



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE
ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA

Caio Morelli Figueroba

Florianópolis

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

CAIO MORELLI FIGUEROBA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE
ESTRATÉGIAS DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NA
BIBLIOTECA CENTRAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Universidade Federal de
Santa Catarina como parte dos requisitos
para obtenção do título de Engenheiro
Civil.

Orientador: EneDir Ghisi, Ph.D.

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Figueroba, Caio

Análise de viabilidade técnica e econômica de estratégias de redução do consumo de água potável na Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Catarina / Caio Figueroba ; orientador, EneDir Ghisi, 2023.

176 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Potencial de economia de água potável. 3. Equipamentos economizadores de água. 4. Aproveitamento de água pluvial. 5. Água de Reúso. I. Ghisi, EneDir. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Caio Morelli Figueroba

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE ESTRATÉGIAS DE
REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NA BIBLIOTECA CENTRAL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 20 de novembro de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Enedir Ghisi, Phd

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Liseane Padilha Thives, Dr^a

Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Igor Catão Martins Vaz, Me.

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor Enedir Ghisi, por sua análise crítica e construtiva, e pelo aprendizado proporcionado ao longo da graduação, que contribuiu para meu crescimento como estudante, profissional e pessoa.

A UFSC, por fornecer graduação pública, gratuita e de qualidade em Engenharia Civil, além de ensinar ser um ser humano melhor para a sociedade.

Aos meus pais, Sidney e Michelle, e a minha tia Rosa, que com dedicação, amor e apoio, me proporcionaram a oportunidade de estudar na Universidade Federal de Santa Catarina e realizar este trabalho.

Por último, mas não menos importante, aos meus amigos, que fizeram minha graduação ser leve, prazerosa, divertida e de muito aprendizado, com agradecimento em especial a minha querida amiga Luisa Zimmermann, pelo apoio e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

No Brasil, cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas para atender aos diversos usos setoriais e múltiplos. Os usos setoriais representam 70,0% do total de água retirada anualmente dos recursos hídricos do país, no qual o uso humano urbano é o segundo setor que mais consome água (24,3%). Deste modo, reduzir o consumo de água em edificações é uma medida essencial para a economia de água tanto nos sistemas públicos de abastecimento locais como no sistema hidrográfico do país. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade técnica e econômica de estratégias de redução do consumo de água isoladas e combinadas entre si na Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Catarina. Foram analisadas estratégias isoladas (equipamentos economizadores de água, aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza e reúso de água negra) e quatro cenários de estratégias combinadas. Aplicaram-se questionários aos usuários da edificação para obter dados de frequência e tempo de uso dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza, e mediram-se as vazões dos equipamentos hidrossanitários, para estimar os usos finais de água da Biblioteca Central. Com base nos resultados dos usos finais de água, verificou-se o potencial de economia de água potável por meio da implementação das estratégias isoladas e cenários de estratégias combinadas. A combinação de equipamentos economizadores de água e reúso de água negra obteve o maior potencial de economia de água potável (77,96%), seguida da combinação de equipamentos economizadores de água, reúso de água cinza e aproveitamento de água pluvial, com potencial de economia de água potável de 65,73%. O sistema isolado de aproveitamento de água pluvial obteve o menor potencial de economia (25,22%). Todas as estratégias analisadas foram consideradas economicamente viáveis, exceto a combinação de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza, que apresentou valor presente líquido e taxa interna de retorno negativa e não obteve tempo de retorno de investimento para o período de análise. A combinação de equipamentos economizadores de água e reúso de água negra apresentou a maior economia financeira (R\$ 7.782,48/mês) e tempo de retorno de investimento de 50 meses. Diante disso, levando em consideração as razões ambientais e econômicas, sugeriu-se a implementação desse cenário na Biblioteca Central da UFSC, que possibilitou reduzir os consumos não potáveis da edificação, gerando economia de água potável para a universidade.

Palavras-chaves: Potencial de economia de água potável. Equipamentos economizadores de água. Aproveitamento de água pluvial. Água de reúso. Viabilidade econômica. Edificação pública.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Usos consuntivos setoriais no Brasil em 2020.....	22
Figura 2 – Tempo de retorno do investimento em função da porcentagem de redução.....	37
Figura 3 – Fluxograma do método utilizado no estudo.....	63
Figura 4 – Localização geográfica da área de estudo.....	64
Figura 5 – Localização da Biblioteca Central da UFSC.....	65
Figura 6 – Vista aérea da Biblioteca Centra da UFSC	66
Figura 7 – Consumos mensais de água da Biblioteca Central para o período de 2013 a 2023.	95
Figura 8 – Consumos de água potável da Biblioteca Central dos meses de janeiro a junho de 2023.....	96
Figura 9 – Torneira de lavatório da Biblioteca Central da UFSC.....	98
Figura 10 – Bacia sanitária da Biblioteca Central da UFSC.....	98
Figura 11 – Mictório tipo cascata no banheiro do pavimento térreo.....	99
Figura 12 – Mictório com acionamento hidromecânico.....	99
Figura 13 - Bebedouro localizado no pavimento térreo.....	99
Figura 14 – Bebedouros interditados localizados no pavimento superior.....	100
Figura 15 – Sinalização de restrição de uso.....	100
Figura 16 – Torneira de pia de cozinha da copa dos funcionários.....	100
Figura 17 – Torneira de tanque da copa dos funcionários.....	101
Figura 18 – Bebedouro da copa dos funcionários.....	101
Figura 19 – Usos finais de água estimado para a Biblioteca Central da UFSC.....	109
Figura 20 – Análise de sensibilidade na frequência ou tempo de uso das torneiras de lavatório, mictórios e bacias sanitárias.....	111
Figura 21 – Usos finais de água corrigidos.....	113
Figura 22 – Precipitação média mensal dos anos de 2003 a 2023.....	118
Figura 23 – Polígono 1: área de superfície composta pelos quatro vértices da edificação. ...	119
Figura 24 – Polígono 2: área de superfície sobre o jardim interno central.....	119
Figura 25 – Polígono 3: área de superfície sobre a área técnica localizada sobre o telhado. .	119
Figura 26 – Comportamento do potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório inferior.....	121
Figura 27 – Esquema vertical de abastecimento de água do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	123
Figura 28 – Esquema vertical abastecimento de água do sistema de reúso de água cinza.....	124

Figura 29 – Esquema vertical de abastecimento do sistema de reúso de água negra.....	126
Figura 30 – Esquema vertical de abastecimento de água do cenário 4.	134
Figura 31 – Comparação do potencial de economia de água potável obtido para as diferentes estratégias de redução do consumo de água potável.	134
Figura 32 – Estação de tratamento ETAC-3000 e equipamento <i>First Flush</i> FF-250	141
Figura 33 – Estação de tratamento ETARE-3000.	144

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Volume faturado de água (em 1.000 m ³) distribuídos por setor nos anos de 2016 a 2021.	24
Tabela 2 - Consumo de água potável em aparelhos hidrossanitários em dez edifícios do setor público de Florianópolis.	25
Tabela 3 – Usos finais de água corrigidos para as escolas municipal e estadual.	27
Tabela 4 – Comparação do consumo entre equipamentos hidráulicos convencionais e economizadores de água.	33
Tabela 5 – Quantitativo e orçamento dos materiais.	36
Tabela 6 – Parâmetros mínimos de qualidade estabelecidos pela norma ABNT NBR 15527:2019.	41
Tabela 7 – Parâmetros para água de reúso Classe 1.	42
Tabela 8 – Custos de implementação e operação do sistema.	43
Tabela 9 – Custo de implementação e operação do sistema.	45
Tabela 10 – Dados de entrada para análise econômica.	45
Tabela 11 – Características físicas, químicas e bacteriológicas da água cinza originada em banheiros localizados na região Sul do Brasil.	47
Tabela 12 – Parâmetros de qualidade para uso da água não potável exigidos pela NBR 16783:2019.	49
Tabela 13 – Economia anual de água potável gerada pelo sistema de reúso de água cinza para os dez edifícios de ensino.	50
Tabela 14 – Características do efluente tratado.	55
Tabela 15 – Gestão do tratamento dos esgotos sanitários produzidos em doze campus de Universidades públicas federais da região Nordeste do Brasil.	56
Tabela 16 – Eficiência do sistema de tratamento de efluentes da ETE da UFRN.	57
Tabela 17 – Potencial de economia de água potável para as diferentes estratégias adotadas. .	59
Tabela 18 – Economia anual de água para os sistemas de aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza.	60
Tabela 19 – Consumos lidos nos hidrômetros e consumos diários calculados.	97
Tabela 20 – Volume por acionamento das torneiras de lavatório existentes.	102
Tabela 21 – Vazão média medida para torneira de pia de cozinha e para a torneira de tanque da copa dos funcionários.	102
Tabela 22 – Tempo de acionamento dos mictórios.	103

Tabela 23 – Vazão dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza existentes na Biblioteca Central.	104
Tabela 24 – Número total de usuários por grupo e gênero e amostras calculadas e entrevistadas.	105
Tabela 25 – Médias diárias de frequência, acionamento por uso ou tempo de uso dos equipamentos hidrossanitários do grupo 1.	106
Tabela 26 - Médias diárias de frequência, acionamento por uso ou tempo de uso dos equipamentos hidrossanitários do grupo 2.	106
Tabela 27 - Médias diárias de frequência e tempo de uso dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza do grupo 3.	107
Tabela 28 – Consumo diário de água dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza da Biblioteca Central.	108
Tabela 29 – Consumo total mensal de água por equipamento e atividade de limpeza.	109
Tabela 30 – Comparação entre o consumo total diário estimado e consumo total diário medido.	110
Tabela 31 - Comparação entre o consumo total mensal estimado e consumo total mensal medido.	110
Tabela 32 – Consumos diário de água corrigidos.	112
Tabela 33 - Vazão dos equipamentos economizadores de água selecionados para a Biblioteca Central.	114
Tabela 34 – Comparação da vazão dos equipamentos hidrossanitários existentes e dos equipamentos economizadores de água selecionados para a Biblioteca Central.	114
Tabela 35 – Consumo de água diário e mensal após a implementação dos equipamentos economizadores de água.	115
Tabela 36 - Consumo de água diário e mensal corrigido após a implementação dos equipamentos economizadores de água.	116
Tabela 37 – Comparação do consumo diário estimado e do consumo diário com equipamentos economizadores de água.	116
Tabela 38 – Estimativa da área de captação da cobertura da Biblioteca Central.	120
Tabela 39 – Variáveis de entrada utilizadas no programa Netuno.	120
Tabela 40 – Resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior e potencial de economia de água potável para diferentes percentuais de água não potável.	122
Tabela 41 – Volumes totais adotados para o reservatório inferior e superior de água pluvial e o potencial de economia de água potável para o sistema de aproveitamento de água pluvial. .	122

Tabela 42 – Oferta de água cinza da Biblioteca Central da UFSC.....	123
Tabela 43 – Potencial de economia de água potável com reúso de água cinza.....	124
Tabela 44 – Oferta de água negra da Biblioteca Central da UFSC.	125
Tabela 45 – Consumo diário de água potável e novo percentual de água não potável com a implementação de equipamentos economizadores de água.	127
Tabela 46 – Resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior e potencial de economia de água potável para diferentes percentuais de água não potável.	127
Tabela 47 – Consumo diário e potencial de economia de água potável do cenário 1.	128
Tabela 48 – Consumo diário de água potável e nova oferta de água cinza com a implementação de equipamentos economizadores de água.	129
Tabela 49 – Consumo diário e potencial de economia de água potável do cenário 2.	129
Tabela 50 – Consumo diário de água potável e nova oferta de água negra com a implementação de equipamentos economizadores de água.	130
Tabela 51 – Consumo diário e potencial de economia de água potável do cenário 3.	131
Tabela 52 – Consumo diário de água potável e novo percentual de água não potável com a implementação de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza.	132
Tabela 53 – Resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior e potencial de economia de água potável para diferentes percentuais de água não potável.	132
Tabela 54 – Consumo diário e potencial de economia de água potável do cenário 4.	133
Tabela 55 – Comparação dos potenciais de economia de água potável obtidos neste trabalho e em estudos similares.	135
Tabela 56 – Custo dos equipamentos economizadores de água.	137
Tabela 57 - Custo de mão-de-obra para instalação dos equipamentos economizadores de água.	137
Tabela 58 - Custo de manutenção anual dos equipamentos economizadores de água.	137
Tabela 59 – Tarifa do m ³ de água consumida cobrada pela CASAN para a categoria pública.	138
Tabela 60 – Custo mensal de água para o consumo estimado e consumo com implementação dos equipamentos economizadores de água.	139
Tabela 61 – Dados de entrada da análise econômica da implementação de equipamentos economizadores de água.	139
Tabela 62 – Resultados da análise econômica da implementação de equipamentos economizadores de água.	139
Tabela 63 – Custo total de implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial...	142

Tabela 64 – Custo mensal de operação do sistema de aproveitamento pluvial.....	142
Tabela 65 – Custo mensal de água para o consumo estimado e consumo com implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial.	143
Tabela 66 – Dados de entrada da análise econômica da implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	143
Tabela 67 – Resultados da análise econômica da implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	143
Tabela 68 – Custo total de implementação do sistema de reúso de água cinza.	145
Tabela 69 – Custo mensal de operação do sistema de reúso de água cinza.	145
Tabela 70 – Custo mensal de água para o consumo estimado e consumo com implementação do sistema de reúso de água cinza.	146
Tabela 71 – Dados de entrada da análise econômica da implementação do sistema de reúso de água cinza.	146
Tabela 72 – Resultados da análise econômica da implementação do sistema de reúso de água cinza.....	146
Tabela 73 – Custo total de implementação do sistema de reúso de água negra.....	147
Tabela 74 – Custo mensal de operação do sistema de reúso de água negra.....	148
Tabela 75 – Custo mensal de água para o consumo estimado e consumo com implementação do sistema de reúso de água negra.....	148
Tabela 76 – Dados de entrada da análise econômica da implementação do sistema de reúso de água negra.....	149
Tabela 77 – Resultados da análise econômica da implementação do sistema de reúso de água negra.	149
Tabela 78 – Custos de implementação, operação e manutenção e resultados da análise econômica dos cenários de estratégias combinadas.	150
Tabela 79 – Resultado da análise econômica das estratégias de redução do consumo de água potável.	151
Tabela 80 – Comparação dos resultados de análise econômica obtidos neste trabalho e em estudos similares.....	152

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características principais de equipamentos e acessórios economizadores de água	31
Quadro 1 – Características principais de equipamentos e acessórios economizadores de água (continuação).	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CCJS	Centro de Ciências Jurídicas e Sociais
CCT	Centro de Ciências Tecnológicas
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina
CRL	Cloro Residual Livre
CSE	Centro Sócio-Econômico
CTC	Centro Tecnológico
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuárias
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
NBR	Norma Técnica Brasileira
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
Sinapi	Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNS	Secretaria Nacional de Saneamento
SST	Sólidos Suspensos Totais
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa de Atratividade Mínima
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VPL	Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1. Introdução	19
1.1. Objetivos	20
1.1.1. Objetivo geral.....	20
1.1.2. Objetivos específicos	20
1.2. Estrutura do trabalho.....	21
2. Revisão bibliográfica	22
2.1. Uso da água no Brasil	22
2.2. Consumo e usos finais de água em edificações públicas.....	23
2.3. Equipamentos economizadores de água	30
2.4. Aproveitamento de água pluvial	38
2.4.1. Reservatórios de água pluvial	40
2.4.2. Qualidade de água pluvial.....	41
2.4.3. Aproveitamento de água pluvial em instituições de ensino.....	42
2.5. Reúso de água cinza.....	46
2.5.1. Qualidade da água não potável	49
2.5.2. Reúso de água cinza em instituições de ensino	50
2.6. Reúso de água negra	53
2.6.1. Qualidade da água não potável	54
2.6.2. Reúso de água negra em instituições públicas e de ensino	55
2.7. Estratégias combinadas de redução de consumo de água potável em instituições de ensino.....	57
2.8. Considerações finais	61
3. Materiais e métodos.....	63
3.1. Área de Estudo.....	64
3.2. Objeto de Estudo.....	65
3.3. Usos finais de água	67
3.3.1. Consumo de água medido por hidrômetro.....	67

3.3.2. Equipamentos hidrossanitários existentes.....	67
3.3.3. Vazões.....	68
3.3.4. Entrevistas com os usuários.....	68
3.3.5. Estimativa do consumo de água.....	70
3.3.5.1. Estimativa do consumo das torneiras de lavatórios.....	70
3.3.5.2. Estimativa do consumo dos mictórios.....	71
3.3.5.3. Estimativa do consumo das bacias sanitárias.....	72
3.3.5.4. Estimativa do consumo dos bebedouros das áreas comuns.....	72
3.3.5.5. Estimativa do consumo de água do bebedouro da copa dos funcionários.....	73
3.3.5.6. Estimativa do consumo de água da torneira de pia de cozinha da copa dos funcionários.....	74
3.3.5.7. Estimativa do consumo de água da torneira de tanque da copa dos funcionários.....	74
3.3.5.8. Estimativa do consumo de água das atividades de limpeza.....	75
3.3.5.9. Estimativa do consumo total diário e mensal de água.....	76
3.3.5.10. Estimativa dos usos finais.....	77
3.3.6. Análise de sensibilidade.....	78
3.3.7. Usos finais corrigidos.....	79
3.4. Avaliação do potencial de economia de água potável.....	79
3.4.1. Equipamentos economizadores de água.....	79
3.4.2. Aproveitamento de água pluvial.....	80
3.4.2.1. Percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial.....	81
3.4.2.2. Dados pluviométricos.....	81
3.4.2.3. Área de captação.....	82
3.4.2.4. Reservatórios de água pluvial.....	83
3.4.3. Reúso de água cinza.....	84

3.4.4. Reúso de água negra	85
3.4.5. Cenário 1	86
3.4.6. Cenário 2	87
3.4.7. Cenário 3	88
3.4.8. Cenário 4	88
3.5. Análise econômica	89
3.5.1. Levantamento de custos	90
3.5.2. Economia financeira	91
4. Resultados	95
4.1. Consumo de água potável	95
4.1.1. Consumo de água medido pela CASAN	95
4.1.2. Leituras do hidrômetro	97
4.2. Usos finais de água	97
4.2.1. Equipamentos hidrossanitários existentes e atividades de limpeza	97
4.2.2. Vazão dos equipamentos hidrossanitários	101
4.2.3. Entrevistas com os usuários	104
4.2.4. Estimativa do consumo de água	105
4.2.5. Análise de sensibilidade	110
4.2.6. Usos finais de água corrigidos	112
4.3. Potencial de economia de água potável	113
4.3.1. Equipamentos economizadores de água	114
4.3.2. Aproveitamento de água pluvial	117
4.3.2.1. Percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial	117
4.3.2.2. Dados pluviométricos	117
4.3.2.3. Área de captação	118
4.3.2.4. Reservatórios de água pluvial	120

4.3.3. Reúso de água cinza.....	123
4.3.4. Reúso de água negra	125
4.3.5. Cenário 1	126
4.3.6. Cenário 2.....	128
4.3.7. Cenário 3.....	130
4.3.8. Cenário 4.....	131
4.3.9. Discussão	134
4.4. Análise Econômica	136
4.4.1. Equipamentos economizadores de água	136
4.4.1.1. Levantamento de custos.....	136
4.4.1.2. Economia financeira	138
4.4.2. Estratégias de reúso isoladas.....	140
4.4.2.1. Aproveitamento de água pluvial.....	141
4.4.2.2. Reúso de água cinza.....	144
4.4.2.3. Reúso de água negra	147
4.4.3. Estratégias combinadas	149
4.4.4. Síntese da análise econômica.....	150
5. Conclusão	153
5.1. Limitações.....	154
5.2. Sugestões para trabalhos futuros.....	155
Referências	156
Apêndice 1: questionários utilizados nas entrevistas	162
Apêndice 2: planilhas de cálculo do consumo de água dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza por grupo.	165

1. Introdução

O acentuado crescimento populacional em grandes aglomerados urbanos resulta no aumento gradativo da demanda por água e na redução da disponibilidade hídrica. Regiões com recursos hídricos abundantes também vivenciam restrições de consumo e uso de água, devido à demanda elevada, que afeta o desenvolvimento econômico, social e a qualidade de vida dos habitantes (ANA, 2005).

No Brasil, cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas para atender aos diversos usos setoriais e múltiplos. Os usos setoriais representam 70,0% do total de água retirada anualmente do país, dos quais a irrigação é o setor que mais consome água (49,8%), seguido do uso humano urbano (24,3%) (ANA, 2019).

A Agência Nacional de Águas (ANA), publicou em 2019 a primeira versão da Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água (BD-Usos, 2019), com evolução do uso de água do ano de 1970 até o ano de 2020 e projeção de consumo para os anos de 2030 e 2040. O estudo indicou que em 1970 o uso humano urbano representava uma vazão de retirada de 139 m³/s, enquanto em 2020 o valor aumentou para 478 m³/s, com projeção de retirada de 538 m³/s para o ano de 2040.

Integrado ao uso humano urbano, está presente o consumo de água em edificações. O elevado consumo de água em sistemas prediais está relacionado com o aumento do consumo *per capita*, desperdícios em função de vazamentos em tubulações, reservatórios e equipamentos, além do uso inadequado pelos usuários (OLIVEIRA; GONÇALVES, 1999). Para a cidade de Florianópolis, estudos demonstraram que até 45% da água potável consumida em residências é utilizada em fins não potáveis, ao passo que para o setor público os usos não potáveis representam 77% do consumo de água potável e para o setor comercial o valor varia entre 56% e 86% (MARINOSKI et al., 2014; KAMMERS; GHISI, 2006; PROENÇA; GHISI, 2010).

Assim, reduzir o consumo de água em edificações é uma medida essencial para a economia de água tanto nos sistemas públicos de abastecimento locais como no sistema hidrográfico do país. Desse modo, com intuito de assegurar a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento econômico e social, é necessário implementar ações tecnológicas e sistemas de fontes alternativas de água para uso em fins não potáveis. Nesse sentido, equipamentos economizadores de água, sistemas de medição setorizada do consumo, aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza, são alternativas que podem auxiliar na economia de água potável em edificações (OLIVEIRA; GONÇALVES, 1999).

Marinoski, Rupp e Ghisi (2018) conduziram uma análise de estratégias isoladas e combinadas para economia de água potável em 20 residências unifamiliares localizadas na região metropolitana de Florianópolis. As estratégias analisadas foram uso de equipamentos economizadores de água, aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza. A utilização de arejadores nas torneiras internas e externas e de sistema de descarga *dual-flush* (3-6 L/acionamento) resultou em redução de 28,9% no consumo de água. O aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza obtiveram reduções de 30,7% e 21,0%, respectivamente. Por fim, as estratégias combinadas atingiram reduções de 42,9% para equipamentos eficientes e aproveitamento de água pluvial, 36,8% para equipamentos eficientes e reúso de água cinza, 32,5% para aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza e 42,9% para as três estratégias combinadas.

Assim, devido à necessidade de economia de água potável para preservação dos recursos hídricos com as consequentes melhorias sociais e econômicas associadas, é pertinente a análise de viabilidade técnica e econômica da implementação de diferentes estratégias de redução do consumo de água em edificações.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o potencial de economia de água potável, bem como a viabilidade técnica e econômica de estratégias de redução do consumo de água na Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Catarina.

1.1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Determinar o percentual de consumo de água não potável do edifício em estudo;
- Estimar o potencial de economia de água potável por meio da implementação de estratégias isoladas (equipamentos economizadores de água, aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza e reúso de água negra) e combinadas de redução de consumo de água;
- Realizar análise econômica para os diferentes cenários de redução de consumo;

- Analisar e comparar os resultados obtidos e sugerir o cenário de melhor viabilidade técnica e econômica para a Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

1.2. Estrutura do trabalho

Este trabalho se divide em cinco capítulos que são apresentados de forma resumida a seguir.

No primeiro capítulo, **Introdução**, apresentam-se as questões hídricas relacionadas ao uso de água em diferentes setores da sociedade, com ênfase no consumo de água em edificações, e uma breve análise de estratégias de redução do consumo de água potável em edifícios, seus benefícios e aplicações. Também são definidos os objetivos geral e específicos.

No segundo capítulo, **Revisão bibliográfica**, são levantados os consumos e usos finais da água em edificações públicas. Em seguida, são apresentadas estratégias de redução de consumo de água potável com foco em instituições de ensino e são abordadas normas e legislações relacionadas à qualidade da água para aproveitamento em usos não potáveis em edificações. Por último, são apresentadas estratégias combinadas de redução do consumo de água potável em instituições de ensino.

O terceiro capítulo descreve os **Materiais e Métodos** utilizados para estimar os usos finais de água da Biblioteca Central, determinar o potencial de redução de consumo de água das estratégias de redução de consumo de água potável e, por fim, verificar a viabilidade econômica das estratégias e definir o cenário ideal a ser implementado no objeto de estudo.

No quarto capítulo, **Resultados**, são apresentados e discutidos os resultados obtidos na estimativa dos usos finais de água e a comparação com os consumos reais obtidos pela CASAN e leituras de hidrômetros. Em seguida, são apresentados os potenciais de redução do consumo de água e a viabilidade econômica de cada estratégia de redução do consumo de água potável isolada e combinadas entre si. Por último, é sugerido o cenário que apresentou, em conjunto, a maior redução do consumo de água potável e o menor tempo de retorno de investimento.

O quinto capítulo, **Conclusão**, apresenta as conclusões obtidas, bem como as limitações do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

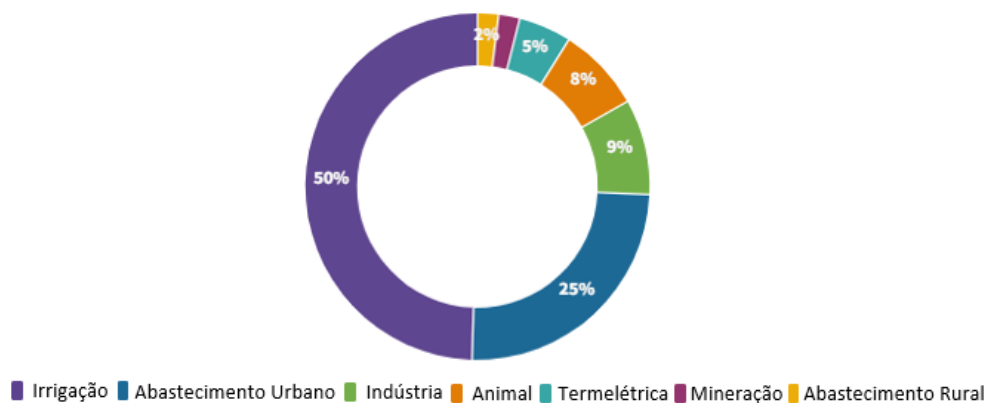
Por fim, são apresentadas as **Referências** utilizadas no trabalho. Nos apêndices deste trabalho encontram-se os questionários utilizados nas entrevistas e as planilhas referentes ao cálculo de consumo de água.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Uso da água no Brasil

No Brasil, a água é utilizada para diversos fins como industrial, agrícola, humano, animal, transporte, lazer e geração de energia. Os usos são classificados em consuntivos, que consomem diretamente água das fontes hídricas, e não consuntivos, que não consomem diretamente a água, mas dependem da manutenção e condições da infraestrutura hídrica. O uso consuntivo setorial da água no Brasil ocorre principalmente para irrigação, abastecimento humano (urbano e rural) e indústria (ANA, 2021). Os usos consuntivos setoriais expressos em porcentagem estão representados na Figura 1.

Figura 1 - Usos consuntivos setoriais no Brasil em 2020.



Fonte: ANA (2021).

O abastecimento urbano representa o segundo maior uso, com consumo de 25% do total de água retirada em 2020, que ocorre de forma concentrada no território em aglomerados urbanos. A demanda de água para abastecimento urbano no Brasil vem crescendo continuamente ao longo dos anos, com retirada de água de 380 m³/s em 2000, 482 m³/s em 2020 e projeção de 537 m³/s para o ano de 2040, um aumento de 11% em relação a 2020 (ANA, 2021).

Outro uso importante a ser considerado é o lançamento de efluentes nos corpos d'água, pois o déficit de coleta e tratamento de esgotos nas cidades brasileiras resulta na poluição dos corpos d'água, gerando implicações negativas aos ecossistemas aquáticos e ao abastecimento de água. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2021, 63,2% da população urbana do país tinha acesso à rede coletora de esgoto, contudo, apenas 50,8% do volume total coletado recebia tratamento (ANA, 2021; SNIS, 2021).

A Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) divulgou em 2021 o Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto (ano de referência 2020). O cálculo do índice do consumo médio *per capita* diário foi realizado por meio do volume de água consumido (descontada a parcela transferida para outros distribuidores) dividido pela média aritmética da população atendida nos últimos dois anos de coleta. O consumo médio *per capita* de água no Brasil no ano de 2020 foi de 152,1 L/hab.dia. Entre as macrorregiões, a região Sudeste, região mais industrializada e de maior população, apresentou o maior consumo médio *per capita*, equivalente a 171,7 L/hab.dia. A região Nordeste, região com dificuldades relacionadas à disponibilidade hídrica, obteve o menor consumo médio *per capita* do país de 120,3 L/hab.dia. O estado de Santa Catarina, local da edificação deste estudo, registrou consumo médio de 159,6 L/hab.dia, valor acima da média brasileira (SNIS, 2021).

A perda de água está presente em todo sistema de distribuição de abastecimento de água urbano e rural. Dados do SNIS (2021) apontam índice de perdas na distribuição de água de 40,1%, ou seja, a cada 100,0 litros de água disponibilizados pelos prestadores de serviços, apenas 59,9 litros são contabilizados como utilizados pelos consumidores. A situação está relacionada a dois fatores: perda aparente, quando a água consumida não é contabilizada devido a ligações irregulares e submedição dos hidrômetros; e perda real, quando há vazamentos em pontos das infraestruturas de distribuição.

Considerando-se a importância da preservação dos sistemas hidrográficos para a garantia da quantidade e da qualidade da água disponível, o gerenciamento da utilização da água deve ser realizado nos três níveis sistêmicos: nível macro (sistemas hidrográficos); nível meso (sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário); e nível micro (sistemas prediais), que será o foco deste estudo (OLIVEIRA; GONÇALVES, 1999).

2.2. Consumo e usos finais de água em edificações públicas

O estudo de consumo e usos finais de água em edificações auxilia na determinação dos dispositivos e funções que utilizam a maior quantidade de água potável. Um dos tipos de edificações que mais consomem este recurso são as edificações públicas, em que existe uma tendência de maior desperdício de água, pois o agente consumidor não é responsável direto pelo pagamento da conta de água (MARINOSKI, 2007).

A Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), em 2021, prestou serviços a uma população de mais de 2,9 milhões de pessoas (equivalente a 40% da população de Santa Catarina), distribuídos em 194 municípios (66% dos municípios do Estado). A Tabela

1 apresenta os volumes de água potável distribuídos por setor nos anos de 2016 a 2021 em Santa Catarina (CASAN, 2021).

Tabela 1 – Volume faturado de água (em 1.000 m³) distribuídos por setor nos anos de 2016 a 2021.

Evolução do Volume Faturado de Água – 2016 a 2021 (1.000 m³)						
Categoria	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Residencial	145.277	147.369	148.044	147.899	127.799	121.341
Comercial	16.796	16.793	16.777	16.541	12.161	11.815
Industrial	2.828	2.769	2.765	3.187	2.992	2.991
Pública	23.836	26.233	26.581	24.322	22.256	24.488
Total	188.736	193.164	194.167	191.948	165.208	160.634
Varição Anual	3,03%	2,35%	0,52%	-1,14%	-13,93%	-2,77%

Fonte: Adaptado de CASAN (2021).

Verifica-se que nos municípios catarinenses, o setor residencial é o maior responsável pelo consumo de água potável, seguido pelos setores público, comercial e industrial. Em 2021 houve uma redução no percentual total de variação anual no volume faturado de água, devido à mudança da estrutura tarifária ocorrida em março de 2020 e a saída do município de Porto Belo da rede de abastecimento ao longo de 2021.

Para estimar o consumo e a distribuição de água em edificações públicas, Kammers e Ghisi (2006) realizaram monitoramento de hidrômetros e levantamentos de campo em dez edifícios do setor público de Florianópolis. O monitoramento de hidrômetros forneceu o consumo real mensal de água do edifício, enquanto o levantamento de campo foi utilizado para estimar o consumo de água por usos finais, por meio das características dos dispositivos utilizados e a frequência com que eles são utilizados. As características dos dispositivos, como marca, modelo, vazão, tipos e quantidades foram obtidas em campo ou por dados fornecidos pelos fabricantes. A frequência de uso de água foi obtida por entrevistas com usuários, por meio de perguntas que demonstrassem o tempo e a quantidade de vezes que cada dispositivo sanitário era utilizado. Por fim, estimou-se o consumo diário de água potável dos aparelhos hidrossanitários, limpeza, irrigação, cozinha e outros usos existentes nos dez edifícios do setor público de Florianópolis.

O consumo *per capita* dos diferentes edifícios analisados ficou entre 28,0 e 39,8 litros por pessoa por dia, exceto pelos edifícios Celesc e Secretaria da Agricultura, que apresentaram consumo maior de 67,2 e 57,3 litros por pessoa por dia, respectivamente, devido ao uso de torres de resfriamento de ar-condicionado. Nesse caso, desconsiderando-se o consumo das

torres, os valores seriam reduzidos para 54,7 e 42,1 litros por pessoa por dia. A média de consumo *per capita* para os dez edifícios foi de 36,7 litros por pessoa por dia. A Tabela 2 apresenta o consumo dos aparelhos hidrossanitários nos edifícios analisados.

Tabela 2 - Consumo de água potável em aparelhos hidrossanitários em dez edifícios do setor público de Florianópolis.

Edifício	Consumos (litros/dia)					
	Bacia Sanitária	Mictório	Torneira	Chuveiro	Ducha	Filtro
Badesc	2.675,0	686,0	875,9	–	–	–
Celesc	13.880,9	14.980,0	3.239,2	345,0	103,5	646,0
Crea	717,1	1.540,0	765,1	11,4	–	30,8
Deter	2.078,0	–	1.051,0	–	–	–
Epagri	3.180,9	4.256,0	1.198,5	505,8	–	–
Secretaria da Agricultura	3.111,0	1.797,3	615,6	82,7	88,7	–
Secretaria da Educação	7.324,8	1.365,0	897,4	–	–	304,2
Secretaria de Segurança Pública	2.441,6	–	547,6	–	–	–
Tribunal de Contas	5.526,1	7.660,8	2.117,7	101,2	–	–
Tribunal de Justiça	22.779,4	13.120,8	4.197,6	778,2	–	567,1

Fonte: Adaptado de Kammers e Ghisi (2006).

Tabela 2 - Consumo de água potável em usos diversos em dez edifícios do setor público de Florianópolis (continuação).

Edifício	Consumos (litros/dia)					
	Limpeza	Cozinha	Irrigação de jardim	Lavação de carro	Restaurante	Torre de resfriamento
Badesc	100,0	23,0	432,0	–	–	–
Celesc	2.500,0	150,0	–	1.500,0	5.400,0	13.000,0
Crea	80,0	10,0	40,0	–	–	–
Deter	60,0	15,0	–	–	–	–
Epagri	270,0	35,0	60,0	150,0	–	–
Secretaria da Agricultura	540,0	35,0	–	200,0	2.600,0	3.000,0
Secretaria da Educação	200,0	90,0	–	–	–	–
Secretaria de Segurança Pública	75,0	10,0	–	–	–	–
Tribunal de Contas	290,0	70,0	–	100,0	–	–
Tribunal de Justiça	2.230,0	195,0	180,0	–	–	–

Fonte: Adaptado de Kammers e Ghisi (2006).

Com base na análise de sensibilidade, conclui-se que o maior consumo de água foi verificado nas bacias sanitárias, o qual variou de 23,0% a 78,8%, apresentando média de 47,7%. Para edifícios cuja população masculina era maior que a feminina, verificou-se usos finais

elevados para os mictórios. Para os oito edifícios que possuem mictórios, o consumo médio deste dispositivo foi de 30,6%. Em média, 77,0% da água utilizada nos dez edifícios analisados é para fins não potáveis. Sendo assim, verifica-se que grande parte da água consumida nos edifícios analisados poderia ser substituída por exemplo, por aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza ou reúso de água negra.

No âmbito de edificações públicas escolares, o estudo conduzido por Botelho (2008) estimou os consumos de água potável nos Centros Tecnológicos (CTC) e Sócio-Econômico (CSE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Verificou-se que o consumo médio de água potável do CTC foi de 4,76 litros *per capita* por dia útil, enquanto no CSE foi de 4,62 litros *per capita* por dia útil.

Rainmap (2017) utilizou como base para determinação do percentual de uso não potável do CTC os estudos de outras edificações escolares, que apresentaram demandas não potáveis de 70,0% (WERNECK, 2006 *apud* Rainmap, 2017), 63,5% (MARINOSKI, 2007 *apud* Rainmap, 2017), 82,0% (TOMAZ, 2003 *apud* Rainmap, 2017) e entre 68,5% e 82,7% (YWASHIMA, 2005 *apud* Rainmap, 2017). Por meio das pesquisas realizadas e conversas com especialistas da área, estimou-se que no CTC cerca de 70,0% do total da água potável consumida é utilizada para fins não potáveis.

Fasola et al. (2011) utilizaram metodologia semelhante à desenvolvida por Kammers e Ghisi (2006) para estimar os usos finais de água em duas escolas públicas localizadas em Florianópolis, Santa Catarina. As escolas consideradas na pesquisa foram a Escola Desdobrada Osvaldo Galupo (escola municipal) e a Escola de Ensino Básico Silveira de Souza (escola estadual).

Inicialmente, foi realizado o levantamento dos dados gerais das escolas: número de ocupantes, períodos de funcionamento e espaços físicos. Em seguida, realizaram visitas *in loco* para determinação dos tipos de aparelhos hidrossanitários existentes, atividades de higiene e limpeza realizadas e verificação de vazamentos visíveis nos aparelhos hidrossanitários. O tempo e frequência de uso de cada aparelho sanitário foi estimado por meio de questionários diferenciados aplicados em funcionários, professores e alunos. A vazão média das torneiras e bebedouros foi obtida cronometrando-se o tempo necessário para encher determinado volume de um recipiente graduado, enquanto a vazão média das torneiras de fechamento automático foi medida anotando-se os volumes totais de cada acionamento. Para as bacias sanitárias de válvula de descarga adotou-se a vazão de 1,7 L/s, e para mictórios, de 0,15 L/s, valores recomendados pela norma NBR 5626 (ABNT, 1998). Por fim, para as bacias sanitárias com caixa acoplada,

utilizou-se a capacidade de armazenamento da caixa ou informações técnicas fornecidas pelo fabricante.

O consumo estimado de água das torneiras, bebedouros e bacias sanitárias com válvula de descarga foi obtido pela multiplicação da frequência média de utilização, tempo médio de uso e vazão de cada dispositivo. Para o cálculo do consumo de água de bacias sanitárias com caixa acoplada e torneiras de fechamento automático, multiplicou-se a frequência média de utilização, o número médio de acionamentos e o volume médio de água armazenado na caixa ou volume despejado pela torneira por acionamento. A quantidade de água utilizada na limpeza foi medida em baldes, por ser a forma mais comum de limpeza utilizada. Com base na análise de sensibilidade, determinou-se os usos finais de água para as duas escolas, os quais estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Usos finais de água corrigidos para as escolas municipal e estadual.

Aparelho	Escola Municipal		Escola Estadual	
	Consumo (L/dia)	Percentual (%)	Consumo (L/dia)	Percentual (%)
Torneiras de banheiro	166,6	3,9	187,2	3,1
Bacias sanitárias	841,2	19,6	1.830,1	29,8
Mictório	14,1	0,3	2.314,1	37,7
Limpeza (torneira ¹)	265,4	6,2	280,0	4,5
Cozinha (torneira)	2.954,5	68,8	1.486,7	24,2
Bebedouro	51,0	1,2	44,7	0,7
Total	4.292,9	100,0	6.142,7	100,0
Consumo per capita	28,1	---	25,3	---

Nota: 1 Para a escola municipal, a limpeza inclui também o consumo de uma máquina de lavar roupas.

Fonte: Adaptado de Fasola et al. (2011).

Na escola municipal, o maior consumo foi observado nas torneiras de cozinha, seguido das bacias sanitárias. Na escola estadual, o maior consumidor foi o mictório, pois o fluxo de água da descarga era contínuo, o que impossibilitava o controle de despejo de água pelo usuário. É importante ressaltar que a escola estadual, diferente da escola municipal, não oferecia almoço para os alunos, razão pela expressiva diferença no consumo da torneira de cozinha. Como resultado, obteve-se consumo de 28,1 litros por pessoa por dia na escola municipal e de 25,3 litros por pessoa por dia na escola estadual, em que as torneiras da cozinha e os mictórios foram os maiores responsáveis pelo consumo de água, seguidos das bacias sanitárias.

Antunes e Ghisi (2020) analisaram os dados de consumo de água de janeiro de 2016 a maio de 2017 de 62 escolas localizadas em Florianópolis, Santa Catarina. Os dados sobre

consumo de água, número de estudantes, horas de funcionamento, tipo de educação e detalhes sobre os edifícios foram fornecidos pela Coordenação Geral de Educação de Santa Catarina. A média de consumo de água *per capita* nas escolas de ensino médio foi de 9,66 litros por estudante por dia, enquanto a média nas escolas de ensino fundamental foi de 7,94 litros por estudante por dia. Em relação ao período de funcionamento, o consumo médio nas escolas em tempo integral (manhã, tarde e noite) foi de 8,41 litros por estudante por dia, enquanto o consumo médio para as escolas que operavam apenas de manhã e de tarde foi de 9,23 litros por estudante por dia.

No trabalho de Sant'anna et al. (2013) foi utilizada uma metodologia de baixo custo, baseada em diferentes técnicas de auditoria hidráulica, para quantificar os usos finais do consumo de água da Escola Classe 415 Norte em Brasília. A metodologia aplicada iniciou-se com o fornecimento de informações referentes ao funcionamento da escola: população, dias e horários de funcionamento, horários de limpeza, rega dos jardins e refeições. Os projetos de arquitetura e hidráulica foram utilizados para extrair áreas e verificar os pontos de uso de água e número de aparelhos hidrossanitários.

A estimativa dos usos finais do consumo de água dos equipamentos hidrossanitários foi baseada na vazão dos equipamentos, frequência e tempo de uso. Durante a vistoria hidráulica, verificou-se a vazão de cada aparelho e se havia algum tipo de vazamento. Para obter a vazão das torneiras dos lavatórios e bebedouros, mediu-se o tempo gasto para encher um recipiente de um litro. Para os chuveiros e as torneiras de jardim foi utilizado um recipiente de cinco litros devido à grande pressão de alimentação da água. As bacias sanitárias tiveram seu consumo determinado por meio da verificação da capacidade de armazenamento da caixa acoplada. Para estimar a frequência e tempo de uso, os servidores foram orientados a registrar o número de descargas no diário posicionado ao lado de cada aparelho hidrossanitário e mensurar o tempo de abertura das torneiras utilizando um cronômetro posicionado ao lado de cada lavatório durante o período de um dia. Em paralelo, foram aplicados questionários para coletar dados referentes à frequência do uso de lavatório e descarga sanitária. Para estimar o consumo infantil, observou-se o consumo de água nos bebedouros e nos banheiros, sem interferir na dinâmica corriqueira dos alunos, e registrou-se a frequência e tempo de uso dos equipamentos.

Os resultados demonstraram um consumo diário estimado de 4,48 m³/dia, com discrepância equivalente a 0,9% acima da média de consumo diário contabilizado nas contas de água da concessionária local. O maior consumo de água foi nos bebedouros (1.069 L/dia), seguidos das torneiras da cozinha (1.008 L/dia) e das descargas sanitárias (969 L/dia).

Constatou-se que o consumo dos adultos foi de 11 L por pessoa por dia, sendo que o maior consumo se deu nas bacias sanitárias.

Santos e Sant'ana (2019) caracterizaram os usos finais de água na Rodoviária do Plano Piloto de Brasília. A primeira etapa teve como ponto de partida a realização de uma vistoria hidráulica a fim de identificar todos os pontos de usos finais de água nos ambientes de acesso ao público. Nos usos finais onde o consumo é determinado pelos usuários o parâmetro utilizado foi litro por pessoa por dia (L/p/d), no caso do consumo para limpeza das áreas comuns, utilizou-se o parâmetro de litro por metro quadrado por dia (L/m²/d).

