



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

ANA PAULA DE LIMA BORGES

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM SHOPPING CENTER DO RECIFE**

Recife, PE
2023



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

ANA PAULA DE LIMA BORGES

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM SHOPPING CENTER DO RECIFE**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para a obtenção do título de Mestra em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil
Orientadora: Profa. Dra. Simone Rosa da Silva
Coorientadora: Profa. Dra. Micaella Raíssa Falcão de Moura

Recife, PE
2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco – Recife

Borges, Ana Paula de Lima
B732a Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis
em Shopping Center Recife. / Ana Paula de Lima Borges. –
Recife: UPE, Escola Politécnica, 2023.

176 f. il.

Orientadora: Profa. Dra. Simone Rosa da Silva
Coorientadora: Profa. Dra. Micaella R. Falcão de Moura

Dissertação (Mestrado – Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2023.

1. Aproveitamento de Água Pluvial. 2. Shopping Center. 3. Conservação de Água. 4. Valor Presente Líquido. 5. Uso não Potável. I. Construção Civil – Dissertação. II. Silva, Simone Rosa da (orient.). III. Moura, Micaella Raíssa Falcão de (coorient.). IV. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção Civil. V. Título.

CDD: 690.028

ANA PAULA DE LIMA BORGES

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM SHOPPING CENTER DO RECIFE**


BANCA EXAMINADORA:

Orientadora

SIMONE ROSA DA SILVA:47381833034 Assinado de forma digital por
SIMONE ROSA DA
SILVA:47381833034
Dados: 2023.08.15 10:18:03 -03'00'


Profa. Dra. Simone Rosa da Silva
Universidade de Pernambuco

Coorientadora


Documento assinado digitalmente
 **MICAELLA RAISSA FALCAO DE MOURA**
Data: 13/08/2023 20:01:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Micaella Raíssa Falcão de Moura
Universidade Católica de Pernambuco

Examinadores

Documento assinado digitalmente
 **WILLAMES DE ALBUQUERQUE SOARES**
Data: 02/08/2023 10:41:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Willames de Albuquerque Soares
Universidade de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 **MARCUS ANDRE SIQUEIRA CAMPOS**
Data: 25/07/2023 18:24:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcus André Siqueira Campos
Universidade Federal de Goiás

Recife-PE
2023

À minha amada mãe Elza e à minha preciosa
irmã Ana Carolina, que me inspiram a ser
melhor a cada dia.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, quero agradecer a Deus, por abençoar todos os dias da minha vida, por iluminar o meu caminho e me dar forças para seguir sempre em frente fazendo o melhor possível.

À minha orientadora Simone Rosa, pela disponibilidade, pelos vários ensinamentos, por tantas orientações, pela paciência e principalmente pela confiança. Minha gratidão e respeito.

À minha coorientadora Micaella Moura, pelo incentivo e confiança em meu potencial, o que tanto contribuiu para meu crescimento acadêmico.

Agradeço também aos professores Dr. Willames Albuquerque e Dr. Marcus Campus, membros da banca de qualificação, pelas importantes contribuições e sugestões relativas ao trabalho.

Ao Shopping Recife, por toda a disponibilidade e colaboração à pesquisa. Assim como, agradeço em especial ao Eng. Ricardo Vasconcelos, pela disposição e busca incansável das informações necessárias para elaboração deste trabalho.

Agradeço especialmente à minha mãe Maria Elza e minha irmã Ana Carolina, por todo amor e por sempre terem acreditado em mim mais do que eu mesma.

Agradeço ao meu querido Rafael Barros, pelo suporte e paciência, pelas leituras dos trechos da dissertação, pelas visitas ao shopping no final de semana para realizar levantamento, pelo companheirismo ofertado nessa trajetória.

E não menos importante, agradeço às minhas queridas amigas Maurilia França, Roberta Lima, Juilma Anailda, Rafaela Moura e Jaqueline Denise, por todas as palavras de ânimo e incentivo, e por perdoarem minha ausência.

Mais uma etapa foi vencida! A odisséia continua...

RESUMO

A água é um dos recursos mais valiosos do mundo e indispensável para a sobrevivência humana. As mudanças climáticas e o crescimento populacional geram o aumento na demanda dos recursos hídricos, agravando as problemáticas relacionadas à escassez de água. Nesse sentido, o aproveitamento de água pluvial é uma medida mitigadora de impactos ambientais, pois contribui para a retenção da água da chuva e diminui a demanda de água potável. Portanto, a escassez de água estimula o desenvolvimento de alternativas para a conservação desse recurso vital. O objetivo deste trabalho é propor a implantação de sistema de aproveitamento de água de chuva em um shopping center da cidade do Recife-PE. A metodologia consistiu na estimativa das demandas hídricas não potáveis, cálculo dos indicadores de consumo de água, simulação para implantação e análise da viabilidade econômica para implantação do Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial (SPAAP). Realizou-se ainda um estudo dos índices pluviométricos e sua periodicidade, sendo avaliados os meses de maior e menor precipitação. Posteriormente foi utilizado o programa computacional Netuno 4.0 para determinar o volume dos reservatórios. Para tal, foram simuladas diferentes áreas de captação, de maneira a definir a área que oferece o melhor potencial de suprimento das demandas hídricas. Os resultados apontaram que os volumes para os reservatórios mais indicados são 390 m³ e 450 m³, com potencial de economia de água potável respectivamente de 14,09% e 16,46%, para suprimento completo da demanda de água não potável. Os métodos Valor Presente Líquido (VPL), Taxa de Retorno Interno (TIR) e *Payback* Simples utilizados apontaram um VPL positivo, com investimento inicial de R\$ 765.732,48, TIR de 79,78% e um tempo de retorno do investimento de 1 ano 4 meses. Concluiu-se que o potencial de economia de água potável justifica a implantação do SPAAP proposto em um empreendimento deste porte. Assim como, a implantação do sistema é economicamente viável, motivada por um VPL positivo, TIR superior à taxa de atratividade e o baixo prazo para retorno do investimento.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial. Shopping center. Conservação de água. Valor Presente Líquido. Uso não potável.

ABSTRACT

Water is one of the most valuable resources in the world and essential for human survival. Climate change and population growth have generated an increase in the demand for water resources, aggravating the problems related to water scarcity. In this sense, the use of rainwater is a measure to mitigate environmental impacts, as it contributes to the retention of rainwater and reduces the demand for potable water. Therefore, water scarcity encourages the development of alternatives for the conservation of this vital resource. The aim of this work is to propose the implementation of a rainwater harvesting system in a shopping mall in the city of Recife state of Pernambuco in Brazil. The methodology consisted of estimating non-potable water demands, calculating water consumption indicators, implementing simulation and analyzing the economic feasibility of implementing the Rainwater Harvesting System (RWHS). A study was also carried out on rainfall indices and their periodicity, which it was evaluating the months with the highest and lowest rainfall. Subsequently, the computational program Neptune 4.0 was used to determine the volume of the reservoirs. To this end, different catchment areas were simulated, in order to define the area that offers the best potential for supplying water demands. The results showed that the volumes for the most indicated reservoirs are 390 m³ and 450 m³, with potable water savings potential of 14.09% and 16.46% respectively, for the complete supply of non-potable water demand. The Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Simple Payback methods used indicated a positive NPV, with an initial investment of BRL 765,732.48, IRR of 79.78% and a payback time of 1 year 4 months. It was concluded that the potable water savings potential justifies the implementation of the proposed SPAAP in a project of this size. Likewise, the implementation of the system is economically viable, motivated by a positive NPV, IRR higher than the attractiveness rate and the short term for return on investment.

Keywords: Rainwater harvesting. Shopping mall. Water conservation. Net presente value. Non-potable use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Impacto causado pelo aumento de superfícies impermeáveis sobre o ciclo hidrológico.....	24
Figura 2 - Situação da seca no Nordeste nos meses de dezembro de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2021	27
Figura 3 - Hierarquia de gerenciamento da água.....	29
Figura 4 - Fluxograma - Conservação de água em novas edificações	33
Figura 5 - Fluxograma - Conservação de água em edifícios existentes	35
Figura 6 - Modelo simplificado do funcionamento de um sistema de água da chuva, combinado com abastecimento de água potável	39
Figura 7 - Panorama acerca da legislação para aproveitamento de água da chuva no Brasil .	48
Figura 8 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos	52
Figura 9 - Distribuição das publicações por bases de dados	53
Figura 10 - Distribuição das publicações por ano	54
Figura 11 - Classificação pelo local de pesquisa.....	54
Figura 12 - Tipologias das edificações	55
Figura 13 - Distribuição do uso final da água não potável nos estudos analisados	55
Figura 14 - Etapas da metodologia adotada	63
Figura 15 - Planta de cobertura do shopping center e áreas de influência consideradas	72
Figura 16 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)	77
Figura 17 - Perdas de carga localizadas (equivalência em metros de tubulação) conexões de PVC e Cobre.....	80
Figura 18 - Localização da edificação em estudo	85
Figura 19 - Hidrômetro concessionária - Pena 1	86
Figura 20 - Hidrômetro concessionária - Pena 2	86
Figura 21 – Hidrômetro do poço	87
Figura 22 - Hidrômetros instalados no corredor de serviço	88
Figura 23 - Média do consumo de água potável por mês em m ³ , entre 2012 e 2022.....	91
Figura 24 - Consumo de água potável e fluxo de pessoas entre os anos de 2012 e 2022	92
Figura 25 – Áreas de jardim do Shopping Center	93
Figura 26 - Torres de resfriamento de água do Shopping Center.....	94
Figura 27 - Precipitações médias mensais (2000 – 2020) na área de estudo	104
Figura 28 - Características da área de cobertura do shopping	105

Figura 29 - Relação entre o aumento do volume do reservatório e a área de captação.....	106
Figura 30 - Áreas disponíveis para locação dos reservatórios de água da chuva.....	109
Figura 31 - Simulação para determinação do volume do reservatório inferior para área de 21.612 m ²	109
Figura 32 - Simulação para determinação do volume do reservatório inferior para a área de 30.537 m ²	110
Figura 33 - Capacidade do reservatório x economia de água potável.....	110
Figura 34 - Demanda não potável x consumo mensal.....	111
Figura 35 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.) ...	113

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vazões máximas para a conservação de água de acordo com a atividade.....	30
Quadro 2 - Vazão mínima e tempo de ciclo máximo para aparelhos com acionamento automático	31
Quadro 3 – Vazão mínima das peças quando submetidas a ensaios	31
Quadro 4 - Parâmetros de qualidade da água para fins não potáveis	44
Quadro 5 - Legislações Municipais Brasileiras sobre aproveitamento de água da chuva e seus aspectos.....	45
Quadro 6 - Legislações Estaduais Brasileiras sobre aproveitamento de água da chuva e seus aspectos.....	46
Quadro 7 - Coeficiente de perda de carga C da fórmula de Hazen-Williams.....	79
Quadro 8 - Capacidade dos reservatórios de água potável.....	87
Quadro 9 - Dados de entrada usados para as simulações com o programa Netuno 4.0.....	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos estudos revisados para implantação de SPAAP	56
Tabela 2 - Identificação dos Shopping Centers no Estado de Pernambuco	64
Tabela 3 - Coeficiente de Runoff médio	72
Tabela 4 - Coeficientes de rugosidade para condutores horizontais	76
Tabela 5 - Consumo de água por atividade	89
Tabela 6 - Série histórica do consumo de água da concessionária, carro-pipa e poços entre 2012 e 2022	90
Tabela 7 - Demanda de água no sistema de resfriamento	94
Tabela 8 - Área dos banheiros em m ²	95
Tabela 9 - Demanda de água não potável	96
Tabela 10 - Índices reais de consumo por agentes consumidores de janeiro a dezembro de 2012 a 2022	98
Tabela 11 - Índices reais de consumo por agentes consumidores	99
Tabela 12 - Indicadores de Consumo em Shopping Center no Brasil	100
Tabela 13 - Índices reais de consumo por veículos	100
Tabela 14 - Indicadores de veículo em Shopping Center no Brasil	101
Tabela 15 - Índices reais de consumo por ABL	102
Tabela 16 - Precipitação pluviométrica acumulada, médias mensais e totais anuais em mm	103
Tabela 17 - Potencial de economia de água potável para diferentes áreas de captação	106
Tabela 18 - Suprimento da demanda não potável	112
Tabela 19 - Número de condutores horizontais por área de contribuição	112
Tabela 20 - Capacidade dos reservatórios de descarte	113
Tabela 21 - Cálculo da tubulação de recalque	114
Tabela 22 - Perda de carga nas tubulações de recalque e sucção	115
Tabela 23 - Alturas de recalque e sucção considerando as perdas de carga localizadas	115
Tabela 24 - Alturas manométricas calculadas	116
Tabela 25 - Dimensionamento das bombas de recalque	116
Tabela 26 - Percentual médio acumulado da taxa de INCC entre 2012 e 2022.	118
Tabela 27 - Percentual de aumento da taxa de água entre 2017 e 2023	118
Tabela 28 - Cálculo de VPL e TIR	120

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRASCE	Associação Brasileira de Shopping Centers
ABL	Área Bruta Locável
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ÁGUAPURA	Programa de Uso Racional de Água da UFBA
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Climas
AquaPOLI	Grupo de pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade de Pernambuco
ARPE	Agência Reguladora de Pernambuco
BS	Boa vista Shopping
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CSC	Shopping Center Colombo
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
EVS	Estação Viana Shopping
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRE	Instituto Brasileiro de Economia
ICpc	Índice de consumo per capita
Lcv	Indicador de consumo por veículo
Ica	Indicador de consumo de água por área bruta locável
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD	Poliétileno de Alta Densidade
PCA	Plano de Conservação de Água
PRÓ-ÁGUA	Programa de Conservação de Água da UNICAMP
PURA	Programa de Uso Racional de Água
RMR	Região Metropolitana do Recife
SPAAP	Sistema Predial de Aproveitamento de Água Pluvial
	Projeto de Racionalização do Consumo de Água em Prédios do Governo da Bahia
SAEB	
SLR	Systematic Literature Review
TIR	Taxa de retorno interno
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Justificativa	19
1.2 Objetivos.....	21
1.2.1. Objetivo Geral	21
1.2.2. Objetivos Específicos.....	21
1.3. Estrutura do trabalho	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 Escassez hídrica	23
2.2 Conservação de água em edificações	27
2.2.1 Conservação de água em edificações novas	32
2.2.2 Conservação de água em edificações existentes.....	34
2.2.3 Programas nacionais de conservação de água	36
3 SISTEMA DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM EDIFICAÇÕES	37
3.1 Componentes do sistema de aproveitamento de água da chuva	39
3.2 Parâmetros de qualidade da água de chuva usualmente avaliados	43
3.3 Normas técnicas e legislação para o aproveitamento de água da chuva no Brasil.....	44
3.4 Revisão Sistemática – Implantação de SPAAP em shopping center e edificações de grande porte	49
3.4.1 Classificação dos artigos	52
3.4.2 Análise dos resultados	54
4 MATERIAIS E MÉTODOS	63
4.1 Seleção do estudo de caso.....	63
4.2 Levantamento de dados	65
4.3 Avaliação do consumo de água potável	66
4.4 Estimativa das demandas hídricas não potáveis.....	66
4.4.1 Determinação do consumo de água para rega de jardim	66
4.4.2 Determinação do consumo de água para lavagem de piso internos	67
4.4.3 Determinação do consumo de água para central de resfriamento	68
4.5 Cálculo dos indicadores de consumo de água	68

4.5.1	Determinação do indicador de consumo por agente consumidor.....	69
4.5.2	Determinação de indicador de consumo de água por veículos.....	69
4.5.3	Determinação do indicador de consumo diário de água por área bruta locável.....	70
4.6	Simulação para implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	70
4.6.1	Pluviometria da área de estudo.....	70
4.6.2	Dimensionamento da área de captação.....	71
4.6.3	Volume disponível de água da chuva.....	73
4.6.4	Dimensionamento de reservatório de aproveitamento de água da chuva utilizando o programa computacional NETUNO.....	73
4.6.5	Dimensionamento dos componentes do SPAAP para fins não potáveis.....	75
4.7	Análise da viabilidade econômica para implantação do SPAAP	80
4.7.1	Valor Presente Líquido.....	81
4.7.2	<i>Payback</i> Simples.....	83
4.7.3	Taxa de Retorno Interno.....	84
5	DISCUSSÃO E RESULTADOS	85
5.1	Caracterização da edificação estudada	85
5.2	Avaliação do consumo de água potável	88
5.3	Demandas hídricas não potáveis	92
5.3.1	Determinação do consumo de água para rega de jardim.....	92
5.3.2	Determinação do consumo de água para o Sistema de resfriamento.....	93
5.3.2	Determinação do consumo de água para lavagem de pisos internos.....	95
5.4	Cálculo dos indicadores de consumo de água	96
5.4.2	Determinação de indicador de consumo de água por veículos.....	100
5.4.3	Determinação do indicador de consumo diário de água por área bruta locável.....	101
5.5	Simulação para implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	102
5.5.1	Pluviometria da área de estudo.....	102
5.5.2	Área de captação.....	104
5.5.3	Dimensionamento de reservatório de aproveitamento de água da chuva utilizando o programa computacional NETUNO.....	107
5.5.4	Dimensionamento dos componentes do SPAAP para fins não potáveis.....	112
5.6	Análise da viabilidade econômica para implantação do SPAAP	116
5.6.1	Investimento inicial.....	116
5.6.2	Fluxo de caixa.....	117

5.6.3 Indicadores econômicos	119
6 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES	121
6.1 Recomendações para trabalhos futuros	123
REFERÊNCIAS	124
ANEXO A.....	139
ANEXO B.....	142
APÊNDICE A	144
APÊNDICE B.....	146
APÊNDICE C	148
APÊNDICE D	150
APÊNDICE E.....	152
APÊNDICE F.....	154
APÊNDICE G	156
APÊNDICE H.....	158
APÊNDICE I.....	160
APÊNDICE J	162
APÊNDICE K.....	167

1 INTRODUÇÃO

A indisponibilidade de água é um problema crescente em todo o mundo. A água é o principal recurso natural de que os seres vivos dependem, tanto em quantidade quanto em qualidade, estando diretamente ligada ao desenvolvimento urbano e rural. As mudanças climáticas, o crescimento populacional e as atividades econômicas complexas geram o aumento na demanda dos recursos hídricos, comprometendo os escoamentos e a qualidade dos grandes ecossistemas de água doce do mundo (GRAFTON *et al.*, 2013; BOCANEGRA-MARTÍNEZ *et al.*, 2014; MATTOS *et al.*, 2018; FULAZZAKY *et al.*, 2022).

De acordo com Galvão *et al.* (2022), em áreas urbanas o risco de inundação tem aumentado consideravelmente como consequência da impermeabilização do solo e o aumento de eventos climáticos extremos. Além disso, o processo de urbanização leva à impermeabilização dos solos nas grandes cidades, interrompendo o ciclo hidrológico, gerando inundações e insuficiência na recarga de aquíferos (VANEGAS-ESPINOSA *et al.*, 2022).

Estima-se que no Brasil, em 2020, aproximadamente 2 milhões de domicílios encontravam-se em situação de risco de inundação nas áreas urbanas; dos quais 324,6 mil estavam localizados no Nordeste (SNIS, 2021). Da água que esco superficialmente, parte se infiltra no solo e parte segue para corpos hídricos superficiais. Conforme a UNESCO (2022), a água subterrânea é responsável pelo abastecimento de 50% da demanda de água captada para uso doméstico da população mundial, além de atender cerca de 25% de toda a água consumida na irrigação em todo o mundo.

Cabe salientar que o intenso crescimento populacional ocorrido nas últimas décadas gera impacto de forma direta nas dinâmicas hídricas naturais dos grandes centros urbanos. A escassez de recursos hídricos é considerada como uma grave ameaça contra a sobrevivência humana, possuindo a capacidade de restringir o desenvolvimento da economia nacional de um país, assim como tornou-se uma preocupação estratégica em todo o mundo (HASHIM *et al.*, 2013; ZHANG *et al.*, 2019). De acordo com as projeções de crescimento populacional das Nações Unidas (ONU, 2022), estima-se que a população passará de 7,9 bilhões, registradas em 2021, para 8,5 bilhões em 2030 e 9,7 bilhões em 2050. Assim sendo, esse crescimento populacional pode agravar ainda mais a crise no abastecimento hídrico mundial.

Segundo o relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos Recursos Hídricos (UNESCO, 2022), cerca de 4 bilhões de pessoas vivem em áreas que apresentam um potencial de escassez de água por pelo menos um mês por ano. De acordo com o relatório mundial de desenvolvimento da água das Nações Unidas (UNESCO, 2018), a população que vive em áreas de grave escassez poderá aumentar entre 4,8 bilhões e 5,7 bilhões até 2050.

No Brasil, o cenário de escassez de água está se agravando; Entre 2017 e 2020, aproximadamente 89 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens (ANA, 2021). Embora o Brasil seja um país com riqueza de recursos hídricos, a população urbana vive com segurança hídrica média ou baixa no abastecimento hídrico por fragilidade na produção ou na distribuição de água. Em média, 27% dos brasileiros encontram-se com segurança hídrica alta, assim como 4% da população possui segurança hídrica máxima e 1% mínima (ANA, 2021).

Nesta perspectiva, a captação e aproveitamento de águas pluviais tem sido identificada como uma fonte alternativa de água não potável para a gestão sustentável dos recursos hídricos (SOUSA *et al.*, 2017; YANNOPOULOS *et al.*, 2019). Os sistemas prediais de aproveitamento de águas pluviais (SPAAP) são capazes de mitigar o problema da escassez de água, reduzindo a dependência do abastecimento e os impactos das inundações, tendo em vista a redução do escoamento superficial (HASHIM *et al.*, 2013; SAMPLE; LIU, 2014; MORALES-PINZÓN *et al.*, 2015).

A água da chuva captada possui vasta aplicabilidade, entre elas estão: irrigação para fins paisagísticos, lavagem de pisos, reserva de proteção contra incêndios, descargas de bacias sanitárias e mictórios em banheiros de edificações públicas, comerciais e industriais, lavagem de automóveis, sistemas de resfriamento e uso com a finalidade ornamental em fontes, chafarizes e lagos (GHAFARIANHOSEINI *et al.*, 2015; GHERNAOUT, 2018; NBR 16782, 2019).

Dentro desse contexto, o presente estudo tem como objetivo propor a implantação de sistema de aproveitamento de água da chuva em um shopping center da cidade de Recife, Pernambuco. Portanto, possui o propósito de contribuir com o desenvolvimento de novas pesquisas acadêmicas direcionadas à área de conservação de água em edificações do tipo shopping center,

além de apresentar parâmetros que possam ser utilizados como modelo para estudar outras tipologias de edificações.

1.1 Justificativa

No que se refere a edificações de tipologia shopping center, o elevado crescimento destes prédios no estado de Pernambuco e nos demais estados brasileiros teve mais expressividade na última década. De acordo com a ABRASCE (2023), o Brasil possui 628 shoppings em funcionamento em 2022, com previsão de inauguração para o ano de 2023 de 15 novas unidades. Entre os anos de 2019 e 2022 ocorreu a inauguração de 32 shopping centers no Brasil, totalizando um aumento médio no setor de 5% em 4 anos. Tratando-se de números regionais, o Nordeste possui 107 centros comerciais, equivalente a 17% do número total de shoppings no país.

De acordo com a ABRASCE (2023), a região Nordeste possui a segunda maior Área Bruta Locável (ABL) do país. O estado de Pernambuco detém 21 shopping centers, equivalente a 19,63% do total existente na região Nordeste, ficando atrás apenas do estado da Bahia, com 22 shopping centers. Do total de shoppings existentes no estado de Pernambuco, 13 destes estão localizados na Região Metropolitana do Recife.

Conforme Calmon e Bastos (2021), os shopping centers formam uma categoria que consome uma boa quantidade de água em todo o Brasil, devido ao crescente número de usuários e consumo unitário. Os principais fatores que influenciaram no crescimento de usuários foram a ampliação da classe média, o aumento do Produto Interno Bruto (PIB) per capita, a expansão de investimentos estrangeiros e o aumento da população urbana.

No que se refere à promoção da sustentabilidade em edificações, Wang *et al.* (2010) salientam que os edifícios são produtos duráveis que têm grandes impactos no meio ambiente durante toda a sua vida. A construção e operação destes consomem considerável quantidade de energia e materiais. Para mitigar os impactos negativos, empreendimentos com conceitos sustentáveis têm se tornado cada dia mais crescente, pois envolvem questões ambientais, sociais e econômicas, uma vez que passou a ser também a preferência dos clientes, visando um ambiente mais produtivo e com maior durabilidade.

Matos *et al.* (2015) reconhecem a forte contribuição que os edifícios comerciais exercem sobre a demanda de água, principalmente a potável. Um uso mais eficiente na gestão dessa demanda é considerado um principal indicador de sustentabilidade. Deste modo, faz-se necessária a adoção e cumprimento de medidas que propiciem a conservação da água, e uma redução do consumo nestes edifícios.

Entende-se que a conservação da água está associada ao uso controlado e eficiente, além de contemplar medidas de uso racional e uso de fontes alternativas. Práticas de conservação de água são formas de aperfeiçoar e regular a demanda, assim como a oferta de água, sem comprometer o suprimento dos corpos hídricos e a proteção ambiental (BOCANEGRA-MARTÍNEZ *et al.*, 2014; GOIS *et al.*, 2015).

Como alternativa para o desequilíbrio entre a oferta e a demanda de água potável, diversos autores demonstram em suas pesquisas que a água da chuva é uma alternativa viável para complementar o abastecimento de água (DOBROWKSY *et al.*, 2014; NDIRITU *et al.*, 2017; FULAZZAKY *et al.*, 2022; PIMENTEL-RODRIGUES; SILVA-AFONSO, 2022; KHAN, 2023).

No que se refere ao consumo de água em shopping centers, este tipo de edificação é normalmente caracterizado por possuir elevado consumo de água em usos finais não potáveis, como nas torres de resfriamento, nos serviços de limpeza, na irrigação de jardins e nas descargas de vasos sanitários, demonstrando um elevado potencial para o aproveitamento de água da chuva (LEE *et al.*, 2016; SOUSA *et al.*, 2017). A implantação de sistemas de aproveitamento de água da chuva em shopping centers vem se mostrando uma opção viável em várias partes do mundo, motivada por sua grande área de telhado e o impacto que estas edificações representam para o sistema de abastecimento público, os quais proporcionam benefícios econômicos e ambientais, mediante a possibilidade de redução do consumo de água potável e de redução do risco de inundações (GOIS *et al.*, 2015; BINT *et al.*, 2018; SOUSA *et al.*, 2019; GADO; EL-AGHA, 2019).

Diante dessa conjuntura, fica evidenciada a importância do abastecimento alternativo de água não potável, que possui a finalidade de redução da pressão atribuída aos mananciais e a

otimização do uso dos recursos hídricos disponíveis, favorecendo a viabilidade de centros urbanos e conseqüentemente melhorando a gestão da água.

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Propor a implantação de sistema de aproveitamento de água da chuva em um shopping center da cidade do Recife-PE.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Traçar um panorama normativo, acerca das normas técnicas e da legislação referente à captação de águas pluviais para uso em edificações.
- Obter indicadores de consumo de água para a tipologia shopping center.
- Realizar estimativa de viabilidade econômica no edifício em estudo.

1.3. Estrutura do trabalho

Este trabalho é composto por seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução, na qual é realizada uma contextualização geral referente ao tema proposto do trabalho, a justificativa, os objetivos e a estrutura organizacional da pesquisa.

No segundo capítulo inicia-se a revisão da literatura e são discutidos aspectos relevantes sobre escassez hídrica, conservação de água em edificações novas e existentes, e os programas nacionais de conservação de água.

O capítulo três dá continuidade à revisão da literatura e aborda assuntos relacionados à coleta e aproveitamento de água da chuva em shopping center e em edificações de grande porte no Brasil e em alguns países. Neste capítulo são discutidos os principais conceitos referentes aos componentes do sistema de aproveitamento de água da chuva, os parâmetros de qualidade de água da chuva usualmente avaliados e o coeficiente de escoamento superficial. Assim como,

são apresentadas as normas técnicas e legislações pertinentes para aproveitamento de água da chuva no Brasil.

O capítulo quatro mostra de maneira detalhada a metodologia adotada para a realização da pesquisa. Neste capítulo são especificadas as diferentes etapas necessárias para o seu desenvolvimento, como: a avaliação da demanda de água, a caracterização hídrica, a análise de viabilidade técnica e econômica para implantação do reservatório de aproveitamento de água de pluvial etc.

O capítulo cinco contém a apresentação das discussões e os resultados obtidos.

No capítulo seis, foram feitas as considerações finais do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Escassez hídrica

A água é indispensável para a sobrevivência humana, porém em muitas situações esse recurso valioso não está disponível em quantidade e qualidade aceitável, ocasionado por restrições naturais, falta de infraestrutura ou a junção de ambos (PINTO; MARQUES, 2017). O aumento desenfreado da demanda de água potável pelo setor da agricultura e indústria a partir do século XIX, com ao aumento crescente da população, intensificou a escassez de água em diferentes partes do mundo (LIU *et al.*, 2018; AGHAKOUCHAK *et al.*, 2021; UNFRIED *et al.*, 2022). Conseqüentemente, retiradas em regiões que já têm escassez de água irão impor mais pressão sobre a base de recursos hídricos renováveis, ameaçando a longo prazo a disponibilidade de água doce nas diversas atividades econômicas dependentes deste recurso (NECHIFOR; WINNING, 2018).

De acordo com Sood e Smakhtin (2014), o estresse hídrico é caracterizado como a ausência do volume de água suficiente para atender às demandas ambientais estimadas, assim como para atender às demandas de outros setores, como agricultura, indústria e uso doméstico. Nesse sentido, a oferta de recursos hídricos, a curto prazo, depende da precipitação, evapotranspiração, superexploração de recursos e contaminação, assim como a longo prazo, depende das mudanças climáticas (PINTO; CARVALHO; MARQUES, 2021).

O crescimento populacional acelerado acarreta a ampliação de ambientes urbanos, trazendo impactos ambientais como a supressão da vegetação e aumento de áreas impermeáveis, os quais afetam diretamente a qualidade e a disponibilidade da água (BRITTO, BAPTISTA; LIMA, 2019). Dito isso, a urbanização aumenta a quantidade de áreas impermeáveis e conseqüentemente reduz a infiltração e aumenta o escoamento superficial (CHUI; TRINH, 2016). Logo, o aumento da demanda de água agrava o estresse nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (AGHAKOUCHAK *et al.*, 2021).

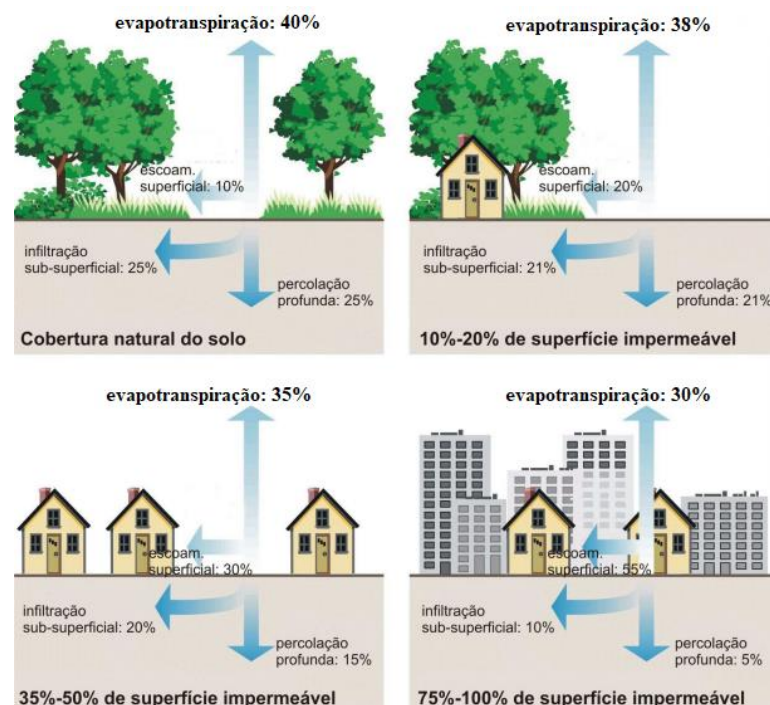
Os principais impactos da urbanização no ciclo da água são o aumento do escoamento superficial e a antecipação dos picos de vazão, bem como a redução da evapotranspiração e abastecimento de água subterrânea, e a deterioração da qualidade das águas superficiais

(TUCCI, 1997). Ao atingir o solo, a água da chuva pode infiltrar ou escoar superficialmente, a depender do tipo e uso do solo naquele local. A interface solo-vegetação-atmosfera exerce forte influência sobre o ciclo hidrológico (TUCCI e CLARKE, 1997).

De acordo com Telles e Costa (2010), a superfície terrestre ao receber a precipitação pluvial, interage com o solo através da infiltração, do escoamento superficial e da percolação. Esses contribuem para as recargas hídricas, tanto em forma de alimentação dos fluxos de água subterrâneos como em descargas nos reservatórios superficiais, além de melhorar a umidade dos solos e da atmosfera. Conforme Farias (2012), o aumento ou redução do percentual de áreas impermeabilizadas pode gerar impacto positivo ou negativo no ciclo hidrológico em nível local. Bispo e Levino (2011) afirmam que a impermeabilização do solo impede que intercorra a infiltração de água, aumentando as erosões devido ao escoamento superficial e reduzindo a disponibilidade da água em períodos de baixa incidência de chuva.

Conforme o exposto na Figura 1 é possível verificar que o aumento no número de superfícies impermeáveis acarreta aumento no volume de precipitação que escoam superficialmente, e conseqüentemente gera a redução do volume infiltrado e percolado.

Figura 1 - Impacto causado pelo aumento de superfícies impermeáveis sobre o ciclo hidrológico



Fonte: Paz (2004, adaptado de EPA, 1998)

A escassez física de água potável pode ser fundamentalmente dividida em dois aspectos: escassez e estresse. A escassez de água refere-se ao impacto da baixa disponibilidade de água por pessoa. O estresse hídrico refere-se ao impacto do alto uso da água (seja retirada ou consumida) em relação à disponibilidade hídrica. O uso de grande parte de um recurso pode levar a dificuldades de acesso ao recurso, incluindo efeitos colaterais, como por exemplo: impactos sociais e ambientais. O estresse pode ser visto como escassez impulsionada pela demanda, ocorrendo potencialmente mesmo que a população não seja grande o suficiente para causar escassez (KUMMU *et al.*, 2016).

A escassez hídrica é agravada em virtude da infraestrutura hídrica deficitária e à falta de articulação e de ações consistentes na governabilidade de recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental. Conforme Goswami e Ghosal (2022), a água é um dos recursos mais cruciais para a sobrevivência no planeta Terra, porém, as mudanças climáticas, a globalização, o desenvolvimento socioeconômico e um rápido aumento populacional tornaram esse recurso vulnerável em termos de quantidade e qualidade. Garantir água segura e adequada tornou-se uma preocupação para governos e formuladores de políticas em diversas partes do mundo.

Diversos autores reportam a crescente problemática diante da escassez de recursos hídricos enfrentada por países como China (ZHOU *et al.*, 2019; DING; CHEN; DENG, 2022), Austrália (COLLOFF e PITTOCK, 2022), Irã (MIRZAEI; AZARM; NAGHAVI, 2022), Índia (KATYAINI; BARUA; DUARTE, 2020), Estados Unidos e México (ROGGENBURG *et al.*, 2022).

De acordo com Ding, Chen e Deng (2022), a agricultura é uma das principais atividades econômicas da China e a maioria das culturas agrícolas cultivadas são culturas de alto consumo de água, gerando impacto significativo nos recursos hídricos existentes. Dessa forma, os recursos hídricos insuficientes, a distribuição temporal e espacial desigual, e a baixa taxa de reutilização, tornaram-se os principais fatores restritivos da produção de grãos na China.

Conforme Mirzaei, Azarm e Naghavi (2022), o Irã enfrenta grave escassez de recursos hídricos superficiais devido à variabilidade das chuvas sazonais e as estações secas prolongadas ocasionadas devido às mudanças climáticas, tendo como consequência a sobre-exploração dos recursos hídricos subterrâneos. De acordo com Ndiritu *et al.* (2017), a África do Sul sofre com

severa escassez de recursos hídricos, possuindo precipitação média de 465 mm por ano e distribuição desigual em todo o seu território.

Preeti e Rahman (2021) relatam que a Austrália é o segundo país continental mais seco do mundo, com precipitação média anual abaixo de 600 mm em 80% de seu território, e abaixo de 300 mm acima de 50%, tendo como consequência restrições frequentes na disponibilidade de água em várias capitais e em vários centros rurais. Neste contexto, as diferenças significativas na distribuição de recursos hídricos em várias regiões do mundo e a provável expansão da demanda de água em áreas com escassez de água levará a desequilíbrios generalizados e mais frequentes entre demanda e oferta (NECHIFOR; WINNING, 2018).

HIRWA *et al.* (2022), relatam que o continente Africano enfrenta um desafio crescente no que diz respeito à escassez de água, que é impulsionada pelas mudanças climáticas, crescimento populacional e crescimento socioeconômico, combinados com a gestão inadequada dos recursos hídricos. Na África, a agricultura é o maior consumidor de água. A população em rápido crescimento aumenta a demanda por alimentos e a escassez de água, o que, por sua vez, ameaça à segurança alimentar (ZAKI *et al.*, 2018).

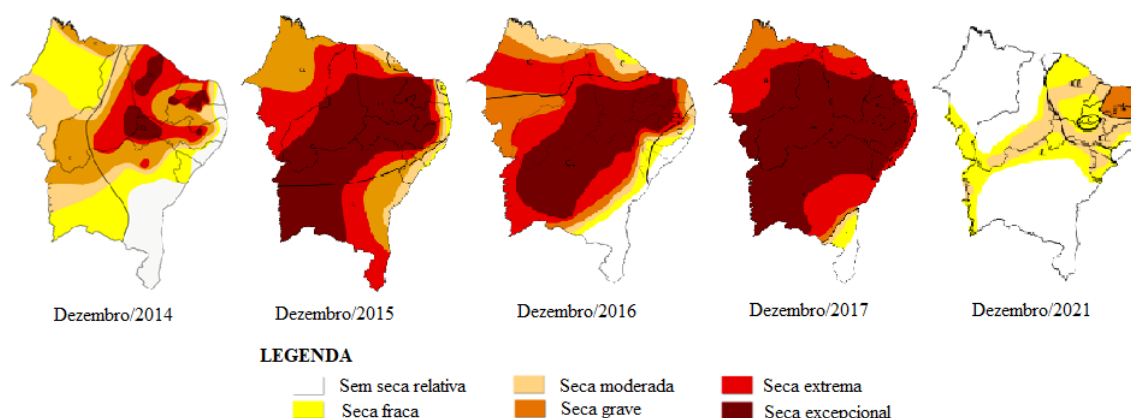
No âmbito nacional, o Brasil ocupa 47,7% da área da América do Sul, possui extensão territorial aproximada de 8.510.345,540 Km² e população aproximada de 215.000.035 habitantes (IBGE, 2022). As áreas do Brasil com maior escassez de água são as regiões Nordeste e Sudeste. Dessa forma, no Brasil a distribuição dos recursos hídricos é bastante heterogênea. A região Norte é detentora da maior parte desses recursos, possuindo aproximadamente 81% da oferta total do país e concentração populacional de apenas 5%, enquanto a região Sudeste possui a maior concentração da população total, equivalente a 45,5%, porém, dispõem apenas de 2,7% dos recursos hídricos disponíveis no Brasil (ANA, 2014).

Nesta perspectiva, observou-se uma redução significativa dos índices pluviométricos e das vazões dos rios em diferentes regiões do Brasil, especialmente no período entre os anos de 2014 e 2020. No Nordeste, região que depende grandemente da água armazenada em seus reservatórios, destaca-se a ocorrência de uma grande seca, que se estendeu de 2012 até 2016. Como reflexo da seca de 5 anos consecutivos, 65 açudes que fornecem água para abastecimento público encontravam-se secos em dezembro de 2016 (ANA, 2021).

De acordo com ANA (2021), desde 2016, os registros de precipitação no Brasil vêm apresentando valores abaixo da média histórica na maior parte do seu território. As regiões localizadas no nordeste do Brasil foram as mais impactadas por esses eventos críticos e, apenas a partir de 2020, ocorreu uma melhora dessas condições de baixa precipitação nessas regiões. As regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, especificamente os reservatórios da bacia hidrográfica do Rio Paraná e seus afluentes Paranaíba, Grande, Tietê e Paranapanema, que possui 70% da capacidade de armazenamento do país para o fornecimento de energia, vivenciaram períodos úmidos, com pouca chuva e reservatórios com níveis baixos entre os anos 2014 e 2017. Porém, a partir de 2018, houve um deslocamento da seca para essas regiões, agravando a crise energética no Brasil (ANA, 2021).

Na Região Nordeste, o agravamento da situação de seca se intensificou, tendo o seu pico sido registrado em dezembro de 2016, quando a maior parte do território já se encontrava em condição de seca excepcional, e sendo registrado colapso no abastecimento de 132 cidades do Nordeste. Conforme a Figura 2, é possível observar o cenário de escassez hídrica entre os anos de 2014 e 2017 na Região Nordeste. Em Pernambuco, no ano de 2021, devido às anomalias positivas de precipitação e melhora nos indicadores, houve recuo da seca moderada no norte e no sudoeste do estado, além da atenuação da seca no extremo oeste e no sul, que passou de seca grave para moderada (ANA, 2018).

