROCHA, V. L. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/92966>. Acesso em: 21 ago. 2021.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial.** Ambiente Construído, v. 11, n. 4, p. 47-64, out./dez. Porto Alegre, 2011.

SANT'ANA, D. R.; MEDEIROS, L. B. P. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reuso de Águas Cinzas em Edificações. Padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção.** Relatório Final. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico. Universidade de Brasília. Brasília, 2017.

SIENGE. **5 Selos de sustentabilidade que agregam valor às suas obras.** 2016. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/selos-de-sustentabilidade-agregando-valor-suas-obras/>. Acesso em: 16 ago. 2021.

SILVA, C. M.; SOUSA, V.; CARVALHO, N. V. **Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences.** Resources, Conservation and Recycling, 94, 21–34. Department of Civil Engineering, Architecture and GeoResources, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.

SINAPI (SISTEMA NACIONAL DE PREÇO E ÍNDICES PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL). **Relatório de Insumos e Composições – Jun/21 – Sem desoneração.** Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_660. Acesso em: 17 ago. 2021.

SNIS (SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. 2019. Disponível em: <http://snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2019>. Acesso 15 jul. 2021.

TELLES, C. R. **Orientações para coleta de água de chuva**. SEED Pr., 50 p. Curitiba, 2014. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/cadernos_tematicos/orientacao_coletar_agua_chuva.pdf. Acesso 9 jul. 2021.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Guarulhos, 2010. 11 jan. 2010. ISBN: 85-87678-23-X.

TUCCI, C.E.M. **Águas urbanas**. Estudos Avançados, v.22, n.63, p.97-112, 2008.

WATERFALL, P. H. **Harvesting Rainwater for Landscape Use**. University of Arizona Cooperative, Tucson, 2006. Disponível em: <https://wrrc.arizona.edu/publications/water-harvesting/harvesting-rainwater-landscape-use>. Acesso: 16 ago. 2021.

ZAIZEN M. *et al.* **The Collection of Rainwater from Dome Stadiums in Japan**, N° 1, 1999.

ZANELLA, L. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2015.

ANEXOS

Anexo I - Mapa urbanístico do condomínio

Anexo II - Planta baixa da residência padrão

Anexo III - Quantitativos de cada unidade habitacional

Anexo IV - Detalhamento do orçamento para cada reservatório

Anexo V – Cálculo do Valor Presente Líquido

ANEXO I

Mapa Urbanístico do Condomínio

ANEXO II

Planta Baixa da Residência Padrão

ANEXO III

Quantitativos de cada unidade habitacional

ANEXO IV

Detalhamento do orçamento para cada reservatório

ANEXO V

Cálculo do Valor Presente Líquido