As vazões das torneias foram determinadas por meio da medição do tempo, com o auxílio de um cronômetro, necessário para encher um recipiente de um litro. Para as bacias sanitárias e mictórios, as vazões foram definidas conforme as especificações do fabricante. Em seguida, foi realizado o levantamento das frequências de usos da água, com a colaboração de uma equipe que monitorou o número de acionamentos em cada uso final por oito horas, durante três dias consecutivos, entre 8h e 18h. Assim, o volume utilizado em cada equipamento foi estimado conforme o número de acionamentos e sua vazão. O consumo destinado à limpeza das áreas comuns foi estimado por meio do somatório da frequência de limpeza diária e o volume de água gasto em cada ambiente.

O consumo predial médio obtido foi de 4.008 m³/ano, com um consumo *per capita* de 0,02 L/p/d. O principal consumidor de água foi a bacia sanitária com consumo diário de cerca de 5.820 L/d, seguido do lavatório com 1.889 L/d e do mictório com 1.394 L/d. A lavagem de pisos gerais obteve consumo de 2.040 L/d, os pisos da área de circulação de 1.740 L/d e os pisos dos banheiros de 150 L/d. Os resultados demonstraram que cerca de 80% do consumo anual de água na rodoviária é proveniente de usos de água para bacias sanitárias, lavagem de pisos e mictórios (3.229 m³).

Kalbusch et al. (2018) analisaram as condições de operação dos equipamentos hidrossanitários de dez edificações públicas na cidade de Joinville, Santa Catarina. Os vazamentos nas torneiras, bebedouros e chuveiros foram contabilizados somente quando visíveis, na forma de filetes (pequenos fluxos constantes de água) ou de gotejamento. A quantificação dos vazamentos nas bacias sanitárias e mictórios tomou como base o método da caneta, normalizado pela NBR 15097-1 de 2011 (ABNT, 2011).

Do total de torneiras avaliadas, 53,5% foram classificadas como regulares ou ruins por meio da inspeção visual, por terem presença de manchas, limo e ferrugem. Quanto a vazamentos, 2,4% apresentaram gotejamento ou filete constante e 31,0% portavam defeito de vazamento na haste quando acionadas. Quanto às bacias sanitárias, 34,7% classificaram-se em

condições regulares ou ruins e 63,5% apresentaram vazamento não visível sob a forma de filetes. Além disso, havia vazamento em 7,1% das válvulas de descarga quando acionadas e 13,0% do total de válvulas estavam quebradas ou desprovidas de acabamento. Nenhum mictório apresentou estado de conservação ruim na inspeção visual, porém registraram-se vazamentos em 27,3% das válvulas e 31,0% exibiram filetes de água nas paredes cerâmicas do equipamento. Dos bebedouros, 32,0% apresentavam-se em condições regulares ou ruins, porém apenas um estava vazando sob a forma de gotejamento constante, que equivale a uma estimativa de desperdício de 50,1 L/dia.

Verifica-se que parte significativa da água potável consumida em edificações públicas é utilizada para fins não potáveis e está vinculada com o elevado uso de água em bacias sanitárias e mictórios e ocorrência de vazamentos. Desse modo, implementar ações tecnológicas, como a substituição de sistemas e equipamentos convencionais por economizadores de água, implementação de sistemas de detecção e correção de vazamentos, de reaproveitamento de água e de reciclagem de água servida, são medidas interessantes para redução do consumo de água potável. Estas medidas promovem benefícios, dentre eles, ampliação do número de usuários atendidos, manutenção da disponibilidade de água em períodos de estiagem, redução de custos e redução de volumes de água e de esgoto a serem tratados, além da preservação dos recursos hídricos (OLIVEIRA; GONÇALVES, 1999).

2.3. Equipamentos economizadores de água

A especificação de equipamentos hidrossanitários é um dos fatores que determinam o consumo de água em uma edificação ao longo de sua vida útil. A adequada especificação requer entendimento do funcionamento do aparelho e identificação das atividades e usuários envolvidos. Um componente hidráulico, não necessariamente economizador, mas que apresenta facilidade de uso e boas características de utilização, pode resultar na redução do consumo de água do edifício (ANA, 2005).





Estratégias de redução do consumo de água relativas aos equipamentos hidrossanitários podem incluir mudanças de comportamento do usuário e mudanças dos componentes do sistema hidrossanitário. A utilização de equipamentos economizadores de água é uma medida que proporciona economia significativa de água nas edificações, contudo, o uso desses equipamentos está diretamente relacionado à conduta individual dos usuários. Desse modo, é interessante que a substituição de equipamentos convencionais por economizadores seja

acompanhada de campanhas educativas e conscientização dos usuários em relação ao uso racional de água (MEIRELES et al., 2018).








A NBR 15575-6 (ABNT, 2013) recomenda a utilização de equipamentos de alta eficiência nos sistemas prediais hidráulicos, de modo que permitam reduzir ao máximo o volume de água utilizado sem que haja prejuízo ao funcionamento dos equipamentos e necessidades dos usuários.

Existe no mercado brasileiro uma grande variedade de equipamentos hidrossanitários economizadores que têm como objetivo atender as necessidades dos usuários e promover o uso racional da água. A aquisição destes equipamentos deve levar em consideração a conformidade com as normas técnicas brasileira e seguir as recomendações que acompanham o produto, pois os componentes economizadores de água apresentam características específicas de instalação, funcionamento, operação e manutenção (ANA, 2005). O Quadro 1 apresenta as características principais de tipos de equipamentos economizadores de água definidas pela ANA (2005).

Quadro 1 – Características principais de equipamentos e acessórios economizadores de água.

Equipamentos	Tipo	Características Principais
Torneiras	Hidromecânica 	Torneira de acionamento hidromecânico possui registro regulador de vazão que é regulado em função da pressão existente no ponto. A temporização do ciclo de funcionamento determina o tempo de fluxo de água, sem que haja interferência do usuário.
	Sensor 	O ciclo de funcionamento ocorre por meio da ação de um sensor de presença. O sensor capta a presença das mãos dos usuários, quando este se aproxima da torneira, e libera o fluxo de água quando o usuário se afasta. A alimentação elétrica pode ser pelo uso de baterias alcalinas ou pela rede de distribuição elétrica local.
	Válvula de pé 	Caracterizada pela presença de um dispositivo de acionamento instalado no piso em frente à torneira. Adequado para ambientes que não é desejável o contato direto do usuário com os componentes da torneira, como em determinadas áreas de hospitais, cozinhas e laboratórios.
Acessórios	Arejador 	Arejador é um dispositivo regulador e abrandador do fluxo de saída de água e é usualmente instalado na extremidade da torneira. Os arejadores funcionam pelo princípio de Venturi, em que é incorporado quantidade considerável de ar ao fluxo de água para reduzir a vazão e o volume de água utilizado. O arejador de vazão constante, além das características de um arejador convencional, possui um dispositivo que limita a vazão de torneiras.

Quadro 1 - Características principais de equipamentos e acessórios economizadores de água (continuação).

Equipamentos	Tipo	Características Principais
Acessórios	Registro regulador de vazão 	Permitem a regulagem da vazão conforme necessidade de uso. Este dispositivo resulta em reduções muito significativas quando regulado adequadamente e instalado com as torneiras de acionamento hidromecânico.
	Redutor de pressão 	São interessantes para edificações que apresentam pressão elevada. A válvula redutora de pressão é instalada na tubulação de entrada de água da área e mantém a vazão constante para uma determinada faixa de pressão.
Válvulas de descarga para bacias sanitárias	Válvula de descarga ciclo fixo	O acionamento se dá por um dispositivo em forma de alavanca. O usuário aciona esta alavanca e libera o fluxo de água, contudo, somente o volume previamente regulado para a descarga será liberado.
	Válvula de descarga de duplo acionamento 	Válvula de descarga de duplo acionamento, também conhecida como <i>dual-flush</i> , possibilita dois tipos de acionamento: um que resulta em uma descarga completa para o arraste de efluentes sólidos; outro que resulta em uma meia descarga, geralmente de 3 litros, para limpeza apenas de efluente líquido. Este mecanismo também pode ser incorporado em bacias sanitárias de caixa acoplada.
	Válvula de descarga por sensor 	O acionamento ocorre por sensor de presença, em que o usuário deve permanecer por um período de tempo mínimo no raio de alcance do sensor, para que o sistema se arme e após a saída do usuário é efetuada a descarga. O volume por descarga pode ser regulado para 6 litros de água.
Válvulas de descarga para mictórios	Válvula de acionamento hidromecânico 	Válvula de acionamento hidromecânico é caracterizada por um corpo metálico externo que controla e conduz a água até o mictório. O usuário deve pressionar o acionador da válvula para liberar o fluxo de água, após o acionamento, ocorre o fechamento temporizado pela ação hidromecânica da válvula.
	Válvula de acionamento por sensor de presença 	Quando o usuário se posiciona de frente ao mictório, o sensor detecta a sua presença e o fluxo de água só é liberado após o afastamento do usuário. Uma das principais vantagens deste sistema frente aos demais é quanto à questão da higiene do usuário, uma vez que este não entra em contato direto com nenhum componente do sistema.
	Sem Água 	Mictórios secos é um sistema que não utiliza água na operação. O funcionamento se dá pela ação do líquido selante, que é uma substância de densidade menor que a da água e da urina. O líquido selante se localiza na primeira câmara do cartucho. A urina penetra na primeira câmara através do líquido selante e é expelida por meio do sistema de vasos comunicantes pelo orifício de saída do cartucho. A manutenção requerida pelo sistema é a substituição periódica do cartucho, que se trata de uma peça descartável.

Fonte: Adaptado de ANA (2005).

A Federação do Comércio do Estado de São Paulo (Fecomercio) divulgou em 2010 a cartilha O Uso Racional da Água no Comércio (FECOMERCIO, 2010) com objetivo de conscientizar e promover campanhas educativas que contribuam para consolidar atitudes mais proativas da população em favor da sustentabilidade ambiental. A cartilha recomenda a aquisição de equipamentos economizadores de água e apresenta uma comparação entre o consumo de equipamentos convencionais e economizadores.

Tabela 4 – Comparação do consumo entre equipamentos hidráulicos convencionais e economizadores de água.

Equipamento Convencional	Consumo	Equipamento Economizador	Consumo	Economia
Bacia com caixa acoplada	12 L/descarga	Bacia VDR	6 L/descarga	50%
Bacia com válvula bem regulada	10 L/descarga	Bacia VDR	6 L/descarga	40%
Ducha ¹ (água quente/fria) – até 6 mca	0,19 L/s	Restritor de vazão 8 L/min	0,13 L/s	32%
Ducha (água quente/fria) – 15 a 20 mca	0,34 L/s	Restritor de vazão 8 L/min	0,13 L/s	62 %
Ducha (água quente/fria) – 15 a 20 mca	0,34 L/s	Restritor de vazão 12 L/min	0,20 L/s	41%
Torneira de pia ² – até 6 mca	0,23 L/s	Arejador vazão constante 6 L/min	0,10 L/s	57%
Torneira de pia – 15 a 20 mca	0,42 L/s	Arejador vazão constante 6 L/min	0,10 L/s	76%
Torneira uso geral/tanque – até 6 mca	0,26 L/s	Regulador de vazão ³	0,13 L/s	50%
Torneira uso geral/tanque – 15 a 20 mca	0,42 L/s	Regulador de vazão	0,21 L/s	50%
Torneira uso geral/tanque – até 6 mca	0,26 L/s	Regulador de vazão	0,10 L/s	76%
Torneira uso geral/tanque – 15 a 20 mca	0,42 L/s	Regulador de vazão	0,10 L/s	50%
Mictório	2 L/uso	Válvula automática	1 L/uso	50%

Nota 1: Ducha com abertura total.

Nota 2: Torneira de pia com abertura de uma volta.

Nota 3: Regulador de vazão permite ao usuário regular de acordo com sua necessidade.

Fonte: Fecomercio (2010).

Cureau, Kalbusch e Henning (2019) avaliaram o consumo de dois modelos de torneiras de lavatório e a preferência de uso pelos usuários do Centro de Ciências Tecnológicas (CCT) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), localizado em Joinville, Santa Catarina. O estudo foi desenvolvido em um banheiro com duas torneiras instaladas, uma

torneira convencional com registro de pressão (torneira T.1) e outra torneira de funcionamento hidromecânico (torneira T.2). Inicialmente foram analisadas as condições de operação das duas torneiras e observou-se que ambas tinham jato d'água linear e não possuíam qualquer tipo de vazamento ou outro defeito. Em seguida, foram instalados sensores de fluxo nas ligações flexíveis das torneiras, os quais registraram o volume de água consumido em cada torneira e a quantidade de vezes em que estas eram acionadas durante um período de 72 dias.

Durante o período de coleta de dados, a torneira T.1 apresentou consumo médio de 1.177,8 mL por acionamento, enquanto a torneira T.2 apresentou consumo médio de 301,2 mL por acionamento, volume quase quatro vezes menor que o consumido pela torneira T.1. Em relação ao consumo total das torneiras analisadas, a torneira T.1 representou 74,2% do consumo total e a torneira T.2 representou 25,8%. As torneiras foram acionadas 28.687 vezes, sendo que a torneira T.1 foi acionada 49,6% das vezes e a torneira T.2 50,4% das vezes, diferença não significativa que indica que não há preferência dos usuários do banheiro por utilizar um dos modelos de torneira.

Alexandre, Kalbusch e Henning (2017) quantificaram o impacto da troca de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores no consumo de água no CCT da UDESC de Joinville, Santa Catarina. Para a realização da pesquisa foram instalados hidrômetros em um dos edifícios da instituição, de modo a medir o consumo isolado de dezesseis bacias sanitárias, quatorze torneiras de lavatórios e quatro bebedouros. O estudo foi dividido em etapas, com leituras antes das intervenções e após a substituição dos equipamentos convencionais por equipamentos economizadores e ajuste da vazão dos bebedouros. As torneiras com acionamento mecânico foram substituídas por torneiras de acionamento hidromecânico com vazão média de 0,09 L/s. As válvulas de descarga das bacias sanitárias que permitiam passagem de volume aproximado de 6 L de água, foram substituídas por válvulas de duplo acionamento (3 e 6 L). Em relação aos bebedouros, foi realizada apenas a regulagem das vazões.

A média do indicador de consumo das torneiras antes dos ajustes era de 0,553 L/aluno/dia e após os ajustes, a média foi de 0,440 L/aluno/dia, redução equivalente a 20,43%. A média do indicador de consumo de água em bacias sanitárias no período anterior ao ajuste era de 1,991 L/aluno/dia e após a troca das válvulas de descarga, a média do indicador de consumo passou a ser de 1,374 L/aluno/dia, o que representa uma redução de 30,99%. Para o bebedouro, a média do indicador de consumo no período anterior à regulagem da vazão era de 0,086 L/aluno/dia e após a regulagem o consumo reduziu para 0,069 L/aluno/dia, valor equivalente a uma economia de 19,77%. As bacias sanitárias de duplo acionamento e as

torneiras com acionamento hidromecânico apresentaram, respectivamente, redução de 18,79% e 12,34% no consumo total de água do edifício.

Santos, Sant'ana e Ramos (2019) analisaram o potencial de redução no consumo de água por meio da aplicação conceitual de equipamentos economizadores em modelos representativos de escolas públicas do Distrito Federal. As edificações de ensino público no Distrito Federal possuem características arquitetônicas muito similares, resultado do planejamento urbanístico da cidade. Desse modo, os autores adotaram quatro modelos representativos que retrataram as edificações do Ensino Infantil, Ensino Fundamental I e II e Ensino Médio.

O modelo representativo do Ensino Infantil considerou 46 edificações, do Ensino Fundamental I 69 edificações, do Ensino Fundamental II 35 edificações e do Ensino Médio vinte edificações. Os equipamentos economizadores de água considerados na análise foram: bacia sanitária com válvula de descarga de duplo acionamento (3 e 6 L); torneira de lavatório automática com restritor de vazão (1,8 L/min); máquina de lavar utensílios (7 L/ciclo); torneira de cozinha industrial (4,5 e 6,0 L/min); máquina de lavar louça industrial (177 ml/prato); lavadora e secadora de piso (0,01 L/m²); e mangueira microperfurada para irrigação (0,3 L/min).

O emprego conceitual dos equipamentos economizadores de água resultou em reduções de 45%, 42%, 27% e 30%, respectivamente, para os modelos representativos do Ensino Infantil, Ensino Fundamental I, Ensino Fundamental II e Ensino Médio. Os resultados de cada modelo representativo foram extrapolados para o número de edificações previstas no universo amostral, total de 592 prédios escolares, e resultou em uma redução do consumo de água nas escolas públicas do Distrito Federal de 36%, equivalente a uma redução anual de 717.031 m³/ano.

Lombardi (2012) analisou a viabilidade técnica e econômica do emprego teórico de equipamentos economizadores de água no sistema predial do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O IPH é composto por três edificações com doze banheiros, que apresentam torneiras de lavatório, bacias sanitárias e mictórios. Os aparelhos que estavam fora de uso devido ao mau funcionamento não foram quantificados na análise.

Primeiramente foi realizado o levantamento quantitativo dos materiais necessários para implementação dos equipamentos economizadores, custo de mão de obra para instalação dos dispositivos e valor unitário de água cobrado pela concessionária local. O orçamento dos materiais foi realizado por meio da consulta da tabela de preços do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi). A torneira com fechamento

automático não foi citada na tabela Sinapi, desse modo, o valor unitário foi obtido por meio da média de valores de compra de três estabelecimentos da região. Para o custo de mão de obra, foi considerado o valor de 45% sobre o orçamento total dos materiais, proporção utilizada pelo Sinduscon-RS, em 2012, para realização das composições de Custo Unitário Básico. O custo unitário da água foi obtido pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre, que para instituições públicas, o valor cobrado no ano de 2012 era de R\$ 4,64 por metro cúbico consumido. Este valor foi extrapolado linearmente de acordo com o Índice Geral de Preços do Mercado, acumulado para o mês de dezembro de 2011 até o ano de 2061.

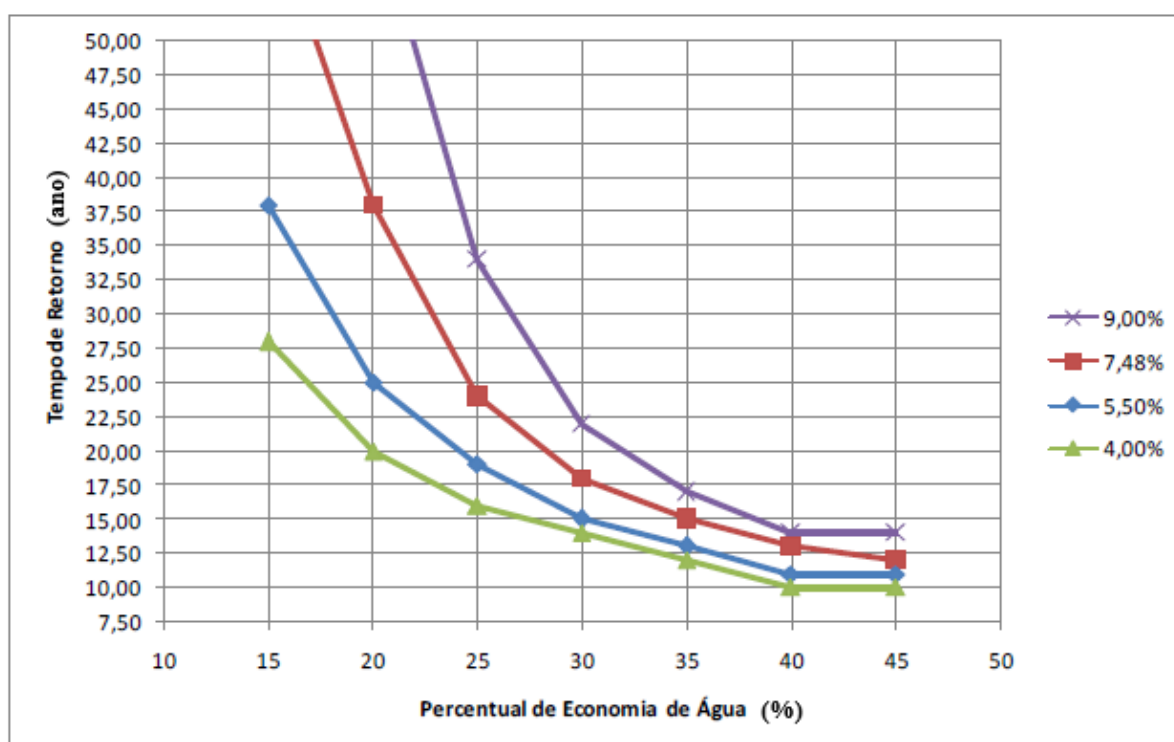
Tabela 5 – Quantitativo e orçamento dos materiais.

Código Sinapi	Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
11693	Bancada em granito com furo para cuba, espessura 2,5cm e L=60cm	m ²	12,80	369,13	4.724,86
20269	Cuba de embutir oval louça branca s/ ladrão	unid.	26,00	47,08	1.224,08
6154	Válvula em plástico cromado 1" p/ lavatório	unid.	26,00	4,64	120,64
20261	Sifão flexível	unid.	26,00	13,81	359,06
10422	Bacia sanitária sifonada com caixa acoplada (3 e 6 litros/acionamento) louça branca	unid.	28,00	201,07	5.629,96
10432	Mictório sifonado louça branca	unid.	13,00	118,39	1.539,07
21112	Válvula de descarga com fechamento automático para mictório	unid.	13,00	92,97	1.208,61
	Torneira de pressão com fechamento automático e acabamento cromado com arejador	unid.	26,00	139,80	3.634,80
11684	Engate flexível metálico cromado 1/2" x 40 cm	unid.	54,00	23,07	1.245,78
6138	Vedação 100mm PVC para saída bacia sanitária tipo EG-27	unid.	28,00	2,78	77,84
4351	Parafuso niquelado para fixar peça sanitária, incluído porca cega, arruela bucha de nylon S-8	unid.	56,00	1,90	106,40
	Mão de obra	vb.	1,0	8.942,00	8.942,00
TOTAL GERAL (R\$)					28.813,10

Fonte: Adaptado de Lombardi (2012).

A viabilidade econômica foi calculada utilizando o método de valor presente líquido, com taxa de reajuste de preço de acordo com o Índice Nacional de Custo da Construção para o Mercado, que para dezembro de 2011 estava acumulada em 7,48%. Foram propostos cenários com taxa de reajuste de 9,00%, 5,50% e 4,00%, com intuito de prever futuras variações da taxa de reajuste de preço. Por fim, verificou-se o fluxo de caixa e o tempo de retorno do investimento estimado para diferentes cenários de redução no consumo de água. A Figura 2 resume essa análise.

Figura 2 – Tempo de retorno do investimento em função da porcentagem de redução.



Fonte: Adaptado de Lombardi (2012).

Observa-se que para reduções no consumo inferiores a 25%, o tempo de retorno é superior a quinze anos, e para reduções no consumo superiores a 40%, o tempo de retorno é inferior a quinze anos. A porcentagem de redução teórica obtida com a implementação dos equipamentos economizadores foi de 43%, que representa um tempo de retorno próximo de treze anos para a taxa acumulada de 7,48%.

Rolim (2018) analisou os benefícios financeiros advindos do uso de equipamentos economizadores de água no Centro de Ciências Jurídicas e Sociais (CCJS) da Universidade Federal de Campina Grande, situada na cidade de Souza, Pernambuco. A análise foi realizada nos blocos de salas de aula, que contava com total de 168 docentes, 1000 discentes e 40

servidores técnicos-administrativos. Foi realizada a substituição teórica de 24 bacias sanitárias (6 L) por bacias sanitárias com sistema *dual-flush* (3 e 6 L) e de dezoito torneiras de lavatório convencional por torneiras de fechamento automático. Para calcular a redução do consumo de água da implementação dos equipamentos economizadores, utilizou-se fator de redução de 0,25 para as bacias sanitárias e de 0,50 para a torneira de fechamento automático.

O preço médio dos equipamentos economizadores foi determinado por meio de pesquisa realizada em quatro estabelecimentos da cidade de Sousa em julho de 2018, o qual resultou em um investimento total de R\$ 10.500,00 para bacias sanitárias com sistema *dual-flush* e de R\$ 3.300,00 para torneiras de fechamento automático.

O tempo de retorno do investimento foi determinado considerando a economia média de água constante ao longo do tempo. Dessa forma, a economia financeira média mensal obtida pela substituição das bacias sanitárias convencionais por bacias sanitárias *dual-flush* foi de R\$ 421,48 com tempo de retorno de 25 meses. A economia financeira média mensal obtida para a torneira de fechamento automático foi de R\$ 600,00 com tempo de retorno de cinco meses. Com a implementação de ambos os equipamentos economizadores, a economia média mensal seria cerca de R\$ 1000,00 com tempo de retorno de quatorze meses.

2.4. Aproveitamento de água pluvial

A captação de água pluvial em superfícies impermeáveis para posterior uso em fins não potáveis em edificações é uma alternativa sustentável que apresenta grande potencial de uso e economia de água potável. Algumas cidades, estados e países têm adotado legislação específica sobre a utilização de água pluvial, com objetivo de auxiliar na conservação da água e redução do volume de escoamento superficial (GOLÇALVES, 2006). No Brasil, cidades como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba, Porto Alegre e Florianópolis já contam com legislações específicas sobre a coleta de água pluvial. Recentemente, a Presidência da República sancionou a Lei 14.546, de abril de 2023 (BRASIL, 2023), que estabelece o compromisso da União em estimular o uso de água pluvial e o reúso não potável de água cinza em novas edificações e nas atividades paisagísticas, agrícolas, florestais e industriais, com processo de tratamento que assegure sua utilização segura.

A água pluvial pode ser utilizada como fonte alternativa ao abastecimento de água potável desde que haja a correta gestão da qualidade e quantidade da água captada, de forma que não comprometa a saúde dos usuários e a vida útil dos sistemas envolvidos (ANA, 2005). A NBR 15527 (ABNT, 2019a) estabelece que a utilização da água captada em coberturas

deverá ser feita somente para fins não potáveis como descargas em bacias sanitárias e mictórios, lavagem de veículos e pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental e irrigação para fins paisagísticos.

Teston et al. (2022) realizaram uma revisão de literatura sobre o consumo de água potável em edificações e o potencial de economia de água com a utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial. Verificou-se que na maioria dos estudos analisados o potencial de economia de água potável era satisfatório, apresentando reduções entre 20% e 65%. A qualidade da água pluvial coletada foi considerada adequada para usos não potáveis e o sistema apresentou aceitabilidade social alta. Além disso, a literatura relatou que é possível atingir reduções de 13% a 91% de volume de escoamento superficial por meio de sistemas de coleta de água pluvial.

O sistema de aproveitamento de água pluvial é composto por área de captação, tubulações para condução da água, telas ou filtros para a remoção de materiais grosseiros, sistema de descarte inicial, sistema de tratamento de água e reservatórios de armazenamento. O funcionamento do sistema consiste na captação da água precipitada em coberturas impermeáveis (telhados e lajes). Os milímetros iniciais da água captada são descartados e a água excedente é conduzida por condutores horizontais e verticais até o reservatório de água pluvial bruta, passando por filtros para remoção de materiais grosseiros. Em seguida, a água armazenada no reservatório bruto passa por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas e, por fim, é bombeada para um segundo reservatório de água tratada (geralmente superior), de onde é distribuída para os consumos não potáveis do edifício por tubulações específicas de água pluvial (GONÇALVES, 2006).

As coberturas utilizadas como área de captação podem ser de diferentes materiais, como telha cerâmica, de fibrocimento, de vidro, de acrílico, ou coberturas de concreto armado ou manta asfáltica. O tipo de revestimento determina o coeficiente de escoamento superficial, também nomeado de *runoff*, que representa o quociente entre o volume total de água que escoar pela superfície de coleta e o volume de chuva total precipitado. Desse modo, revestimentos que apresentam valores altos de coeficiente de escoamento superficial são capazes de captar maiores volumes de água pluvial. Independente do sistema adotado para a coleta da água pluvial, deve-se prever a instalação de telas ou filtros para barrar a entrada de materiais grosseiros, como folhas e gravetos, e evitar que estes materiais prejudiquem o sistema e a qualidade da água armazenada. Estudos disponíveis na literatura evidenciam que os primeiros milímetros de chuva captada apresentam elevada carga poluidora, por carregarem poluentes da atmosfera e da superfície de captação. A NBR 15527 (ABNT, 2019a) recomenda o descarte dos dois

milímetros iniciais da precipitação. Este volume inicial de captação pode ser desviado de forma manual ou de forma automática por meio de dispositivos autolimpantes (GONÇALVES, 2006).

2.4.1. Reservatórios de água pluvial

O reservatório de armazenamento retém a água pluvial coletada e, geralmente, é o componente mais dispendioso do sistema, portanto, deve ser dimensionado com base em critérios técnicos para tornar viável a implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial (ANA, 2005). Os reservatórios podem ser apoiados no solo, enterrados, semienterrados ou elevados, característica que influencia na necessidade do uso de sistema de bombeamento. Reservatórios superficiais, em alguns usos, não necessitam de sistema de bombeamento, enquanto os reservatórios semienterrados ou enterrados geralmente necessitam de sistema de bombeamento. Podem ser utilizados diferentes materiais na construção dos reservatórios, como concreto armado, alvenaria, fibra de vidro, aço, polietileno, entre outros (GONÇALVES, 2006).

Para garantir a manutenção do reservatório e a qualidade da água, é necessário tomar algumas precauções estabelecidas pela NBR 15527 (ABNT, 2019a), como prever mecanismos que evitem a entrada de insetos, roedores ou outros animais, proteger a água reservada contra incidência direta da luz e demais fontes de calor e minimizar o turbilhonamento da entrada de água. A quantidade de água pluvial que pode ser armazenada depende da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial e do índice de precipitação pluviométrica do local. Além destes aspectos, outro fator importante é a demanda a ser atendida, pois essa possui relação direta com o volume do reservatório e implica na necessidade de se estimar o consumo de água do edifício de forma precisa (TOMAZ, 2003; GONÇALVES, 2006).

Rupp, Munarim e Ghisi (2011) compararam o programa computacional Netuno com diversos métodos de dimensionamento de reservatório de água pluvial sugeridos pela norma brasileira NBR 15527. O dimensionamento por meio do método de Rippl, da Simulação e Prático Australiano, somente foi possível nos casos em que a demanda de água pluvial superava o volume mensal captado, enquanto por meio dos métodos Azevedo Neto, Prático Alemão e Prático Inglês foi possível realizar o dimensionamento em todos os casos simulados. Nenhum dos métodos fornece o potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório de água pluvial, à exceção do Netuno, que também foi o único cujo dimensionamento sempre se ajustou em função da demanda de água pluvial e do regime de precipitação. Dessa forma, observou-se que alguns métodos sugeridos pela NBR 15527 podem resultar em reservatórios subdimensionados ou superdimensionados, pois o volume de

armazenamento calculado é sempre o mesmo, independentemente da demanda de água pluvial ou do regime de precipitação.

2.4.2. Qualidade de água pluvial

No Brasil, os requisitos para implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial por coberturas são definidos pela NBR 15527:2019 (ABNT, 2019a). A norma abrange o uso em descargas de bacias sanitárias e mictórios, irrigação para fins paisagísticos, lavagem de veículos e pisos, uso ornamental, sistemas de resfriamento de água e reserva técnica de incêndio. Os parâmetros mínimos de qualidade para uso não potável de água pluvial estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros mínimos de qualidade estabelecidos pela norma ABNT NBR 15527:2019.

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia coli</i>	< 200 NMP/100 mL
Turbidez	< 5,0 UNT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado de ABNT (2019a).

Outras normativas que tratam sobre uso de água pluvial possuem exigências de qualidades distintas, apesar de indicarem finalidades de uso semelhantes. A ANA (2005) define que os usos predominantes para a água de reúso Classe 1 são: uso em descarga de bacia sanitária, lavagem de pisos, lavagem de fins ornamentais e lavagem de roupas e veículos. Os parâmetros de qualidade para água de reúso Classe 1 em edificações estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros para água de reúso Classe 1.

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais ¹	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor (UH)	< 10 UH
Turbidez (UNT)	≤ 2 UNT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO ² (mg/L)	≤ 10 mg/L
Compostos orgânicos voláteis ³	Ausentes
Nitrato (mg/L)	≤ 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo total ⁴ (mg/L)	≤ 0,1 mg/L
Sólido suspenso total (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total ⁵ (mg/L)	≤ 500 mg/L

1. Esse parâmetro é prioritário para os usos considerados.

2. O controle de carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microrganismos e cheiro desagradável, em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição.

3. O controle deste composto visa evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes.

4. O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar proliferação de algas e filmes biológicos, que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, tanques etc.

5. Valor recomendado para lavagem de roupas e veículos.

Fonte: Adaptado de ANA (2005).

Observa-se que a ANA (2005) exige a análise de uma quantidade maior de parâmetros de qualidade do que a NBR 15527. Além disso, os parâmetros coliformes fecais e turbidez possuem valores de aceitação mais restritivos que a NBR 15527, enquanto os limites de aceitação para pH são os mesmos. As diversas atividades de aplicação da Classe 1 possuem exposição e contato direto com o ser humano, portanto os parâmetros devem ser seguidos para que não haja infecções ou contaminação por vírus e bactérias prejudiciais à saúde humana.

2.4.3. Aproveitamento de água pluvial em instituições de ensino

Os edifícios escolares geralmente apresentam grandes áreas de captação, portanto, possuem grande potencial de implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis. Marinoski e Ghisi (2008) analisaram a viabilidade econômica de implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis na instituição de ensino SEBRAE, localizada em Florianópolis, Santa Catarina. Na avaliação, foi considerado o uso de

água pluvial em descargas de bacias sanitárias, mictórios, irrigação de jardins, lavação de carros e torneiras de tanque usadas para limpeza do prédio.

O edifício apresenta área de captação de 3.300 m² de telhado e foram utilizados os dados pluviométricos de precipitações diárias do período de 01/01/2000 a 31/12/2006. O volume ideal do reservatório de água pluvial foi obtido por meio do programa Netuno, o qual verificou o potencial de economia de água potável para diferentes volumes de reservatórios. O programa resultou em um volume de reservatório inferior ideal de 27.000 litros, contudo, para facilitar a execução, foram adotados dois reservatórios interligados de 15.000 litros cada. O reservatório superior foi dimensionado para armazenar a demanda diária de água consumida em fins não potáveis, equivalente a 6.000 litros, portanto, foram adotados dois reservatórios superiores de 3.000 litros cada.

Foram verificados os custos de implementação e operação do sistema de aproveitamento de água pluvial, enquanto os custos relacionados ao processo de tratamento de água não foram considerados. O orçamento dos reservatórios de fibra de vidro e motobombas foi obtido por uma pesquisa de preço nas maiores lojas de materiais de construção da cidade. Os custos com tubulações e conexões foram estimados em função de um percentual de 15% do custo total de implementação do sistema, conforme recomendado em outros estudos similares. O valor de mão-de-obra foi obtido por meio de uma estimativa de preços realizada com profissionais especializados em execução de projetos hidrossanitários. Por fim, foram determinados os custos de energia elétrica devido ao sistema de bombeamento utilizado.

Tabela 8 – Custos de implementação e operação do sistema.

Equipamento ou serviço	Quantidade (unid.)	Custo unitário	Custo total
Reservatório de 3.000 litros	2	R\$ 560,50	R\$ 1.121,00
Reservatório de 15.000 litros	2	R\$ 2.383,00	R\$ 4.766,00
Motobomba de ¾ CV	2	R\$ 407,50	R\$ 815,50
Chave de nível com bóia flutuante e vareta para os reservatórios	3	R\$ 70,00	R\$ 210,00
Conjunto para sucção com bóia flutuante	1	R\$ 350,00	R\$ 350,00
Válvula solenóide	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Desviador horizontal para as primeiras águas pluviais	3	R\$ 600,00	R\$ 1.800,00
Filtro modelo VF1 Marca 3P Tecnik	3	R\$ 1.500,00	R\$ 4.500,00
Mão-de-obra	20 dias	R\$ 80,0/dia	R\$ 1.600,00
Energia elétrica	1,85 h/dia (23 dias/mês)	R\$ 0,24/kW/h	R\$ 5,88
Tubulações, conexões	2	15% do custo total	R\$ 2.297,68
Custo Total			R\$ 17.615,56

Fonte: Adaptado de Marinowski e Ghisi (2008).

O percentual de economia de água potável obtido para os volumes de reservatórios adotados foi de 45,8%, equivalente a uma economia de R\$ 407,77 mensais. O período de retorno do investimento foi verificado pelo método do *payback* descontado e resultou em aproximadamente 58 meses. Assim, constatou-se que a implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no local de estudo mostrou-se tecnicamente e economicamente viável.

Weiller e Santos (2020) realizaram um estudo de viabilidade de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis na Escola Municipal João XXIII de Educação Infantil e Fundamental 1 localizada na cidade de Londrina, Paraná. A escola apresenta área total de cobertura de 1.823,38 m² distribuídos em três blocos, contudo, foi apenas analisada a área de cobertura da quadra de esportes de 800,73 m². O potencial de economia de água potável e volume ideal de reservatório foram determinados utilizando o programa computacional Netuno, com os seguintes dados de entrada: população, consumo de água total por pessoa, percentual de água para fins não potáveis, dados pluviométricos da região e área de captação da edificação.

O programa Netuno indicou volume ideal de 16.000 litros para o reservatório inferior. Porém, visando facilitar a execução do projeto, adotou-se um reservatório de 15.000 litros disponível no mercado. Para dimensionamento do reservatório superior, considerou-se a demanda diária de água pluvial de 1.577 litros, portanto, foram adotados dois reservatórios superiores de 1.000 litros cada. Com a utilização dos reservatórios inferior e superior, que totalizam 17.000 litros, obteve-se potencial de economia de água potável de 55,55%.

Para realizar a análise econômica, foram levantados os custos de implementação e operação do sistema, enquanto os custos relacionados ao tratamento de água pluvial, como cloração, não foram considerados. A pesquisa de preço foi realizada com fornecedores e mão-de-obra da região. O estudo inclui a implementação de um reservatório superior, portanto, foi necessário definir o consumo de eletricidade da motobomba cuja potência foi determinada com base em catálogos de fabricantes. Por fim, a tarifa de água potável foi fornecida pela concessionária local (SANEPAR). A instituição de ensino é considerada como utilidade pública, desse modo, o valor cobrado pela SANEPAR é equivalente a 50% do valor total da tarifa, o que impacta diretamente o tempo de retorno do investimento.

Tabela 9 – Custo de implementação e operação do sistema.

Equipamento ou serviço	Custo total
Reservatório polietileno de 15.000 litros	R\$ 4.315,00
Reservatório polietileno de 1.000 litros (2 unidades)	R\$ 536,00
Motobomba de ½ CV (2 unidades)	R\$ 980,00
Mão-de-obra	R\$ 1.000,00
Tubulação	R\$ 800,00
Kit Filtro	R\$ 3.204,00
Realimentador automático	R\$ 422,00
Custo Total	R\$ 11.257,00

Fonte: Adaptado de Weiller e Santos (2020).

O tempo de retorno do investimento foi estimado por meio do método do *payback* descontado, considerando o investimento inicial e a taxa de atratividade mínima (TMA) de 1% ao mês, que foi baseada no rendimento de certificados de depósito bancários mais conhecidos. A Tabela 10 apresenta os dados de entrada utilizados na análise econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Tabela 10 – Dados de entrada para análise econômica.

Dado de entrada	Valor utilizado
Tarifa energia elétrica	R\$ 0,52 por kWh
Tarifa energia elétrica com imposto	R\$ 0,80 por kWh
Tarifa água	Faixas de consumo 2018
Imposto água* (variável)	9,10%
Inflação (base 2018 – IPCA)	0,31% ao mês
Reajuste das tarifas (meses)	12
Período de análise (anos)	10

*Nota: o trabalho original não indica a qual imposto se refere.

Fonte: Adaptado de Weiller e Santos (2020).

Com custo de implementação inicial de R\$ 11.257,00 e economia mensal média de 48%, o sistema obteve o tempo de retorno de cinco anos e nove meses considerando o valor integral da tarifa de água. Para tarifa de água parcial faturada por instituições de ensino, o tempo de retorno estimado foi de dois anos e seis meses. A implementação do sistema demonstrou ser viável, pois proporciona vantagens ambientais e econômicas expressivas.

Rainmap (2017) analisou a viabilidade de implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no Centro Tecnológico (CTC) da Universidade Federal de Santa Catarina, localizado em Florianópolis. O CTC em sua região central é composto por cinco

blocos (A, B, C, D e E) interligados por passarelas. No bloco central A estão os locais de demandas de água não potável, como banheiros e torneiras de limpeza.

O potencial de economia do sistema de aproveitamento de água pluvial e dimensionamento do reservatório foram determinados utilizando-se método de simulação baseado em modelo comportamental. Com o intuito de se encontrar a melhor relação entre área de captação dos edifícios existentes e o tamanho de reservatório ideal, foram simulados sete cenários variando a área de cobertura dos blocos para diferentes volumes de reservatório, desde 5.000 litros até 60.000 litros. Como resultado, adotou-se o reservatório ideal com volume de 50.000 litros.

A partir dos sete cenários avaliados anteriormente, foram escolhidos quatro deles para realizar a análise econômica. Os cálculos de economia financeira na fatura de água e esgoto foram realizados com base nas tarifas para edificações públicas e comerciais da CASAN, pois o cálculo da fatura de água do CTC considera 50% do volume medido no mês com as tarifas aplicadas para categoria pública e os outros 50% para categoria comercial. Foram consideradas uma taxa de desvalorização do dinheiro ao longo do tempo de 6,29% a.a. e uma taxa média de aumento de tarifas de água e esgoto de 8,004% a.a. Por fim, foram estimados os custos de implementação e operação do sistema de aproveitamento de água pluvial. Para isso, foram considerados os seguintes componentes: sistema de coleta, filtro, dispositivo de descarte inicial, reservatórios de água, motobomba, dispositivo de desinfecção, tubulações, conexões, registros, hidrômetros e instalações hidráulicas exclusivas e limpeza inicial dos telhados. O valor total obtido foi de R\$ 111.004,52.

O cenário A+B, que apresenta 1.677 m² de área de captação, potencial de economia de 44,71% e volume de reserva de 50.000 litros, resultou no menor período de retorno de 4,17 anos, portanto, foi o cenário recomendado para o Centro Tecnológico. Em termos financeiros, os gastos com fatura de água e esgoto poderiam ser reduzidos de R\$ 40.186,70 para R\$ 27.531,79, equivalente a uma redução de 68,5%.

2.5. Reúso de água cinza

Água cinza para reúso corresponde à água servida proveniente de banheiras, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas, excluindo a contribuição de bacias sanitárias e pias de cozinha devido a presença de resíduos sólidos, óleos e gorduras. Os componentes presentes na água cinza variam de acordo com a fonte selecionada, podendo conter contaminações das mais

diversas formas devido à grande flexibilidade de uso dos aparelhos hidrossanitários (ANA, 2005).

As características da água cinza em termos quantitativos e qualitativos podem variar de acordo com os seguintes fatores: fonte de água cinza selecionada; localização e nível de ocupação do edifício; e faixa etária, classe social e costumes dos ocupantes (GONÇALVES, 2006). A Tabela 11 apresenta a caracterização de água cinza de chuveiros e lavatórios coletada em banheiros residenciais e de um complexo esportivo localizado na região Sul do Brasil.

Tabela 11 – Características físicas, químicas e bacteriológicas da água cinza originada em banheiros localizados na região Sul do Brasil.

Parâmetros	Concentrações		
	(1)	(2)	(3)
Temperatura (°C)	24	-	-
Cor (UH)	52,30	Ausente	Ausente
Odor	-	Ausente	Ausente
Turbidez (UNT)	37,35	0,80	1,30
pH	7,20	8,40	8,80
Oxigênio dissolvido (mg/L)	4,63	-	-
Cloro livre (mg/L)	0,00	-	-
Cloro total (mg/L)	0,00	-	-
Fósforo total (mg/L)	6,24	-	-
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (mg/L)	96,54	20,30	96
Sólido suspenso (mg/L)	-	54	86
Dureza	-	122	130
Zinco	-	0,03	0,10
Cobre	-	0,23	0,19
Ferro	-	0,33	0,10
Coliforme total (NMP/100 mL)	11x10 ⁶	<200	23.000
Coliforme fecal (NMP/100 mL)	1x10 ⁶	-	-

(1) Edifício residencial: Curitiba-PR

(2) Banheiro Masculino: Complexo esportivo – Passo Fundo-RS

(3) Banheiro Feminino: Complexo esportivo – Passo Fundo-RS

Fonte: Adaptado de (ANA, 2005).