Figura 2 - Situação da seca no Nordeste nos meses de dezembro de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2021



Fonte: Adaptado do Monitor de Secas da ANA (2021)

2.2 Conservação de água em edificações

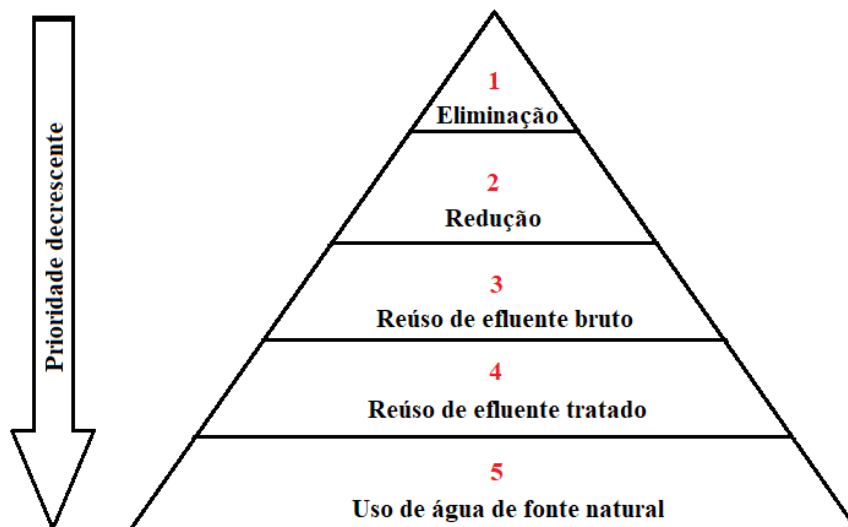
A água é um dos recursos mais valiosos do mundo. Por causa de seu papel vital na manutenção da vida, a demanda de água aumentou drasticamente devido ao crescimento populacional e as mudanças nos padrões de precipitação associados às mudanças climáticas. Portanto, a escassez de água tem motivado o desenvolvimento de estratégias alternativas para a conservação de água por diversos pesquisadores (LANI *et al.*, 2018).

Conforme a NBR 16782 (ABNT, 2019), a conservação de água em edificações é definida como o conjunto de ações que otimizam a operação do sistema hidráulico predial, de modo a permitir a utilização apenas da quantidade de água necessária para o desenvolvimento das atividades consumidoras, bem como ações que promovam a oferta de água produzida no próprio edifício e proveniente de fontes alternativas à água potável fornecida por empresas prestadoras de serviços de saneamento, visando o uso eficiente da água.

A gestão da demanda e a gestão da oferta de água promovem a diminuição do consumo de água, visando garantir a quantidade e qualidade necessária, além de reduzir perdas. Por conseguinte, é essencial distinguir os usos finais da água e os fatores que influenciam seu consumo, como a população, o consumo do usuário, as estações do ano e dispositivos tecnológicos (TESTON *et al.*, 2022).

Segundo Alwi *et al.* (2008), a conservação dos recursos hídricos obedece a uma hierarquia, cujo o primeiro nível consiste em eliminar o uso de água potável, caso este não seja possível, o segundo nível possui o objetivo de reduzir o consumo de água, através de instalações de aparelhos economizadores. O terceiro nível propõe medidas de reciclagem e reutilização direta da água não potável, como por exemplo o uso de água da chuva. Quando não for possível, parte-se para o quarto nível, no qual se tem a reutilização das águas não potáveis após tratamento. Por fim, em último caso, utiliza-se a água potável. Tal hierarquia está ilustrada na Figura 3.

Figura 3 - Hierarquia de gerenciamento da água



Fonte: Adaptado de Alwi *et al.* (2008)

Em edificação, o consumo de água varia de acordo com a sua tipologia (residencial, comercial, industrial, hospitalar, educacional) e, dentro de uma mesma tipologia, de acordo com as particularidades das instalações hidrossanitárias e tipos de usuários (seus hábitos, costumes, tradições). Sendo assim, cada edificação terá um perfil de consumo diferente, de acordo com suas características e as da população que nela habita.

As medidas para a conservação da água surgiram com os problemas da escassez e os desafios perante a seca, o crescimento da população e o aumento do consumo per capita (HURLIMANN, 2011). De acordo com TESTON *et al.* (2022), monitorar e controlar o consumo de água em edifícios são as ações mais importantes a serem tomadas como medida de gestão, assim como devem preceder outros investimentos como a captação de águas pluviais e o reaproveitamento de águas cinzas. Para Beal *et al.* (2013), a determinação dos usos finais da água é o primeiro passo para a obtenção de políticas relevantes e bem-sucedidas para controlar o consumo.

A demanda interna de água é mais significativa em atividades voltadas para limpeza e higiene quando se trata de edificações de tipologia residencial. De acordo com Sajad *et al.* (2022), as áreas com principal demanda de água em prédios administrativos incluem banheiros, chuveiros, cozinhas e sistemas de refrigeração-aquecimento. Conforme o mesmo autor, o chuveiro e a bacia sanitária são os maiores consumidores de água em uma edificação. Assim como, a

demanda da água para uso externo é caracterizada por atividades de lavagem de veículos e irrigação de jardins.

Conforme Ghisi *et al.* (2014), as estratégias para economizar água potável são o reaproveitamento de águas cinzas, o aproveitamento de águas pluviais, a instalação de equipamentos de economia de água e as combinações entre eles. Segundo os mesmos autores, a instalação de equipamentos de economia de água para controlar o consumo é a estratégia mais viável para otimização do consumo da água. Conforme Beal e Stewart (2014), o uso de tecnologias mais eficientes (como equipamentos de economia de água) e a crescente conscientização relacionada à conservação da água possuem a capacidade de reduzir o grau e a frequência dos picos de consumo.

De acordo com a norma brasileira NBR 16782 (ABNT, 2019), a limitação das vazões e pressões dinâmicas nos pontos de consumo é essencial para o uso eficiente da água. O Quadro 1 apresenta valores de vazões máximas de água por tipo de peça de utilização indicada pela NBR 16782.

Quadro 1 - Vazões máximas para a conservação de água de acordo com a atividade

Ponto de consumo	Vazão máxima (L/s)
Lavatório	0,10
Pia de cozinha (residencial / comercial)	0,12
Tanque	0,15
Torneira (rega de jardim e lavagem de pisos)	0,20
Chuveiro / ducha	0,20
Chuveiro elétrico	-

Fonte: Adaptado da NBR 16782 (ABNT, 2019)

De acordo com a norma brasileira NBR 13713 (ABNT, 2009), os aparelhos automáticos devem apresentar o volume máximo de água por ciclo. O Quadro 2 apresenta valores de vazões mínimas de água por tipo de peça com acionamento automático, tempo de ciclo máximo e volume máximo de água por ciclo.

Quadro 2 - Vazão mínima e tempo de ciclo máximo para aparelhos com acionamento automático

Tipo de aparelho automático acionado mecanicamente	Vazão mínima (L/s)	Volume máximo de água por ciclo (L)	Tempo de ciclo máximo (s)
Válvula para mictório	0,07	1,50	10
Válvula para chuveiro	0,10	12,50	50
Aparelhos automáticos para lavatório	0,04	1,20	10

Fonte: Adaptado da NBR 13713 (ABNT, 2009)

Conforme a norma brasileira NBR 10281 (ABNT, 2015), para as torneiras dotadas de dispositivos do tipo reguladores de fluxo ou redutor para mangueira, a vazão de água deve ser verificada com o dispositivo instalado. O Quadro 3 apresenta as vazões mínimas de funcionamento das peças, com exceção para máquinas de lavar, filtros e aparelhos para melhoria da qualidade da água para consumo humano.

Quadro 3 – Vazão mínima das peças quando submetidas a ensaios

Ponto de consumo	Vazão mínima (L/s)
Torneiras para pia de cozinha e lavatório	0,04
Demais torneiras	0,05

Fonte: Adaptado da NBR 10281 (ABNT, 2015)

Convém ressaltar com base no Quadro 1 que as vazões máximas indicadas pela NBR 16782 (ABNT, 2019) são apenas limitadoras para o consumo de água nas peças de utilização. O Quadro 2 demonstra que o volume de água consumido por aparelhos economizadores de água, quando obedecendo o limite máximo de tempo de utilização por ciclo, é inferior ao volume máximo especificado na NBR 16782 (ABNT, 2019). Diante do exposto, o Quadro 3 reforça a necessidade da garantia de vazão mínima para os pontos de utilização, compactuando com os valores apresentados no Quadro 2.

É pertinente afirmar que a pressão dinâmica mínima da água atuante nos pontos de utilização deve ser aquela necessária para assegurar a vazão de projeto. Por conseguinte, a NBR 5626

(ABNT, 2020) ressalta que a vazão de projeto pode ser obtida junto ao respectivo fabricante ou responsável pela colocação do produto no mercado nacional ou à especificação técnica do componente.

De acordo com a NBR 16782 (ABNT, 2019), a conservação de água em edificações deve ocorrer por meio da gestão de demanda e gestão de oferta de água em edificações novas e existentes. A mesma norma especifica os requisitos e estabelece os procedimentos e diretrizes para as edificações que decidem aplicar a conservação de água. Assim como, descreve as etapas necessárias para que sejam adotadas as práticas de conservação de água por meio do balanço hídrico e do estudo de viabilidade técnica e econômica, que possui a finalidade de selecionar as ações de conservação de água a serem implantadas.

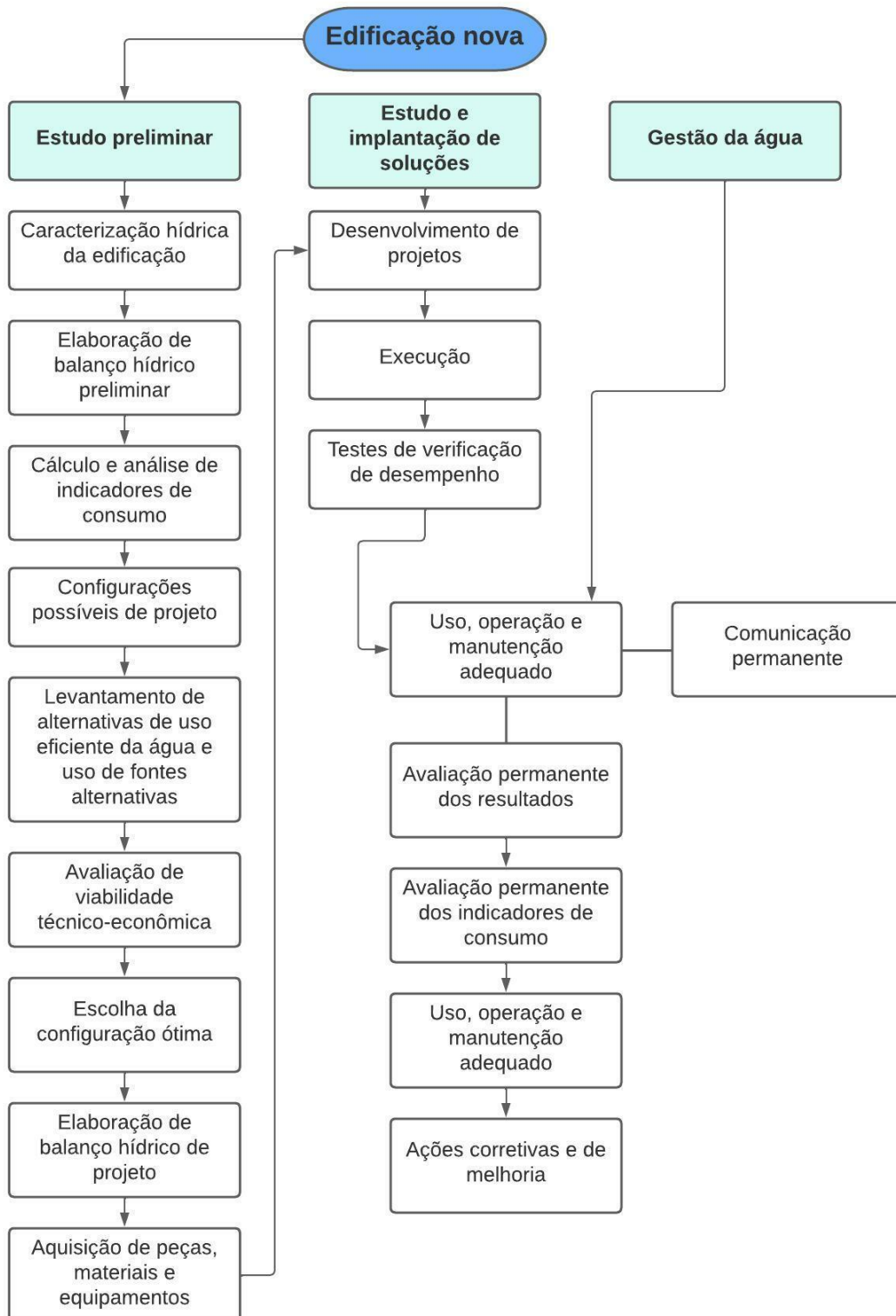
2.2.1 Conservação de água em edificações novas

De acordo com a NBR 16782 (ABNT, 2019), para edifícios novos, as ações de conservação de água devem ser definidas no início do desenvolvimento dos projetos do edifício, de modo que o projeto de arquitetura contemple os espaços técnicos necessários e que toda a infraestrutura seja prevista no projeto dos sistemas prediais hidráulicos e elétricos.

Novas edificações devem considerar o plano de conservação de água desde a fase de projeto, a partir da projeção de instalações prediais para aproveitamento de água da chuva e reúso de outras fontes alternativas, setorização do consumo de acordo com os usos finais, instalação de equipamentos economizadores, dentre outros. Desse modo, as instalações prediais devem garantir a otimização do consumo de água e facilitar a gestão do insumo durante a vida útil da edificação.

Diante do exposto, a Figura 4 apresenta para edificações novas, sugestão de fluxograma para implantação da conservação de água.

Figura 4 - Fluxograma - Conservação de água em novas edificações



Fonte: Adaptado da NBR 16782 (ABNT, 2019)

2.2.2 Conservação de água em edificações existentes

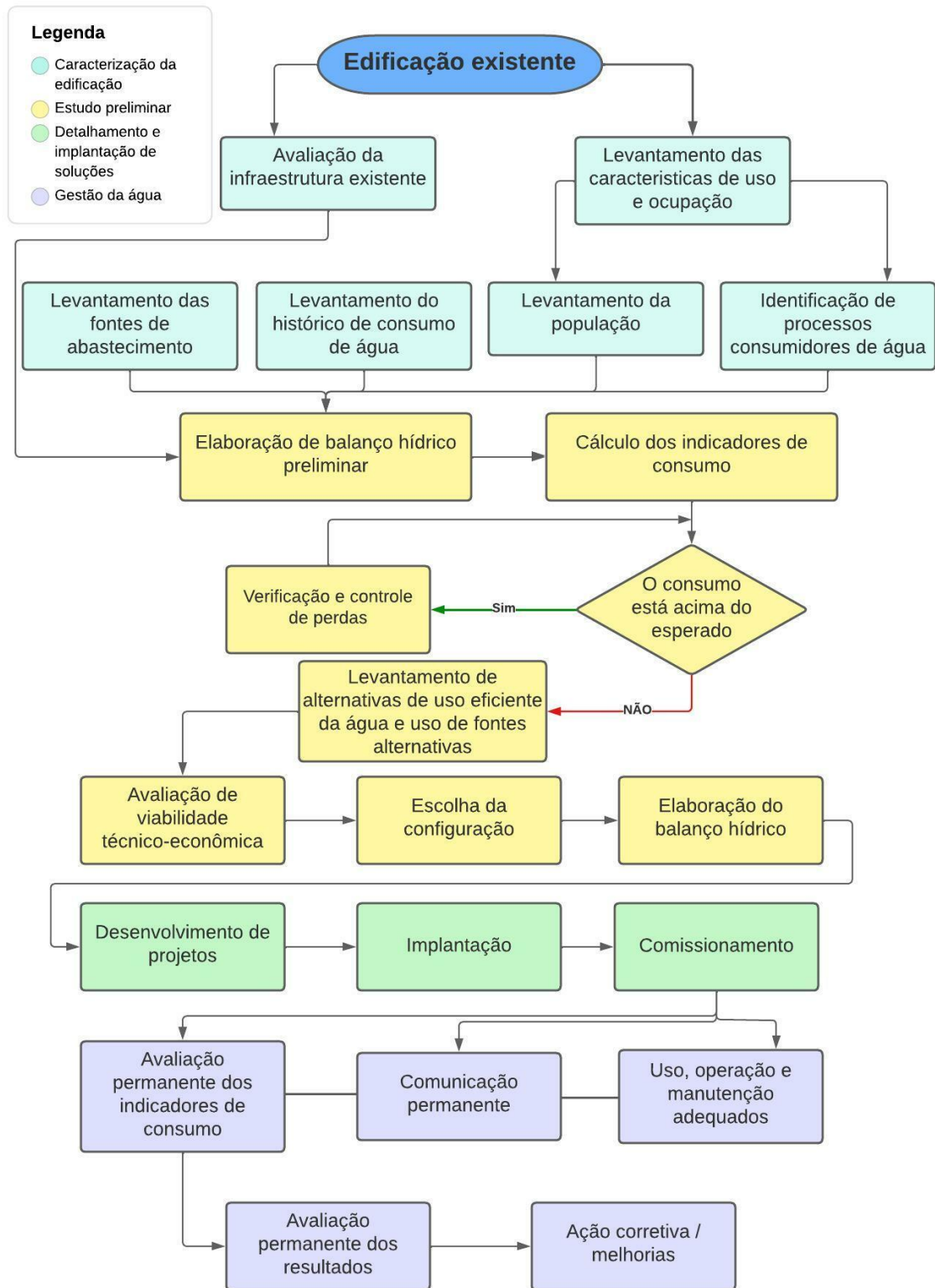
De acordo com TESTON *et al.* (2022), as estratégias para promover o uso eficiente da água, ou seja, para reduzir o consumo de água, ocorrem por meio de um conjunto de instrumentos para otimizar o uso da água em diferentes pontos de consumo. Entre esses instrumentos estão o controle, a manutenção de equipamentos, a redução de vazamentos, campanhas de conscientização e educação.

Conforme a NBR 16782 (ABNT, 2019), para edifícios existentes, é necessário avaliar, além das questões diretamente associadas à conservação de água, a viabilidade das obras civis eventualmente necessárias. Para edifícios já existentes, a implantação de um programa de conservação pode encontrar algumas barreiras, como a impossibilidade de substituição de equipamentos e de implantação da medição setorizada.

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019), a adoção de planos de conservação de água em edificações existentes devem começar com ações que possibilitem a redução da demanda de água potável por meio da gestão da demanda e, somente após contemplar essas ações, o uso de fontes alternativas.

Diante do exposto, a Figura 5 apresenta para edificações existentes, sugestão de fluxograma para implantação da conservação de água.

Figura 5 - Fluxograma - Conservação de água em edifícios existentes



Fonte: Adaptado da NBR 16782 (ABNT, 2019)

2.2.3 Programas nacionais de conservação de água

A promoção de práticas de conservação da água em edificações trata-se de uma forma eficaz de atender a demanda e ao abastecimento de água para novas atividades e usuários, preservando o meio ambiente (GOIS *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2022). Assim como para Jia *et al.* (2019), a gestão sustentável da água leva em consideração não apenas o tratamento final da água, mas também a conservação, reutilização, regeneração e reciclagem.

A importância da conservação de água nas cidades brasileiras fez crescer o número de programas que buscam implementar práticas e sistemas para economia de água. As ações de conservação de água nos sistemas prediais referem-se às práticas de gerenciamento do uso da água nas edificações. Neste sentido, Lima (2010) apresenta como alternativas para a redução do consumo de água potável a adoção de medidas que visam o uso racional, como por exemplo, a redução de pressão nos pontos de consumo, o uso de tecnologias economizadoras e a manutenção eficiente. Além disso, o emprego de fontes alternativas para usos que não necessitam de água potável.

São exemplos de programas nacionais de conservação do uso da água:

- Programa de Conservação de Água da Unicamp (Pró-Água UNICAMP);

O Pró-Água UNICAMP, criado em 1999, teve como objetivo promover o uso racional da água no campus da universidade, através do conserto de vazamentos, substituição de tubulações por polietileno de alta densidade (PEAD) e instalações de tecnologias economizadoras de água nos pontos de consumo. As ações propostas pelo programa em 1999 foram a vistoria, registro e conserto dos vazamentos existentes, instalação de 450 válvulas de mictório e a substituição de 1897 torneiras com fechamento automático. Nessa fase, foi detectado que cerca de 11% do total dos pontos de consumo de água apresentava algum tipo de patologia (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2022).

- Programa de Uso Racional de Água da Universidade de São Paulo (PURA – USP);

O programa de uso racional da água, criado em 1996, na Escola Politécnica de São Paulo, em parceria com a SABESP, teve como objetivo reduzir o consumo de água nos edifícios da USP. O programa PURA teve como primeiro princípio a detecção e correção de vazamentos de água e promoveu campanhas educativas, desenvolveu projetos-piloto e consultorias em edificações privadas e públicas (PURA, 2006).

- Programa de Uso Racional de Água da UFBA (ÁGUAPURA UFBA);

De acordo com Marinho, Freire e Kiperstok (2019), o programa de racionalização do consumo de água na universidade foi iniciado em 2001, com redução do consumo *per capita* de aproximadamente 49,5%. A partir de recursos da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), foram desenvolvidos dois projetos de pesquisa cooperativa: o AGUAERO - Racionalização do uso da água no Aeroporto Internacional de Salvador, entre julho de 2007 e abril de 2009; e o AEROSHOPPING - Diretrizes para o uso eficiente da água em ambientes comerciais do tipo aeroporto e shopping center, entre fevereiro de 2010 e setembro de 2012, retornando ao aeroporto e incluindo um shopping center de Salvador. Esses possibilitaram estudos mais detalhados das instalações e do comportamento dos usuários, e a projeção de cenários de redução do consumo de água de até 77%, com custos baixos em relação aos resultados.

3 SISTEMA DE COLETA E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA EM EDIFICAÇÕES

A distribuição irregular das reservas de água doce no mundo associada à densidade populacional exerce grande pressão sobre a retirada de água e de sua qualidade, comprometendo a sustentabilidade de seu uso e de seus ecossistemas circundantes (SOUSA *et al.*, 2019). Adicionalmente, o grande crescimento populacional e hábitos imprudentes no consumo da água acarreta uma demanda cada vez maior por água em áreas urbanas. Dito isso, a captação de águas pluviais poderia complementar significativamente o abastecimento hídrico como uma fonte alternativa para o consumo de água em usos não potáveis (NDIRITU *et al.*, 2017; SOUSA *et al.*, 2017).

Diante do exposto, as práticas de coleta da água de chuva são também consideradas como uma estratégia viável para a sustentabilidade dos recursos hídricos nos centros urbanos, pois podem

contribuir não só para a interceptação e armazenamento de águas pluviais, amortecendo significativamente os picos de cheias, mas também para a conservação da água potável, porque o sistema predial de aproveitamento de água pluvial destinado para o uso alternativo de água para fins não potáveis é uma importante ferramenta para a conservação de água em edificações (GOIS *et al.*, 2015; NDIRITU *et al.*, 2017; BRANDÃO e CAMPOS, 2019; PIMENTEL-RODRIGUES; SILVA-AFONSO, 2022).

Nesse contexto, Silva *et al.* (2015) afirmam que a captação de água da chuva é uma das fontes alternativas de água mais promissoras, uma vez que a água da chuva pode ser facilmente coletada e usada sem tratamento significativo para fins não potáveis. No entanto, a viabilidade econômica desses sistemas nem sempre é assegurada. Nessa perspectiva, os sistemas de captação de água da chuva requerem um estudo criterioso para avaliação de sua viabilidade, principalmente em grandes edificações, pois empregam custos de investimento consideráveis e, em alguns casos, longos períodos de retorno (MATOS *et al.*, 2014).

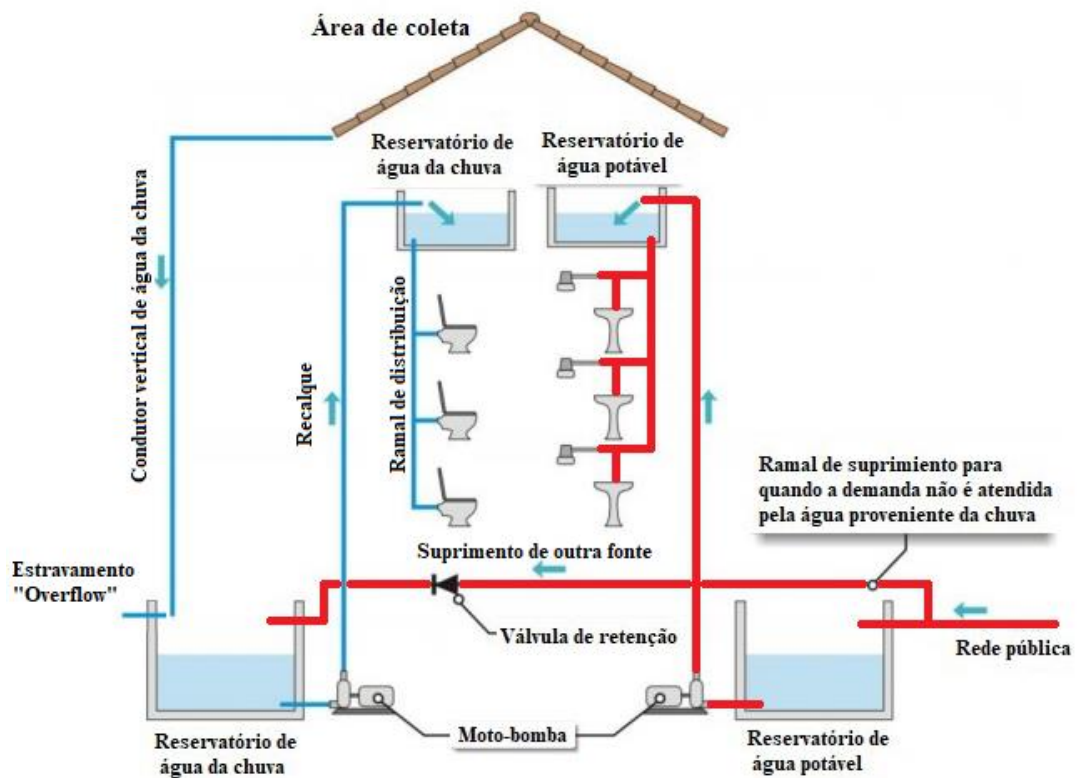
A captação da água de chuva em edifícios está diretamente relacionada com as superfícies de captação de água e, portanto, com a forma do edifício (ŞAHIN e MANIOĞLU, 2019). De acordo com Ribeiro e Marinowski (2020), o aproveitamento de água da chuva consiste em captar água da chuva na superfície que a água escoar, encaminhando-a para um tratamento quando necessário, para um armazenamento e posterior uso, em geral não potável. É pertinente dizer, que os componentes e equipamentos empregados em sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial variam de acordo com diversos fatores, dentre eles a tipologia e finalidade do sistema, a possibilidade técnica, a viabilidade econômica e aceitação social (RIBEIRO e MARINOSKI, 2020).

Os SPAAP são compostos basicamente por quatro itens: superfície de captação da água de chuva, sistema de condução das águas captadas, reservatório para armazenamento e por fim distribuição (GWENZI *et al.*, 2015; ALMEIDA *et al.*, 2021; FIORAMONTE *et al.*, 2022). Para os sistemas de aproveitamento de água de chuva para uso não potável, faz-se necessário a possibilidade de abastecimento com outra fonte alternativa de água, tendo como objetivo realizar o suprimento da demanda em períodos de baixa ou nula precipitação. Em edificações nas quais a fonte alternativa para o abastecimento do sistema de aproveitamento de água de

chuva seja a água potável, é imprescindível que as redes de água potável e de água proveniente da chuva não tenham ligação entre elas, a fim de evitar a contaminação cruzada.

A Figura 6 demonstra de forma simplificada a ligação da rede de abastecimento de água potável com o sistema de aproveitamento da água de chuva, garantindo a integridade do sistema potável por meio da instalação de uma válvula de retenção, que visa impedir a conexão cruzada entre as fontes de abastecimento potável e não potável. Tem-se ainda apresentado na Figura 6 os itens básicos e os fluxos de água no sistema, específicos para o aproveitamento em zona urbana, que são áreas providas de abastecimento de água.

Figura 6 - Modelo simplificado do funcionamento de um sistema de água da chuva, combinado com abastecimento de água potável



Fonte: Adaptado de Dornelles (2012)

3.1 Componentes do sistema de aproveitamento de água da chuva

- Área de captação

A definição da NBR 15527 (ABNT, 2019) para a área de captação é de que ela consiste na projeção horizontal da superfície impermeável da cobertura, local este em que a água é captada. May (2004) especifica que as áreas de captação mais usuais são os telhados e lajes de cobertura; porém, dependendo do tratamento que será realizado, pode-se captar água de superfícies impermeáveis de pisos em geral, como pátios, passeios e estacionamentos, com uma ressalva para estas últimas que são passíveis de uma maior contaminação.

De acordo com Oliveira (2016), a área de captação pode conter substâncias contaminantes que são carregadas pela chuva, podendo alterar suas características. Nesse contexto, dependendo das atividades desenvolvidas nas proximidades da superfície de captação, diferentes substâncias podem ser encontradas, como por exemplo, os metais pesados, principalmente o chumbo, por serem muito frequentes em áreas próximas às indústrias ou com tráfego intenso.

Dornelles (2012) ressalta que a seleção de materiais para coberturas exige uma análise cuidadosa para determinação dos efeitos desses materiais sobre a qualidade da água da chuva colhida. Para o autor, os materiais utilizados na cobertura podem causar principalmente problemas de caráter estético, ou seja, podem atribuir alguma coloração à água, o que a torna desagradável ao uso.

As coberturas (superfícies de captação) são componentes de sistemas predial de aproveitamento de água pluvial que possuem grande influência no volume e na qualidade da água da chuva que chega ao reservatório. O material do qual a cobertura é confeccionada pode provocar maior ou menor retenção da água precipitada (GWENZI *et al.*, 2015; RIBEIRO e MARINOSKI, 2020).

O material do qual é constituído o telhado é importante para a definição do coeficiente de escoamento superficial, que determina quanto da água precipitada se transforma em escoamento. De acordo com Tomaz (2010), o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Dessa forma, o tipo de material da cobertura influencia na parcela de perda volumétrica de água captada. Materiais porosos como telhas de fibrocimento, concreto e cerâmica apresentam maiores perdas, já telhados metálicos são os mais eficientes.

- Calhas e condutores verticais

Conforme a NBR 10844 (ABNT, 1989) as calhas são definidas como canais que possuem a finalidade de recolher a água de coberturas, terraços e similares, conduzindo a um ponto de destino. A mesma norma define os condutores verticais como as tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais até a parte inferior da edificação e os condutores horizontais como as tubulações que possuem a finalidade de conduzir as águas pluviais até os locais de destinação (reservatórios ou sistema público de drenagem).

Segundo May (2004), é necessário para a coleta da água a instalação de condutores verticais e horizontais, que são tubulações e calhas do sistema que conduzem a água da chuva até o reservatório. De acordo com Tomaz (2010), as calhas podem ser de chapas galvanizadas, liga de alumínio ou PVC, sendo que algumas características quanto ao material de fabricação das calhas devem ser analisadas. Elas devem ser de materiais que possuam resistência à corrosão e que não sejam afetadas por mudanças térmicas, além de serem lisas, leves e rígidas, e ter longa durabilidade.

- Grades e filtros

As telas e grades são utilizadas para a retenção de folhas, sujeira e areia que ficam nas calhas, mantendo a água mais limpa e não obstruindo a passagem de água nos condutores. As telas, peneiras e grelhas são utilizadas para a retenção dos materiais mais grosseiros, enquanto os filtros têm a função de remover as menores partículas (MAY, 2004). De acordo com Tomaz (2010), para a remoção de materiais em suspensão devem ser utilizadas peneiras com tela de 6mm a 13mm. Conforme o mesmo autor, o sistema para tratamento das águas pluviais depende principalmente da qualidade da água bruta e do seu uso pretendido.

- Dispositivos de descarte da primeira chuva

Existem diversos tipos de dispositivos para a autolimpeza. Um deles é o reservatório de descarte, munido de uma boia de nível, que tem como finalidade o fechamento do reservatório ao atingir o nível dele. Após o reservatório atingir o nível, a água da chuva, que for sendo captada, é direcionada para o reservatório de água da chuva. Quando a chuva cessar, deverá ser aberto o registro de descarte de água do reservatório de autolimpeza ou o acionamento de outro dispositivo destinado para essa finalidade, assim retornando às condições de funcionamento

inicial do reservatório. Diante do exposto, Dalsasso *et al.* (2017), ressalta que o volume descartado precisa ser esvaziado após um tempo, em função do regime de chuvas, para garantir a qualidade da água enviada para o reservatório de aproveitamento de águas pluviais.

Oliveira (2016) afirma que os primeiros milímetros de chuva normalmente são de pior qualidade, pois correspondem à lavagem de partículas poluidoras presentes na atmosfera e nas superfícies de captação. Portanto, é fundamental que haja o descarte das primeiras águas de chuva para eliminar grande parte dos contaminantes. Tal prática é comumente conhecida como “first flush”.

- Reservatórios de armazenamento

Para Tomaz (2010), o armazenamento das águas pluviais coletadas pode ser feito em reservatórios que podem ser elevados, apoiados ou enterrados, e de materiais como concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, fibra de vidro, plásticos, entre outros.

May (2004) apresenta uma série de recomendações importantes para o correto funcionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva, são algumas das recomendações:

- Evitar a incidência direta de luz solar no reservatório, para reduzir a proliferação de micro-organismos;
- A tampa de inspeção deve ser hermética;
- A saída do extravasor deve possuir uma tela que impeça o ingresso de animais;
- Realizar a limpeza anualmente removendo o sedimento decantado no fundo;
- O fundo do reservatório deve ter caimento mínimo em direção à saída auxiliar de limpeza;
- O reservatório e a tubulação que conduz água de chuva devem ser identificados com placas e pintado com cor diferenciada, para alertar que a água ali contida não é potável;
- O tubo de entrada deve ter um dispositivo de redução de turbulência (freio hidráulico) que evite o revolvimento do sedimento depositado no fundo do reservatório. Estes dispositivos são peças hidráulicas que direcionam o jato na direção vertical e oposta ao

fundo do reservatório, fazendo com que a velocidade seja dissipada na zona superficial do reservatório;

- Deverá ser previsto o reabastecimento do reservatório com água de outra fonte de abastecimento, em quantidade que garanta o consumo diário, além de ser necessário a instalação de dispositivos que impeçam o retorno de água do reservatório para a tubulação, assim evitando contaminação cruzada;

3.2 Parâmetros de qualidade da água de chuva usualmente avaliados

A qualidade de água da chuva é considerada boa, mas pode ter sua qualidade alterada em virtude da absorção de contaminantes atmosféricos. De uma forma geral, à medida que encontra a superfície terrestre também incorpora partículas contaminantes, alterando a sua qualidade, tanto em aspectos físico-químicos quanto microbiológicos. Essa contaminação pode ocorrer de forma e em níveis diferentes, dependendo da região que ocorre a precipitação, partindo do pressuposto de que a composição atmosférica de regiões urbanizadas, áreas rurais ou regiões que há o desenvolvimento de atividades industriais, por exemplo, é diferenciada em virtude das atividades que são desempenhadas em cada uma dessas regiões (ANDRADE NETO, 2013; PALHARES; GUIDONI, 2012; GWENZI *et al.*, 2015).

A qualidade de água da chuva é afetada durante a lavagem do telhado e pelo carreamento de partículas dissolvidas e em suspensão na atmosfera. A poluição de origem difusa, proveniente da lavagem e transporte de poluentes da atmosfera, de sua deposição na superfície e do escoamento superficial, tende a ter uma maior concentração no início dos eventos pluviométricos. Sendo assim, a intensidade e a duração de um evento têm grande influência nas cargas de poluentes existentes (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019), os parâmetros mínimos de qualidade para os usos não potáveis devem seguir o Quadro 4. Diante do exposto, para atendimento do parâmetro da contagem de coliformes, faz-se necessário a realização de análise de presença/ausência. Vale salientar que, a contagem de coliformes por volume de 100 mL deve ser menor que 200 organismos.

Quadro 4 - Parâmetros de qualidade da água para fins não potáveis

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia Coli</i>	< 200 / 100 mL
Turbidez	< 5,0 uT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: NBR 15527 (ABNT, 2019)

Em função dos requisitos determinados pela NBR 15527 (ABNT, 2019), referente à qualidade mínima da água, para desinfecção, fica a livre escolha do projetista. Quando realizada a desinfecção da água, o método utilizado pode ser: a utilização de cloro, ozônio, ultravioleta ou outras tecnologias.

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2019), para o uso em sistemas de resfriamento, os parâmetros de qualidade e tratamento necessários para o projeto e operação dos equipamentos devem ser obtidos juntos ao fabricante, responsável pela colocação do produto no mercado nacional ou profissional habilitado.

3.3 Normas técnicas e legislação para o aproveitamento de água da chuva no Brasil

Conforme Barros (2018), aproximadamente 80% da população mundial reside nos centros urbanos e a maior parte dessa população vive com acesso precário aos serviços públicos de drenagem e manejo das águas pluviais. De acordo com o mesmo autor, a falha do sistema de drenagem urbana acarreta inundações e, conseqüentemente, gera danos sociais, econômicos e ambientais.

Dornelles (2012) expõe que é comum o incentivo do uso de água da chuva por meio de legislação, atuando de forma regulatória em alguns casos e, em outros, de forma compulsória, sendo a melhoria ambiental e a redução de alagamentos os principais benefícios citados.

Existem legislações municipais e estaduais no Brasil pertinentes à captação de águas pluviais para fins não potáveis, conforme Quadro 5 e Quadro 6, respectivamente.

Quadro 5 - Legislações Municipais Brasileiras sobre aproveitamento de água da chuva e seus aspectos

Legislação Municipal			
Lei Nº	Ano	Município	Ementa
2.349	2004	Pato Branco/PR	Essa lei cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água e objetiva instituir medidas que induzam à conservação, ao uso racional e à utilização de fontes alternativas para a captação de água nas novas edificações.
10.479	2005	João Pessoa/PB	Lei que determina a obrigatoriedade na construção de reservatório de acumulação ou retardo para captação das águas, em lote com área impermeabilizada superior a 300 m ² , edificados ou não.
7.673	2013	Ponta Grossa/PR	Lei que determina a obrigatoriedade na construção de reservatório de acumulação das águas pluviais em lotes com área impermeabilizada igual ou superior a 500 m ² , para novas edificações, reformas ou alterações na planta original.
2.771	2015	Viana/ES	Lei que torna obrigatório a implantação de reservatório de acumulação para captação e armazenamento de águas pluviais para as novas edificações e as que apresentarem projeto de modificação/reforma, públicas ou privadas, que tenham área impermeabilizada superior a 500m ² ou deverão ser dotadas de reservatório de retardo para captação e armazenamento de águas pluviais as novas edificações e as que apresentarem projeto de modificação/reforma, públicas ou privadas, com área igual ou superior a 5000 m ² .
18.112	2015	Recife/PE	Lei que determina a obrigatoriedade na construção de reservatório de acumulação ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem em lotes com área superior a 500 m ² , edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 25% da área total do lote.

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 6 - Legislações Estaduais Brasileiras sobre aproveitamento de água da chuva e seus aspectos

Lei Nº	Ano	Estado	Ementa
4.393	2004	Rio de Janeiro	Lei que obriga empresas projetistas e de construção civil que realizam projetos para o estado do Rio de Janeiro a fazerem previsão de coletores, caixas de armazenamento e distribuidores de água de chuva para as edificações (residências) que abriguem mais de 50 famílias e empresas comerciais com mais de 50 m ² de área construída.
12.526	2007	São Paulo	Lei que torna obrigatório em todo o estado de São Paulo o uso de sistemas para captação e retenção de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos, em lotes edificados ou não, com área impermeabilizada superior a 500m ² , com o seguintes objetivos: reduzir a velocidade de escoamento de águas pluviais para as bacias hidrográficas em áreas urbanas, com alto coeficiente de impermeabilização do solo, e assim, controlar a ocorrência de inundações e contribuir para a redução do consumo de água potável.
4.181	2008	Distrito Federal	Lei que determina a obrigatoriedade na construção de reservatório para edificações públicas ou particulares, com área construída superior a 200 m ² .
9.130	2010	Paraíba	Lei que determina a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água da chuva e de águas servidas, nos projetos de empreendimentos residenciais que abriguem mais de 25 (vinte e cinco) famílias ou nos de empreendimentos comerciais com mais de 100 (cem) m ² de área construída.
12.544	2011	Bahia	Institui o Programa de Racionalização do Consumo de Água e Energia nos Prédios Públicos, no âmbito da Administração Pública do Poder Executivo Estadual.
2.425	2011	Rondônia	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação do sistema de captação e uso da água de chuva em prédios públicos novos.
14.572	2011	Pernambuco	Dispõe sobre as normas para o uso racional e aproveitamento das águas nas edificações maiores que 70 m ² . Em relação às águas de chuva, estas devem ser captadas na cobertura das edificações e encaminhadas à cisterna ou tanque para que sejam usadas em fins não potáveis.