Observa-se que as concentrações dos parâmetros de qualidade da água variam conforme o uso do edifício e as características dos usuários. Verifica-se elevado teor de matéria orgânica (representada pelo parâmetro DBO), de fósforo total e turbidez. A elevada concentração de DBO pode gerar sabor e odor na água, o alto teor de fósforo indica a presença de detergente superfosfatado e a turbidez elevada comprova a presença de sólidos suspensos (ANA, 2005).

A caracterização dos usos finais de água da edificação em análise é fundamental para determinação da oferta e demanda de água cinza. A oferta de água cinza é equivalente ao volume de efluente gerado pelos lavatórios, banheiras, chuveiros e máquinas de lavar roupa, enquanto a demanda corresponde ao volume utilizado em fins não potáveis, como bacias sanitárias, irrigação paisagística e lavagem de pisos. Em edifícios comerciais e corporativos a água cinza apresenta volume relativamente pequeno, pois será, quase exclusivamente, proveniente dos lavatórios. Em edifícios residenciais, a oferta é mais abundante, devido a maior parcela de consumo de água ser dedicada às atividades que demandam elevado consumo de água, como banhos, higiene bucal e lavagem de roupas. Desse modo, o dimensionamento do sistema de reúso deve considerar o desequilíbrio entre oferta e demanda e prever tratamento e armazenamento para a fração correspondente à demanda de água para reúso (GOLÇAVES, 2006; ANA, 2005).

Kammers e Ghisi (2006) estimaram os usos finais de dez edifícios do setor público localizados em Florianópolis, Santa Catarina. Observou-se para os dez edifícios estudados a predominância de maior consumo de água em bacias sanitárias e mictórios, com média de 72,1% do consumo total. A oferta de água cinza proveniente dos aparelhos hidrossanitários existentes nos edifícios (torneira de lavatório, chuveiro e ducha) não foi capaz de suprir a demanda de reúso das bacias sanitárias e mictórios em nenhum dos dez edifícios analisados.

O sistema de reúso de água cinza é composto por pontos de coleta de água cinza, determinação do volume de água cinza bruta a ser armazenada, sistema de tratamento, reservatório de água tratada, instalação predial de água de reúso e pontos finais de uso. Os pontos de coleta de água cinza devem ser determinados em função do tipo de água cinza a ser coletada e da configuração do sistema predial hidráulico do edifício. O sistema de coleta e transporte da água de reúso deve ser composto por condutores horizontais e verticais independentes do sistema hidráulico de água potável. O volume dos reservatórios de armazenamento deverá ser determinado com base nas características ocupacionais do edifício e as vazões associadas a oferta e demanda de água cinza. O sistema de tratamento deve considerar as características da fonte de água cinza e a qualidade desejada para o efluente tratado, compreendendo sistemas de tratamento mais complexos que os considerados para a água pluvial, devido a maior concentração de poluentes (ANA, 2005).

A instalação predial de esgoto sanitário deve ser projetada com a segregação das águas residuárias. Deve-se conduzir as águas cinzas e as águas negras (provenientes de bacias sanitárias e pias de cozinha), por meio de tubulações distintas, a tratamentos e destinos diferenciados. A tubulação de água cinza deve encaminhar o efluente para o reservatório bruto

de água de reúso, enquanto as águas negras devem ser encaminhadas para o coletor público ou sistema de tratamento e descarte adequado. Para o abastecimento de água, deve-se projetar duas redes independentes, de modo que as tubulações possuam cores distintas e nenhuma interligação entre elas. Uma delas será destinada ao abastecimento de água potável, que irá atender os lavatórios, pias de cozinha, chuveiros, tanques e máquinas de lavar. A outra rede irá distribuir a água de reúso para as bacias sanitárias, mictórios e demais usos não potáveis. No caso de escassez de água de reúso, o reservatório de água de reúso tratada deve ser abastecido por água complementar quando este atinge o nível mínimo. A fonte utilizada pode ser a água potável provida da concessionária ou de sistema de aproveitamento de água pluvial (GONÇALVES, 2006).

2.5.1. Qualidade da água não potável

A NBR 16783 (2019b) define os parâmetros mínimos de qualidade para que a água de reúso seja classificada como apta aos usos não potáveis em edificações. Os potenciais usos não potáveis definidos pela NBR 16783 (2019b) são: descarga de bacias sanitárias e mictórios; lavagem de logradouros, pátios, garagens e veículos; irrigação para fins paisagísticos; uso ornamental; sistemas de resfriamento de água; e arrefecimento de telhados. A Tabela 12 apresenta os parâmetros de qualidade para o uso de água não potável.

Tabela 12 – Parâmetros de qualidade para uso da água não potável exigidos pela NBR 16783:2019.

Parâmetros	Limite
pH	6,0 a 9,0
E. Coli	≤ 200 NMP/100mL
Turbidez	≤ 5 UNT
DBO _{5,20}	≤ 20 mgO ₂ /L
CRL (cloro residual livre)	Mínimo 0,5 mg/L – Máximo de 5,0 mg/L Recomendável 0,5 mg/L – Máximo de 2,0 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) ou Condutividade elétrica ^a	≤ 2.000 mg/L ou ≤ 3.200 µS/cm
Carbono orgânico total (COT) ^b	≤ 4 mg/L

a: os valores de condutividade apresentam correlação com os sólidos dissolvidos totais. Uma outra opção é realizar a análise dos sólidos dissolvidos totais.

b: somente para água de rebaixamento de lençol freático

Fonte: Adaptado de ABNT (2019b).

A ANA (2005) define os usos predominantes e os parâmetros de qualidade para água de reúso Classe 1, os quais estão descritos na seção 2.4.2 deste trabalho. Observa-se que os parâmetros estabelecidos pela NBR 16783 (ABNT, 2019b) diferem dos estabelecidos pela ANA (2005). A ANA (2005) apresenta limites de aceitação mais restritivos e abrange maior quantidade de parâmetros, exceto pelo parâmetro cloro residual livre exigido pela NBR 16783 (ABNT, 2019b). A ANA (2005) recomenda que seja realizada a caracterização de amostras de água cinza para correta determinação dos processos de tratamento, visto que aspectos econômicos e socioculturais podem influenciar na composição da água cinza, bem com a flexibilidade de uso dos aparelhos hidrossanitários.

2.5.2. Reúso de água cinza em instituições de ensino

Barbosa, Bezerra e Sant'Ana (2018) verificaram a economia de água de diferentes sistemas de reúso de água cinza para dez edifícios de ensino pertencentes ao Campus Universitário Darcy Ribeiro, da Universidade de Brasília. Primeiramente foram determinados os usos finais dos aparelhos hidrossanitários existentes nos dez edifícios. Adotou-se como oferta de água cinza o efluente proveniente de lavatórios e, como demanda, os usos previstos em três cenários. O cenário 1 refere-se ao uso de água de reúso para limpeza dos ambientes e irrigação de jardins, o cenário 2 para uso em descargas sanitárias e o cenário 3 corresponde à demanda combinada dos cenários 1 e 2. A Tabela 13 resume a economia anual de água potável para o sistema de reúso de água cinza.

Tabela 13 – Economia anual de água potável gerada pelo sistema de reúso de água cinza para os dez edifícios de ensino.

Edifício	Cenário 1 (m³/ano)	Cenário 2 (m³/ano)	Cenário 3 (m³/ano)
BSAS	63	354	354
FD	36	218	218
FES	134	303	303
FT	331	437	437
IB	420	807	807
ICC	735	4.855	4.855
IDA/SGI	12	12	12
IPOL-IREL	54	356	408
PJC	73	251	251
SG12	101	129	129

Fonte: Adaptado de Barbosa, Bezerra e Sant'Ana (2018).

O sistema foi capaz de suprir toda a demanda de água cinza do cenário 1 para todos os edifícios analisados, exceto pelo edifício IDA, onde a oferta foi menor que a demanda. Para os cenários 2 e 3, somente o sistema do edifício IPOL-IREL foi capaz de suprir toda a demanda de água não potável dos usos previstos. Os edifícios com maiores economias de água foram o ICC (4.855 m³/ano), seguido do IB (807 m³/ano) e a FT (437 m³/ano).

Mendonça, Soares e Coelho (2016) analisaram a disponibilidade e demanda de água cinza no Pavilhão de Aulas da Universidade Federal de Viçosa – Campus de Rio Paranaíba, Minas Gerais. O pavilhão de aulas é uma edificação de dois pavimentos que apresenta salas de aula, laboratórios, lanchonete, bebedouros, dois vestiários, quatro banheiros coletivos, seis banheiros com acessibilidade para pessoas com deficiência física e dois banheiros para professores.

Para quantificar o volume total de água cinza gerado diariamente, foi estimado o consumo diário de água dos aparelhos hidrossanitários contribuintes: lavatórios, chuveiros, bebedouros e tanques. A estimativa resultou em uma oferta diária de 3.036,3 L/dia, volume capaz de suprir a demanda das torneiras de lavagem do pátio e doze bacias sanitárias, quantidade equivalente a 38% do total de bacias sanitárias existentes no edifício. O dimensionamento dos reservatórios foi realizado com base nos dados de oferta de água cinza e demanda de água de reúso, de modo que os reservatórios possuam capacidade suficiente para atender a demanda diária de água não potável dos usos indicados. Foi prevista a instalação de um eletrônível para abastecer o reservatório superior com água potável provida da concessionária local em dias em que a oferta de água cinza não supera a demanda. O dimensionamento resultou em uma cisterna em polietileno de 2.500 L para o reservatório inferior e uma caixa d'água de polietileno de 2.000 L para o reservatório superior. Dessa forma, com a implementação do sistema de reúso de água cinza, foi possível gerar uma economia mensal de 66 m³ de água potável.

Masala e Coelho (2021) realizaram uma avaliação qualitativa e quantitativa da água cinza gerada pelos lavatórios das instalações sanitárias do prédio 20 do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, com objetivo de elaborar um sistema de reúso. O prédio 20 é um pavilhão de aulas constituído por quatro pavimentos e em cada andar há um banheiro feminino e um masculino, com banheiro adicional para professores no pavimento térreo. A pesquisa iniciou com a coleta de amostras de água cinza oriundas dos lavatórios do banheiro feminino do pavimento térreo para caracterização dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais. O levantamento do volume diário médio de água cinza gerado pelos

lavatórios foi realizado por meio do monitoramento do consumo de água dos lavatórios ao longo do dia durante o período de cinco dias.

A proposta de adaptação do prédio 20 considerou a implementação de um reservatório inferior, onde a água foi tratada com adição de cloro. Posteriormente a água tratada foi bombeada para o reservatório superior específico para uso não potável, e posteriormente, direcionada para as descargas das bacias sanitárias e torneiras de limpeza. A estimativa de custos da implementação considerou o levantamento dos materiais relacionados com o sistema de água fria e de esgoto, como também os materiais para instalação dos reservatórios, reconstrução dos banheiros e mão-de-obra necessária para execução do serviço. A estimativa foi baseada na tabela de preços não desonerados do Sinapi referente ao mês de setembro de 2019. Para os materiais não encontrados no Sinapi, os preços foram obtidos por meio da média de três fornecedores. Por fim, para realização da análise econômica, utilizou-se o método de *payback* simples, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR).

Os valores de pH apresentaram média de 7,61, a condutividade elétrica apresentou média de 243,77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e a concentração de sólidos totais foi menor que 1 mg/L. Todos os parâmetros analisados ficaram dentro dos limites estabelecidos pela NBR 16783 (2019b), contudo, para completa caracterização da qualidade da água cinza, seria necessário realizar ensaios dos parâmetros E. coli, turbidez, DBO_{5,20} e cloro residual livre.

O dimensionamento dos reservatórios levou em consideração a demanda diária de água nas bacias sanitárias do prédio 20. Como a oferta (269,69 L/dia) foi significativamente menor que a demanda, calculou-se quantas bacias sanitárias seriam atendidas com o volume coletado de água cinza. O volume foi suficiente para abastecer nove das 38 bacias sanitárias localizadas no edifício, que correspondem a uma demanda diária de 2.157,52 L. O volume diário foi distribuído entre reservatório inferior (60%) e superior (40%). Para o reservatório inferior considerou-se um tanque de polietileno com capacidade de 1.750 L e para o reservatório inferior uma caixa d'água com capacidade de 1.000 L. Foi previsto abastecimento do reservatório inferior por água de *backup* (água potável provinda da concessionária) para quando o reservatório atingir o nível mínimo.

O investimento total para implementação do sistema proposto foi de R\$ 26.381,88. O sistema resultou em economia mensal de R\$ 708,75 com *payback* simples de 38 meses, equivalente a três anos e dois meses. O valor positivo encontrado para o VPL e valor da taxa TIR superior à TMA adotada permitiu concluir que o projeto proposto é um investimento viável.

2.6. Reúso de água negra

Água negra são as águas residuárias provenientes de bacias sanitárias e mictórios. São compostas basicamente por fezes, urina e papel higiênico e apresentam elevada carga orgânica e elevada quantidade de sólidos em suspensão. Alguns autores também consideram como água negra a água residuária de pias de cozinha, devido às elevadas concentrações de matéria orgânica e de óleos e gorduras (ABNT, 2019b; GONÇALVES, 2006).

As características da água negra em termos quantitativos e qualitativos variam conforme as características regionais e culturais dos usuários e a frequência de uso dos aparelhos hidrossanitários. A variação da qualidade e quantidade de água negra disponível está relacionada com o volume de líquido e alimento ingerido pelos usuários da edificação. O ser humano adulto produz cerca de 500 L de urina e 50 L de fezes por ano. A urina contribui com cerca de 80% do nitrogênio, 50% do fósforo e 90% do potássio presentes na carga de nutrientes do efluente encaminhado para uma estação de tratamento de esgoto convencional. As fezes apresentam nutrientes combinados com partículas maiores não solúveis em água que possuem elevada concentração de matéria orgânica, representada pelo parâmetro demanda bioquímica de oxigênio (DBO). O volume gerado de água negra também varia conforme a frequência de uso durante os dias da semana. Em edifícios residenciais, a frequência de uso é maior nos fins de semana, enquanto em edifícios públicos e institucionais, a frequência de uso é maior durante a semana (GONÇALVES, 2006).

No sistema de reúso de água negra, a oferta depende da configuração do sistema predial hidráulico do edifício em análise, enquanto a demanda corresponde ao volume utilizado em fins não potáveis, como bacias sanitárias, irrigação paisagística e lavagem de pisos. Em casos que a instalação predial de esgoto sanitário segrega a água cinza da água negra, a oferta de água negra é equivalente ao volume de efluente gerado pelas bacias sanitárias e mictórios, podendo corresponder a uma oferta inferior à demanda de reúso. O sistema convencional brasileiro de instalações prediais de esgoto sanitário gerencia em conjunto as águas negras e águas cinzas geradas na edificação, portanto, neste caso, a oferta é equivalente ao volume de efluente gerado na edificação, podendo corresponder a uma oferta superior à demanda de reúso. Desse modo, o dimensionamento do sistema de reúso deve considerar o desequilíbrio entre oferta e demanda e prever tratamento e armazenamento para a fração correspondente à demanda de água para reúso.

Semelhante ao sistema de reúso de água cinza, o sistema de reúso de água negra é composto por pontos de coleta de água negra, determinação da capacidade do reservatório de

água bruta, sistema de tratamento, reservatório de água tratada, instalação predial de água de reúso e pontos finais de uso. Os pontos de coleta de água negra são determinados em função da configuração do sistema predial hidráulico do edifício. O sistema de distribuição de água de reúso deve ser independente do sistema hidráulico de água potável. O volume dos reservatórios de armazenamento deverá ser determinado com base nas vazões associadas a oferta e demanda de água negra. O reservatório de água de reúso deve ser abastecido por água de *backup* quando este atinge o nível mínimo. O sistema de tratamento deve considerar as características da fonte de água negra, os usos não potáveis pretendidos e a qualidade desejada para o efluente tratado, com objetivo de otimizar ao máximo o consumo de energia, a qualidade do efluente final e a geração de lodo. O efluente gerado apresenta elevada concentração de matéria orgânica, portanto, sistemas de tratamento anaeróbico de estabilização da matéria orgânica são aqueles que melhores se adequam às características deste tipo de efluente (ABNT, 2019b; GOLÇALVES, 2006).

2.6.1. Qualidade da água não potável

O reúso de água negra deve respeitar os parâmetros mínimos de qualidade da água de reúso definidos pela NBR 16783 (2019b), os quais estão descritos na seção 2.5.1 deste trabalho. A seção 2.4.2 deste trabalho apresenta os parâmetros mínimos de qualidade para água de reúso Classe 1 definidos pela ANA (2005).

É importante atentar-se aos aspectos microbiológicos da água negra. A ocorrência de organismos propagadores de doenças na excreta humana é consequência da infecção dos indivíduos geradores do efluente. Neste contexto, há necessidade, por segurança, de se conhecer a potencialidade da água de reúso se tornar um veículo de transmissão de doenças danosas à saúde humana. A exposição a fezes humanas não tratadas é considerada insegura devido à potencial presença de organismos patogênicos. A transmissão de infecções pela urina é menos provável, pois quando a urina é lançada ao ambiente, a presença de patogênicos não é considerada como risco significativo à transmissão de doenças. Dessa forma, o tratamento de água negra exige um nível maior de complexidade quando comparado ao sistema de tratamento de água cinza e água pluvial (GONÇALVES, 2006).

2.6.2. Reúso de água negra em instituições públicas e de ensino

Reis et al. (2022) analisaram o impacto da implementação de sistema de reúso do efluente tratado pela estação de tratamento de esgoto (ETE) do Fórum Desembargador Rodolfo Aureliano, localizado em Recife, Pernambuco. O edifício possui seis pavimentos, com uma população fixa de 1.800 pessoas e uma rotatividade de visitantes de aproximadamente 5.000 pessoas por dia, os quais contribuem para uma geração média de esgoto de 2.499 m³/mês.

A estação de tratamento de esgoto foi desenvolvida para atender os parâmetros de qualidade de água exigidos pela legislação para descarte em corpo receptor, conforme apresentado na Tabela 14. Desse modo, estimou-se o potencial de economia de água potável por meio do reúso do efluente tratado na irrigação das áreas vegetadas do empreendimento.

Tabela 14 – Características do efluente tratado.

Parâmetro	Concentração
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) (mg/L)	< 35,00 mg/L
Demanda química de oxigênio (DQO) (mg/L)	< 70,00 mg/L
Coliformes fecais	< 10 ² NMP/100 mL

Fonte: Adaptado de Reis et al. (2022).

O Fórum Desembargador Rodolfo Aureliano possui 9.261 m² de área vegetada. Para estimar o consumo total de irrigação, foi considerado um consumo de cinco litros de água por metro quadrado de área vegetada e frequência de irrigação de duas vezes por semana, totalizando consumo de 370.440 litros de água por mês. A ETE produz cerca de 280 m³/dia de efluente tratado com qualidade para atendimento da demanda de irrigação paisagística. Desse modo, é possível reduzir 371 m³ do consumo de água potável por mês e gerar economia mensal de R\$ 341.000,00.

Gama et al. (2020) realizaram um estudo com objetivo de identificar e caracterizar a gestão de tratamento de esgotos sanitários produzidos em universidades públicas federais da região Nordeste do Brasil.

O estudo iniciou em novembro de 2018 e foi concluído em agosto de 2019. Foram identificadas dezoito universidades federais no Nordeste brasileiro, mas seis universidades não aderiram à pesquisa. Das doze universidades participantes, seis não possuem ETE e não informaram qual a destinação do efluente gerado, duas são atendidas pela rede pública de esgoto e uma faz uso de solução individual, como fossa séptica e sumidouro. Cinco instituições possuem ETE instalada no campus e dentre elas três não informaram o destino do efluente

tratado e duas reutilizam a água residuária pós-tratamento para irrigação paisagística. Por fim, uma universidade possui um sistema para beneficiamento dos esgotos gerados em fase de implementação. A Tabela 15 resume a gestão de tratamento de esgoto sanitário das dozes universidade públicas federias analisadas.

Tabela 15 – Gestão do tratamento dos esgotos sanitários produzidos em doze campus de Universidades públicas federais da região Nordeste do Brasil.

Universidade	Município	Possui ETE?	Vias	Possui reúso?
UFBA	Salvador	Não	Rede pública – Disposição oceânica	Não
UFSB	Itabuna	Não	Não informada	Não
UFRB	Cruz das Almas	Não	Não informada	Não
Ufob	Barreiras	Em implementação	Não informada	Não
UFCA	Juazeiro do Norte	Não	Não informada	Não
UFC	Fortaleza	Sim	Grade + Desarenador + Medidor de vazão + Lodo Ativado + Decantador secundário + Cloração com hipoclorito de cálcio	Não
UFPB	João Pessoa	Não	Rede pública	Não
UFPE	Caruaru	Sim	Grade + Desarenador + Medidor de vazão + Filtro anaeróbico + Lagoa facultativa	Não
UFRPE	Recife	Não	Solução individual – Fossa séptica + Sumidouro	Não
UFS	São Cristóvão	Sim	Grade + Desarenador + Medidor de vazão UASB + Reator aeróbio de lodos ativados	Sim - Irrigação
UFRN	Natal	Sim	Grade + Desarenador + Medidor de vazão + Valo de oxidação + Decantador secundário + Filtro biológico + Leito de secagem + Tanque de cloração	Sim - Irrigação
Ufersa	Pau dos Ferros	Sim	Grade + Desarenador + Medidor de vazão UASB + Filtro biológico	Não

Fonte: Adaptado de Gama et al. (2020).

Os mecanismos de tratamento adotados nas universidades que possuem ETE são do tipo biológico, com uso de tecnologias como lodos ativados, reator anaeróbio, valo de oxidação e lagoas de estabilização. Para verificar se as tecnologias adotadas atendem os parâmetros de qualidade exigidos pelos órgãos ambientais, foi realizada uma análise do efluente tratado pela ETE da UFRN. A qualidade do efluente tratado foi avaliada por meio de análises dos

parâmetros pH, sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos suspensos totais (SST), turbidez, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica por oxigênio (DBO). Foram disponibilizados resultados do monitoramento de 44 amostras de água residuária tratada no período de janeiro a dezembro de 2018. A Tabela 16 apresenta a média aritmética dos valores de concentrações das 44 amostras para cada parâmetro analisado e o valor permitido pela resolução vigente para o lançamento de efluentes.

Tabela 16 – Eficiência do sistema de tratamento de efluentes da ETE da UFRN.

Parâmetro	Concentração do efluente tratado	Padrão Conama nº 430/2011 e Conama nº 357/2005
pH	7,12	5,00 a 9,00
SDT (mg/L)	410,26	500
SST (mg/L)	8,53	Não Estabelecido
Turbidez (UNT)	3,09	100
OD (mg/L)	5,39	> 5
DBO (mg/L)	4,46	< 120
Fósforo (mg/L)	Não Informado	0,03

Fonte: Adaptado de Gama et al. (2020).

Verifica-se que os parâmetros pH, SDT, SST, turbidez, OD e DBO atendem os níveis de concentração permitidos pela legislação. O nível de concentração do parâmetro fósforo no efluente tratado não foi caracterizado no monitoramento das amostras, portanto, não foi possível verificar o atendimento à legislação. Em relação à qualidade do efluente tratado para reúso, verifica-se que o sistema de tratamento atende aos parâmetros da norma brasileira regulamentadora analisada no período do estudo, a NBR 13969/1997. Em comparação com a NBR 16783 (2019b), o efluente tratado atende os níveis de aceitação dos parâmetros pH, turbidez, DBO e SDT, sendo necessária a análise dos parâmetros E. Coli e cloro residual livre para completa caracterização da qualidade do efluente tratado.

2.7. Estratégias combinadas de redução de consumo de água potável em instituições de ensino

As estratégias de redução do consumo de água potável em edificações apresentadas neste capítulo podem ser implementadas individualmente ou combinadas, visto que as estratégias são independentes entre si.

Fasola et al. (2011) analisaram o potencial de economia de água potável obtido por meio de um sistema de aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza, equipamentos

economizadores e combinação desses sistemas, em uma escola municipal e uma escola estadual de Florianópolis.

Utilizou-se o programa Netuno para determinar o volume do reservatório ideal em função do potencial de economia de água e considerou-se a demanda diária de água pluvial equivalente à demanda de água potável utilizada em bacias sanitárias, mictórios e limpeza de pisos. Para o reúso de água cinza, considerou-se como oferta os efluentes das torneiras dos banheiros e máquina de lavar roupas e como demanda o volume diário utilizado nas bacias sanitárias e mictórios. Foi prevista a substituição de torneiras, bacias sanitárias e mictórios convencionais por equipamentos hidrossanitários com tecnologias de sensor de presença e fechamento hidromecânico (automático).

A fim de estimar o potencial de redução para as estratégias combinadas, fez-se a combinação das alternativas por meio de três cenários. O cenário 1 prevê reúso de água cinza em bacias sanitárias, mictórios e limpeza e o suprimento da demanda de água não potável remanescente por aproveitamento de água pluvial. O cenário 2 prevê a instalação de equipamentos economizadores em combinação com sistema de aproveitamento de água pluvial. O cenário 3 prevê a implementação das três estratégias em conjunto.

O sistema de aproveitamento de água pluvial resultou em potencial de economia de 22,9% para a escola municipal e de 42,5% para a escola estadual. Na redução de consumo de água mediante a instalação de equipamentos economizadores, os percentuais alcançados foram de 15,3% para a escola municipal e 55,9% para a escola estadual. Para a estratégia de redução de consumo por meio de reúso de água cinza, o potencial atingido foi de 5,1% para a escola municipal e de 4,2% para escola estadual. Entre os cenários de combinações de estratégias, o cenário 2 demonstrou o melhor resultado com potencial de redução de consumo de água potável de 27,8% para a escola municipal e 72,7% para a escola estadual. A Tabela 17 resume todas as estratégias adotadas e seus respectivos desempenhos. O cenário 3 não foi estimado devido à baixa oferta de água cinza.

Tabela 17 – Potencial de economia de água potável para as diferentes estratégias adotadas.

Estratégia	Potencial de economia (%)	
	Escola Municipal	Escola Estadual
Aproveitamento de água pluvial	22,9	42,5
Reúso de água cinza	5,1	4,2
Instalação de equipamentos economizadores	15,3*	55,9*
Reúso de água cinza + aproveitamento de água pluvial	24,0	46,3
Instalação de equipamentos economizadores + aproveitamento de água pluvial	27,8	72,7

Nota: * Percentual referente ao cenário com melhor desempenho

Fonte: Adaptado de Fasola et al. (2011).

Barbosa, Bezerra e Sant'Ana (2018) realizaram uma análise comparativa do desempenho de sistema de aproveitamento de água pluvial e de reúso de água cinza nas edificações de ensino superior do Campus Universitário Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. Foram realizadas simulações para verificar a economia de água para três cenários. O cenário 1 refere-se ao uso de água de reúso para limpeza dos ambientes e irrigação de jardins, o cenário 2 para uso em descargas sanitárias e o cenário 3 corresponde à demanda combinada dos cenários 1 e 2.

Para o aproveitamento de água pluvial, os edifícios com as maiores economias de água, considerando o cenário 3, foram o Instituto Central de Ciências (ICC), com economia de 19.510 m³/ano, a Faculdade de Tecnologia (FT), com economia de 1.919 m³/ano e o Bloco de Salas de Aula Sul (BSAS), com economia de água de 1.331 m³/ano. Quanto ao reúso de água cinza, os edifícios com maiores economias de água, para o cenário 3, foram o Instituto Central de Ciências (ICC), com economia de 4.855 m³/ano, o Instituto de Biologia (IB), com economia de 807 m³/ano e a Faculdade de Tecnologia (FT), com economia de 437 m³/ano. A Tabela 18 apresenta a economia anual de água para os edifícios analisados.

Tabela 18 – Economia anual de água para os sistemas de aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza.

Edifício	Aproveitamento de água pluvial			Reúso de água cinza		
	Cenário 1 (m ³ /ano)	Cenário 2 (m ³ /ano)	Cenário 3 (m ³ /ano)	Cenário 1 (m ³ /ano)	Cenário 2 (m ³ /ano)	Cenário 3 (m ³ /ano)
BSAS	63	1.300	1.331	63	354	354
FD	36	469	478	36	218	218
FE5	134	348	417	134	303	303
FT	331	1.761	1.919	331	437	437
IB	420	818	1.041	420	807	807
ICC	735	19.221	19.510	735	4.855	4.855
IDA/SG1	14	124	137	12	12	12
IPOL-IREL	52	324	342	52	356	408
PJC	73	596	633	73	251	251
SG12	101	565	589	101	129	129

Fonte: Adaptado de Barbosa, Bezerra e Sant'Ana (2018).

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial e de água cinza foram capazes de suprir toda a demanda de água do cenário 1 de todos os edifícios analisados, exceto pelo sistema de reúso de água cinza do edifício IDA. Em geral, o aproveitamento de água pluvial demonstrou maior potencial de redução do que o reúso de água cinza para a maioria das edificações e cenários analisados. Isso ocorreu devido ao índice pluviométrico da região e ao fato de os edifícios possuírem grandes áreas de captação, resultando em elevada oferta de água pluvial.

Trevisan e Orssatto (2017) analisaram o projeto de sistema de tratamento de águas residuárias e os mecanismos hídricos de uso e reúso a serem implantados no Campus da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila), em Foz do Iguaçu. O projeto do Campus da Unila é composto por nove edificações, além de ambientes subterrâneos e áreas vegetadas, totalizando cerca de 145.000 m².

O projeto conta com diversos mecanismos de gestão de recursos hídricos, que possibilitam a redução do consumo e reaproveitamento de água, sendo eles: aproveitamento de água pluvial na irrigação paisagística, instalação de equipamentos economizadores e reúso de efluente tratado.

A água pluvial será coletada nas coberturas das edificações. O volume captado passa por um tratamento preliminar de filtração e é armazenado em seis reservatórios de 140 m³ cada, para posterior aproveitamento na manutenção das áreas externas e espelhos d'água e irrigação paisagística.

As torneiras de lavatórios irão possuir acionamento automático temporizado e as torneiras de pias de cozinha serão equipadas com arejadores articulados, apresentando

economia de até 70% em comparação com as torneiras convencionais. As válvulas de descarga dos mictórios irão possuir acionamento automático eletrônico por sensor, proporcionando economia hídrica de até 60%. No sistema de esgotamento das bacias sanitárias, será utilizado mecanismo de esgotamento a vácuo, em que a diferença entre a pressão atmosférica e a baixa pressão da tubulação faz com que os dejetos sejam sugados pela tubulação de descarte. Após o acionamento da descarga, um jato de 1,2 L de água pressurizada limpa a bacia sanitária, proporcionando economia de água superior a 80%.

Os efluentes gerados no campus serão encaminhados à Estação de Tratamento de Águas Residuárias do Campus (ETAR), por meio de seis estações elevatórias. O efluente das pias das copas e cozinhas será encaminhado para uma caixa separadora de óleo e em seguida a ETAR. No tratamento primário, a retenção de sólidos é realizada por meio de grelhas e o sistema de filtração conta com dois poços de recalque e dois filtros de areia. O tratamento secundário conta com dois tanques de equalização em concreto enterrado, dois reatores biológicos aeróbios e outro sistema de filtração por filtros de areia. Por fim, o tratamento terciário é realizado por um sistema de desinfecção por cloro, com função de eliminar os microrganismos e viabilizar o reaproveitamento do efluente em mictórios e bacias sanitárias. A água de reúso tratada será armazenada em dois reservatórios de 72 m³ cada.

O emprego de modernas tecnologias de gestão do consumo de água em universidades pressupõe a sensibilização da população quanto a utilização da água e à geração de efluentes de forma a incentivar consumo consciente, otimização do uso de água e reaproveitamento dos recursos naturais.

2.8. Considerações finais

Neste capítulo foi contextualizado o uso de água no Brasil, com foco no consumo de água em edificações públicas e de ensino. Conforme mencionado, o uso humano urbano é o segundo setor que mais consome água no Brasil, com projeção de aumento de consumo para os próximos anos. No nível micro (sistemas prediais), em média, 77% da água potável consumida em edificações públicas em Florianópolis é utilizada em fins não potáveis. Deste modo, verifica-se a importância da necessidade da conservação da água e busca por medidas e soluções sustentáveis que venham contribuir com o uso racional.

Nessa perspectiva, a implementação de estratégias de redução do consumo de água potável em edificações é uma medida essencial para a economia de água tanto nos sistemas públicos de abastecimento locais como no sistema hidrográfico do país. Foram apresentadas

estratégias de redução do consumo de água em edificações (equipamentos economizadores, aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza e reúso de água negra), as quais podem ser implementadas de forma individual ou combinadas entre si.

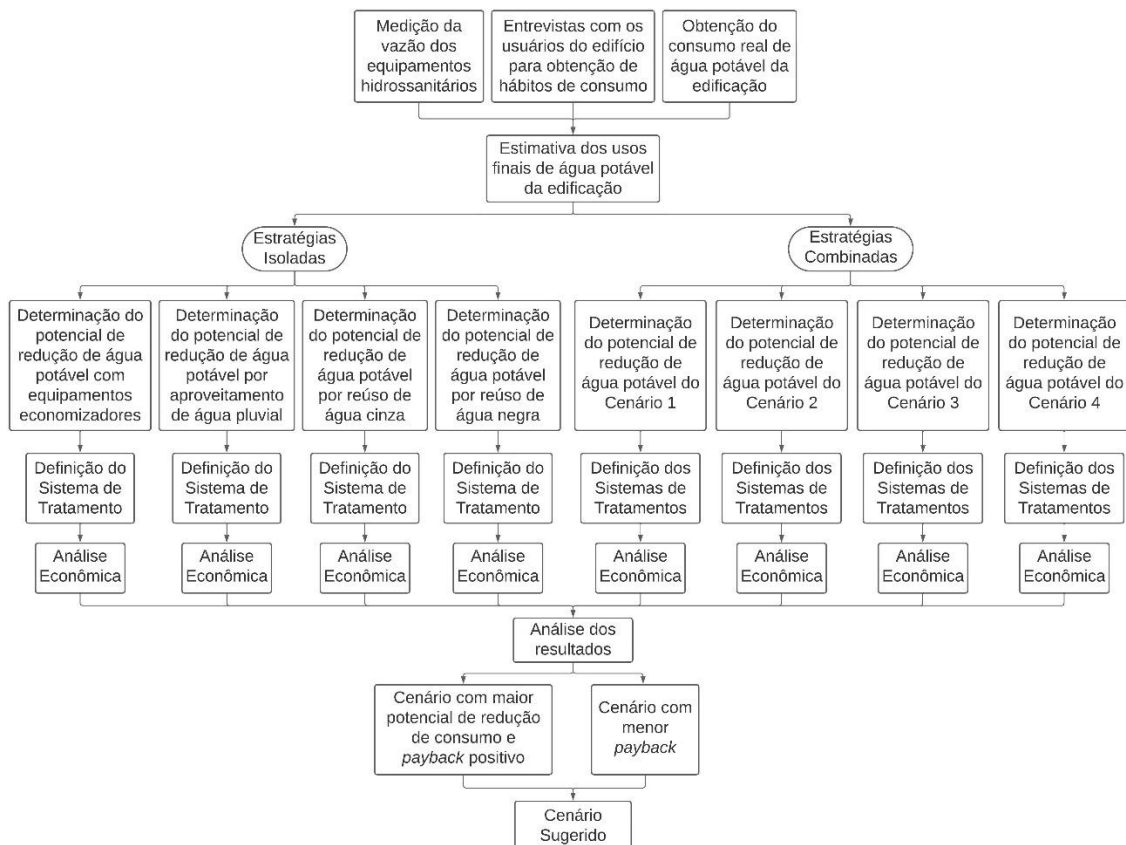
Este estudo é direcionado à Biblioteca Central da UFSC, e busca estimar os usos finais de água da edificação, avaliar o potencial de redução do consumo de água potável e analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de diferentes estratégias de redução do consumo de água potável.

3. Materiais e métodos

Neste capítulo, é descrito o método proposto para alcançar os objetivos do trabalho. O estudo pretende estimar o potencial de economia de água potável por meio da implementação de estratégias isoladas e combinadas de redução de consumo de água, bem como tempo de recuperação econômica. O método consiste em cinco etapas principais.

Na primeira etapa, define-se o método para estimar os usos finais de água potável na edificação. A segunda etapa aborda o método definido para a avaliação quantitativa das estratégias de redução de consumo, envolvendo o potencial de redução de água potável das estratégias isoladas e combinadas. Na terceira etapa, define-se o sistema de tratamento a ser utilizado em cada estratégia isolada e nas estratégias combinadas. A quarta etapa consiste na análise econômica, na qual se descreve a metodologia para obtenção do tempo de recuperação econômica, informando os custos e benefícios financeiros gerados com a instalação de cada sistema. Na quinta etapa, determina-se o cenário de redução do consumo de água potável que apresentou a melhor viabilidade técnico-econômica para o edifício em estudo. A Figura 3 apresenta o fluxograma de trabalho desenvolvido neste estudo.

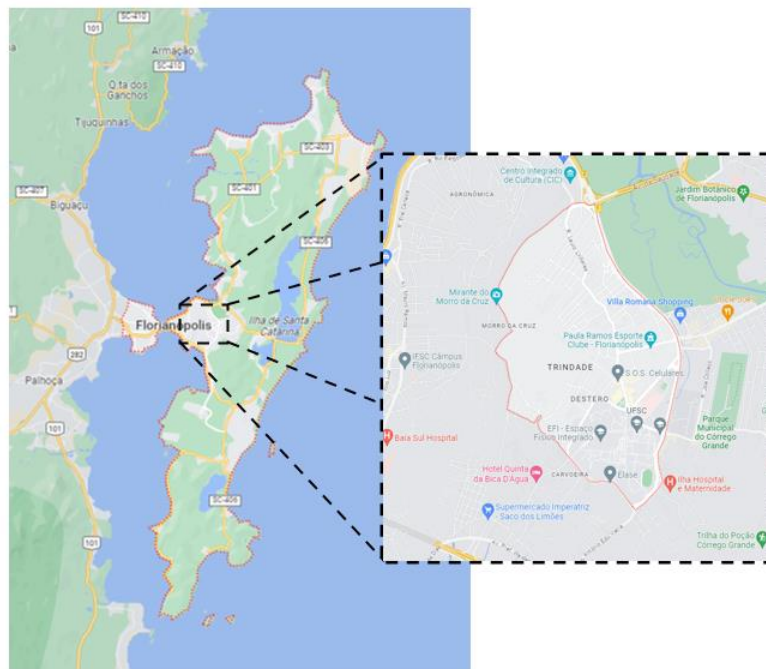
Figura 3 – Fluxograma do método utilizado no estudo.



3.1. Área de Estudo

A área de estudo localiza-se no bairro Trindade, na cidade de Florianópolis. O município está situado no estado de Santa Catarina entre os paralelos de 27°10' e 27°50' de latitude sul e os meridianos de 48°25' e 48°35' de longitude a oeste. Florianópolis possui área de 674,844 km² e 537.213 habitantes (IBGE, 2022). A Figura 4 apresenta a localização geográfica da área de estudo.

Figura 4 – Localização geográfica da área de estudo.



Fonte: Adaptado de Google Maps (2023).

Segundo os critérios de Köppen e Geiger, a classificação climática da região de Florianópolis é do tipo mesotérmico úmido e verão quente, enquanto o inverno é ameno e de ventos fortes. Ao longo do ano, a temperatura varia de 13°C a 29°C, com temperatura média de 20,8°C. O período mais chuvoso dura de 2 de outubro a 21 de março, e janeiro e fevereiro são os meses com maiores índices de precipitação. A estação seca dura de 21 de março a 2 de outubro, e agosto é o mês com menor índice de precipitação. A pluviosidade média anual é de 1506 mm (WEATHER SPARK, 2023; CLIMATE-ORG, 2023).

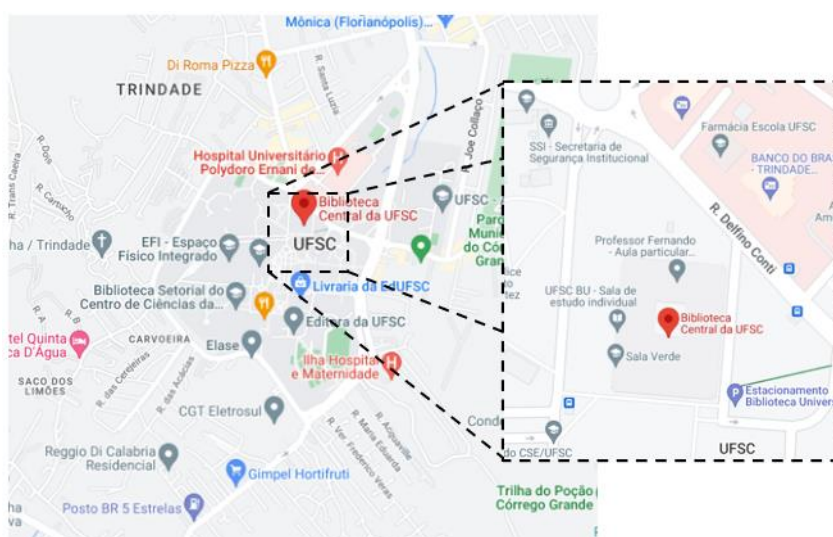
3.2. Objeto de Estudo

O objeto de estudo deste trabalho é a Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Catarina, localizada no Campus Reitor João David Ferreira Lima, Acesso Setor D, bairro Trindade, na cidade de Florianópolis-SC.

A Biblioteca Universitária foi criada em 1968 com o objetivo de reunir os acervos das faculdades de Direito, Ciências Econômicas, Farmácia, Odontologia, Medicina, Filosofia, Serviço Social e Engenharia Industrial, além de melhorar as condições de prestação de serviços e de otimização do uso de informação pela comunidade universitária. Em 1976 foi inaugurado o edifício da Biblioteca Central e em 1995 iniciou-se a ampliação em 3.594 m², resultando em uma área construída de 9.134 m², a qual foi inaugurada em 1996 (PORTAL BU UFSC, 2023).

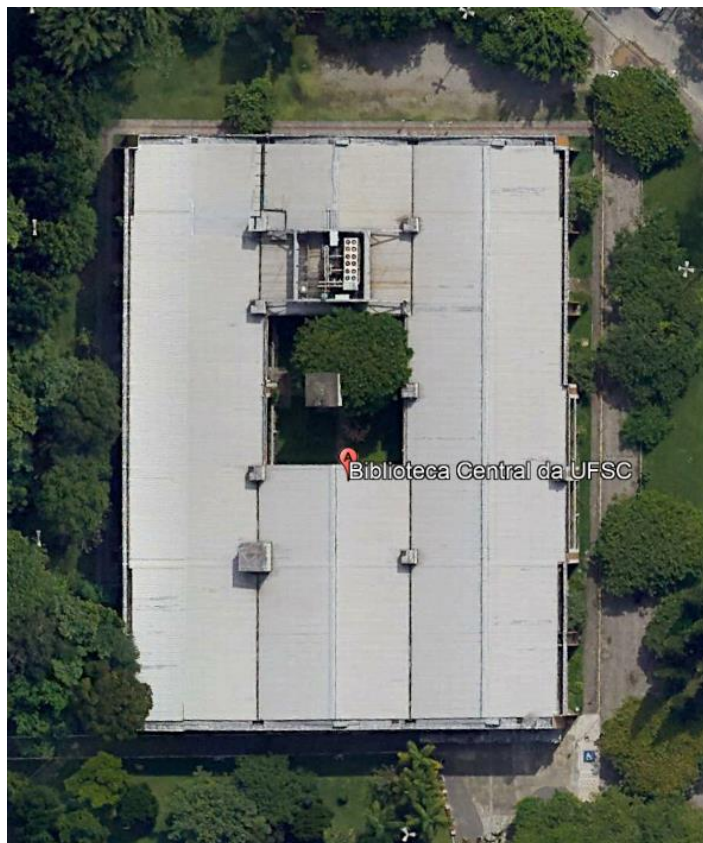
O edifício possui área de atuação multidisciplinar, com missão de prestar serviços de informação à comunidade universitária para contribuir com a construção do conhecimento e o desenvolvimento da sociedade. Atende atualmente, em média, 3.000 alunos dos cursos de graduação e pós-graduação da UFSC e conta com 76 servidores e onze bolsistas. A Biblioteca Central conta com serviços de consulta local, comutação bibliográfica, visita orientada, orientação à pesquisa e normalização de trabalhos técnico-científicos, capacitação, entre outros. Também apresenta serviços específicos, como empréstimo local de *netbooks*, indexação de artigos de periódicos, projetos de extensão, espaço de inclusão digital, espaços para estudos e eventos (PORTAL BU UFSC, 2023). A Figura 5 apresenta a localização da Biblioteca Central e a Figura 6 apresenta a vista aérea da edificação.

Figura 5 – Localização da Biblioteca Central da UFSC.



Fonte: Adaptado de Google Maps (2023).

Figura 6 – Vista aérea da Biblioteca Centra da UFSC



Fonte: Google Earth (2023).

A edificação possui dois pavimentos, com área total construída de 9.134 m². No pavimento térreo estão distribuídas a Secretaria de Planejamento e Administração da Biblioteca Universitária, Laboratórios de Informática, Laboratórios de Aprendizagem, Núcleo de Acessibilidade a Informação, entrega de teses e dissertações, exposições de artes, salas de estudos, copa para os funcionários, banheiro feminino e masculino, bebedouro e um jardim interno central. O pavimento superior conta com Auditório, salas de estudos, Coordenação da Biblioteca Universitária, Balcão de Empréstimos de Livros, Serviço de Obras Raras, banheiros masculinos e femininos, bebedouros e polos de atendimento ao usuário.

A cobertura do prédio possui sistema de drenagem de água pluvial composto por calhas retangulares de concreto impermeabilizado, condutores verticais e horizontais de PVC, com diâmetros variando entre 75 mm e 300 mm. O sistema de drenagem pluvial também coleta a água pluvial escoada na área externa da edificação e está ligado diretamente na galeria pluvial. Por fim, o sistema de esgoto sanitário recebe as águas negras e águas cinzas geradas na edificação.

3.3. Usos finais de água

Para realizar a estimativa dos usos finais de água da Biblioteca Central da UFSC, foi necessário realizar leituras de hidrômetro, análise de dados de consumo de água, caracterização dos equipamentos hidrossanitários do edifício e levantamento de hábitos de consumo dos ocupantes por meio de entrevistas e questionários *online*.

A caracterização dos equipamentos hidrossanitários e o levantamento de hábitos de consumo dos ocupantes foram utilizados para estimar o consumo médio diário de água de cada equipamento hidrossanitário existente no edifício. A leitura de hidrômetro e análise de dados de consumo de água serviram de referência para validar o consumo médio diário estimado. Por fim, foi possível verificar a demanda de água em usos não potáveis para determinar o potencial de economia de água potável que pode ser gerado por meio da implementação de diferentes estratégias de redução do consumo de água potável.

3.3.1. Consumo de água medido por hidrômetro

O consumo mensal de água da Biblioteca Central medido pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento foi obtido por meio da Coordenadoria de Gestão Ambiental da UFSC (CGA, 2023), a qual fornece acesso público à planilha de Monitoramento do Consumo de Água da UFSC.

A planilha apresenta os consumos mensais de água dos hidrômetros presentes no Campus Reitor João David Ferreira Lima e demais unidades consumidoras da UFSC para o período de 2013 a 2023.

O levantamento do consumo diário de água foi realizado por meio de leituras diárias do hidrômetro da Biblioteca Central. As leituras foram realizadas às 7h no período de 30 de agosto a 6 de setembro de 2023, visto que a Biblioteca Central possui horário de funcionamento das 7h30 às 22h de segunda a sexta-feira e das 8h às 18h em sábados, domingos e feriados. O consumo diário foi calculado pela diferença de duas leituras consecutivas.

3.3.2. Equipamentos hidrossanitários existentes

Foram realizadas visitas *in loco* para verificação dos tipos de equipamentos hidrossanitários existentes na Biblioteca Central da UFSC. Verificou-se também as atividades de limpeza e jardinagem que utilizam água e os equipamentos envolvidos nessas atividades.

3.3.3. Vazões

Verificou-se que todas as torneiras de lavatório possuem acionamento hidromecânico. Desse modo, optou-se por estimar o volume de água por acionamento das torneiras de lavatório utilizando um recipiente com volume graduado. Procurou-se pressionar as torneiras com a mesma intensidade, portanto, cronometrou-se o tempo de cada acionamento para verificar a constância do acionamento. Mediu-se três vezes o volume por acionamento de cada torneira de lavatório e calculou-se a média para obter um valor único de volume por acionamento para as torneiras de lavatório.

As torneiras de pia de cozinha e tanque apresentam abertura convencional, portanto, a vazão dessas torneiras foi estimada utilizando um recipiente com volume graduado e um cronômetro para medir o tempo necessário para encher o recipiente com água. Para isso, procurou-se abrir as torneiras com a mesma abertura. O valor da vazão de cada torneira foi determinado por meio da média de três vazões medidas.

Para as bacias sanitárias com válvula de descarga não foram realizadas medições devido à falta de equipamentos adequados. Além disso, não foi possível verificar o modelo e marca das válvulas de descarga. Desse modo, adotou-se vazão de 1,7 L/s, recomendado pela norma NBR 5626 (ABNT, 1998).

Para os mictórios com acionamento hidromecânico, também não foi possível realizar a medição do volume por acionamento devido à falta de especificação de marca e modelo das válvulas de descarga dos mictórios. Desse modo, adotou-se o valor de vazão de 0,5 L/s recomendado pela norma NBR 5626 (ABNT, 1998) para mictórios com sifão integrado. Em seguida, mediu-se três vezes o tempo de acionamento de cada mictório e calculou-se a média para obter um valor único de tempo de acionamento para os mictórios. Por fim, multiplicou-se a vazão pelo tempo médio de acionamento para obter o volume médio por acionamento dos mictórios.

3.3.4. Entrevistas com os usuários

Foram aplicados questionários aos funcionários de limpeza, servidores e bolsistas e alunos frequentadores da Biblioteca Central da UFSC, com objetivo de levantar o hábito de consumo de água dos usuários da edificação.

Para atingir um levantamento preciso, seria necessário entrevistar toda a população que frequenta o prédio diariamente. Porém, devido ao tamanho da população diária da Biblioteca

Central, verificou-se grande dificuldade em contatar todos os ocupantes em tempo hábil para finalização deste trabalho. Dessa forma, dividiu-se a população em três grupos: grupo 1, composto pelos alunos frequentadores do edifício; grupo 2, composto pelos servidores e bolsistas da Biblioteca Central; e grupo 3, composto pelos funcionários da limpeza do edifício.

Foi possível realizar a entrevista com toda a população do grupo 3. Porém, devido ao tamanho da população dos grupos 1 e 2, realizou-se a pesquisa desses grupos por amostragem. Para isso, foi necessário calcular uma amostra considerada representativa. As amostras foram calculadas segundo a metodologia desenvolvida por Barbetta (2003), o qual utiliza a Equação 1 para determinar uma amostra representativa para um determinado número de pessoas.

$$n \geq \frac{n^o * N}{n^o + N} \quad (1)$$

Onde:

$$n^o \geq \frac{1}{\epsilon_0^2}$$

N é o número total de pessoas;

ϵ_0 é o erro amostral desejado;

n é a amostra de pessoas entrevistadas.

Barbetta (2003) enfatiza que para uma amostra ser considerada significativa, o erro adotado deve estar entre 1% e 4%. Porém, devido ao tamanho da população do grupo 1 e do grupo 2, foram adotados valores maiores de erros.

Os questionários foram compostos por perguntas que demonstrassem a quantidade de vezes e tempo que cada equipamento hidrossanitário e atividade de limpeza eram utilizados durante um dia de permanência no edifício.

Foi aplicado um tipo de questionário para cada grupo. Para o grupo 1, o mesmo questionário foi aplicado no formato impresso e presencialmente aos frequentadores da Biblioteca Central e no formato virtual aos alunos do curso de Engenharia Civil da UFSC. Para o grupo 2, foi aplicado somente questionário no formato virtual, o qual se diferencia do questionário do grupo 1 apenas com a inclusão de perguntas relacionadas aos usos de água da copa de funcionários. Por fim, para o grupo 3, foi aplicado questionário relacionado às atividades de limpeza realizadas no edifício e aos usos de água da copa de funcionários. Os questionários utilizados nas entrevistas estão apresentados no Apêndice 1.

3.3.5. Estimativa do consumo de água

Estimou-se o consumo diário de água de cada equipamento hidrossanitário separadamente para os grupos 1, 2 e 3. A estimativa do consumo diário de água foi realizada com base nos volumes por acionamento ou vazões estimadas, dados obtidos nos questionários e pelo número de pessoas que efetivamente utilizam cada aparelho. Em seguida, obteve-se o consumo total diário de cada equipamento hidrossanitário por meio da soma do consumo obtido para cada um dos grupos.

O consumo de água referente às atividades de limpeza foi calculado com base no questionário aplicado a todos os funcionários do grupo 3, portanto, o consumo estimado corresponde ao consumo total de cada atividade de limpeza.

É importante destacar que a Biblioteca Central possui uma máquina de vendas automática de café, bebidas quentes e geladas. Porém, seu consumo foi desconsiderado, pois das 115 pessoas entrevistadas, apenas três fazem uso deste equipamento.

3.3.5.1. Estimativa do consumo das torneiras de lavatórios

A estimativa do consumo de água das torneiras de lavatório foi realizada para os grupos 1 e 2. Utilizou-se a quantidade de acionamentos por uso das torneiras de lavatório, visto que o usuário pode acionar a torneira mais de uma vez por uso. Deste modo, o cálculo do consumo diário de água das torneiras de lavatório foi realizado com base no somatório da multiplicação da frequência diária de uso, da quantidade de acionamentos por uso obtidos nos questionários, e do volume de água por acionamento. Por fim, o somatório foi dividido pelo número de pessoas entrevistadas e multiplicado pela população total usuária deste equipamento, conforme apresentado na Equação 2. Para o cálculo do consumo diário de água das torneiras de lavatório, considerou-se como usuários a população total do grupo 1 e a população total do grupo 2.

$$C_{\text{torneira lavatório}} = \frac{(\sum_i^{n_1} f_i * na_i * V_{tl}) * P_1}{n_1} + \frac{(\sum_i^{n_2} f_i * na_i * V_{tl}) * P_2}{n_2} \quad (2)$$

Onde:

$C_{\text{torneira lavatório}}$ é o consumo diário de água das torneiras de lavatório (L/dia);

f_i é a frequência diária de uso das torneiras de lavatório (número de vezes de uso/dia);

na_i é o número de acionamento da torneira de lavatório por uso (número de acionamento/uso);

V_{tl} é o volume por acionamento das torneiras de lavatório (L/ acionamento);

n_1 é a amostra de pessoas entrevistadas do grupo 1;

n_2 é a amostra de pessoas entrevistadas do grupo 2;

P_1 é a população total do grupo 1;

P_2 é a população total do grupo 2.

3.3.5.2. Estimativa do consumo dos mictórios

A estimativa do consumo de água dos mictórios foi realizada para os grupos 1 e 2. Utilizou-se a quantidade de acionamentos por uso das válvulas de descarga dos mictórios, visto que o usuário pode acionar a válvula mais de uma vez por uso. Deste modo, o cálculo do consumo diário de água das torneiras de lavatório foi realizado com base no somatório da multiplicação da frequência diária de uso, da quantidade de acionamentos por uso obtidos nos questionários, e do volume de água por acionamento. Por fim, o somatório foi dividido pelo número de pessoas entrevistadas e multiplicado pela população total usuária deste equipamento, conforme apresentado na Equação 3. Para o cálculo do consumo diário de água dos mictórios, considerou-se como usuários o percentual da população total masculina dos grupos 1 e 2 que efetivamente utiliza os mictórios.

$$C_{\text{mictório}} = \frac{(\sum_i^{n_1} f_i * na_i * V_m) * P_{1,m}}{n_1} + \frac{(\sum_i^{n_2} f_i * na_i * V_m) * P_{2,m}}{n_2} \quad (3)$$

Onde:

$C_{\text{mictório}}$ é o consumo diário de água dos mictórios (L/dia);

f_i é a frequência diária de uso dos mictórios (número de vezes de uso/dia);

na_i é o número de acionamento dos mictórios por uso (número de acionamento/uso);

V é o volume por acionamento dos mictórios (L/ acionamento);

n_1 é a amostra de pessoas entrevistadas do grupo 1;

n_2 é a amostra de pessoas entrevistadas do grupo 2;

$P_{1,m}$ é o percentual da população total masculina do grupo 1 que efetivamente utiliza os mictórios;

$P_{2,m}$ é o percentual da população total masculina do grupo 2 que efetivamente utiliza os mictórios.

3.3.5.3. Estimativa do consumo das bacias sanitárias

A estimativa do consumo de água das bacias sanitárias foi realizada para os grupos 1 e 2. O cálculo do consumo diário de água das bacias sanitárias foi realizado com base no somatório da multiplicação da frequência diária de uso e do tempo de acionamento por uso obtidos nos questionários, e da vazão do equipamento. Por fim, o somatório foi dividido pelo número de pessoas entrevistadas e multiplicado pela população total usuária deste equipamento, conforme apresentado na Equação 4. Para o cálculo do consumo diário de água das bacias sanitárias, considerou-se como usuários a população total feminina dos grupos 1 e 2 mais o percentual da população total masculina dos grupos 1 e 2 que efetivamente utiliza as bacias sanitárias.

$$C_{\text{bacia sanitária}} = \frac{(\sum_i^{n_1} f_i * t_i * Q_{bs}) * P_{1,bs}}{n_1} + \frac{(\sum_i^{n_2} f_i * t_i * Q_{bs}) * P_{2,bs}}{n_2} \quad (4)$$

Onde:

$C_{\text{bacia sanitária}}$ é o consumo diário de água das bacias sanitárias (L/dia);

f_i é a frequência diária de uso das bacias sanitárias (número de usos/dia);

t_i é o tempo de acionamento das bacias sanitárias por uso (segundos/uso);

Q_{bs} é a vazão das bacias sanitárias (L/segundo);

n_1 é a amostra de pessoas entrevistadas do grupo 1;

n_2 é a amostra de pessoas entrevistadas do grupo 2;

$P_{1,bs}$ é a população total feminina do grupo 1 mais o percentual da população total masculina do grupo 1 que efetivamente utiliza as bacias sanitárias;

$P_{2,bs}$ é a população total feminina do grupo 2 mais o percentual da população total masculina do grupo 2 que efetivamente utiliza as bacias sanitárias.

3.3.5.4. Estimativa do consumo dos bebedouros das áreas comuns

Para estimar o consumo diário de água dos bebedouros das áreas comuns, foi considerado o volume da garrafa de água de cada usuário do grupo 1, visto que os bebedouros da Biblioteca Central possuem sinalização de que o uso é restrito para encher as garrafas de água. Desse modo, o consumo foi calculado com base no somatório da multiplicação da frequência diária de uso e volume da garrafa de água obtidos nos questionários. Por fim, o somatório foi dividido

pelo número de pessoas entrevistadas e multiplicado pela população total usuária deste equipamento, conforme apresentado na Equação 5.

$$C_{\text{bebedouros}} = \frac{(\sum_i^{n_1} f_i * Vg_i) * P_{1,b}}{n_1} \quad (5)$$

Onde:

$C_{\text{bebedouros}}$ é o consumo diário de água dos bebedouros das áreas comuns (L/dia);

f_i é a frequência diária de uso dos bebedouros (número de vezes/dia);

Vg_i é o volume da garrafa de água de cada usuário (L);

n_1 é a amostra de pessoas entrevistadas do grupo 1;

$P_{1,b}$ é o percentual da população total feminina e masculina do grupo 1 que efetivamente utiliza os bebedouros.

3.3.5.5. Estimativa do consumo de água do bebedouro da copa dos funcionários

Para estimar o consumo diário de água do bebedouro da copa dos funcionários, foi considerado o volume da garrafa de água ou copo de cada usuário dos grupos 2 e 3, visto que não é possível consumir a água do bebedouro da copa de funcionários de outra forma. Desse modo, o consumo foi calculado com base no somatório da multiplicação da frequência diária de uso e volume da garrafa de água ou copo de cada usuário obtidos nos questionários. Por fim, o somatório foi dividido pelo número de pessoas entrevistadas e multiplicado pela população total usuária deste equipamento, conforme mostra a Equação 6. Para o cálculo de consumo diário de água do bebedouro da copa de funcionários, considerou-se como usuários o percentual da população total feminina e masculina do grupo 2 que efetivamente utiliza o bebedouro e a população total do grupo 3.

$$C_{\text{bebedouro copa}} = \frac{(\sum_i^{n_2} f_i * Vg_i) * P_{2,b}}{n_2} + \sum_i^{P_3} f_i * Vg_i \quad (6)$$

Onde:

$C_{\text{bebedouro copa}}$ é o consumo diário de água do bebedouro da copa de funcionários (L/dia);

f_i é a frequência diária de uso do bebedouro (número de vezes/dia);

Vg_i é o volume da garrafa de água ou copo de cada usuário (L);

n_2 é a amostra de pessoas entrevistadas do grupo 2;

$P_{2,b}$ é o percentual da população total do grupo 2 que efetivamente utiliza os bebedouros;

P_3 é a população total do grupo 3.

3.3.5.6. Estimativa do consumo de água da torneira de pia de cozinha da copa dos funcionários

O cálculo do consumo diário de água da torneira de pia de cozinha da copa dos funcionários foi realizado com base no somatório da multiplicação da frequência diária de uso e tempo de uso obtidos nos questionários, e da vazão do equipamento. Por fim, o somatório foi dividido pelo número de pessoas entrevistadas e multiplicado pela população total usuária deste equipamento, conforme apresentado na Equação 7. Considerou-se como usuários o percentual da população total feminina e masculina do grupo 2 que efetivamente utiliza a torneira de pia de cozinha e a população total do grupo 3.

$$C_{\text{torneira pia}} = \frac{(\sum_i^{n_2} f_i * t_i * Q_{tp}) * P_{2,pc}}{n_2} + \sum_i^{P_3} f_i * t_i * Q_{tp} \quad (7)$$

Onde:

$C_{\text{torneira pia}}$ é o consumo diário de água da torneira de pia de cozinha da copa dos funcionários (L/dia);

f_i é a frequência diária de uso da torneira de pia de cozinha (número de vezes de uso/dia);

t_i é o tempo de uso da torneira de pia de cozinha (segundos/uso);

Q_{tp} é a vazão da torneira de pia de cozinha (L/segundo);

n_2 é a amostra de pessoas entrevistadas do grupo 2;

$P_{2,pc}$ é o percentual da população total do grupo 2 que efetivamente utiliza a pia de cozinha;

P_3 é a população total do grupo 3.

3.3.5.7. Estimativa do consumo de água da torneira de tanque da copa dos funcionários

O cálculo do consumo diário de água da torneira de tanque da copa dos funcionários foi realizado com base no somatório da multiplicação da frequência diária de uso e tempo de uso obtidos nos questionários do grupo 3, e da vazão do equipamento, conforme apresentado na Equação 8.

$$C_{\text{torneira tanque}} = \sum_i^{P_3} f_i * t_i * Q_{tq} \quad (8)$$

Onde:

$C_{\text{torneira tanque}}$ é o consumo diário de água da torneira de tanque da copa dos funcionários (L/dia);

f_i é a frequência diária de uso da torneira de tanque (número de vezes de uso/dia);

t_i é o tempo de uso da torneira de tanque (segundos/uso);

Q_{tq} é a vazão da torneira de tanque (L/segundo);

P_3 é a população total do grupo 3.

3.3.5.8. Estimativa do consumo de água das atividades de limpeza

A estimativa do consumo de água das atividades de limpeza foi realizada para a lavagem de piso e limpeza de banheiro. A limpeza dos mobiliários é realizada com pano e álcool, portanto, não foi considerada na análise. O jardim central é irrigado por um funcionário que não faz parte da equipe de limpeza, o qual não foi possível estabelecer contato. Além disso, foi informado que a irrigação ocorre uma vez na semana, portanto, esse consumo foi desconsiderado da análise.

Para a lavagem dos pisos, os funcionários utilizam o equipamento Mop, o qual possui um balde acoplado com capacidade de armazenamento de 20 L. Dessa forma, o consumo foi calculado com base no somatório da multiplicação da frequência diária de lavagem e a quantidade de baldes utilizada por lavagem obtidos nos questionários, e o volume do balde, conforme apresentado na Equação 9.

$$C_{\text{lavagem piso}} = \sum_i^n f_i * n_b * V_{mop} \quad (9)$$

Onde:

$C_{\text{lavagem piso}}$ é o consumo diário de água de lavagem dos pisos (L/dia);

f_i é a frequência diária de lavagem (número de lavagem/dia);

n_b é o número de vezes que o equipamento é utilizado (número de vezes de uso/lavagem);

V_{mop} é o volume do bale utilizado no equipamento Mop.

Para a limpeza dos banheiros, os funcionários utilizam o balde convencional de 5 L. Dessa forma, o consumo foi calculado com base no somatório da multiplicação da frequência diária de limpeza e a quantidade de baldes utilizada por limpeza obtidos nos questionários, e do volume do balde, conforme apresentado na Equação 10.

$$C_{\text{limpeza banheiro}} = \sum_i^n f_i * n_b * V_b \quad (10)$$

Onde:

$C_{\text{limpeza banheiro}}$ é o consumo diário de água da limpeza dos banheiros (L/dia);

f_i é a frequência diária de limpeza (número de limpeza/dia);

n_b é o número de vezes que o balde é utilizado (número de vezes de uso/limpeza);

V_b é o volume do balde utilizado na limpeza dos banheiros.

3.3.5.9. Estimativa do consumo total diário e mensal de água

Depois de realizada a estimativa do consumo de água diário dos equipamentos hidrossanitários e das atividades de limpeza, realizou-se o somatório do consumo diário de cada equipamento hidrossanitário e atividade de limpeza para verificar o consumo total diário de água da Biblioteca Central, conforme a Equação 11.

$$C_{\text{diário total}} = C_{\text{torneira lavatório}} + C_{\text{mictório}} + C_{\text{bacia sanitária}} + C_{\text{bebedouros}} + C_{\text{bebedouro copa}} + C_{\text{torneira pia}} + C_{\text{torneira tanque}} + C_{\text{lavagem piso}} + C_{\text{limpeza banheiro}} \quad (11)$$

Onde:

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário de água potável da edificação (L/dia);

$C_{\text{torneira lavatório}}$ é o consumo diário de água das torneiras de lavatório (L/dia);

$C_{\text{mictório}}$ é o consumo diário de água dos mictórios (L/dia);

$C_{\text{bacia sanitária}}$ é o consumo diário de água das bacias sanitárias (L/dia);

$C_{\text{bebedouros}}$ é o consumo diário de água dos bebedouros das áreas comuns (L/dia);

$C_{\text{bebedouro copa}}$ é o consumo diário de água do bebedouro da copa dos funcionários (L/dia);

$C_{\text{torneira pia}}$ é o consumo diário de água da torneira de pia de cozinha da copa dos funcionários (L/dia);

$C_{\text{torneira tanque}}$ é o consumo diário de água da torneira de tanque da copa dos funcionários (L/dia);

$C_{\text{lavagem piso}}$ é o consumo diário de água da lavagem de pisos (L/dia);

$C_{\text{limpeza banheiro}}$ é o consumo diário de água da limpeza dos banheiros (L/dia).

A Biblioteca Central da UFSC opera em dias úteis, finais de semanas e feriados. O horário de funcionamento em dias úteis é das 7h30 às 22h e em sábados, domingos e feriados ocorre das 8h às 18h. Contudo, a quantidade de ocupantes em finais de semanas reduz expressivamente quando comparado com a ocupação em dias úteis. Dessa forma, ocorre uma grande variação de ocupação do edifício, e por consequência, do consumo de água.

Diante disso, optou-se também por verificar o consumo mensal de água, o qual foi determinado por meio da multiplicação do consumo diário total pelo número de dias de segunda-feira a sábado em um mês letivo, conforme a Equação 12.

$$C_{\text{mensal}} = C_{\text{diário total}} * d \quad (12)$$

Onde:

C_{mensal} é o consumo mensal de água da edificação (L/mês);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário de água da edificação (L/dia);

d é o número de dias de segunda-feira a sábado em um mês letivo (dias).

O número de dias úteis de um mês é de aproximadamente 22 dias, com a inclusão dos sábados, o número de dias de segunda-feira a sábado seria de 26 dias. Portanto, adotou-se para este estudo, para fins de cálculo do consumo mensal, o número de dias de segunda-feira a sábado como sendo de 26 dias. O consumo mensal estimado foi comparado com a média dos consumos mensais reais dos meses de janeiro até junho de 2023.

3.3.5.10. Estimativa dos usos finais

O consumo diário de cada equipamento hidrossanitário e atividade de limpeza corresponde aos usos finais da edificação. Desse modo, o percentual de consumo de cada uso final foi determinado conforme a Equação 13.

$$P_{\text{uso final}} = \frac{C_{\text{diário uso}}}{C_{\text{diário total}}} * 100 \quad (13)$$

Onde:

$P_{\text{uso final}}$ é o percentual de consumo de água do uso final em comparação com o consumo total de água da edificação (%);

$C_{\text{diário uso}}$ é o consumo diário de água do uso em específico (L/dia);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário de água potável da edificação (L/dia).

Neste trabalho, considerou-se como usos em fins não potáveis os mictórios e as bacias sanitárias. A lavagem de pisos e limpeza de banheiros não foram consideradas como usos não potáveis, pois o consumo de água nessas atividades não é representativo quando comparado com os consumos dos demais usos não potáveis. A torneira de tanque é utilizada majoritariamente para lavagem de panos de limpeza, contudo, está localizada na copa dos funcionários e também é utilizada para limpeza de outros utensílios, portanto, optou-se por não considerar a torneira de tanque como uso não potável. Desta forma, os usos potáveis são: torneira de lavatório, bebedouros das áreas comuns, torneira de pia de cozinha, torneira de tanque, bebedouro da copa dos funcionários, lavagem de pisos e limpeza de banheiros.

3.3.6. Análise de sensibilidade

Notou-se, durante as entrevistas, dúvidas nas respostas dos usuários em relação a quantidade de vezes e tempo de uso diário de alguns equipamentos hidrossanitários. Além disso, verificou-se que alguns mictórios e bacias sanitárias apresentavam defeitos nas válvulas de descargas, comprometendo o acionamento da mesma. Dessa forma, respostas imprecisas dos entrevistados e dificuldades de medição da vazão dos equipamentos hidrossanitários podem gerar erros na estimativa do consumo de água.

A análise de sensibilidade consiste em aplicar variações na frequência e tempo de uso dos equipamentos hidrossanitários em intervalos adequados, para verificar a influência de cada tipo de equipamento sobre a variação do consumo final de água. Dessa forma, realizou-se uma análise de sensibilidade, para verificar a influência do erro de cada equipamento hidrossanitário no consumo estimado e realizar o ajuste com o consumo real medido pela CASAN.

Aplicaram-se variações de -30% a +30%, em intervalos de 10%, sobre o consumo dos aparelhos que apresentaram os maiores consumos de água da edificação (torneiras de lavatório, mictórios e bacias sanitárias). Deste modo, foi possível verificar a influência de cada equipamento hidrossanitário sobre o consumo total e determinar quais são os aparelhos mais sensíveis a erros.

Após determinar quais equipamentos hidrossanitários são mais sensíveis a erros, reduziu-se, proporcionalmente, a diferença entre o consumo estimado e real dos consumos estimados dos equipamentos de maior sensibilidade.

3.3.7. Usos finais corrigidos

Os usos finais estimados foram comparados com os dados de consumo diário obtidos pelas leituras de hidrômetro e consumo mensal apresentados na planilha de Monitoramento do Consumo de Água da UFSC, para verificar se haviam diferenças entre o consumo estimado e o consumo medido.

A diferença verificada foi ajustada conforme a análise de sensibilidade e definiu-se os usos finais corrigidos, apresentando novos percentuais de consumo em cada equipamento hidrossanitário e atividades de limpeza.

3.4. Avaliação do potencial de economia de água potável

Verificou-se o potencial de economia de água potável para estratégias isoladas e combinadas de redução do consumo de água. As estratégias isoladas analisadas foram: equipamentos economizadores de água; aproveitamento de água pluvial; reúso de água cinza; e reúso de água negra.

Para as estratégias combinadas, analisou-se quatro cenários: cenário 1, que consiste na combinação de equipamentos economizadores de água e aproveitamento de água pluvial; cenário 2, que consiste na combinação de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza; cenário 3, que consiste na combinação de equipamentos economizadores de água e reúso de água negra; e cenário 4, que consiste na combinação de equipamentos economizadores de água, aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza.

3.4.1. Equipamentos economizadores de água

Verificou-se a vazão dos equipamentos hidrossanitários existentes no edifício para realizar a busca por equipamentos que permitam reduzir ao máximo o volume de água utilizado sem que haja prejuízo ao funcionamento dos equipamentos e necessidades dos usuários, conforme recomendado pela NBR 15575-6 (ABNT, 2013).

Dessa forma, optou-se por substituir os seguintes equipamentos hidrossanitários existentes na edificação: torneiras de lavatório, mictórios, bacias sanitárias e torneira de pia de cozinha. A vazão dos bebedouros não exerce influência no consumo do mesmo, visto que os usuários utilizam o bebedouro para encher com água um recipiente com volume definido. Optou-se também por não substituir a torneira de tanque, pois a mesma apresenta vazão similar à de uma torneira economizadora de água.

Após selecionar os equipamentos economizadores de água, substituiu-se, nas equações de cálculo de consumo diário apresentadas na seção 3.3.5 deste trabalho, a vazão dos equipamentos convencionais pela vazão dos equipamentos economizadores de água selecionados. Desta forma, obteve-se o novo consumo de água para cada equipamento hidrossanitário. Por fim, fez-se necessário aplicar reduções, em porcentagem, equivalente as reduções obtidas na análise de sensibilidade dos usos finais, para correção dos consumos estimados com os equipamentos economizadores de água.

Diante disso, determinou-se o consumo diário de água de cada equipamento economizador de água. Por fim, o potencial de economia de água potável foi determinado pela divisão do consumo diário total de água da edificação com a implementação dos equipamentos economizadores pelo consumo diário total de água da edificação sem a implementação de estratégias de redução de consumo de água, conforme apresentado na Equação 14.

$$P_{equip. econo.} = \left(1 - \frac{C_{diário\ total\ equip. econo.}}{C_{diário\ total}}\right) * 100 \quad (14)$$

Onde:

$P_{equip. econo.}$ é o percentual de economia de água potável por meio da implementação de equipamentos economizadores de água (%);

$C_{diário\ total\ equip. econo.}$ é o consumo diário total de água potável da edificação com a implementação de equipamentos economizadores de água (L/dia);

$C_{diário\ total}$ é o consumo diário total de água potável da edificação sem estratégias de redução do consumo de água (L/dia).

3.4.2. Aproveitamento de água pluvial

Para estimar o potencial de economia de água por meio da implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, verificou-se o percentual de água potável utilizado em fins não

potáveis, os dados pluviométricos do local de estudo e a área de captação da edificação. Por meio desses dados, foi possível determinar o volume ideal de reservatório inferior de armazenamento de água pluvial bruta e o potencial de redução do consumo de água potável.

3.4.2.1. Percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial

Neste trabalho, considerou-se a utilização de água para fins não potáveis em mictórios e bacias sanitárias. O consumo de água da limpeza de piso e banheiro não foi considerado na análise, pois os baldes que são utilizados nas limpezas são enchidos com água da torneira de tanque, que também é utilizada para lavagem de panos e outros utensílios. Além disso, o consumo de limpeza possui representatividade considerada insignificante quando comparado com os demais usos não potáveis.

Verificou-se o percentual de água potável que poderia ser substituída por água pluvial por meio da soma dos percentuais de consumo de água dos mictórios e das bacias sanitárias, após a correção dos usos finais de água, conforme a Equação 15.

$$P_{aprov.pluvial} = P_{mictório} + P_{bacia\ sanitária} \quad (15)$$

Onde:

$P_{aprov. pluvial}$ é o percentual de água potável que pode ser substituído por água pluvial (%);

$P_{mictório}$ é o percentual de água potável consumida em mictórios (%);

$P_{bacia\ sanitária}$ é o percentual de água potável consumida em bacias sanitárias (%).

3.4.2.2. Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados neste trabalho foram obtidos por meio do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023). Estes dados foram coletados da Estação Convencional do Aeroporto de Florianópolis [83899], localizada na latitude 27°67' Sul, longitude 48°55' Oeste e altitude de 4,64 metros. Os dados fornecidos incluem informações sobre precipitações diárias para o período de 01/01/2003 até 01/09/2023.

3.4.2.3. Área de captação

Para realizar os cálculos da área de captação da edificação, solicitou-se os projetos arquitetônico e hidráulico da Biblioteca Central da UFSC ao Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia da UFSC (DPAE, 2023a). Porém, os projetos foram encaminhados em formato de imagem e correspondem ao escaneamento das pranchas produzidas nos anos de 1993 e 1994, período em que ocorreu a ampliação da Biblioteca Central. Além disso, as pranchas encaminhadas não possuem cotas ou outra forma de representação das dimensões da edificação.

Dessa forma, optou-se por calcular a área de cobertura da edificação por meio do programa QGIS. O programa QGIS consiste em um sistema de informação geográfica de código aberto e suporta inúmeros formatos de vetores, *rasters* e bases de dados e funcionalidades (QGIS, 2023).

Para calcular a área de captação fez-se necessário gerar três polígonos sobre a projeção horizontal da cobertura da edificação. O primeiro polígono corresponde a área de superfície composta pelos quatro vértices da edificação. O segundo polígono foi gerado sobre o jardim interno central que não possui cobertura. O terceiro polígono foi gerado sobre área técnica localizada sobre o telhado e que também não possui cobertura. Por fim, para estimar a área de captação, subtraiu-se os valores de áreas obtidos para o segundo e terceiro polígono do valor de área obtido para o primeiro polígono, conforme a Equação 16.

$$\text{Área de captação} = A_1 - A_2 - A_3 \quad (16)$$

Onde:

Área de captação é a área de captação de água pluvial da cobertura da Biblioteca Central (m²);

A₁ é a área calculada pelo programa QGIS para o polígono 1;

A₂ é a área calculada pelo programa QGIS para o polígono 2;

A₃ é a área calculada pelo programa QGIS para o polígono 3.

Devido a imprecisão atrelada a construção dos polígonos no programa QGIS e por considerar a projeção horizontal da cobertura, optou-se por aplicar uma redução de 10% sobre a área de cobertura calculada.

Para definir o coeficiente de escoamento superficial da cobertura da Biblioteca Central, verificou-se o material empregado na cobertura da edificação e utilizou-se os valores calculados

no estudo da Klein (2017), o qual realizou uma análise qualitativa e quantitativa do escoamento pluvial em diferentes tipos de coberturas localizadas em Florianópolis.

3.4.2.4. Reservatórios de água pluvial

O reservatório de armazenamento de água pluvial bruta é o componente mais dispendioso do sistema, portanto, deve ser dimensionado com base em critérios técnicos para tornar viável a implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Para estimar o volume ideal do reservatório de água pluvial utilizou-se o programa Netuno (GHISI; CORDOVA, 2014). O algoritmo do programa foi desenvolvido para verificar o potencial de economia de água potável obtido pelo aproveitamento de água pluvial em função do volume de reservatório inferior de água pluvial adotado. As variáveis de entrada necessárias para utilizar o programa Netuno são:

- Dados diários de precipitação pluviométrica (mm);
- Data de início dos dados de precipitação pluviométrica;
- Descarte de escoamento inicial (mm);
- Área de captação (m²);
- Consumo diário *per capita* de água potável (L *per capita*/dia);
- População total;
- Percentual de demanda de água potável que poderia ser substituída por água pluvial (%);
- Coeficiente de escoamento superficial;
- Volume do reservatório superior (L);
- Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque (%);
- Intervalo de simulação do volume do reservatório inferior.

O volume do reservatório superior é um dado de entrada do programa que precisa ser adotado. O reservatório superior é responsável por armazenar o volume de água pluvial tratada e deve ser maior que a demanda diária de água não potável e no máximo, o volume equivalente a dois dias dessa demanda, para evitar armazenamento prolongado e possíveis alterações da qualidade da água pluvial tratada, conforme recomendando pela NBR 16783 (ABNT, 2019b). Desse modo, definiu-se o volume do reservatório superior dentro dos limites estabelecidos acima.

Para simular o volume do reservatório inferior, fez-se variar o volume do reservatório em intervalos de 5.000 L, com volume máximo estabelecido de 100.000 L. O processo de variação do volume do reservatório foi realizado para determinar o potencial de economia de água potável e definir o volume ideal para o reservatório de água pluvial bruta. Quando a variação do volume do reservatório promoveu um aumento inferior ou igual a 1,5% no potencial de economia de água potável, foi escolhido o volume anterior como ideal para o reservatório inferior.

Além disso, devido às incertezas das respostas obtidas nas entrevistas e ao erro obtido na estimativa do consumo diário de água potável, verificou-se também qual seria o potencial de economia de água potável para diferentes percentuais de água não potável que poderiam ser substituídos por água pluvial. Para isso, variou-se o percentual de água não potável estimado em -10%, -5%, +5% e +10%.

Por fim, selecionou-se o potencial de economia de água potável obtido para o menor percentual de água não potável e para o mesmo volume de reservatório definido. Vale lembrar que podem ser utilizados vários reservatórios com volumes inferiores, interligados entre si, desde que totalizem o volume total do reservatório inferior adotado.

3.4.3. Reúso de água cinza

Para estimar o potencial de economia de água por meio da implementação de um sistema de reúso de água cinza, é necessário verificar a oferta de água cinza e a demanda de água não potável. A oferta de água cinza da Biblioteca Central corresponde ao consumo das torneiras de lavatório e torneira de tanque. A demanda de água não potável corresponde ao consumo dos mictórios e bacias sanitárias. Desse modo, a redução do consumo de água potável foi determinada subtraindo a oferta de água cinza da demanda de água não potável.

Diante disso, determinou-se o consumo diário total de água potável com a implementação do sistema de reúso de água cinza. Por fim, o potencial de economia de água potável foi determinado por meio da divisão do consumo diário total de água da edificação com a implementação do sistema de reúso de água cinza pelo consumo diário total de água da edificação sem a implementação de estratégias de redução de consumo de água, conforme apresentado na Equação 17.

$$P_{\text{água cinza}} = \left(1 - \frac{C_{\text{diário total água cinza}}}{C_{\text{diário total}}}\right) * 100 \quad (17)$$

Onde:

$P_{\text{água cinza}}$ é o percentual de economia de água potável por meio da implementação do sistema de reúso de água cinza (%);

$C_{\text{diário total água cinza}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação com a implementação do sistema de reúso de água cinza (L/dia);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação sem estratégias de redução do consumo de água (L/dia).

3.4.4. Reúso de água negra

Para estimar o potencial de economia de água por meio da implementação de um sistema de reúso de água negra, é necessário verificar a oferta de água negra e a demanda de água não potável.

O sistema de esgoto sanitário da Biblioteca Central recebe, em conjunto, a água negra e água cinza gerada na edificação. Desta forma, para este trabalho, adotou-se a terminologia de água negra como sendo todo o esgoto gerado na edificação. Portanto, a oferta de água negra da Biblioteca Central corresponde ao consumo das torneiras de lavatório, mictórios, bacias sanitárias, torneira de pia de cozinha e torneira de tanque. A demanda de água não potável corresponde ao consumo dos mictórios e bacias sanitárias. Desse modo, a redução do consumo de água potável foi determinada subtraindo a oferta de água negra da demanda de água não potável.

Diante disso, determinou-se o consumo diário total de água potável com a implementação do sistema de reúso de água negra. Por fim, o potencial de economia de água potável foi determinado por meio da divisão do consumo diário total de água da edificação com a implementação do sistema de reúso de água negra pelo consumo diário total de água da edificação sem a implementação de estratégias de redução de consumo de água, conforme apresentado na Equação 18.

$$P_{\text{água negra}} = \left(1 - \frac{C_{\text{diário total água negra}}}{C_{\text{diário total}}}\right) * 100 \quad (18)$$

Onde:

$P_{\text{água negra}}$ é o percentual de economia de água potável por meio da implementação do sistema de reúso de água negra (%);

$C_{\text{diário total água negra}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação com a implementação do sistema de reúso de água negra (L/dia);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação sem estratégias de redução do consumo de água (L/dia).

3.4.5. Cenário 1

O cenário 1 consiste na implementação das estratégias combinadas de equipamentos economizadores de água e aproveitamento de água pluvial. Para isso, utilizou-se os usos finais calculados com a implementação dos equipamentos economizadores de água, conforme descrito na seção 3.4.1.

Após obter o novo consumo de água para cada equipamento hidrossanitário e o consumo total da edificação, calculou-se o novo percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial e o novo consumo *per capita* diário. Também se fez necessário determinar o novo volume do reservatório superior de água pluvial tratada conforme a nova demanda de água não potável. Demais dados de entrada do programa Netuno não sofreram alterações.

Diante disso, seguiu-se os mesmos procedimentos descritos na seção 3.4.2.4 e determinou-se o volume ideal do reservatório inferior e o potencial de economia de água potável. O potencial de economia de água potável obtido pelo programa Netuno foi convertido em volume por meio da multiplicação do potencial de economia pelo consumo total diário da edificação com uso de equipamentos economizadores. Reduziu-se esse volume da demanda de água não potável, e assim, obteve-se o consumo diário total de água potável para o cenário 1.

Por fim, o potencial de economia de água potável do cenário 1 foi determinado por meio da divisão do consumo diário total de água potável da edificação do cenário 1 pelo consumo diário total de água da edificação sem a implementação de estratégias de redução de consumo de água, conforme apresentado na Equação 19.

$$P_{\text{cenário 1}} = \left(1 - \frac{C_{\text{diário total cenário 1}}}{C_{\text{diário total}}}\right) * 100 \quad (19)$$

Onde:

$P_{\text{cenário 1}}$ é o percentual de economia de água potável por meio da implementação de equipamentos economizadores de água e aproveitamento de água pluvial (%);

$C_{\text{diário total cenário 1}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação com a implementação de equipamentos economizadores de água e aproveitamento de água pluvial (L/dia);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação sem estratégias de redução do consumo de água (L/dia).

3.4.6. Cenário 2

O cenário 2 consiste na implementação das estratégias combinadas de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza. Para isso, utilizou-se os usos finais calculados com a implementação dos equipamentos economizadores de água, conforme descrito na seção 3.4.1.

Após obter o novo consumo de água para cada equipamento hidrossanitário e o consumo total da edificação, calculou-se a nova oferta de água cinza e a nova demanda de água não potável. Desse modo, a redução do consumo de água potável por meio do reúso de água cinza foi determinada subtraindo a oferta de água cinza da demanda de água não potável. Diante disso, determinou-se o consumo diário total de água potável do cenário 2.

Por fim, o potencial de economia de água potável do cenário 2 foi determinado por meio da divisão do consumo diário total de água da edificação com a implementação de equipamentos economizadores de água e sistema de reúso de água cinza pelo consumo diário total de água da edificação sem a implementação de estratégias de redução de consumo de água, conforme apresentado na Equação 20.

$$P_{\text{cenário 2}} = \left(1 - \frac{C_{\text{diário total cenário 2}}}{C_{\text{diário total}}}\right) * 100 \quad (20)$$

Onde:

$P_{\text{cenário 2}}$ é o percentual de economia de água potável por meio da implementação de equipamentos economizadores de água e sistema de reúso de água cinza (%);

$C_{\text{diário total cenário 2}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação com a implementação de equipamentos economizadores de água e sistema de reúso de água cinza (L/dia);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação sem estratégias de redução do consumo de água (L/dia).

3.4.7. Cenário 3

O cenário 3 consiste na implementação das estratégias combinadas de equipamentos economizadores de água e reúso de água negra. Enfatiza-se que, para este trabalho, adotou-se a terminologia de água negra como sendo todo o esgoto gerado na edificação. Diante disso, utilizou-se os usos finais calculados com a implementação dos equipamentos economizadores de água, conforme descrito na seção 3.4.1.