(continua)

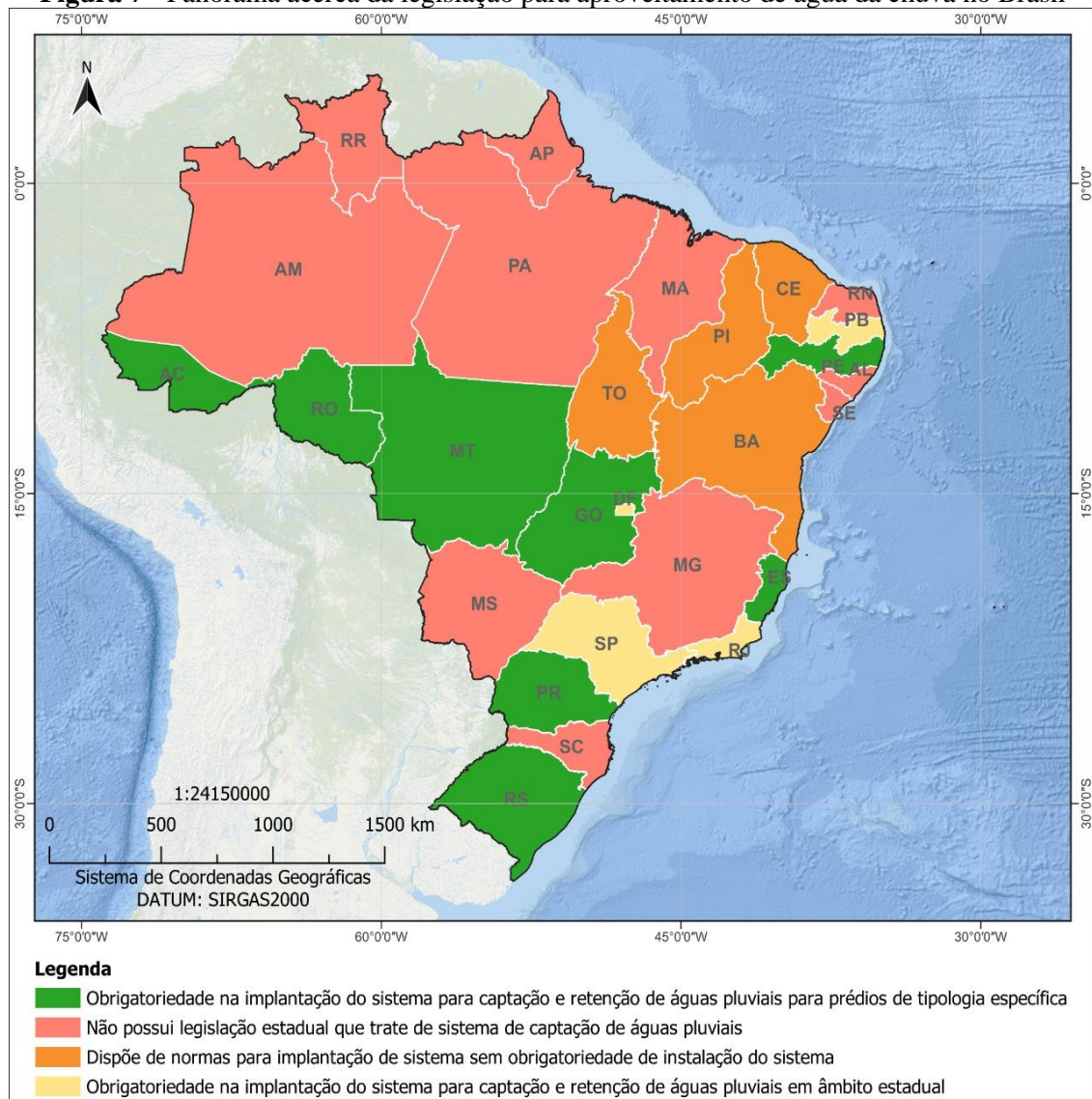
(conclusão)

Lei Nº	Ano	Estado	Ementa
17.582	2012	Goiás	Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos. Esses estabelecimentos ficam obrigados a instalar ainda equipamentos para reaproveitamento de água das chuvas, por meio de reservatórios e captadores.”
2.540	2012	Acre	Determina a inserção de sistema de captação e armazenamento de água da chuva nos projetos arquitetônicos das unidades escolares estaduais.
6.280	2012	Piauí	Cria o programa de captação de água da chuva.
14.270	2013	Rio Grande do Sul	Determina que todos os prédios do Corpo de Bombeiros, localizados no Estado do Rio Grande do Sul, mantenham sistema de captação e armazenagem de água da chuva e dá outras providências.
15.630	2015	Pernambuco	Torna obrigatória a instalação de sistema de captação de água de chuva para tratamento e reutilização da água empregada na lavagem de veículos pelos estabelecimentos comerciais que prestem este serviço e dá outras providências.
16.033	2016	Ceará	Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará.
18.730	2016	Paraná	Lei que obriga os lava-rápidos, lava-car, postos de combustíveis, clubes, comércios, indústrias e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais a instalarem cisternas para fins de captação e utilização da água da chuva na lavagem de veículos.
10.624	2017	Espírito Santo	Obriga a instalação de sistema e de equipamentos para captação, tratamento e armazenamento de água da chuva em postos de serviços e abastecimento de veículos e assemelhados no Estado, e dá outras providências.
3.261	2017	Tocantins	Dispõe sobre as normas para o uso racional e aproveitamento das águas nas edificações. Em relação às águas de chuva, estas devem atender os padrões de qualidade exigidos para os usos pretendidos.
10.799	2019	Mato Grosso	Lei que obriga as empresas projetistas e de construção civil no Estado de Mato Grosso a prover coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água da chuva nos projetos de construção de prédios públicos.

Fonte: Elaborado pela autora

A partir do Quadro 6 é possível observar que as legislações criadas tiveram seu foco principal na substituição parcial do abastecimento por água de chuva e especificações técnicas para a implantação do SPAAP. A nível nacional não existe uma lei que regularize e crie diretrizes apenas sobre o aproveitamento de águas pluviais. Conforme a Figura 7 é possível observar que aproximadamente 42,31% dos estados brasileiros não possuem qualquer tipo de legislação referente ao aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis.

Figura 7 - Panorama acerca da legislação para aproveitamento de água da chuva no Brasil



Fonte: Elaborado pela autora

Os estados brasileiros que ainda não estabelecem políticas legais de incentivo ao aproveitamento de água de chuva são: Alagoas, Amapá, Amazonas, Roraima, Maranhão, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, Rio Grande do Norte, Santa Catarina e Sergipe.

No Brasil existem normas que se referem ao aproveitamento de água da chuva, as quais seguem abaixo:

- ABNT NBR 15527/2019 - Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis. Esta norma disponibiliza as premissas para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis. Aplica-se a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após o tratamento adequado, como por exemplo, descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais, de acordo com padrões de qualidade de águas para estes fins.
- ABNT NBR 16783/2019 – Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Esta norma estabelece procedimentos e requisitos para caracterização, dimensionamento, uso, operação e manutenção de sistemas de fontes alternativas de água não potável em edificações com uso residencial, comercial, institucional, de serviços e de lazer.

3.4 Revisão Sistemática – Implantação de SPAAP em shopping center e edificações de grande porte

Os estudos de Revisão Sistemática da Literatura (*Systematic Literature Review - SLR*) visam identificar artigos primários relevantes, extrair os dados necessários, analisar e sintetizar os resultados para obter uma visão mais ampla do domínio investigado. A SLR é um meio de identificar, avaliar e sintetizar pesquisas disponíveis relevantes para uma questão de pesquisa específica, área de tópico ou fenômeno de interesse (VAN DINTER *et al.*, 2021).

Foi realizada uma revisão sistemática da literatura com objetivo de analisar e sintetizar a literatura existente sobre aproveitamento de água de chuva em shopping centers e edificações de grande porte (aeroportos e indústrias).

Os aeroportos consomem quantidades significativas de água para manter sua infraestrutura. Nos complexos aeroportuários, a maior parte da água é utilizada para atender demandas não potáveis, tornando-os ambientes potenciais para implantação de práticas conservacionistas

voltadas para a redução dessas demandas, como exemplo a medição de água, a instalação de equipamentos economizadores de água e o uso de fontes alternativas de água, como águas pluviais (CARVALHO *et al.*, 2013). Dada a crescente demanda mundial por esse tipo de transporte e a atual situação de escassez de água em diversas regiões do planeta, é possível afirmar que os aeroportos podem contribuir para um uso mais sustentável da água.

Conforme Ferreira *et al.* (2023), a gestão da água em setores econômicos com alta intensidade hídrica, como o varejo, é crítica. De acordo com os mesmos autores, os edifícios de comércio são indispensáveis para as cidades e contribuem significativamente para a demanda urbana por recursos naturais, incluindo água potável.

O procedimento adotado neste estudo foi baseado nas diretrizes do modelo PRISMA, *Preferred Reporting of Systematic Reviews and Meta-Analyses* (LIBERATI *et al.*, 2021). Foram investigadas quatro bases de dados científicas: SCOPUS, Engineering Village (Compendex), Web of Science e ScienceDirect.

Inicialmente foi definido o tema da pesquisa com a finalidade de responder às seguintes questões:

- O sistema de aproveitamento de água da chuva possui eficiência econômica e ambiental?
- Quais são os agentes consumidores de água e seus padrões de uso?
- Qual a metodologia utilizada para o aproveitamento de água da chuva para suprimento de demanda não potável de água?
- Quais métodos são utilizados para análise da viabilidade de SPAAP?

As buscas se deram através de palavras-chave como: “*Rainwater harvesting*”, “*Water consumption*” e “*feasibility*”. Estas palavras-chave foram pesquisadas combinadas, usando o descritor booleano “AND”, no idioma inglês, espanhol e português, buscadas nos resumos, títulos e nas palavras-chave. A *string* de busca utilizada para a pesquisa nos quatro bancos de dados foi: “*Rainwater harvesting*” AND *Feasibility* AND “*Water consumption*”.

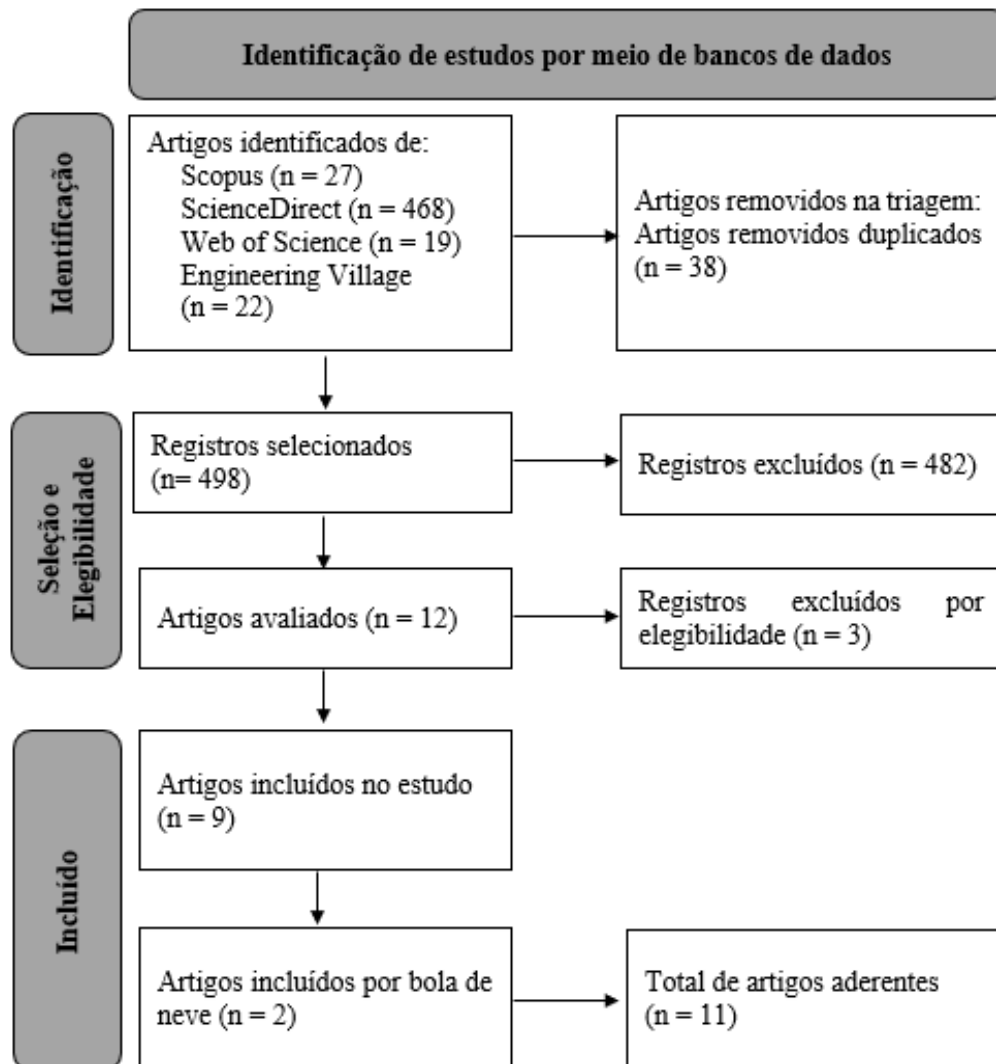
A combinação das palavras-chave escolhidas resultou em um número elevado de artigos, principalmente sobre o consumo de água, por isso em seguida foram aplicados critérios de

seleção. Foram incluídos apenas artigos publicados entre 2011 e 2023, e foram excluídos estudos que não sejam documentos do tipo artigos de periódicos.

Em seguida, os artigos foram organizados em um editor de planilhas, em formato de tabela, com as seguintes informações: título do artigo, nome do autor, ano de publicação, fonte da publicação, resumo do artigo e metodologia. Usando o método de pesquisa descrito, o total de 536 artigos foram inicialmente identificados, sendo *Engineering Village* (n= 22), *Scopus* (n=27), *Web of Science* (n=19) e *Science Direct* (n=468).

Foram excluídos os artigos que não abordavam o tema aproveitamento de água de chuva em shopping centers e edificações de grande porte (aeroportos e indústrias), assim como artigos que não indicaram dados sobre o consumo de água e seus padrões de uso. Tendo em vista que apenas foi abordado neste estudo o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. Após a organização dos artigos e exclusão dos duplicados, os títulos foram lidos e os artigos que não apresentavam relação com o tema foram excluídos. A descrição das etapas mencionadas é apresentada na Figura 8.

Foi realizada amostragem por bola de neve (*snowball sampling*), que consiste na inclusão de novos artigos ao conjunto de publicações aderentes ao tema, a partir da análise das referências dos artigos já selecionados. Foram adicionados no estudo mediante amostragem por bola de 2 (dois) artigos.

Figura 8 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos

Fonte: Elaborado pela autora

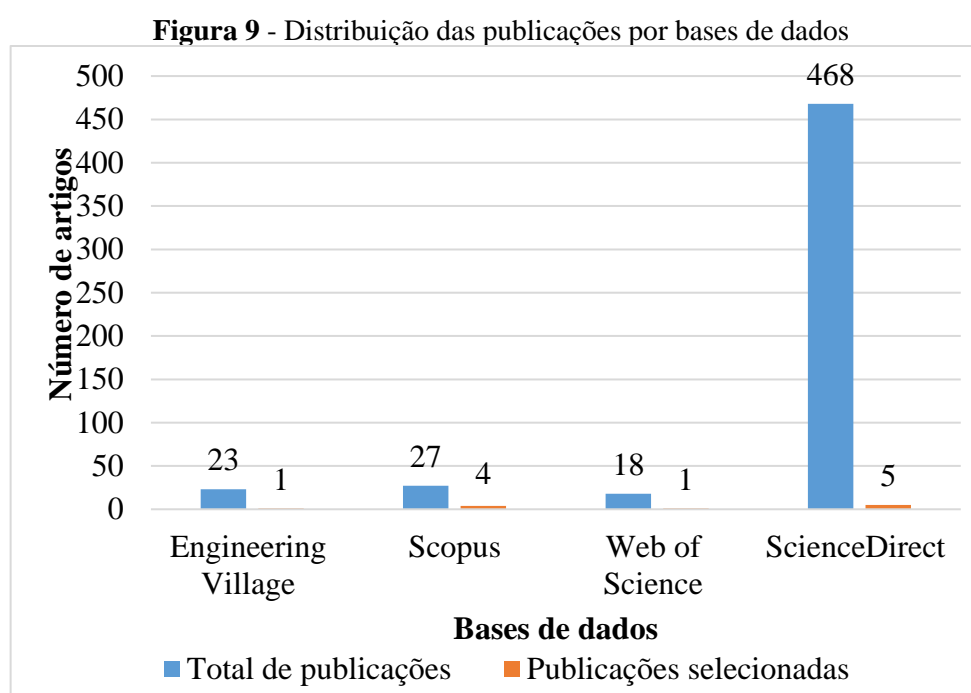
Após a aplicação das etapas citadas na Figura 8, 11 (onze) artigos foram considerados aderentes. Os dados incluídos na revisão sistemática foram extraídos independentemente e, em seguida, comparados e discutidos. Informações sobre autoria, período de coleta de dados, características do SPAAP, local de estudo, tipo suprimento de demanda e das avaliações econômicas foram analisados. Os resultados são apresentados na sequência.

3.4.1 Classificação dos artigos

Foi realizada análise da distribuição das publicações nas bases de dados como ilustrado na Figura 9. Diante do exposto é possível verificar que no *ScienceDirect* foi encontrado o maior número de artigos na pesquisa inicial, porém, apenas uma pequena parcela dos artigos

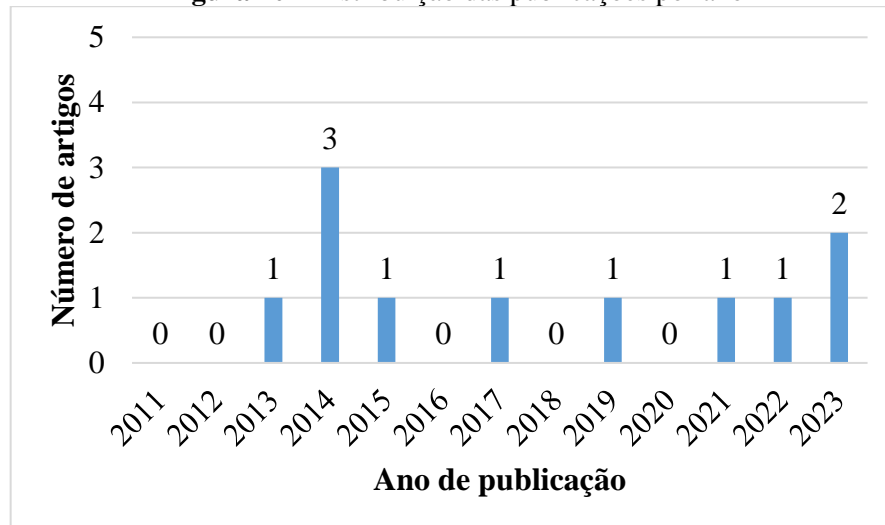
encontrados mostrou-se aderente ao tema deste estudo. A maioria dos artigos obtidos a partir da *string* de busca se referiam a estudos voltados para tipologias diferentes das pré-definidas no protocolo da SLR, justificando a não aderência.

O total de artigos encontrados nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science* e *Engineering Village* foi baixo, contudo, vale ressaltar que a *string* de busca utilizada nesta pesquisa foi igual a utilizada na base de dados *ScienceDirect*.



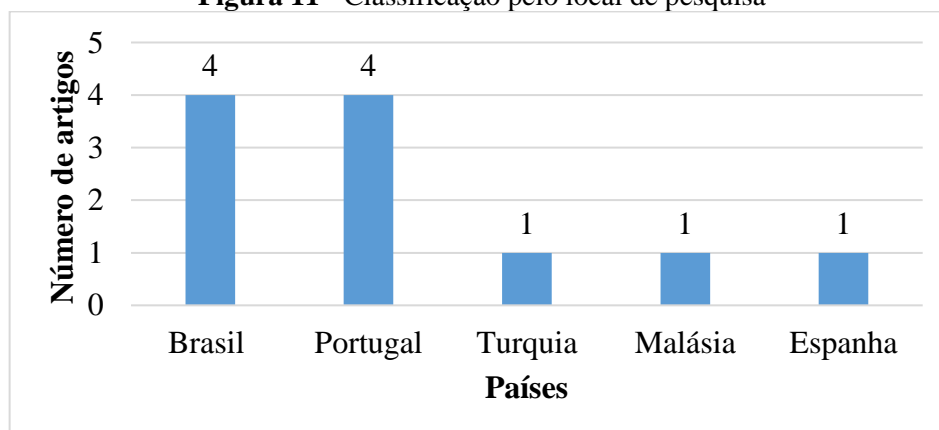
Fonte: Elaborado pela autora

Foi verificada a distribuição por ano de publicação. É possível observar na Figura 10, que o tema abordado para a tipologia shopping center, aeroporto e indústria são pouco exploradas. Diante do exposto, fica evidenciado que nos últimos 10 anos não ocorreu aumento considerável no número de publicações, o que pode ter sido motivado pela dificuldade de acesso para a realização de estudos em edificações de tipologia shopping center, aeroporto e indústria. Do total das pesquisas, aproximadamente 27% foram publicadas no ano de 2014, motivado provavelmente pela escassez de água em diversos países e pelo aumento do interesse nesse assunto.

Figura 10 - Distribuição das publicações por ano

Fonte: Elaborado pela autora

Do mesmo modo foi avaliada a distribuição dos países onde foram realizadas as pesquisas. Conforme a Figura 11, foi constatado que o Brasil e Portugal são expressivamente os países que possuem mais estudos voltados para a implantação de SPAAP.

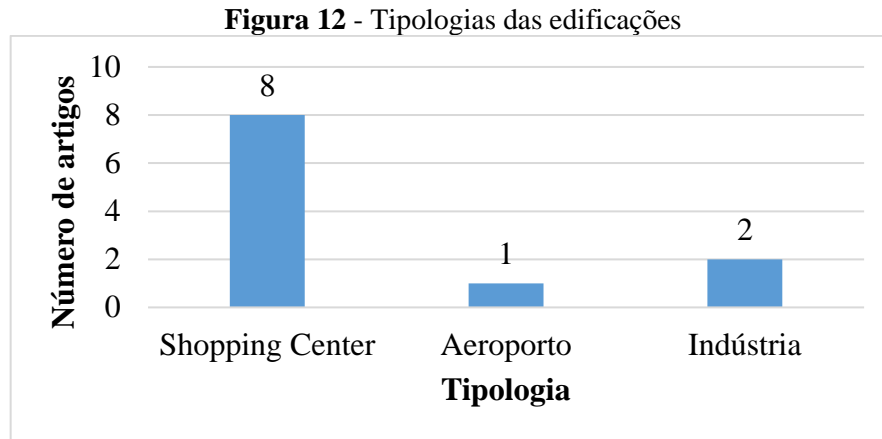
Figura 11 - Classificação pelo local de pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora

3.4.2 Análise dos resultados

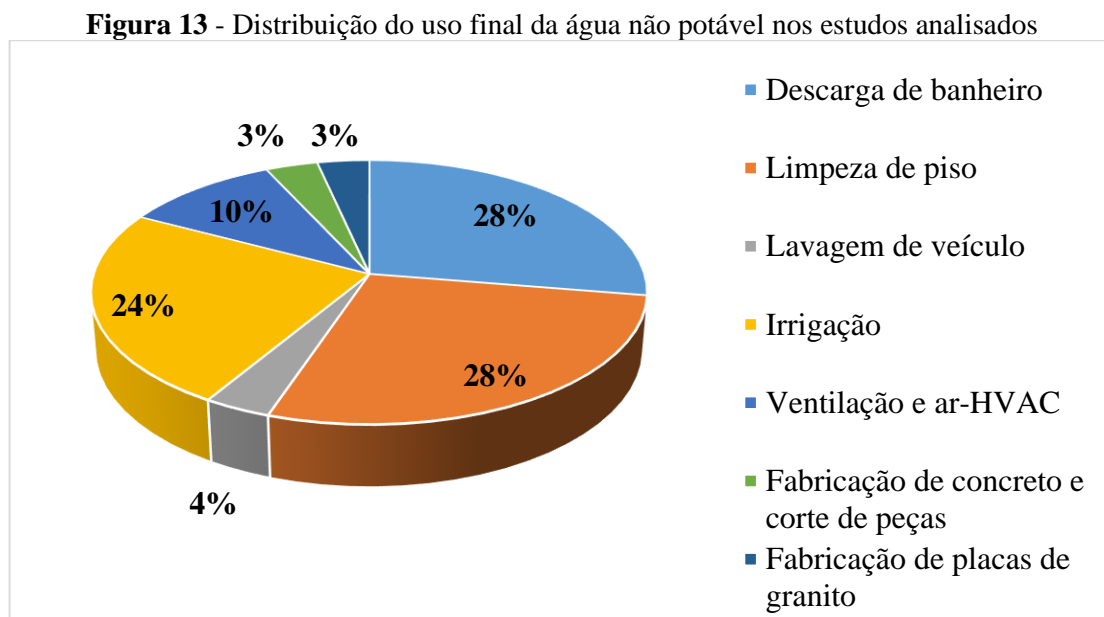
Os artigos selecionados apresentam estudos para diferentes tipos de edifícios, como demonstra a Figura 12. A maioria dos trabalhos foram efetuados para a tipologia shopping center, essa categoria abrange 73% dos estudos analisados. A maior parte das publicações que consideram

a tipologia shopping center é consequência dos estudos internacionais, dois dos oito estudos consistem em artigos efetuados no Brasil.



Fonte: Elaborado pela autora

Quanto ao uso da água, verifica-se que a mesma é utilizada principalmente para descarga de bacias sanitárias e limpeza de pisos. Os outros usos mais comuns são irrigação e ar-condicionado, como apontado na Figura 13. Vale ressaltar que existe variação quanto ao uso da água de acordo com as atividades desenvolvidas em cada tipologia.



Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 1 sintetiza os resultados encontrados pelos autores dos respectivos artigos consultados para o sistema predial de aproveitamento de água pluvial.

Tabela 1 - Características dos estudos revisados para implantação de SPAAP

Nº	Autor	Local	Tipologia	Tempo de retorno do SPAAP (anos)	Suprimento da demanda não potável pelo SPAAP	Área de captação (m ²)	Consumo anual de água ano/m ³	Agente consumidor de água não potável	Capacidade do reservatório inferior de água da chuva (m ³)	Consumo de água não potável ano/m ³
1	Kilinc <i>et al.</i> (2023)	Antalya, Turquia	Shopping Center	2	50%	18.500	16.344	B, AC	-	8.247
2	Ferreira <i>et al.</i> (2023)	Algarve, Portugal	Shopping Center	-	32%	9.315	4.800	B, IR, L	100	-
3	Fulazzaky <i>et al.</i> (2022)	Johor Bahru, Malásia	Shopping Center	-	28,6% e 57,1%	-	-	B, AC, IR, L	1000	77.027
4	Bertuzzi e Ghisi (2021)	Santa Catarina, Brasil	Indústria	10 e 15	50,2% e 54,6%	15.347	4.997	P, L	22 e 25	3.166
5	Sousa <i>et al.</i> (2019)	Lisboa, Portugal	Shopping Center	10	41%	40.000	251.600	AC	150	70.000
6	Sousa <i>et al.</i> (2017)	Portugal e Brasil	Shopping Center	19 e 2	60%	14.200 e 16.430	10.080 e 36.000	B, AC, IR	200 e 200	22.500

(continua)

(conclusão)

Nº	Autor	Local	Tipologia	Tempo de retorno do SPAAP (anos)	Suprimento da demanda não potável pelo SPAAP	Área de captação (m ²)	Consumo anual de água ano/m ³	Agente consumidor de água não potável	Capacidade do reservatório inferior de água da chuva (m ³)	Consumo de água não potável ano/m ³
7	Gois <i>et al.</i> (2015)	Londrina, Brasil	Shopping Center	20	-	50.000	145.577	B, AC	-	30.470
8	Matos <i>et al.</i> (2015)	Braga, Portugal	Shopping Center	2 a 6	18% a 20%	-	-	B, IR, L	-	-
9	Mendoza <i>et al.</i> (2014)	Barcelona, Espanha	Indústria	-	50%	-	-	P	25	-
10	Matos <i>et al.</i> (2014)	Braga, Portugal	Shopping Center	-	-	36.870	-	B, IR, L	-	76.898
11	Moreira Neto <i>et al.</i> (2012)	Minas Gerais, Brasil	Aeroporto	23	57% a 74%	85.000	204.000	B, IR, L, AC	-	56.493

Legenda: AC: Ar-condicionado; B: Bacias sanitárias; IR: Irrigação; L: Lavagem; P: Processo Industrial.

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 1 descreve as características dos estudos selecionados. Dentre os artigos investigados, todos os artigos avaliaram o potencial de economia de água potável devido ao aproveitamento de água da chuva. É importante destacar que Gois *et al.* (2015) e Matos *et al.* (2014) não especificaram o percentual de suprimento da demanda de água não potável pelo SPAAP proposto, assim como, (Fulazzaky *et al.*, 2022; Bertuzzi e Ghisi, 2021; Sousa *et al.*, 2017; Matos *et al.*, 2015; Moreira Neto *et al.*, 2012) realizam a comparação entre diferentes cenários, considerando variações de elementos como: áreas de captação de água da chuva, tamanhos de reservatórios, demandas de água e usos finais para água captada.

Kilinc *et al.* (2023) estudaram um centro comercial, localizado em Antalya, com o objetivo de realizar a análise de custo e benefício para implantação de um SPAAP. Os resultados são apresentados na forma de período de retorno e economia de água. Os mesmos autores relatam que a área de coberta e a precipitação local são fatores decisórios para a garantia da eficiência do sistema. A análise financeira foi realizada utilizando o valor presente líquido. O sistema de captação de água da chuva foi dimensionado para o abastecimento de 32% da demanda de irrigação, e para o abastecimento de 50% da demanda não potável das bacias sanitárias e limpeza de pisos. Os resultados desse estudo mostraram que a instalação de um SPAAP é uma opção viável para economizar água potável.

Ferreira *et al.* (2023) estudaram um comércio de grande porte, localizado em Portugal. Os mesmos autores realizaram a simulação de um SPAAP, recorrendo ao modelo de balanço de massa, com o propósito de verificar a viabilidade técnica e econômica para implantação do sistema. A edificação possui consumo mensal médio de água em torno de 400 m³. O consumo da edificação estudada para fins não potáveis, como irrigação, serviço de limpeza, lavagem de estacionamento e banheiros varia entre 70% e 90% da água total consumida. A captação de água da chuva ocorre em um telhado com área aproximada de 9315 m² e o reservatório ideal proposto com capacidade de 100 m³. O SPAAP proposto resulta em uma poupança mensal de nível de fatura da água entre 330 e 372 € (Euros). Os resultados desse estudo mostraram que a instalação de um SPAAP é uma opção viável para economizar água potável

Fulazzaky *et al.* (2022) estudaram o shopping AEON Taman Universiti, localizado em Johor Bahru, na Malásia. De acordo com os autores, o objetivo do estudo foi avaliar a confiabilidade para a implantação do SPAAP. A água da chuva coletada na cobertura da edificação destina-se

apenas a usos não potáveis, como descarga de vasos sanitários, irrigação de plantas, limpeza geral e o sistema de água gelada. Diferente dos demais estudos analisados, o projeto do SPAAP instalado no edifício AEON Taman Universiti para água da chuva, não considera o desvio da primeira descarga. Conforme os autores, foi realizada a análise econômica usando o valor presente líquido, retorno sobre o investimento e relação custo-benefício.

Bertuzzi e Ghisi (2021) realizaram o estudo em uma fábrica de pré-moldados de concreto, localizada na cidade de São José, no Estado de Santa Catarina. De acordo com os autores, o sistema de captação de água da chuva foi proposto para abastecimento exclusivo para a fabricação de elementos de concreto, corte de peças e limpeza de pistas. Possui demanda média de água variando de 74.000 a 391.000 L por mês. A captação de água da chuva ocorre em um telhado com área de 15.346,71 m². Para o SPAAP foi proposto a instalação de um reservatório superior com capacidade para 5.000 L e um reservatório inferior com capacidade para 25.000 L. Também foi prevista a implantação do sistema com bombeamento de água da chuva do reservatório inferior para o superior e distribuição por gravidade. Conforme os autores, foi realizada a análise econômica usando o valor presente líquido e *Payback* descontado. Os resultados desse estudo mostraram que a instalação de um SPAAP é uma opção viável para economizar água potável.

Sousa *et al.* (2019) estudaram o Shopping Center Colombo (CSC), localizado em Portugal, com o objetivo de compreender o desempenho efetivo da eficiência hídrica no mesmo. De acordo com os autores, o sistema de captação de água da chuva foi implantado para abastecimento exclusivo da central de cogeração do CSC. A captação de água da chuva ocorre em um telhado com área aproximada de 40.000 m², sendo essa água armazenada em dois reservatórios inferiores, com capacidade de 50 m³ e 100 m³, que posteriormente é bombeada para dois reservatórios superiores com capacidade de 100 m³, pertencentes ao sistema de ar-condicionado.

Entre 2006 e 2014 o consumo total de água no CSC foi em média de 251.600 m³ por ano, sendo 40% consumidos nas lojas (restaurantes, salão e outros) e 60% no restante do shopping (banheiros, fontes ornamentais, irrigação, aquecimento, ventilação, ar-HVAC e outros). A redução de custo do consumo de água corresponde a um valor médio de 54.500 € (Euros) por

ano, considerando todas as fontes alternativas existentes (sistema de água da chuva, poços, sistema de reúso de água purga).

Destaca-se que o SPAAP é responsável pelo abastecimento de aproximadamente 41% da demanda não potável do CSC. O consumo de água no ar condicionado foi de 3,07 L/visitante, em média, durante 2006 a 2014, variando de 2,7 L/visitante a 3,40 L/visitante, dependendo das condições climáticas de cada ano. Em média, 95% da água total do sistema predial de aproveitamento de água pluvial é consumida na central de cogeração (resfriamento), conseqüentemente acarretando na redução do consumo de água da rede pública em mais de 550 m³/mês, em média, acarretando na economia de 14.000 € por ano, provando o benefício desse sistema. Os autores afirmam que é possível melhorar o desempenho financeiro do sistema de aproveitamento de água da chuva realizando a ampliação da área de captação para todos os telhados do CSC.

Sousa *et al.* (2017) estudaram a Estação Viana Shopping (EVS), localizado em Viana do Castelo, Portugal, e o Boavista Shopping (BS), localizado em São Paulo, Brasil. De acordo com os autores, o objetivo do estudo foi avaliar a viabilidade técnica e financeira para a implantação do SPAAP. O sistema de captação de água da chuva do EVS foi dimensionado para o abastecimento de 100% da irrigação e do sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado. Assim como, também foi dimensionado para o abastecimento de 50% da demanda não potável dos banheiros, 70% da limpeza de pisos e 90% do abastecimento de fontes ornamentais. Os autores destacam que para obtenção de uma economia de água para fins de uso não potável de 60%, seria ideal a utilização de uma área de cobertura de aproximadamente 9.920 m² e a implantação de um reservatório de 200 m³.

Em 2013 o consumo total de água para fins não potáveis no BS foi em média de 22.500 m³ e a captação de água da chuva ocorreu em um telhado com área aproximada de 16.430 m². O SPAAP foi dimensionado para abastecimento de 100% do sistema de incêndio e do sistema de aquecimento, ventilação e ar-condicionado. Assim como, foi dimensionado para 85% da demanda não potável dos banheiros, 50% da limpeza das áreas comuns e 20% para limpeza das lojas. Sousa *et al.* (2017) destacam que para a obtenção do sistema com maior eficiência hídrica para o BS, seria ideal a utilização de uma área de cobertura de aproximadamente 12.240 m² e a

implantação de um reservatório de 200 m³, gerando uma economia de água para fins de uso não potável de 50%.

Gois *et al.* (2015) realizaram um estudo na cidade de Londrina, Paraná, em um Shopping Center com área construída de 135.000 m² e área bruta locável (ABL) de 82.000 m². De acordo com os autores, o SPAAP foi implantado para atendimento de legislação local, com uso para o abastecimento de vasos sanitários, mictórios e sistema de refrigeração. A captação de água da chuva ocorre em um telhado com área aproximada de 50.000 m². Entre 2012 e 2013 o consumo médio mensal de água foi de 2.047 m³ por mês, com picos acima de 5.000m³ em novembro e dezembro. Os resultados desse estudo mostraram que a instalação de um SPAAP é uma opção viável para economizar água potável. Além disso, economizar água favorece na redução da demanda por este recurso e energia, bem como reduz o risco de inundações.

Matos *et al.* (2015) estudaram o edifício comercial Dolce Vita Braga, localizado em Braga, Portugal. De acordo com os autores, o objetivo do estudo foi avaliar a viabilidade financeira para a implantação do SPAAP. O sistema de captação de água da chuva do Dolce Vita Braga foi dimensionado para o abastecimento de cenários diferentes. Conforme os autores, foi realizada a análise econômica usando o valor presente líquido, período de retorno e taxa interna de retorno. Porém, não foi considerado os custos de manutenção do sistema. Os resultados desse estudo mostraram que a instalação de um SPAAP é uma opção viável para economizar água potável.

Matos *et al.* (2014) estudaram o Shopping Center Dolce Vita Braga, localizado em Braga, Portugal. De acordo com os autores, o objetivo do estudo foi definir a melhor configuração para um SPAAP, considerando diferentes cenários de usos não potáveis. A captação de água da chuva ocorre em um telhado com área de 36.870 m². Conforme os autores, o cenário que melhor se adequa ao estudo utiliza a água apenas para irrigação e lavagem de pisos. Os resultados desse estudo mostraram que a instalação de um SPAAP é uma opção viável para economizar água potável.

Mendoza *et al.* (2014) realizaram o estudo em uma fábrica de placas de granito, localizada Barcelona, Espanha, com o objetivo de propor a implantação de um sistema de captação de água da chuva. Os autores dimensionaram o reservatório para 30 cenários distintos, com a

finalidade de determinar o reservatório ideal para armazenamento da água da chuva. O sistema de captação de água da chuva foi dimensionado para o abastecimento de 50% da demanda de água do processo de serragem. Os resultados desse estudo mostraram que a instalação de um SPAAP é uma opção viável para economizar água potável.

Moreira Neto *et al.* (2012) estudaram o Aeroporto Internacional Tancredo Neves, em Confins, no Estado de Minas Gerais. O complexo aeroportuário cobre uma área de 15 km². O prédio estudado possui área de cobertura de 85.000 m² e 1.857.800 m² de área verde. De acordo com os autores, o objetivo do estudo foi avaliar o potencial de aproveitamento da água da chuva com a implantação do SPAAP. A demanda de água não potável foi dimensionada com uso para o abastecimento de vasos sanitários, limpeza de lixo, irrigação de jardim e sistema de refrigeração. Conforme os autores, foi realizada a análise econômica usando o valor presente líquido. Porém, foram desconsiderados os custos com calhas e tubos de descargas, pois o aeroporto já possui tais dispositivos.

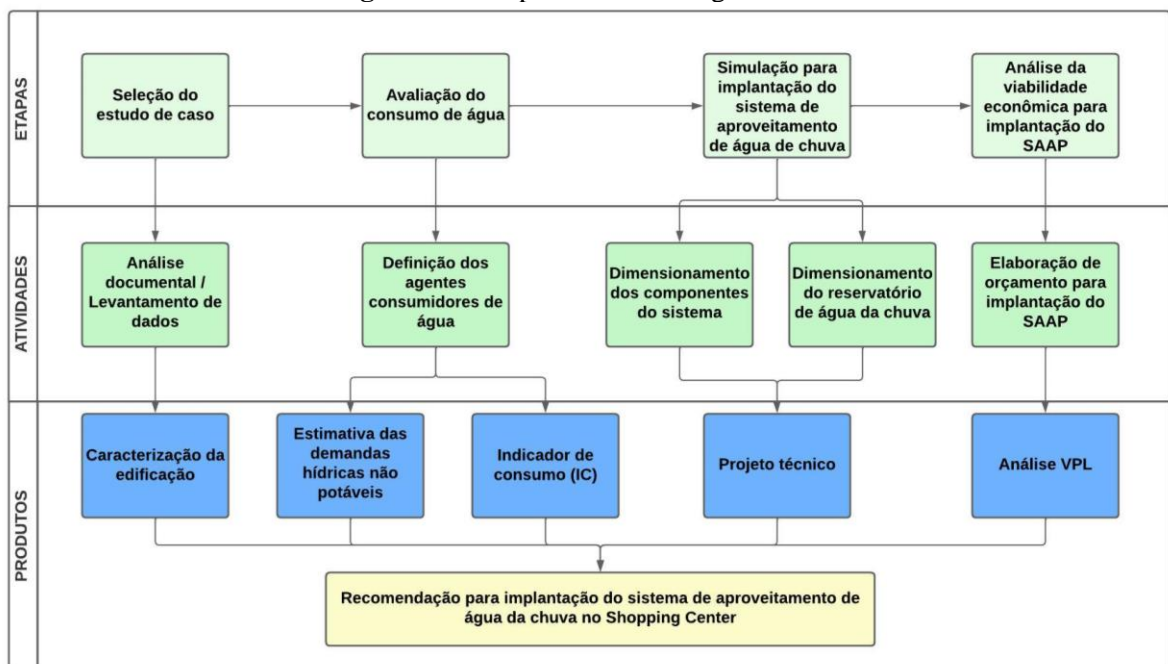
Ao realizar o mapeamento da literatura, foi possível identificar que o sistema predial de aproveitamento de água pluvial por diversas vezes foi considerado economicamente viável, tornando o mesmo uma solução relevante para obtenção de economia de água em edificações de grande porte. Assim como, a análise dos dados apresentados evidencia uma grande variação no tempo de retorno do SPAAP. Diversos motivos podem explicar esse fato, como: taxa de água, custos de implantação, custos de operação e manutenção.

Os resultados obtidos apontam para a necessidade de busca por soluções otimizadas para o projeto de sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial, melhorando assim, a viabilidade de implantação desses sistemas, e conseqüentemente, fornecer subsídios para novas pesquisas no tema.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa visa propor a implantação de sistema de aproveitamento de água da chuva em um shopping center da cidade do Recife-PE. Para atender a esta proposta, utilizou-se como um dos métodos de pesquisa o estudo de caso, desenvolvido com base na pesquisa de campo. As etapas da metodologia adotada podem ser verificadas na Figura 14.

Figura 14 - Etapas da metodologia adotada



Fonte: Elaborado pela autora

4.1 Seleção do estudo de caso

A primeira etapa da metodologia consistiu na seleção do prédio em estudo. Inicialmente foi realizado um levantamento de informações gerais sobre os shoppings centers existentes no Estado de Pernambuco, sendo esse levantamento realizado a partir das informações disponíveis no site da Associação Brasileira de Shopping Centers (ABRASCE). Nessa fase buscou-se, principalmente, identificar a existência de sistema de aproveitamento de água da chuva, a área total de construção, o ano de inauguração e a localização geográfica dos shoppings.

Conforme a Tabela 2, foi identificado a existência de 21 Shopping centers no Estado de Pernambuco, sendo 13 localizados na Região Metropolitana do Recife (RMR).

Devido às restrições construtivas dos centros urbanos, foram excluídos da seleção os prédios que não possuíam área disponível para implantação do SPAAP, conforme consulta realizada via imagem Google Earth. Também foram excluídas da seleção as edificações que já possuem SPAAP, as edificações com menos de 10 anos de funcionamento, motivado pelo histórico de consumo de água e fluxo de pessoas, e as edificações que não estão localizadas na RMR, devido às distâncias físicas, que dificultariam o levantamento de dados em campo.