Calculou-se a nova oferta de água negra e a nova demanda de água não potável. Desse modo, a redução do consumo de água potável foi determinada subtraindo a oferta de água negra da demanda de água não potável. Diante disso, determinou-se o consumo diário total de água potável para o cenário 3. Por fim, o potencial de economia de água potável foi determinado conforme apresentado na Equação 21.

$$P_{\text{cenário 3}} = \left(1 - \frac{C_{\text{diário total cenário 3}}}{C_{\text{diário total}}}\right) * 100 \quad (21)$$

Onde:

$P_{\text{cenário 3}}$ é o percentual de economia de água potável por meio da implementação de equipamentos economizadores de água e sistema de reúso de água negra (%);

$C_{\text{diário total cenário 3}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação com a implementação de equipamentos economizadores de água e sistema de reúso de água negra (L/dia);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação sem estratégias de redução do consumo de água (L/dia).

3.4.8. Cenário 4

O cenário 4 consiste na implementação das estratégias combinadas de equipamentos economizadores de água, reúso de água cinza e aproveitamento de água pluvial. Para isso, utilizou-se os usos finais calculados para o cenário 2 na seção 3.4.6, após a implementação de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza.

Calculou-se o novo percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial e o novo consumo *per capita* diário. Também se fez necessário determinar o volume do reservatório superior de água pluvial tratada conforme a nova demanda de água não potável. Demais dados de entrada do programa Netuno não sofreram alterações.

Diante disso, seguiu-se os mesmos procedimentos descritos na seção 3.4.2.4 e determinou-se o volume ideal do reservatório inferior e o potencial de redução do consumo de água potável para o cenário 4. O potencial de economia de água potável obtido pelo programa Netuno foi convertido em volume por meio da multiplicação do potencial de economia pelo consumo total diário da edificação com uso de equipamentos economizadores e reúso de água cinza. Reduziu-se esse volume da demanda de água não potável, e assim, obteve-se o consumo diário total de água potável para o cenário 4. Por fim, o potencial de economia de água potável do cenário 4 foi determinado conforme apresentado na Equação 22.

$$P_{\text{cenário 4}} = \left(1 - \frac{C_{\text{diário total cenário 4}}}{C_{\text{diário total}}}\right) * 100 \quad (22)$$

Onde:

$P_{\text{cenário 4}}$ é o percentual de economia de água potável por meio da implementação de equipamentos economizadores de água, reúso de água cinza e aproveitamento de água pluvial (%);

$C_{\text{diário total cenário 4}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação com a implementação de equipamentos economizadores de água, reúso de água cinza e aproveitamento de água pluvial (L/dia);

$C_{\text{diário total}}$ é o consumo diário total de água potável da edificação sem estratégias de redução do consumo de água (L/dia).

3.5. Análise econômica

Para a realização da análise econômica foram levantados os custos de implementação, manutenção e operação dos sistemas referentes as diferentes estratégias de redução do consumo de água potável. Calculou-se a economia gerada por cada estratégia isolada e para os cenários de estratégias combinadas. Por fim, para verificar a viabilidade econômica, calculou-se os seguintes índices econômicos: valor presente líquido, tempo de retorno de investimento e taxa interna de retorno.

3.5.1. Levantamento de custos

O levantamento dos custos de materiais e equipamentos foram realizados por meio da consulta em lojas de materiais de construção da região da Grande Florianópolis e adotou-se o menor valor encontrado. Os materiais que não estavam disponíveis na região foram orçados por meio de consulta em *sites* de lojas de materiais de construção civil e incluiu-se o valor de entrega. Os materiais orçados foram: equipamentos economizadores de água, reservatórios de polietileno e motobomba.

As estações de tratamento de água foram orçadas com fornecedores específicos, que apresentam estações de tratamento compactas para sistema de aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza e reúso de água negra.

Os custos de tubulação e mão-de-obra foram estimados com base no estudo de Istchuk e Ghisi (2023), o qual avaliou a influência dos dados pluviométricos e das variáveis de projeto (área de captação, demanda de água pluvial, população usuária, demanda de água potável e volume de reservatório) na viabilidade financeira dos sistemas de aproveitamento de água pluvial em oito cidades brasileiras. Diante disso, adotou-se o valor aproximado de 20% do custo total de implementação para estimar os custos de tubulação e adotou-se 24% do custo total de implementação para estimar os custos de mão-de-obra. Vale ressaltar que o estudo de Istchuk e Ghisi (2023) foi conduzido apenas para sistema de aproveitamento de água pluvial, contudo, devido as semelhanças na configuração do sistema de aproveitamento de água pluvial e dos sistemas de reúso de água cinza e água negra, fez-se pertinente aplicar os mesmos percentuais de custo de tubulação e mão-de-obra nos sistemas de reúso de água cinza e água negra. O custo de mão-de-obra de instalação dos equipamentos economizadores de água foi obtido com base nas tabelas de composições de serviços mais recentes do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2023).

Como na edificação já existem calhas de concreto impermeabilizado e condutores verticais e horizontais de PVC para a drenagem de água pluvial da cobertura, esses itens não foram incluídos na estimativa de custos de materiais.

Os custos de operação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza e reúso de água negra, resumem-se basicamente em custos de energia elétrica devido ao bombeamento de água para o reservatório superior e operação da estação de tratamento de água.

O custo de manutenção dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza e reúso de água negra, equivale ao custo de manutenção da estação de tratamento de água (reposição de peças e de cloro), os quais foram inclusos pelos fabricantes nos orçamentos das

estações de tratamento de água. Para os equipamentos economizadores de água, considerou-se como custo de manutenção uma taxa de reposição anual de equipamentos economizadores de água. Utilizou-se como base o estudo de Kalbusch et al. (2018), o qual analisou as condições de operação dos equipamentos hidrossanitários de dez edificações públicas na cidade de Joinville, Santa Catarina. Também considerou-se o percentual dos equipamentos hidrossanitários existentes na Biblioteca Central que apresentavam algum tipo de defeito ou vazamento no momento de realização deste estudo. Desta forma, adotou-se taxa de reposição anual de 50% para as torneiras de lavatório, 35% para as bacias sanitárias e 60% para os mictórios.

O custo de energia elétrica de operação das estações de tratamento foi determinado por meio da multiplicação da potência instalada da estação, do tempo de funcionamento e da tarifa de energia elétrica.

Para o bombeamento de água em instalações elevatórias, a NBR 5626 (ABNT, 2020) recomenda que devem ser instaladas no mínimo duas motobombas independentes para garantir o abastecimento de água no caso de falha de uma das unidades.

A potência da motobomba foi adotada com objetivo de vencer a altura manométrica do reservatório superior. Após selecionada a potência da motobomba e verificada a respectiva vazão (L/h), estimou-se o tempo de funcionamento diário e o número de dias de uso no mês. Por sua vez, o custo de energia para operação da motobomba foi obtido por meio do produto da potência da motobomba, do tempo de funcionamento e da tarifa de energia elétrica.

Para determinar os custos de energia elétrica devido ao bombeamento e operação das estações de tratamento, utilizou-se como base a fatura de energia elétrica da UFSC do campus Trindade/Florianópolis com vencimento no dia 25 de outubro de 2023, disponibilizada pelo Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia da UFSC (DPAE, 2023b).

3.5.2. Economia financeira

A economia financeira corresponde à diferença entre o valor da fatura de água potável da Biblioteca Central sem a implementação das estratégias de redução do consumo e da fatura de água potável com a implementação das estratégias de redução do consumo, considerando os custos de operação e manutenção dos sistemas.

Deste modo, realizou-se o levantamento dos novos custos de água potável, considerando o potencial de economia de água potável gerado pela implementação de cada estratégia de redução do consumo. Além disso, verificou-se por meio de informações fornecidas pela

CASAN, a tarifa cobrada pelo m³ de água consumida para a categoria que a Biblioteca Central da UFSC se enquadra. A tarifa de água apresenta valor fixo de cobrança e valor por m³ de água consumida, que varia conforme a faixa de consumo. Desta forma, os novos custos mensais de água potável foram calculados conforme apresentado na Equação 23.

$$C_{mensal} = t_f + V_1 * t_1 + V_2 * t_2 \quad (23)$$

Onde:

C_{mensal} é o custo mensal de água potável (R\$/mês);

t_f é a tarifa fixa de cobrança (R\$);

V_1 é o volume consumido na faixa de consumo 1 (m³);

t_1 é a tarifa da faixa de consumo 1 (R\$/m³);

V_2 é o volume consumido na faixa de consumo 2 (m³);

t_2 é a tarifa da faixa de consumo 2 (R\$/m³).

Em seguida, verificou-se a diferença entre o custo mensal atual de água potável e o custo mensal após a implementação das estratégias de redução do consumo de água potável, considerando os custos de operação e manutenção. Essa diferença representa a economia em reais, relativa ao novo consumo de água, conforme mostra a Equação 24.

$$E_m = C_{mensal\ 1} - (C_{mensal\ 2} + C_{operação}) \quad (24)$$

Onde:

E_m é a economia mensal após a implementação da estratégia de redução do consumo de água potável (R\$/mês);

$C_{mensal\ 1}$ é o custo atual mensal de água potável (R\$/mês);

$C_{mensal\ 2}$ é o custo mensal de água potável após a implementação da estratégia de redução do consumo de água potável (R\$/mês);

$C_{operação}$ é o custo mensal de operação e manutenção da estratégia de redução do consumo de água potável (R\$/mês).

Para validar a viabilidade econômica das estratégias de redução, verificou-se o valor presente líquido (VPL), o tempo de retorno de investimento e a taxa interna de retorno (TIR).

Para um investimento ser considerado viável, o VPL deve ser positivo e a TIR deve ser superior à taxa mínima de atratividade (TMA) definida.

O valor presente líquido representa as entradas e saídas de capital durante o período analisado para um único valor inicial de investimento. Os fluxos de caixa do projeto de investimento são atualizados para a data zero, descontada a taxa mínima de atratividade (TMA). O resultado positivo indica que o sistema é economicamente viável. O VPL é calculado conforme apresentado na Equação 25.

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+TMA)^j} - I_0 \quad (25)$$

Onde:

VPL é o valor presente líquido (R\$);

I_0 é o investimento inicial (R\$);

FC_j é o fluxo de caixa no período de análise (R\$);

TMA é a taxa mínima de atratividade (%);

n é o número de períodos de análise.

O tempo de retorno de investimento consiste no período que a economia gerada pela implementação do sistema equivale ao valor do investimento inicial, considerando uma taxa de desconto ao mês. Este índice é calculado por meio da Equação 26.

$$PRI_n = PRI_{n-1} + \frac{S_n}{(1+TMA)^n} \quad (26)$$

Onde:

PRI_n é a soma corrigida das entradas e saídas de capital do período de análise (R\$);

PRI_{n-1} é a soma corrigida das entradas e saídas de capital do período anterior (R\$);

S_n é soma das entradas e saídas de capital no período de análise (R\$);

TMA é a taxa mínima de atratividade (%);

n é o número de períodos de análise.

A TMA adotada foi de 0,60% ao mês, valor correspondente ao rendimento da poupança para o mês de outubro de 2023. Optou-se por adotar TMA correspondente ao rendimento da poupança, pois considerou-se que o dinheiro público destinado a UFSC não é investido em

investimentos de renda fixa, como os Certificados de Depósito Bancário. O período de análise considerado foi de 15 anos. Por meio desse método, obteve-se o período necessário para que o fluxo de caixa futuro acumulado iguale ao investimento inicial.

A taxa interna de retorno (TIR), expressa em porcentagem, é a taxa de desconto de um fluxo de caixa para que o valor presente líquido se iguale a zero, conforme apresentado na Equação 27. A TIR deve ser superior à TMA para que o investimento seja considerado viável.

$$0 = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+TIR)^j} \quad (27)$$

Onde:

FC_j é o fluxo de caixa no período j (R\$);

j é o período que ocorre o fluxo de caixa;

TIR é a taxa interna de retorno (%);

n é o número de períodos de análise.

Com base nos valores obtidos de VPL, tempo de retorno de investimento e TIR para cada sistema de estratégia de redução do consumo de água, sugeriu-se o cenário ideal a ser implementado na Biblioteca Central da USFC. O cenário selecionado foi o que apresentou, em conjunto, a maior redução do consumo de água potável e o menor tempo de retorno de investimento.

4. Resultados

Neste estudo, estimaram-se os usos finais de água da Biblioteca Central da UFSC e determinaram-se os consumos de água para fins não potáveis (mictórios e bacias sanitárias). Em seguida, verificou-se o potencial de economia de água potável que poderia ser gerado por diferentes estratégias de redução do consumo de água potável. Por fim, realizou-se a análise econômica para determinar a viabilidade econômica de implementação das estratégias de redução do consumo de água potável.

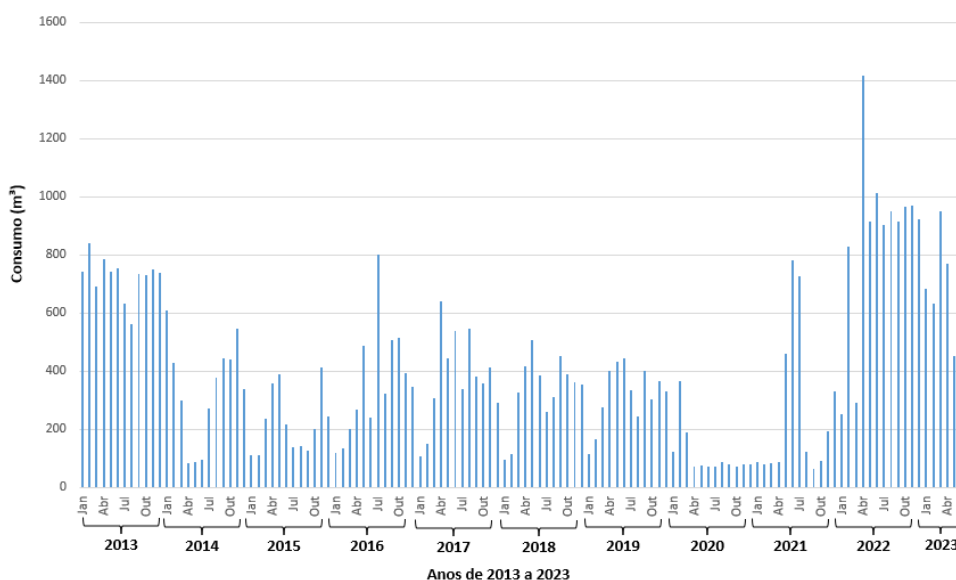
4.1. Consumo de água potável

Realizou-se a análise dos consumos mensais de água medidos pela CASAN no ano de 2023 e obteve-se o consumo diário de água por meio de monitoramento de hidrômetros, para realizar a comparação entre os consumos estimados e o consumo medido.

4.1.1. Consumo de água medido pela CASAN

Os consumos mensais de água da Biblioteca Central medidos pela CASAN foram obtidos por meio da planilha de Monitoramento do Consumo de Água da UFSC, elaborada pela Coordenadoria de Gestão Ambiental da UFSC (CGA, 2023). A planilha apresenta os consumos mensais para o período de 2013 a 2023, conforme ilustrado na Figura 7.

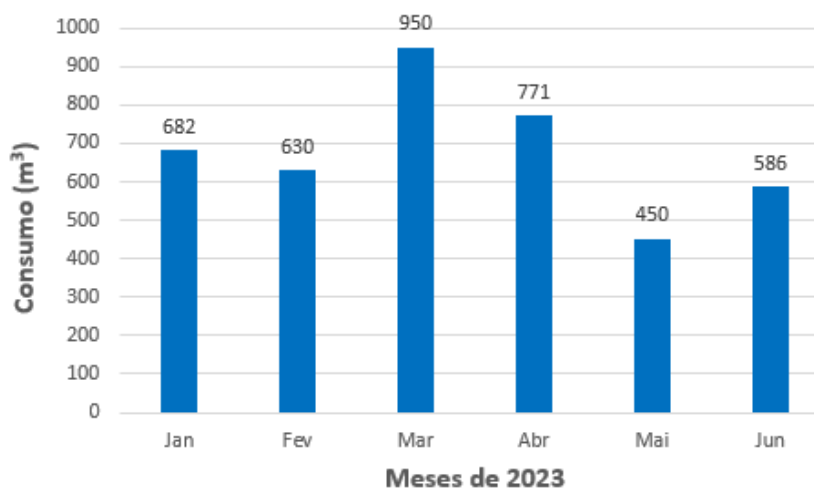
Figura 7 – Consumos mensais de água da Biblioteca Central para o período de 2013 a 2023.



Observa-se que os anos de 2014 até 2019 apresentaram consumos mensais similares. Em 2020, o consumo diminuiu expressivamente e se manteve constante ao longo do tempo devido à restrição de acesso à Biblioteca Central ocasionada pela pandemia do COVID-19. O ano de 2022 apresentou os maiores consumos mensais em virtude dos diversos vazamentos que ocorreram durante o ano e não foram mitigados na época, conforme informado pela Secretaria de Planejamento e Administração da Biblioteca Universitária.

Deste modo, selecionou-se os consumos mensais do período de janeiro a junho de 2023, por representarem os consumos mais próximos do período de estudo, permitindo uma comparação mais precisa com o consumo estimado. A Figura 8 apresenta os consumos mensais da Biblioteca Central para o período de janeiro a junho de 2023.

Figura 8 – Consumos de água potável da Biblioteca Central dos meses de janeiro a junho de 2023.



Verifica-se que o consumo de água do mês de março de 950 m³, é muito superior ao consumo dos demais meses de 2023. Diante disso, a Secretaria de Planejamento e Administração da Biblioteca Universitária da UFSC informou que em março ocorreu a limpeza da caixa d'água do edifício, elevando o consumo deste mês.

Devido a variância apresentada entre os consumos mensais de água, optou-se por calcular a média dos consumos entre janeiro e junho de 2023. Obteve-se consumo médio mensal de 678 m³/mês. Deste modo, utilizou-se neste estudo, para fins de comparação entre consumo mensal medido e o consumo mensal estimado, o consumo médio mensal de 678 m³/mês.

4.1.2. Leituras do hidrômetro

O monitoramento do consumo diário de água foi realizado por meio de leituras diárias do hidrômetro da Biblioteca Central, realizadas às 7h no período de 30 de agosto a 6 de setembro de 2023. A Tabela 19 apresenta os valores lidos no hidrômetro, os consumos diários calculados e o consumo médio diário para dias úteis. Considerou-se como dia útil os dias de segunda-feira a sexta-feira, visto que o consumo em dias de final de semana reduz consideravelmente.

Tabela 19 – Consumos lidos nos hidrômetros e consumos diários calculados.

Data de leitura	Dia da semana	Horário	Leitura (m³)	Consumo diário (m³/dia)
30/08/2023	Quarta-feira	7h	32615	29,00
31/08/2023	Quinta-feira	7h	32644	33,00
01/09/2023	Sexta-feira	7h	32677	24,00
02/09/2023	Sábado	7h	32701	8,00
03/09/2023	Domingo	7h	32709	9,00
04/09/2023	Segunda-feira	7h	32718	22,00
05/09/2023	Terça-feira	7h	32740	19,00
06/09/2023	Quarta-feira	7h	32759	-
Consumo médio diário (segunda-feira a sexta-feira)				25,40

O consumo médio diário obtido em dias úteis foi de 25,40 m³/dia. Porém, vale ressaltar que o período de monitoramento do hidrômetro foi de apenas uma semana e ocorreu no início do semestre letivo, o qual pode apresentar discrepância quando comparado com o consumo médio diário calculado para diferentes períodos de análise, devido à variabilidade da quantidade de usuários que frequentam diariamente a Biblioteca Central.

4.2. Usos finais de água

4.2.1. Equipamentos hidrossanitários existentes e atividades de limpeza

Verificou-se por meio de visitas *in loco* os equipamentos hidrossanitários existentes e as atividades de limpeza realizadas no edifício. Verificou-se também as condições de uso dos equipamentos hidrossanitários.

Constatou-se que as torneiras de lavatório de todos os banheiros masculinos e femininos possuem acionamento hidromecânico e funcionamento normal, conforme ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Torneira de lavatório da Biblioteca Central da UFSC.



Todas as bacias sanitárias possuem acionamento por válvula de descarga e apresentam funcionamento normal, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Bacia sanitária da Biblioteca Central da UFSC.



O banheiro masculino localizado no pavimento térreo possui mictório do tipo cascata. Este mictório não possui válvula de descarga, pois recebe a água cinza gerada pelas torneiras de lavatório localizadas no mesmo banheiro. O banheiro masculino localizado no pavimento superior e próximo ao auditório não apresenta mictório, apenas bacias sanitárias e torneiras de lavatório. Demais banheiros masculinos da edificação possuem mictórios com acionamento hidromecânico. Notou-se que dos nove mictórios com acionamento hidromecânico existentes, cinco apresentaram defeito nas válvulas de descarga ou uso interdito. A Figura 11 ilustra o mictório do tipo cascata existente no banheiro do pavimento térreo e a Figura 12 ilustra os mictórios de acionamento hidromecânico existentes nos demais banheiros da Biblioteca Central.

Figura 11 – Mictório tipo cascata no banheiro do pavimento térreo.



Figura 12 – Mictório com acionamento hidromecânico.



O pavimento térreo possui um bebedouro com funcionamento normal e no pavimento superior existem dois bebedouros, contudo, ambos encontravam-se interditados por apresentarem defeitos ou vazamento. A Figura 13 apresenta o bebedouro do pavimento térreo e a Figura 14 ilustra os bebedouros interditados do pavimento superior. Todos os bebedouros possuem sinalização de restrição de uso, que enfatiza o consumo de água dos bebedouros apenas por garrafas de água, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 13 - Bebedouro localizado no pavimento térreo.



Figura 14 – Bebedouros interditados localizados no pavimento superior.



Figura 15 – Sinalização de restrição de uso.



Na copa dos funcionários existe uma torneira de pia de cozinha, uma torneira de tanque e um bebedouro. Todos os equipamentos apresentavam funcionamento normal. A torneira de pia de cozinha é utilizada para lavagem de utensílios, como pratos, talheres e copos, utilizados nas refeições dos funcionários, servidores e bolsistas da Biblioteca Central. A torneira de tanque é utilizada, majoritariamente, para lavagem de panos de limpeza. Por fim, o bebedouro é utilizado para encher as garrafas de água ou copo, que os servidores, bolsistas e funcionários utilizam para a hidratação diária. A Figura 16 ilustra a torneira de pia de cozinha, a Figura 17 ilustra a torneira de tanque e a Figura 18 ilustra o bebedouro da copa dos funcionários.

Figura 16 – Torneira de pia de cozinha da copa dos funcionários.



Figura 17 – Torneira de tanque da copa dos funcionários.

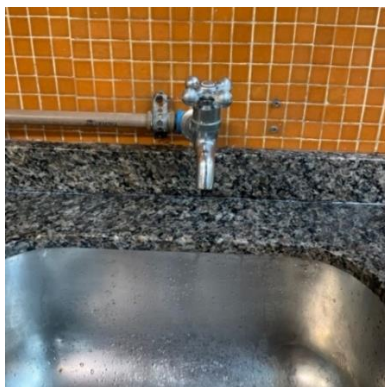


Figura 18 – Bebedouro da copa dos funcionários.



Por fim, a lavagem dos pisos ocorre utilizando o equipamento Mop, o qual possui um balde acoplado com capacidade de armazenamento de 20 L. Para a limpeza dos banheiros, os funcionários utilizam o balde convencional de 5 L.

É importante destacar que a Biblioteca Central possui uma máquina de venda automática de café, bebidas quentes e geladas e uma torneira de jardim. O consumo da máquina de bebidas foi desconsiderado, pois das 115 pessoas entrevistadas, apenas três fazem uso deste equipamento. O jardim central é irrigado uma vez por semana por um funcionário que não faz parte da equipe de limpeza, o qual não foi possível estabelecer contato, portanto, esse consumo também foi desconsiderado da análise.

4.2.2. Vazão dos equipamentos hidrossanitários

Estimou-se o volume por acionamento das torneiras de lavatório utilizando um recipiente com volume graduado e um cronômetro para verificar a constância no acionamento das torneiras.

Esse processo foi realizado para todas as torneiras de lavatório existentes no edifício. Para determinar um único volume por acionamento para as torneiras de lavatórios, fez-se a média dos volumes por acionamento obtidos para cada torneira de lavatório. A Tabela 20 apresenta os volumes por acionamento obtido para cada torneira de lavatório e o volume médio por acionamento das torneiras de lavatório.

Tabela 20 – Volume por acionamento das torneiras de lavatório existentes.

Torneira	Volume por acionamento (L/acionamento)			Volume médio por acionamento (L/acionamento)
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	
Torneira 1	0,500	0,505	0,500	0,501
Torneira 2	0,690	0,685	0,650	0,675
Torneira 3	0,420	0,400	0,450	0,423
Torneira 4	0,140	0,130	0,130	0,133
Torneira 5	0,640	0,650	0,625	0,638
Torneira 6	0,800	0,780	0,800	0,793
Torneira 7	0,610	0,550	0,560	0,573
Torneira 8	0,400	0,400	0,400	0,400
Torneira 9	0,350	0,360	0,390	0,367
Torneira 10	0,400	0,380	0,375	0,385
Torneira 11	1,200	1,210	1,150	1,187
Torneira 12	0,675	0,690	0,650	0,672
Torneira 13	0,750	0,780	0,750	0,760
Volume médio por acionamento				0,578

Para as torneiras de pia de cozinha e torneira de tanque, utilizou-se um recipiente com volume graduado e com auxílio de um cronômetro, estimou-se o tempo necessário para encher o recipiente com água. A Tabela 21 apresenta as vazões médias medidas para a torneira de pia de cozinha e torneira de tanque da copa dos funcionários.

Tabela 21 – Vazão média medida para torneira de pia de cozinha e para a torneira de tanque da copa dos funcionários.

Amostra	Torneira de pia de cozinha			Torneira de tanque		
	Volume (L)	Tempo (s)	Vazão (L/s)	Volume (L)	Tempo (s)	Vazão (L/s)
Amostra 1	0,900	7,24	0,124	0,815	10,44	0,078
Amostra 2	0,815	6,54	0,125	0,800	10,53	0,076
Amostra 3	0,800	6,5	0,123	0,800	10,98	0,073
Vazão média			0,124	Vazão média		0,076

Não foi possível realizar a medição da vazão das bacias sanitárias e dos mictórios devido à falta de equipamentos apropriados. Para as bacias sanitárias, adotou-se vazão de 1,7 L/s, recomendado pela norma NBR 5626 (ABNT, 1998). Para estimar o volume médio por acionamento dos mictórios, mediu-se o tempo de acionamento de cada mictório e calculou-se a média. A Tabela 22 apresenta o tempo de acionamento medido para os mictórios.

Tabela 22 – Tempo de acionamento dos mictórios.

Mictório	Tempo por acionamento (s/acionamento)			Tempo médio de acionamento (s/acionamento)
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	
Mictório 1	0	0	0	0
Mictório 2	15,62	15,38	15,50	15,50
Mictório 3	21,60	20,65	20,17	20,81
Mictório 4	21,59	21,65	21,24	21,49
Mictório 5	0	0	0	0
Mictório 6	0	0	0	0
Mictório 7	0	0	0	0
Mictório 8	0	0	0	0
Mictório 9	13,36	14,83	13,93	14,04
Mictório 10	0	0	0	0
Tempo médio de acionamento				7,18

Percebe-se que não foi possível medir o tempo de acionamento da maioria dos mictórios por apresentarem defeito na válvula de descarga. Deste modo, optou-se por realizar a média considerando todos os mictórios existentes para estimar um volume médio por acionamento mais próximo da realidade. Por fim, multiplicou-se o tempo médio de acionamento de 7,18 s/acionamento pela vazão adotada de 0,5 L/s recomendada pela norma NBR 5626 (ABNT, 1998), resultando em um volume médio por acionamento de 3,59 L/acionamento.

Para o consumo dos bebedouros das áreas comuns e da copa de funcionários, considerou-se como volume médio por uso, a média do volume da garrafa de água utilizada pelos usuários obtidos nos questionários. Por fim, para a lavagem dos pisos considerou-se o volume de 20 L por lavagem, equivalente ao balde acoplado no equipamento Mop. Para a limpeza dos banheiros, considerou-se o volume de 5 L por limpeza, equivalente ao balde convencional de 5 L utilizado na limpeza dos banheiros.

Os valores de vazões obtidos para os equipamentos hidrossanitários existentes e para as atividades de limpeza estão apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 – Vazão dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza existentes na Biblioteca Central.

Equipamento	Uso	Vazão
Torneira de lavatório	Banheiros	0,578 L/acionamento
Mictório	Banheiros	3,590 L/acionamento
Bacia sanitária	Banheiros	1,7 L/s
Bebedouros	Área comum	Volume garrafa de água
Torneira de pia de cozinha	Copa dos funcionários	0,124 L/s
Torneira de tanque	Copa dos funcionários	0,076 L/s
Bebedouro	Copa dos funcionários	Volume garrafa de água
Equipamento Mop	Lavagem pisos	20 L/uso
Balde convencional	Limpeza banheiros	5 L/uso

4.2.3. Entrevistas com os usuários

As entrevistas foram realizadas por meio da aplicação de questionários aos alunos, servidores, bolsistas e funcionários da Biblioteca Central, com objetivo de descobrir a frequência e tempo de uso de cada equipamento hidrossanitário e das atividades de limpeza existente no edifício.

A Secretaria de Planejamento e Administração da Biblioteca Universitária forneceu o número de servidores, bolsistas e funcionários que trabalham no edifício da Biblioteca Central, bem como a discriminação por gênero. A secretaria também disponibilizou a estimativa da quantidade total de alunos que frequentam diariamente a edificação. Utilizou-se como base a relação de alunos homens e mulheres matriculados na UFSC no primeiro semestre de 2023, fornecido pelo Departamento de Administração Escolar da UFSC, para discriminar a quantidade total de alunos por gênero.

A Biblioteca Central da UFSC possui população total estimada de alunos frequentadores de 3.000 pessoas por dia, população total de servidores e bolsistas de 85 pessoas e cinco funcionários da área de limpeza. Diante disso, optou-se por categorizar os usuários em três grupos: grupo 1, composto por alunos; grupo 2, composto por servidores e bolsistas; e grupo 3, composto por funcionários. Devido ao tamanho da população do grupo 1 e do grupo 2, optou-se por realizar a pesquisa por amostragem para estes grupos, pois seria inviável entrevistar toda a população.

Desta forma, foi calculada uma amostra que seria representativa para o grupo 1 e uma para o grupo 2, levando em consideração um erro amostral de 10%. Para o grupo 3 foi possível entrevistar toda a população, portanto, não foi necessário determinar uma amostra representativa.

Por meio dos dados de população obtidos e da Equação 1, obteve-se o tamanho desejado de amostra do grupo 1 e do grupo 2. Devido algumas dificuldades de comunicação com os servidores e bolsistas, foi efetivamente entrevistado um número menor de usuários para a amostra do grupo 2. A Tabela 24 apresenta os dados referentes à população que ocupa o edifício, separada por grupo e gênero, e também apresenta as amostras calculadas e as efetivamente entrevistadas.

Tabela 24 – Número total de usuários por grupo e gênero e amostras calculadas e entrevistadas.

Grupo	População			Amostra calculada			Amostra entrevistada		
	M ¹	F ²	Total	M ¹	F ²	Total	M ¹	F ²	Total
Grupo 1	1.500	1.500	3.000	50	50	100	50	50	100
Percentual grupo 1	50%	50%	100%	50%	50%	100%	50%	50%	100%
Grupo 2	24	61	85	13	33	46	7	8	15
Percentual grupo 2	28%	72%	100%	28%	72%	100%	47%	53%	100%
Grupo 3	1	4	5	1	4	5	1	4	5
Percentual grupo 3	20%	80%	100%	20%	80%	100%	20%	80%	100%
Total	1.525	1.565	3.090	64	87	151	58	62	120
Percentual total	49%	51%	100%	42%	58%	100%	48%	52%	100%

Nota 1: M é o gênero masculino.
Nota 2: F é o gênero feminino.

Desejou-se utilizar o erro amostral de 10% para todas as amostras, mas em função da quantidade de amostras obtidas para o grupo 2, utilizou-se para este grupo erro amostral de 20% para o gênero masculino e 29% para o gênero feminino.

4.2.4. Estimativa do consumo de água

Nas entrevistas, verificou-se que os usuários apresentaram dificuldade em estimar o tempo que pressionavam a válvula de descarga das bacias sanitárias e a quantidade de vezes que acionavam a torneira de lavatório por uso. Desse modo, com objetivo de evitar erros elevados devido a estimativas não condizentes com a realidade, após a análise dos resultados obtidos nos questionários, reduziram-se os valores que apresentaram desvio padrão muito elevado, para valores próximos da média.

Para verificar a variância dos dados obtidos, calculou-se a média diária e desvio padrão da frequência e acionamento ou tempo de uso dos equipamentos hidrossanitários, categorizados

por gênero e grupo. Vale ressaltar que as torneiras de lavatórios e os mictórios possuem acionamento hidromecânico, portanto, o usuário pode acionar o equipamento mais de uma vez por uso. A seguir são apresentados a média diária e o desvio padrão da frequência e acionamento por uso obtidos nos questionários. A Tabela 25 apresenta os valores obtidos para o grupo 1, a Tabela 26 para o grupo 2 e a Tabela 27 para o grupo 3.

Tabela 25 – Médias diárias de frequência, acionamento por uso ou tempo de uso dos equipamentos hidrossanitários do grupo 1.

Equipamento	Frequência (vezes/dia)				Acionamento por uso (nº de acionamentos/uso)			
	M ¹		F ²		M ¹		F ²	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Torneira lavatório	2,51	1,82	2,00	1,07	1,78	1,02	2,00	0,72
Mictório	1,86	1,47	0,00	0,00	0,86	0,40	0,00	0,00
Bacia sanitária	0,65	0,98	1,60	0,83	1,55 ³	2,13 ³	3,42 ³	1,49 ³
Bebedouros	1,33	1,27	1,28	1,03	415,51 ⁴	291,89 ⁴	500,20 ⁴	304,73 ⁴

Nota 1: M é o gênero masculino.

Nota 2: F é o gênero feminino.

Nota 3: Valor referente ao tempo de acionamento (s/uso) das bacias sanitárias.

Nota 4: Valor referente ao volume por uso (mL/uso) dos bebedouros.

Tabela 26 - Médias diárias de frequência, acionamento por uso ou tempo de uso dos equipamentos hidrossanitários do grupo 2.

Equipamento	Frequência (vezes/dia)				Acionamento por uso (nº de acionamentos/uso)			
	M ¹		F ²		M ¹		F ²	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Torneira lavatório	3,71	1,06	2,88	1,06	2,43	1,19	1,88	0,35
Mictório	2,00	1,15	0,00	0,00	1,144	0,90	0,00	0,00
Bacia sanitária	1,57	1,49	2,50	0,93	2,71 ³	2,14 ³	5,25 ³	2,60 ³
Bebedouro copa funcionário	1,29	1,25	1,38	1,60	508,57 ⁴	401,5 ⁴	450,00 ⁴	680,34 ⁴
Torneira pia de cozinha	0,43	0,53	1,13	0,64	8,57 ³	11,25 ³	36,00 ³	41,22 ³

Nota 1: M é o gênero masculino.

Nota 2: F é o gênero feminino.

Nota 3: Valor referente ao tempo de acionamento (s/uso) das bacias sanitárias e da torneira de pia de cozinha.

Nota 4: Valor referente ao volume por uso (mL/uso) do bebedouro da copa de funcionários.

Tabela 27 - Médias diárias de frequência e tempo de uso dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza do grupo 3.

Equipamento	Frequência (vezes/dia)				Tempo (s/uso)			
	M ¹		F ²		M ¹		F ²	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Torneira pia de cozinha	5,00	0,00	2,50	0,58	5,00	0,00	90,00	34,64
Torneira tanque	4,00	0,00	3,00	0,82	1.800,00	0,00	1.225,00	189,30
Bebedouro copa funcionário	3,00	0,00	8,50	5,07	2.000,00 ³	0,00 ³	350,00 ³	173,21 ³
Lavagem piso	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00 ⁴	0,00 ⁴	2,00 ⁴	0,00 ⁴
Limpeza banheiro	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00 ⁵	0,00 ⁵	6,50 ⁵	2,12 ⁵

Nota 1: M é o gênero masculino.

Nota 2: F é o gênero feminino.

Nota 3: Valor referente ao volume por uso (mL/uso) do bebedouro da copa dos funcionários.

Nota 4: Valor referente a quantidade de baldes do equipamento Mop por lavagem de pisos.

Nota 5: Valor referente a quantidade de baldes convencionais por limpeza de banheiros.

Verifica-se que a frequência e o tempo de uso de água das bacias sanitárias para o gênero feminino são mais elevados, principalmente em função do gênero masculino priorizar o uso dos mictórios. Demais equipamentos hidrossanitários apresentaram frequência e tempo de uso similares para ambos os gêneros. Vale ressaltar que as médias foram realizadas contabilizando as pessoas entrevistadas que frequentam a Biblioteca Central, mas não utilizam os equipamentos hidrossanitários.

Para verificar o consumo diário de água de cada equipamento hidrossanitário e atividade de limpeza, aplicou-se a metodologia apresentada na seção 3.3.5 deste trabalho. A Tabela 28 apresenta o consumo diário de água obtido para os equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza existentes na Biblioteca Central da UFSC. Desta forma, o consumo total diário de água estimado foi de 36.175 L/dia. O Apêndice 2 apresenta as planilhas referentes ao cálculo de consumo de água dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza por grupo.

Tabela 28 – Consumo diário de água dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza da Biblioteca Central.

Equipamento/Atividade	Consumo (L/dia)		
	Masculino	Feminino	Total
Torneira de lavatório	4.221	3.698	7.919
Mictório	5.874	0	5.874
Bacia sanitária	2.643	15.440	18.082
Bebedouro área comum	898	891	1.789
Torneira de pia de cozinha	29	514	543
Torneira de tanque	764	913	1.677
Bebedouro copa funcionários	21	40	61
Lavagem pisos	20	80	100
Limpeza banheiros	0	130	130
Total	14.251	21.926	36.175

Verifica-se que o consumo de água das bacias sanitárias para o gênero feminino é mais elevado que o masculino, principalmente em função do gênero masculino optar preferencialmente pelo uso dos mictórios. Demais equipamentos das áreas comuns (torneira de lavatório e bebedouros) apresentarem consumo de água similares para ambos os gêneros. Em relação aos equipamentos existentes na copa de funcionários, o gênero feminino apresentou consumo mais elevado para todos os usos, principalmente devido a população feminina representar 72% da população total de servidores, bolsistas e funcionários de limpeza. A lavagem de pisos e limpeza de banheiros apresentou consumo discriminado por gênero, devido a função de cada funcionário. A equipe de limpeza conta com apenas um funcionário do gênero masculino, responsável pela lavagem dos pisos do pavimento térreo, e quatro funcionárias do gênero feminino, que se dividem entre a lavagem dos pisos do pavimento superior e limpeza dos banheiros.

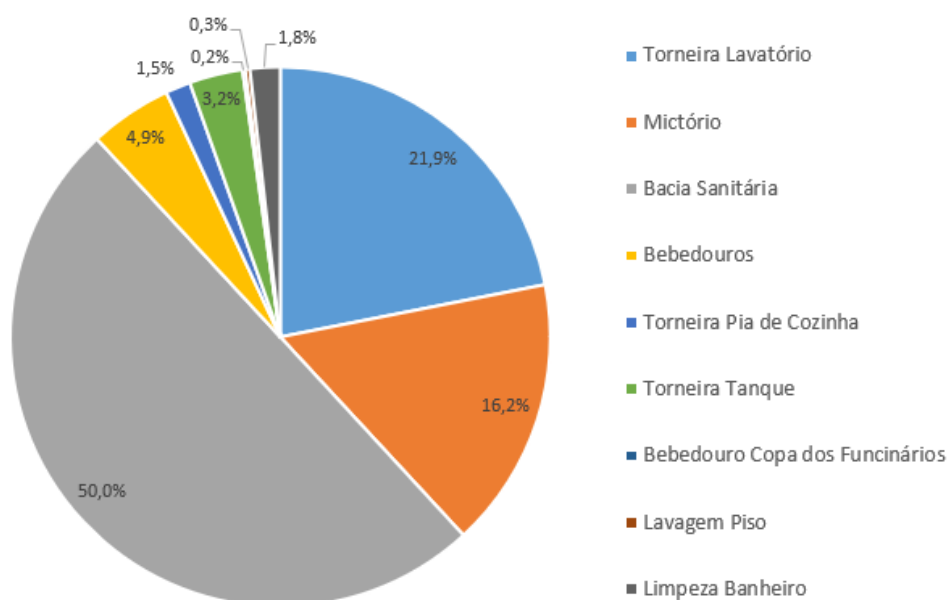
Para determinar o consumo mensal, adotou-se uma média de 26 dias úteis por mês (segunda-feira a sábado). Assim, multiplicou-se o consumo diário de cada equipamento e atividade de limpeza por 26 dias, conforme apresentado na Tabela 29. O valor de consumo total de água mensal estimado obtido foi de 940.550 L/mês.

Tabela 29 – Consumo total mensal de água por equipamento e atividade de limpeza.

Equipamento/Atividade	Consumo diário (L/dia)	Consumo mensal (L/mês)
Torneira de lavatório	7.919	205.894
Mictório	5.874	152.724
Bacia sanitária	18.082	470.132
Bebedouro área comum	1.789	46.514
Torneira de pia de cozinha	543	14.118
Torneira de tanque	1.677	43.602
Bebedouro copa funcionários	61	1.586
Lavagem pisos	100	2.600
Limpeza banheiros	130	3.380
Total	36.175	940.550

Depois de estimado o consumo total diário de água, verificou-se o percentual de consumo de cada equipamento hidrossanitário e atividade de limpeza. A Figura 19 apresenta os usos finais de água estimados para a Biblioteca Central da UFSC. O percentual de consumo de água não potável, referente ao consumo dos mictórios e bacias sanitárias, equivale a 66% do consumo total de água potável da edificação.

Figura 19 – Usos finais de água estimado para a Biblioteca Central da UFSC.



O consumo diário estimado foi comparado com o consumo diário médio lido no hidrômetro, conforme apresentado na Tabela 30. A Tabela 31 apresenta a comparação do consumo mensal estimado com o consumo mensal médio medido.

Tabela 30 – Comparação entre o consumo total diário estimado e consumo total diário medido.

Consumo	Consumo diário (L/dia)
Estimado	36.175
Medido (média de segunda-feira a sexta-feira)	25.400
Diferença (L)	10.775
Diferença	42%

Tabela 31 - Comparação entre o consumo total mensal estimado e consumo total mensal medido.

Consumo	Consumo mensal (L/mês)
Estimado	940.550
Medido (média de janeiro a junho de 2023)	678.000
Diferença (L)	262.550
Diferença	39%

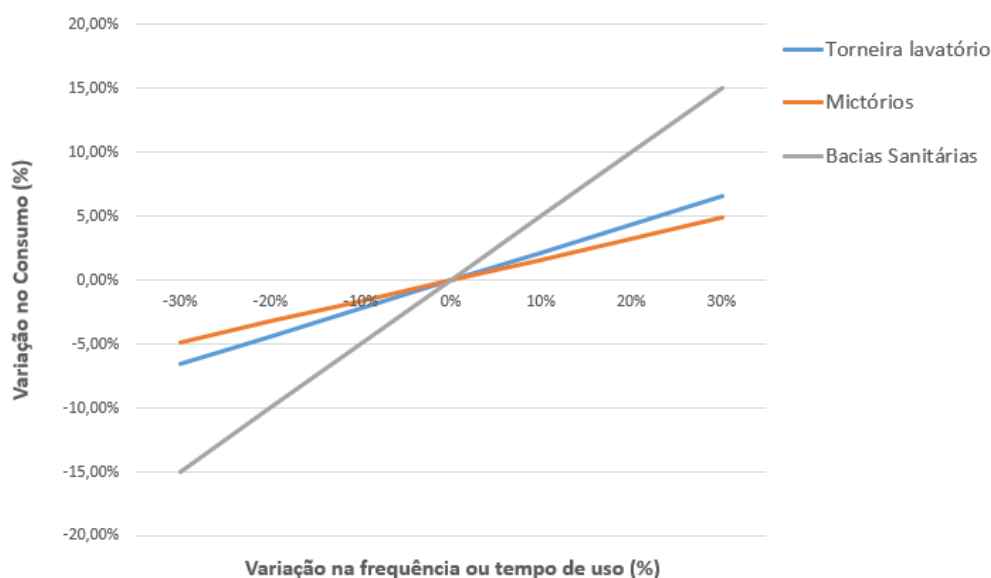
A diferença obtida entre o consumo diário estimado (36.175,41 L/dia) e o consumo medido (25.400 L/dia) foi de 42%, equivalente a 10.775 L/dia. Essa diferença foi considerada alta, contudo, o percentual de usos não potáveis estimado foi de 66%, valor semelhante ao apresentado em outros estudos desenvolvidos em edificações escolares e edifícios públicos: 77,0% (KAMMERIS; GHISI, 2006), 72,0% (FASOLA et al., 2011) 70,0% (RAINMAP, 2017), 70,0% (WERNECK, 2006), 63,5% (MARINOSKI, 2007), 82,0% (TOMAZ, 2003) e entre 68,5% e 82,7% (YWASHIMA, 2005). Percebe-se que a diferença entre o consumo diário estimado e o consumo diário medido se perpetua para o consumo mensal estimado, o qual apresentou diferença de 39% para o consumo mensal medido. Para corrigir a diferença do consumo estimado e consumo medido, realizou-se uma análise de sensibilidade sobre os usos finais, que será apresentada na seção seguinte.

4.2.5. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade foi aplicada para os usos finais que apresentaram os maiores consumos de água, para verificar a influência desses usos sobre o consumo final. Para as torneiras de lavatório, mictórios e bacias sanitárias, variaram-se a frequência e tempo de uso obtidos nos questionários, em percentuais de -10%, -20% e -30% a +10%, +20% e +30%. A

Figura 20 apresenta a análise de sensibilidade das torneiras de lavatórios, mictórios e bacias sanitárias.

Figura 20 – Análise de sensibilidade na frequência ou tempo de uso das torneiras de lavatório, mictórios e bacias sanitárias.



Verificou-se por meio da análise de sensibilidade, que o uso final mais sensível é a bacia sanitária. A variação de 30% sobre a frequência ou tempo de utilização da bacia sanitária acarretou em uma variação de 15% sobre o consumo total de água. As torneiras de lavatório apresentaram variação máxima de 6,57% no consumo total de água e os mictórios de 4,87% no consumo total de água.

Os ajustes nos usos finais estimados foram realizados atribuindo a diferença entre o consumo medido e o estimado, proporcionalmente, aos consumos estimados dos usos finais de maior sensibilidade. Optou-se por aplicar a correção nos três equipamentos analisados (torneira de lavatório, mictórios e bacias sanitárias), pois as bacias sanitárias apresentaram a maior variação sobre o consumo final de água, a maioria dos mictórios apresentaram defeito no acionamento da válvula de descarga e as torneiras de lavatórios representam o segundo maior consumo de água da edificação.

4.2.6. Usos finais de água corrigidos

Por meio da comparação entre o consumo diário estimado e o consumo medido, verificou-se uma diferença de 42%, que corresponde a 10.775 L/dia. A correção foi realizada atribuindo-se a diferença de 10.775 L/dia, proporcionalmente ao consumo de água estimado das torneiras de lavatório, mictórios e bacias sanitárias.

O consumo de água estimado para esses equipamentos hidrossanitários totaliza cerca de 31.876 L/dia, equivalente a 88% do consumo total de água da edificação. Dos 31.876 L/dia, 49,99% corresponde ao consumo em bacias sanitárias, 16,24% ao consumo em mictórios e 21,89% ao consumo em torneiras de lavatório.

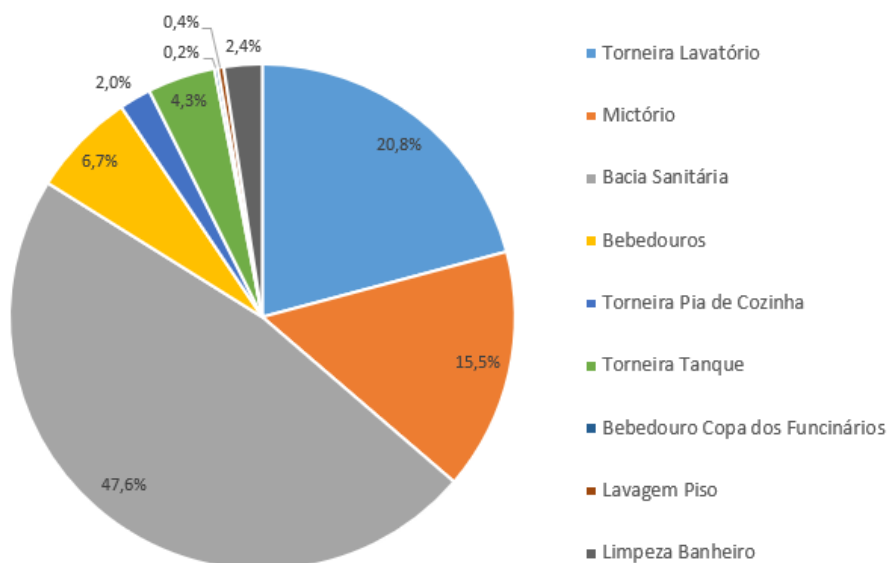
Diante disso, a diferença entre o consumo medido e o estimado de 10.775 L/dia foi multiplicado por 0,4999, proporcional ao consumo de água das bacias sanitárias, e obteve-se volume de 5.386 L/dia, o qual foi subtraído do consumo total desse equipamento. Do mesmo modo, multiplicou-se a diferença de 10.775 L/dia por 0,1624 para obter o volume de redução dos mictórios e por 0,2189 para obter o volume de redução das torneiras de lavatório.

O consumo diário de água corrigido para cada uso final e o percentual de consumo em fins não potáveis (mictórios e bacias sanitárias) estão apresentados na Tabela 32. Os usos finais de água corrigidos e o percentual de consumo de cada uso final estão apresentados na Figura 21.

Tabela 32 – Consumos diário de água corrigidos.

Equipamento/Atividade	Consumo diário (L/dia)	Consumo mensal (L/mês)
Torneira de lavatório	5.561	144.586
Mictório	4.124	107.224
Bacia sanitária	12.696	330.096
Bebedouro área comum	1.789	46.514
Torneira de pia de cozinha	543	14.118
Torneira de tanque	1.677	43.602
Bebedouro copa funcionários	61	1.586
Lavagem pisos	100	2.600
Limpeza banheiros	130	3.380
Total	26.681	693.706
Total não potável	16.820	437.320
Percentual do total não potável	63%	

Figura 21 – Usos finais de água corrigidos.



Verifica-se que após a correção dos usos finais, a bacia sanitária permanece sendo responsável pela maior parcela de consumo de água, equivalente a 47,6% do total. A torneira de lavatório permanece representando o segundo maior consumo (20,8%), seguido do mictório, que equivale a 15,5% do consumo total.

Comparando o consumo total mensal estimado (694 m³) com o consumo total mensal médio de 2023 medido pela CASAN (678 m³), obteve-se uma diferença de 2,2%. O percentual de usos não potáveis estimado reduziu de 66% para 63%, contudo, como apontado anteriormente, o percentual de usos não potáveis permanece semelhante aos valores encontrados em estudos similares.

Por fim, obteve-se o consumo diário *per capita* de água potável da edificação dividindo o consumo diário total estimado (26.681 L/dia) pela população diária total de 3.090 pessoas. Desta forma, o consumo diário *per capita* de água potável obtido para a Biblioteca Central da UFSC foi de 8,64 L *per capita*/dia.

4.3. Potencial de economia de água potável

A avaliação do potencial de economia de água potável obtido por meio da implementação das estratégias de redução do consumo de água potável na Biblioteca Central da UFSC foi realizada verificando a redução no consumo diário de água potável após a implementação das estratégias. Também se determinou o volume ideal do reservatório de água não potável para os sistemas de aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza e reúso de água negra.

4.3.1. Equipamentos economizadores de água

Conforme apresentado na seção 3.4.1, selecionaram-se equipamentos economizadores de água que permitam reduzir ao máximo o volume de água utilizado sem que haja prejuízo ao funcionamento dos equipamentos e desconforto ao usuário. Dessa forma, optou-se por substituir os seguintes equipamentos hidrossanitários existentes na edificação: torneiras de lavatório, mictórios, bacias sanitárias e torneira de pia de cozinha. A Tabela 33 apresenta os equipamentos economizadores de água selecionados e suas respectivas vazões. A Tabela 34 apresenta a comparação da vazão dos equipamentos economizadores de água selecionados e dos equipamentos hidrossanitários existentes.

Tabela 33 - Vazão dos equipamentos economizadores de água selecionados para a Biblioteca Central.

Equipamento	Equipamentos economizadores selecionados	Vazão
Torneira de lavatório	Torneira de Mesa Decamatic Eco Cromado – Deca (Cód. 1173.C)	0,18 L/acionamento
	Arejador Econômico de 1,8 L/min – Deca (Cód. 4224012)	
Mictório	Válvula de mictório Compact LEED PressMatic - Docol (Cód. 00592306)	1,00 L/acionamento
Bacia sanitária	Kit de Bacia com Caixa Acoplada 3/6 L Zip Branco – Incepa (Cód. 888839158)	4,90 L/acionamento
Torneira de pia de cozinha	Torneira para Cozinha de Parede ¾” Nova Riva – Docol (Cód. 00928006)	0,08 L/s
	Arejador TJ 5 L/min	

Tabela 34 – Comparação da vazão dos equipamentos hidrossanitários existentes e dos equipamentos economizadores de água selecionados para a Biblioteca Central.

Equipamento	Vazão equipamentos existentes	Vazão equipamentos economizadores	Redução
Torneira de lavatório	0,58 L/acionamento	0,18 L/acionamento	0,40 L/acionamento (68,96%)
Mictório	2,76 L/acionamento	1,00 L/acionamento	1,76 L/acionamento (63,77%)
Bacia sanitária	1,70 L/s (média de 5,49 L/acionamento)	4,90 L/acionamento	0,59 L/acionamento (10,75%)
Torneira de pia de cozinha	0,12 L/s	0,08 L/s	0,04 L/s (33,33%)

Verifica-se que houve redução de 0,40 L/acionamento (68,96%) para as torneiras de lavatório, redução de 1,76 L/acionamento (63,77%) para os mictórios, redução de 0,59

L/acionamento (10,75%) para as bacias sanitárias e redução de 0,04 L/s (33,33%) para a torneiras de pia de cozinha.

Após selecionar os equipamentos economizadores de água, substituiu-se, nas equações de cálculo de consumo diário apresentadas na seção 3.3.5, a vazão dos equipamentos convencionais pela vazão dos equipamentos economizadores de água selecionados. A Tabela 35 apresenta o consumo de água diário e mensal após a implementação dos equipamentos economizadores de água.

Tabela 35 – Consumo de água diário e mensal após a implementação dos equipamentos economizadores de água.

Equipamento/Atividade	Consumo diário (L/dia)	Consumo mensal (L/mês)
Torneira de lavatório	2.470	64.220
Mictório	2.453	63.778
Bacia sanitária	14.545	378.170
Bebedouro área comum	1.789	46.514
Torneira de pia de cozinha	374	9.724
Torneira de tanque	1.677	43.602
Bebedouro copa funcionários	61	1.586
Lavagem pisos	100	2.600
Limpeza banheiros	130	3.380
Total	23.599	613.574

Diante disso, fez-se necessário aplicar reduções, em porcentagem, equivalente às reduções obtidas na análise de sensibilidade dos usos finais, para correção dos consumos estimados com os equipamentos economizadores de água. Aplicou-se redução de 29% nas torneiras de lavatório, 30% nos mictórios e 30% nas bacias sanitárias. A Tabela 36 apresenta o consumo de água diário e mensal corrigido após a implementação dos equipamentos economizadores de água.

Tabela 36 - Consumo de água diário e mensal corrigido após a implementação dos equipamentos economizadores de água.

Equipamento/Atividade	Consumo diário (L/dia)	Consumo mensal (L/mês)
Torneira de lavatório	1.749	45.474
Mictório	1.714	44.564
Bacia sanitária	10.163	264.238
Bebedouro área comum	1.789	46.514
Torneira de pia de cozinha	374	9.724
Torneira de tanque	1.677	43.602
Bebedouro copa funcionários	61	1.586
Lavagem pisos	100	2.600
Limpeza banheiros	130	3.380
Total	17.757	461.682

Por fim, o potencial de economia de água potável foi determinado por meio da divisão do consumo diário total de água da edificação com a implementação dos equipamentos economizadores pelo consumo diário total de água da edificação sem a implementação de estratégias de redução de consumo de água, conforme apresentado na Equação 14. A Tabela 37 apresenta a comparação do consumo diário total de água da edificação sem a implementação de estratégias de redução de consumo de água e com a implementação dos equipamentos economizadores de água.

Tabela 37 – Comparação do consumo diário estimado e do consumo diário com equipamentos economizadores de água.

Equipamento/Atividade	Consumo diário estimado (L/dia)	Consumo diário equip. econ. (L/dia)	Redução (L/dia)	Redução
Torneira de lavatório	5.561	1.749	3.812	68,55%
Mictório	4.124	1.714	2.410	58,44%
Torneira de pia de cozinha	543	374	169	31,12%
Bacia sanitária	12.696	10.163	2.533	19,95%
Bebedouro área comum	1.789	1.789	0	0,00%
Torneira de tanque	1.677	1.677	0	0,00%
Bebedouro copa funcionários	61	61	0	0,00%
Lavagem pisos	100	100	0	0,00%
Limpeza banheiros	130	130	0	0,00%
Total	26.681	17.757	8.924	33,45%
Total não potável	16.820	11.877	4.943	29,39%
Percentual do total não potável	63%	67%	-	

As torneiras de lavatório obtiveram a maior redução no consumo diário de água, equivalente a 3.812 L/dia, pois também apresentaram a maior redução de vazão, quando comparadas com os demais equipamentos economizadores de água. As bacias sanitárias apresentaram a segunda maior redução (2.533 L/dia), seguidas dos mictórios com redução de 2.410 L/dia e da torneira de pia de cozinha, com redução de 169 L/dia. Percebe-se que o percentual de usos não potáveis aumentou de 63% para 67%, principalmente devido as torneiras de lavatório obterem a maior redução no consumo diário. Desta forma, o potencial de economia de água potável obtido por meio da implementação de equipamentos economizadores de água foi de 33,45%.

4.3.2. Aproveitamento de água pluvial

A avaliação do potencial de economia de água potável obtido por meio da implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi realizada verificando o percentual de água potável utilizado em fins não potáveis e determinando o volume ideal de reservatório de água pluvial.

4.3.2.1. Percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial

O percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial consiste na soma dos percentuais dos usos finais de água considerados como fins não potáveis (mictórios e bacias sanitárias). Desta forma, verificou-se que o percentual de água potável que poderia ser substituído por água pluvial na Biblioteca Central da UFSC é de 63%.

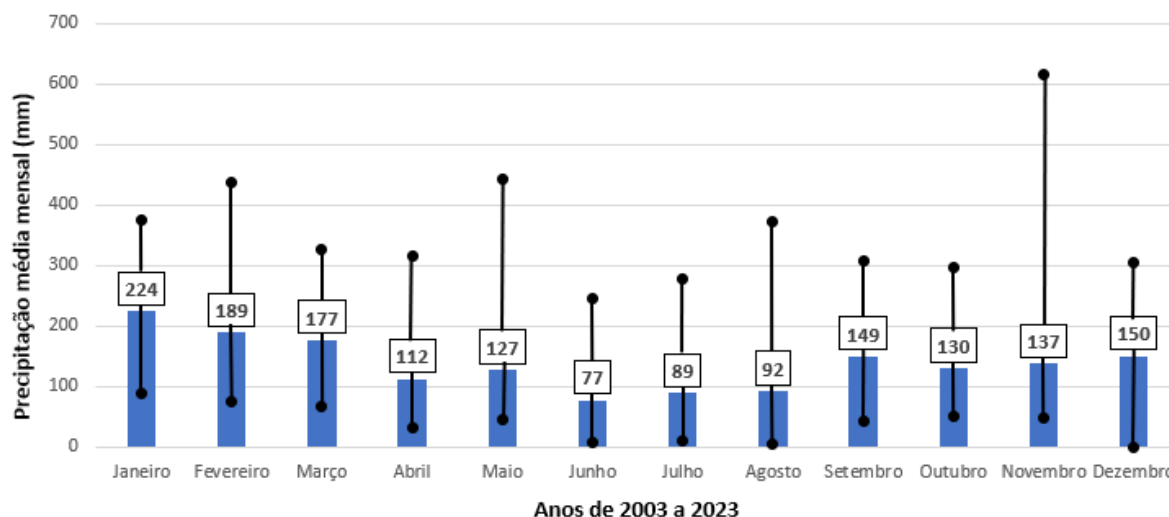
4.3.2.2. Dados pluviométricos

Os dados de precipitação diária utilizados neste trabalho foram obtidos por meio do Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023). Estes dados foram coletados da Estação Convencional do Aeroporto de Florianópolis [83899] para o período de 01/01/2003 até 01/09/2023.

A precipitação média diária obtida para o período avaliado foi de 4,94 mm/dia, a precipitação média mensal obtida foi de 138 mm/mês e a precipitação média anual foi de 1.648

mm/ano. A Figura 22 apresenta os valores de precipitação média mensal dos anos de 2003 a 2023.

Figura 22 – Precipitação média mensal dos anos de 2003 a 2023.



Observa-se que os maiores índices de precipitação média acontecem no verão (meses de dezembro a março), e os menores índices de precipitação acontecem no inverno (meses de junho a agosto).

4.3.2.3. Área de captação

Conforme descrito na seção 3.4.2.3, utilizou-se o programa QGIS para calcular a área de cobertura da edificação. Para estimar a área de captação fez-se necessário gerar três polígonos sobre a projeção horizontal da cobertura da edificação. A Figura 23 ilustra o primeiro polígono gerado, a Figura 24 ilustra o segundo polígono gerado e a Figura 25 o terceiro polígono gerado.

Figura 23 – Polígono 1: área de superfície composta pelos quatro vértices da edificação.

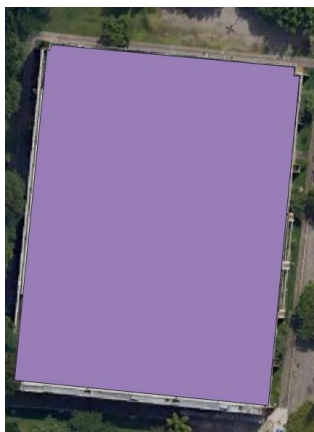


Figura 24 – Polígono 2: área de superfície sobre o jardim interno central.



Figura 25 – Polígono 3: área de superfície sobre a área técnica localizada sobre o telhado.



Devido à imprecisão relacionada à construção dos polígonos no programa QGIS e por considerar a projeção horizontal da cobertura, optou-se por aplicar uma redução de 10% sobre a área de cobertura calculada, resultando em uma área de captação de 4.210 m². A Tabela 38

apresenta a área estimada para cada polígono e a área de captação estimada após a aplicação da redução de 10%.

Tabela 38 – Estimativa da área de captação da cobertura da Biblioteca Central.

Polígono	Área (m²)
Polígono 1	5.233
Polígono 2	439
Polígono 3	116
Área estimada inicial	4.678
Área estimada após redução de 10%	4.210

A cobertura da Biblioteca Central é composta por telhas de fibrocimento. Desta forma, utilizou-se o coeficiente de escoamento superficial médio de 0,92 obtido no estudo da Klein (2017) para coberturas de fibrocimento localizadas em Florianópolis.

4.3.2.4. Reservatórios de água pluvial

O volume ideal do reservatório inferior de armazenamento de água pluvial e o respectivo potencial de economia de água potável foram obtidos por meio do programa Netuno. As variáveis de entrada utilizadas no programa Netuno estão apresentadas na Tabela 39.

Tabela 39 – Variáveis de entrada utilizadas no programa Netuno.

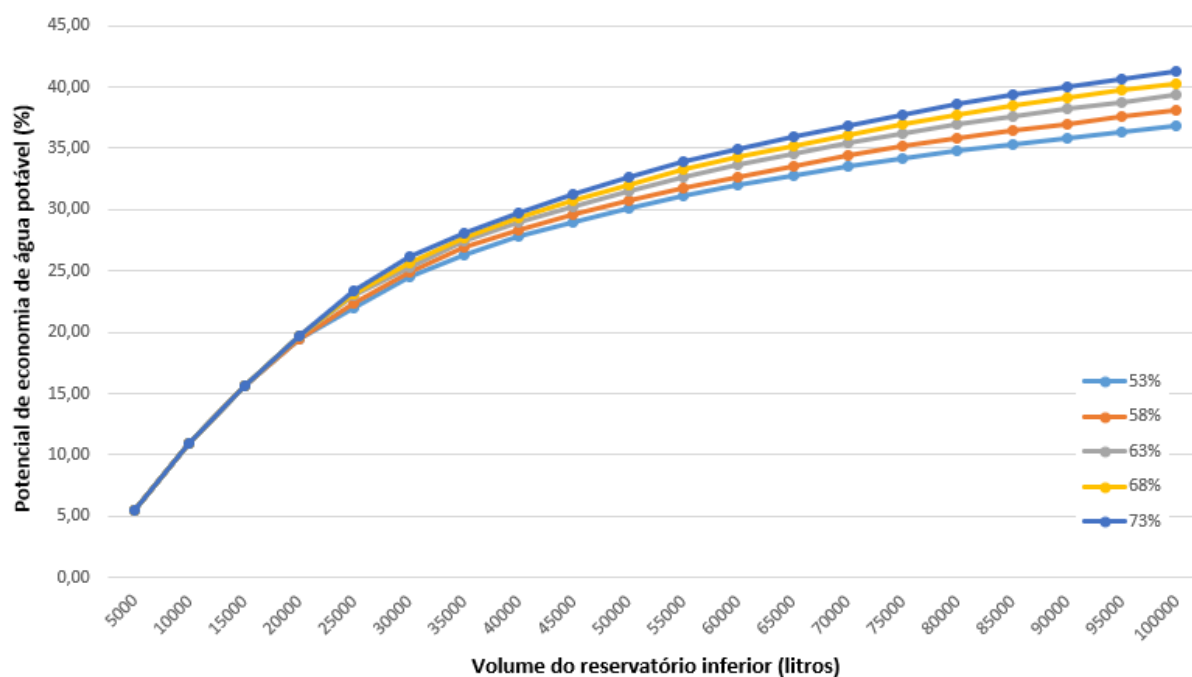
Dados de entrada	Valor
Dados diários de precipitação pluviométrica (mm)	de 01/01/2003 até 01/09/2023
Descarte de escoamento inicial (mm)	2,00
Área de captação (m ²)	4.210
Consumo diário <i>per capita</i> de água potável (L <i>per capita</i> /dia)	8,64
População total	3.090
Percentual de demanda de água potável que poderia ser substituída por água pluvial (%)	63
Coeficiente de escoamento superficial	0,92
Volume do reservatório superior (L)	20.000
Intervalo de simulação do volume do reservatório inferior (L)	0 a 100.000

O volume do reservatório superior é um dado de entrada do programa que precisa ser adotado. O reservatório superior deve possuir capacidade de armazenamento maior que a demanda diária de água não potável e no máximo, o volume equivalente a dois dias dessa demanda. A demanda de água não potável da Biblioteca Central é de 16.820 L/dia, portanto, adotou-se volume 20.000 L para o reservatório superior.

Para simular o volume do reservatório inferior, fez-se variar o volume do reservatório em intervalos de 5.000 L, com volume máximo estabelecido de 100.000 L. Verificou-se também qual seria o potencial de economia de água potável para percentuais de água não potável de 53%, 58%, 68% e 73%. Quando a variação do volume do reservatório promoveu aumento inferior ou igual a 1,5% no potencial de economia de água potável, foi escolhido o volume anterior como ideal para o reservatório inferior.

Os resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior e potencial de economia de água potável para os diferentes percentuais de água não potável estão apresentados na Tabela 40. A Figura 26 mostra o comportamento do potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório inferior.

Figura 26 – Comportamento do potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório inferior.



Observa-se que a curva apresenta crescimento acentuado do potencial de economia de água potável até o volume de reservatório inferior de 40.000 L. Após o volume de 40.000 L a

curva passa a apresentar aumento inferior a 1,5%, tornando-se inferior a 1% após o volume de 60.000 L.

Tabela 40 – Resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior e potencial de economia de água potável para diferentes percentuais de água não potável.

Percentual de água não potável	Volume ideal do reservatório inferior (L)	Potencial de economia de água potável (%)
53%	40.000	25,22
58%	40.000	25,29
63%	40.000	26,63
68%	40.000	27,24
73%	45.000	29,30

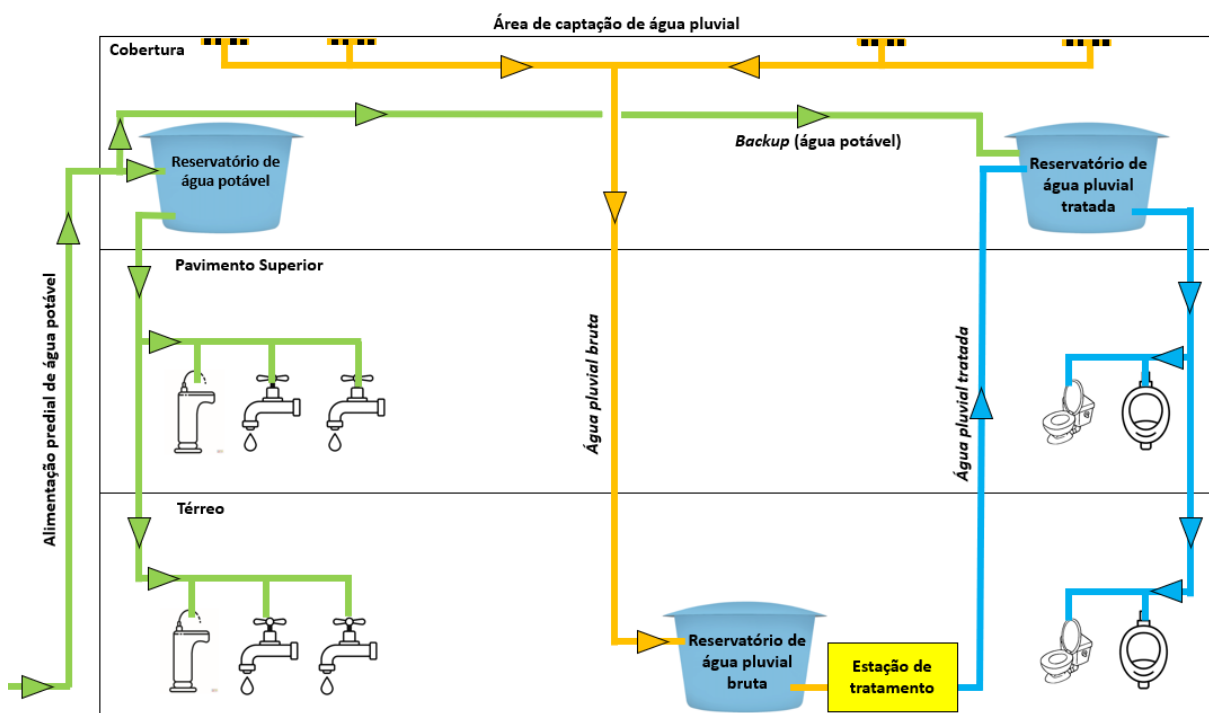
O incremento do potencial de economia de água potável para os percentuais de 53%, 58%, 63% e 68% torna-se inferior a 1,5% para o volume de reservatório de 40.000 L, enquanto para o percentual de 73%, o incremento torna-se inferior a 1,5% para o volume de 45.000 L. Desta forma, optou-se por adotar volume do reservatório inferior de 40.000 L e potencial de economia de água potável de 25,22%, obtido para o percentual de água não potável de 53%.

Para facilitar a execução, adotou-se dois tanques de polietileno de 20.000 L cada para o reservatório inferior e um tanque de polietileno de 20.000 L para o reservatório superior. Por fim, foi previsto abastecimento do reservatório superior por água de *backup* (água potável provinda da concessionária) para quando houver escassez de água pluvial. A Tabela 41 apresenta os volumes totais de reservatório inferior e superior de armazenamento de água pluvial adotados e o potencial de economia de água potável do sistema. A Figura 27 apresenta o esquema vertical de abastecimento de água do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Tabela 41 – Volumes totais adotados para o reservatório inferior e superior de água pluvial e o potencial de economia de água potável para o sistema de aproveitamento de água pluvial.

Reservatório	Volume total (L)	Potencial de economia de água potável (%)
Inferior	40.000	25,22
Superior	20.000	

Figura 27 – Esquema vertical de abastecimento de água do sistema de aproveitamento de água pluvial.



4.3.3. Reúso de água cinza

Para estimar o potencial de economia de água por meio da implementação do sistema de reúso de água cinza, verificou-se a oferta de água cinza e a demanda de água não potável. A oferta de água cinza da Biblioteca Central é de 7.238 L/dia e corresponde ao consumo das torneiras de lavatório e torneira de tanque. A demanda de água não potável é de 16.820 L/dia e corresponde ao consumo dos mictórios e bacias sanitárias. A Tabela 42 apresenta a oferta de água cinza da Biblioteca Central da UFSC.

Tabela 42 – Oferta de água cinza da Biblioteca Central da UFSC.

Equipamento	Oferta de água cinza (L/dia)
Torneira de lavatório	5.561
Torneira de tanque	1.677
Total	7.238

Desse modo, subtraiu-se a oferta de água cinza da demanda de água não potável para determinar a redução do consumo de água potável e o potencial de economia de água potável, conforme apresentado na Tabela 43.

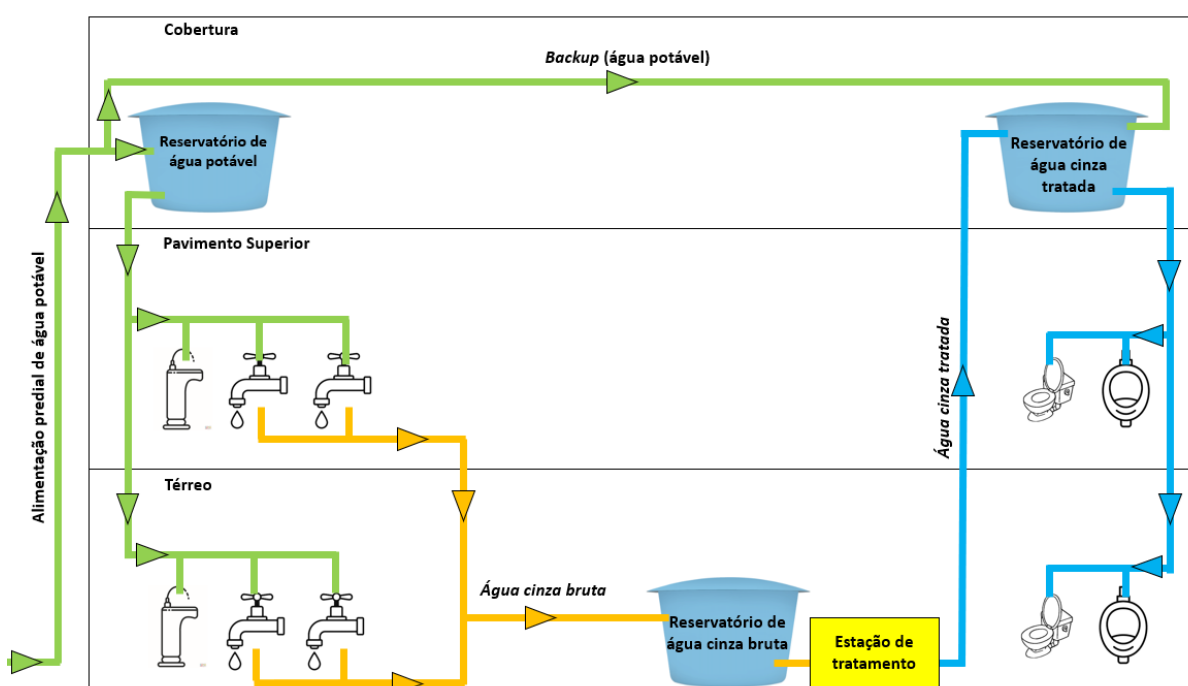
Tabela 43 – Potencial de economia de água potável com reúso de água cinza.

Consumo	Consumo (L/dia)
Oferta de água cinza	7.238
Demanda de água não potável	16.820
Redução	7.238
Potencial de economia de água potável	27,13%

A redução do consumo de água potável obtida foi de 7.238 L/dia e o potencial de redução do consumo de água potável por meio da implementação do sistema de reúso de água cinza foi de 27,13%.

O volume do reservatório inferior de armazenamento de água cinza deve ser superior a oferta de água cinza de 7.238 L/dia. Deste modo, adotou-se um tanque de polietileno de 7.500 L. O reservatório superior de água cinza tratada alimenta as bacias sanitárias e os mictórios da edificação por meio de tubulações independentes das tubulações de água potável. Deste modo, o volume do reservatório superior deve ser superior à demanda diária de água não potável de 16.820 L/dia. Portanto, adotou-se para o reservatório superior um tanque de polietileno de 20.000 L. Por fim, foi previsto abastecimento do reservatório superior por água de *backup* (água potável provinda da concessionária) para quando houver escassez de água cinza. A Figura 28 apresenta o esquema vertical de abastecimento de água do sistema de reúso de água cinza.

Figura 28 – Esquema vertical abastecimento de água do sistema de reúso de água cinza.



4.3.4. Reúso de água negra

O sistema de esgoto sanitário da Biblioteca Central recebe, em conjunto, a água negra e água cinza gerada na edificação. Desta forma, para este trabalho, adotou-se a terminologia de água negra como sendo todo o esgoto gerado na edificação.

Para estimar o potencial de economia de água por meio da implementação do sistema de reúso de água negra, verificou-se a oferta de água negra e a demanda de água não potável. Diante disso, considerou-se todo o esgoto gerado na edificação como oferta de água negra, equivalente a 24.601 L/dia. A demanda de água não potável é de 16.820 L/dia e corresponde ao consumo dos mictórios e das bacias sanitárias. A Tabela 44 apresenta a oferta de água negra da Biblioteca Central da UFSC.

Tabela 44 – Oferta de água negra da Biblioteca Central da UFSC.

Equipamento	Oferta de água negra (L/dia)
Torneira de lavatório	5.561
Mictório	4.124
Bacia sanitária	12.696
Torneira de pia de cozinha	543
Torneira de tanque	1.677
Total	24.601

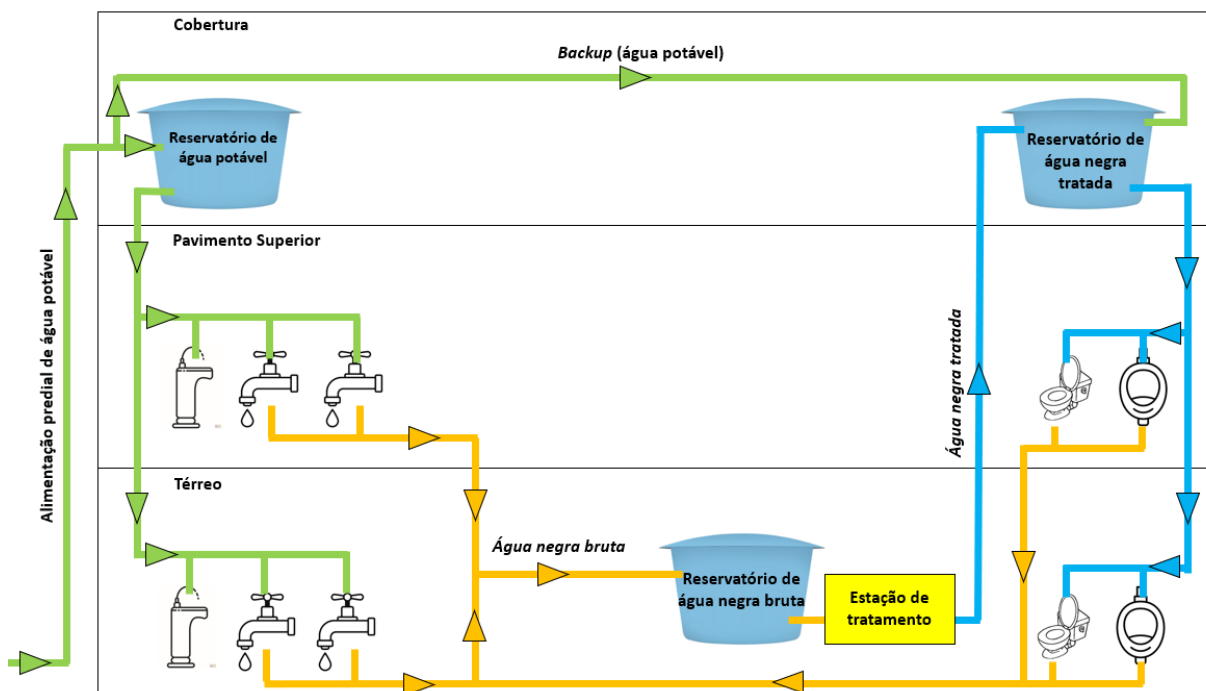
Observa-se que a oferta de água negra de 24.601 L/dia é superior a demanda de água não potável de 16.820 L/dia. Dessa forma, o sistema de reúso de água negra é capaz de suprir toda a demanda diária de água não potável da Biblioteca Central, reduzindo o consumo de água potável em 16.820 L/dia, valor equivalente a 63,04% do consumo total de água potável. Deste modo, o potencial de redução do consumo de água potável por meio da implementação do sistema de reúso de água negra obtido foi de 63,04%.

O volume do reservatório inferior de armazenamento de água negra deve ser superior a oferta de água negra de 24.601 L/dia. Deste modo, adotou-se um tanque de polietileno de 7.500 L e um tanque de polietileno de 20.000 L.

O reservatório superior de água negra tratada alimenta as bacias sanitárias e os mictórios da edificação por meio de tubulações independentes das tubulações de água potável. Deste modo, o volume do reservatório superior deve ser superior à demanda diária de água não potável de 16.820 L/dia. Portanto, adotou-se para o reservatório superior um tanque de polietileno de 20.000 L. Por fim, foi previsto abastecimento do reservatório superior por água de *backup* (água

potável provida da concessionária) para quando houver escassez de água negra. A Figura 29 apresenta o esquema vertical de abastecimento do sistema de reúso de água negra.

Figura 29 – Esquema vertical de abastecimento do sistema de reúso de água negra.



4.3.5. Cenário 1

O cenário 1 consiste na implementação das estratégias combinadas de equipamentos economizadores de água e aproveitamento de água pluvial. Portanto, utilizou-se os usos finais obtidos com a implementação dos equipamentos economizadores de água e calculados na seção 4.3.1. A Tabela 45 apresenta o consumo diário de água potável com a implementação de equipamentos economizadores de água e o novo percentual de água não potável.

Tabela 45 – Consumo diário de água potável e novo percentual de água não potável com a implementação de equipamentos economizadores de água.

Equipamento/Atividade	Consumo diário (L/dia)
Torneira de lavatório	1.749
Mictório	1.714
Bacia sanitária	10.163
Bebedouro área comum	1.789
Torneira de pia de cozinha	374
Torneira de tanque	1.677
Bebedouro copa funcionários	61
Lavagem pisos	100
Limpeza banheiros	130
Total	17.757
Total não potável (bacia sanitária e mictório)	11.877
Percentual do total não potável	67%

O novo consumo de água potável obtido com a implementação dos equipamentos economizadores de água foi de 17.757 L/dia. Deste modo, calculou-se a nova demanda de água pluvial e o novo consumo *per capita* diário de água potável. A nova demanda de água pluvial obtida foi de 11.877 L/dia, o qual corresponde ao percentual de água não potável de 67%. O novo consumo *per capita* diário obtido foi de 5,81 L *per capita*/dia. Por fim, adotou-se volume de reservatório superior de 20.000 L para atender a demanda de água não potável de 11.877 L/dia. Demais dados de entrada do programa Netuno não sofreram alterações.

Diante disso, seguiram-se os mesmos procedimentos descritos na seção 3.4.2.4 e determinou-se o volume ideal do reservatório inferior e o potencial de redução do consumo de água potável. Os resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior e o potencial de economia de água potável, para os diferentes percentuais de água não potável estão apresentados na Tabela 46.

Tabela 46 – Resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior e potencial de economia de água potável para diferentes percentuais de água não potável.

Percentual de água não potável	Volume ideal do reservatório inferior (L)	Potencial de economia de água potável
62%	50.000	37,42%
67%	50.000	38,70%
72%	50.000	40,02%

O potencial de economia de água potável para os percentuais de 62%, 67% e 72% tornaram-se inferior a 1,5% para o volume de reservatório de 50.000 L. Deste modo, adotou-se volume para o reservatório inferior de 50.000 L e potencial de economia de água de 37,42%, obtido para o percentual de 62%. Para facilitar a execução, optou-se por adotar um tanque de polietileno de 20.000 L e um tanque de polietileno de 30.000 L para o reservatório inferior e um tanque de polietileno de 20.000 L para o reservatório superior.

O potencial de economia de água potável de 37,42% obtido pelo programa Netuno foi multiplicado pelo consumo total diário da edificação com uso de equipamentos economizadores de 17.757 L/dia, resultando em uma redução diária de 6.645 L/dia. Deste modo, obteve-se consumo diário total de água potável de 11.112 L/dia e potencial de economia de água potável de 58,35% para o cenário 1. A Tabela 47 apresenta o consumo diário e o potencial de economia de água potável obtidos para o cenário 1.

Tabela 47 – Consumo diário e potencial de economia de água potável do cenário 1.

Consumo	Consumo diário (L/dia)	Potencial de economia de água potável (%)
Estimado	26.681	58,35
Cenário 1	11.112	
Redução	15.569	

O abastecimento de água do cenário 1 segue o mesmo esquema apresentado na Figura 27, com alteração apenas do volume de reservatório inferior.

4.3.6. Cenário 2

O cenário 2 consiste na implementação das estratégias combinadas de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza. A Tabela 48 apresenta o consumo diário de água potável com a implementação de equipamentos economizadores de água e a nova oferta de água cinza.

Tabela 48 – Consumo diário de água potável e nova oferta de água cinza com a implementação de equipamentos economizadores de água.

Equipamento/Atividade	Consumo diário (L/dia)
Torneira de lavatório	1.749
Mictório	1.714
Bacia sanitária	10.163
Bebedouro área comum	1.789
Torneira de pia de cozinha	374
Torneira de tanque	1.677
Bebedouro copa funcionários	61
Lavagem pisos	100
Limpeza banheiros	130
Total	17.757
Oferta de água cinza (torneira de lavatório e torneira de tanque)	3.426
Demanda não potável (bacia sanitária e mictório)	11.877

A nova oferta de água cinza obtida foi de 3.426 L/dia e a demanda de água não potável foi de 11.877 L/dia. A oferta de água cinza é inferior à demanda de água não potável, portanto, a redução do consumo de água potável obtida por meio do sistema de reúso de água cinza é de 3.426 L/dia, equivalente a oferta de água cinza.

O consumo diário total de água potável para o cenário 2 foi obtido aplicando a redução de 3.426 L/dia no consumo total diário somente com a implementação de equipamentos economizadores (17.757 L/dia). Deste modo, o consumo diário total de água potável obtido para o cenário 2 foi de 14.331 L/dia, que representa potencial de economia de água potável de 46,29%. A Tabela 49 apresenta o consumo diário e o potencial de economia de água potável obtidos para o cenário 2.

Tabela 49 – Consumo diário e potencial de economia de água potável do cenário 2.

Consumo	Consumo diário (L/dia)	Potencial de economia de água potável
Estimado	26.681	46,29%
Cenário 2	14.331	
Redução	12.350	

Adotou-se um tanque de polietileno de 5.000 L para o reservatório inferior de água cinza, para armazenar a oferta de água cinza de 3.426 L/dia, e um tanque de polietileno de 20.000 L para o reservatório superior. Por fim, foi previsto abastecimento do reservatório

superior por água de *backup* (água potável provinda da concessionária) para quando houver escassez de água cinza. O abastecimento de água do cenário 2 segue o mesmo esquema apresentado na Figura 28, com alteração apenas do volume de reservatório inferior.

4.3.7. Cenário 3

O cenário 3 consiste na implementação das estratégias combinadas de equipamentos economizadores de água e reúso de água negra. Vale ressaltar que, para este trabalho, adotou-se a terminologia de água negra como sendo todo o esgoto gerado na edificação. A Tabela 50 apresenta o consumo diário de água potável com a implementação de equipamentos economizadores de água e a nova oferta de água negra.