Tabela 2 - Identificação dos Shopping Centers no Estado de Pernambuco

Shopping	Área construída m ²	Área bruta locável m ²	Ano de inauguração	Localização	SPAAP
Shopping A	176.048	75.291	1980	Recife	Não
Shopping B	86.165	50.964	1993	Jaboatão dos Guararapes	Sim
Shopping C	27.293	27.293	1995	Petrolina	Não
Shopping D	138.84	44.898	1997	Olinda	Não
Shopping E	63.000	35.811	1997	Caruaru	Não
Shopping F	27.200	15.768	1997	Caruaru	Não
Shopping G	57.668	23.338	1998	Recife	Não
Shopping H	27.200	15.768	1998	Recife	Não
Shopping I	-	3.000	2003	Recife	Não
Shopping J	29.000	20.000	2009	Cabo de Santo Agostinho	Não
Shopping K	50.000	18.000	2009	Caruaru	Não
Shopping L	295.000	103.000	2012	Recife	Sim
Shopping M	12.850	9.300	2012	Salgueiro	Não
Shopping N	22.500	14.675	2013	Vitória de Santo Antão	Não
Shopping O	55.000	35.000	2015	Paulista	Não
Shopping P	137.408	51.481	2018	Olinda	Sim
Shopping Q	61.000	27.342	2018	Camaragibe	Não
Shopping R	18.000	8.600	2018	Igarassu	Não
Shopping S	12.094	8.975	2019	Carpina	Não
Shopping T	9.600	9.600	2020	Serra Talhada	Sim
Shopping U	51.917	11.000	2021	Moreno	Não

Fonte: Adaptado de ABRASCE (2023)

Optou-se pela escolha do shopping de maior expressividade em área construída e tempo de funcionamento, tendo como principal motivação a existência do histórico de consumo e fluxo de pessoas, assim como, a receptividade da administração do empreendimento para a realização da pesquisa e disponibilidade de dados.

Vale ressaltar que a edificação em estudo possui um conjunto de ações sustentáveis, por exemplo, um ecoponto para o descarte de recicláveis e uma estação de tratamento de efluentes. Atualmente 100% do esgoto produzido pelo Shopping em estudo é tratado, reduzindo o impacto da emissão de dejetos no meio ambiente. A água proveniente da ETE é reaproveitada na irrigação de uma parte dos jardins do shopping.

4.2 Levantamento de dados

Após o aceite de cooperação para liberação das informações e autorização para acesso à edificação para a realização dos levantamentos em campo, buscou-se junto ao setor administrativo do shopping a realização da primeira visita ao local. Nesta visita foram obtidas informações como:

- Histórico de consumo de água da concessionária, referente aos últimos 10 anos;
- Fluxo de pessoas com acesso ao Shopping, referente aos últimos 10 anos;
- Projeto arquitetônico do shopping, em formato digital.

A primeira visita de caracterização inicial foi realizada no dia 19 de abril de 2022. Além dos dados anteriormente mencionados, a visita teve o objetivo de coletar dados diversos referentes ao perfil operacional da edificação, gestão do consumo de água e tempo de vida da edificação. Os dados coletados compõem a ficha de cadastro da edificação, que foi adaptada do questionário padrão do Grupo de Recursos Hídricos da Escola Politécnica de Pernambuco (AquaPOLI). Essa ficha (Anexo A) foi preenchida em todas as visitas realizadas no Shopping. Além disso, foram feitos registros fotográficos das instalações da edificação, que compõem a parte final do cadastro. O cadastro engloba informações, tais como: idade da edificação, tipo de manancial disponível (poço, caminhão-pipa ou COMPESA), número de hidrômetros, número de funcionários (fixos e flutuantes), existência de campanhas educativas etc.

Novas visitas foram realizadas nos meses de junho, julho e dezembro de 2022, janeiro e maio de 2023, para verificações mais detalhadas do perfil físico do edifício, como averiguação de áreas do terreno, áreas de jardim, condições das instalações, tipos de equipamentos hidráulicos etc. Deste modo, a partir das visitas foi possível obter informações mais precisas acerca, por

exemplo, das manutenções das instalações hidráulicas do prédio e do funcionamento da edificação.

4.3 Avaliação do consumo de água potável

A avaliação do consumo de água possui o objetivo de quantificar o consumo de água realizado em cada atividade e identificar o volume de água que pode ser substituído por água não potável. Por meio do levantamento de campo e análise documental, foi possível a identificação dos agentes consumidores e conseqüentemente a realização da avaliação da demanda de água por meio das vazões de água consumidas nas atividades.

Com a definição dos agentes consumidores, sucedeu a elaboração do plano de setorização do consumo de água, que possibilitou a divisão por setor de cada agente consumidor de água, tais como: lojas (restaurantes, hipermercado, cinema etc.), condomínio (banheiros, irrigação de jardins, lavagem de pisos) e sistema de resfriamento. Dessa forma, foram caracterizadas as atividades com potencial uso de água não potável, assim como, a definição da atividade consumidora que acarreta maior impacto no consumo de água.

4.4 Estimativa das demandas hídricas não potáveis

O Shopping Center em estudo possui grande potencial de suprimento da água potável por água de fontes alternativas, tais como: águas cinza, água de condensação, e em destaque as águas pluviais. Neste estudo foi tratado apenas água da chuva, mediante a complexidade e tamanho da edificação. As atividades consumidoras de água não potável da edificação, passíveis de utilização de água da chuva coletada na rede de coleta de água da chuva existente, são a rega de jardim, a lavagem de pisos, a descarga de bacias sanitárias e a central de resfriamento. Porém, para este estudo, a utilização de água da chuva para descarga de bacias sanitárias foi desconsiderada, motivado pela implantação de sistema de coleta de esgoto a vácuo.

4.4.1 Determinação do consumo de água para rega de jardim

Para a estimativa do consumo de água da rega de jardim, foi considerado o consumo de água de 2 L/dia/ m², conforme (TOMAZ, 2010; MOURA; SILVA; BARROS, 2018; SILVA *et al.*,

2019). Deve-se salientar que não foi possível a realização de medição do consumo de água para a rega de jardim nas visitas realizadas a edificação em estudo. Logo, de acordo com a administração do shopping, a rega de jardim ocorre 3 vezes por semana. Foi considerado que um mês possui 30 dias e a rega ocorre 10 dias por mês. É importante salientar que a frequência no número de dias de ocorrência de irrigação varia no inverno e no verão. A Equação 1 apresenta a demanda de água para a rega de jardim.

$$D_{\text{mês(jardim)}} = A_j \times T_{c_j} \times Q_m \quad (01)$$

Onde:

$D_{\text{mês(jardim)}}$ é a demanda de água necessária para a rega de jardim em $\text{m}^3/\text{mês}$; A_j é a área de jardim em m^2 , obtida no projeto arquitetônico da edificação fornecido pelo shopping; T_{c_j} é o consumo de água para rega de jardim em $\text{L}/\text{dia}/\text{m}^2$; Q_m é o número de dias em que o jardim é regado no mês.

4.4.2 Determinação do consumo de água para lavagem de piso internos

No prédio estudado, os serviços são executados por empresa terceirizada que segue a programação de manutenção estabelecida pela administração do shopping. A equipe de limpeza realiza a manutenção das áreas comuns durante o período de funcionamento da edificação com o uso de MOP e após o horário de funcionamento é realizada a lavagem de piso nos locais necessários, com o uso de balde e mangueira.

Diante da complexidade da edificação, para esse estudo foi considerada apenas a lavagem de piso dos banheiros, sendo que nesta estimativa considerou-se que a lavagem dos pisos seria realizada uma vez por dia, conforme informação coletada com a equipe responsável pela limpeza da edificação, totalizando 30 dias por mês. As áreas de piso dos banheiros do shopping foram fornecidas pela administração do shopping e verificadas nas visitas realizadas. Diante do exposto, para a estimativa do consumo de água para lavagem de piso dos banheiros, foi considerado o consumo de água de $2 \text{ L}/\text{dia}/\text{m}^2$, conforme (TOMAZ, 2010). Com base nesta taxa, admitiu-se a Equação 2.

$$D_{\text{mês}}(\text{lavagem}) = A_a \times T_{\text{cp}} \times N_p \times Q_m \quad (02)$$

Onde:

$D_{\text{mês}}(\text{lavagem})$ é a demanda de água necessária para a lavagem de piso em $\text{m}^3/\text{mês}$; A_a é a área de piso em m^2 , fornecido pela administração do shopping; T_{cp} é o consumo de água para lavagem de piso em $\text{L}/\text{dia}/\text{m}^2$; N_p é o número de vezes que o piso é lavado no dia e Q_m é o número de dias que o piso é lavado no mês.

4.4.3 Determinação do consumo de água para central de resfriamento

O Shopping Center estudado possui um sistema de ar-condicionado central do tipo chiller. Os chillers são resfriadores de água e a água gelada produzida por eles é utilizada com o objetivo de arrefecer o ar. Essa água é destinada para equipamentos do tipo Fan Coil, distribuídos na cobertura da edificação e responsáveis pela climatização das áreas comuns do empreendimento.

Para a estimativa do consumo de água para suprimento de demanda da central de resfriamento, foi considerada a média do consumo mensal (m^3). O volume de água foi verificado no histórico de consumo de água do sistema de resfriamento medido e fornecido pela administração do shopping, entre o período de 2012 a 2022. O volume de água consumida por mês corresponde a complementação do volume de água demandada pela central de resfriamento, motivadas pelas perdas no sistema (evaporação).

4.5 Cálculo dos indicadores de consumo de água

De acordo com Santana e Kiperstok (2010), o Indicador de Consumo (IC) está diretamente correlacionado à definição das características das edificações, como a tipologia, os usos específicos, o quantitativo de pessoas, os processos construtivos das instalações hidráulicas, as patologias, a manutenção e em menor expressividade as condições climáticas. O IC é utilizado como uma ferramenta de comparação entre edifícios de ocupação semelhante, assim como pode ser utilizado para definir metas de redução do consumo de água por meio de adoção de medidas de controle do consumo de água pelos agentes consumidores, das correções de perda e

vazamentos, da troca de equipamentos, da instalação de equipamentos economizadores e do investimento em um sistema de reuso de água (SILVA *et al.*, 2019).

Com base nas informações coletadas referentes ao fluxo de pessoas (funcionários e visitantes) por dia, fluxo de veículos e área construída do Shopping Center, foram calculados os indicadores de consumo relacionados ao uso da água. O período histórico do consumo de água entre 2012 a 2022 foi escolhido para a determinação de índices relacionados à eficiência de conservação de água na edificação. Assim como, o ano de 2022 foi escolhido para a determinação de índices diários, pois representa os dados mais recentes disponíveis na edificação. Os três indicadores obtidos estão descritos nos subitens seguintes.

4.5.1 Determinação do indicador de consumo por agente consumidor

Índice de consumo diário de água por agente consumidor, expresso em L/agente consumidor/dia, comumente conhecido por índice de consumo per capita (ICpc) em L/pessoa/dia, é calculado para identificar o consumo diário por agente consumidor a partir da metodologia proposta por Oliveira (1999), conforme a Equação 03.

$$ICpc = \frac{C_m \times 1000}{N_A \times D_m} \quad (03)$$

Onde:

C_m é o consumo médio mensal de água em m^3 /mês, obtido no histórico de consumo de água, conforme Apêndice B, Apêndice C e Apêndice D; N_A = Número de agentes consumidores por mês e D_m é o número de dias de funcionamento da edificação por mês.

4.5.2 Determinação de indicador de consumo de água por veículos

O Indicador de Consumo por Veículo (ICv), expresso em L/dia/nº de veículos, foi calculado a partir da metodologia proposta por Guzzo (2017), conforme a Equação 04.

$$ICv = \frac{C_{dia}}{V} \quad (04)$$

Onde:

ICv é o Indicador de consumo de água por veículo, em L/dia/nº de veículos; Cdia é a média diária do consumo de água na edificação, em L/dia; V é média diária do fluxo de veículos, obtido no histórico do fluxo de veículos, conforme Apêndice G.

4.5.3 Determinação do indicador de consumo diário de água por área bruta locável

O Indicador de Consumo diário de água por área bruta locável (ICac), expresso em L/dia/m², foi calculado a partir da metodologia proposta por (GUZZO, 2017), conforme a Equação 05.

$$ICa = \frac{C_{\text{dia}} \times 1000}{A} \quad (05)$$

Onde:

ICa é o Indicador de consumo de água por área bruta locável em L/dia/m²; C_{dia} é a média diária do consumo de água na edificação em L/dia e A é área bruta locável em m².

4.6 Simulação para implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva

Na análise para a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, deve-se levar em consideração as características qualitativas e quantitativas da demanda e seus usos finais, a disponibilidade das águas de chuva e sua qualidade, o potencial da economia de água potável em relação ao seu fornecimento por fontes tradicionais, a avaliação de custos de investimento e o retorno deste, tudo isso prevendo os riscos específicos para sua implementação (GAITÁN, 2020; KOLAVANI; KOLAVANI, 2020). Também é preciso conhecer a demanda de água não potável, os estudos das séries históricas, a média das precipitações da região onde será implantado o sistema de captação de água da chuva, e a área de cobertura (BRANDÃO e CAMPOS, 2019).

4.6.1 Pluviometria da área de estudo

A estimativa do volume de água da chuva foi realizada utilizando os valores de precipitação, sendo considerados os dados da estação climatológica do Recife, operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizada no bairro do Curado, na cidade de Recife-PE. Estas informações foram obtidas na plataforma digital da APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima), contendo as precipitações registradas entre os anos de 2000 e 2020. Devido à inexistência de um posto pluviométrico na área de influência do shopping, especificamente localizado no Bairro de Boa Viagem e da disponibilidade de períodos curtos de dados ou falhas nos postos localizados em bairros próximos, optou-se por escolher o posto do Curado. Os anos de 2021 e 2022 foram excluídos do estudo, devido à inexistência de medições entre os meses de novembro de 2021 a setembro de 2022.

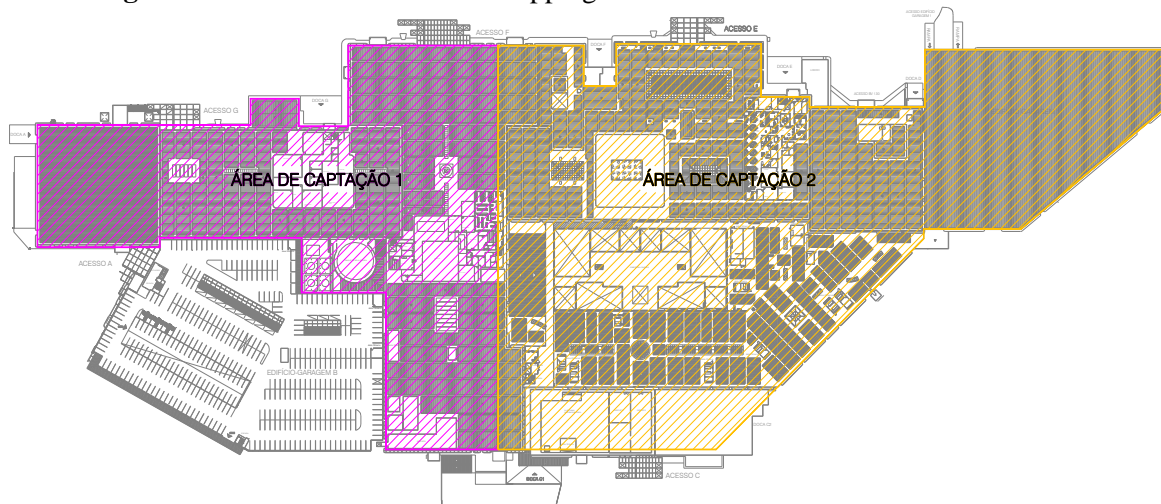
4.6.2 Dimensionamento da área de captação

Após a determinação do volume de água necessário para suprir a demanda de água não potável da edificação e da obtenção dos dados pluviométricos do local em estudo, faz-se necessário a determinação da área de captação do sistema. A área de captação refere-se a todas as áreas que contribuem para o volume de água da chuva captada (VAZ *et al.*, 2021).

A capacidade de aproveitamento de água da chuva na edificação é proporcional à superfície de captação nela existente, ou seja, a área total de captação será igual à soma das superfícies impermeáveis. A área de cobertura foi extraída do projeto arquitetônico, conforme a Figura 15, disponibilizado pela administração do shopping e utilizando o Software AutoCad. Para efeito de cálculo da área de captação, foi considerado no trabalho apenas as áreas de cobertura, sendo descartadas as áreas dos pátios externos, devido ao acúmulo de impurezas, detritos, materiais vazados de veículos, como graxas, combustíveis e outros.

A partir da análise da planta de coberta da edificação, constatou-se que a área máxima de captação de águas pluviais é de 52.149,93 m². Esta área é equivalente à somatória das duas áreas de captação contribuintes diferentes existentes no local (Área de captação 1 = 21.612,65 m² e Área de captação 2 = 30.537,28 m²).

Figura 15 - Planta de cobertura do shopping center e áreas de influência consideradas



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados disponibilizados pela administração do shopping

Para dimensionamento do volume de água da chuva a ser coletado, é necessário conhecer as características da área de contribuição e o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (coeficiente de Runoff). A identificação do tipo de revestimento da área de contribuição foi realizada por meio de vistoria no local, para posterior determinação do coeficiente de escoamento superficial.

Considerando que parte da cobertura do shopping é em concreto (laje descoberta impermeabilizada) e parte em telhas metálicas que direcionam a captação para a laje descoberta em concreto, adotou-se um coeficiente de escoamento equivalente a 0,90, que corresponde ao coeficiente máximo para telhas corrugadas de metal e encontra-se no intervalo entre o coeficiente de Runoff mínimo e máximo para concreto, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficiente de Runoff médio

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas esmaltadas	0,90 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,80 a 0,90
Cimento amianto	0,80 a 0,90
Plástico, PVC	0,90 a 0,95
Pavimentação em concreto	0,80 a 0,95

Fonte: Adaptado de Tomaz (2010)

4.6.3 Volume disponível de água da chuva

Uma das variáveis para o dimensionamento dos reservatórios de água da chuva são as características do regime pluviométrico da região onde será instalado o sistema de captação de água da chuva (FIORAMONTE *et al.*, 2022). Os dados de precipitação são usados para o cálculo do volume de água da chuva que tende a ser efetivamente aproveitado, que não é o mesmo que o precipitado. Esta diferença ocorre devido às perdas com a limpeza do telhado, à perda por evaporação, às perdas devido ao volume armazenado no reservatório de autolimpeza, entre outras. Diante do exposto é recomendado o descarte da primeira chuva. Para isso, foi descontado do volume total disponível de água captada o equivalente a 2 mm de água da chuva, conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007).

O volume disponível de água da chuva pode ser calculado conforme a Equação 06.

$$V_{\text{disp}} = P \times A \times C \times n \quad (06)$$

Onde:

V_{disp} é o volume disponível diário de água da chuva, expresso em litros (L); P é a precipitação média diária, expressa em milímetros (mm); A é a área de coleta, expressa em metros quadrados (m^2); C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (Runoff); n é a eficiência do sistema de captação, levando em consideração o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial.

4.6.4 Dimensionamento de reservatório de aproveitamento de água da chuva utilizando o programa computacional NETUNO

Para a simulação do dimensionamento do reservatório de água foi utilizado o programa computacional Netuno 4.0. O Netuno é um programa computacional desenvolvido pelo LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) da Universidade Federal de Santa Catarina, que tem como objetivo determinar o potencial de economia de água potável em função da capacidade do reservatório, através da simulação do aproveitamento de água da chuva para usos não potáveis (GHISI; CORDOVA, 2014).

A metodologia utilizada pelo Netuno baseia-se em modelos comportamentais, ou seja, a simulação é feita para um conjunto de variáveis conhecidas, alimentadas pelo próprio usuário do software. Diante do exposto, diversos autores utilizaram o software Netuno em seus estudos para a realização do dimensionamento de reservatório em diferentes tipologias de edificações, tais como: edifícios escolares, universidades (MARINOSKI; GHISI, 2008; SILVA *et al.*, 2019; CARDOSO; BLANCO; DUARTE, 2020), residenciais (MOURA; SILVA; BARROS, 2018), comerciais (ANTUNES; THIVES; GHISI, 2016) e industrial (BERTUZZI; GHISI, 2021). Por conseguinte, fica evidenciada a aderência do programa Netuno para diferentes tipologias, justificando o uso para a edificação do tipo shopping center.

O dimensionamento do reservatório inferior de água da chuva, no programa computacional Netuno, foi obtido por meio de simulações, realizadas a partir da variação de dados de entrada como: a área de captação, a série histórica diária de dados pluviométricos, o descarte inicial de chuva, demanda diária per capita de água potável, número de usuários da edificação, coeficiente de escoamento superficial e percentual da demanda total a ser substituída por água da chuva. Apresentam-se como dados de saída: o potencial de economia de água potável e o tamanho do reservatório de água da chuva.

Em um sistema de aproveitamento de água da chuva pode ou não existir um reservatório superior e inferior. Para esse estudo foi considerado a existência de ambos, pois a edificação possui local pré-definido para implantação do reservatório superior, assim permitindo a alimentação dos pontos de consumo com a água provinda do sistema de aproveitamento, utilizando a distribuição por gravidade. Portanto, o volume do reservatório superior é igual à demanda diária média de água pluvial.

O dimensionamento do reservatório inferior pode ser determinado por meio da definição do volume, através do método da simulação para reservatório com volume conhecido ou por meio da simulação para reservatórios com diversos volumes. Neste estudo foi considerado o método de simulação para reservatório com diversos volumes. Para o volume de descarte de escoamento inicial utilizado foi adotado conforme a NBR 15527 (ABNT, 2019).

Para definir o volume do reservatório inferior, a partir do volume máximo, foram realizadas simulações no programa computacional Netuno com volumes de reservatórios variando em

intervalos de 30.000 litros. Para cada simulação realizada, foi verificado o potencial de economia de água potável gerado. As simulações foram concluídas quando o volume do reservatório testado atingiu um incremento igual ou inferior a 0,5% de economia de água potável sobre o potencial gerado pela simulação anterior, conforme proposto por (SILVA *et al.*, 2019). Vale salientar que, o volume mínimo adotado para o reservatório inferior deve ser igual ou superior à demanda mínima diária.

Por condições estruturais e pela impossibilidade de reformas no sistema de captação de águas pluviais da edificação, foi proposto neste estudo dois reservatórios inferiores e dois reservatórios superiores, com a finalidade de aproveitar o maior volume de água captada possível. Cada área de contribuição alimenta separadamente um dos sistemas, conforme pode ser verificado no Apêndice J.

4.6.5 Dimensionamento dos componentes do SPAAP para fins não potáveis

As calhas e condutores verticais para captação de água da chuva não foram dimensionados neste estudo, pois os condutores verticais e calhas que compõem a rede de coleta de água da chuva da edificação, já se encontram instalados e dimensionados pelo projeto executivo do empreendimento. Desta forma, apenas foram dimensionados os condutores horizontais necessários para a interligação da rede de águas pluviais existente até o reservatório. A planta baixa com canaletas e condutores verticais encontra-se no Apêndice A.

4.6.5.1 Condutores horizontais

Para dimensionamento dos condutores horizontais, faz-se necessário a determinação da vazão de projeto. É importante salientar que a vazão dos condutores horizontais é proveniente dos condutores verticais, não ocorre captação de águas pluviais provenientes do piso. A vazão pode ser determinada seguindo as recomendações da norma NBR 10884 (ABNT, 1989), conforme a Equação 07.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{60} \quad (07)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min; I = intensidade pluviométrica, em mm/h; A = área de contribuição, em m²; e C = coeficiente de escoamento, para esse estudo foi adotado o valor de 0,90, conforme a Tabela 3, indicada anteriormente.

A intensidade pluviométrica (mm/h) foi calculada pela equação IDF do município de Recife, proposta no estudo realizado por Silva e Araújo (2013). O índice pluviométrico encontrado foi de 195,06 mm/h, considerando duração de precipitação de 5 minutos e retorno de 25 anos. Ambos os parâmetros foram definidos a partir das recomendações da NBR 10844 (ABNT,1989).

Os condutores horizontais foram projetados, sempre que possível, com declividade uniforme e com o valor mínimo de 0,5% e foi considerado para dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo, conforme a NBR 10884 (ABNT, 1989). Os condutores horizontais são em PVC, conseqüentemente o coeficiente de rugosidade é equivalente a $n = 0,011$, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Coeficientes de rugosidade para condutores horizontais

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: Adaptado da NBR 10884 (ABNT, 1989)

Por fim, foi determinado o diâmetro dos condutores em mm, por meio da NBR 10884 (ABNT, 1989), conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

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

Fonte: Adaptado de NBR 10884 (ABNT, 1989)

4.6.5.2 Tratamento

A qualidade da água da chuva pode ser assegurada se forem instalados dispositivos que impeçam a entrada dos contaminantes no local de armazenagem. Dependendo do local onde está sendo armazenada a água da chuva, ela também poderá receber tratamento com gradeamento, sedimentação, filtração simples e desinfecção (MAY, 2004).

Pesquisa realizada por May (2004) recomenda que se faça a desinfecção de água da chuva com cloro, logo foi considerado neste estudo, que a desinfecção se dá uma vez por mês dentro do reservatório por meio da adição de cloro à água captada.

4.6.5.3 Dispositivo de descarte dos primeiros milímetros de água da chuva - First Flush

O sistema de captação é formado por dois reservatórios: um menor que acumula as primeiras águas de chuva desviadas, e um segundo, com maior capacidade de armazenamento, que recebe as águas de melhor qualidade após o sistema de desvio. Para este sistema foi considerado que o reservatório menor deve ter capacidade de acumular dois litros de cada m² da superfície de captação (ANDRADE NETO, 2013). Quando a chuva cessar, deverá ser acionada a bomba para descarte da água do reservatório de autolimpeza no sistema de drenagem público. Assim retornando às condições de funcionamento inicial do reservatório.

4.6.5.4 Conjunto motobomba

O dimensionamento do conjunto motobomba foi baseado nas recomendações da norma NBR 5626 (ABNT, 2020), que instrui sobre projetos de instalações prediais de água fria e água quente. Assim como, foi considerado o dimensionamento da tubulação de recalque e o cálculo da altura manométrica do sistema.

Para o cálculo da tubulação de recalque foi utilizada a equação de Forchheimer, uma vez que o funcionamento do sistema de recalque não será contínuo, conforme a Equação 08.

$$D_r = 1,3 \times \sqrt{Q} \times \sqrt[4]{H/24} \quad (08)$$

Onde:

Q é a vazão de projeto em m³/s; H é o número de horas de funcionamento da bomba por dia, em horas /dia; e D_r é o diâmetro da tubulação de recalque em m.

Para o cálculo da tubulação de sucção, foi adotado o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro da tubulação de recalque.

A perda de carga em um tubo é definida como a perda de energia dinâmica do fluido, devido à fricção das partículas do fluido entre si e contra as paredes da tubulação que os contém. Para o dimensionamento correto do conjunto motobomba, faz-se necessário a determinação desses valores, sendo que as perdas de carga podem ser estimadas pela fórmula de Hazen-William, usada para tubulações com diâmetro igual ou superior a 50mm (BATISTA *et al.*, 2011). Para o cálculo da perda de carga da tubulação de recalque e sucção, considerando o material de PVC rígido, foi utilizada a Equação 09.

$$J = \frac{10,64 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (09)$$

Onde:

J é a perda de carga unitária da tubulação em m/m; D é o diâmetro da tubulação em m; Q é a vazão submetida em m³/s; e C é coeficiente de perda de carga, que depende da natureza do material empregado e das condições das paredes internas, conforme Quadro 7.

Quadro 7 - Coeficiente de perda de carga C da fórmula de Hazen-Williams

Material da tubulação	C
Aço soldado novo	130
Aço galvanizado	125
Cobre, chumbo, latão	130
PVC, vidro	140
Ferro fundido revestido	130
Ferro fundido novo	130
Ferro fundido usado	90
Concreto	120

Fonte: Adaptado de Netto e Alvarez (1982)

Para o cálculo da altura manométrica do sistema deverá ser considerada as perdas de carga localizadas nas conexões de recalque e sucção, logo é possível calcular as alturas de recalque e sucção, conforme as Equações 10 e 11, respectivamente.

$$H_r = (L_{real} + L_{eq}) \times J_r \quad (10)$$

$$H_s = ((L_{real} + L_{eq}) \times J_s) + H_{suc} \quad (11)$$

Onde:

H_r é a altura de recalque em m; H_s é a altura de sucção em m; L_{real} é o comprimento real da tubulação de recalque / sucção em m; L_{eq} é o comprimento equivalente da tubulação de recalque / sucção em m; e J_r é a perda de carga de recalque e J_s é a perda de carga da sucção calculada na Equação 09.

Para o cálculo das perdas de carga localizadas, faz-se necessário determinar o quantitativo de conexões existentes nos trechos das tubulações de recalque e sucção. Após a quantificação das conexões e uso da Figura 17 para determinação da perda de cada conexão, foi possível determinar o comprimento equivalente das conexões de recalque e sucção.

Figura 17 - Perdas de carga localizadas (equivalência em metros de tubulação) conexões de PVC e Cobre

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

Fonte: Universidade Federal de Goiás (2015)

Para calcular a altura manométrica do sistema foi utilizada a Equação 12. A altura geométrica é a altura estática do recalque, ou seja, foi considerada a diferença de cota entre o fundo do reservatório inferior e a tampa do reservatório superior, altura foi extraída do projeto de arquitetura do shopping, disponibilizado pela administração do Shopping Center.

$$H_{man} = H_g + H_r + H_s \quad (12)$$

Onde:

H_{man} é a altura manométrica em m; H_g é a altura geométrica em m; H_r é a altura de recalque em m; e H_s é a altura de sucção em m.

4.7 Análise da viabilidade econômica para implantação do SPAAP

Os sistemas de captação de água da chuva podem ser instalados em diferentes tipos de edifícios, como casas, edifícios comerciais e residenciais, fábricas e muitos outros (AMOS; RAHMAN; GATHENYA, 2016). Porém, a viabilidade econômica varia significativamente em cada região, sendo altamente dependente da tarifa de água cobrada pela companhia de água local, pelas variações nos padrões de chuva, na demanda de água da chuva pela pluviosidade e pelo dimensionamento adequado dos reservatórios de água da chuva (MATOS *et al.*, 2015; PACHECO; CAMPOS, 2019).

Para realizar a análise da viabilidade econômica da implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva proposto neste trabalho foram considerados os custos com o armazenamento e a distribuição de água da chuva para fins não potáveis. Foram detalhados e orçados os custos aproximados com tubulações, caixas de inspeção e conexões, construção dos reservatórios e instalação de bomba de recalque.

4.7.1 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido foi utilizado para analisar a rentabilidade do sistema de captação de água da chuva a ser implantado. O VPL é a diferença entre o valor presente das entradas de caixa e o valor presente das saídas de caixa durante um período de tempo. Nos casos em que o VPL é positivo, significa que o sistema planejado é rentável. O cálculo do VPL que mostra a rentabilidade do investimento é expresso na Equação 13.

$$\text{VPL} = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (13)$$

Onde:

VPL é o Valor Presente Líquido; I_0 são os custos iniciais com a implantação do sistema; t é o período de análise; n é o tempo de retorno do capital; K é taxa de retorno do projeto do investimento ou taxa mínima de atratividade; e FC_t são os fluxos previstos de receitas ou despesas no período t .

4.7.1.1 Custos do reservatório e componentes do sistema

Os custos da construção do SPAAP proposto foram estabelecidos a partir do projeto básico. Deve-se ressaltar que não foi disponibilizado pela administração do shopping todos os projetos, logo não foi possível detalhamento de todos os caminhamentos e adaptações necessárias para implantação dos sistemas propostos.

Para os custos aproximados iniciais com a implantação do sistema (I_0) considerou-se o custo com a construção dos reservatórios e o custo com as tubulações e conectores. O custo foi orçado a partir de dados provenientes da tabela do mês de abril do ano de 2023 do Sistema Nacional

de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil – SINAPI (CEF, 2023) e da tabela do mês de março de 2023 do Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe – ORSE (CEHOP, 2023). Na ausência do serviço desejado nas tabelas indicadas foi realizada uma cotação de preços de mercado a fim de obter o preço dos insumos necessários. Assim como, a tabela do ORSE foi utilizada quando não encontrado o serviço na tabela do SINAPI. Diante do exposto, as tabelas utilizadas para o orçamento se referem às tabelas de itens de serviço, estando o custo com a mão de obra necessária incluído na composição de cada item.

4.7.1.2 Valores de fluxo de caixa

O fluxo de caixa para o período analisado (FC_t) utilizado referiu-se à diferença entre a economia anual com o consumo de água da edificação a partir da utilização do sistema e o custo anual da manutenção do sistema.

- Custos de manutenção e operação

Os custos com manutenção e operação englobam os gastos com energia, produtos de desinfecção, realização dos ensaios definidos pela NBR 15527 (ABNT, 2020), limpeza do reservatório e verificação das bombas. Para os custos anuais referentes à manutenção do sistema e operação, foi adotado um custo de 20% do valor total da implantação do sistema durante toda a vida útil do sistema (COSCARELLI, 2010; SILVA *et al.*, 2019).

Vale salientar que, os custos de manutenção e operação dos Sistemas Prediais de Aproveitamento de Água Pluvial variam de acordo com o que propõe a tabela SINAPI e cotação de materiais em lojas regionais. Diante do exposto, para o cálculo da taxa de reajuste do valor dos custos de manutenção e operação, foi considerado o percentual médio anual acumulado do Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), entre o período histórico de 2012 a 2022.

- Receitas do SPAAP

Para verificar a redução nas contas de água, gerada pela implantação do SPAAP, foi necessário estabelecer o volume economizado e a tarifa de água. Para determinar a economia monetária anual após a implantação do sistema, em R\$/ano, calculou-se a diferença entre o custo médio

anual antes da implantação do sistema e o custo médio anual após a implantação do sistema predial de aproveitamento de água pluvial. Para a determinação do custo médio anual após a implantação do sistema, considerou-se o produto entre o consumo anual da edificação, o potencial de economia gerado pela simulação no programa computacional Netuno e a tarifa de consumo de água cobrada pela concessionária de água, a Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA, em sua estrutura tarifária para o ano de 2023 (ARPE, 2023).

Para o cálculo da taxa de reajuste do valor da água foi considerado o percentual médio de aumento da taxa de água aplicada na estrutura tarifária entre os anos de 2017 e 2023. Vale salientar que, a taxa de geração de esgoto foi desconsiderada, pois o Shopping Center possui uma estação de tratamento de esgoto com contrato ativo junto à COMPESA.

4.7.1.3 Taxa mínima de atratividade e período de análise

A análise do VPL requer uma taxa na qual custos e benefícios são reduzidos ao longo do tempo, conhecida como taxa de desconto ou taxa básica de juros (Matos *et al.*, 2015). Por tratar-se de um investimento privado e com alta probabilidade que o recurso seja proveniente de financiamento, a taxa mínima de atratividade empregada deve se igualar às taxas praticadas pelo mercado. Diante do exposto foi considerada a taxa básica de juros Selic do mês de junho que, em 2023, vale 13,65% a. a. (BCB, 2023). Logo, foi considerado que a taxa de atratividade é de 1,07% ao mês. Acrescente-se, ainda, que o período de avaliação para esse tipo de projeto é de aproximadamente 20 anos (FARRENCY *et al.*, 2011; ZHANG *et al.*, 2009; MATOS *et al.*, 2015; TEIXEIRA *et al.*, 2016; BERTUZZI; GHISI, 2021).

4.7.2 Payback Simples

O tempo de retorno do capital investido foi obtido por meio do Método *Payback* Simples (MOURA; SILVA; BARROS, 2018; CARDOSO; BLANCO; DUARTE, 2020). Este método por sua vez considerou em seu cálculo o consumo médio mensal de água na edificação após a implantação do sistema, o custo mensal com a fatura de água e o valor investido para a implantação do sistema. O cálculo do *Payback* simples que mostra o tempo necessário para recuperar o custo de um investimento é expresso na Equação 14.

$$Payback = \frac{I_0}{T \times E_{\text{água}}} \quad (14)$$

Onde:

Payback é o prazo de retorno do investimento em anos; I_0 são os custos iniciais com a implantação do sistema; T é a tarifa da concessionária em R\$/m³, e $E_{\text{água}}$ é a economia de água mensal em m³/mês.

4.7.3 Taxa de Retorno Interno

A Taxa de Retorno Interno (TIR) é usada para estimar a taxa que torna o VPL do projeto igual a zero (SILVA, L., *et al.*, 2019). O cálculo da TIR foi expresso na Equação 15.

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0 \quad (15)$$

Onde:

TIR é a taxa interna de retorno; I_0 são os custos iniciais com a implantação do sistema; t é o período de análise; n é o tempo de retorno do capital; e FC_t são os fluxos previstos de receitas ou despesas no período t .

Para que o investimento seja classificado como economicamente viável é necessário que a TIR seja maior que a taxa mínima de atratividade. Para os casos em que o TIR calculado for inferior à taxa mínima de atratividade, recomenda-se que o investimento seja considerado não viável (CARVALHO, 2017).

5 DISCUSSÃO E RESULTADOS

5.1 Caracterização da edificação estudada

O shopping center selecionado foi o primeiro centro de compras de Pernambuco, inaugurado em 1980 e localiza-se na zona sul da cidade do Recife, Pernambuco. Estruturalmente, o edifício comercial passou por quatro expansões, possuindo área bruta locável de 90.791 m², área total construída de 176.047 m² e está inserido em um terreno com área de 185.301,77 m². O edifício comercial distribui-se por 3 pavimentos, sendo dois direcionados ao público e um administrativo, além de ser dividido em 5 etapas. Recebeu em média 52.242 pessoas por dia, entre os anos de 2012 e 2022, possui 450 lojas, 5.800 vagas de estacionamento e 14 salas de cinema, com capacidade para até 3.000 pessoas.

A Figura 18 mostra a vista aérea da localização da edificação estudada em área urbana. A linha vermelha representa o perímetro do terreno pertencente ao shopping e a linha amarela representa a área ocupada pela edificação no terreno.



Fonte: Elaborado pela autora a partir do Google Earth (acesso em 13 set. 2022)

A edificação possui natureza jurídica do tipo consórcio simples, tem funcionamento de segunda à sábado com horário de funcionamento das 09:00 às 22 horas e aos domingos das 12:00 às 21:00 horas. O abastecimento de água da edificação é realizado pela concessionária local

(COMPESA), caminhão-pipa e poços. A principal fonte para abastecimento do prédio é a água fornecida pela concessionária. A edificação possui duas entradas de água da concessionária local, com frequência diária de abastecimento, tendo hidrômetro instalado nos dois ramais de entrada e leituras realizadas mensalmente, conforme Figura 19 e Figura 20.

Figura 19 - Hidrômetro concessionária - Pena 1



Fonte: Acervo pessoal da autora

Figura 20 - Hidrômetro concessionária - Pena 2



Fonte: Acervo pessoal da autora

A segunda fonte de abastecimento é a água de poço. Neste caso, há histórico de consumo e controle de utilização, porém, os números variam consideravelmente de um mês para o outro, visto que a água de poço é utilizada apenas para irrigação de jardins. A água da concessionária funciona como complemento quando a água subterrânea não consegue suprir a demanda de irrigação dos jardins.

A edificação possui 07 poços com bomba submersa, regularizados, porém, apenas 04 poços estão em funcionamento por escolha da administração do shopping. Existem medidores

instalados nos 07 poços para controle e verificação mensal do volume de água retirado, conforme a Figura 21.

Figura 21 – Hidrômetro do poço



Fonte: Acervo pessoal da autora

A terceira fonte de abastecimento é por meio de caminhão-pipa, cujo fornecimento é através de contrato ativo com uma empresa local. Não há medidores instalados para medir o volume de água, porém, é realizado o controle do número de caminhões-pipa recebidos mensalmente pelo setor administrativo do shopping e seus respectivos volumes.

A edificação em estudo possui 06 reservatórios de água potável, sendo 04 superiores e 02 inferiores. Informações quanto à capacidade dos reservatórios, localização e origem das águas de abastecimento são apresentados no Quadro 8.

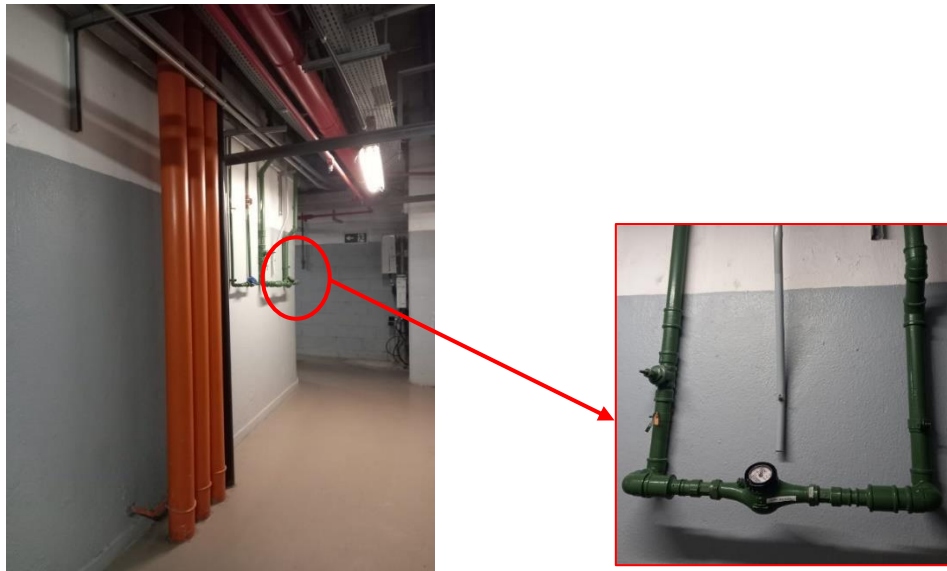
Quadro 8 - Capacidade dos reservatórios de água potável

Capacidade dos reservatórios de água potável			
Reservatório	Localização	Capacidade (m³)	Origem das águas:
Reservatório inferior 1	2 ^a etapa	1.000	COMPESA e carro-pipa
Reservatório inferior 2	3 ^a etapa	1.000	COMPESA e carro-pipa
Reservatório superior 1	1 ^a etapa	127,5	alimentado pelo reservatório inferior da 2 ^a etapa
Reservatório superior 2	2 ^a etapa	227	alimentado pelo reservatório inferior da 2 ^a etapa
Reservatório superior 3	3 ^a etapa	288	alimentado pelo reservatório inferior da 3 ^a etapa
Reservatório superior 4	4 ^a etapa	144	alimentado pelo reservatório inferior da 3 ^a etapa

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados disponibilizados pela administração do shopping

Há medidores instalados para verificar o volume de água consumido por cada loja. A leitura dos hidrômetros é realizada quinzenalmente pelo setor administrativo do shopping. A leitura quinzenal dos hidrômetros foi adotada pela administração do shopping com a finalidade de verificação de possíveis vazamentos no sistema hidráulico das lojas, diante da difícil detecção da ocorrência de vazamentos na edificação, pois parte das tubulações de água ficam enterradas, além da complexidade e do tamanho da edificação. Ao identificar variações substanciais no consumo de água da loja, o setor administrativo do prédio alerta o lojista para a realização de investigações com a finalidade de detecção dos vazamentos não visíveis. De acordo com a Figura 22 é possível observar a existência de medição individualizada no shopping.