Tabela 50 – Consumo diário de água potável e nova oferta de água negra com a implementação de equipamentos economizadores de água.

Equipamento/Atividade	Consumo diário (L/dia)
Torneira de lavatório	1.749
Mictório	1.714
Bacia sanitária	10.163
Bebedouro área comum	1.789
Torneira de pia de cozinha	374
Torneira de tanque	1.677
Bebedouro copa funcionários	61
Lavagem pisos	100
Limpeza banheiros	130
Total	17.757
Oferta de água negra (todo esgoto gerado na edificação)	15.677
Demanda não potável (bacia sanitária e mictório)	11.877

A nova oferta de água negra obtida foi de 15.677 L/dia, superior à demanda de água não potável de 11.877 L/dia. Desse modo, a redução do consumo de água potável obtida por meio do sistema de reúso de água negra do cenário 3 foi de 11.877 L/dia, equivalente à demanda de água não potável.

O consumo diário total de água potável para o cenário 3 foi obtido aplicando a redução de 11.877 L/dia no consumo total diário somente com a implementação de equipamentos economizadores (17.757 L/dia). Deste modo, o consumo diário total de água potável obtido para o cenário 3 foi de 5.880 L/dia, que representa potencial de economia de água potável de

77,96%. A Tabela 51 apresenta o consumo diário e o potencial de economia de água potável obtidos para o cenário 3.

Tabela 51 – Consumo diário e potencial de economia de água potável do cenário 3.

Consumo	Consumo diário (L/dia)	Potencial de economia de água potável
Estimado	26.681	77,96%
Cenário 3	5.880	
Redução	20.801	

Adotou-se um tanque de polietileno de 20.000 L para o reservatório inferior de água negra, para armazenar a oferta de água negra de 15.157 L/dia, e um tanque de polietileno de 20.000 L para o reservatório superior. Por fim, foi previsto abastecimento do reservatório superior por água de *backup* (água potável provinda da concessionária) para quando houver escassez de água negra. O abastecimento de água do cenário 3 segue o mesmo esquema apresentado Figura 29, com alteração apenas do volume de reservatório inferior.

4.3.8. Cenário 4

O cenário 4 consiste na implementação das estratégias combinadas de equipamentos economizadores de água, reúso de água cinza e aproveitamento de água pluvial. Portanto, utilizou-se os usos finais calculados para o cenário 2 na seção 4.3.6, após a implementação de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza. A Tabela 52 apresenta o consumo diário de água potável com a implementação de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza, bem como o novo percentual de água não potável.

Tabela 52 – Consumo diário de água potável e novo percentual de água não potável com a implementação de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza.

Equipamento/Atividade	Consumo diário (L/dia)
Torneira de lavatório	1.749
Mictório	1.714
Bacia sanitária	6.737
Bebedouro área comum	1.789
Torneira de pia de cozinha	374
Torneira de tanque	1.677
Bebedouro copa funcionários	61
Lavagem pisos	100
Limpeza banheiros	130
Total	14.331
Demanda não potável (bacia sanitária e mictório)	8.451
Percentual de água não potável	61%

O novo consumo de água potável obtido com a implementação dos equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza foi de 14.331 L/dia. Deste modo, calculou-se a nova demanda de água pluvial e o novo consumo *per capita* diário de água potável. A nova demanda de água pluvial obtida foi de 8.451 L/dia, a qual corresponde ao percentual de água não potável de 61%. O novo consumo *per capita* diário obtido foi de 4,87 L *per capita*/dia. Por fim, adotou-se volume de reservatório superior de 20.000 L. Demais dados de entrada do programa Netuno não sofreram alterações.

Diante disso, determinou-se o volume ideal do reservatório inferior de água pluvial e o potencial de redução do consumo de água potável por meio do sistema de aproveitamento de água pluvial. Os resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior de água pluvial e potencial de economia de água potável para os diferentes percentuais de água não potável estão apresentados na Tabela 53.

Tabela 53 – Resultados do dimensionamento do volume ideal do reservatório inferior e potencial de economia de água potável para diferentes percentuais de água não potável.

Percentual de água não potável	Volume ideal do reservatório inferior (L)	Potencial de economia de água potável (%)
56%	40.000	36,20
61%	40.000	37,64
66%	40.000	39,03

O potencial de economia de água potável para os percentuais de 56%, 61% e 66% tornaram-se inferior a 1,5% para o volume de reservatório de 40.000 L. Deste modo, adotou-se volume para o reservatório inferior de 40.000 L e potencial de economia de água de 36,20%, obtido para o percentual de água não potável de 56%.

O potencial de economia de água potável de 36,20% obtido pelo programa Netuno foi multiplicado pelo consumo total diário da edificação com uso de equipamentos economizadores e reúso de água cinza de 14.331 L/dia, resultando em uma redução de 5.188 L/dia. Deste modo, obteve-se consumo diário total de água potável de 9.143 L/dia e potencial de economia de água potável de 65,73% para o cenário 4. A Tabela 54 apresenta o consumo diário e o potencial de economia de água potável obtidos para o cenário 4.

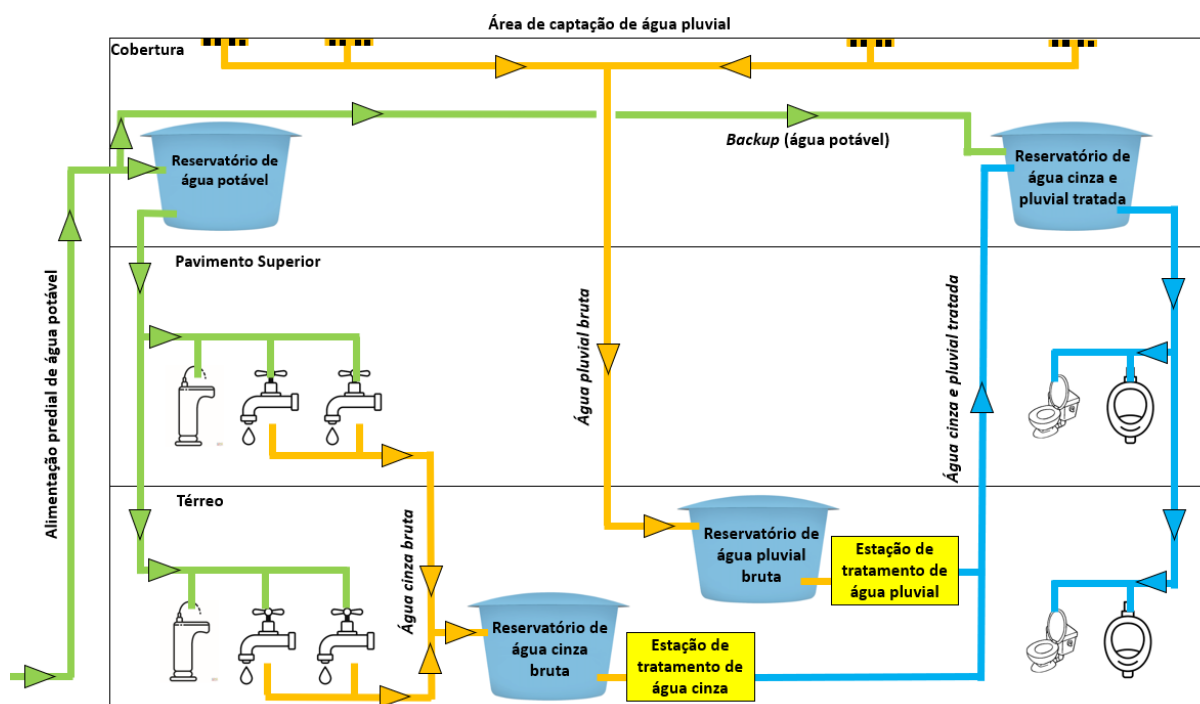
Tabela 54 – Consumo diário e potencial de economia de água potável do cenário 4.

Consumo	Consumo diário (L/dia)	Potencial de economia de água potável
Estimado	26.681	65,73%
Cenário 4	9.143	
Redução	17.538	

A água pluvial e a água cinza são direcionadas a estações de tratamento diferentes, portanto, devem ser armazenadas em reservatórios inferiores distintos. A oferta de água cinza obtida para o do cenário 4 foi de 3.426 L/dia. Deste modo, adotou-se para o reservatório inferior de água pluvial dois tanques de polietileno de 20.000 L e uma caixa d'água de polietileno de 5.000 L para o reservatório inferior de água cinza.

Para o reservatório superior, não é necessário prever reservatórios distintos, visto que a água de reúso tratada por ambos os sistemas será utilizada nos mesmos usos não potáveis (bacia sanitária e mictório). Deste modo, adotou-se volume de reservatório superior de 20.000 L para atender a demanda de água não potável de 11.877 L/dia. Por fim, foi previsto abastecimento do reservatório superior por água de *backup* (água potável provinda da concessionária) para quando houver escassez de água de reúso. A Figura 30 apresenta o esquema vertical de abastecimento do cenário 4.

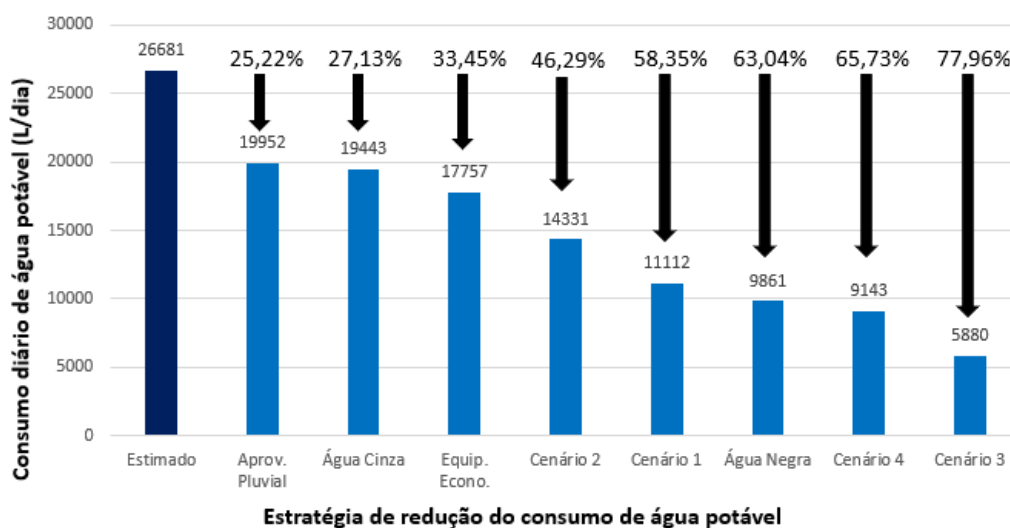
Figura 30 – Esquema vertical de abastecimento de água do cenário 4.



4.3.9. Discussão

Neste trabalho, estimou-se o potencial de economia de água potável gerado por meio da implementação de estratégias de redução do consumo de água potável isoladas e combinadas entre si. A Figura 31 apresenta a comparação do potencial de economia de água potável obtido para as diferentes estratégias analisadas.

Figura 31 – Comparação do potencial de economia de água potável obtido para as diferentes estratégias de redução do consumo de água potável.



Verifica-se que o cenário 3 (equipamentos economizadores de água e reúso de água negra) obteve o maior potencial de economia de água potável (77,96%). O cenário 4 (equipamentos economizadores de água, reúso de água cinza e aproveitamento de água pluvial) obteve o segundo maior potencial de economia de água potável, com redução de 17.538 L/dia. O sistema isolado de aproveitamento de água pluvial obteve o menor potencial de economia (25,22%), seguido do sistema de reúso de água cinza, com potencial de economia de 27,13% e dos equipamentos economizadores de água, com potencial de economia de 33,45%.

Compararam-se os potenciais de economia de água potável obtidos neste trabalho com estudos similares em instituições de ensino brasileiras encontrados na literatura. A Tabela 55 apresenta a comparação dos potenciais de economia obtidos neste trabalho e em estudos similares.

Tabela 55 – Comparação dos potenciais de economia de água potável obtidos neste trabalho e em estudos similares.

Estratégia	Potencial de economia de água potável (%)					
	Presente estudo	Santos, Sant'ana e Ramos (2019)	Lombardi (2012)	Marinoski e Ghisi (2008)	Rainmap (2017)	Fasola et al. (2011) ¹
Equipamentos economizadores	33,45	36,00	43,00	-	-	15,30
Aproveitamento de água pluvial	25,22	-	-	45,80	44,71	22,90 ²
Reúso de água cinza	27,13	-	-	-	-	5,10
Cenário 1	58,35	-	-	-	-	27,80

Nota 1: Valores obtidos para a escola municipal.

Nota 2: Percentual referente ao cenário com melhor desempenho.

A estratégia de equipamentos economizadores de água apresentou potencial de economia de água potável próximo aos valores obtidos nos estudos de Santos, Sant'ana e Ramos (2019) e Lombardi (2012).

O sistema isolado de aproveitamento de água pluvial obteve potencial de economia de água inferior ao encontrado nos estudos de Marinoski e Ghisi (2008) e Rainmap (2017). Os estudos de Marinoski e Ghisi (2008) e Rainmap (2017) também foram conduzidos em Florianópolis e apresentaram área de captação de água pluvial de 3.300 m² e 1.677 m², respectivamente. Contudo, Marinoski e Ghisi (2008) obtiveram demanda diária de água consumida em fins não potáveis de 6.000 L/dia e Rainmap (2017) apresentou demanda de água não potável de aproximadamente 141 m³/mês, enquanto este estudo obteve demanda de água

não potável de 16.820 L/dia, equivalente a 437 m³/mês. Desta forma, pode-se afirmar que a diferença do potencial de economia está diretamente relacionada com a demanda de água não potável, pois quanto maior a demanda de água não potável, maiores as dificuldades de atendimento dessa demanda (considerando dados pluviométricos e área de captação fixos).

Verifica-se que o estudo de Fasola et al. (2011) resultou em um potencial de econômica de água por meio de reúso de água cinza de apenas 5,10% devido à baixa oferta de água cinza. A combinação de equipamentos economizadores de água e aproveitamento de água pluvial do estudo de Fasola et al. (2011) obteve potencial de economia de 27,80%, valor inferior à metade do potencial obtido neste trabalho. Essa diferença ocorre, possivelmente, devido ao baixo potencial de economia obtido para os equipamentos economizadores, visto que os sistemas de aproveitamento de água pluvial resultaram em potenciais de economia próximos. Percebe-se que a literatura brasileira carece de estudos relacionados à análise de reúso de água negra em instituições de ensino, bem como de estratégias combinadas.

4.4. Análise Econômica

Para realização da análise econômica, levantou-se os custos de implementação, manutenção e operação dos sistemas das diferentes estratégias de redução do consumo de água potável. Calculou-se a economia gerada por cada estratégia isolada e para os cenários de estratégias combinadas. Por fim, verificou-se a viabilidade econômica por meio do valor presente líquido, tempo de retorno de investimento e taxa interna de retorno obtidos em cada análise.

4.4.1. Equipamentos economizadores de água

4.4.1.1. Levantamento de custos

Os equipamentos economizadores de água foram orçados por meio de consulta em *sites* de lojas de materiais e equipamentos hidrossanitários e incluiu-se o valor de entrega. A torneira de lavatório e arejador econômico compatível foram orçados por meio do fabricante Deca. A válvula de mictório, torneira de cozinha e arejador TZ foram orçados por meio do fabricante Docol. O custo do kit de bacia sanitária com caixa acoplada foi obtido por meio do fabricante Incepa.

O custo de mão-de-obra para a instalação dos equipamentos economizadores de água foi estimado com base no Sinapi. O sistema apresenta composição de serviço para cada tipo de

equipamento hidrossanitário e considera o custo de mão-de-obra de um encanador e de um servente para a instalação de uma unidade de equipamento.

Considerou-se como custo de manutenção uma taxa de reposição anual de 50% para as torneiras de lavatório, de 35% para as bacias sanitárias e de 60% para os mictórios. A Tabela 56 apresenta os custos dos equipamentos economizadores de água, a Tabela 57 apresenta o custo de mão-de-obra e a Tabela 58 apresenta o custo de manutenção anual.

Tabela 56 – Custo dos equipamentos economizadores de água.

Equipamentos economizadores	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Frete (R\$)	Valor Total (R\$)
Torneira de Mesa Decamatic Eco Cromado – Deca (Cód. 1173.C)	766,90	26	112,06	20.051,46
Arejador Econômico de 1,8 L/min – Deca (Cód. 4224012)	69,00	26	39,15	1.833,15
Válvula de mictório Compact LEED PressMatic - Docol (Cód. 00592306)	417,94	9	45,80	3.807,26
Kit de Bacia com Caixa Acoplada 3/6 L Zip Branco – Incepa (Cód. 888839158)	579,90	27	0,00	15.657,30
Torneira para Cozinha de Parede 3/4” Nova Riva – Docol (Cód. 00928006)	239,90	1	14,23	254,13
Arejador TJ 5 L/min	56,82	1	24,80	81,62
Total custo dos equipamentos economizadores de água				41.684,92

Tabela 57 - Custo de mão-de-obra para instalação dos equipamentos economizadores de água.

Equipamentos economizadores	Encanador (R\$/unidade)	Servente (R\$/unidade)	Quantidade	Valor Total (R\$)
Torneira de lavatório e arejador econômico	18,08	4,09	26,00	576,42
Válvula de mictório	59,27	13,41	9,00	654,12
Bacia sanitária com caixa acoplada	13,92	7,04	27	565,81
Torneira de cozinha e arejador TJ	4,67	1,06	1	5,73
Total custo mão-de-obra instalação dos equipamentos economizadores de água				1.802,07

Tabela 58 - Custo de manutenção anual dos equipamentos economizadores de água.

Equipamentos economizadores	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Frete (R\$)	Valor Total (R\$)
Torneira de lavatório e arejador econômico	766,90	13	112,06	10.081,76
Válvula de mictório	69,00	13	39,15	936,15
Bacia sanitária com caixa acoplada	417,94	6	45,80	2.553,44
Torneira de cozinha e arejador TJ	579,90	10	0,00	5.799,00
Mão-de-obra¹				1.358,78
Total custos anual de manutenção				20.729,13

Nota 1: utilizou-se os custos de encanador, servente e frete apresentados na Tabela 57 e a quantidade de serviço apresentada nesta Tabela.

O custo total de implementação dos equipamentos economizadores de água equivale à soma do custo dos equipamentos (R\$ 41.684,92) e custo de mão-de-obra (R\$ 1.802,07). Desta forma, o custo total de implementação dos equipamentos economizadores de água obtido foi de R\$ 43.486,99 e o custo anual de manutenção obtido foi de R\$ 20.729,13/ano.

4.4.1.2. Economia financeira

A economia financeira corresponde à diferença entre o valor da fatura de água potável da Biblioteca Central sem a implementação das estratégias de redução do consumo e da fatura de água potável com a implementação dos equipamentos economizadores de água, considerando os custos de manutenção.

A Biblioteca Central da UFSC se enquadra na categoria pública e possui tarifa aplicada a imóveis destinados à atividade do setor público. A Tabela 59 apresenta os valores da tarifa cobrada para as faixas de consumo da categoria pública.

Tabela 59 – Tarifa do m³ de água consumida cobrada pela CASAN para a categoria pública.

Categoria	Faixa	Volume (m³)	Água (R\$)
Pública	Tarifa fixa de disponibilidade de infraestrutura (TFDI)		37,31
	1	1 a 10	5,49
	2	11 a 999999	15,41

Fonte: Adaptado de CASAN (2023).

O consumo de água mensal estimado para a Biblioteca Central foi de 694 m³/mês. O consumo mensal com a implementação dos equipamentos economizadores de água foi obtido multiplicando o consumo diário de 17.757 L/dia por 26 dias úteis, o qual resultou em um consumo mensal de 462 m³/mês. Diante disso, aplicou-se a tarifa de água pública sobre os consumos mensais e obteve-se o custo mensal de água para o consumo mensal estimado e para o consumo mensal com a implementação dos equipamentos economizadores, conforme apresentado na Tabela 60.

Tabela 60 – Custo mensal de água para o consumo estimado e consumo com implementação dos equipamentos economizadores de água.

Consumo	Consumo mensal (m³/mês)	Custo mensal de água (R\$/mês)
Estimado	694	10.635,73
Equipamento economizador	462	7.113,96
Economia financeira	232	3.501,77

O custo mensal de água obtido para o consumo estimado foi de R\$ 10.635,73/mês e o custo mensal de água obtido para o consumo de água com equipamentos economizadores foi de R\$ 7.113,96/mês. Deste modo, a economia financeira mensal obtida com a implementação de equipamentos economizadores na Biblioteca Central foi de R\$ 3.501,77/mês.

Por meio dos custos de implementação, custo anual de manutenção e economia financeira mensal de água, calculou-se o valor presente líquido, tempo de retorno de investimento e taxa interna de retorno. Para isso, utilizou-se TMA de 0,60% ao mês, inflação de 0,42% ao mês sobre o custo total da fatura de água e período de análise de 15 anos. O custo anual de manutenção foi descontado do fluxo de caixa nos períodos múltiplos de doze. A Tabela 61 apresenta os dados de entrada para análise econômica da implementação dos equipamentos economizadores de água e a Tabela 62 apresenta os resultados obtidos na análise econômica.

Tabela 61 – Dados de entrada da análise econômica da implementação de equipamentos economizadores de água.

Dado de entrada	Valor
Custo de implementação	R\$ 43.486,99
Manutenção anual	R\$ 20.729,13
Redução mensal	R\$ 3.501,77
Taxa mínima de atratividade	0,60% a.m.
Inflação sobre custo total da fatura de água	0,42% a.m.
Período de análise	15 anos

Tabela 62 – Resultados da análise econômica da implementação de equipamentos economizadores de água.

Índice econômico	Resultado
Valor presente líquido	R\$ 147.080,28
Tempo de retorno de investimento	20 meses
Taxa interna de retorno	4,46% ao mês

Observa-se que o VPL obtido foi de R\$ 147.080,28, a TIR foi de 4,46% ao mês (superior à TMA) e o tempo de retorno de investimento foi de 20 meses, o que indica que a estratégia é economicamente viável.

4.4.2. Estratégias de reúso isoladas

Os materiais e equipamentos orçados para os sistemas de aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza e reúso de água negra foram: reservatórios de polietileno, motobomba e estação de tratamento. Os reservatórios de polietileno e motobomba foram orçados na loja de materiais de construção civil Leroy Merlin, localizada na região da Grande Florianópolis. As estações de tratamento de água compatíveis com cada sistema de reúso foram orçadas com fabricantes específicos.

O custo de tubulação foi obtido aplicando o percentual de 20% sobre o custo total de reservatórios e motobomba. O custo de mão-de-obra para a instalação dos sistemas de reúso foi calculado aplicando o percentual de 24% sobre o custo total de reservatórios, motobomba e tubulação.

Para determinar os custos de energia elétrica devido ao bombeamento e operação das estações de tratamento, utilizou-se como base a fatura de energia elétrica da UFSC do campus Trindade/Florianópolis com vencimento no dia 25 de outubro de 2023. A fatura apresenta doze tarifas e nove impostos que são aplicados em diferentes faixas de consumo de energia elétrica. Desta forma, optou-se por dividir o custo total da fatura pelo consumo total faturado para obter um valor médio de tarifa de energia elétrica. O custo total da fatura analisada foi de R\$ 530.732,64 e o consumo total faturado foi de 785.422 kWh. Desta forma, o valor de tarifa médio obtido foi de R\$ 0,68 por kWh consumido.

O custo de energia elétrica devido à operação da estação de tratamento e da motobomba foi determinado por meio da multiplicação da potência instalada do equipamento, do tempo de funcionamento e da tarifa de energia elétrica. Por fim, o custo de manutenção dos sistemas de reúso equivale aos custos de manutenção das estações de tratamento, os quais foram incluídos pelos fabricantes nos orçamentos das estações de tratamento.

Por fim, para calcular o valor presente líquido, tempo de retorno de investimento e taxa interna de retorno, utilizou-se TMA de 0,60% ao mês, inflação de 0,42% ao mês sobre o custo total da fatura de água e período de análise de 15 anos. A seguir, são apresentados os resultados do levantamento de custos e análise econômica dos sistemas de aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza e reúso de água negra.

4.4.2.1. Aproveitamento de água pluvial

Para compor o sistema de aproveitamento de água pluvial, orçaram-se dois tanques de polietileno de 20.000 L para o reservatório inferior e um tanque de polietileno de 20.000 L para o reservatório superior. Todos os reservatórios orçados são do fabricante Fortlev. Selecionaram-se duas motobombas de água do fabricante Dancor, com potência de ½ CV cada e altura manométrica máxima de 40 mca. Como na edificação já existem calhas de concreto impermeabilizado e condutores verticais e horizontais de PVC para a drenagem de água pluvial da cobertura, esses itens não foram orçados.

A estação de tratamento de água pluvial e o sistema de descarte inicial foram orçados com o fabricante Auxtrat. A estação de tratamento selecionada foi a ETAC-3000, a qual conta com vazão máxima de tratamento de 3.000 L/h, dois elementos filtrantes, um de areia (primeiro elemento) e outro de carvão ativado (segundo elemento), e dois elementos de desinfecção por esterilização UV e cloração. Para que não ocorram danos às tubulações e à estação de tratamento, orçou-se o equipamento *First Flush* com filtro horizontal (FF-250), o qual possui um filtro para reter os materiais grosseiros oriundos da área de captação e dispositivo automático de descarte dos 2 mm iniciais de precipitação. Foi necessário orçar duas unidades de FF-250, visto que cada unidade é recomendada para área de captação de até 3.000 m². A Figura 32 ilustra a estação de tratamento ETAC-3000 e o equipamento *First Flush* FF-250.

Figura 32 – Estação de tratamento ETAC-3000 e equipamento *First Flush* FF-250



a) ETAC-3000.



b) *First Flush* FF-250.

O custo total de implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial obtido foi de R\$ 127.060,20, conforme apresentado na Tabela 63.

Tabela 63 – Custo total de implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial

Equipamento	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor Total (R\$)
Tanque de polietileno de 20.000 L - Fortlev	12.289,00	3	36.867,00
Motobomba	399,90	2	799,80
Tubulação (20% do custo de reservatório e motobomba)	7.533,36	1	7.533,36
Mão-de-obra (24% do custo de reservatório, motobomba e tubulação)	10.848,04	1	10.848,04
ETAC-3000	35.970,00	1	35.970,00
<i>First Flush</i> FF-250	17.521,00	2	35.042,00
Custo total de implementação			127.060,20

A motobomba selecionada possui potência aproximada de 0,37 kW ($\frac{1}{2}$ CV) e a estação de tratamento ETAC-3000 possui potência instalada de 0,75 kW. Considerando a vazão máxima de tratamento de 3.000 L/h da ETAC-3000 e reservatório superior de 20.000 L, estimou-se tempo de funcionamento da motobomba e da ETAC-3000 de sete horas por dia, equivalente a 182 horas por mês. O custo mensal de operação do sistema de aproveitamento pluvial obtido foi de R\$ 128,42, conforme apresentado na Tabela 64.

Tabela 64 – Custo mensal de operação do sistema de aproveitamento pluvial.

Equipamento	Potência (kW)	Tempo de funcionamento (h/mês)	Tarifa energia elétrica (R\$/kWh)	Valor Total (R\$/mês)
Motobomba	0,37	182	0,68	42,42
ETAC-3000	0,75			86,00
Custo total mensal de operação				128,42

O custo de manutenção da estação de tratamento foi fornecido pelo fabricante e foi estimado em R\$ 92,27 por mês. Deste modo, o custo total de implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial obtido foi de R\$ 127.060,20 e o custo mensal de operação e manutenção do sistema obtido foi de R\$ 220,69/mês.

A tarifa de água cobrada pela CASAN foi descrita na seção 4.4.1.2. O consumo mensal com a implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial foi obtido multiplicando o consumo diário de 19.952 L/dia por 26 dias úteis, o qual resultou em um consumo mensal de 519 m³/mês. A Tabela 65 apresenta os custos mensais calculados.

Tabela 65 – Custo mensal de água para o consumo estimado e consumo com implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Consumo	Consumo mensal (m³/mês)	Custo mensal de água (R\$/mês)
Estimado	694	10.635,73
Aproveitamento de água pluvial	519	7.939,29
Redução	175	2.696,44
Custo mensal de operação e manutenção		220,69
Economia financeira mensal		2.475,75

O custo mensal de água obtido para o consumo estimado foi de R\$ 10.635,73 por mês e o custo mensal de água obtido para o consumo com sistema de aproveitamento de água pluvial foi de R\$ 7.939,29/mês. Deste modo, a economia financeira obtida com a implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial na Biblioteca Central, considerando o custo mensal de operação e manutenção do sistema, foi de R\$ 2.475,75/mês.

A Tabela 66 apresenta os dados de entrada para análise econômica da implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial e a Tabela 67 apresenta os resultados obtidos na análise econômica.

Tabela 66 – Dados de entrada da análise econômica da implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Dado de entrada	Valor
Custo de implementação	R\$ 127.060,20
Economia financeira	R\$ 2.475,75/mês
Taxa mínima de atratividade	0,60% a.m.
Inflação sobre custo total da fatura de água	0,42% a.m.
Período de análise	15 anos

Tabela 67 – Resultados da análise econômica da implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Índice econômico	Resultado
Valor presente líquido	R\$ 331.404,57
Tempo de retorno de investimento	73 meses
Taxa interna de retorno	1,46% ao mês

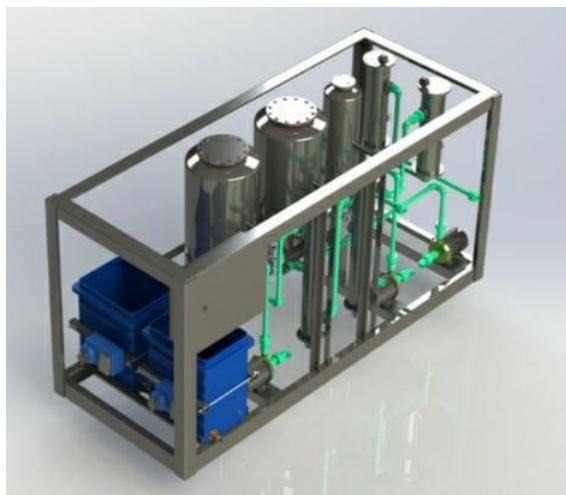
Observa-se que o VPL obtido foi de R\$ 331.404,57, a TIR foi de 1,46% ao mês (superior à TMA) e o tempo de retorno de investimento foi de 73 meses, o que indica que a estratégia é economicamente viável.

4.4.2.2. Reúso de água cinza

Para compor o sistema de reúso de água cinza, orçou-se uma caixa d'água de polietileno de 7.500 L para o reservatório inferior e um tanque de polietileno de 20.000 L para o reservatório superior. Ambos os reservatórios são do fabricante Fortlev. Selecionaram-se duas motobombas de água do fabricante Dancor, com potência de $\frac{1}{2}$ CV cada e altura manométrica máxima de 40 mca.

A estação de tratamento de água cinza selecionada foi a ETARE-3000 do fabricante Auxtrat, a qual conta com vazão máxima de tratamento de 3.000 L/h, pré-tratamento com ozônio e peróxido de hidrogênio, filtragem de primeiro elemento com areia de quartzo, filtragem de segundo elemento com carvão ativado e desinfecção com duas camadas de esterilizador UV e dosagem de cloro. A Figura 33 ilustra a estação de tratamento ETARE-3000.

Figura 33 – Estação de tratamento ETARE-3000.



O custo total de implementação do sistema de reúso de água cinza obtido foi de R\$ 168.676,03, conforme apresentado na Tabela 68.

Tabela 68 – Custo total de implementação do sistema de reúso de água cinza.

Equipamento	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor Total (R\$)
Tanque de polietileno de 7.500 L - Fortlev	5.089,00	1	5.089,00
Tanque de polietileno de 20.000 L - Fortlev	12.289,00	1	12.289,00
Motobomba	399,90	2	799,80
Tubulação (20% do custo de reservatório e motobomba)	3.635,56	1	3.635,56
Mão-de-obra (24% do custo de reservatório, motobomba e tubulação)	4.362,67	1	4.362,67
ETARE-3000	142.500,00	1	142.500,00
Custo total de implementação			168.676,03

A motobomba selecionada possui potência aproximada de 0,37 kW (½ CV) e a estação de tratamento ETARE-3000 possui potência instalada de 0,875 kW. Considerando a vazão máxima de tratamento de 3.000 L/h da ETARE-3000 e reservatório superior de 20.000 L, estimou-se tempo de funcionamento da moto bomba e da ETARE-3000 de sete horas por dia, equivalente a 182 horas por mês. O custo mensal de operação do sistema de reúso de água cinza obtido foi de R\$ 150,03 por mês, conforme apresentado na Tabela 69.

Tabela 69 – Custo mensal de operação do sistema de reúso de água cinza.

Equipamento	Potência (kW)	Tempo de funcionamento (h/mês)	Tarifa energia elétrica (R\$/kWh)	Valor Total (R\$/mês)
Motobomba	0,370	182	0,68	42,42
ETARE-3000	0,875			107,61
Custo total mensal de operação				150,03

O custo de manutenção da estação de tratamento foi fornecido pelo fabricante e foi estimado em R\$ 251,83 por mês. Deste modo, o custo total de implementação do sistema de reúso de água cinza obtido foi de R\$ 168.676,03 e o custo mensal de operação e manutenção do sistema obtido foi de R\$ 401,87.

O consumo de água mensal com a implementação do sistema de reúso de água cinza foi obtido multiplicando o consumo diário de 19.443 L/dia por 26 dias úteis, o qual resultou em um consumo mensal de 506 m³/mês. A Tabela 70 apresenta os custos mensais calculados.

Tabela 70 – Custo mensal de água para o consumo estimado e consumo com implementação do sistema de reúso de água cinza.

Consumo	Consumo mensal (m³/mês)	Custo mensal de água (R\$/mês)
Estimado	694	10.635,73
Reúso de água cinza	506	7.728,14
Redução	188	2.907,59
Custo mensal de operação e manutenção		401,87
Economia financeira mensal		2.505,72

O custo mensal de água obtido para o consumo estimado foi de R\$ 10.635,73/mês e o custo mensal de água obtido para o consumo com sistema de reúso de água cinza foi de R\$ 7.728,14/mês. Deste modo, a economia financeira mensal obtida com a implementação do sistema de reúso de água cinza na Biblioteca Central, considerando o custo mensal de operação e manutenção do sistema, foi de R\$ 2.505,72/mês.

A Tabela 71 apresenta os dados de entrada para análise econômica da implementação do sistema de reúso de água cinza e a Tabela 72 apresenta os resultados obtidos na análise econômica.

Tabela 71 – Dados de entrada da análise econômica da implementação do sistema de reúso de água cinza.

Dado de entrada	Valor
Custo de implementação	R\$ 168.676,03
Economia financeira	R\$ 2.505,72/mês
Taxa mínima de atratividade	0,60% a.m.
Inflação sobre custo total da fatura de água	0,42% a.m.
Período de análise	15 anos

Tabela 72 – Resultados da análise econômica da implementação do sistema de reúso de água cinza.

Índice econômico	Resultado
Valor presente líquido	R\$ 375.494,11
Tempo de retorno de investimento	114 meses
Taxa interna de retorno	0,94% ao mês

Observa-se que o VPL obtido foi de R\$ 375.494,11, a TIR foi de 0,94% ao mês (superior à TMA) e o tempo de retorno de investimento foi de 114 meses, o que indica que a estratégia é economicamente viável.

4.4.2.3. Reúso de água negra

Para compor o sistema de reúso de água negra, orçou-se uma caixa d'água de polietileno de 7.500 L e um tanque de polietileno de 20.000 L para o reservatório inferior, totalizando 27.500 L. Para o reservatório superior, orçou-se um tanque de polietileno de 20.000 L. Todos os reservatórios orçados são do fabricante Fortlev. Selecionaram-se duas motobombas de água do fabricante Dancor, com potência de ½ CV cada e altura manométrica máxima de 40 mca.

A estação de tratamento de água negra selecionada foi a ETE compacta do fabricante Verlag composta por biodisco e uma unidade de ultrafiltração. O biodisco possui vazão máxima de tratamento de 3.750 L/h e é composto por unidade aeróbica compacta de tratamento de efluentes sanitários e bomba de reciclo de lodo. A unidade de ultrafiltração conta com membranas de ultrafiltração, filtro a disco, filtro de carvão ativado e dosador de cloro.

O custo total de implementação do sistema de reúso de água negra obtido foi de R\$ 210.165,75, conforme apresentado na Tabela 73.

Tabela 73 – Custo total de implementação do sistema de reúso de água negra.

Equipamento	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor Total (R\$)
Tanque de polietileno de 7.500 L - Fortlev	5.089,00	1	5.089,00
Tanque de polietileno de 20.000 L - Fortlev	12.289,00	2	24.578,00
Motobomba	399,90	2	799,80
Tubulação (20% do custo de reservatório e motobomba)	6.093,36	1	6.093,36
Mão-de-obra (24% do custo de reservatório, motobomba e tubulação)	7.312,03	1	7.312,03
ETE compacta	166.293,56	1	166.293,56
Custo total de implementação			210.165,75

A motobomba selecionada possui potência aproximada de 0,37 kW (½ CV) e a estação de tratamento ETE compacta possui potência instalada de 1,85 kW. Considerando a vazão máxima de tratamento de 3.750 L/h da ETE compacta e reservatório superior de 20.000 L, estimou-se tempo de funcionamento da moto bomba e da ETE compacta de seis horas por dia,

equivalente a 156 horas por mês. O custo mensal de operação do sistema de reúso de água negra obtido foi de R\$ 234,27 por mês, conforme apresentado na Tabela 74.

Tabela 74 – Custo mensal de operação do sistema de reúso de água negra.

Equipamento	Potência (kW)	Tempo de funcionamento (h/mês)	Tarifa energia elétrica (R\$/kWh)	Valor Total (R\$/mês)
Motobomba	0,37	182	0,68	39,25
ETE compacta	1,85			195,02
Custo total mensal de operação				234,27

O custo de manutenção da estação de tratamento foi fornecido pelo fabricante e foi estimado em R\$ 325,00 por mês. Deste modo, o custo total de implementação do sistema de reúso de água negra obtido foi de R\$ 210.165,75 e o custo mensal de operação e manutenção do sistema obtido foi de R\$ 559,27/mês.

O consumo de água mensal com a implementação do sistema de reúso de água negra foi obtido multiplicando o consumo diário de 9.861 L/dia por 26 dias úteis, o qual resultou em um consumo mensal de 256 m³/mês. A Tabela 75 apresenta os custos mensais calculados.

Tabela 75 – Custo mensal de água para o consumo estimado e consumo com implementação do sistema de reúso de água negra.

Consumo	Consumo mensal (m ³ /mês)	Custo mensal de água (R\$/mês)
Estimado	694	10.635,73
Reúso de água negra	256	3.916,66
Redução	438	6.719,07
Custo mensal de operação e manutenção		559,27
Economia financeira mensal		6.159,80

O custo mensal de água obtido para o consumo estimado foi de R\$ 10.635,73 por mês e o custo mensal de água obtido para o consumo com sistema de reúso de água negra foi de R\$ 3.916,66/mês. Deste modo, a economia financeira mensal obtida com a implementação do sistema de reúso de água negra na Biblioteca Central, considerando o custo mensal de operação e manutenção do sistema, foi de R\$ 6.159,80/mês.

A Tabela 76 apresenta os dados de entrada para análise econômica da implementação do sistema de reúso de água negra e a Tabela 77 apresenta os resultados obtidos na análise econômica.

Tabela 76 – Dados de entrada da análise econômica da implementação do sistema de reúso de água negra.

Dado de entrada	Valor
Custo de implementação	R\$ 210.165,75
Economia financeira	R\$ 6.159,80/mês
Taxa mínima de atratividade	0,60% a.m.
Inflação sobre custo total da fatura de água	0,42% a.m.
Período de análise	15 anos

Tabela 77 – Resultados da análise econômica da implementação do sistema de reúso de água negra.

Índice econômico	Resultado
Valor presente líquido	R\$ 718.585,51
Tempo de retorno de investimento	42 meses
Taxa interna de retorno	2,50% ao mês

Observa-se que o VPL obtido foi de R\$ 718.585,51, a TIR foi de 2,50% ao mês (superior a TMA) e o tempo de retorno de investimento foi de 42 meses, o que indica que a estratégia é economicamente viável.

4.4.3. Estratégias combinadas

Para as estratégias combinadas, analisaram-se quatro cenários: cenário 1, que consiste na combinação de equipamentos economizadores de água e aproveitamento de água pluvial; cenário 2, que consiste na combinação de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza; cenário 3, que consiste na combinação de equipamentos economizadores de água e reúso de água negra; e cenário 4, que consiste na combinação de equipamentos economizadores de água, aproveitamento de água pluvial e reúso de água cinza.

Os quatro cenários analisados contam com a implementação de equipamentos economizadores de água, em que os custos de implementação e manutenção foram apresentados na seção 4.4.1.1. Os sistemas de reúso utilizados nas estratégias combinadas apresentam os mesmos levantamentos de equipamentos e materiais descritos na seção 4.4.2. Realizaram-se correções no levantamento conforme variação do consumo mensal de água e volume dos reservatórios de armazenamento. Desta forma, a Tabela 78 apresenta os custos de

implementação, operação e manutenção e os resultados da análise econômica dos cenários de estratégias combinadas.

Tabela 78 – Custos de implementação, operação e manutenção e resultados da análise econômica dos cenários de estratégias combinadas.

Estratégia	Implementação	Operação e Manutenção	Economia financeira	TIR (a.m.)	Tempo de retorno
Cenário 1	R\$ 188.045,60	R\$ 220,69/mês ¹	R\$ 6.025,60/mês ²	1,73%	57 meses
Cenário 2	R\$ 209.340,63	R\$ 401,87/ mês ¹	R\$ 4.553,90/ mês ²	-5,56%	-
Cenário 3	R\$ 246.324,59	R\$ 599,27/ mês ¹	R\$ 7.782,48/mês ²	2,05%	50 meses
Cenário 4	R\$ 316.896,66	R\$ 694,24/ mês ¹	R\$ 6.340,14/mês ²	0,73%	138 meses

Nota 1: O custo de operação e manutenção dos cenários de estratégia combinadas também contam com custo anual de operação e manutenção dos equipamentos economizadores de água (R\$ 20.729,13/ano).

Nota 2: A economia financeira mensal dos cenários de estratégias combinadas não contabiliza o custo anual de operação e manutenção dos equipamentos economizadores. Esse custo foi descontado do fluxo de caixa em períodos múltiplos de 12.

Observa-se que o cenário 2 foi a única estratégia de redução que obteve taxa interna de retorno negativa e não obteve tempo de retorno de investimento dentro do período analisado. O cenário 1 obteve taxa interna de retorno de 1,73% a.m. e tempo de retorno de 57 meses. O cenário 3 obteve taxa interna de retorno de 2,05% a.m. e tempo de retorno de 50 meses. Por fim, o cenário 4 obteve a menor taxa interna de retorno (0,74% a.m.) e o maior tempo de retorno de investimento, de 138 meses.

4.4.4. Síntese da análise econômica

Realizou-se a análise de viabilidade econômica da implementação de equipamentos economizadores de água, aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza, reúso de água negra e de quatro cenários de estratégias combinadas. Todas as estratégias analisadas foram consideradas economicamente viáveis, exceto pelo cenário 2, o qual apresentou VPL e TIR negativa e não obteve tempo de retorno de investimento para o período de análise. A Tabela 79 apresenta os resultados obtidos para a análise econômica das estratégias analisadas neste trabalho.

Tabela 79 – Resultado da análise econômica das estratégias de redução do consumo de água potável em ordem crescente de tempo de retorno.

Estratégia	Implementação	Operação e Manutenção	Economia financeira	TIR (a.m.)	Tempo de retorno
Equipamento economizador	R\$ 43.486,99	R\$ 20.729,13/ano	R\$ 3.501,77/mês	4,46%	20 meses
Reúso de água negra	R\$ 210.165,75	R\$ 559,27/mês	R\$ 6.159,80/mês	2,50%	42 meses
Cenário 3	R\$ 246.324,59	R\$ 599,27/ mês ¹	R\$ 7.782,48/mês ²	2,05%	50 meses
Cenário 1	R\$ 188.045,60	R\$ 220,69/mês ¹	R\$ 6.025,60/mês ²	1,73%	57 meses
Aproveitamento de água pluvial	R\$ 127.060,20	R\$ 220,69/mês	R\$ 2.475,75/mês	1,46%	73 meses
Reúso de água cinza	R\$ 168.676,03	R\$ 401,87/mês	R\$ 2.505,72/mês	0,94%	114 meses
Cenário 4	R\$ 316.896,66	R\$ 694,24/ mês ¹	R\$ 6.340,14/mês ²	0,73%	138 meses
Cenário 2	R\$ 209.340,63	R\$ 401,87/ mês ¹	R\$ 4.553,90/ mês ²	-5,56%	-

Nota 1: O custo de operação e manutenção dos cenários de estratégia combinadas também contam com custo anual de operação e manutenção dos equipamentos economizadores de água.