Figura 22 - Hidrômetros instalados no corredor de serviço



Fonte: Acervo pessoal da autora

5.2 Avaliação do consumo de água potável

Conforme informado anteriormente nesta pesquisa, o consumo de água da edificação estudada foi avaliado com base em um monitoramento mensal, realizado através de leituras dos hidrômetros do edifício e por meio da análise dos históricos de consumo fornecidos pela administração do shopping.

A setorização do shopping foi realizada considerando três atividades consumidoras de água, sendo elas: lojas (restaurantes, cinema, supermercados, academia, salão de beleza e outros), condomínio (banheiros, área de jardim e áreas comuns) e sistema de resfriamento, conforme

pode ser observado na Tabela 5. O resultado do levantamento do consumo de água potável aponta as lojas como maior agente consumidor de água do shopping center estudado, seguido pelo sistema de resfriamento, que é responsável pelo consumo de 34% do total da demanda de água, e o condomínio com 29% do total da demanda de água. Os dados foram referentes às medições de 2012 a 2022.

Tabela 5 - Consumo de água por atividade

Agente consumidor	Consumo médio mensal (m³)	Consumo médio anual (m³)	Consumo médio diário (m³)	Consumo médio anual (%)
Lojas	9.393	112.716	313	37%
Condomínio	7.393	88.715	246	29%
Torre de resfriamento	8.746	104.951	292	34%

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados disponibilizados pela administração do shopping

A média de consumo diário (m³) na Tabela 5 representa a média aritmética das vazões diárias de cada atividade monitorada no shopping. As médias de consumo mensal e anual são resultados do histórico de consumo de água por agente consumidor fornecido pela administração do shopping. De acordo com a Tabela 5 é possível notar que o ponto de maior consumo de água do shopping, quando analisado separadamente, é o sistema de resfriamento (34%), não necessitando de ser suprido com água potável, podendo ser perfeitamente alimentado por água de aproveitamento, o que geraria ganhos econômicos e ambientais.

O histórico de consumo do shopping, obtido através das contas de água emitidas pela concessionária local, medições dos poços e aquisição de carros-pipa, mostrou-se bastante irregular no período de 2012 a 2022. Apresentando uma média mensal de consumo de água equivalente a 25.199 m³, em uma série histórica referente aos anos de 2012 e 2022, conforme Tabela 6. Os históricos de consumo individual para carros-pipa, poços e concessionária local podem ser verificados respectivamente no Apêndice B, Apêndice C e Apêndice D.

É importante ressaltar que nos meses de março a junho de 2020 e março de 2021 ocorreu a suspensão temporária das atividades comerciais da edificação. Portanto, os valores atípicos foram retirados do cálculo dos consumos mensais, conforme apresentado na Tabela 6.

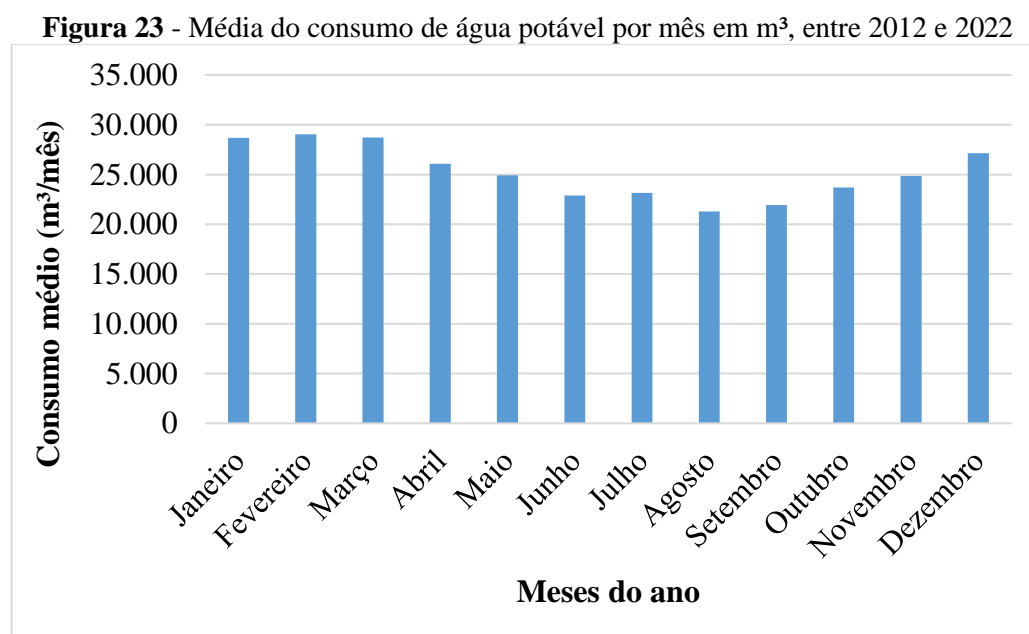
Tabela 6 - Série histórica do consumo de água da concessionária, carro-pipa e poços entre 2012 e 2022

Referência (ano)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Consumo anual (m ³)	Consumo médio mensal (m ³)
2012	35.564	27.984	31.170	30.082	34.459	29.722	31.839	21.218	24.892	24.892	31.547	32.648	356.017	29.668
2013	32.885	38.787	36.828	35.933	30.126	23.263	23.718	20.327	21.957	28.363	27.067	32.495	351.749	29.312
2014	28.092	31.227	31.227	22.977	26.659	24.640	29.762	23.562	23.562	25.963	26.511	28.941	323.123	26.927
2015	27.417	28.601	28.464	27.846	24.715	27.544	25.135	21.957	22.877	24.157	24.026	26.224	308.963	25.747
2016	28.655	27.178	26.719	24.152	24.688	24.743	24.508	22.660	26.262	23.644	24.950	27.769	305.928	25.494
2017	29.908	28.708	34.070	29.526	25.779	28.747	22.450	21.728	21.068	21.366	21.937	23.687	308.974	25.748
2018	27.954	30.471	26.146	23.234	24.256	21.510	21.519	22.890	22.784	24.072	22.464	26.941	294.240	24.520
2019	27.035	29.616	26.898	24.126	23.970	25.488	24.247	24.234	23.696	26.012	27.760	27.260	310.342	25.862
2020	29.291	31.928	28.615	26.594	17.780	6.879	12.258	15.500	16.047	20.853	21.399	22.860	250.003	20.834
2021	27.044	27.034	22.735	18.943	18.735	18.120	18.003	19.407	20.555	21.801	25.330	27.745	265.452	22.121
2022	21.706	17.969	22.999	23.544	22.833	21.310	21.172	20.657	17.548	19.582	20.380	21.794	251.494	20.958
Média	28.686	29.046	29.391*	26.036*	25.622*	24.509*	23.146	21.285	21.932	23.700	24.852	27.124	302.390	25.199

* Valor calculado desconsiderando o outlier ocorrido nos meses de março a junho de 2020 e março de 2021.

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados disponibilizados pela administração do shopping

O consumo de água pelo shopping varia conforme os meses dos anos, apresentando maior consumo nos meses de dezembro a abril e menor consumo nos meses de maio a novembro, conforme Figura 23.

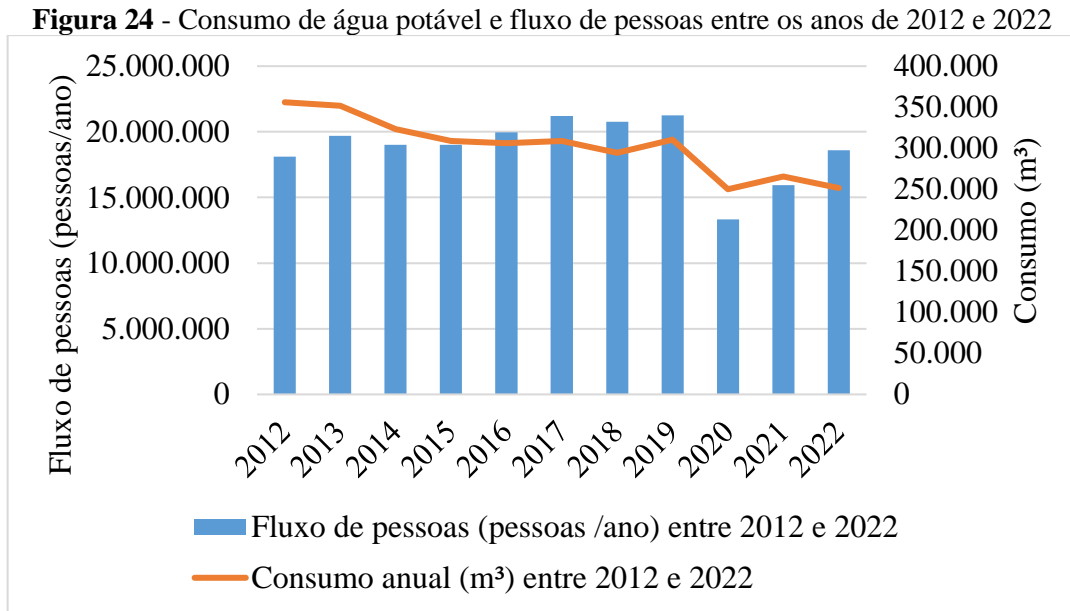


Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados disponibilizados pela administração do shopping

Os históricos e projetos fornecidos pelo setor administrativo foram analisados, e observou-se que no ano de 2012 e 2013 ocorreu a substituição de equipamentos hidráulicos convencionais por equipamentos modernos e mais eficientes. Conseqüentemente, os dados em que mostra o consumo de água anual para o período entre 2012 a 2022 indicam que o consumo de água foi mais alto em 2012, ocorrendo uma diminuição em 2014, conforme pode ser verificado na Figura 24. A redução no consumo de água foi aproximadamente de 9,24% do volume de água total consumida na edificação, motivada pela implantação de dispositivos economizadores de água em 8 banheiros do shopping.

O consumo de água também varia conforme o fluxo de pessoas. A partir dos dados fornecidos pela administração do shopping, foi possível relacionar o consumo de água e o fluxo de pessoas por ano, conforme a Figura 24. Observa-se que de 2013 para 2014 o fluxo de pessoas diminuiu, assim como o consumo de água. É possível notar que de 2014 para 2015 o fluxo de pessoas não aumentou e o consumo de água reduziu. De 2016 para 2017 o fluxo de pessoas aumentou aproximadamente 6,26%, porém, o consumo de água teve aumento de aproximadamente 1%. Diante do exposto, pode-se concluir que o consumo de água não é proporcional ao número de

pessoas que frequentam o Shopping Center, porém, o fluxo de pessoas influencia diretamente no consumo de água da edificação. O histórico do fluxo de pessoas pode ser verificado no Apêndice E.



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados disponibilizados pela administração do shopping

5.3 Demandas hídricas não potáveis

Durante a visita à edificação foram verificadas as demandas hídricas não potáveis do edifício que poderiam ser atendidas com a água proveniente do SPAAP. São demandas hídricas não potáveis:

5.3.1 Determinação do consumo de água para rega de jardim

A edificação possui aproximadamente 17.771,00 m² de área verde. A rega de jardim é realizada com água proveniente dos poços existentes na edificação. Os tipos de irrigação utilizados são do tipo gotejamento e por aspersão. O jardim é composto por plantas gramíneas, árvores e arbustos de pequeno porte, como apresentado na Figura 25.

Figura 25 – Áreas de jardim do Shopping Center



Fonte: Acervo pessoal da autora

Considerando um consumo médio de 2 L/dia/m², foi calculado o volume médio gasto de água para uma rega do jardim no Shopping Center.

- Área de rega: 17.771,00 m²;
- Volume médio consumido por rega: 35.542 L/dia (água não potável).

Logo, considerando um mês com 30 dias e que ocorre 10 regas por mês, o volume total de água utilizada na rega do jardim da edificação foi de 355,42 m³ por mês.

5.3.2 Determinação do consumo de água para o Sistema de resfriamento

A edificação possui um sistema semiaberto de resfriamento, com vazão de recirculação de água de 2.270 m³/h. As torres de resfriamento apresentam perdas por evaporação, necessitando de reposição periódica de água. A água gelada produzida pelos chillers é destinada para 20 equipamentos do tipo Fan Coil, distribuídos na cobertura da edificação e destinados para climatização das áreas comuns do empreendimento. Na Figura 26 é possível verificar as torres de resfriamento, destinadas para a recirculação da água do sistema de refrigeração.

Figura 26 - Torres de resfriamento de água do Shopping Center

Fonte: Acervo pessoal da autora

As médias de consumo mensal são resultados do histórico de consumo medido e fornecido pela administração do shopping, conforme o Apêndice F. Nota-se na Tabela 7 a média mensal histórica da demanda de água equivalente a 8.746 m³, sendo que esse volume pode ser substituído por água não potável.

Tabela 7 - Demanda de água no sistema de resfriamento

Referência (ano)	Consumo médio mensal (m³)
2012	9.062
2013	9.872
2014	9.789
2015	11.164
2016	10.689
2017	10.410
2018	9.690
2019	7.622
2020	5.695
2021	5.443
2022	6.770
Média	8.746 m³

Fonte: Elaborado pela autora

5.3.2 Determinação do consumo de água para lavagem de pisos internos

Nas visitas realizadas, foram identificados 26 banheiros destinados para o uso de clientes e 2 banheiros para o uso exclusivo de funcionários. A Tabela 8 mostra a área em m² de cada banheiro levantado, assim como a nomenclatura utilizada no shopping para identificação dos banheiros.

Tabela 8 - Área dos banheiros em m²

Identificação	Área (m²)
Banheiro Social Masculino BV/1 ^a	27,45
Banheiro Social Masculino BV/2 ^a	48,30
Banheiro Social Masculino BV/3 ^a	49,20
Banheiro Social Masculino BV/5 ^a	34,19
Banheiro Social Masculino PC/1 ^a	27,43
Banheiro Social Masculino PC/2 ^a	30,90
Banheiro Social Masculino PC/3 ^a	48,72
Banheiro Social Masculino PC/4 ^a	53,08
Banheiro Social Masculino PC/5 ^a	27,13
Masculino 24 h - Funcionários	18,50
Banheiro Social Feminino BV/1 ^a	88,00
Banheiro Social Feminino BV/2 ^a	80,00
Banheiro Social Feminino BV/3 ^a	90,58
Banheiro Social Feminino BV/5 ^a	54,33
Banheiro Social Feminino PC/1 ^a	48,00
Banheiro Social Feminino PC/2 ^a	56,28
Banheiro Social Feminino PC/3 ^a	80,98
Banheiro Social Feminino PC/4 ^a	75,08
Banheiro Social Feminino PC/5 ^a	38,99
Feminino 24h - Funcionários	18,50
PNE 1 ^a etapa / BV	6,77
PNE 1 ^a etapa / PC	6,77
PNE 2 ^a etapa / BV	2,65
PNE 2 ^a etapa / PC	2,65
PNE 3 ^a etapa / BV	3,53
PNE 3 ^a etapa / PC	3,53
PNE 4 ^a etapa / PC	7,22
PNE 5 ^a etapa /PC	5,18
Área total dos banheiros	1033,94 m²

Fonte: Elaborado pela autora

Considerou-se que a lavagem dos pisos seria realizada uma vez por dia, totalizando 30 dias por mês. Assim como, foi considerado um consumo médio de 2 litros de água por m² de piso (TOMAZ, 2010). Logo, foi calculado o volume médio de água gasto para uma lavagem de piso na edificação em estudo.

- Área de piso interno: 1033,94 m²
- Volume médio consumido para lavagem dos pisos: 2.067,88 L/dia (água não potável).

Foi considerado que um mês possui 30 dias e que ocorre a lavagem dos pisos dos banheiros diariamente. Logo, a demanda total de água utilizada na lavagem de pisos dos banheiros na edificação é de 62.10 m³ por mês.

A demanda hídrica total mensal para fins não potáveis calculada resultou em um consumo de água de 9.163,40 m³/mês, o que representa 36,36% da demanda total de água potável da edificação. Para a simulação e dimensionamento do reservatório, considerou-se que 37% da demanda de água potável seria substituída pelo uso de águas pluviais, deixando uma margem de 0,64% do consumo de água para possíveis perdas. A demanda hídrica não potável diária máxima, ou seja, em um dia que fosse realizada rega de jardim, lavagem de pisos dos banheiros e reposição da água do sistema de resfriamento, seria de 329,14 m³/dia. A Tabela 9 apresenta o resumo dos resultados obtidos para as demandas hídricas não potáveis do prédio.

Tabela 9 - Demanda de água não potável

Uso	Máxima demanda diária (m ³ /dia)	Frequência	Demanda mensal (m ³ /mês)
Rega de jardim	35,54	10 dias/mês	355,40
Lavagem de piso	2,07	30 dias/mês	62,10
Sistema de resfriamento	291,53	30 dias/mês	8.745,90
Total demanda água não potável	329,14		9.163,40

Fonte: Elaborado pela autora

5.4 Cálculo dos indicadores de consumo de água

5.4.1 Determinação do indicador de consumo por agente consumidor

Os consumos utilizados para cálculo do indicador por agente consumidor correspondem ao período de janeiro de 2012 a dezembro de 2022, sendo a média mensal histórica obtida para este período de 25.199 m³. Percebe-se que o valor final do indicador calculado médio, para uma população média histórica de 1.567.270 pessoas (funcionários e visitantes), foi de 16,08 L/agente consumidor/mês, conforme apresentado na Tabela 10. O histórico do fluxo de pessoas é apresentado no Apêndice E e os históricos do consumo de água nos Apêndices B, C e D.

Na Tabela 10 observa-se que há uma variação nos indicadores de consumo médio entre os meses, havendo um decréscimo ao longo dos anos analisados. O IC é uma relação do consumo de água pelo número de consumidores, e quando comparado o IC médio de 2012 com o IC médio de 2022 é possível afirmar que o indicador de consumo médio continuou decrescendo no decorrer do período histórico, com exceção para os anos de 2020 e 2021, motivado pela pandemia de COVID-19. Este surto e o crescente aumento do número de casos confirmados pela infecção respiratória, forçaram os governos a aplicar protocolos de segurança rigorosos e medidas de distanciamento mais severas, durante os estágios iniciais da pandemia, sendo uma das consequências o fechamento temporário dos estabelecimentos comerciais do tipo shopping center.

É importante ressaltar que nos meses de março a junho de 2020 e março de 2021 ocorreu a suspensão temporária das atividades comerciais da edificação e, conseqüentemente, os IC's médios para esse período refletem o impacto imediato do COVID-19. Portanto, os valores atípicos foram retirados do cálculo dos indicadores mensais, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Índices reais de consumo por agentes consumidores de janeiro a dezembro de 2012 a 2022

Referência (ano)	ICpc jan	ICpc fev	ICpc mar	ICpc abr	ICpc mai	ICpc jun	ICpc jul	ICpc ago	ICpc set	ICpc out	ICpc nov	ICpc dez	Cm médio (m ³ /mês)	Agente consumidor médio mensal	ICpc médio (L/agente consumidor/mês)
2012	22,56	21,81	19,89	20,53	23,53	20,51	20,85	14,68	17,55	16,52	22,76	16,13	29.668	1.509.534	19,65
2013	19,84	29,32	22,79	23,62	18,21	14,11	13,96	12,49	14,34	16,32	16,35	16,04	29.312	1.641.531	17,86
2014	17,55	22,15	21,45	15,03	16,62	15,77	18,92	15,36	16,21	16,69	15,61	14,24	26.927	1.583.971	17,00
2015	16,62	21,21	18,79	18,97	15,67	18,41	15,70	14,32	15,88	15,48	13,97	12,51	25.747	1.583.838	16,26
2016	16,68	19,23	16,79	15,72	15,51	16,00	14,35	14,64	17,56	14,49	13,45	11,92	25.494	1.663.825	15,32
2017	16,45	19,93	19,54	17,66	14,79	16,66	11,51	12,81	12,83	12,47	12,01	10,54	25.748	1.767.938	14,56
2018	15,70	20,11	15,32	13,97	14,45	13,25	12,15	13,24	14,22	14,59	12,31	12,16	24.520	1.729.999	14,17
2019	14,77	18,28	16,06	14,43	13,99	16,15	13,50	13,96	13,80	14,25	14,73	12,32	25.862	1.771.964	14,60
2020	15,79	18,88	28,28	437,45	290,23	26,02	12,83	12,06	12,33	13,91	14,22	12,50	20.834	1.109.973	18,77
2021	18,30	20,54	33,06	17,90	15,98	15,68	12,24	14,61	15,80	14,64	16,37	14,40	22.121	1.327.604	16,66
2022	15,28	14,24	16,01	16,21	15,64	13,86	12,50	13,30	11,32	12,35	12,51	10,80	20.958	1.549.792	13,52
Média	17,23	20,52	18,51*	17,40*	16,44*	16,04*	14,41	13,77	14,71	14,70	14,94	13,05	25.199	1.567.270	16,08

* Valor calculado desconsiderando o outlier ocorrido nos meses de março a junho de 2020 e março de 2021.

Fonte: Elaborado pela autora

Os consumos utilizados para cálculo do indicador por agente consumidor dia correspondem ao período de janeiro de 2022 a dezembro de 2022, o ano de 2022 foi escolhido pois trata-se dos dados mais atuais disponíveis, sendo a média mensal obtida para este período de 20.958 m³. Percebe-se que o valor final do indicador calculado, para uma população média de 1.546.792 pessoas (funcionários e visitantes) e considerando 30 dias úteis por mês, foi de 13,67 L/agente consumidor/dia, conforme pode ser observado na Tabela 11.

Tabela 11 - Índices reais de consumo por agentes consumidores

Mês ano	Cm (m ³ /mês)	Agente consumidor por mês	Dm	ICpc (L/agente consumidor/dia)
jan/22	21.706	1.420.264	30	15,28
fev/22	17.969	1.261.574	28	14,24
mar/22	22.999	1.436.891	31	16,01
abr/22	23.544	1.452.594	30	16,21
mai/22	22.833	1.459.526	31	15,64
jun/22	21.310	1.537.081	30	13,86
jul/22	21.172	1.693.643	31	12,50
ago/22	20.657	1.553.441	31	13,30
set/22	17.548	1.550.638	30	11,32
out/22	19.582	1.585.795	31	12,35
nov/22	20.380	1.628.889	30	12,51
dez/22	21.794	2.017.162	31	10,80
Média	20.958	1.549.792	30	13,67

Fonte: Elaborado pela autora

Na Tabela 11 observa-se que há uma variação no indicador de consumo entre os meses, ocorrendo um decréscimo ao longo do ano analisado. Em dezembro de 2022, mesmo com o aumento da população equivalente e conseqüentemente com o aumento do consumo de água, o indicador de consumo médio continuou decrescendo. Diante do exposto, não é possível afirmar que a variação dos IC's é justificada pela variação do fluxo de pessoas. Vale ressaltar que parte do consumo de água se refere às ações que independem do número de visitantes, como por exemplo o uso da água para lavagem de piso, sistema de refrigeração e irrigação de jardim.

Na Tabela 12 são apresentados indicadores de consumo reais de outros shoppings no Brasil, encontrados na literatura. É importante ressaltar que o uso da água no shopping center varia de acordo com inúmeros fatores. Por isso, é preciso ter cautela ao comparar os indicadores de prédios comerciais diferentes.

Tabela 12 - Indicadores de Consumo em Shopping Center no Brasil

Referência	Cm (m³/mês)	ICpc (L /agente consumidor/dia)	Agente consumidor médio por ano
Nunes (2006)	18.634,53	18,92	11.887.200
Gois, Rios, Costanzi (2014)	12.131	14,87	9.787.452
Guzzo (2017)	9.249,78	10,64	10.434.960

Fonte: Elaborado pela autora a partir das referências citadas na tabela

Gois, Rios, Costanzi (2015), por exemplo, identificaram que o consumo per capita no shopping estudado em Londrina era de 14,87 L/agente consumidor/dia. Os mesmos autores realizaram o comparativo do consumo real com o consumo estimado, confirmando que os valores encontrados para o consumo real eram menores que os estimados. Vale ressaltar que a edificação abordada neste estudo não possui vazamentos visíveis. Logo, a diferença dos indicadores calculados para os indicadores apresentados na Tabela 12 é justificada pelo número maior de visitantes do shopping localizado na RMR.

5.4.2 Determinação de indicador de consumo de água por veículos

Os consumos utilizados para cálculo do indicador de consumo de água por veículos correspondem ao período de janeiro de 2022 a dezembro de 2022.

Tabela 13 - Índices reais de consumo por veículos

Mês ano	Cm (m³/mês)	Dm	Veículos (dia)	ICv (L/veículo/dia)
jan/22	21.706	30	18.586	38,93
fev/22	17.969	28	18.434	34,81
mar/22	22.999	31	19.137	38,77
abr/22	23.544	30	19.859	39,52
mai/22	22.833	31	19.280	38,20
jun/22	21.310	30	20.446	34,74
jul/22	21.172	31	22.446	30,43
ago/22	20.657	31	20.366	32,72
set/22	17.548	30	20.749	28,19
out/22	19.582	31	20.493	30,82
nov/22	20.380	30	21.574	31,49
dez/22	21.794	31	25.304	27,78
Média	20.958	30	20.556	33,87

Fonte: Elaborado pela autora

Percebe-se que o valor final do indicador calculado, para um fluxo de veículos médio diário de 20.556 e considerando 30 dias úteis por mês, foi de 33,87 L/veículos/dia, conforme pode ser observado na Tabela 13. O histórico de veículos é apresentado no Apêndice G.

Na Tabela 14 são apresentados indicadores de consumo por veículo, de outros shoppings no Brasil, encontrados na literatura.

Tabela 14 - Indicadores de veículo em Shopping Center no Brasil

Referência	Veículos (dia)	L_v (L /veículo/dia)	C_m (m³/mês)
Gois, Rios, Costanzi (2014)	5.192	77,88	12.130,59
Guzzo (2017)	7.995	38,56	9.249,78

Fonte: Elaborado pela autora a partir das referências citadas na tabela

Através dos indicadores encontrados, pode-se afirmar que o consumo de água no shopping center estudado é baixo quando comparado aos estudos realizados por Gois, Rios, Costanzi (2015) e Guzzo (2017). Destaca-se o indicador IC_v (L/dia/nº veículos), cujo valor encontrado nessa pesquisa é inferior aos encontrados por Gois, Rios, Costanzi (2015) e Guzzo (2017). Tal fato pode ser atribuído à localização do empreendimento e perfil de consumo, pois o shopping center em estudo está situado em uma área urbana com elevada densidade populacional.

5.4.3 Determinação do indicador de consumo diário de água por área bruta locável

Para o cálculo do indicador de consumo diário de água por área bruta locável foi considerado:

Os consumos utilizados para o cálculo do indicador por área bruta locável correspondem ao período histórico de janeiro de 2022 a dezembro de 2022. A área bruta locável do shopping conforme informado anteriormente, é 90.791 m² e o consumo médio diário de água na edificação referente ao período histórico de janeiro de 2022 a dezembro de 2022 é 698.600 L/dia.

Tabela 15 - Índices reais de consumo por ABL

A (m ²)	Cdia (L/dia)	ICa (L/dia/m ²)
90.791	698.600	7,69

Fonte: Elaborado pela autora

O indicador ICa (L/dia/m²), conforme pode ser verificado na Tabela 15, ficou acima da média quando comparado ao encontrado por Guzzo (2017) em sua pesquisa. Tal fato pode ser atribuído à área bruta locável e ao consumo total de água do empreendimento tratado neste estudo. O shopping center estudado por Guzzo (2017) possui 70.398 m² de área bruta locável, representando um ABL equivalente a 22,42%, menor do que o ABL da edificação em estudo. Logo, podemos concluir que o consumo está razoável em relação à área do empreendimento.

5.5 Simulação para implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva

5.5.1 Pluviometria da área de estudo

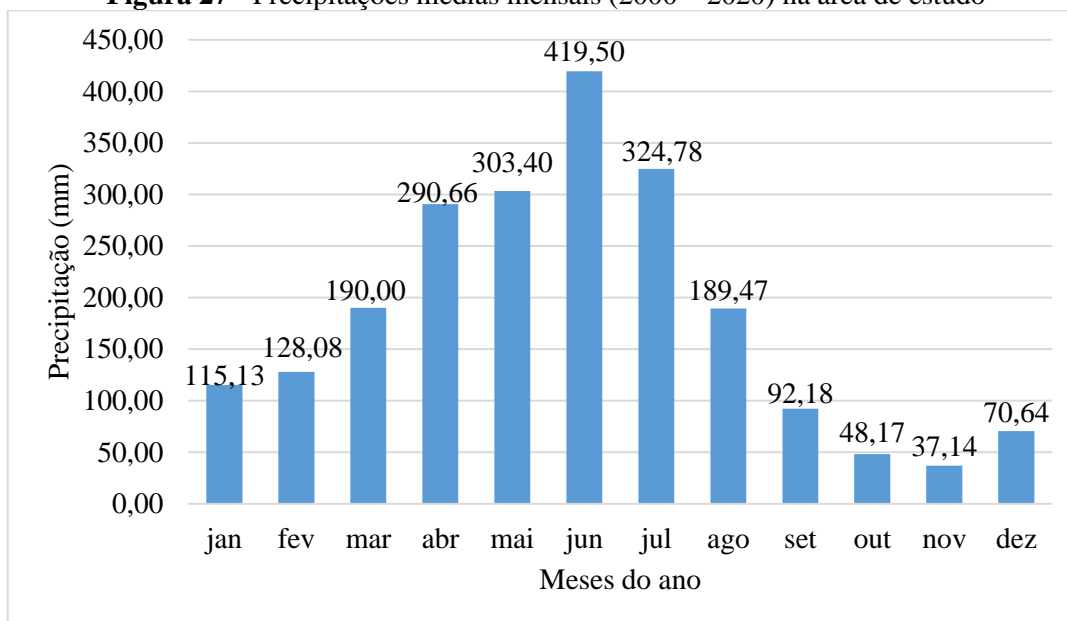
A viabilidade da coleta de água da chuva em uma determinada localidade depende muito da magnitude e intensidade da chuva. O padrão pluviométrico é um fator importante que afeta a eficiência do sistema de aproveitamento de água da chuva conforme Zavala, Vega e Miranda (2016). As precipitações médias mensais e anuais para a área de estudo são apresentados na Tabela 16, na qual é possível verificar a variabilidade da precipitação ao longo dos 20 anos registrados.

Conforme os dados registrados pelo posto pluviométrico selecionado, a distribuição da chuva na região de estudo no período de 2000 a 2020 indica precipitação média mensal de 184,10 mm, com pluviometria mínima de 37,14 mm em novembro e máxima de 419,50 mm em junho. A Figura 27 apresenta a distribuição das precipitações médias mensais (mm) do posto e a Tabela 16 apresenta os dados de precipitação pluviométrica mensais e totais anuais ao longo do período informado.

Tabela 16 - Precipitação pluviométrica acumulada, médias mensais e totais anuais em mm

Ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
2000	266,7	87,6	173	435,8	232,7	628,8	650,9	426,8	308,1	49,8	45,3	176,5	3.482
2001	46,3	53,6	116,7	327,9	55,9	433	357	212,7	100,9	99,4	6,7	108,3	1.918
2002	227,3	199,9	373,3	133,6	302	517,3	281,6	127	38	36,8	87,1	32,7	2.357
2003	53,5	156,3	397,9	116,1	225,9	495,8	282,7	170,8	135,8	52,2	26,2	47,2	2.160
2004	245,9	240,7	167,5	379,9	327,7	539,5	329,9	138,4	75,7	33,6	18,2	9,8	2.507
2005	14,3	65,3	75,5	168,1	507,8	708,8	183,2	290,8	45,6	53,7	8	174,2	2.295
2006	12,3	31,4	156,6	323,1	336,4	431,4	222,9	178,7	78,2	8,5	84,5	105,2	1.969
2007	83,3	226,7	129,3	345,7	192,2	380,2	330,3	219,1	124,7	24,2	38,5	15,6	2.110
2008	84,9	31,7	385,5	314	456,5	384	383,2	282,2	46,8	49	16,1	18,3	2.452
2009	85,2	376,1	141,4	341,5	405,4	328,2	393,1	288,4	83,3	16,1	49,2	48,2	2.556
2010	193,4	44,6	89,9	273,3	115,1	540,3	265,2	191,2	64,1	36,8	23,5	81,6	1.919
2011	139,1	329,5	122,1	669,5	710,9	303,6	556,2	200,9	35,7	34,6	76	43	3.221
2012	197,4	190,6	139	56,1	190,3	295,6	260,5	173,3	20,1	53,9	9,9	25,1	1.612
2013	95,7	43,8	98,6	223,6	317,7	494,7	415,2	224	146	128,5	76,5	177,1	2.441
2014	106,3	150,9	251,6	339,4	312,5	319,9	278,4	162,3	250	146,5	56	71,3	2.445
2015	64,6	54	341,8	74,4	171	449,4	445,5	116,6	29,7	16,2	30,6	91,8	1.886
2016	119,6	70,9	244,3	291,6	478,8	146,7	111,1	58,3	46,6	13,7	16,2	67,8	1.666
2017	28,7	20,9	139,2	291,7	397,7	487	486,2	109,1	83,8	60	14,8	30,1	2.149
2018	153,6	119,8	120,6	466,4	183,1	133,6	94,2	105,5	50,3	21,1	37,4	74,5	1.560
2019	143,5	111,1	159,9	281	205	462,8	306,1	183,4	110	59,5	3,9	22,2	2.048
2020	56,2	84,3	166,2	251,1	246,9	329	186,9	119,4	62,4	17,4	55,4	62,9	1.638
Média	115,13	128,08	190,00	290,66	303,40	419,50	324,78	189,47	92,18	48,17	37,14	70,64	2209,15

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da APAC (2022)

Figura 27 - Precipitações médias mensais (2000 – 2020) na área de estudo

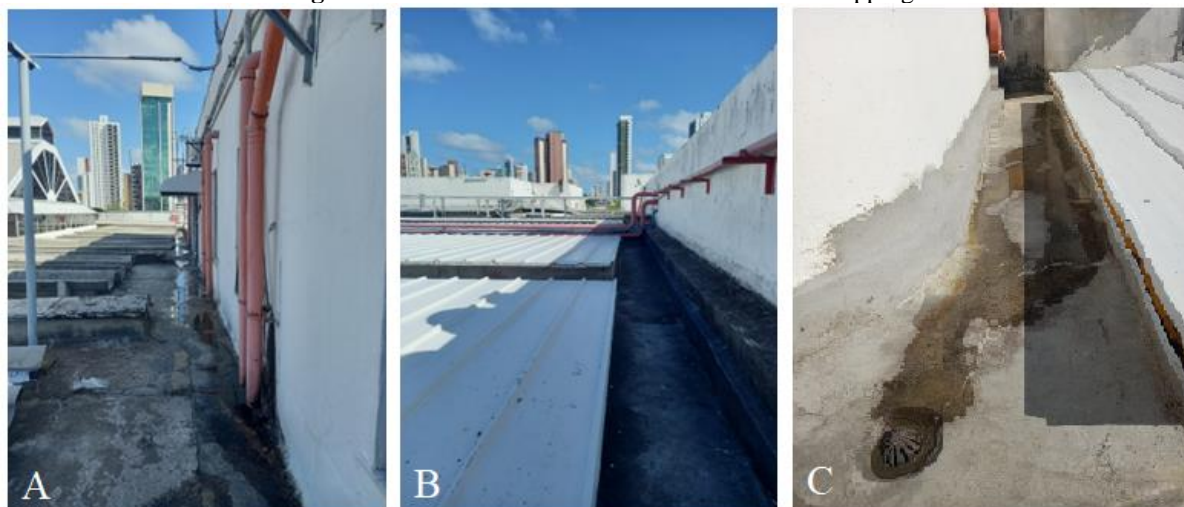
Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da APAC (2022)

Com os dados obtidos da estação pluviométrica é possível calcular a média mensal de precipitação de chuva na região e identificar os meses de maior e menor oferta, sendo os meses mais chuvosos no meio do ano e as menores precipitações no final do ano. O sistema de captação de água da chuva terá menor disponibilidade hídrica nos meses de setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro conforme a Figura 27.

5.5.2 Área de captação

Durante as visitas técnicas realizadas foi possível caracterizar a área de cobertura da edificação, conforme pode ser verificado na Figura 28. Vale salientar que, por ser uma edificação existente e em funcionamento, não será possível realizar adaptações no sistema de coleta de águas pluviais.

Figura 28 - Características da área de coberta do shopping



A: Coleta de águas pluviais com escoamento para laje de concreto; B: Coberta em telha metálica com escoamento para laje em concreto; C: Drenagem de água da chuva na cobertura em concreto com ralo grelha abacaxi.

Fonte: Acervo pessoal da autora

Para a simulação no programa computacional Netuno, as características construtivas da edificação foram consideradas, sendo que a área máxima de captação de 52.149 m², foi dividida em A1 (21.612 m²) e A2 (30.537 m²), a fim de se verificar se toda a área de captação, ou apenas parte dela, seria necessária para compor o sistema e suprir a demanda de água não potável do prédio, referente a 37% do consumo mensal de água potável estimado.

Conforme as simulações realizadas, cujos resultados estão apresentados na Tabela 17, fica evidenciado que a área máxima de captação possui a capacidade de atender completamente apenas 48,18% da demanda de água não potável, considerando a implantação do reservatório inferior de 630.000 L. O potencial de atendimento da demanda de água da chuva para a área de 52.149 m² é 12,89% superior em relação a área de 21.612m², que possui a capacidade de atender completamente apenas 35,29% da demanda total de água não potável, assim como 6,87% superior, para a área de captação de 30.537 m², que possui a capacidade de atender completamente 41,31% da demanda de água.

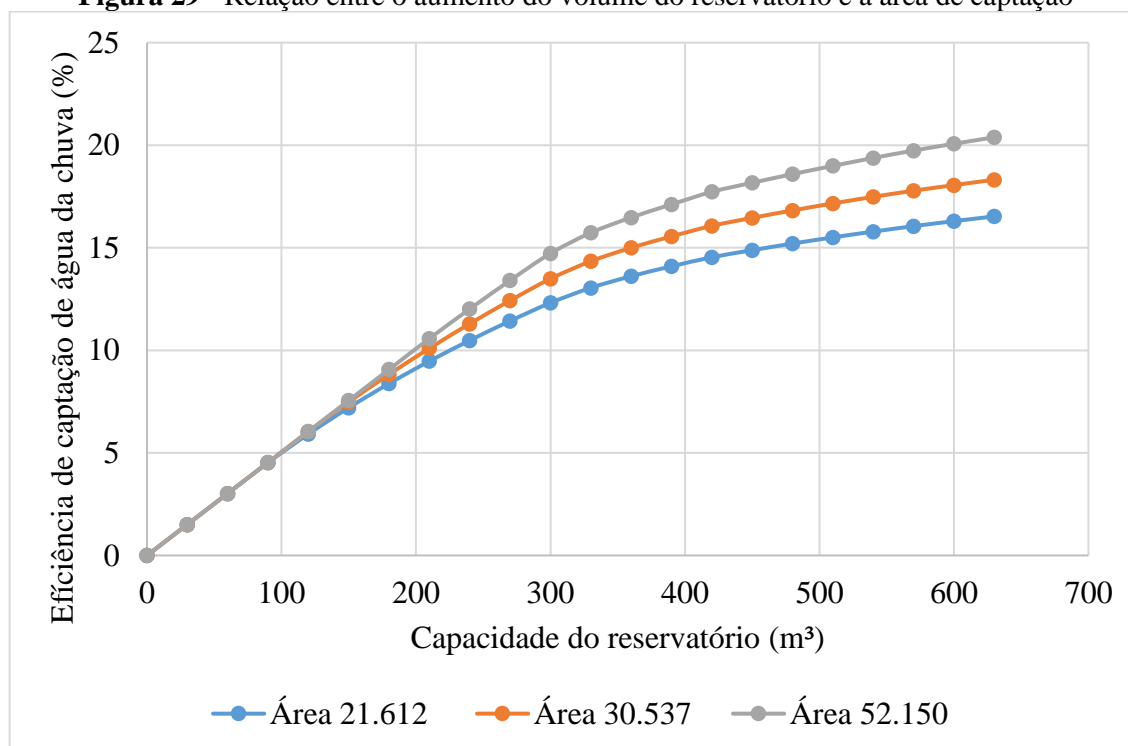
Vale destacar que existe limitação de área de solo natural para a implantação do reservatório inferior de aproveitamento de água da chuva no prédio em estudo. Diante do exposto, a capacidade de armazenamento do reservatório foi limitada ao volume máximo de 630.000 L.

Tabela 17 - Potencial de economia de água potável para diferentes áreas de captação

Área de captação (m ²)	Volume máximo do reservatório inferior (L)	Demanda de água da chuva atendida completamente (%)	Potencial de economia de água potável (%)
21.612	630.000	35,29	16,53
30.537	630.000	41,31	18,32
52.149	630.000	48,18	20,39

Fonte: Elaborado pela autora

Os volumes estimados de água coletada e armazenada usando as diferentes áreas de captação para a mesma série de dados pluviométricos são representados na Figura 29.

Figura 29 - Relação entre o aumento do volume do reservatório e a área de captação

Fonte: Elaborado pela autora

A implantação de um reservatório de água da chuva com capacidade de 600m³, para a área de coleta A3 (52.150 m²), proporciona um incremento de 5,35% no potencial de captação de água da chuva quando comparado a um reservatório de 300m³. Assim como, o aumento da capacidade do reservatório, de 300 m³ para 600 m³, quando analisada a área A2 (30.537 m²), acarreta um incremento de 4,56% no potencial de captação de água da chuva. Também dobrando a capacidade do reservatório, de 300 m³ para 600 m³, haveria um incremento de

apenas 3,99% no potencial de captação de água da chuva para a área A1 (21.612 m²). Em suma, o crescimento do volume substituído (percentual da demanda total atendida) não é proporcional ao aumento da área de captação. Diante do exposto, fica evidenciado que a economia de água potável gerada pela utilização da área total de cobertura de 52.159 m² não justifica os custos necessários para interligação da rede de captação das áreas A1 e A2, corroborando com a proposta de implantação de dois sistemas de aproveitamento de água da chuva na edificação.

5.5.3 Dimensionamento de reservatório de aproveitamento de água da chuva utilizando o programa computacional NETUNO

O dimensionamento da capacidade do reservatório para armazenamento de água da chuva é um dos pontos críticos na implantação do sistema, pois o reservatório é o item mais caro na implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva, impactando significativamente no tempo de retorno do investimento, além de ser o principal fator a influenciar na confiabilidade do sistema. Os mesmos autores afirmam que o correto dimensionamento do reservatório é importante para evitar gastos desnecessários quando o reservatório é superdimensionado, ou baixa eficiência, quando o reservatório é subdimensionado (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011; FERREIRA *et al.*, 2023).

Para as simulações no Netuno, o programa computacional utiliza a série histórica de precipitação diária, o que apresenta vantagens, como incorporar os períodos críticos de seca e características sazonais. Cada simulação realizada gera um gráfico demonstrando a relação entre o potencial de economia de água potável e o volume de um reservatório inferior.

Ao analisar o projeto da edificação em estudo, foi identificada a existência de duas redes de captação de água da chuva da cobertura, conforme apresentado no Apêndice A. Conseqüentemente a área de cobertura é subdividida em duas áreas de contribuição. Logo, foram identificadas limitações construtivas para a implantação de um único sistema de aproveitamento de água da chuva. Diante disso, foi simulado neste estudo dois reservatórios inferiores para a captação de água da chuva.

As capacidades dos reservatórios inferiores de água da chuva foram calculadas utilizando o programa computacional Netuno 4.0. O coeficiente de escoamento adotado foi de 0,90 (90%

de aproveitamento). Além disso, adotou-se como área de captação para as simulações, as áreas definidas no item 5.5.2 deste trabalho e como descarte de escoamento inicial, o valor de 2 L/m², conforme sugere a primeira versão da NBR 15527 (ABNT, 2007) por falta de informações mais detalhadas. Todos os dados de entrada utilizados são apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 - Dados de entrada usados para as simulações com o programa Netuno 4.0

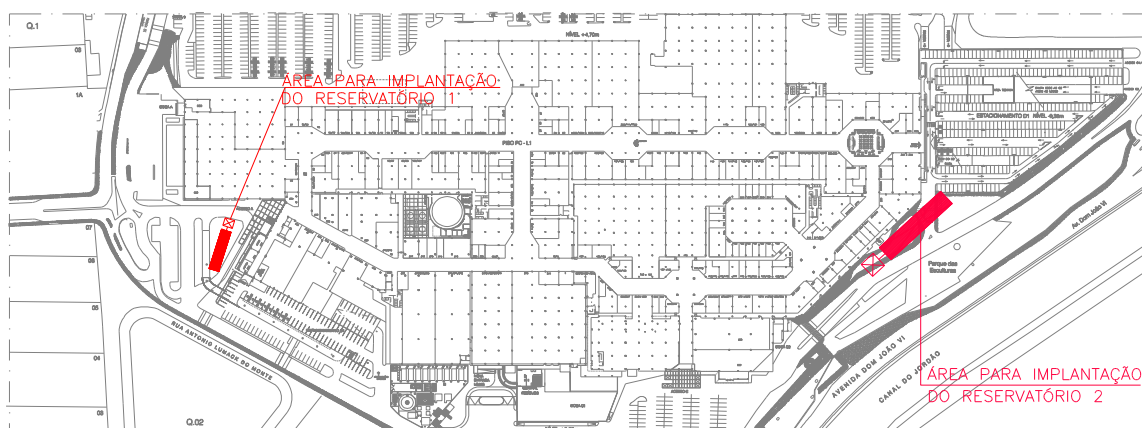
Variável	Unidade	Dados de entrada
Série temporal de precipitação	-	Dados diários para a área de estudo
Distribuição da água da chuva	-	Reservatório Inferior e Reservatório superior
Área de captação	m ²	21.612 e 30.537
Coeficiente de Runoff	%	90
Número de usuários	Habitantes/dia	52.242
Demanda total de água	L/per capita/dia	16,08
Demanda de água não potável (% da demana total de água a ser substituída)	%	37
Descarte de escoamento inicial	mm	2
Tamanho do tanque superior	L	Demanda diária de água não potável
Limites do tamanho do tanque inferior	L	630.000 L (em intervalos de 30.000)

Fonte: Elaborado pela autora

A capacidade do reservatório superior de água da chuva equivale à demanda diária de água da chuva. Ocorrerá recalque de água da chuva do reservatório inferior para o reservatório superior, quando o percentual de água do reservatório superior for igual a 50% de sua capacidade.

As simulações foram iniciadas com volume máximo de 630.000 L, sendo que essa limitação ocorreu motivada pela disponibilidade de área para implantação dos reservatórios, conforme informações disponibilizadas pela administração do shopping e relatadas anteriormente neste trabalho. As áreas disponíveis são 460 m² e 650 m², com profundidade útil máxima para os reservatórios de 2,0 m. É possível observar as localizações das áreas disponíveis para implantação dos reservatórios na Figura 30.

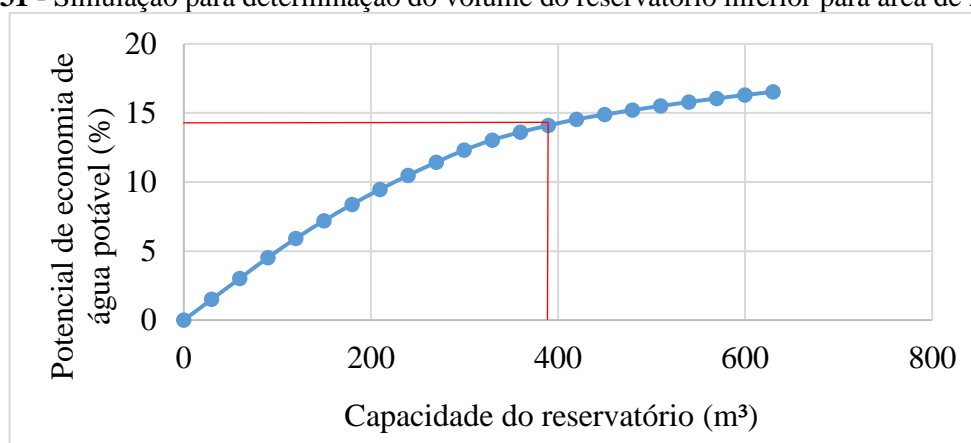
Figura 30 - Áreas disponíveis para locação dos reservatórios de água da chuva



Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados disponibilizados pela administração do shopping

Os resultados gerados pelo programa para a área contribuinte de 21.612 m² indicaram um volume para o reservatório inferior igual a 390.000 L, com um potencial de economia de água potável de 14,09%. Ainda conforme os resultados gerados, a utilização do volume máximo de 630.000 L proporciona um acréscimo em relação ao volume proposto de 2,44% no potencial de economia, o que demandaria um investimento maior para um reservatório de maiores dimensões, com pouca elevação na economia de água potável, conforme mostra a Figura 31.

Figura 31 - Simulação para determinação do volume do reservatório inferior para área de 21.612 m²

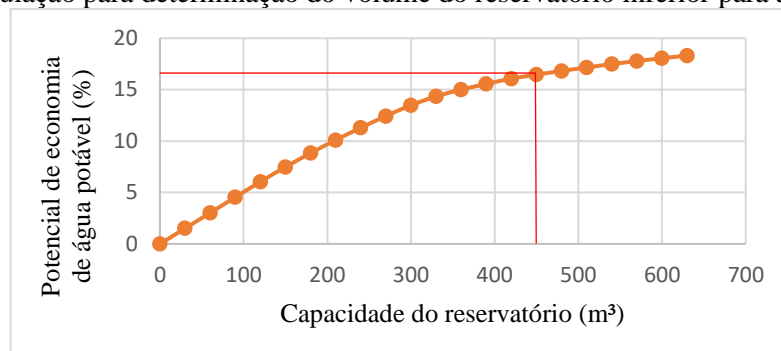


Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados gerados pelo programa para a área de contribuição de 30.537 m² indicaram um volume para o reservatório inferior igual a 450.000 L, com um potencial de economia de água potável de 16,46%. Ainda conforme os resultados gerados, a utilização do volume máximo de 640.000 L proporciona um acréscimo em relação ao volume proposto de 1,86% no potencial de

economia, o que demandaria um investimento maior para um reservatório de maiores dimensões, com pouca elevação na economia de água potável, conforme mostra a Figura 32.

Figura 32 - Simulação para determinação do volume do reservatório inferior para a área de 30.537 m²

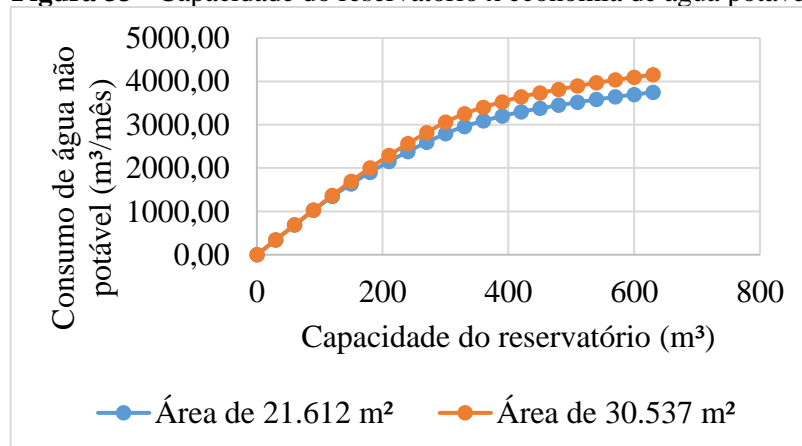


Fonte: Elaborado pela autora

- Análise da redução de consumo de água potável

O objetivo de realizar simulações é obter o volume do reservatório adequado para o sistema de captação de águas pluviais. Logo, fica evidenciado na Figura 33, que a economia de água potável sofre baixa variabilidade em relação à capacidade do reservatório. Isso ocorre em virtude da instabilidade dos eventos pluviométricos.

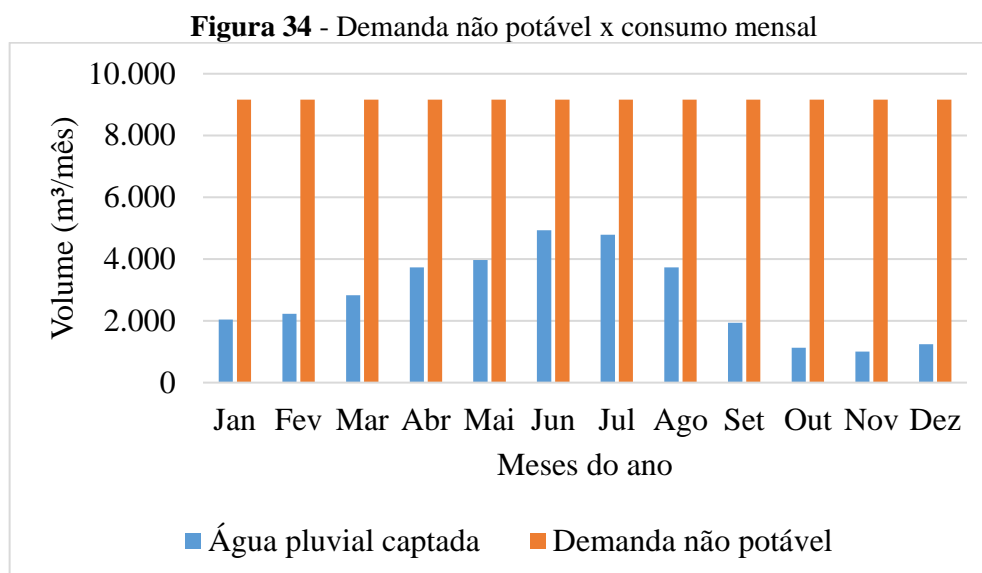
Figura 33 - Capacidade do reservatório x economia de água potável



Fonte: Elaborado pela autora

A influência do padrão de consumo de água no desempenho do sistema de aproveitamento de água da chuva é limitada, como pode ser observado na Figura 34. Isso pode ser explicado pelo

fato de que o consumo médio mensal de água é muito superior à disponibilidade de água da chuva.



Fonte: Elaborado pela autora

Verificou-se um potencial de suprimento completo da demanda não potável médio máximo de 30,51% para a simulação de implantação dos dois reservatórios, com máxima capacidade de 390.000 L e 450.000 L, correspondente à água utilizada para fins não potáveis, tais como rega de jardim, lavagem de pisos de banheiros e o suprimento da central de resfriamento, conforme mostra na Tabela 18.

De acordo com a Tabela 18, nota-se que para uma demanda fixa mensal de 9.163,40 m³ e a implantação dos dois reservatórios para armazenamento de água da chuva com capacidade de 390 m³ e 450 m³ respectivamente, tem-se variação na autonomia dos sistemas, e em nenhum dos meses o sistema demonstrou 100% de autonomia. Será necessário o suprimento da demanda com água externa para atendimento da demanda de água não potável. Para simulações com valores mais baixos de volume de reservatório, seria necessário suprimento de água externa em maior volume.

Tabela 18 - Suprimento da demanda não potável

Mês	Potencial de economia de água potável (%) - Área de 30.537m²	Potencial de economia de água potável (%) - Área de 21.612m²	Potencial total de economia de água potável (%)
Jan	12,21	10,10	22,31
Fev	13,28	10,98	24,26
Mar	16,68	14,19	30,87
Abr	21,74	18,94	40,68
Mai	22,91	20,38	43,29
Jun	28,29	25,53	53,82
Jul	27,72	24,49	52,21
Ago	22,05	18,67	40,72
Set	11,71	9,41	21,12
Out	6,91	5,43	12,34
Nov	6,12	4,81	10,93
Dez	7,61	5,98	13,59
Média	16,44	14,08	30,51

Fonte: Elaborado pela autora

5.5.4 Dimensionamento dos componentes do SPAAP para fins não potáveis.

5.5.4.1 Condutores horizontais

Para determinar o diâmetro dos condutores horizontais, foi considerado um coeficiente de rugosidade igual a 0,011 (valor definido para materiais plásticos) e uma inclinação de 4%, justificada pelas grandes áreas de contribuição e proximidade dos reservatórios com as redes de captação de águas pluviais existente na edificação. Todavia, foi usada uma inclinação maior para reduzir a quantidade de tubulações. Os traçados adotados, são apresentados no Apêndice J.

Tabela 19 - Número de condutores horizontais por área de contribuição

Área de contribuição (m²)	Vazão de projeto (L/min)	Número de condutores calculado de Ø300mm	Número de condutores utilizados de Ø300mm	Declividade máxima da tubulação (cm)
21612,65	63236,45	5,86	6	45,32
30537,28	89349,03	8,27	9	67,36

Fonte: Elaborado pela autora

Para a seleção dos condutores horizontais foi considerado as vazões de projeto para cada área de contribuição, conforme apresentado na Tabela 19. Logo, para a área de contribuição de 21.612,28 m² e considerando os dados apresentados na Figura 35, são necessários 6 condutores de diâmetro igual a 300 mm. Assim como, para a área de contribuição de 30.537,28 m² e considerando também os dados apresentados na Figura 35, são necessários 9 condutores de diâmetro igual a 300 mm.

Figura 35 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

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

Fonte: Adaptado da NBR 10844 (1989)

5.5.4.2 Dispositivo de descarte dos primeiros milímetros de água da chuva - First Flush

Para o projeto em questão, o elemento de descarte foi dimensionado para cada área de contribuição proposta, a fim de permitir que os primeiros 2 mm de chuva acumulados na cobertura sejam descartados. Vale destacar que é importante que haja um elemento de descarte, com a finalidade de garantir que as primeiras águas não contaminem aquelas que são adequadas para uso não potável. O dimensionamento dos reservatórios de descarte foi efetuado conforme indicado na Tabela 20.

Tabela 20 - Capacidade dos reservatórios de descarte

Área de contribuição (m ²)	Descarte (L)	Capacidade reservatório descarte (m ³)
21.612,65	2	43,23
30.537,28	2	61,07

Fonte: Elaborado pela autora

5.5.4.3 Conjunto motobomba

Para esse estudo foi considerado um reservatório superior para cada sistema proposto, sendo a soma dos volumes armazenados em cada reservatório equivalente a demanda diária não potável da edificação. O reservatório correspondente à área de contribuição de 21.612,65 m² possui a capacidade de armazenamento de 40% da demanda não potável diária, assim como o reservatório correspondente à área de contribuição de 30.537,28 m² possui a capacidade de armazenamento equivalente a 60% da demanda não potável diária. A definição de dois reservatórios foi motivada pelas características construtivas da edificação e espaço disponível para a implantação, conforme indicado pela administração do shopping. A potência das bombas foi determinada a partir das vazões de recalque e das alturas manométricas.

- **Dimensionamento da tubulação de recalque e sucção**

Para o dimensionamento das bombas de recalque foi levado em consideração apenas o volume necessário para atender a demanda de água não potável diária da edificação. Bem como, foi desenvolvido o projeto básico das instalações que conduzem a água da chuva dos reservatórios inferiores até os superiores.

Para o cálculo da tubulação de recalque foi utilizada a equação de Forchheimer, uma vez que o funcionamento do sistema de recalque não será contínuo, conforme indicado no item 4.6.5.4. Assim como, o período de funcionamento das bombas considerado foi de 5 horas e o consumo diário total considerado para as demandas não potáveis da edificação foi de 329,14 m³/dia. Adotou-se para a tubulação de recalque o diâmetro comercial para o material de PVC soldável marrom. A Tabela 21 apresenta os diâmetros adotados para as tubulações de recalque.

Tabela 21 - Cálculo da tubulação de recalque

Capacidade do reservatório superior (m³)	Vazão de projeto (m³/s)	Dr (mm) calculado	Dr (mm) adotado
131,66	0,0073	75,11	85
197,48	0,0110	91,99	110

Fonte: Elaborado pela autora

Para a tubulação de sucção foi adotado o diâmetro comercial imediatamente superior ao diâmetro da tubulação de recalque. Sendo nesse caso o diâmetro de 110 mm para a sucção que atende a área de contribuição de 21.612,65 m², considerando o material de PVC soldável marrom. Como também, o diâmetro de 125 mm para a sucção que atende a área de contribuição de 30.537,28 m², considerando o material de PEAD.

- **Dimensionamento das perdas de carga da tubulação de recalque / sucção**

Para o cálculo das perdas de carga nas tubulações de recalque e sucção foi utilizada a equação de Hazen-William, que é usada para cálculo de perda de cargas em tubulações com diâmetro igual ou superior a 50 mm, conforme indicado no item 4.6.5.4. A Tabela 22 apresenta as perdas de carga nas tubulações de recalque e sucção para os dois sistemas propostos neste estudo.

Tabela 22 - Perda de carga nas tubulações de recalque e sucção

Vazão de projeto (m ³ /s)	D (m) recalque	D (m) sucção	C	J (m/m) recalque	J (m/m) sucção
0,0073	0,085	0,11	140	0,021	0,006
0,0110	0,11	0,125	140	0,013	0,007

Fonte: Elaborado pela autora

- **Cálculo da altura manométrica do sistema**

Para o cálculo da altura manométrica dos sistemas, faz-se necessário o cálculo das alturas de recalque e alturas de sucção. Diante do exposto, foram realizadas seguindo a metodologia proposta no item 4.6.5.4. Logo, são apresentadas na Tabela 23 as alturas de recalque e sucção que correspondem a cada SPAAP proposto.

Tabela 23 - Alturas de recalque e sucção considerando as perdas de carga localizadas

Área de contribuição (m ²)	Lreal recalque (m)	Leq recalque (m)	Lreal sucção (m)	Leq sucção (m)	Hr (m)	Hs (m)
21.612,65	225,35	61,00	8,00	17,20	5,97	0,15
30.537,28	181,00	58,5	5,2	14,7	3,01	0,13

Fonte: Elaborado pela autora

Os cálculos das alturas manométricas dos sistemas propostos neste estudo foram realizados seguindo a metodologia indicada no item 4.6.5.4. Sabendo que a altura geométrica é a altura estática do recalque extraída do projeto e que corresponde a 16,00 m, para ambos os sistemas. Logo, são apresentadas na Tabela 24 as alturas manométricas que correspondem a cada SPAAP proposto.

Tabela 24 - Alturas manométricas calculadas

Área de contribuição (m ²)	Altura manométrica (m)
21.612,65	22,12
30.537,28	19,15

Fonte: Elaborado pela autora

- **Seleção das bombas de recalque**

As motobombas dimensionadas para cada SPAAP são apresentadas na Tabela 25.

Tabela 25 - Dimensionamento das bombas de recalque

Área de contribuição (m ²)	Vazão de projeto (m ³ /h)	Altura manométrica (m)	Potência (CV)
21.612,65	26,33	22,12	5
30.537,28	39,50	19,15	7,5

Fonte: Elaborado pela autora

5.6 Análise da viabilidade econômica para implantação do SPAAP

Algumas variáveis são importantes para a viabilidade econômica do SPAAP, como o volume de chuva, área de captação, demanda por água não potável e a tarifa de água. Sendo assim, após a elaboração do projeto básico do SPAAP e dimensionamento dos reservatórios, foi realizada a análise da viabilidade econômica. Para efetuar a análise, faz-se necessário a definição do fluxo de caixa a partir do investimento inicial, das receitas e dos custos de manutenção e operação do sistema, como exposto a seguir.

5.6.1 Investimento inicial

Inicialmente foram quantificados todos os itens especificados no projeto básico. Utilizando as composições de custo de abril de 2023 do SINAPI (CEF, 2023) e as composições de custo de

março de 2023 do ORSE (CEHOP, 2023), foi determinado o investimento aproximado para a construção dos sistemas. Os valores definidos englobam o custo do material e da mão de obra. Para os itens não encontrados dentre as composições e insumos do SINAPI e ORSE, foi realizada cotação para estabelecer o preço de mercado.

Foram desconsideradas as adaptações necessárias dos trechos entre os reservatórios superiores e os ramais de distribuição existentes, pois a administração do shopping não disponibilizou os projetos. Logo, não foi contemplado no orçamento. Os custos para implantação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva propostos neste estudo estão apresentados no Apêndice K.

Para a implantação dos sistemas é necessário R\$ 765.732,48, em que deste, R\$ 557.184,54 custaria apenas para a construção dos reservatórios. Diante do exposto, uma análise realizada foi a da porcentagem do custo do reservatório no investimento inicial. Partindo dos dados presentes no Apêndice K, verificou-se que os reservatórios (reservatório inferior 1, inferior 2, descarte 1, descarte 2, superior 1 e superior 2) representam 73 % de todo investimento inicial. A partir dos resultados constatou-se que o investimento inicial para a implantação dos dois sistemas de aproveitamento de água da chuva é elevado. Logo, a existência de vários reservatórios e o investimento necessário para a implantação mostram-se como parâmetros que podem inviabilizar a implantação de um SPAAP.

5.6.2 Fluxo de caixa

Com o investimento necessário para a construção dos sistemas propostos, foi elaborado o fluxo de caixa, foram incluídos os custos de operação e manutenção, conforme descrito no item 4.7.1.2 e as receitas resultantes do volume de água que passa a ser substituída por água da chuva.

O INCC possibilita o pleno acompanhamento da evolução dos preços de materiais, serviços e mão de obra. Dessa forma, foi realizada a correção ao longo do período analisado do custo de operação e manutenção, utilizado a taxa média acumulada anual entre o período de 2012 a 2022, equivalente a 7,26 % a.a., conforme apresentado na Tabela 26.

Tabela 26 - Percentual médio acumulado da taxa de INCC entre 2012 e 2022.

Ano	Acumulado anual (%)
2012	7,12
2013	8,09
2014	6,94
2015	7,49
2016	6,1
2017	4,25
2018	3,83
2019	4,14
2020	8,81
2021	13,84
2022	9,27
Média	7,26%

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da IBRE (2023)

Para a simulação da viabilidade financeira, foi considerada a tarifa de água cobrada por m³ de água tratada pela COMPESA, considerando a categoria comercial. O valor da água foi obtido por meio de consulta à estrutura tarifária apresentada no Anexo B. Assim como, foi calculada a taxa média de reajuste percentual aplicada no valor da água entre o período de 2017 a 2023, conforme apresentado na Tabela 27. Vale ressaltar que não ocorreu reajuste na taxa de água aplicada pela COMPESA nos anos de 2018, 2020 e 2022. Portanto, a economia financeira obtida com o valor da água foi corrigida ao longo do período analisado, utilizando a taxa média de reajuste equivalente a 9% a. a.

Tabela 27 - Percentual de aumento da taxa de água entre 2017 e 2023

Dados da concessionária		
Ano	Reajuste	% de aumento
2017	59,11	
2019	64,84	10%
2021	66,4	2%
2021	74,03	11%
2023	82,63	12%
Média		9%

Fonte: Elaborado pela autora a partir da estrutura tarifária da ARPE (2023)

O custo médio de água anual da edificação para fins não potáveis é de R\$ 5.018.406,12. A adesão do aproveitamento de água da chuva descrito neste estudo pode reduzir esse custo em 10,95% por ano, ou seja, uma economia inicial em torno de R\$ 549.484,52 para o primeiro ano.

5.6.3 Indicadores econômicos

O Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback* simples foram calculados para avaliar a viabilidade do investimento do projeto proposto. Ao calcular o Valor Presente Líquido de qualquer investimento é necessário levantar o lucro e as despesas ao longo do tempo de vida útil, e converter os mesmos para valores presentes.

É viável a implantação de dois sistemas prediais de aproveitamento de água pluvial combinados, conforme considerados nesta pesquisa, pois resulta em um VPL positivo. Assim como, apresenta um TIR de 79,78%, sendo superior à taxa de desconto aplicada na análise, demonstrando a viabilidade do sistema. Os resultados da análise econômica são apresentados na Tabela 28.

A análise de viabilidade econômica da implantação do sistema indicou que o custo total de implantação do sistema proposto seria de R\$ 765.732,48 e o benefício com economia de água seria de R\$ 549.484,52 no primeiro ano. Com base na economia anual de água potável gerada, sem correção do valor da água, e no custo total de implantação do sistema, o método do *Payback* simples apontou que o tempo de retorno do investimento seria de 1 ano e 4 meses.

Tabela 28 - Cálculo de VPL e TIR

Ano	Economia de água (L/ano)	Preço médio da água - consumo até de 10 m ³	Preço médio da água - consumo acima de 10 m ³	Valor de economia com o uso da água de chuva (R\$/ano)	Custo com manutenções e operações	Fluxo de caixa (receitas e despesas)	Valor presente
0						-R\$ 765.732,48	-R\$ 765.732,48
1	33551019,22	R\$ 82,63	R\$ 549.401,89	R\$ 549.484,52	-R\$ 7.657,32	R\$ 541.827,20	R\$ 476.750,73
2	33551019,22	R\$ 90,07	R\$ 598.848,07	R\$ 598.938,13	-R\$ 8.213,25	R\$ 590.724,89	R\$ 457.347,58
3	33551019,22	R\$ 98,17	R\$ 652.744,39	R\$ 652.842,56	-R\$ 8.809,53	R\$ 644.033,04	R\$ 438.732,52
4	33551019,22	R\$ 107,01	R\$ 711.491,39	R\$ 711.598,39	-R\$ 9.449,10	R\$ 702.149,29	R\$ 420.873,62
5	33551019,22	R\$ 116,64	R\$ 775.525,61	R\$ 775.642,25	-R\$ 10.135,10	R\$ 765.507,15	R\$ 403.740,25
6	33551019,22	R\$ 127,14	R\$ 845.322,92	R\$ 845.450,05	-R\$ 10.870,91	R\$ 834.579,14	R\$ 387.303,02
7	33551019,22	R\$ 138,58	R\$ 921.401,98	R\$ 921.540,56	-R\$ 11.660,14	R\$ 909.880,42	R\$ 371.533,72
8	33551019,22	R\$ 151,05	R\$ 1.004.328,16	R\$ 1.004.479,21	-R\$ 12.506,67	R\$ 991.972,54	R\$ 356.405,28
9	33551019,22	R\$ 164,65	R\$ 1.094.717,69	R\$ 1.094.882,34	-R\$ 13.414,65	R\$ 1.081.467,68	R\$ 341.891,72
10	33551019,22	R\$ 179,46	R\$ 1.193.242,28	R\$ 1.193.421,75	-R\$ 14.388,56	R\$ 1.179.033,19	R\$ 327.968,12
11	33551019,22	R\$ 195,62	R\$ 1.300.634,09	R\$ 1.300.829,70	-R\$ 15.433,16	R\$ 1.285.396,54	R\$ 314.610,55
12	33551019,22	R\$ 213,22	R\$ 1.417.691,16	R\$ 1.417.904,38	-R\$ 16.553,61	R\$ 1.401.350,76	R\$ 301.796,07
13	33551019,22	R\$ 232,41	R\$ 1.545.283,36	R\$ 1.545.515,77	-R\$ 17.755,40	R\$ 1.527.760,37	R\$ 289.502,63
14	33551019,22	R\$ 253,33	R\$ 1.684.358,86	R\$ 1.684.612,19	-R\$ 19.044,45	R\$ 1.665.567,74	R\$ 277.709,12
15	33551019,22	R\$ 276,13	R\$ 1.835.951,16	R\$ 1.836.227,29	-R\$ 20.427,07	R\$ 1.815.800,21	R\$ 266.395,24
16	33551019,22	R\$ 300,98	R\$ 2.001.186,76	R\$ 2.001.487,74	-R\$ 21.910,08	R\$ 1.979.577,66	R\$ 255.541,54
17	33551019,22	R\$ 328,07	R\$ 2.181.293,57	R\$ 2.181.621,64	-R\$ 23.500,75	R\$ 2.158.120,89	R\$ 245.129,34
18	33551019,22	R\$ 357,59	R\$ 2.377.610,00	R\$ 2.377.967,59	-R\$ 25.206,91	R\$ 2.352.760,68	R\$ 235.140,71
19	33551019,22	R\$ 389,78	R\$ 2.591.594,90	R\$ 2.591.984,67	-R\$ 27.036,93	R\$ 2.564.947,74	R\$ 225.558,48
20	33551019,22	R\$ 424,86	R\$ 2.824.838,44	R\$ 2.825.263,29	-R\$ 28.999,81	R\$ 2.796.263,48	R\$ 216.366,14
						VPL	R\$ 5.844.563,89
						TIR	79,78%

Fonte: Elaborado pela autora

6 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

A caracterização da edificação estudada obtida a partir das visitas realizadas e do levantamento cadastral permitiu conhecer características sobre o sistema hidrossanitário existente, fontes que abastecem a edificação e a demanda hídrica não potável que pode ser suprida por água proveniente do SPAAP.

O cálculo do histórico de consumo de água do shopping permitiu a obtenção e comparação dos indicadores de consumo de água da edificação com resultados de trabalhos de outros autores que também estudaram a mesma tipologia predial. A análise comparativa dos indicadores mostrou que os resultados desta pesquisa estão compatíveis com as pesquisas já realizadas em âmbito nacional, devendo ser levado em consideração as divergências regionais e climáticas do país. Vale salientar que, não foram encontrados na literatura indicadores de consumo de água para tipologia estudada em âmbito internacional.

Foram verificadas as demandas de água passíveis de substituição por água não potável. Logo, a produção de fonte alternativa é em média de 33.551 m³/ano, não sendo capaz de suprir totalmente as demandas que prescindem de potabilidade, as quais correspondem a 109.961,28 m³/ano, gerando uma economia média anual de 10,95% da água potável total consumida na edificação. Também foi verificada a atividade que acarreta o maior consumo de água potável na edificação que pode ser substituída por água não potável, que corresponde ao sistema de resfriamento, consumindo 34,25% da demanda total hídrica potável, seguida do uso em rega de jardim e lavagem de piso, que por sua vez consome respectivamente 1,39% e 0,24%.

Utilizou-se o programa computacional Netuno 4.0, por permitir o dimensionamento do potencial de economia de água potável e a definição da porcentagem de completo atendimento da demanda por água da chuva. Na edificação em estudo, as áreas de cobertura simuladas foram insuficientes para suprir 100% das demandas hídricas de uso não potável. Foram admitidas duas áreas de captação, a somatória das áreas é equivalente à área máxima da coleta de água da chuva do empreendimento, sendo a área total de coberta igual a 52.149 m². Foi necessária a simulação de dois reservatórios, com a finalidade de captar o maior volume possível de água da chuva, visto que as instalações prediais de captação e destinação da água da chuva já são previstas no projeto da construção, e por proporcionar uma média de atendimento completo de 30,51%.

Por meio dos resultados obtidos nas simulações realizadas, notou-se que a simulação para o dimensionamento dos reservatórios realizado no Programa computacional Netuno 4.0 apresentou o volume de 390 m³ para o reservatório inferior, correspondente à área de 21.612 m², gerando um potencial de economia de água potável médio mensal de 14,09%. Assim como, os resultados obtidos nas simulações realizadas para a área correspondente a 30.537 m² apresentaram o volume de 450 m³, para o reservatório inferior, gerando um potencial de economia de água potável médio mensal de 16,46%.

A análise de viabilidade econômica de implantação destaca a importância de selecionar o tamanho ideal do reservatório para alcançar alto valor de eficiência na economia de água e maximizar o retorno do investimento inicial. Logo, foi estimado o orçamento para instalação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva e avaliada a viabilidade econômica. Vale salientar que, o maior limitante que afeta diretamente o retorno do investimento é a tarifa de água e os custos de implantação relacionados aos tamanhos dos reservatórios. Desse modo é possível concluir que o investimento possui retorno positivo no período de 20 anos.

A impossibilidade de utilizar a área total de contribuição com a implantação de um único sistema de captação de água da chuva acarreta diretamente no aumento do custo para implantação do SPAAP. Alterar e adaptar as instalações existentes de um empreendimento como um shopping center é extremamente oneroso, devido à complexidade dos sistemas e subsistemas hidrossanitários e seus longos percursos. Entende-se que esse percurso é o mesmo desde a fase projetual, mas há uma significativa diferença entre executá-lo durante a obra, e executar quando já se encontra pronto e em operação. Todo o transtorno, retrabalho e o alto custo são fatores que levam à desmotivação em adequações pós-obra.

Os resultados deste estudo mostraram que a instalação de um sistema de captação de água da chuva é uma opção viável economicamente, assim como proporciona benefícios ambientais e sociais advindos da implantação do SPAAP. A captação de água da chuva é uma boa opção para economizar água potável, pois reduz a demanda de água, energia e o risco de inundações. É pertinente dizer que as empresas que adotam estratégias sustentáveis, como o aproveitamento da água da chuva, têm mais visibilidade e mostram aos seus clientes que a empresa se preocupa em reduzir o impacto no meio ambiente. Assim como, frente à escassez de recursos hídricos,

especialmente considerando-se a intensificação desta problemática nos centros urbanos, tal sistema é de suma importância, devido à gama de aplicações possíveis para a água da chuva.

Diante do exposto, espera-se que a pesquisa, em todo o seu conteúdo, possa auxiliar o desenvolvimento de novos trabalhos voltados ao aproveitamento de água da chuva como alternativa para a redução do consumo de água potável em prédios de tipologia Shopping Center.

6.1 Recomendações para trabalhos futuros

Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se:

- Estudar a viabilidade econômica para implantação dos sistemas de aproveitamento e reaproveitamento de fontes de água não potável (a água cinza tratada para reúso e a água de condensação) em conjunto com a água da chuva;
- Estudar outros shoppings de diferentes portes (pequeno, médios e grandes), realizando simulações com o uso de fontes alternativas em termo de demandas e ofertas no empreendimento;
- Estudar avanços relativos às atualizações de legislações relativa aos SPAAP e usos de água da chuva para fins potáveis no contexto urbano.

REFERÊNCIAS

ACRE. **Lei Nº 2.540/2012**. Determina a inserção de sistema de captação e armazenamento de água da chuva nos projetos arquitetônicos das unidades escolares estaduais. Acre, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SHOPPING CENTERS. Disponível em: <https://abrasce.com.br/>. Acesso em 10 de maio. de 2023.

AGHAKOUCHAK, A.; MIRCHI, A.; MADANI, K.; DI BALDASSARRE, G.; NAZEMI, A.; ALBORZI, A.; ANJILELI, H.; AZARDERAKHSH, M.; CHIANG, F.; HASSANZADEH, E.; HUNING, L. S.; MALLAKPOUR, I.; MARTINEZ, A.; MAZDIYASNI, O.; MOFTAKHARI, H.; NOROUZI, H.; SADEGH, M.; SADEQI, D.; LOON, A. F. V.; WANDERS, N. 2021. Anthropogenic drought: Definition, challenges, and opportunities. **Reviews of Geophysics**, 59, e2019RG000683. <https://doi.org/10.1029/2019RG000683>.

ALMEIDA, A. P.; LIBERALESSO, T.; SILVA, C. M.; SOUSA, V. Combining green roofs and rainwater harvesting systems in university buildings under different climate conditions. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], p. 163719, maio 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163719>.

ALWI, S.R. W.; MANAN, Z.A.; SAMINGIN, M.H.; MISRAN, N. A holistic framework for design of cost-effective minimum water utilization network. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 88, n. 2, p. 219-252, jul. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.02.011>.

AMOS, C. C.; RAHMAN, A.; GATHENYA, J. M. Economic Analysis and Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Urban and Peri-Urban Environments: a review of the global situation with a special focus on australia and kenya. **Water**, v. 8, n. 4, p. 149, 14 abr. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w8040149>.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, 2021. Brasília, 132 p., 2022. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura_2021_pdf_final_re-vdirec.pdf. Acesso em 12 de ago. 2022.

_____. Portal do Monitor de Secas. 2021. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br/>. Acesso em 22 de agosto de 2022.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2014. Brasília, 103 p., 2015. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informes2014.pdf>. Acesso em 20 de ago. 2022.

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2018. Brasília, 72 p., 2018. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe_conjuntura_2018.pdf. Acesso em 20 de ago. 2022.

ANDADRE NETO, C. O. Aproveitamento Imediato da Água de Chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 1, n.1, p. 73-86. 2013.

ANTUNES, L.; THIVES, L.; GHISI, E. Potential for Potable Water Savings in Buildings by Using Stormwater Harvested from Porous Pavements. **Water**, Florianópolis, v. 8, n. 4, p. 110, 23 mar. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w8040110>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16782**: Conservação de água em edificações – Requisitos, procedimentos e diretrizes. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783**: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13713**: Instalações hidráulicas prediais – Aparelhos automáticos acionados mecanicamente e com ciclo de fechamento automático – Requisitos e métodos de ensaio, 2009.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10281**: Torneiras – Requisitos e métodos de ensaio, 2015.

AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAMENTAÇÃO DE PERNAMBUCO (ARPE). Resolução n° 230 de 28 de abril de 2023. Disponível em: <https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAction.do>. Acesso em 01 de jun. 2023.

BAHIA. **Lei N° 12.544/2011**. Institui o Programa de Racionalização do Consumo de Água e Energia nos Prédios Públicos, no âmbito da Administração Pública do Poder Executivo Estadual. Bahia, 2011.

BARROS, M. T. L. de. Drenagem urbana: bases conceituais e planejamento. In: PHILIPPI JÚNIOR, A. (ed.). **Sanamento, saúde e ambiente**. São Paulo: Editora Manole, p. 276-320, 2018.

BAPTISTA, M. B.; COELHO, M. M. L. P.; CIRILO, J. A.; MASCARENHAS, F. C. B. **Hidráulica Aplicada**. 2. ed. v. 8, Porto Alegre: ABRH, p. 628, 2011.

BEAL, C. D.; STEWART, R. A.; FIELDING, K. A novel mixed method smart metering approach to reconciling differences between perceived and actual residential end use water consumption. **Journal Of Cleaner Production**, v. 60, p. 116-128, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.007>.

BEAL, C. D.; STEWART, R. A. Identifying Residential Water End Uses Underpinning Peak Day and Peak Hour Demand. **Journal of Water Resources Planning and Management**. v. 140, jul. 2014. American Society of Civil Engineers. [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.194-3-5452.0000357](http://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.194-3-5452.0000357).

BERTUZZI, G.; GHISI, E. Potential for Potable Water Savings Due to Rainwater Use in a Precast Concrete Factory. **Water**, v. 13, n. 4, p. 448, 9 fev. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w13040448>.

BINT, L.; GARNETT, A.; SIGGINS, A.; JAQUES, R. Alternative water sources in New Zealand's commercial buildings. **Water Supply**, v. 19, n. 2, p. 371-381, 27 abr. 2018. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/ws.2018.082>.

BISPO, T. C.; LEVINO, N. A. Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo: um estudo da região da periferia de Maceió/AL. In: XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 16., 2011, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Maceió: Abepro, 2011. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep-2011_TN_STO_143_901_18402.pdf. Acesso em: 04 ago. 2022.

BOCANEGRA-MARTÍNEZ, A.; PONCE-ORTEGA, J. M.; NÁPOLES-RIVERA, F.; SERNA-GONZÁLEZ, M.; CASTRO-MONTOYA, A. J.; EL-HALWAGI, M. M. Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development. **Resources, Conservation And Recycling**, v. 84, p. 44-56, mar. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.01.001>.

BCB, **Banco Central do Brasil**. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/>. Acesso em: 10 maio 2023.

BRANDÃO, V. R.; CAMPOS, M. A. S. Avaliação ambiental de sistemas de aproveitamento de água pluvial – um mapeamento da literatura. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, Paranoá, n. 23, p. 93-111, 8 jul. 2019. Programa de Pos-Graduacao em Arquitetura e Urbanismo - Univ. de Brasília. <http://dx.doi.org/10.18830/-issn.1679-0944.n23.2019.09>.

BRITTO, M.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A. de. O estudo dos componentes do ciclo hidrológico desde métodos tradicionais até o uso de sensoriamento remoto: uma revisão. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 23, p. 127-146, 9 jul. 2019. Programa de Pos-Graduacao em Arquitetura e Urbanismo - Univ. de Brasília. <http://dx.doi.org/10.18830/-issn.1679-0944.n23.2019.11>.

CALMON, J. L.; BASTOS, C. S. Conservação de água em shopping centers: análise das percepções dos atores envolvidos nos projetos e gestão, com o uso do processo de hierarquia analítica. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 26, n. 3, p. 557-565, jun. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-415220190149>.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI**. 2022. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_653. Acesso em 20 set. 2022.

CARDOSO, R. N. C.; BLANCO, C. J. C.; DUARTE, J. M. Technical and financial feasibility of rainwater harvesting systems in public buildings in Amazon, Brazil. **Journal Of Cleaner Production**, Pará, v. 260, p. 121054, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121054>.