Nota 2: A economia financeira mensal dos cenários de estratégias combinadas não contabiliza o custo anual de operação e manutenção dos equipamentos economizadores. Esse custo foi descontado do fluxo de caixa em períodos múltiplos de 12.

Observa-se que os equipamentos economizadores de água obtiveram a maior taxa interna de retorno (4,46% a.m.) e o menor tempo de retorno de investimento (20 meses). O cenário 3 apresentou a maior economia financeira (R\$ 7.782,48/mês), seguido do cenário 4, com economia financeira de R\$ 6.340,14/mês. As estratégias que apresentaram o maior tempo de retorno de investimento foram o reúso de água cinza e o cenário 4, em que o reúso de água cinza obteve 114 meses de tempo de retorno e o cenário 4 obteve 138 meses de tempo de retorno. O cenário 4 obteve o menor valor positivo de TIR (0,73% a.m.). Por fim, o cenário 2 foi a única estratégia de redução que apresentou VPL e TIR negativa e não obteve tempo de retorno de investimento dentro do período analisado.

As estratégias que apresentaram a melhor viabilidade técnica e econômica, considerando simultaneamente os maiores valores de TIR e os menores tempo de retorno de investimento, foram os equipamentos economizadores de água, reúso de água negra, cenário 3 e cenário 1.

Diante disso, levando em consideração as razões ambientais e econômicas, sugere-se a implementação do cenário 3, composto por equipamentos economizadores de água e sistema de reúso de água negra, na Biblioteca Central da UFSC. O cenário 3 apresenta potencial de economia de água potável de 77,96%. Esse cenário permite reduzir todo o consumo de água potável em fins não potáveis da Biblioteca Central e auxiliar na conservação dos recursos hídricos em sistemas prediais.

Por fim, comparou-se os resultados de análise econômica obtidos neste trabalho com estudos similares em instituições de ensino brasileiras encontrados na literatura. A Tabela 80 apresenta a comparação dos resultados de análise econômica obtidos neste trabalho e em estudos similares.

Tabela 80 – Comparação dos resultados de análise econômica obtidos neste trabalho e em estudos similares.

Estratégia	Tempo de retorno de investimento (meses)				
	Presente estudo	Rolim (2018)	Lombardi (2012)	Marinoski e Ghisi (2008)	Rainmap (2017)
Equipamentos economizadores	20	14	156	-	-
Aproveitamento de água pluvial	73	-	-	58	50

O estudo de Rolim (2018) apresentou tempo de retorno de investimento para a implementação de equipamentos economizadores inferior ao obtido neste estudo, pois obteve custo de implementação inferior (R\$ 13.800,00) e considerou-se a economia mensal de R\$ 1.000,00 constante ao longo do tempo. Em contrapartida, o estudo de Lombardi (2012) obteve tempo de retorno de investimento próximo de 156 meses devido ao baixo consumo mensal de água potável, o qual resultou em baixa economia financeira mensal quando comparada com a economia financeira obtida neste estudo.

O sistema isolado de aproveitamento de água pluvial resultou em tempo de retorno de investimento superior ao encontrado nos estudos de Marinoski e Ghisi (2008) e Rainmap (2017). Os estudos de Marinoski e Ghisi (2008) e Rainmap (2017) não preveem a utilização de estações de tratamento de água, que para este estudo, apresentou o maior valor de custo de implementação e, por consequência, resultou em maior tempo de retorno de investimento.

Por fim, ressalta-se a carência de estudos de viabilidade técnica e econômica de diferentes estratégias de redução de consumo de água potável em instituições de ensino na literatura brasileira. Deste modo, reforça-se a importância de realização desses estudos, para comparação de resultados e instigação da sociedade em relação ao uso racional de água em edificações.

5. Conclusão

Neste trabalho, analisou-se a viabilidade técnica e econômica da implementação de estratégias de redução do consumo de água potável na Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Catarina. Foram analisadas estratégias isoladas (equipamentos economizadores de água, aproveitamento de água pluvial, reúso de água cinza e reúso de água negra) e quatro cenários de estratégias combinadas.

Inicialmente, aplicou-se questionários aos usuários da edificação para obter dados de frequência e tempo de uso dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza existentes. Mediu-se as vazões dos equipamentos hidrossanitários e estimou-se os usos finais de água e consumo diário da Biblioteca Central. A edificação apresentou consumo diário de água de 26.861 L/dia, em que 63% corresponde a consumo em fins não potáveis (bacias sanitárias e mictórios). Obteve-se consumo *per capita* de 8,64 L *per capita*/dia.

Com base nos resultados dos usos finais de água, verificou-se o potencial de economia de água potável por meio da implementação das estratégias isoladas e cenários de estratégias combinadas. O cenário 3 (combinação de equipamentos economizadores de água e reúso de água negra) obteve o maior potencial de economia de água potável (77,96%), equivalente a uma redução de 20.801 L/dia. O cenário 4 (equipamentos economizadores de água, reúso de água cinza e aproveitamento de água pluvial) obteve o segundo maior potencial de economia de água potável (65,73%). O sistema isolado de aproveitamento de água pluvial obteve o menor potencial de economia (25,22%), seguido do sistema de reúso de água cinza, com potencial de economia de 27,13% e dos equipamentos economizadores de água, com potencial de economia de 33,45%. O cenário 2 obteve potencial de economia de 46,29%, o cenário 1 obteve potencial de economia 58,35% e, por fim, o sistema isolado de reúso de água negra obteve potencial de economia de 63,04%.

Levantou-se, por meio de pesquisa de mercado, os custos dos materiais, equipamentos e estações de tratamento de água de reúso que compõem os sistemas das estratégias de redução. O custo de mão-de-obra e tubulação foram estimados com base em percentuais aplicados ao custo de implementação de cada sistema. Todas as estratégias analisadas foram consideradas economicamente viáveis, exceto pelo cenário 2 (combinação de equipamentos economizadores de água e reúso de água cinza), o qual apresentou valor presente líquido e taxa interna de retorno negativa e não obteve tempo de retorno de investimento para o período de análise.

Os equipamentos economizadores de água obtiveram a maior taxa interna de retorno (4,46% a.m.) e o menor tempo de retorno de investimento (20 meses). O cenário 3 (combinação

de equipamentos economizadores de água e reúso de água negra) apresentou a maior economia financeira (R\$ 7.782,48/mês), seguido do cenário 4 (combinação de equipamentos economizadores de água, reúso de água cinza e aproveitamento de água pluvial), com economia financeira de R\$ 6.340,14/mês. As estratégias que apresentaram o maior tempo de retorno de investimento foram o reúso de água cinza e o cenário 4, em que o reúso de água cinza obteve 114 meses de tempo de retorno e o cenário 4 obteve 138 meses de tempo de retorno. O sistema de reúso de água cinza obteve o menor valor positivo de TIR (0,94% a.m.).

Diante disso, levando em consideração as razões ambientais e econômicas, sugeriu-se a implementação do cenário 3, composto por equipamentos economizadores de água e sistema de reúso de água negra, na Biblioteca Central da UFSC. Esse cenário apresentou potencial de economia de água potável de 77,96%, que possibilitou reduzir todo o consumo de água potável em fins não potáveis da Biblioteca Central e auxiliar na conservação dos recursos hídricos em sistemas prediais.

Portanto, é possível afirmar que a implementação de estratégias de redução de consumo de água na Biblioteca Central da UFSC é economicamente viável. Em adição, a implementação de estratégias de redução do consumo de água potável em edificações é uma medida essencial para a economia de água tanto nos sistemas públicos de abastecimento locais como no sistema hidrográfico do país. Observa-se que no Brasil existem leis municipais e federais que regem e estimulam a captação de água pluvial e reúso de água cinza em edificações, contudo, percebe-se a carência de implementação desses sistemas. Desta forma, verifica-se a importância da necessidade da conservação da água e busca por medidas e soluções sustentáveis que venham contribuir com o uso racional.

5.1. Limitações

Durante a realização deste trabalho foram observadas algumas limitações, tais como:

- Amostra de usuários entrevistados menor que a desejada;
- Falta de equipamentos adequados para determinação da vazão das bacias sanitárias e mictórios;
- Incertezas nas respostas dos entrevistados;
- Período de monitoramento do hidrômetro insuficiente para representar o consumo médio diário;

- Ausência de projetos arquitetônico e hidrossanitário recente para levantamento de área de captação de água pluvial e custos de tubulações e acessórios;
- Dificuldades em estimar o custo de mão-de-obra devido à indeterminação do tempo de execução e quantidade de serviço para implementação das estratégias de redução do consumo de água.

5.2. Sugestões para trabalhos futuros

As principais sugestões para trabalhos futuros que irão complementar o tema discutido neste estudo são:

- Estimar o consumo e usos finais de água com utilização de equipamentos de medição para reduzir os erros;
- Realizar o levantamento de custos com profissionais da área para obter resultados mais precisos.
- Realizar estudos de análise de viabilidade técnica e econômica de estratégias de redução de água potável em outras edificações da UFSC, a fim de elaborar um estudo comparativo com os resultados obtidos.

Referências

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15097-1: aparelhos sanitários de material cerâmico: parte 1: requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro, 2011.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – requisitos.** Rio de Janeiro, 2019a.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-6: edificações habitacionais – desempenho parte 6: requisitos para os sistemas hidrossanitários.** Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783: uso de fontes alternativas de água não potável em edificações.** Rio de Janeiro, 2019b.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: sistemas prediais de água fria e água quente.** Rio de Janeiro, 2020.
- ALEXANDRE, A. C.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Avaliação do impacto da substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos economizadores no consumo de água. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 1005-1015, 2017.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; FIESP – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; SINDUSCON-SP – SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação de reúso da água em edificações.** São Paulo, 2005.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água – BD-Usos**, 2019. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMWE2ZTE1NmItOGUyZS00ZTc1LTljMzUtNDgwYjVhODcyNW11IiwidCI6ImUwYmI0MDEyLTgxMGItNDY5YS04YjRkLTY2N2ZjZDFiYWY4OCJ9>>. Acesso em: 15.mar.2023.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Usos da água**, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua>>. Acesso em: 15.mar.2023.

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, 2021**. Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua>>. Acesso em: 23.mar.2023.
- ANTUNES, L. A.; GHISI, E. Water and energy consumption in schools: case studies in Brazil. **Environment, Development and Sustainability**, v. 22, p. 4225-4249, 2020.
- BARBETTA, P, A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. Ed. UFSC. Florianópolis, 2003.
- BARBOSA, G. G.; BEZERRA, S. P.; SANT'ANA, D. Indicadores de consumo de água e análise comparativa entre o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações de ensino do Campus Darcy Ribeiro – UnB. **Paranoá 22 – Olhares de reabilitação ambiental sustentável 2**, Universidade de Brasília, n. 22, p. 1-15, 2018.
- BOTELHO, A. N. **Estimativa dos Usos Finais de Água Potável na Universidade Federal de Santa Catarina**. Relatório de iniciação científica – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. **Lei Nº 14.546, de 4 de abril de 2023**. Diário Oficial da União, 2023.
- CASAN – COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Relatórios Anuais - Demonstrações Contábeis 2021**. Disponível em: <https://www.casan.com.br/ckfinder/userfiles/images/Noticias_Conteudo/Balan%C3%A7o%20CASAN%20DC%20-%20Final.pdf> Acesso em: 23.mar.2023.
- CASAN - COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Tarifa de água da categoria pública para o ano de 2023**. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/poder-publico#0>>. Acesso em: 16.set.2023.
- CLIMATE-ORG. **Climate data – Dados climáticos para cidades mundiais**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/santa-catarina/florianopolis-1235/>>. Acesso em: 14.ago.2023.
- CGA – Coordenadoria de Gestão Ambiental. **Monitoramento do consumo de água**. Disponível em: <<https://gestaoambiental.ufsc.br/gestao-das-aguas/abastecimento-de-agua/monitoramento-do-consumo-de-agua/>>. Acesso em: 14.ago.2023.
- CUREAU, R. J.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Análise comparativa entre torneira convencional e torneira de funcionamento hidromecânico instaladas em um campus universitário. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 157-170, 2019.

- DPAE – Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia. **Como consultar projetos existentes?**. Disponível em: < <https://dpae.ufsc.br/consulta-ao-acervo-do-dpae/>>. Acesso em: 01/09/2023a.
- DPAE – Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia. **Monitoramento de Energia Elétrica**. Disponível em: < <https://dpae.ufsc.br/monitoramento-energia/>>. Acesso em: 01/09/2023b.
- FASOLA, G. B.; GHISI, E.; MARINOSKI, A. K.; BORINELLI, J. B. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 65-78, 2011.
- FECOMERCIO - FEDERAÇÃO DO COMERCIO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **O uso racional da água no comércio**, São Paulo, 2010.
- GAMA, K. R. de A.; RÊGO, A. T. A.; COSTA, J. D.; VALONES, G. Gestão do tratamento de efluentes sanitários produzidos em universidades públicas federais no Nordeste do Brasil. **Revista GEAMA, Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology**, v. 6, p. 4-14, 2020.
- GHISI, E.; CORDOVA, M. M. Netuno 4, Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/>. 2014.
- GOLÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações**. ABES, Rio de Janeiro, 2006.
- GOOGLE EARTH. Disponível em: < <https://www.google.com/intl/pt-BR/earth/about/>>. Acesso em: 14.ago.2023.
- GOOGLE MAPS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 14.ago.2023.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama>>. Acesso em: 14.ago.2023.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 16.set.2023.
- ISTCHUK, R. N.; GHISI, E. Influence of design variables on the financial feasibility of rainwater harvesting systems. **Water**, v. 15, p. 1112, 2023.
- KALBUSCH, A.; GONÇALVES, F.; CUREAU, R. J.; DEFAVERI, D.; RAMOS, D. A. Avaliação das condições de operação de equipamentos hidrossanitários em edificações públicas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 393-408, 2018.

- KAMMERS, P. C.; GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 75-90, 2006.
- KLEIN, L. de BORTOLI. **Controle qualitativo e quantitativo do escoamento pluvial em diferentes tipos de coberturas**. Trabalho de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.
- LOMBARDI, L. R. **Dispositivos poupadores de água em um sistema predial: análise da viabilidade técnico-econômica de implementação no Instituto de Pesquisas Hidráulicas**. Trabalho de Diplomação de Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
- MARINOSKI, A.K. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de Ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
- 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**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.
- MARINOSKI, A. K.; RUPP, R. F.; GHISI, E. Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. **Journal of Environmental Management**, v. 206, p. 28-39, 2018.
- MARINOSKI, A. K.; VIEIRA, A. S.; SILVA, A. S.; GHISI, E. Water End-Uses in Low-Income Houses in Southern Brazil. **Water**, v. 6, n. 7, p. 1985-1999, 2014.
- MASALA, A. Y.; COELHO, L. M. G. Avaliação de implantação de sistema de reúso de águas cinzas para fins não potáveis em uma edificação de ensino. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 9, n. 2, p. 158-174, 2021.
- MEIRELES, I.; SOUSA, V.; ADEYEYE, K.; SILVA-AFONSO, A. User preferences and water use savings owing to washbasin taps retrofit: a case study of the DECivil building of the University of Aveiro. **Environmental Science and Pollution Research**, v.25, p. 19217-19227, 2018.
- MENDONÇA, R. C.; SOARES, K. L. de A.; COELHO, L. M. G. Análise da disponibilidade e demanda de água cinza no pavilhão de aulas da Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba-MG. **Scientia cum Industria**, v. 4, n. 2, p. 98-102, 2016.
- OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. São Paulo. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, n. 247, 1999.

- PORTAL BU UFSC. **Conheça a BU**. Disponível em: <<https://portal.bu.ufsc.br/conheca-a-bu/bibliotecas/biblioteca-central/>>. Acesso em: 14.ago.2023.
- PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Water end-uses in Brazilian office buildings. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 8, p. 489-500, 2010.
- QGIS. Disponível em: <https://qgis.org/pt_BR/site/about/index.html>. Acesso em: 10.set.2023.
- RAINMAP. **Sistemas Sustentáveis: Análise de viabilidade para implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais no Centro Tecnológico - CTC / UFSC**. Relatório Técnico. Florianópolis, SC, 2017.
- REIS, J. B.; CORDEIRO, L. F. A.; SANTOS, L. A.; SILVA, M. D. Analysis of the impact of technology on wastewater reuse at forum Des. Rodolfo Aureliano. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 306-322, 2022.
- ROLIM, F. D. **Gestão do uso da água: análise dos benefícios ambientais e financeiros da utilização de aparelhos hídricos-sanitários mais eficientes**. Dissertação de Mestrado em Sistemas Agroindustriais – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, 2018.
- RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, 2011.
- SANT’ANNA, R.; MIRANDA, R.; CÉSAR, L.; SANT’ANA, D. Análise do consumo de água em escola pública do Distrito Federal. In: SEABRA, Giovanni (org.). **Terra: qualidade de vida, mobilidade e segurança nas cidades**, João Pessoa: Editora Universitária UFPB, v. 3, p. 1231-1243, 2013.
- SANTOS, S.; SANT’ANA, D. Análise do potencial de redução do consumo de água potável pelo aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas na rodoviária do Plano Piloto de Brasília – DF. **Paranoá 23 – Janeiro/Junho – Em busca de autonomia e resiliência hídrica no Brasil**, Universidade de Brasília, n. 23, 2019.
- SANTOS, P. S.; SANT’ANA, D.; RAMOS, S. R. Uso racional de água: análise do potencial de redução do consumo em escolas públicas. In: Eco Urbano, Fundación. **III Encontro latino-americano e europeu sobre edificações e comunidades sustentáveis (EUEROelecs 2019)**, Buenos Aires, 2019.
- SINAPI – SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 02.out.2023.

- SNIS – **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto – Visão Geral ano de referência 2020**. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento, Brasília, 2021.
- TESTON, A.; SCOLARO, T. P.; MAYKOT, J. K.; GHISI, E. Comprehensive Environmental Assessment of Rainwater Harvesting Systems: A Literature Review. **Water**, v. 14, p. 2716-2746, 2022.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis**. Navegar Editora, São Paulo, 2003.
- TREVISAN, L. Y. I.; ORSSATTO, F. Tratamento de águas residuárias e mecanismos de gestão hídrica de uma universidade em Foz do Iguaçu/PR. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS**, v. 6, n. 3, p. 118-130, 2017.
- WEATHER SPARK. **Clima característico em Florianópolis Brasil durante o ano**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/30020/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Florian%C3%B3polis-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 14.ago.2023.
- WEILLER, G. C. B.; SANTOS, L. R. Viabilidade no aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis: estudo de caso em instituição de ensino de Londrina-PR. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 935-953, 2020.
- WERNECK, G. A. M. **Sistemas de utilização da água da chuva nas edificações: o estudo de caso da aplicação em escola de Barra do Piraí**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

Apêndice 1: questionários utilizados nas entrevistas**Questionário sobre hábitos de consumo de água dos usuários da Biblioteca Central da UFSC - Alunos**

Curso: _____ Gênero: _____ Idade: _____

1) Número de dias por semana em média que você frequenta a Biblioteca Central: _____

2) Número de vezes por dia em média que você utiliza as torneiras de lavatório da Biblioteca Central: _____

2.1) Estime o número de vezes que você aciona a torneira de lavatório cada vez que a utiliza: _____

3) Número de vezes por dia em média que você utiliza a bacia sanitária da Biblioteca Central: _____

3.1) Estime o tempo (em segundos) para cada vez que aciona a válvula de descarga da bacia sanitária: _____

4) Número de vezes por dia em média que utiliza os mictórios da Biblioteca Central: _____

4.1) Estime o número de vezes que você aciona a válvula descarga do mictório cada vez que o utiliza: _____

5) Você utiliza a água dos bebedouros da Biblioteca Central para encher sua garrafa de água? _____

5.1) Estime o número de vezes por dia em média que você utiliza os bebedouros para encher a garrafa de água: _____

5.2) Volume da sua garrafa de água (em mL): _____

6) Número de vezes por dia em média que você utiliza a máquina de café The Hot Machine da Biblioteca Central: _____

7) Utiliza algum outro equipamento de consumo de água na Biblioteca Central? Qual? _____

7.1) Estime o tempo (em segundos) de utilização: _____

**Questionário sobre hábitos de consumo dos usuários da Biblioteca Central da UFSC –
Servidores e Bolsistas**

Função: _____ Gênero: _____

Turno/Carga Horária: _____ Idade: _____

1) Número de dias por semana em média que você trabalha presencialmente na Biblioteca Central:

2) Número de vezes por dia em média que você utiliza as torneiras de lavatório da Biblioteca Central:

2.1) Estime o número de vezes que você aciona a torneira de lavatório cada vez que a utiliza:

3) Número de vezes por dia em média que você utiliza a bacia sanitária da Biblioteca Central:

3.1) Estime o tempo (em segundos) para cada vez que aciona a válvula de descarga da bacia sanitária:

4) Número de vezes por dia em média que utiliza os mictórios da Biblioteca Central:

4.1) Estime o número de vezes que você aciona a válvula de descarga do mictório cada vez que o utiliza:

5) Número de vezes por dia em média que você utiliza a máquina de café The Hot Machine da Biblioteca Central: _____

6) Número de vezes por dia em média que você utiliza a torneira de pia de cozinha da copa dos funcionários: _____

6.1) Estime o tempo (em segundos) para cada vez que você utiliza a torneira da pia de cozinha: _____

7) Número de vezes por dia em média que você utiliza o bebedouro da copa dos funcionários:

7.1) Estime o volume (em mL) para cada vez que você utiliza o bebedouro: _____

8) Utiliza algum outro equipamento de consumo de água na Biblioteca Central? Qual?

8.1) Estime o tempo (em segundos) de utilização: _____

**Questionário sobre hábitos de consumo dos usuários da Biblioteca Central da UFSC –
Funcionários de Limpeza**

Função: _____ Gênero: _____

Turno/Carga Horária: _____ Idade: _____

1) Número de dias por semana em média que você trabalha na limpeza da Biblioteca Central:

2) Número de vezes por dia em média que você faz a lavagem dos pisos da Biblioteca Central:

2.1) Estime o número de baldes de água que você utiliza para a lavagem dos pisos:

2.2) Estime o volume (em L) do balde de água utilizado na lavagem dos pisos:

3) Número de vezes por dia em média que você faz a limpeza dos banheiros da Biblioteca Central:

3.1) Estime o número de baldes de água que você utiliza na limpeza dos banheiros: _____

3.2) Estime o volume (em L) do balde de água utilizado na limpeza dos banheiros:

4) Número de vezes por dia em média que você utiliza a torneira da pia de cozinha da copa dos funcionários: _____

4.1) Estime o tempo (em segundos) para cada vez que utiliza a torneira da pia de cozinha: _____

5) Número de vezes por dia em média que você utiliza a torneira do tanque da copa dos funcionários:

5.1) Estime o tempo (em segundos) para cada vez que utiliza a torneira do tanque: _____

6) Número de vezes por dia em média que você utiliza o bebedouro da copa dos funcionários:

6.1) Estime o volume (em mL) para cada vez que você utiliza o bebedouro: _____

7) Utiliza algum outro equipamento de consumo de água na Biblioteca Central? Qual?

7.1) Estime o tempo (em segundos) de utilização: _____

Apêndice 2: planilhas de cálculo do consumo de água dos equipamentos hidrossanitários e atividades de limpeza por grupo.

Torneira de lavatório – Grupo 1

Amostra	Frequência (uso/dia)	Acionamento (nº de acionamento/uso)	Volume (L/acionamento)	Consumo (L/dia)
1	2	2	0,578	2,31
2	1	3	0,578	1,73
3	1	1	0,578	0,58
4	3	3	0,578	5,20
5	2	3	0,578	3,47
6	1	1	0,578	0,58
7	2	2	0,578	2,31
8	2	2	0,578	2,31
9	1	2	0,578	1,16
10	1	1	0,578	0,58
11	1	1	0,578	0,58
12	2	1	0,578	1,16
13	3	2	0,578	3,47
14	2	1	0,578	1,16
15	1	1	0,578	0,58
16	1	2	0,578	1,16
17	2	2	0,578	2,31
18	2	2	0,578	2,31
19	2	1	0,578	1,16
20	1	2	0,578	1,16
21	4	3	0,578	6,93
22	2	2	0,578	2,31
23	1	2	0,578	1,16
24	3	2	0,578	3,47
25	1	1	0,578	0,58
26	3	2	0,578	3,47
27	1	1	0,578	0,58
28	2	2	0,578	2,31
29	3	1	0,578	1,73
30	5	1	0,578	2,89
31	0	0	0,578	0,00
32	1	2	0,578	1,16
33	1	1	0,578	0,58
34	2	2	0,578	2,31
35	2	2	0,578	2,31
36	1	3	0,578	1,73
37	2	1	0,578	1,16
38	2	1	0,578	1,16
39	2	2	0,578	2,31
40	1	3	0,578	1,73
41	9	3	0,578	15,59
42	6	2	0,578	6,93
43	6	1	0,578	3,47
44	1	3	0,578	1,73

Amostra	Frequência (uso/dia)	Acionamento (nº de acionamento/uso)	Volume (L/acionamento)	Consumo (L/dia)
45	1	1	0,578	0,58
46	3	2	0,578	3,47
47	3	1	0,578	1,73
48	3	2	0,578	3,47
49	1	1	0,578	0,58
50	3	2	0,578	3,47
51	1	1	0,578	0,58
52	3	1	0,578	1,73
53	0	0	0,578	0,00
54	2	2	0,578	2,31
55	4	2	0,578	4,62
56	1	3	0,578	1,73
57	1	3	0,578	1,73
58	2	2	0,578	2,31
59	1	3	0,578	1,73
60	3	3	0,578	5,20
61	2	2	0,578	2,31
62	1	2	0,578	1,16
63	3	2	0,578	3,47
64	2	2	0,578	2,31
65	1	1	0,578	0,58
66	3	2	0,578	3,47
67	3	2	0,578	3,47
68	1	1	0,578	0,58
69	3	1	0,578	1,73
70	1	1	0,578	0,58
71	2	2	0,578	2,31
72	5	2	0,578	5,78
73	4	2	0,578	4,62
74	2	2	0,578	2,31
75	5	2	0,578	5,78
76	2	1	0,578	1,16
77	2	2	0,578	2,31
78	4	4	0,578	9,24
79	2	1	0,578	1,16
80	2	1	0,578	1,16
81	1	3	0,578	1,73
82	2	2	0,578	2,31
83	2	2	0,578	2,31
84	2	2	0,578	2,31
85	3	2	0,578	3,47
86	2	2	0,578	2,31
87	1	1	0,578	0,58
88	2	2	0,578	2,31
89	5	2	0,578	5,78
90	3	1	0,578	1,73
91	2	2	0,578	2,31
92	2	3	0,578	3,47
93	3	3	0,578	5,20
94	1	3	0,578	1,73
95	2	6	0,578	6,93

Amostra	Frequência (uso/dia)	Acionamento (nº de acionamento/uso)	Volume (L/acionamento)	Consumo (L/dia)
96	0	0	0,578	0,00
97	3	1	0,578	1,73
98	8	2	0,578	9,24
99	3	2	0,578	3,47
100	2	1	0,578	1,16
Consumo total amostra grupo 1 – torneira de lavatório				253,55
Consumo diário grupo 1 – torneira de lavatório				7.607

Torneira de lavatório – Grupo 2

Amostra	Frequência (uso/dia)	Acionamento (nº de acionamento/uso)	Volume (L/acionamento)	Consumo (L/dia)
1	3	2	0,578	3,47
2	3	2	0,578	3,47
3	3	2	0,578	3,47
4	3	4	0,578	6,93
5	4	2	0,578	4,62
6	4	4	0,578	9,24
7	1	1	0,578	0,58
8	5	1	0,578	2,89
9	4	2	0,578	4,62
10	3	2	0,578	3,47
11	4	2	0,578	4,62
12	2	2	0,578	2,31
13	5	1	0,578	2,89
14	3	2	0,578	3,47
15	2	3	0,578	3,47
Consumo total amostra grupo 2 – torneira de lavatório				59,49
Consumo diário grupo 2 – torneira de lavatório				312

Bacia Sanitária – Grupo 1

Amostra	Frequência (uso/dia)	Tempo (s/uso)	Vazão (L/s)	Consumo (L/dia)
1	2	4	1,7	13,60
2	1	6	1,7	10,20
3	1	3	1,7	5,10
4	2	5	1,7	17,00
5	2	5	1,7	17,00
6	1	2	1,7	3,40
7	1	4	1,7	6,80
8	2	3	1,7	10,20
9	1	4	1,7	6,80
10	1	3	1,7	5,10
11	1	8	1,7	13,60
12	1	3	1,7	5,10
13	3	3	1,7	15,30
14	2	4	1,7	13,60
15	1	3	1,7	5,10
16	1	3	1,7	5,10

Amostra	Frequência (uso/dia)	Tempo (s/uso)	Vazão (L/s)	Consumo (L/dia)
17	2	3	1,7	10,20
18	1	3	1,7	5,10
19	1	3	1,7	5,10
20	1	5	1,7	8,50
21	2	8	1,7	27,20
22	1	3	1,7	5,10
23	1	5	1,7	8,50
24	1	3	1,7	5,10
25	2	2	1,7	6,80
26	3	2	1,7	10,20
27	1	5	1,7	8,50
28	2	3	1,7	10,20
29	0	0	1,7	0,00
30	3	5	1,7	25,50
31	0	0	1,7	0,00
32	0	0	1,7	0,00
33	0	0	1,7	0,00
34	0	0	1,7	0,00
35	0	0	1,7	0,00
36	0	0	1,7	0,00
37	1	2	1,7	3,40
38	0	0	1,7	0,00
39	0	0	1,7	0,00
40	0	0	1,7	0,00
41	3	9	1,7	45,90
42	0	0	1,7	0,00
43	1	5	1,7	8,50
44	0	0	1,7	0,00
45	1	2	1,7	3,40
46	0	0	1,7	0,00
47	0	0	1,7	0,00
48	0	0	1,7	0,00
49	0	0	1,7	0,00
50	1	5	1,7	8,50
51	0	6	1,7	0,00
52	0	0	1,7	0,00
53	0	0	1,7	0,00
54	0	0	1,7	0,00
55	4	3	1,7	20,40
56	1	5	1,7	8,50
57	0	0	1,7	0,00
58	2	3	1,7	10,20
59	1	3	1,7	5,10
60	3	5	1,7	25,50
61	2	2	1,7	6,80
62	1	2	1,7	3,40
63	2	5	1,7	17,00
64	1	3	1,7	5,10
65	1	2	1,7	3,40
66	2	4	1,7	13,60
67	2	5	1,7	17,00

Amostra	Frequência (uso/dia)	Tempo (s/uso)	Vazão (L/s)	Consumo (L/dia)
68	1	5	1,7	8,50
69	2	3	1,7	10,20
70	1	2	1,7	3,40
71	2	2	1,7	6,80
72	4	1	1,7	6,80
73	4	3	1,7	20,40
74	2	3	1,7	10,20
75	3	3	1,7	15,30
76	2	3	1,7	10,20
77	1	3	1,7	5,10
78	3	3	1,7	15,30
79	1	3	1,7	5,10
80	2	3	1,7	10,20
81	1	2	1,7	3,40
82	1	3	1,7	5,10
83	1	3	1,7	5,10
84	1	3	1,7	5,10
85	0	0	1,7	0,00
86	1	3	1,7	5,10
87	0	0	1,7	0,00
88	2	3	1,7	10,20
89	1	2	1,7	3,40
90	0	0	1,7	0,00
91	0	0	1,7	0,00
92	1	3	1,7	5,10
93	1	2	1,7	3,40
94	0	0	1,7	0,00
95	0	0	1,7	0,00
96	0	0	1,7	0,00
97	0	0	1,7	0,00
98	0	0	1,7	0,00
99	1	2	1,7	3,40
100	0	0	1,7	0,00
Consumo total amostra grupo 1 – bacia sanitária				671,50
Consumo diário grupo 1 – bacia sanitária				16.412

Bacia Sanitária – Grupo 2

Amostra	Frequência (uso/dia)	Tempo (s/uso)	Vazão (L/s)	Consumo (L/dia)
1	3	5	1,7	25,50
2	2	5	1,7	17,00
3	2	5	1,7	17,00
4	0	0	1,7	0,00
5	4	8	1,7	54,40
6	4	3	1,7	20,40
7	1	3	1,7	5,10
8	3	2	1,7	10,20
9	3	10	1,7	51,00
10	2	4	1,7	13,60
11	1	4	1,7	6,80

Amostra	Frequência (uso/dia)	Tempo (s/uso)	Vazão (L/s)	Consumo (L/dia)
12	2	2	1,7	6,80
13	0	0	1,7	0,00
14	3	5	1,7	25,50
15	1	5	1,7	8,50
Consumo total amostra grupo 2 – torneira de lavatório				261,80
Consumo diário grupo 2 – torneira de lavatório				1.670

Mictório – Grupo 1

Amostra	Frequência (uso/dia)	Acionamento (nº de acionamento/uso)	Volume (L/acionamento)	Consumo (L/dia)
1	0	0	2,395	0,00
2	0	0	2,395	0,00
3	0	0	2,395	0,00
4	3	1	2,395	7,18
5	0	0	2,395	0,00
6	0	0	2,395	0,00
7	0	0	2,395	0,00
8	0	0	2,395	0,00
9	0	0	2,395	0,00
10	0	0	2,395	0,00
11	0	0	2,395	0,00
12	2	1	2,395	4,79
13	0	0	2,395	0,00
14	0	0	2,395	0,00
15	0	0	2,395	0,00
16	0	0	2,395	0,00
17	0	0	2,395	0,00
18	0	0	2,395	0,00
19	1	1	2,395	2,39
20	0	0	2,395	0,00
21	0	0	2,395	0,00
22	1	1	2,395	2,39
23	0	0	2,395	0,00
24	0	0	2,395	0,00
25	0	0	2,395	0,00
26	0	0	2,395	0,00
27	1	1	2,395	2,39
28	0	0	2,395	0,00
29	3	1	2,395	7,18
30	2	1	2,395	4,79
31	0	0	2,395	0,00
32	1	1	2,395	2,39
33	1	1	2,395	2,39
34	1	1	2,395	2,39
35	2	1	2,395	4,79
36	1	1	2,395	2,39
37	1	1	2,395	2,39
38	2	1	2,395	4,79
39	2	1	2,395	4,79
40	2	1	2,395	4,79

Amostra	Frequência (uso/dia)	Acionamento (nº de acionamento/uso)	Volume (L/acionamento)	Consumo (L/dia)
41	6	1	2,395	14,37
42	6	1	2,395	14,37
43	6	1	2,395	14,37
44	1	1	2,395	2,39
45	0	0	2,395	0,00
46	3	1	2,395	7,18
47	3	1	2,395	7,18
48	3	1	2,395	7,18
49	1	1	2,395	2,39
50	3	1	2,395	7,18
51	1	1	2,395	2,39
52	2	1	2,395	4,79
53	0	0	2,395	0,00
54	2	1	2,395	4,79
55	4	1	2,395	9,58
56	0	0	2,395	0,00
57	0	0	2,395	0,00
58	0	0	2,395	0,00
59	0	0	2,395	0,00
60	0	0	2,395	0,00
61	0	0	2,395	0,00
62	0	0	2,395	0,00
63	0	0	2,395	0,00
64	0	0	2,395	0,00
65	0	0	2,395	0,00
66	0	0	2,395	0,00
67	0	0	2,395	0,00
68	0	0	2,395	0,00
69	0	0	2,395	0,00
70	0	0	2,395	0,00
71	0	0	2,395	0,00
72	0	0	2,395	0,00
73	0	0	2,395	0,00
74	0	0	2,395	0,00
75	0	0	2,395	0,00
76	0	0	2,395	0,00
77	0	0	2,395	0,00
78	0	0	2,395	0,00
79	0	0	2,395	0,00
80	0	0	2,395	0,00
81	0	0	2,395	0,00
82	0	0	2,395	0,00
83	0	0	2,395	0,00
84	0	0	2,395	0,00
85	3	1	2,395	7,18
86	1	1	2,395	2,39
87	0	0	2,395	0,00
88	2	1	2,395	4,79
89	2	1	2,395	4,79
90	3	1	2,395	7,18
91	1	1	2,395	2,39

Amostra	Frequência (uso/dia)	Acionamento (nº de acionamento/uso)	Volume (L/acionamento)	Consumo (L/dia)
92	2	2	2,395	9,58
93	2	1	2,395	4,79
94	1	1	2,395	2,39
95	2	1	2,395	4,79
96	0	0	2,395	0,00
97	0	0	2,395	0,00
98	2	1	2,395	4,79
99	3	1	2,395	7,18
100	2	1	2,395	4,79
Consumo total amostra grupo 1 – mictório				227,49
Consumo diário grupo 1 – mictório				5.874

Mictório – Grupo 2

Amostra	Frequência (uso/dia)	Acionamento (nº de acionamento/uso)	Volume (L/acionamento)	Consumo (L/dia)
1	0	0	2,395	0,00
2	2	1	2,395	4,79
3	0	0	2,395	0,00
4	3	3	2,395	21,55
5	0	0	2,395	0,00
6	3	1	2,395	7,18
7	0	0	2,395	0,00
8	1	1	2,395	2,39
9	0	0	2,395	0,00
10	0	0	2,395	0,00
11	3	1	2,395	7,18
12	0	0	2,395	0,00
13	2	1	2,395	4,79
14	0	0	2,395	0,00
15	0	0	2,395	0,00
Consumo total amostra grupo 2 – mictório				47,89
Consumo diário grupo 2 – mictório				141

Bebedouros da área comum – Grupo 1

Amostra	Frequência (uso/dia)	Volume (mL garrafa de água)	Consumo (L/dia)
1	2	500	1,00
2	2	510	1,02
3	1	1.200	1,20
4	2	1.000	2,00
5	1	500	0,50
6	0	500	0,00
7	1	500	0,50
8	4	500	2,00
9	1	500	0,50
10	2	700	1,40
11	0	750	0,00
12	2	510	1,02

Amostra	Frequência (uso/dia)	Volume (mL garrafa de água)	Consumo (L/dia)
13	1	1.000	1,00
14	2	500	1,00
15	0	0	0,00
16	1	750	0,75
17	1	500	0,50
18	2	700	1,40
19	2	500	1,00
20	1	500	0,50
21	3	700	2,10
22	3	500	1,50
23	1	600	0,60
24	2	500	1,00
25	3	500	1,50
26	0	0	0,00
27	1	500	0,50
28	2	500	1,00
29	1	500	0,50
30	1	700	0,70
31	0	0	0,00
32	2	500	1,00
33	0	0	0,00
34	3	500	1,50
35	0	0	0,00
36	1	500	0,50
37	1	600	0,60
38	0	0	0,00
39	2	500	1,00
40	1	500	0,50
41	6	500	3,00
42	3	400	1,20
43	3	800	2,40
44	0	0	0,00
45	0	0	0,00
46	2	600	1,20
47	1	1.000	1,00
48	1	500	0,50
49	1	750	0,75
50	4	500	2,00
51	3	900	2,70
52	3	600	1,80
53	0	0	0,00
54	3	500	1,50
55	2	500	1,00
56	2	500	1,00
57	1	500	0,50
58	1	600	0,60
59	1	500	0,50
60	2	500	1,00
61	0	0	0,00
62	1	500	0,50
63	2	500	1,00

Amostra	Frequência (uso/dia)	Volume (mL garrafa de água)	Consumo (L/dia)
64	1	750	0,75
65	1	600	0,60
66	0	0	0,00
67	0	0	0,00
68	1	500	0,50
69	2	500	1,00
70	0	0	0,00
71	0	0	0,00
72	3	1.000	3,00
73	1	1.000	1,00
74	3	500	1,50
75	3	750	2,25
76	3	500	1,50
77	1	500	0,50
78	0	0	0,00
79	0	0	0,00
80	1	1.000	1,00
81	1	900	0,90
82	0	0	0,00
83	2	500	1,00
84	0	0	0,00
85	0	0	0,00
86	1	500	0,50
87	0	0	0,00
88	0	0	0,00
89	0	0	0,00
90	1	750	0,75
91	0	0	0,00
92	1	500	0,50
93	1	500	0,50
94	1	500	0,50
95	0	0	0,00
96	1	500	0,50
97	1	500	0,50
98	1	500	0,50
99	1	750	0,75
100	2	500	1,00
Consumo total amostra grupo 1 – bebedouros da área comum			77,44
Consumo diário grupo 1 – bebedouros da área comum			1.789

Bebedouro copa dos funcionários – Grupo 2

Amostra	Frequência (uso/dia)	Volume (mL garrafa de água)	Consumo (L/dia)
1	4	500	2,00
2	1	800	0,80
3	2	2.000	4,00
4	1	1.000	1,00
5	3	500	1,50
6	3	510	1,53
7	0	0	0,00

Amostra	Frequência (uso/dia)	Volume (mL garrafa de água)	Consumo (L/dia)
8	0	0	0,00
9	0	0	0,00
10	2	600	1,20
11	3	750	2,25
12	0	0	0,00
13	1	500	0,50
14	0	0	0,00
15	0	0	0,00
Consumo total amostra grupo 2 – bebedouro copa dos funcionários			14,78
Consumo diário grupo 2 – bebedouro copa dos funcionários			43

Bebedouro copa dos funcionários – Grupo 3

Amostra	Frequência (uso/dia)	Volume (mL garrafa de água)	Consumo (L/dia)
1	4	200	0,80
2	5	500	2,50
3	10	500	5,00
4	3	2.000	6,00
5	15	200	3,00
Consumo diário grupo 3 – bebedouro copa dos funcionários			18

Torneira de pia de cozinha – Grupo 2

Amostra	Frequência (uso/dia)	Tempo (s/uso)	Vazão (L/s)	Consumo (L/dia)
1	2	120	0,124	29,76
2	0	0	0,124	0,00
3	1	20	0,124	2,48
4	1	20	0,124	2,48
5	1	10	0,124	1,24
6	0	0	0,124	0,00
7	1	60	0,124	7,44
8	0	0	0,124	0,00
9	1	60	0,124	7,44
10	2	10	0,124	2,48
11	1	30	0,124	3,72
12	0	0	0,124	0,00
13	1	10	0,124	1,24
14	1	8	0,124	0,99
15	0	0	0,124	0,00
Consumo total amostra grupo 2 – torneira de pia de cozinha				59,27
Consumo diário grupo 2 – torneira de pia de cozinha				421

Torneira de pia de cozinha – Grupo 3

Amostra	Frequência (uso/dia)	Tempo (s/uso)	Vazão (L/s)	Consumo (L/dia)
1	2	60	0,124	14,88
2	3	120	0,124	44,64
3	3	120	0,124	44,64
4	5	5	0,124	3,10
5	2	60	0,124	14,88
Consumo diário grupo 3 – torneira de pia de cozinha				122

Torneira de tanque – Grupo 3

Amostra	Frequência (uso/dia)	Tempo (s/uso)	Vazão (L/s)	Consumo (L/dia)
1	4	1.100	0,076	334,40
2	3	1.200	0,076	273,60
3	2	1.100	0,076	167,20
4	4	1.800	0,076	544,56
5	3	1.500	0,076	342,00
Consumo diário grupo 3 – torneira de tanque				1.677

Lavagem de piso – Grupo 3

Amostra	Frequência (lavagem/dia)	Nº Baldes por lavagem	Volume balde (L)	Consumo (L/dia)
1	0	0	20	0
2	1	2	20	40
3	1	2	20	40
4	1	1	20	20
5	0	0	20	0
Consumo diário grupo 3 – lavagem de piso				100

Limpeza banheiros – Grupo 3

Amostra	Frequência (lavagem/dia)	Nº Baldes por lavagem	Volume balde (L)	Consumo (L/dia)
1	2	5	5	50
2	0	0	5	0
3	0	0	5	0
4	0	0	5	0
5	2	8	5	80
Consumo diário grupo 3 – limpeza banheiros				130