CARVALHO, L. P. **Análise financeira de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial em habitações de interesse social**. 2017. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, Escola de Engenharia Civil e Ambiental (Eeca), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

CARVALHO, I. C.; CALIJURI, M. L.; ASSEMAN, P. P.; SILVA, M. D. F. M. e; MOREIRA NETO, R. F.; SANTIAGO, A. F.; SOUZA, M. H. B. de. Sustainable airport environments: a review of water conservation practices in airports. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 74, p. 27-36, maio 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.02.016>.

CEARÁ. **Lei Nº 13.581/2016**. Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará. Ceará, 2016.

COMPANHIA ESTADUAL DE HABITAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS DE SERGIPE (CEHOP). **Orçamento de Obras de Sergipe**. 2017. Disponível em: <http://orse.cehop.se.gov.br/>. Acesso em 20 set. 2022.

COLLOFF, M. J.; PITTOCK, J. Mind the Gap! Reconciling Environmental Water Requirements with Scarcity in the Murray–Darling Basin, Australia. **Water**, v. 14, n. 2, p. 208, 11 jan. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w14020208>.

COSCARELLI, A. P. F. **Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis em uma atividade industrial: estudo de caso de uma edificação a ser construída, Rio de Janeiro, RJ**. 2010. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

CHUI, T. F. M.; TRINH, D. H. Modelling infiltration enhancement in a tropical urban catchment for improved stormwater management. **Hydrological Processes**, p.4405-4419, 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.10926>.

DALSASSO, R. L.; SENS, M. L.; GUEDES, T. L. Dispositivo para esvaziamento automático do reservatório de descarte de água de chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 093, 25 set. 2017. Universidade Federal da Bahia. <http://dx.doi.org/10.9771/gesta.v5i2.21519>.

DING, J.; CHEN, L.; DENG, M. The impact of yield uncertainty on planting and water-saving decisions for high water consumption crops. **Water Supply**, v. 22, n. 6, p. 5947-5956, 25 mai. 2022. <https://doi.org/10.2166/ws.2022.208>.

DISTRITO FEDERAL. **Lei Nº 4.181/2008**. Cria o Programa de Captação de Água da Chuva e dá outras providências. Distrito Federal, 2008.

DOBROWKSY, H.; MANNEL, D.; KWAADSTENIET, M. de; PROZESKY, H.; KHAN, W.; CLOETE, Te. Quality assessment and primary uses of harvested rainwater in Kleinmond, South Africa. **Water Sa**, v. 40, n. 3, p. 401, 10 jun. 2014. Academy of Science of South Africa. <http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v40i3.2>.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de água de chuva no meio urbano e seu efeito na drenagem pluvial**. 2012. 233 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

ESPÍRITO SANTO. **Lei Nº 10.624/2017**. Obriga a instalação de sistema e de equipamentos para captação, tratamento e armazenamento de água da chuva em postos de serviços e abastecimento de veículos e assemelhados no Estado, e dá outras providências. Espírito Santo, 2017.

FARIAS, M. M. M. W. E. C. de. **Aproveitamento de águas de chuva por telhados: aspectos quantitativos e qualitativos**. 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.

FARRENY, R.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 55, n. 7, p. 686-694, maio 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.01.008>.

FERREIRA, A.; SOUSA, V.; PINHEIRO, M.; MEIRELES, I.; SILVA, C. M.; BRITO, J.; MATEUS, R. Potential of rainwater harvesting in the retail sector: a case study in portugal. **Environmental Science And Pollution Research**, [S.L.], v. 30, n. 14, p. 42427-42442, 17 jan. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-023-25137-y>.

FIORAMONTE, B.; CAMPOS, M. A. S.; FREITAS, S. R. de; BASSO, R. E. Rainfall data used for rainwater harvesting systems: a bibliometric and systematic literature review. **Journal Of Water Supply: Research and Technology-Aqua**, v. 71, n. 7, p. 816-834, 29 jun. 2022. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/aqua.2022.034>.

FULAZZAKY, M. A.; SYAFIUDDIN, A.; ROESTAMY, M.; YUSOP, Z.; JONBI, J.; PRASETYO, D. D. Reliability and Economic Analysis of a Rainwater-Harvesting System for a Commercial Building with a Large Rooftop Area. **Acs Es&T Water**, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 604-615, 16 mar. 2022. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/acsestwater.1c00455>.

GADO, T. A.; EL-AGHA, D. E. Feasibility of rainwater harvesting for sustainable water management in urban areas of Egypt. **Environmental Science And Pollution Research**, v. 27, n. 26, p. 32304-32317, 22 out. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-019-06529-5>.

GAITÁN, M. C. P.; TEIXEIRA, B. A. N. Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água: estudo de caso em hospital universitário, são carlos (sp). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 25, n. 1, p. 133-144, jan. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522020189032>.

GALVÃO, A.; MARTINS, D.; RODRIGUES, A.; MANSO, M.; FERREIRA, J.; SILVA, C. M. Green walls with recycled filling media to treat greywater. **Science Of The Total Environment**, v. 842, p. 156748, out. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156748>.

GHAFFARIANHOSEINI, A.; TOOKEY, J.; GHAFFARIANHOSEINI, A.; YUSOFF, S. M.; HASSAN, N. B. State of the art of rainwater harvesting systems towards promoting green built environments: a review. **Desalination And Water Treatment**, p. 1-10, 9 mar. 2015. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080-/19443994.2015.1021097>.

GHERNAOUT, D. Increasing Trends Towards Drinking Water Reclamation from Treated Wastewater. **World Journal Of Applied Chemistry**, v. 3, n. 1, p. 1, 2018. Science Publishing Group. <http://dx.doi.org/10.11648/j.wjac.20180301.11>.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **NETUNO 4**: manual do usuário. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. 2014. 62 p. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/>. Acesso em 16 de set. 2022.

GHISI, E.; RUPP, R. F.; TRISKA, Y. Comparing indicators to rank strategies to save potable water in buildings. **Resources, Conservation And Recycling**, v. 87, p. 137-144, jun. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.04.001>.

GRAFTON, R.Q.; PITTOCK, J.; DAVIS, R.; WILLIAMS, J.; Fu, G.; WARBURTON, M.; UDALL, B. MCKENZIE; R., Yu; X., CHE; Nhu, Connell; D., JIANG; Q., KOMPAS; T., LYNCH, A.; NORRIS, R.; POSSINGHAM, H.; QUIGGIN, J. 2013. Global insights into water resources, climate change and governance. **Nat. Clim.Change** 3, 315–321. <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate1746>.

GOIÁS. **Lei Nº 17.582/2012**. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de equipamento para tratamento e reutilização da água utilizada na lavagem de veículos, e de equipamento para reaproveitamento de água das chuvas. Goiás, 2012.

GOIS, E. H.B. de; RIOS, C. A. S.; COSTANZI, R. N. Evaluation of water conservation and reuse: a case study of a shopping mall in southern brazil. **Journal Of Cleaner Production**, v. 96, p. 263-271, jun. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.097>.

GOSWAMI, T.; GHOSAL, S. Domestic water poverty in a semi-arid district of eastern India: multiple dimensions, regional pattern, and association with human development. **Environmental Development**, [S.L.], v. 44, p. 100742, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2022.100742>.

GUZZO, F. R. **Estratégias para conservação de água potável através do aproveitamento de fontes não potáveis em uma edificação comercial de grande porte**. 2017. 151 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) -Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

GWENZI, W.; DUNJANA, N.; PISA, C.; TAURO, T.; NYAMADZAWO, G. Water quality and public health risks associated with roof rainwater harvesting systems for potable supply: review and perspectives. **Sustainability Of Water Quality And Ecology**, [S.L.], v. 6, p. 107-118, set. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.swaqe.2015.01.006>.

HASHIM, H.; HUDZORI, A.; YUSOP, Z.; HO, W. S. Simulation based programming for optimization of large-scale rainwater harvesting system: malaysia case study. **Resources, Conservation And Recycling**, v. 80, p. 1-9, nov. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.05.001>.

HIRWA, H.; PENG, Y.; ZHANG, Q.; QIAO, Y.; LENG, P.; TIAN, C.; YANG, G.; MUHIRWA, F.; DIOP, S.; KAYIRANGA, A.; LI, F.; CHEN, G. Virtual water transfers in Africa: assessing topical condition of water scarcity, water savings, and policy implications. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 835, p. 155343, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155343>.

HURLIMANN, A. Household use of and satisfaction with alternative water sources in Victoria Australia. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 92, n. 10, p. 2691-2697, out. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.007>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha Municipal**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em 19 de outubro de 2022.

IBRE – INSTITUTO BRASILEIRO DE ECONOMIA. Disponível em <https://portalibre.fgv.br/incc>. Acesso em: 24 agosto 2023.

JIA, X.; LI, Z.; TAN, R. R.; FOO, D. C. Y.; MAJOZI, T.; WANG, F. Interdisciplinary contributions to sustainable water management for industrial parks. **Resources, Conservation And Recycling**, v. 149, p. 646-648, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.034>.

JOÃO PESSOA. **Lei Nº 10.479/2005**. Torna obrigatório a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 300m² e dá outras providências. João Pessoa, 2005.

KATYAINI, S.; BARUA, A.; DUARTE, R. Science-policy interface on water scarcity in India: giving “visibility” to unsustainable virtual water flows (1996-2014). **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 275, p. 124059, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124059>.

KHAN, A. S. A Comparative Analysis of Rainwater Harvesting System and Conventional Sources of Water. **Water Resources Management**, [S.L.], v. 37, n. 5, p. 2083-2106, mar. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-023-03479-z>.

KILINC, E. A.; TANIK, A.; HANEDAR, A.; GORGUN, E. Climate change adaptation exertions on the use of alternative water resources in Antalya, Türkiye. **Frontiers In Environmental Science**, [S.L.], v. 10, p. 01-14, 4 jan. 2023. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fenvs.2022.1080092>.

KOLAVANI, N. J.; KOLAVANI, N. J. Technical feasibility analysis of rainwater harvesting system implementation for domestic use. **Sustainable Cities And Society**, [S.L.], v. 62, p. 102340, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2020.102340>.

KUMMU, M.; GUILLAUME, J. H. A.; MOEL, H. de; EISNER, S.; FLÖRKE, M.; PORKKA, M.; SIEBERT, S.; VELDKAMP, T. I. E.; WARD, P. J.. The world's road to water scarcity: shortage and stress in the 20th century and pathways towards sustainability. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 6, n. 1, dez. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/srep38495>.

LANI, N. H. M.; SYAFI UDDIN, A.; YUSOP, Z.; ADAM, U. B.; AMIN, M. Z. B. M. Performance of small and large scales rainwater harvesting systems in commercial buildings under different reliability and future water tariff scenarios. **Science Of The Total Environment**, [S.L.], v. 636, p. 1171-1179, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.418>.

LEE, K. E.; MOKHTAR, M.; HANAFIAH, M. M.; HALIM, A. A.; BADUSAH, J. Rainwater harvesting as an alternative water resource in Malaysia: potential, policies and development. **Journal Of Cleaner Production**, v. 126, p. 218-222, jul. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.060>.

LIBERATI, A., ALTMAN, D. G., TETZLAFF, J., MULROW, C., GÖTZSCHE, P. C., IOANNIDIS, J. P. A., CLARKE, M., DEVEREAUX, P. J., KLEIJNEN, J. & MOHER, D. 2021. The PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exeplars for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n160. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/372-/bmj.n160>. Acesso em 27 de jun. 2022.

LIMA, R. M. A. **Gestão da água em edificações: utilização de aparelhos economizadores, aproveitamento de água pluvial e reuso de água cinza**. 2010. 71 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

LIU, W.; SUN, F.; LIM, W. H.; ZHANG, J.; WANG, H.; SHIOGAMA, H.; ZHANG, Y. Global drought and severe drought-affected populations in 1.5 and 2 °C warmer worlds. **Earth System Dynamics**, v. 9, n. 1, p. 267-283, 19 mar. 2018. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/esd-9-267-2018>.

MARINHO, M. B.; FREIRE, M. T. M.; KIPERSTOK, A. O Programa AGUAPURA de racionalização do consumo de água da Universidade Federal da Bahia. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 481-492, maio 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522019124527>.

- MARINOSKI, A.K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis–SC. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.
- MATOS, C.; BENTES, I.; SANTOS, C.; IMTEAZ, M.; PEREIRA, S. Economic Analysis of a Rainwater Harvesting System in a Commercial Building. **Water Resources Management**, [S.L.], v. 29, n. 11, p. 3971-3986, 6 jun. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-015-1040-9>.
- MATOS, C.; SANTOS, C.; PEREIRA, S.; BENTES, I.; IMTEAZ, M. Rainwater storage tank sizing: case study of a commercial building. **International Journal Of Sustainable Built Environment**, [S.L.], v. 2, n. 2, p. 109-118, dez. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijjsbe.2014.04.004>.
- MATTOS, J. B.; SANTOS, D. A.; FALCÃO FILHO, C. A. T.; SANTOS, T. J.; SANTOS, M. G. dos; PAULA, F. C. F. de. Water production in a Brazilian montane rainforest: implications for water resources management. **Environmental Science & Policy**, v. 84, p. 52-59, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.004>.
- MATO GROSSO. **Lei Nº 10.799/2019**. Obriga a instalação de sistemas de conservação e uso racional da água nos edifícios públicos do Estado de Mato Grosso. Mato Grosso, 2019.
- MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- MENDOZA, J. M. F.; CAPITANO, C.; PERI, G.; JOSA, A.; RIERADEVALL, J.; GABARRELL, X. Environmental management of granite slab production from an industrial ecology standpoint. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 84, p. 619-628, dez. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.056>.
- MIRZAEI, A.; AZARM, H.; NAGHAVI, S. Optimization of cropping pattern under seasonal fluctuations of surface water using multistage stochastic programming. **Water Supply**, v. 22, n. 6, p. 5716-5728, 1 jun. 2022. IWA Publishing. <http://dx.doi.org/10.2166/w-s.2022.224>.
- MORALES-PINZÓN, T.; RIERADEVALL, J.; GASOL, C. M.; GABARRELL, X. Modelling for economic cost and environmental analysis of rainwater harvesting systems. **Journal Of Cleaner Production**, v. 87, p. 613-626, jan. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.021>.
- MOREIRA NETO, R. F.; CARVALHO, I. C.; CALIJURI, M. L.; SANTIAGO, A. F. Rainwater use in airports: a case study in brazil. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 68, p. 36-43, nov. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.08.005>.
- MOURA, M. R. F.; SILVA, S. R.; BARROS, E. X. R. Análise de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um empreendimento residencial na cidade de Recife-PE. **Tecno-Lógica**, v. 22, n. 1, p. 66, 22 jan. 2018. APESC - Associação Pro-Ensino em Santa Cruz do Sul. <http://dx.doi.org/10.17058/tecnolog.v22i1.10493>.

NECHIFOR, V.; WINNING, M. Global Economic and Food Security Impacts of Demand-Driven Water Scarcity—Alternative Water Management Options for a Thirsty World. **Water**, [S.L.], v. 10, n. 10, p. 1442, 13 out. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w10101442>.

NETTO, J. M. A.; ALVAREZ, G. A. **Manual de hidráulica**. 7. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1982. Vol. I, 335 p.

NDIRITU, J.; MOODLEY, Y.; GULIWE, M. Generalized Storage–Yield–Reliability Relationships for Analysing Shopping Centre Rainwater Harvesting Systems. **Water**, v. 9, n. 10, p. 771, 10 out. 2017. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w9100771>.

NUNES, R. T. S. **Conservação da água em edifícios comerciais: potencial de uso racional e reúso em shopping Center**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

OLIVEIRA, L. H. de. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 343 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

OLIVEIRA, J. C. A. L. **Análise Qualitativa de Poluentes na Água de Chuva em Diferentes Cenários no Semiárido Pernambucano: Zona Urbana, Zona Rural e Área Industrial**. 2016. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2016.

ONU - Organização das Nações Unidas. Population Division - **World Population Prospects 2022**. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>. Acesso em 17 de jul. 2022.

PACHECO, G. C. R.; CAMPOS, M. A. S. Real Options Analysis as an Economic Evaluation Method for Rainwater Harvesting Systems. **Water Resources Management**, v. 33, n. 12, p. 4401-4415, set. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-019-02371-z>.

PALHARES, J. C. P.; GUIDONI, A. L. Qualidade da água de chuva armazenada em cisterna utilizada na dessedentação de suínos e bovinos de corte. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, v. 7, n. 1, p. 244-254, 30 abr. 2012. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente.822>.

PARAÍBA. **Lei Nº 9.130/2010**. Programa de conservação e uso racional da água nas edificações públicas da paraíba, conforme especifica e adota outras providências. Paraíba, 2010.

PARANÁ. **Lei nº 18.730, de 28 de março de 2016**. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação de cisternas em todos os estabelecimentos que especifica. Paraná: Assembleia Legislativa do Estado, [2016]. Disponível em: http://portal.alep.pr.gov.br/modules/mod_legislativo_arquivo/mod_legislativo_arquivo.php?le_iCod=50566&tipo=L&tplei=0. Acesso em: 2 ago. 2022.

PONTA GROSSA. **Lei Nº 7673/2013**. Programa de Captação, Armazenamento, Conservação e Uso Racional da Água Pluvial nas Edificações Urbanas, Comerciais, Industriais e Rurais. Paraná, 2013.

PATO BRANCO. **Lei Nº 2.349/2004**. Programa de conservação e uso racional da água nas edificações. Paraná, 2004.

PAZ, A. R. **Hidrologia Aplicada**. Texto Básico para a disciplina ministrada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caxias do Sul, 2004. 138 f.

PERNAMBUCO. **Lei Nº 14.572/2011**. Estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações do Estado de Pernambuco e dá outras providências. Pernambuco, 2011.

PERNAMBUCO. **Lei nº 15.630, de 29 de outubro de 2015**. Torna obrigatória a instalação de sistema de captação de água de chuva para tratamento e reutilização da água empregada na lavagem de veículos pelos estabelecimentos comerciais que prestem este serviço e dá outras providências. Pernambuco: Assembleia Legislativa do Estado, [2015]. Disponível em: <http://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=16656>. Acesso em: 2 ago. 2022.

PIAUI. **Lei Nº 6280**. Cria o programa de captação de água da chuva Piauí, 2012.

PIMENTEL-RODRIGUES, C.; SILVA-AFONSO, A. Rainwater Harvesting for Irrigation of Tennis Courts: a case study. **Water**, v. 14, n. 5, p. 752, 26 fev. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w14050752>.

PINTO, F. S.; MARQUES, R. C. Desalination projects economic feasibility: a standardization of cost determinants. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 904-915, out. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.024>.

PINTO, F. S.; CARVALHO, B. de; MARQUES, R. C. Adapting water tariffs to climate change: linking resource availability, costs, demand, and tariff design flexibility. **Journal Of Cleaner Production**, v. 290, p. 125803, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125803>.

PREETI, P.; RAHMAN, A. A Case Study on Reliability, Water Demand and Economic Analysis of Rainwater Harvesting in Australian Capital Cities. **Water**, [S.L.], v. 13, n. 19, p. 2606, 22 set. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w13192606>.

PURA. Programa De Uso Racional Da Água. São Pulo: USP, 2006. Disponível em: <http://www.pura.usp.br/>. Acesso em: 01 mai. 2023.

RECIFE. **Lei Nº 18.112/2015**. Obriga a instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. Pernambuco, 2015.

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. 2020. <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n2.53-66>.

RIO DE JANEIRO. **Lei Nº 4.393/2004**. Obriga as empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2004.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Nº 14.270/2013**. Determina que todos os prédios do Corpo de Bombeiros, localizados no Estado do Rio Grande do Sul, mantenham sistema de captação e armazenagem de água da chuva e dá outras providências. Rio Grande do Sul, 2013.

ROGGENBURG, M.; WARSINGER, D. M.; EVANS, H. B.; CASTILLO, L. Combatting water scarcity and economic distress along the US-Mexico border using renewable powered desalination. **Applied Energy**, v. 291, p. 116765, jun. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116765>.

RONDÔNIA. **Lei nº 2.425, de 03 de março de 2011**. Dispõe sobre a obrigatoriedade de instalação do sistema de captação e uso da água de chuva em prédios públicos novos. Rondônia: Assembleia Legislativa do Estado, [2011]. Disponível em: https://sapl.al.ro.leg.br/media/sapl/public/normajuridica/2011/5229/5229_texto_integral.pdf. Acesso em: 2 ago. 2022.

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, dez. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212011000400-005>

ŞAHIN, N. İ.; MANIOĞLU, G. Water conservation through rainwater harvesting using different building forms in different climatic regions. **Sustainable Cities And Society**, [S.L.], v. 44, p. 367-377, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.010>.

SAJAD, S.; JAVAD, G.; MEHDI, F.; SHAHAB, M. Development of Water Conservation Indicators for Office Buildings Using Delphi Method. **Jordan Journal Of Mechanical And Industrial Engineering**. p. 247-259. mar. 2022.

SAMPLE, D. J.; LIU, Jia. Optimizing rainwater harvesting systems for the dual purposes of water supply and runoff capture. **Journal Of Cleaner Production**, v. 75, p. 174-194, jul. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.075>.

SANTANA, L. M. C.; KIPERSTOK, A. Caracterização preliminar de consumo de água em prédios públicos administrativos. In: congresso baiano de engenharia sanitária e ambiental, 1., 2010, Salvador. **Anais eletrônicos...** Salvador, BA: Acqua Consultoria, 2010.

SANTOS, J. M. S. dos; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, S. R. da. Programas de conservação de água em prédios públicos em Recife-PE. **Revista Ciência em Extensão**, [S.L.], v. 17, p. 155-172, 19 dez. 2022. Revista Ciencia em Extensao – RCE. <http://dx.doi.org/10.23901/1679-4605.2021v17p155-172>.

SÃO PAULO. **Lei Nº 12.526/2007**. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. São Paulo, 2005.

SILVA, A. C.; SILVA, A. F. A.; SILVA, S. R.; SILVA, M. T. A. Análise de viabilidade técnica e econômica de um sistema de águas pluviais para fins não potáveis em uma instituição de ensino federal em Pernambuco. **Revista Gestão & Sustentabilidade**

Ambiental, v. 8, n. 1, p. 78, 4 abr. 2019. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e1201978-98>.

SILVA, L. C. C.; OLIVEIRA FILHO, D.; SILVA, I. R.; PINTO, A. C. V.; VAZ, P. N. Water sustainability potential in a university building – Case study. **Sustainable Cities And Society**, [S.L.], v. 47, p. 101489, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2019.101489>.

SILVA, C. M.; SOUSA, V.; CARVALHO, N. V. Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: application to single-family residences. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 94, p. 21-34, jan. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.004>.

SILVA, S. R.; ARAÚJO, G. R. S. Algoritmo para Determinação da Equação de Chuvas Intensas (Algorithm to Determine the Equation of Intense Rain). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.L.], v. 6, n. 5, p. 1371, 18 dez. 2013. Revista Brasileira de Geografia Física. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v6i5.233110>.

SOUSA, V.; SILVA, C. M.; MEIRELES, I. C. Technical-financial evaluation of rainwater harvesting systems in commercial buildings—case ase studies from Sonae Sierra in Portugal and Brazil. **Environmental Science And Pollution Research**, v. 25, n. 20, p. 19283-19297, 10 nov. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.10-07/s11356-017-0648-0>.

SOUSA, V.; SILVA, C. M.; MEIRELES, I. Performance of water efficiency measures in commercial buildings. **Resources, Conservation And Recycling**, v. 143, p. 251-259, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.013>.

SOOD, A.; SMAKHTIN, V. Can Desalination and Clean Energy Combined Help to Alleviate Global Water Scarcity? **Jawra Journal Of The American Water Resources Association**, v. 50, n. 5, p. 1111-1123, 25 abr. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.11-11/jawr.12174>.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico Temático Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. Ano de referência 2020, dez. 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-aguas-pluviais>. Acesso em 18 de jul. 2022.

TELLES, D. D´A.; COSTA, R. H. P. G. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010. 424 p.

TEIXEIRA, C. A.; ZATTONI, G. T.; NAGALLI, A.; FREIRA, F. B.; TEIXEIRA, S. H. C. Análise de viabilidade técnica e econômica do uso de água de chuva em uma indústria metalmeccânica na região metropolitana de Curitiba PR. **Gestão & Produção**, [S.L.], v. 23, n. 3, p. 638-648, 30 jun. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x1655-14>.

TEIXEIRA, C. A.; BUDEL, M. A.; CARVALHO, K. Q.; BEZERRA, S. M. C.; GHISI, E. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. **Ambiente Construído**, [S.L.], v. 17, n.

2, p. 135-155, jun. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000200150>.

TESTON, A.; SCOLARO, T. P.; MAYKOT, J. K.; GHISI, E.. Comprehensive Environmental Assessment of Rainwater Harvesting Systems: a literature review. **Water**, v. 14, n. 17, p. 2716, 31 ago. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w141-72716>.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. 2010. Disponível em: https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/05-73a5_bfa504956e664155b22974ef016e05a7.pdf?index=true. Acesso em 13 set. 2022.

TOCANTINS. **Lei Nº 3.261/2017**. Estabelece a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e define normas gerais para sua promoção. Tocantins, 2017.

TUCCI, C.; CLARKE, R. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v2n1.p135-152>.

TUCCI, C. Plano Diretor de Drenagem Urbana: princípios e concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 2, p. 5-12, 1997. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v2n2.p5-12>.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2022** – Águas Subterrâneas: Tornar visível o invisível. Perúgia, 246 p., 2022. Disponível em: <https://en.unesco.org/wwap>. Acesso em 17 de jul. 2022.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura. **Relatório Mundial de Desenvolvimento da água das Nações Unidas 2018** – Soluções baseadas na natureza para a água. Perúgia, 154 p., 2018. Disponível em: <https://en.unesco.org/wwap>. Acesso em 17 de jul. 2022.

UNFRIED, K.; KIS-KATOS, K.; POSER, T. Water scarcity and social conflict. **Journal Of Environmental Economics And Management**, v. 113, p. 102633, maio 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeem.2022.102633>.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (São Paulo). Prefeitura Universitária. **Projetos de eficiência energética e de redução de consumo de água**. 2022. Disponível em: <https://www.prefeitura.unicamp.br/servicos/divisao-de-agua-e-energia/diretoria-de-agua/projetos-de-eficiencia-energetica-e-de-reducao-de-consumo-de-agua/>. Acesso em: 04 out. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. **Perdas de cargas localizadas (equivalência em metros de tubulação) conexões de PVC e Cobre**. 2015. Disponível em: <https://eec-ufg.tripod.com/IHSP/Perdas.pdf>. Acesso em 17 de set. 2022.

VAN DINTER, R.; TEKINERDOGAN, B.; CATAL, C. Automation of systematic literature reviews: a systematic literature review. **Information And Software Technology**, [S.L.], v. 136, p. 106589, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106589>.

VANEGAS-ESPINOSA, L. I.; VARGAS-DEL-RÍO, D.; OCHOA-COVARRUBIAS, G.; GRINDLAY, A. L. Flood Mitigation in Urban Areas through Deep Aquifer Recharge: the case of the metropolitan area of guadalajara. **International Journal Of Environmental Research And Public Health**, v. 19, n. 6, p. 3160, 8 mar. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph19063160>.

VAZ, I. C. M.; GHISI, E.; THIVES, L. P. Stormwater Harvested from Permeable Pavements as a Means to Save Potable Water in Buildings. **Water**, v. 13, n. 14, p. 1896, 8 jul. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w13141896>.

VIANA. **Lei N° 2.771/2015**. O programa “conserva Viana” que estabelece normas de conservação, uso racional da água e reuso de águas servidas nas edificações no município de Viana e dá outras providencias. Espírito Santo, 2004.

WANG, N.; CHANG, Y.; NUNN, C. Lifecycle assessment for sustainable design options of a commercial building in Shanghai. **Building And Environment**, [S.L.], v. 45, n. 6, p. 1415-1421, jun. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.12.0-04>.

YANNOPOULOS, S.; GIANNOPOULOU, I.; KAIIFA-SAROPOULOU, M. Investigation of the Current Situation and Prospects for the Development of Rainwater Harvesting as a Tool to Confront Water Scarcity Worldwide. **Water**, v. 11, n. 10, p. 2168, 18 out. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w11102168>.

ZAVALA, M. L.; VEGA, R. C.; MIRANDA, R. L. Potential of Rainwater Harvesting and Greywater Reuse for Water Consumption Reduction and Wastewater Minimization. **Water**, [S.L.], v. 8, n. 6, p. 264, 21 jun. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w8060264>



ZAKI, N. A.; HAGHIGHI, A. T.; ROSSI, P.; XENARIOS, S.; KLØVE, B. An Index-Based Approach to Assess the Water Availability for Irrigated Agriculture in Sub-Saharan Africa. **Water**, [S.L.], v. 10, n. 7, p. 896, 5 jul. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w10070896>.



ZHANG, J.; ZHANG, C.; SHI, W.; FU, Y. Quantitative evaluation and optimized utilization of water resources-water environment carrying capacity based on nature-based solutions. **Journal Of Hydrology**, v. 568, p. 96-107, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.059>.

ZHANG, Y.; CHEN, D.; CHEN, L.; ASHBOLT, S. Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 91, n. 1, p. 222-226, out. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.08.008>.

ZHOU, X.; YANG, Y.; SHENG, Z.; ZHANG, Y. Reconstructed natural runoff helps to quantify the relationship between upstream water use and downstream water scarcity in China's river basins. **Hydrology And Earth System Sciences**, [S.L.], v. 23, n. 5, p. 2491-2505, 28 maio 2019. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/hess-23-2491-2019>.

ANEXO A
Ficha de Cadastro da Edificação

		CADASTRO DOS PRÉDIOS - 2022						
INFORMAÇÕES GERAIS								
Prédio:								
Endereço:								
Bairro:		Cidade:						
Gestor de água:								
Telefones:								
E-mail:								
HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO								
Manhã		Tarde		Noite		Outro		
QUANTITATIVO DE FUNCIONÁRIOS / USUÁRIOS								
Tipo do Funcionário	Total	Sexo			Tipo do Funcionário	Total	Sexo	
		F	M				F	M
Administrativo					Outro:			
Lojistas					Outro:			
Contratados					Outro:			
Fluxo de pessoas					Outro:			
RESPONSÁVEL SOBRE AS INFORMAÇÕES								
Entrevistado: _____								
Função do entrevistado: <input type="checkbox"/> Gestor da Água <input type="checkbox"/> Gerente								
<input type="checkbox"/> Outro _____								
INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS DA EDIFICAÇÃO								
Número de setores: _____								
Área construída: _____								
Idade da edificação: _____								
Número de Pavimentos: _____								
Consumo de água em m ³ /mês: _____								
Mananciais disponíveis e utilizados na edificação:								
<input type="checkbox"/> Compesa		<input type="checkbox"/> Poço		<input type="checkbox"/> Outro		_____		
Há hidrômetros na edificação? Quantos?								
<input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> Sim		Quantidade <input type="checkbox"/>		Há hidrômetro no poço?		
<input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> Sim		<input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> Sim		
Número do Hidrômetro da COMPESA (caso houver): _____								
Frequência do abastecimento de água pela Compesa:								
<input type="checkbox"/> Todos os dias		<input type="checkbox"/> 1 a 3x / semana		<input type="checkbox"/> Outro		_____		
Qualidade da água								
Comp Poco		Comp Poco		Comp Poco				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Boa		Aceitável		Ruim				
É realizada a leitura periódica do hidrômetro pelo Prédio ?								
Comp Poco		Comp Poco						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sim, qual a periodicidade? _____				
<input type="checkbox"/> Não								

	CADASTRO DO PRÉDIO - 2022	
INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS		
O prédio passou por alguma reforma recente?		
<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim, quando?	_____
É realizada manutenção preventiva nas instalações hidrossanitárias?		
<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim, quando?	_____
Quem escolhe as peças hidrossanitárias quando necessário?		
<input type="checkbox"/> Gestor de água	<input type="checkbox"/> Setor de orçamento	<input type="checkbox"/> Outro _____
Existe controle sobre os agentes consumidores de água para evitar desperdícios?		
<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim, qual o setor responsável?	_____
Existe alguma campanha educativa sobre o tema "água"?		
<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim	_____
Existe reuso de água?		
<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim, de que forma?	_____
Reservatórios e suas respectivas capacidades (m ³) com identificação do bloco:		
01:	_____	Capacidade: _____
02:	_____	Capacidade: _____
03:	_____	Capacidade: _____
Estado de conservação das instalações hidrossanitárias:		
<input type="checkbox"/> Excelente/Boa	<input type="checkbox"/> Regular	<input type="checkbox"/> Péssima/Precária
Pontos extras de consumo e utilização(ex: jardim, torneira externa, etc)?		
<input type="checkbox"/> Torre de resfriamento	<input type="checkbox"/> Banheiros	<input type="checkbox"/> N° Torneiras externas
<input type="checkbox"/> Jardim	<input type="checkbox"/> Outros: _____	
Há vazamentos aparentes?		
<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim, quais?	
Há alagamentos nas áreas internas da edificação?		
<input type="checkbox"/> Não	<input type="checkbox"/> Sim, com que frequência?	
Frequência de limpeza das dependências da edificação (lavar):		
Banheiros	_____	Estacionamento _____
Áreas comuns	_____	Outros: _____

ANEXO B
Estrutura tarifária COMPESA 2023



COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO
DIRETORIA DE MERCADO E ATENDIMENTO - DMA
ESTRUTURA TARIFÁRIA

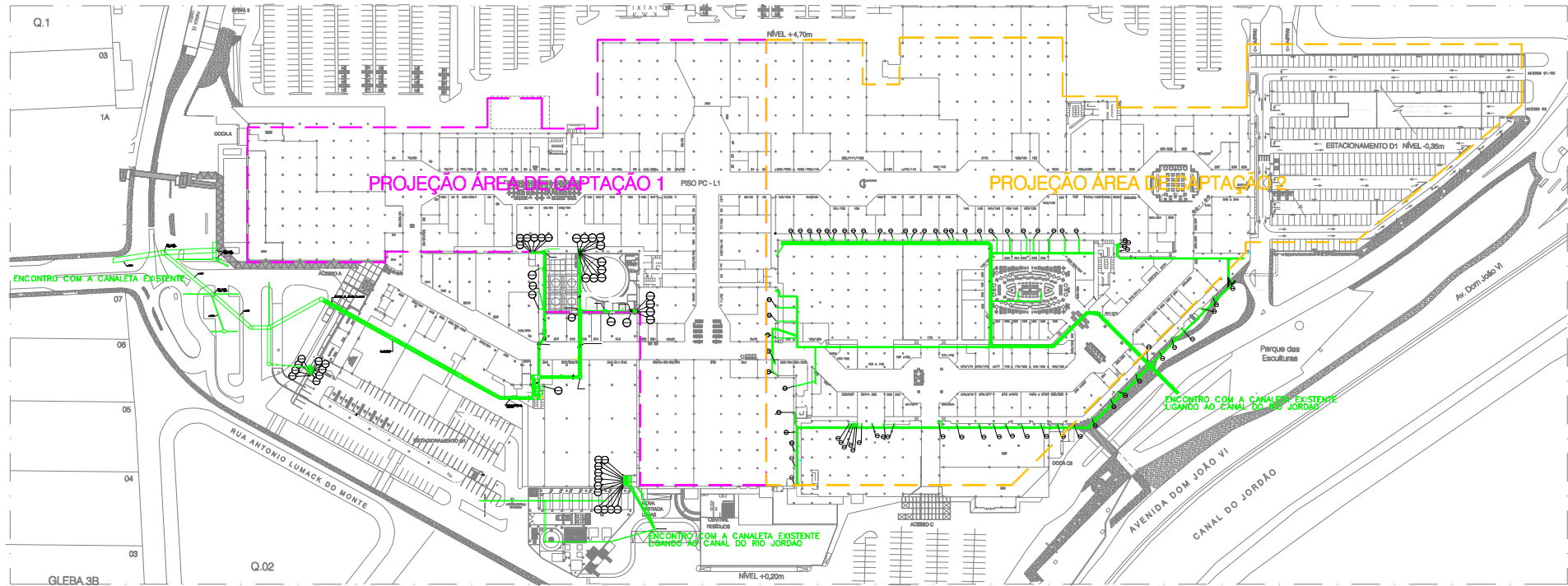
DECRETO ESTADUAL Nº 18.251 DE 21/12/1994.

Vigência: 28 de Abril de 2023

ÁGUA TRATADA		Resolução ARPE Nº 230/2023 - Publicada no DOE nº. 59 de 28/03/2023
Consumidores Medidos	Reposicionamento Tarifário Incremental de 11,21%, exceto na Tarifa Social (Resolução ARPE Nº 230 - Publicada no DOE nº. 59 de 28/03/2023), válido a partir de 28 de Abril de 2023.	
Categoria	Consumo (litros)	Valor (R\$)
Residencial	Tarifa Social - consumo até 10.000 litros/mês	9,44
	Tarifa Normal - consumo até 10.000 litros/mês	56,16
	Consumo superior a 10.000 litros/mês	
	10.001 a 20.000 litros	6,44 por 1.000 l
	20.001 a 30.000 litros	7,65 por 1.000 l
	30.001 a 50.000 litros	10,54 por 1.000 l
Comercial	50.001 a 90.000 litros	12,49 por 1.000 l
	90.001 a 999999.000 litros	24,00 por 1.000 l
	Tarifa Mínima - consumo até 10.000 litros/mês	82,63
	+ 10.000 litros	16,38 por 1.000 l
	Industrial	Tarifa Mínima - consumo até 10.000 litros/mês
Pública	+ 10.000 litros	21,94 por 1.000 l
	Tarifa Mínima - consumo até 10.000 litros/mês	79,86
	+ 10.000 litros	12,11 por 1.000 l

Fonte: COMPESA (2023)

APÊNDICE A**Planta baixa da edificação com coletores de água pluvial existentes**



REDE DE ÁGUAS PLUVIAIS EXISTENTE

APÊNDICE B**Dados histórico de consumo de água de carro-pipa na edificação**

Histórico do consumo de água - Carro-pipa

Referência (ano)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Consumo anual (m³)	Consumo médio mensal (m³)
2012	4.380	4.140	3.975	4.365	3.810	4.050	4.110	4.245	4.830	4.830	4.605	4.815	52.155	4.346
2013	5.895	5.940	5.415	5.460	5.625	5.760	5.955	5.145	4.500	5.625	5.775	5.655	66.750	5.563
2014	5.355	5.505	5.505	4.350	5.010	6.780	6.210	5.670	5.670	5.805	4.890	5.325	66.075	5.506
2015	5.340	5.565	6.600	5.205	4.875	4.875	4.770	4.725	5.235	4.935	5.445	5.745	63.315	5.276
2016	6.135	1.590	0	750	4.575	4.695	4.605	4.575	4.485	4.620	4.575	4.245	44.850	3.738
2017	5.160	4.230	4.695	4.230	4.905	4.020	3.725	3.263	3.034	3.183	3.301	3.238	46.984	3.915
2018	4.500	4.530	4.530	4.575	4.560	4.515	4.590	4.500	4.560	4.530	4.530	4.470	54.390	4.533
2019	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.770	4.455	4.530	4.530	5.850	6.615	57.750	4.813
2020	4.575	4.530	4.620	4.545	2.880	2.205	6.150	4.500	225	0	0	1.725	35.955	2.996
2021	2.250	4.125	3.330	0	0	0	0	2.100	3.030	2.340	5.130	7.305	29.610	2.468
2022	2.550	0	1.680	2.580	3.390	2.700	2.580	3.570	178	2.070	2.280	2.415	25.993	2.166

APÊNDICE C

Dados do histórico de consumo de água de poço na edificação

Histórico do consumo de água - Poços														
Referência (ano)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Consumo anual (m³)	Consumo médio mensal (m³)
2012	1.099	1.344	803	860	1.533	1.381	958	1.973	1.272	1.272	1.051	1.288	14.834	1.236
2013	1.099	1.063	1.224	954	5.851	1.772	1.650	2.457	2.457	2.420	2.520	2.580	26.047	2.171
2014	2.273	2.352	2.352	950	720	0	0	0	0	0	0	0	8.647	721
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	1.224	954	5.851	1.772	2.809	2.857	3.725	3.263	3.034	3.183	3.301	3.238	35.211	2.934
2018	3.159	3.799	1.447	2.508	0	0	305	160	166	120	120	0	11.783	982
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213	213	18
2020	911	775	786	1.161	425	1.310	157	0	822	1.353	2.954	2.526	13.179	1.098
2021	2.339	2.591	2.405	1.943	1.735	1.120	657	172	103	1.420	2.350	2.590	19.425	1.619
2022	2.156	969	1.291	1.675	135	652	17	87	370	512	1.100	1.529	10.493	874

APÊNDICE D**Dados histórico de consumo de água da COMPESA na edificação**

Histórico do consumo de água - COMPESA

Referência (ano)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Consumo anual (m³)	Consumo médio mensal (m³)
2012	30.085	22.500	26.392	24.857	29.116	24.291	26.771	15.000	18.790	18.790	25.891	26.545	289.028	24.086
2013	25.891	31.784	30.189	29.519	18.650	15.731	16.113	12.725	15.000	20.318	18.772	24.260	258.952	21.579
2014	20.464	23.370	23.370	17.677	20.929	17.860	23.552	17.892	17.892	20.158	21.621	23.616	248.401	20.700
2015	22.077	23.036	21.864	22.641	19.840	22.669	20.365	17.232	17.642	19.222	18.581	20.479	245.648	20.471
2016	22.520	25.588	26.719	23.402	20.113	20.048	19.903	18.085	21.777	19.024	20.375	23.524	261.078	21.757
2017	23.524	23.524	23.524	23.524	18.065	21.870	15.000	15.202	15.000	15.000	15.335	17.211	226.779	18.898
2018	20.295	22.142	20.169	16.151	19.696	16.995	16.624	18.230	18.058	19.422	17.814	22.471	228.067	19.006
2019	22.535	25.116	22.398	19.626	19.470	20.988	19.477	19.779	19.166	21.482	21.910	20.432	252.379	21.032
2020	23.805	26.623	23.209	20.888	14.475	3.364	5.951	11.000	15.000	19.500	18.445	18.609	200.869	16.739
2021	22.455	20.318	17.000	17.000	17.000	17.000	17.346	17.135	17.422	18.041	17.850	17.850	216.417	18.035
2022	17.000	17.000	20.028	19.289	19.308	17.958	18.575	17.000	17.000	17.000	17.000	17.850	215.008	17.917

APÊNDICE E**Dados histórico do fluxo de pessoas na edificação**

Histórico do fluxo de pessoas entre 2012 a 2022

Referência (ano)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Fluxo de pessoas (ano)	Fluxo médio mensal
2012	1.576.443	1.282.991	1.567.264	1.464.983	1.464.660	1.449.374	1.527.318	1.445.643	1.418.402	1.507.066	1.386.023	2.024.238	18.114.405	1.509.534
2013	1.657.653	1.323.074	1.616.260	1.521.071	1.654.697	1.649.238	1.699.265	1.626.925	1.531.141	1.737.865	1.655.365	2.025.820	19.698.374	1.641.531
2014	1.600.731	1.410.094	1.455.936	1.528.539	1.603.832	1.562.927	1.572.764	1.534.294	1.453.253	1.555.244	1.697.976	2.032.060	19.007.650	1.583.971
2015	1.650.000	1.348.784	1.514.525	1.467.936	1.577.682	1.496.161	1.600.675	1.533.344	1.440.832	1.560.712	1.719.282	2.096.119	19.006.052	1.583.838
2016	1.718.345	1.413.018	1.591.581	1.536.486	1.591.618	1.546.247	1.708.159	1.548.093	1.495.228	1.632.003	1.854.732	2.330.386	19.965.896	1.663.825
2017	1.817.733	1.440.440	1.743.460	1.671.606	1.743.146	1.725.470	1.950.472	1.696.393	1.641.519	1.712.709	1.825.962	2.246.347	21.215.257	1.767.938
2018	1.780.785	1.515.029	1.706.595	1.663.512	1.678.436	1.623.154	1.771.507	1.729.154	1.602.313	1.649.353	1.825.208	2.214.942	20.759.988	1.729.999
2019	1.830.081	1.620.406	1.675.249	1.672.032	1.713.476	1.578.639	1.796.708	1.736.303	1.716.749	1.825.640	1.884.957	2.213.324	21.263.564	1.771.964
2020	1.855.120	1.690.995	1.011.787	60.793	61.262	264.386	955.340	1.285.726	1.301.350	1.499.361	1.505.037	1.828.515	13.319.672	1.109.973
2021	1.477.700	1.315.907	687.718	1.058.382	1.172.464	1.155.773	1.470.845	1.328.035	1.301.054	1.489.497	1.546.956	1.926.920	15.931.251	1.327.604
2022	1.420.264	1.261.574	1.436.891	1.452.594	1.459.526	1.537.081	1.693.643	1.553.441	1.550.638	1.585.795	1.628.889	2.017.162	18.597.498	1.549.792

APÊNDICE F**Dados histórico do consumo de água do sistema de resfriamento**

Histórico do consumo - sistema de resfriamento

Referência (ano)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Consumo anual (m³)	Consumo médio mensal (m³)
2012	9.444	9.159	9.708	9.870	7.838	9.437	8.560	9.400	9.950	9.950	8.130	7.295	108.741	9.062
2013	9.262	9.337	9.521	8.984	11.273	10.229	10.693	7.179	11.230	10.917	10.438	9.395	118.458	9.872
2014	9.395	12.210	12.210	9.714	10.400	10.536	6.210	8.584	8.584	9.515	9.308	10.802	117.468	9.789
2015	11.801	11.801	11.216	10.712	10.630	10.250	11.535	11.268	10.498	10.498	10.771	12.983	133.963	11.164
2016	13.822	14.983	10.251	10.926	9.491	9.285	10.150	8.903	9.056	9.520	9.124	12.752	128.263	10.689
2017	12.392	12.028	11.890	10.543	10.421	9.923	9.815	9.750	9.501	9.790	9.632	9.240	124.925	10.410
2018	10.235	11.235	9.752	9.752	9.321	9.321	9.624	9.518	9.602	9.680	9.120	9.120	116.280	9.690
2019	7.100	8.331	7.592	8.052	8.052	7.933	7.650	6.532	8.077	7.481	7.420	7.241	91.461	7.622
2020	8.880	8.931	8.297	7.246	3.274	2.297	2.297	4.500	4.629	6.076	5.624	6.289	68.340	5.695
2021	6.289	6.114	6.262	5.380	4.009	4.800	4.510	4.990	4.788	5.190	6.277	6.711	65.320	5.443
2022	7.172	7.332	7.203	6.532	6.948	6.551	6.777	5.652	6.823	6.202	6.396	7.654	81.242	6.770

APÊNDICE G**Dados histórico do fluxo de veículos**

Histórico do fluxo de veículos

Referência (ano)	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Fluxo de veículos (ano)	Fluxo médio mensal
2019	707.609	657.825	691.949	696.470	723.070	667.111	725.850	721.610	692.873	722.978	726.483	836.854	8.570.682	714.224
2020	705.432	666.602	401.468	44.673	53.269	139.104	368.317	497.477	520.869	592.870	611.291	716.446	5.317.818	443.152
2021	577.361	544.772	361.574	476.101	488.608	497.373	600.229	577.178	538.204	597.969	613.968	750.244	6.623.581	551.965
2022	557.592	516.153	593.259	595.756	597.677	613.382	695.822	631.348	622.473	635.286	647.217	784.427	7.490.392	624.199

APÊNDICE H

Análise do potencial de economia de água potável para a área de 21.612 m²

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Volume extravasado (litros/dia)	Demanda de água pluvial é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial não é atendida (%)	Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m ³)	Incremento (%)
0	0	0	755941,74	254754,47	0	0	100	0	0
30000	1,51	11425,45	744516,29	243329,02	0	38,08	61,92	0,14	1,51
60000	3,02	22850,90	733090,84	231903,57	0	38,08	61,92	0,14	1,51
90000	4,53	34225,40	721716,34	220529,07	0	38,08	61,92	0,14	1,50
120000	5,92	44759,74	711182,00	209994,73	0	38,08	61,92	0,13	1,39
150000	7,20	54444,12	701497,62	200310,35	0	38,08	61,92	0,12	1,28
180000	8,38	63373,66	692568,08	191380,81	0	38,08	61,92	0,11	1,18
210000	9,47	71611,17	684330,57	183143,30	0	38,08	61,92	0,10	1,09
240000	10,48	79251,46	676690,28	175503,01	0	38,08	61,92	0,09	1,01
270000	11,43	86417,79	669523,95	168336,68	0	38,08	61,92	0,09	0,95
300000	12,31	93087,63	662854,11	161664,15	23,24	23,17	53,59	0,08	0,88
330000	13,05	98613,45	657328,29	156134,31	24,25	22,55	53,20	0,07	0,73
360000	13,61	102904,11	653037,63	151839,69	25,20	22,06	52,74	0,05	0,57
390000	14,09	106549,65	649392,09	148190,21	25,98	21,67	52,35	0,04	0,48
420000	14,54	109890,68	646051,06	144845,30	29,10	20,09	50,81	0,04	0,44
450000	14,88	112490,57	643451,17	142241,56	29,93	19,74	50,33	0,03	0,34
480000	15,21	114943,92	640997,82	139784,38	30,58	19,44	49,98	0,03	0,32
510000	15,51	117213,59	638728,15	137510,87	31,12	19,11	49,77	0,03	0,30
540000	15,79	119352,65	636589,09	135367,98	31,68	18,86	49,46	0,03	0,28
570000	16,05	121351,86	634589,88	133364,97	34,21	17,78	48,01	0,02	0,26
600000	16,30	123202,15	632739,59	131510,80	34,72	17,48	47,80	0,02	0,24
630000	16,53	124940,94	631000,80	129768,10	35,29	17,22	47,49	0,02	0,23

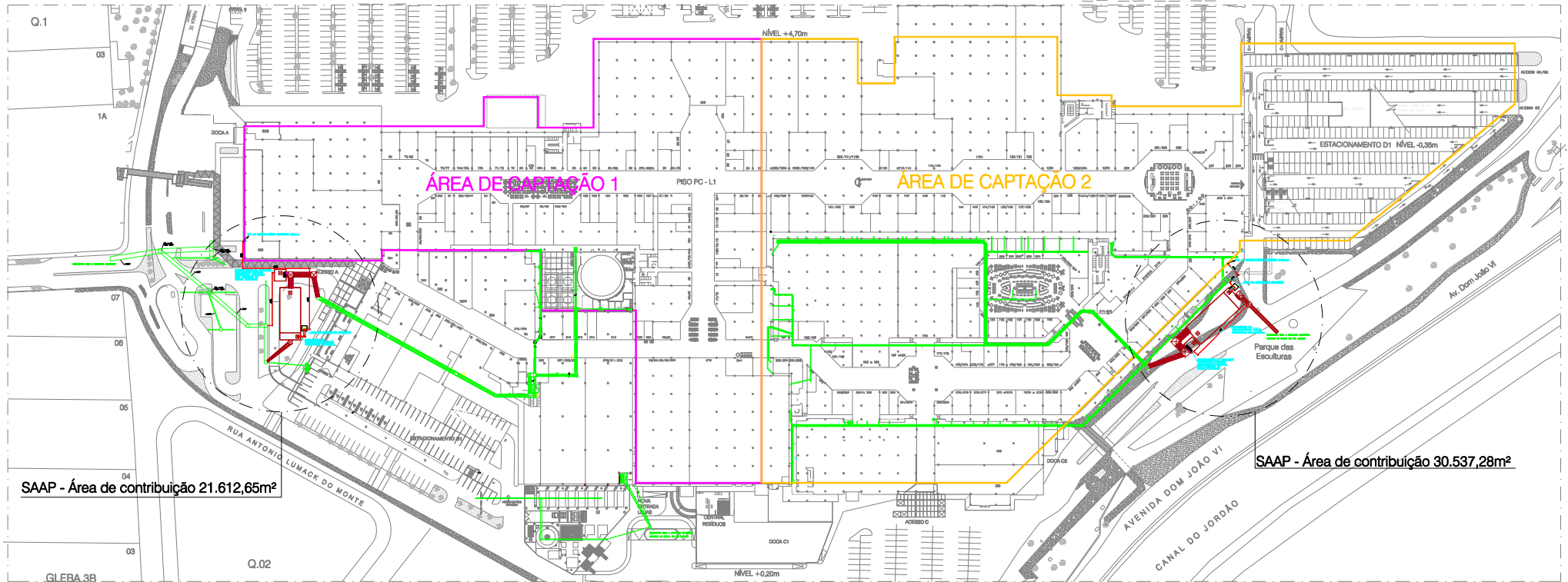
APÊNDICE I**Análise do potencial de economia de água potável para a área de 30.537 m²**

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Volume extravasado (litros/dia)	Demanda de água pluvial é atendida completamente (%)	Demanda de água pluvial é atendida parcialmente (%)	Demanda de água pluvial não é atendida (%)	Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m ³)	Incremento (%)
0	0	0	755941,74	359959,15	0	0	100	0	0
30000	1,51	11425,45	744516,29	348533,71	0	38,08	61,92	0,14	1,51
60000	3,02	22850,90	733090,84	337108,26	0	38,08	61,92	0,14	1,51
90000	4,53	34276,34	721665,40	325682,81	0	38,08	61,92	0,14	1,51
120000	6,05	45701,79	710239,95	314257,36	0	38,08	61,92	0,14	1,51
150000	7,48	56532,68	699409,06	303426,48	0	38,08	61,92	0,13	1,43
180000	8,83	66735,09	689206,65	293224,06	0	38,08	61,92	0,12	1,35
210000	10,10	76326,69	679615,05	283632,47	0	38,08	61,92	0,11	1,27
240000	11,30	85402,00	670539,74	274557,15	0	38,08	61,92	0,11	1,20
270000	12,43	93947,22	661994,52	266011,93	0	38,08	61,92	0,10	1,13
300000	13,49	101963,74	653978,00	257992,60	28,20	20,60	51,21	0,10	1,06
330000	14,34	108411,40	647530,34	251540,96	29,34	20,00	50,66	0,08	0,85
360000	15,00	113376,16	642565,58	246572,26	30,09	19,59	50,32	0,06	0,66
390000	15,55	117575,69	638366,05	242368,75	30,40	19,44	50,16	0,05	0,56
420000	16,07	121474,51	634467,23	238466,01	34,72	17,42	47,87	0,05	0,52
450000	16,46	124402,33	631539,41	235534,32	35,50	16,97	47,53	0,03	0,39
480000	16,82	127155,49	628786,25	232777,28	36,12	16,70	47,18	0,03	0,36
510000	17,16	129723,85	626217,89	230205,04	36,76	16,44	46,80	0,03	0,34
540000	17,48	132158,49	623783,25	227766,53	37,31	16,19	46,50	0,03	0,32
570000	17,78	134416,74	621525,00	225504,42	40,48	14,91	44,61	0,03	0,30
600000	18,05	136473,67	619468,07	223443,60	41,09	14,67	44,24	0,02	0,27
630000	18,32	138471,66	617470,08	221441,69	41,31	14,59	44,10	0,02	0,26

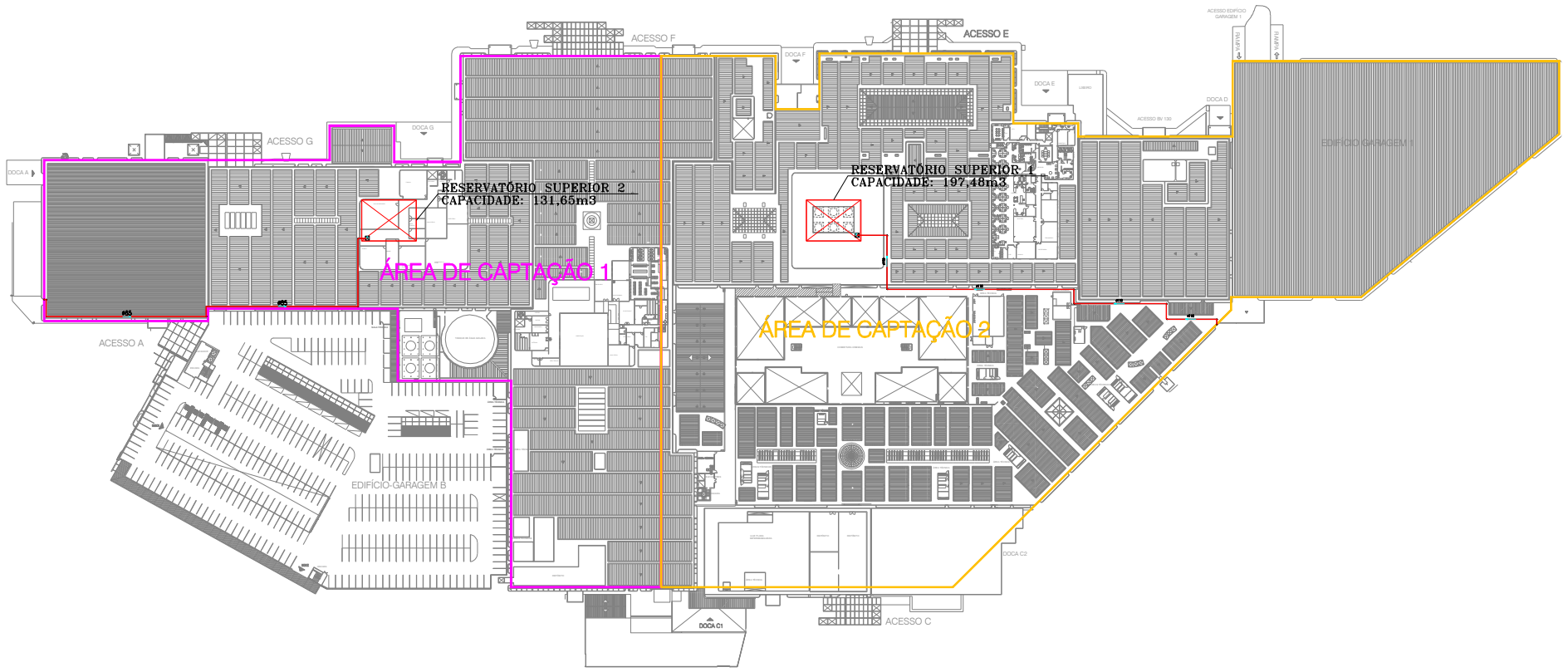
APÊNDICE J

Locação do sistema de aproveitamento da água de chuva

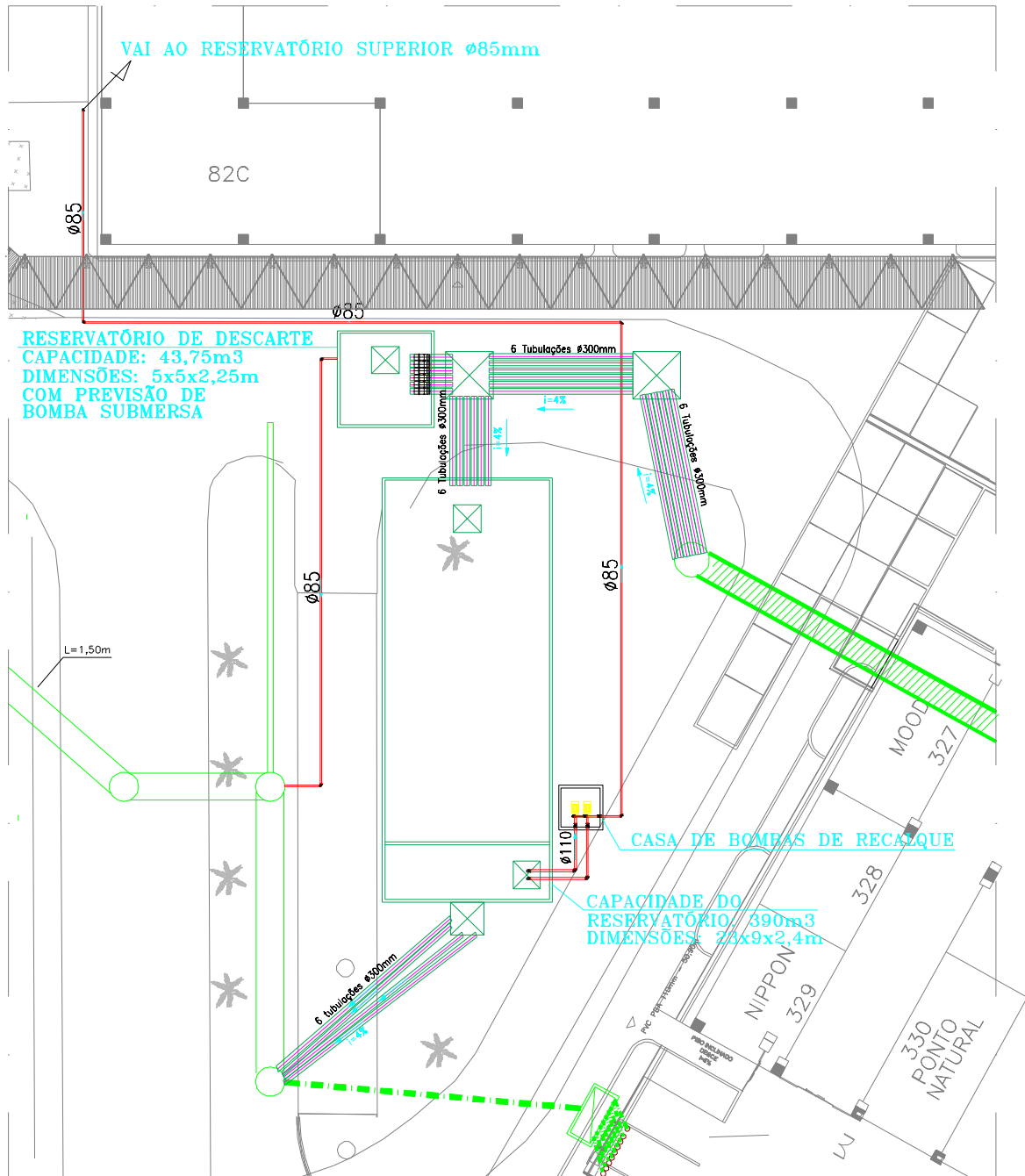
Planta baixa pavimento térreo:



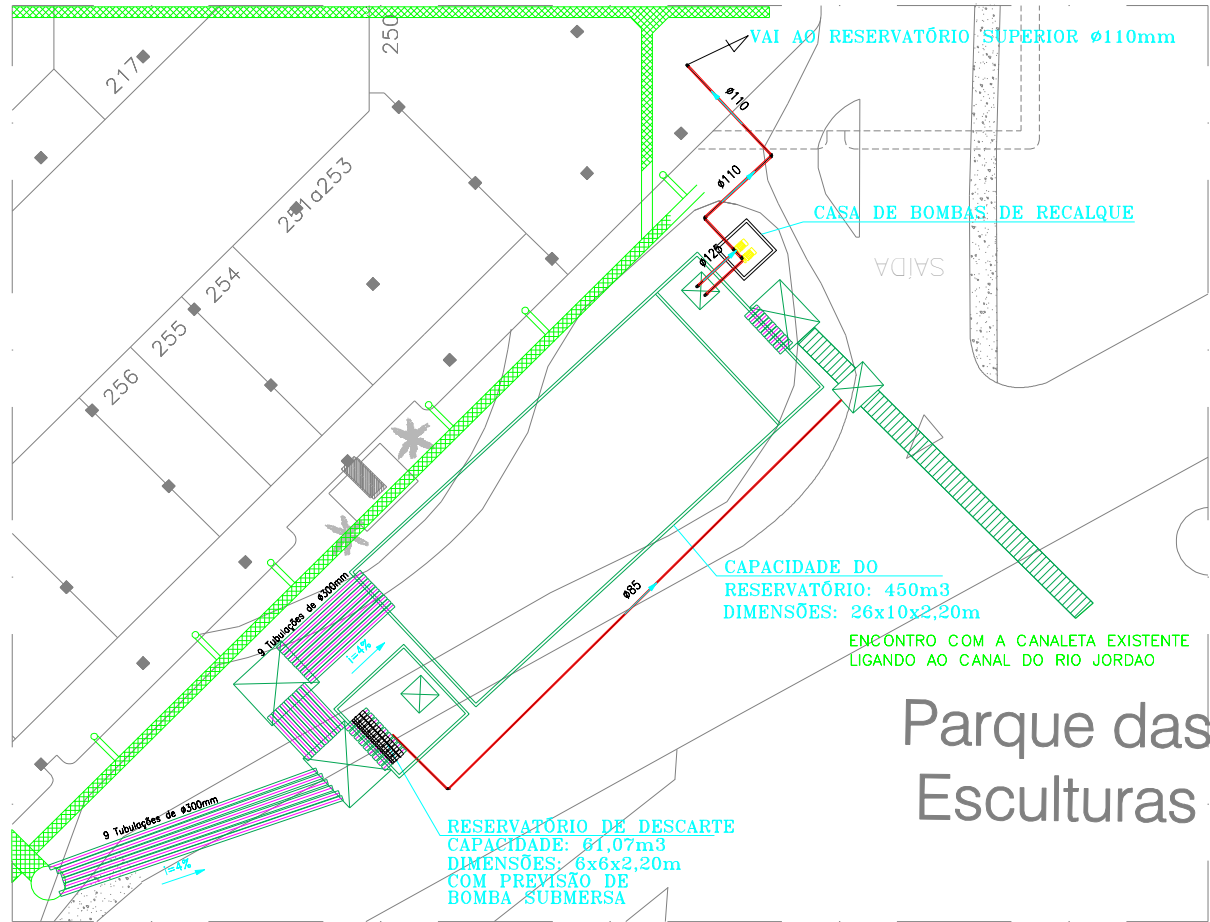
Planta baixa coberta:



Ampliação SPAAP – área de contribuição 21.612,65 m²



Ampliação SPAAP – área de contribuição 30.537,28 m²



APÊNDICE K
Orçamento para implantação do SPAAP

ITEM	DESCRIÇÃO	UN.	QUANT.	PREÇO UN.	PREÇO TOTAL
VALOR GERAL ORÇAMENTO					R\$ 765.732,48
SERVIÇOS PRELIMINARES					R\$ 27.569,98
ESCAVAÇÃO PARA ASSENTAMENTO DE TUBULAÇÃO					R\$ 17.856,86
93358/SINAPI	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m. af_02/2021	m ³	221,06	R\$ 80,78	R\$ 17.856,86
REATERRO					R\$ 9.713,12
93382/SINAPI	Reaterro manual de valas com compactação mecanizada. Af_04/2016	m ³	275,94	R\$ 35,20	R\$ 9.713,12
ASSENTAMENTO DE TUBULAÇÃO					R\$ 96.227,42
103376/SINAPI	Tubo PEAD liso para rede de água ou esgoto, diâmetro de 110 mm, junta soldada (não inclui a execução de solda) - fornecimento e assentamento. Af_12/2021	m	5,00	R\$ 135,20	R\$ 676,00
01035/ORSE	Tubo PVC rígido soldável marrom p/ água, d = 110 mm (4")	m	27,00	R\$ 118,46	R\$ 3.198,42
01034/ORSE	Tubo PVC rígido soldável marrom p/ água, d = 85 mm (3")	m	139,00	R\$ 83,81	R\$ 11.649,59
06345/ORSE	Assentamento de tubo de PVC junta elástica para esgotos sanitários, ponta e bolsa, diam. = 300mm	m	445,00	R\$ 145,34	R\$ 64.676,30
01142/ORSE	Joelho 90° de PVC rígido soldável, marrom diâm = 110mm	m	19,00	R\$ 224,61	R\$ 4.267,59
01141/ORSE	Joelho 90° de PVC rígido soldável, marrom diâm = 85mm	m	12,00	R\$ 119,09	R\$ 1.429,08
Orçado	Tê esgoto PVC série R 300 x 150 mm – fornecimento e instalação	Und.	15	R\$ 380,44	R\$ 5.706,60
Orçado	Luva esgoto PVC série R 300mm – fornecimento e instalação	Und.	16	R\$ 288,99	R\$ 4.623,84

CANALETA					R\$
					15.014,88
11638/ORSE	Forma plana para estruturas, em compensado resinado de 10mm, 05 usos, inclusive escoramento - Revisada 07.2015	m ²	59,03	R\$ 57,06	R\$ 3.368,27
91601/SINAPI	Armação do sistema de paredes de concreto, executada como reforço, vergalhão de 6,3 mm de diâmetro. Af_06/2019	kg	122,95	R\$ 10,02	R\$ 1.231,96
03085/ORSE	Concreto simples usinado fck=35mpa, bombeado e projetado em paredes	m ³	6,12	R\$ 1.047,60	R\$ 6.407,23
95241/SINAPI	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos, lajes sobre solo ou radiers, espessura de 5 cm. Af_07/2016	m ²	18,45	R\$ 30,69	R\$ 566,13
101964/SINAPI	Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para forro, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento + capa) = (8+3). af_11/2020	m ²	18,45	R\$ 186,55	R\$ 3.441,29
TUBULAÇÃO APARENTE					R\$
					35.767,61
01035/ORSE	Tubo PVC rígido soldável marrom p/ água, d = 110 mm (4")	m	165,00	R\$ 118,46	R\$ 19.545,90
01034/ORSE	Tubo PVC rígido soldável marrom p/ água, d = 85 mm (3")	m	150,00	R\$ 83,81	R\$ 12.571,50
103376/SINAPI	Tubo PEAD liso para rede de água ou esgoto, diâmetro de 110 mm, - fornecimento e instalação. Af_12/2021	m	5,00	R\$ 135,20	R\$ 676,00
01142/ORSE	Joelho 90° de PVC rígido soldável, marrom diâm = 110mm	m	9,00	R\$ 224,61	R\$ 2.021,49
01141/ORSE	Joelho 90° de PVC rígido soldável, marrom diâm = 85mm	m	8,00	R\$ 119,09	R\$ 952,72

RESERVATÓRIOS INFERIORES 1 e 2					R\$ 333.413,67
SERVIÇOS PRELIMINARES RESERVATÓRIO INFERIOR 1 e 2					R\$ 33.855,17
SERVIÇOS PRELIMINARES RESERVATÓRIO INFERIOR 1					R\$ 15.287,93
90101/SINAPI	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 m até 3,0 m (média montante e jusante/uma composição por trecho), retroescav. (0,26 m ³), larg. menor que 0,8 m, em solo de 1ª categoria, em locais com alto nível de interferência. Af_02/2021	m ³	597,71	R\$ 13,52	R\$ 8.081,09
93380/SINAPI	Reaterro mecanizado de vala com retroescavadeira largura até 0,8 m, profundidade de 1,5 a 3,0 m, com solo de 1ª categoria.	m ³	32,06	R\$ 17,36	R\$ 556,63
95241/SINAPI	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos, lajes sobre solo ou radiers, espessura de 5 cm. Af_07/2016.	m ²	216,69	R\$ 30,69	R\$ 6.650,21
SERVIÇOS PRELIMINARES RESERVATÓRIO INFERIOR 2					R\$ 18.567,24
90101/SINAPI	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 m até 3,0 m (média montante e jusante/uma composição por trecho), retroescav. (0,26 m ³), larg. menor que 0,8 m, em solo de 1ª categoria, em locais com alto nível de interferência. Af_02/2021.	m ³	714,23	R\$ 13,52	R\$ 9.656,32
93380/SINAPI	Reaterro mecanizado de vala com retroescavadeira largura até 0,8 m, profundidade de 1,5 a 3,0 m, com solo de 1ª categoria.	m ³	34,41	R\$ 17,36	R\$ 597,32
95241/SINAPI	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos, lajes sobre solo ou radiers, espessura de 5 cm. Af_07/2016.	m ²	270,89	R\$ 30,69	R\$ 8.313,60

ESTRUTURA RESERVATÓRIOS INFERIORES 1 E 2					R\$
					299.558,50
ESTRUTURA RESERVATÓRIO INFERIOR 1					R\$
					137.821,27
11638/ORSE	Forma plana para estruturas, em compensado resinado de 10mm, 05 usos, inclusive escoramento - Revisada 07.2015	m ²	312,96	R\$ 57,06	R\$ 17.857,50
91603/SINAPI	Armação do sistema de paredes de concreto, executada como reforço, vergalhão de 10,0 mm de diâmetro. Af_06/2019	kg	1975,42	R\$ 10,78	R\$ 21.295,03
03085/ORSE	Concreto simples usinado fck=35mpa, bombeado e projetado em paredes.	m ³	55,60	R\$ 1.047,60	R\$ 58.245,22
101964/SINAPI	Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para forro, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento + capa) = (8+3). af_11/2020.	m ²	216,69	R\$ 186,55	R\$ 40.423,52
ESTRUTURA RESERVATÓRIO INFERIOR 2					R\$
					161.737,23
11638/ORSE	Forma plana para estruturas, em compensado resinado de 10mm, 05 usos, inclusive escoramento - Revisada 07.2015	m ²	322,08	R\$ 57,06	R\$ 18.377,88
91603/SINAPI	Armação do sistema de paredes de concreto, executada como reforço, vergalhão de 10,0 mm de diâmetro. Af_06/2019	kg	2358,22	R\$ 10,78	R\$ 25.421,61
03085/ORSE	Concreto simples usinado fck=35mpa, bombeado e projetado em paredes	m ³	64,34	R\$ 1.047,60	R\$ 67.403,21
101964/SINAPI	Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para forro, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento+capa) = (8+3). af_11/2020	m ²	270,89	R\$ 186,55	R\$ 50.534,53

RESERVATÓRIOS DE DESCARTE 1 e 2					R\$ 64.963,24
SERVIÇOS PRELIMINARES RESERVATÓRIO DE DESCARTE 1 e 2					R\$ 5.035,15
SERVIÇOS PRELIMINARES RESERVATÓRIO DE DESCARTE 1 (5x5x2,25m)					R\$ 2.116,47
90101/SINAPI	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 m até 3,0 m (média montante e jusante/uma composição por trecho), retroscav. (0,26 m3), larg. menor que 0,8 m, em solo de 1ª categoria, em locais com alto nível de interferência. Af_02/2021	m3	81,23	R\$ 13,52	R\$ 1.098,16
93380/SINAPI	Reaterro mecanizado de vala com retroscavadeira largura até 0,8 m, profundidade de 1,5 a 3,0 m, com solo de 1ª categoria	m3	9,00	R\$ 17,36	R\$ 156,24
95241/SINAPI	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos, lajes sobre solo ou radiers, espessura de 5 cm. Af_07/2016	m2	28,09	R\$ 30,69	R\$ 862,07
SERVIÇOS PRELIMINARES RESERVATÓRIO DE DESCARTE 2 (6x6x2,2m)					R\$ 2.918,68
90101/SINAPI	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 m até 3,0 m (média montante e jusante/uma composição por trecho), retroscav. (0,26 m3), larg. menor que 0,8 m, em solo de 1ª categoria, em locais com alto nível de interferência. Af_02/2021	m3	112,23	R\$ 13,52	R\$ 1.517,28
93380/SINAPI	Reaterro mecanizado de vala com retroscavadeira largura até 0,8 m, profundidade de 1,5 a 3,0 m, com solo de 1ª categoria	m3	10,56	R\$ 17,36	R\$ 183,32
95241/SINAPI	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos, lajes sobre solo ou radiers, espessura de 5 cm. Af_07/2016	m2	39,69	R\$ 30,69	R\$ 1.218,08
ESTRUTURA RESERVATÓRIOS DE DESCARTE 1 E 2					R\$ 59.928,09
ESTRUTURA RESERVATÓRIO DE DESCARTE 1 (5X5X2,25M)					R\$ 26.228,58

11638/ORSE	Forma plana para estruturas, em compensado resinado de 10mm, 05 usos, inclusive escoramento - Revisada 07.2015	m ²	95,40	R\$ 57,06	R\$ 5.443,52
91603/SINAPI	Armação do sistema de paredes de concreto, executada como reforço, vergalhão de 10,0 mm de diâmetro. Af_06/2019	kg	343,37	R\$ 10,78	R\$ 3.701,53
03085/ORSE	Concreto simples usinado fck=35mpa, bombeado e projetado em paredes	m ³	11,31	R\$ 1.047,60	R\$ 11.843,34
101964/SINAPI	Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para forro, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento + capa) = (8+3). af_11/2020	m ²	28,09	R\$ 186,55	R\$ 5.240,19
ESTRUTURA RESERVATÓRIO DE DESCARTE 2 (6X6X2,2)					R\$ 33.699,51
11638/ORSE	Forma plana para estruturas, em compensado resinado de 10mm, 05 usos, inclusive escoramento - Revisada 07.2015	m ²	110,88	R\$ 57,06	R\$ 6.326,81
91603/SINAPI	Armação do sistema de paredes de concreto, executada como reforço, vergalhão de 10,0 mm de diâmetro. Af_06/2019	kg	474,24	R\$ 10,78	R\$ 5.112,31
03085/ORSE	Concreto simples usinado fck=35mpa, bombeado e projetado em paredes	m ³	14,18	R\$ 1.047,60	R\$ 14.856,22
101964/SINAPI	Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para forro, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento+capa) = (8+3). af_11/2020	m ²	39,69	R\$ 186,55	R\$ 7.404,17
RESERVATÓRIOS SUPERIORES 1 e 2					R\$ 144.954,37
ESTRUTURA RESERVATÓRIO SUPERIOR 1					R\$ 84.046,81
11638/ORSE	Forma plana para estruturas, em compensado resinado de 10mm, 05 usos, inclusive escoramento - Revisada 07.2015	m ²	159,12	R\$ 57,06	R\$ 9.079,39

91603/SINAPI	Armação do sistema de paredes de concreto, executada como reforço, vergalhão de 10,0 mm de diâmetro. Af_06/2019	kg	1799,94	R\$ 10,78	R\$ 19.403,35
03085/ORSE	Concreto simples usinado fck=35mpa, bombeado e projetado em paredes	m3	11,35	R\$ 1.047,60	R\$ 11.894,58
101964/SINAPI	Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para forro, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento + capa) = (8+3). af_11/2020	m2	234,09	R\$ 186,55	R\$ 43.669,49
ESTRUTURA RESERVATÓRIO SUPERIOR 2					R\$ 60.907,56
11638/ORSE	Forma plana para estruturas, em compensado resinado de 10mm, 05 usos, inclusive escoramento - Revisada 07.2015	m²	133,12	R\$ 57,06	R\$ 7.595,83
91603/SINAPI	Armação do sistema de paredes de concreto, executada como reforço, vergalhão de 10,0 mm de diâmetro. Af_06/2019	kg	1271,66	R\$ 10,78	R\$ 13.708,49
03085/ORSE	Concreto simples usinado fck=35mpa, bombeado e projetado em paredes	m3	9,74	R\$ 1.047,60	R\$ 10.204,83
101964/SINAPI	Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para forro, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento + capa) = (8+3). af_11/2020	m2	157,59	R\$ 186,55	R\$ 29.398,41
SISTEMA DE BOMBEAMENTO DOS RESERVATÓRIOS INFERIORES 1 E 2					R\$ 13.853,26
SISTEMA BOMBA RESERVATÓRIO INFERIOR 1					R\$ 5.150,06
08938/ORSE	Conjunto motobomba Schneider, motor 5 cv, trifásico, centrifuga, sucção 2 1/2", recalque 2 1/2" (ou similar)	Und.	1,00	R\$ 5.150,06	R\$ 5.150,06
SISTEMA BOMBA RESERVATÓRIO INFERIOR 2					R\$ 8.703,20

13319/ORSE	Conjunto moto-bomba centrífuga, trifásica, motor 7.5 cv, 1 1/4", Schneider BC-22 R ou similar	Und.	1,00	R\$ 8.703,20	R\$ 8.703,20
SISTEMA DE BOMBEAMENTO DOS RESERVATÓRIOS DE DESCARTE 1 E 2					R\$ 4.469,02
02652/ORSE	Conjunto motobomba com motor de 1 cv, trifásico, bomba centrífuga, sucção=1", recalque=1", pr. máx. 28 mca, alt. sucção 8 mca. faixas hm (m) - q (m3/h) : (26-2,5)(23-4,2)(20-5,2)(17-6,3)(14-7,0), inclusive chave de partida direta	Und.	2,00	R\$ 2.234,51	R\$ 4.469,02
BÓIA ELÉTRICA PARA RESERVATÓRIO SUPERIOR 1 E 2					R\$ 670,52
00818/ORSE	Bóia elétrica para reservatório superior, marca aquamatic ou similar, capacidade 30 a - fornecimento e instalação	Und.	2,00	R\$ 335,26	R\$ 670,52
CONJUNTO REALIMENTADOR PARA RESERVATÓRIO SUPERIOR 1 E 2					R\$ 1.555,92
08984/ORSE	Válvula solenoide modelo 75 - DV 3/4", marca Rain Bird ou similar	Und.	2,00	R\$ 442,70	R\$ 885,40
00818/ORSE	Bóia elétrica para reservatório superior, marca aquamatic ou similar, capacidade 30 a - fornecimento e instalação	Und.	2,00	R\$ 335,26	R\$ 670,52
CAIXAS DE INSPEÇÃO					R\$ 27.272,59
CAIXA DE INSPEÇÃO 1 (325X325X90cm)					R\$ 8.077,04
103329/SINAPI	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19 cm (espessura 9 cm) e argamassa de assentamento com preparo manual. Af_12/2021	m ²	23,40	R\$ 79,79	R\$ 1.867,09
95241/SINAPI	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos, lajes sobre solo ou radiers, espessura de 5 cm. Af_07/2016	m ²	21,12	R\$ 30,69	R\$ 648,16
03310/ORSE	Chapisco em parede com argamassa traço t1 - 1:3 (cimento / areia) - Revisado 08/2015	m ²	46,80	R\$ 6,31	R\$ 295,31

12354/ORSE	Reboco interno de parede, espessura 0,5cm, com argamassa 1:2 cal e areia	m ²	23,40	R\$ 24,56	R\$ 574,70
01908/ORSE	Reboco ou emboço externo, de parede, com argamassa traço t5 - 1:2:8 (cimento / cal / areia), espessura 2,0 cm	m ²	23,40	R\$ 32,13	R\$ 751,84
101964/SINAPI	Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para forro, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento + capa) = (8+3). af_11/2020	m2	21,12	R\$ 186,55	R\$ 3.939,94
CAIXA DE INSPEÇÃO 2 (380X380X90cm)					R\$ 10.353,25
103329/SINAPI	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19 cm (espessura 9 cm) e argamassa de assentamento com preparo manual. Af_12/2021	m ²	27,36	R\$ 79,79	R\$ 2.183,05
95241/SINAPI	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos, lajes sobre solo ou radiers, espessura de 5 cm. Af_07/2016	m ²	28,88	R\$ 30,69	R\$ 886,32
03310/ORSE	Chapisco em parede com argamassa traço t1 - 1:3 (cimento / areia) - Revisado 08/2015	m ²	54,72	R\$ 6,31	R\$ 345,28
12354/ORSE	Reboco interno de parede, espessura 0,5cm, com argamassa 1:2 cal e areia	m ²	27,36	R\$ 24,56	R\$ 671,96
01908/ORSE	Reboco ou emboço externo, de parede, com argamassa traço t5 - 1:2:8 (cimento / cal / areia), espessura 2,0 cm	m ²	27,36	R\$ 32,13	R\$ 879,08
101964/SINAPI	Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para forro, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento + capa) = (8+3). af_11/2020	m2	28,88	R\$ 186,55	R\$ 5.387,56

CAIXA DE INSPEÇÃO 3 (265X2,65X90cm)					R\$ 8.842,30
103329/SINAPI	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19 cm (espessura 9 cm) e argamassa de assentamento com preparo manual. Af_12/2021	m ²	28,62	R\$ 79,79	R\$ 2.283,59
95241/SINAPI	Lastro de concreto magro, aplicado em pisos, lajes sobre solo ou radiers, espessura de 5 cm. Af_07/2016	m ²	21,06	R\$ 30,69	R\$ 646,32
03310/ORSE	Chapisco em parede com argamassa traço t1 - 1:3 (cimento / areia) - Revisado 08/2015	m ²	57,24	R\$ 6,31	R\$ 361,18
12354/ORSE	Reboco interno de parede, espessura 0,5cm, com argamassa 1:2 cal e areia	m ²	28,62	R\$ 24,56	R\$ 702,91
01908/ORSE	Reboco ou emboço externo, de parede, com argamassa traço t5 - 1:2:8 (cimento / cal / areia), espessura 2,0 cm	m ²	28,62	R\$ 32,13	R\$ 919,56
101964/SINAPI	Laje pré-moldada unidirecional, biapoiada, para forro, enchimento em cerâmica, vigota convencional, altura total da laje (enchimento + capa) = (8+3). af_11/2020	m ²	21,06	R\$ 186,55	R\$ 3.928,74